

Summary and conclusions

It has been generally known that many of the conifers take comparatively long years to begin flowering and seed bearing, though the flowering and bearing ages differ widely with tree species. Since the conifers also bear the unisexual flower, they can not reproduce if both male and female flowers are not produced. Furthermore, it has been known in many coniferous species that there is a rich or poor harvest in flower and seed production. From these facts, it may be said that controlling artificially the flower bud formation and flower sex differentiation of conifers is very important in forest tree breeding.

In the present research, the flower bud formation and flower sex differentiation of conifers were morphologically and physiologically studied. Further, the method of the artificial control of flower bud formation and flower sex differentiation in conifers was studied.

I. Morphological studies on flower bud formation and flower sex differentiation.

1. Time of flower bud formation.

(1) The time of flower bud formation was investigated on 9 species belonging to the *Pinaceae*, *Taxodiaceae* and *Cupressaceae*. In general, in conifers the primordia of flower buds thickened and elongated at the time of flower bud formation, and they differentiated into flower buds. The female flower buds of species of *Cryptomeria*, *Cunninghamia* and *Metasequoia* were indistinguishable from leaf buds by only the size and form of the growing point, but they could be distinguished at a comparatively early stage of floral differentiation by observing at the same time the state of the vascular bundle and pith. Finally, they are recognized to be flower buds when the primordia of stamens, bract scales or ovuliferous scales are found in the basal part of floral primordia.

(2) There was some difference in the time of flower bud formation according to tree species and flower sex. Flower bud formation in conifers took place during the period from mid June to late October, but the most active time was three months July, August and September. The time of beginning of flower bud formation was earliest in *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis lawsoniana*, and latest in *Pinus densiflora* and *P. thunbergii*. The period of flower bud formation of *Pinus* species was shorter than that of *Cryptomeria*, *Cunninghamia* and *Chamaecyparis* species. In general, there was a tendency that the beginning time of formation of female flower buds was later and the period of the flower bud formation was shorter as compared with male flower buds.

2. Developmental course of flower buds.

(1) *Pinus densiflora* and *P. thunbergii*: In the male flower buds of *P. densiflora*, the differentiation of stamen primordia occurred in mid September. The archesporium began to differentiate in early October, and the formation of anthers was observed in November. Archesporial cells segmented and multiplied in the previous autumn of flowering and the next spring, and in mid April they developed into pollen mother cells (PMCs). The PMCs had meiosis during mid to late April and produced pollen grains. In female flower buds, the differentiation of bract scales occurred in mid fall and the next early spring. Ovuliferous scales started to differentiate in mid March, and the formation of ovules was observed from mid to late April.

The development of flower buds of *P. thunbergii* during the autumn, was not appreciably different from *P. densiflora*, but the development of the flower buds in the following spring was 7 to 10 days earlier than that of *P. densiflora*.

(2) *Larix leptolepis*: In male flower buds, the differentiation of stamen primordia occurred in early to late August. The archesporium started to differentiate in mid August, and in mid September the anthers were observed. Archesporial cells segmented and multiplied in a period from mid August to mid September, and from late September to early October they developed into PMCs. The PMCs started meiosis

in early October, and in early November the division progressed to the pachytene stage of meiotic prophase. The PMCs passed the winter at the pachytene stage and resumed meiosis in mid February of the following year. Pollen grains were formed from late March to early April.

In female flower buds, bract scales started to differentiate in mid August, and ovuliferous scales in late September in the axils of the bracts. The differentiation of ovular primordia occurred in late March to early April of the next year in ovuliferous scales. The ovular primordia differentiated into the integument and the nucellus in mid April.

(3) *Cryptomeria japonica*: The male flower buds started to differentiate the stamen and the archesporium soon after flower bud initiation. Archesporial cells developed into PMCs from late September to early October. Meiosis in PMCs took place during the period from late September to early November, being most active in mid October. In mid November the formation of pollen grains was observed in all the flower buds.

In female flower buds, bract scales began to differentiate in late July. During the period from early August to mid October, the differentiation of ovular primordia occurred in the axils of the bracts. In late October, mature ovules which developed into the integument and the nucellus were observed in all female flower buds. Further, in this time the primordia of ovuliferous scales appeared between bract scales and ovules.

(4) *Cunninghamia lanceolata*: In male flower buds, the primordia of stamens began to differentiate in early September, and the archesporium, in late September. In early November the formation of anthers was observed in all stamens. Pollen grains were formed in early March of the next year.

In female flower buds, bract scales started to differentiate in late September. From late October to early November, the primordia of ovules were initiated in the axils of the bracts. The differentiation of rudimentary ovules into the integument and the nucellus occurred in mid to late March of the next year. On the other hand, during this time the primordia of ovuliferous scales differentiated on the upper side of ovules.

(5) *Metasequoia glyptostroboides* and *Sequoia sempervirens*: The male flower buds of *M. glyptostroboides* started to form rudimentary stamens in a short period after flower bud formation. The archesporium began to differentiate in late August, and in early October the anthers were observed in all stamens. Pollen grains were formed from mid October to mid November.

In female flower buds, bract scales started to differentiate in early September. From late September to early October, the primordia of ovules initiated in inside basal part of the bracts. The ovular primordia differentiated into the integument and the nucellus in mid to late October. The developmental course of male flower buds of *S. sempervirens* was much the same as that of *M. glyptostroboides*.

(6) *Chamaecyparis obtusa* and *Ch. lawsoniana*: In the male flower buds of *Ch. obtusa*, the differentiation of rudimentary stamens occurred soon after flower bud formation. The archesporium started to differentiate in early August, and in early October the anthers were observed in all stamens. Pollen grains were formed in mid March of the next year. In female flower buds, ovuliferous scales began to differentiate in late August. In early October, the primordia of ovules were initiated in the axils of ovuliferous scales. In mid November, mature ovules which differentiated into the integument and the nucellus were observed in almost all female flower buds.

The flower buds of *Ch. lawsoniana* born by gibberellin treatment showed much the same developmental course as those of *Ch. obtusa*. However, the development of flower buds which set naturally seemed to be earlier than that of *Ch. obtusa*. Namely, in the male flower buds the differentiation of archesporium occurred in July, while in the female ones the ovules were formed in August.

3. Differences in the time of flower bud formation and the progress of development of flower buds.

(1) Annual differences: The time of beginning of flower bud formation in *Ch. obtusa* was 10 to 15 days earlier in a year of higher temperature and less rainfall than in that of more rainfall during the period from May to June. In *Cu. lanceolata*, however, there was no remarkable difference in the time of flower bud formation according to the year.

(2) Differences according to the locality of trees: The initiation and development of flower buds of *P. densiflora* during the autumn were a little earlier at an altitude of 600 m than at that of 5 m in the same locality. In *C. japonica* there was no remarkable difference in the date of beginning of flower bud formation between the above two altitudes, but the end of flower bud formation was about 20 days earlier at the high land than at the low land. Consequently, the development of flower buds was a little earlier at the high land than at the low land. In *L. leptolepis*, the development of flower buds in the early autumn was about 20 days earlier in Hokkaido than in Nagano.

(3) Differences among individual trees: In *P. densiflora*, there were 10 to 20 days' differences in the time of flower bud formation and 20 to 30 days' differences in the development of flower buds among trees growing in the same region. Such differences were more conspicuous in *C. japonica*. Namely, the differences of 60 days were seen in the time of beginning of flower bud formation, and the differences of 10 to 80 days, in the period of flower bud formation. In *L. leptolepis*, there was a difference of about 10 days in the time of differentiation of floral organs among individual trees.

(4) Differences according to the position bearing flower buds: It was recognized in *Ch. obtusa* that the time of beginning of flower bud formation on the lower branches of a tree is about 10 days earlier than that on the upper ones. A similar difference in time of flower bud formation due to the position of the crown or branch in the same tree was also found in *C. japonica*.

(5) Difference according to the time of gibberellin treatment: The time of flower bud formation and the development of flower buds in *C. japonica* were greatly affected by the time of gibberellin treatment. As compared with the treatments in August and September, the treatments in June and July took longer time until flower bud formation, but the growth and development of flower buds were better. In general, the flower buds induced by treatment with gibberellin in the period from June to September developed normally. However, the flower buds induced by the October treatment did not develop normally and the pollen grains were formed in the next early spring. Consequently, the time of flowering was delayed and some non-flowering flower buds were produced.

4. Mechanism of sex reversal in flowers.

(1) It was known that the mechanism of sex reversal of male flowers to female in pines differed with the stage of the floral development. If feminization is induced at the early stage of development of male flowers, rudimentary stamens differentiate into bract scales or the bract scales differentiate directly in the periphery of floral axis, and the male flowers develop into the female flowers. Ovuliferous scales and ovules are formed in the following spring. When feminization is induced after anther formation, the male flowers are reversed into the female flowers as the result of the fact that the anthers adhere to the floral axis and differentiate into both bract and ovuliferous scales, and ovules are formed in the ovuliferous scales. In *C. japonica* and *Ch. lawsoniana*, the following two modes of sex reversal of male flowers to female were recognized. One of them is the case in which ovules are secondarily formed in the axil of stamens. The other is the case in which anthers differentiate directly into ovules. In the latter case, however, the feminized flowers did not develop into cones, although they flowered.

(2) Sex reversal of the flower from female to male in *P. densiflora* seems to occur by the fact that the formation of ovuliferous scales is inhibited and anthers differentiate in rudimentary bract scales.

(3) Judging from the process of development of floral organs and the mechanism of flower sex reversal,

it may be considered that the female flowers of conifers are not an inflorescence but a simple flower.

II. Physiological studies on flower bud formation and flower sex differentiation.

1. Auxins and gibberellin-like substances present in the shoots of conifers.

Auxins and gibberellin-like substances in the shoots of conifers were bioassayed by the pine hypocotyl test and the rice seedling test. As the result, both auxins and gibberellin-like substances were found in almost all species examined. When developed with ammoniacal iso-propanol, four kinds of auxin activities were detected in each of the neutral, acid and aqueous fractions. Among these, three promoting zones, found at Rfs 0.4~0.5 (Factor I) and 0.6~0.7 (Factor II) in the acid fraction and at Rf 0.2~0.5 (Factor III) in the aqueous fraction, were especially remarkable. The Factor I corresponded to the Rf value of IAA developed at the same time, but the others could not be identified. On the other hand, by the rice seedling test four gibberellin-like activities were found at Rfs 0~0.3, 0.4~0.5, 0.6~0.8 and 0.8~1.0, while a growth inhibiting activity was detected at Rf 0.5~0.8. The activity of Rf 0.6~0.8 seems to be attributed to the known gibberellin A.

(2) The shoots of conifers contained relatively higher concentrations of auxins and their total contents were equivalent to 41~286 μg IAA per 100 g fresh weight. The content of auxin in each fraction was abundant in the following order: aqueous fraction > acid fraction > neutral fraction. The amount of gibberellin-like substances in shoots of conifers was estimated to be equivalent to 0.03~1.63 μg GA₃ per 100 g fresh weight.

2. Relation between flower bud formation and endogenous growth substances.

(1) From the comparison of endogenous growth substances between the flower-induced and non-flower-induced trees by gibberellin application, it was known that the two auxins located at Rf 0.5~0.8 in the neutral fraction and at Rf 0.6~0.7 in the acid fraction gave higher activity in the latter, especially in the *Pinus* species. On the water-soluble auxins, gibberellin-like substances and inhibitors, however, there were found no qualitative and quantitative differences between the two tree groups.

(2) Considerable changes occurred on growth substances in new shoots of *C. japonica* in relation to flower induction by girdling or gibberellin treatment. Factor I (Rf 0.4~0.5) in the acid fraction, water-soluble auxins and gibberellin-like substances tended to decrease after girdling or gibberellin treatment. On the contrary, Factor II (Rf 0.6~0.7) in the acid fraction increased suddenly and rapidly at the time of flower initiation. On the other hand, growth inhibiting substances, especially inhibitor β , tended to increase after the treatment. Exogenous gibberellin A absorbed into the shoot by foliar spraying was consumed in that condition not converting into other gibberellin-like substances. However, a considerable amount of it was found even after 33 days in the shoot.

(3) It was shown that auxins in the bud of *P. densiflora* varied according to tree ages. Factors I and II, especially Factor II, in the acid fraction were small in young seedlings and abundant in mature trees. On the contrary, aqueous auxins had the highest concentration in young seedlings.

The state of appearance of the Factor II was particularly watched in relation to flower bud formation in conifers.

3. Relation between flower bud formation and nutrients in shoots.

(1) Noticeable changes occurred on chemical constituents in new shoots of *C. japonica* in relation to flower induction by gibberellin treatment. The contents of water and nitrogen tended to decrease after the treatment, but the contents of reducing sugar, non-reducing sugar, total sugar, total soluble carbohydrate and insoluble carbohydrate, to increase. Consequently, the C-N ratio was greater in the treatment than in the control. Among these constituents, the change of water, nitrogen and insoluble carbohydrate occurred prior to flower bud formation, but sugars seemed to increase after flower bud formation.

(2) In girdling treatment, the change of constituents in new shoots of *C. japonica* was more evident as compared with gibberellin treatment. The contents of water and nitrogen decreased after girdling, but the contents of reducing sugar, total sugar, total soluble carbohydrate and insoluble carbohydrate increased. The change of these constituents occurred prior to flower bud formation. A high correlation was recognized between the number of flower formed and the content of these chemical constituents.

(3) In *L. leptolepis*, the contents of water, nitrogen and phosphorus in dwarf shoots decreased after girdling, but those of reducing sugar, total sugar, starch and potassium increased. Among these, the change of water, starch, nitrogen and phosphorus occurred prior to flower bud formation. Especially the change of water, starch and nitrogen was remarkable.

From the above results, it is suggested that the induction of flower bud formation in conifers is closely connected with the decrease of water, nitrogen and phosphorus contents and the increase of insoluble carbohydrate (starch) content in shoots.

4. Relation between flower sex differentiation and endogenous growth substances.

(1) The content of auxin and inhibitor in pines was greater in the bud bearing female flowers than in that bearing male flowers. Likewise in the new shoots it was also greater in the female flower bearing parts than in the male parts. These differences were distinctly recognized on the growth substances of acid and aqueous fractions.

(2) The content of auxin in pine shoots was increased by pinching new shoots, by which the sex reversal of male flowers to female is induced. The increase was especially marked on Factors I and II in the acid fraction and on Factor III in the aqueous fraction. Acid auxins increased rapidly, and aqueous auxins gradually after pinching.

From these results, it may be concluded that, in conifers, female flowers are formed in a condition of higher auxin levels than male ones.

5. Relation between flower sex differentiation and nutrients in shoots.

The contents of water and nitrogen in the shoots of *C. japonica* were greater in the female flower bearing parts than in the male ones. They also were greater in female flowers than in male ones. With regard to the contents of carbohydrates of sugars, starch, etc. and the C-N ratio, however, no definite result was obtained, although in flowers these contents and the C-N ratio were greater in male than in female. From these results, it may be said that the content of nitrogen in the shoot is closely associated with the sex expression of *Cryptomeria* flowers. It is presumed that female flowers are formed in a condition of higher nitrogen level than male ones.

III. Studies on artificial control of flower bud formation and flower sex differentiation.

1. Chemical control of flower bud formation.

(1) Effect of growth regulators: The effects of 24 kinds of growth regulators on flower bud formation were examined, using 22 species belonging to the *Pinaceae*, *Taxodiaceae* and *Cupressaceae*. The effect of growth regulators on flower bud formation differed widely with their kind. Each separate application of auxins (IAA, NAA, etc.), inhibitors (TIBA, CCC, etc.), helminthosporol, kinetin, ethrel, uridylic acid, uracil, DNA, etc. did not induce the flower bud formation of conifers. However, gibberellins markedly promoted the flower bud formation of many species of the *Taxodiaceae* and *Cupressaceae*. RNA tended to promote a little the flower bud formation of *P. densiflora* and *C. japonica*.

(2) Control of flower bud formation by the foliar application of gibberellin: It was known that there was a great difference in the effect of gibberellin according to the internal conditions of the tree and the method of gibberellin treatment.

(a) Gibberellin markedly promoted the flower bud formation of many species of the *Taxodiaceae* and *Cupressaceae*, but it was little effective as to the flower induction of *Pinaceae* species. The effect of

gibberellin also varied widely with individuals in the same species. Especially the variation was remarkable in immature trees.

(b) The effect of gibberellin varied with tree age. In *C. japonica*, the flower buds were born by spraying with gibberellin on the current year old seedlings which do not bear flowers naturally. But the promoting effect of gibberellin was greater on old trees than on young trees. In the current year's seedlings, most of the flowers born by gibberellin treatment were male flowers, but the number of female flowers and the ratio of female flowers to male ones increased with the increase of tree age. Furthermore, in old trees the formation of female flowers was promoted with gibberellin of lower concentrations as compared with young trees. Such tendencies were also recognized in *M. glyptostroboides* and *Ch. obtusa*.

(c) In foliar spraying, gibberellin induced the flower bud formation of *Cryptomeria* and *Metasequoia* at the concentrations above 10 ppm, and that of *Chamaecyparis* at the concentrations above 50 ppm. The flower bud formation of *Thujopsis dolabrata* was promoted at a concentration of 500 ppm. In general, flower bud formation, especially the formation of female flowers, was promoted with the increase of concentration of gibberellin. Such a tendency was especially recognized in young trees.

(d) The effect of gibberellin on flower bud formation varied with the time of gibberellin application. The flower bud formation of *C. japonica* occurred by spraying with gibberellin in the period from June to October. But male flowers were most abundant when applied in July, and female flowers, when applied in September. For the flower bud formation of *M. glyptostroboides*, the continuous treatment from June to August was more effective than the treatment of each month. In *Ch. obtusa*, the most effective time of gibberellin application was July for the induction of male flowers, and August for that of female ones. In general, there was a tendency that the favorable time of gibberellin application for the induction of female flowers was later than that for the induction of male flowers.

(e) Flower bud formation by gibberellin was affected by manuring. The formation of female flowers in *C. japonica* was promoted by manuring prior to gibberellin application. Especially the application of nitrogenous fertilizer was effective in the promotion of female flowers. However, the formation of male flowers was a little hindered by manuring, except for the NPK application.

(f) Flower bud formation by gibberellin also was affected by the additional application of other growth regulators. In *C. japonica*, more promotion of flower bud formation occurred when auxin was applied after gibberellin. IAA and IBA still more enhanced the formation of female flowers by gibberellin at a concentration of 200 ppm, and NAA and 2,4-D, at the concentrations under 100 ppm, but they were ineffective or inhibitive in the formation of male flowers. Although using gibberellin with kinetin or nucleic acids and the related substances did not enhance gibberellin-induced flower bud formation in *C. japonica*, the additional application of DNA tended to stimulate slightly the flower bud formation of *P. densiflora*. MH and TIBA inhibited gibberellin-induced flower bud formation in *C. japonica* when applied at high concentrations. However, the combined treatment of gibberellin and TIBA tended to promote a little the flower bud formation of *P. densiflora*.

(3) Control of flower bud formation by the trunk-treatment of powdered gibberellin and the combined treatment of gibberellin and girdling.

(a) Flower bud formation in young trees of *Ch. obtusa* and *Thujopsis dolabrata* was markedly promoted by imbedding the powdered gibberellin of 20~25 mg per tree in the cambial region of the trunk. The method of trunk-treatment was more effective at smaller quantity of gibberellin as compared with the method of foliar spray.

(b) All of girdling, gibberellin, and the combined treatments of girdling and gibberellin promoted flower bud formation in young clones of *Ch. obtusa*. Among these treatments, however, the combined treatment

of girdling and gibberellin was most effective, followed by the treatment of gibberellin. Gibberellin showed greater effect when 20 mg was applied to a tree. Regarding the time of gibberellin application, the July and August treatments were effective for the induction of male flowers, but the August treatment was more effective for the induction of female flowers. There was some difference in the effect of artificial treatments among clones. Generally, the effect of these treatments seemed to occur strongly in clones which bear more flowers naturally. As the results of gibberellin treatment and the combined treatment of girdling and gibberellin, the trees bore a large number of flowers on the whole of the crown. Male flowers were most abundant in the middle part of the crown, but there was no definite tendency in the distribution of female flowers within the crown.

(4) The fertility of pollen and seeds obtained by gibberellin treatment: In *Cryptomeria* and *Cupressaceae* species, generally the pollen grains produced by gibberellin treatment were morphologically normal, and as a result of artificial germination test they showed as high a germination percentage as natural pollens. However, there was an instance of bad germination of pollen when high concentrations of gibberellin were applied to young seedlings. The pollen grains of *M. glyptostroboides* did not germinate on artificial culture medium. In young seedlings, the size and weight of cones and seeds produced by gibberellin treatment were smaller and lighter than those of naturally born ones, but in mature trees such differences were hardly to be found. The seeds yielded by gibberellin treatment germinated normally on artificial medium and showed as high fertility as natural ones.

2. Control of flower bud formation by mechanical treatments.

(1) Flower bud formation in *C. japonica* was markedly promoted by girdling and banding treatments. The girdling was most effective when applied in June and July, and the banding, when in June. The promoting effect of girdling occurred strongly on the flower formation the same year, but that of banding, on the flower formation the next year. There was some difference in the effect of girdling and banding among individual trees. The effect of girdling was greater on old trees than on young trees. Manuring to young trees tended to check the promoting effect of girdling on flower bud formation.

(2) Girdling the trunk of young trees of *L. leptolepis* promoted the formation of male flowers markedly, but it was only a little effective in the formation of female flowers. There was a great difference in the effect of girdling among individual trees. Girdling or banding the branch, in general, did not bring about good results in flower bud formation. As a result of girdling the trunk, male flowers were born on the whole of the crown, being most abundant in the middle part of the crown, while female flowers were found only in the upper part of the crown. With regard to the state of bearing of flower buds on the branch, male flowers were born in 1~5 year-old parts of the branch, being most abundant in 2~3 year-old parts. On the other hand, female flowers were predominantly produced in 2-year-old part of the branch.

(3) Pruning in young clones of the plus tree of *P. densiflora* and *P. thunbergii* increased the number of flowers and shoots. In *P. densiflora*, a strong pruning (pruning new shoots of main trunk, main branch and sub-branch) was most effective to increase male flowers, and a mediate pruning (pruning new shoots of main trunk and main branch), to increase female flowers. In *P. thunbergii*, on the other hand, the strong pruning was most effective to increase both male and female flowers. As the result of pruning, the number of both male and female flowers increased in the different parts of the crown. Further the number of flowers per shoot increased. So it is considered that the promotion of flower bud formation by pruning is not due only to the increased number of shoots. The effect of pruning seemed to differ pretty much according to clones.

3. Chemical control of flower sex differentiation.

(1) In *C. japonica*, sex reversal of the flower from male to female was induced by pinching the new

shoots above the portion bearing male flowers and continuously by spraying with gibberellin in the period from early August to mid September. However, it did not occur by each separate treatment of pinching new shoots or spraying with urea, IAA, NAA or 2,4-D. When gibberellin was sprayed together with urea or auxin, the urea or auxin enhanced the effect of gibberellin on sex reversal of male flowers to female. Among the treatments tried, the combined treatment of pinching new shoots and spraying with gibberellin and urea was most effective in the induction of the feminized flowers. Gibberellin was effective at the concentrations of 10 to 50 ppm, urea at a concentration of 1 %, NAA at a concentration of 10 ppm and IAA at a concentration of 100 ppm, respectively. There was a great difference in the effect of artificial treatments on flower sex differentiation according to individual trees and the state of branches. Sex reversal of male flowers to female occurred mainly on vigorous shoots. Completely feminized flowers and partially feminized flowers were observed in the feminized flowers induced by gibberellin. The completely feminized flowers grew normally, and produced fertile seeds.

(2) Using young trees of *L. leptolepis* of which flower bud formation was stimulated by girdling, growth substances were injected into the trunk immediately after flower bud formation (in the period from late July to late August). As the result, the number of female flowers was greatly increased by injecting with NAA. NAA was most effective when 100 mg applied to a tree. Most of the female flowers were found on the branches of the upper part from where NAA was injected. It is considered that the increase of female flowers attributes to the fact that rudimentary male flowers are developed into female flowers with NAA.

4. Control of flower sex differentiation by mechanical treatments and other methods.

(1) In *P. thunbergii*, a strong defoliation treatment (picking off all 2-year-old needles, and 1-year-old needles setting on the middle and lower parts of shoots) before the meiosis of pollen mother cells caused sex reversal of male flowers to female. However, the feminized flowers did not grow normally and did not flower.

(2) In *P. densiflora*, sex reversal of male flowers to female was induced by pinching the winter bud or new shoot above the portion bearing male flowers. The effective time of the pinching treatment for the sex reversal to female was from early October to mid April of the next year, but the treatment of early October, that is immediately after flower bud formation, was most effective.

(3) In *P. densiflora*, sex reversal of lateral male flowers to female occurred by covering the shoot with white or brown colored paraffin paper bags, and sex reversal of terminal female flowers to male, with brown colored paraffin paper bags. On the other hand, in *P. thunbergii* a sex reversal of the flower from male to female was induced by covering the shoot with dual bags of white and red colored paraffin papers. Covering the shoot with glass paper bags was not effective in the sex reversal of the flower. The sex reversal occurred when the bagging treatment was begun during the period from early March to early April in *P. densiflora*, and in early March in *P. thunbergii*.

(4) Flower sex differentiation in *P. densiflora* was affected by manuring. When the trees were densely planted, sex reversal of male flowers to female occurred by only manuring with ammonium sulphate or superphosphate of lime. Double application of nitrogenous and phosphatic fertilizers tended to increase the percentage and number of flowers which made sex reversal to female, as compared with separate application of them.

(5) The effect of artificial treatments on flower sex differentiation of pines seemed to vary greatly with individual trees or the state of branches. Sex reversal of male flowers to female were mainly observed on the main shoot of main trunk or vigorous side branches, while sex reversal of female flowers to male seemed to occur on weak side shoots. Completely feminized flowers and partially feminized flowers were observed in the feminized flowers induced by artificial treatments. Excepting the

case of defoliation treatment, the completely feminized flowers flowered and developed into cones. The size of cones and seeds produced by sex reversal was smaller than that of naturally born ones, but there was no great difference in seed fertility.

IV. Conclusions.

As mentioned above, in the present research the flower bud formation and flower sex differentiation of conifers and their artificial control were studied. As the results of fundamental studies, the time of flower bud formation, the developmental course of flower buds, the mechanism of sex reversal in flowers, etc. were made clear. Moreover, the relation between flower bud formation or flower sex differentiation and endogenous growth substances or nutrients in the tree body was elucidated to some degree. In the artificial control of flower bud formation and flower sex differentiation, it is important that artificial treatments are practised on a full understanding of the results obtained by the fundamental studies.

The flower bud formation and flower sex differentiation of conifers can artificially be controlled by the treatment of chemicals, mechanical treatments, manuring, etc. However, the method which produces flowers without fail on young trees is the gibberellin treatment only. From a practical stand-point, for the promotion of flower bud formation of *Taxodiaceae* and *Cupressaceae* species the application of gibberellin is most favorable, because the flower bud formation of these species is easily induced with gibberellin. There is no need for worrying about the after-effects of gibberellin on the fertility of pollen and seed and the growth of seedlings. Regarding the control of flower bud formation and flower sex differentiation of *Pinaceae* species, we were unable to find the method which would unmistakably produce both male and female flowers on young trees. However, since *P. densiflora* and *P. thunbergii* start to produce flowers at a comparatively young age, pruning new shoots is considered to be favorable for the control of flower bud formation in the seed orchard of pines. The pruning is effective not only in the promotion of flower bud formation but also in the adjustment of tree form. Therefore, it is of great utility. Although the flower bud formation and flower sex differentiation of *L. leptolepis* which produces only male flowers at young stage can be controlled to a considerable degree by the combined treatment of girdling and naphthaleneacetic acid, there remains the further question as to the application of this method to forest practice. For the control of flower bud formation and flower sex differentiation of *Pinaceae* species, further study is required. In particular, we must make efforts to develop the method which can easily and surely produce flowers on young trees.

緒 言

我が国においては、戦後木材の生産を増強する手段の一つとして林木育種がとりあげられ、精英樹を選抜して各地に採種園や採穂園が造成された。育種事業が始められてからすでに十数年を経過し、採種園や採穂園の植栽木は順調に生育して、種子や穂木を生産するようになった。しかし、採種園の中には樹種やクローンによって花のつきにくいものがあり、また採穂園でもクローンによって発根の悪いものがある、育種上問題になっている。採種園では、自然交雑の種子をとって事業用に供給するとともに、クローン間の人工交配を行なってよい両親の組み合わせを決定する。そのためには、早く種子をならせる必要がある。一方、選抜育種と併行し交雑育種も試みられているが、この場合にも花がつかなければ交雑ができないから、花を早く咲かせることは育種上極めて重要なことである。ところが、針葉樹は一般に開花・結実を始めるまでに比較的ながい年数を要する。また針葉樹は単性花をつけ、雄花と雌花とが別だから、両方の性の花がつかなければ繁殖できない。さらに樹種によっては開花・結実と同期性がある。これらのことは育種や種子生産の大きな障害となっている。着花を人為的に調節することができれば、育種期間は著しく短縮され、能率的に育種を進めて行くことができる。また計画的に種子を生産することができるから、造林事業にも益するところが大きい。本研究はこのような理由によりなされたものである。

花芽分化、花性分化を人為的に調節しようという試み

は、林業の分野においては比較的近年になってから始められたため、専ら農業の分野でえられた知識をもとにして経験的になされてきた。しかし、林木とくに針葉樹は農作物や果樹と著しく性質が異なるから、農業で用いられている技術をそのまま応用することは困難な場合が多い。また応用してもよい結果がえられるとは限らない。林木の花芽分化、花性分化を人為的に調節しようとする場合には、まず林木の性質をよく知り、林木に適合した技術を積極的に開発する必要があると思われる。そのためには、林木の花芽分化、花性分化に関連した基礎的問題を十分明らかにしておくなければならない。筆者は以上のような考えのもとに、針葉樹の花芽分化、花性分化を基礎的（形態学的、生理学的）に究明し、さらに花芽分化、花性分化を人為的に調節する方法の開発に努めた。本論文は1959年以来の研究の結果をとりまとめたものである。

本研究に際し、終始御懇切な御指導と御鞭撻を贈わった前北海道大学教授齊藤雄一博士ならびに鳥取大学近藤芳五郎教授に厚く御礼申し上げる。また本論文の校閲を贈わった北海道大学名誉教授田川隆博士および同教授武藤憲由博士に深く感謝する。なお本論文の実験の一部は農林省関西林木育種場山陰支場の協力によりなされたものである。元支場長細谷寛氏、元経営課長村岡善昭氏および現原種係長綱田良夫氏に感謝の意を表す。本論文は北海道大学学位審査論文にその後の研究を一部追加して印刷したものである。

I. 花芽分化, 花性分化に関する形態学的研究

針葉樹の花芽分化期, 花芽の発育経過についてはかなり古くから関心もたれていたが, 花を解剖して形態学的に調査したのはごく近年になってからである。Mergen と Koerting (1957) が *Pinus elliottii* で研究したのがおそらく最初ではないかと思われる。その後 Wareing (1958) が *P. sylvestris* で, Duff ら (1958) が *P. resinosa* で, Gifford ら (1960) が *P. ponderosa* で, Fraser (1962) が *Picea glauca* で研究した。我が国においては, 柳原 (1958~1959) がカラマツで, 郷 (1961) がアカマツ, クロマツで, 松浦 (1961) がトドマツで調べているが, 調査例は少ない。花性転換の機構についてはくわしい報告はない。これらの報告をみると, 花芽分化期のみあるいは花芽の発育の比較的短い期間の調査例が多く, 花芽分化から開花まで一貫して精密に調べた報告は少ない。花芽分化を調節する際は, 花芽分化期のみ調査で十分であるが, 花性分化を調節する場合には花芽分化から開花まで花の発育経過を把握していなければ

ならない。また花性転換の機構を明らかにしておくことも重要である。花芽分化期, 花芽の発育経過, 花性転換の様式などは樹種や花性によって異なる。また内的条件と環境条件のちがいで花芽分化期, 花芽の発育経過に差異がみられる。したがって, なるべく多くの樹種について, 色々な条件のもとで調査しておく必要がある。本研究においては, マツ科, スギ科, ヒノキ科の主要樹種の花芽分化期, 花芽の発育経過, 花性転換の機構などを明らかにし, さらに発生形態学的にみた雌花の構造について考察した。

II-1. 花芽分化期

I. 材料と方法

供試材料は表-1の通りで, マツ科3樹種(アカマツ, クロマツ, カラマツ), スギ科4樹種(スギ, コウヨウザン, メタセコイア, セコイア), ヒノキ科2樹種(ヒノキ

表-1. 供試材料

Table 1. Materials used for the investigation of initiation and development of flower buds

樹種 Species	生育場所 Locality	樹齢 Tree age	調査年 Year	着花状況 Flower bearing
アカマツ <i>P. densiflora</i>	鳥取	5 ~ 8	1956 ~ 1959	自然着花
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	鳥取	12 ~ 15	1956 ~ 1959	自然着花
カラマツ <i>L. leptolepis</i>	長野	13, 40	1964 ~ 1965	{ 13年生:環状剥皮による着花, 6月5日に処理 40年生:自然着花
スギ <i>Cr. japonica</i>	鳥取	12 ~ 15	1958 ~ 1961	自然着花
コウヨウザン <i>Cu. lanceolata</i>	鳥取	40	1961 ~ 1962	自然着花
メタセコイア <i>M. glyptostroboides</i>	鳥取	6	1962	{ GAによる着花, 6~8月に100~300 ppm液を3回散布
セコイア <i>S. sempervirens</i>	鳥取	4	1962	{ GAによる着花, 7~8月に100~300 ppm液を4回散布
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	鳥取	15	1961 ~ 1962	自然着花
ローソンヒノキ <i>Ch. lawsoniana</i>	鳥取	10	1961 ~ 1962	{ 自然着花およびGAによる着花, 7~8月に100ppm液を3回散布

ローソンヒノキ) から花芽を採取した。供試木は大部分が鳥取市鳥取大学農学部構内の見本樹であるが, カラマツは長野県林業指導所構内のものを用いた。供試樹種は大部分が結実期に達しているのので, 自然着生の花芽をとることができた。しかし, カラマツの一部, メタセコイ

ア, セコイアおよびローソンヒノキでは自然着花がみられないかあるいは極めて少なかったのので, 人工処理によって着花を促進させた。花芽はコウヨウザンとヒノキを除き, 数個体から採取した。採取時期は花芽分化期の直前から開花までで, 樹種により多少異なるが, 6月下旬

から翌年の4月下旬の期間である。花芽は10~15日間隔で採取した。花芽の採取の際には、樹冠の色々な部分から発育程度の異なるものをとるように心がけた。採取した花芽はファーナー氏液で24時間固定した後、70%アルコール溶液に貯蔵した。試料はずい時とりだして、徒手縦断切片をつくり、酢酸カーミンで染色して、顕微鏡で調べた。

2. 結果

A. 着花習性

樹冠および枝における花芽の着生の様式は樹種、個体、花性などによって異なる。樹冠における花芽の着生位置についてみると、アカマツ、クロマツ、コウヨウザン、ヒノキなどでは、一般に樹冠下部の弱勢枝に雄花芽が、上部の強勢枝に雌花芽が多く着生する。カラマツでは、雄花芽は樹冠の中部~下部に、雌花芽は中部からやや上の部分に多い。しかし、花のつき方は同一樹種でも個体によってかなり変化し、樹冠の上部に雄花芽の多いもの、逆に下部に雌花芽の多いものなどがある。

枝における花芽の着生位置は、アカマツ、クロマツのように花性によって判然と別れているものと、カラマツのように一定の傾向のないものがある。また樹種によって着生の状態が異なる。以下樹種別に述べる。

アカマツ、クロマツ：雄花芽は弱勢枝の冬芽の中部~下部に多数側生する。雌花芽は強勢枝の冬芽の先端部に1~数個着生する。いずれも鱗片葉の腋に1個あて形成される。

カラマツ：雌雄両花芽とも、2~5年生枝からでた短枝に1個頂生する。

スギ：雄花芽は弱勢枝の当年伸長した小枝の先端部の葉腋に1個あて形成され、多数集まって穂状花序状をなす。雌花芽は強勢枝の先端部の当年伸長した主軸から分岐する小枝に1個頂生する。

コウヨウザン：雄花芽は弱勢枝の当年伸長した枝の頂芽あるいはその直下の腋芽の鱗片葉の上腋に1個あて形成され、多数集まって頭状花序をなす。雌花芽は強勢枝の頂芽あるいはその直下の腋芽に形成される。

メタセコイア：雄花芽は長枝に腋生した小枝の葉腋に1個あて形成され、総状花序状を呈する場合と、葉を着生する小枝の先端に1個頂生する場合とがある。雌花芽は普通長枝の腋芽に形成されるが、まれに頂芽が花芽に分化する場合もある。

セコイア：雄花芽は主として新条の先端に1個頂生するが、その直下の腋芽に生ずる場合もある。

ヒノキ、ローソンヒノキ：雄花芽は雌花芽着生部より

下方の主として前年度以前に生長した主枝から分岐する側枝の当年生長した枝の先端につく。雌花芽は主枝の先端部の当年伸長した主軸から分岐する小枝の内側先端に1個頂生する。

花芽の着生状態により針葉樹の花芽を類別すると、次の3種類が認められる。

(1) 頂生花芽 新条の頂芽が花芽になるもの。カラマツ、スギ(雌花芽)、ヒノキ、ローソンヒノキ。

(2) 腋生花芽 新条の腋芽が花芽になるもの。アカマツ、クロマツ、スギ(雄花芽)、コウヨウザン(雄花芽)。

(3) 頂腋生花芽 新条の頂芽と腋芽が花芽になるもの。コウヨウザン(雌花芽)、メタセコイア、セコイア。

B. 花芽分化の標徴

一般に針葉樹の花芽は、分化期に生長点が肥厚肥大し伸長するので容易に識別することができる。スギ、コウヨウザン、メタセコイアなどの雌花芽は生長点の大きさや形状の変化のみでは判別しにくい、維管束やずい部の状態を同時に観察することにより、比較的早期に葉芽と区別できる。最終的には、花芽原基の基部に雄花芽では雄しべの初生突起が、雌花芽では苞鱗あるいは種鱗の初生突起が認められるようになれば花芽と認定することができる。なお花芽の識別には、生長点の形態変化ばかりでなく、花芽の形成位置や着生状態も重要な拠点となる。樹種別に識別基準を示すと次の如くである(図-1)。

(1) アカマツ、クロマツ

葉芽あるいは未分化の芽：生長点は小形である。

雄花芽：短枝の原基が花芽に分化する。生長点が急激に肥大し、その下部に雄しべの初生突起が生ずる。

雌花芽：短枝の原基が花芽に分化する。生長点が急激に肥大し、その下部に苞鱗の初生突起が生ずる。

(2) スギ

葉芽あるいは未分化の芽：生長点は円錐形にとがり、ずい部が肥大しない。

雄花芽：葉腋に分化する。生長点は葉芽に比して小形、数日でその下部に雄しべの初生突起が生ずる。

雌花芽：新条の頂芽が花芽に分化する。生長点は葉芽に比して肥厚し、頂部がやや丸味をおびてくる。同時に下部の維管束が外側に張り出して、ずい部の面積が広くなる。やや時日を経過すると生長点の下部に苞鱗の初生突起が分化する。

(3) コウヨウザン

未分化の芽：生長点およびずい部は肥大しない。ずい部の分化は明瞭でない。

葉芽：生長点およびずい部は未分化の芽に比して肥大するが、生長点の頂部が三角形にとがっている。分化し

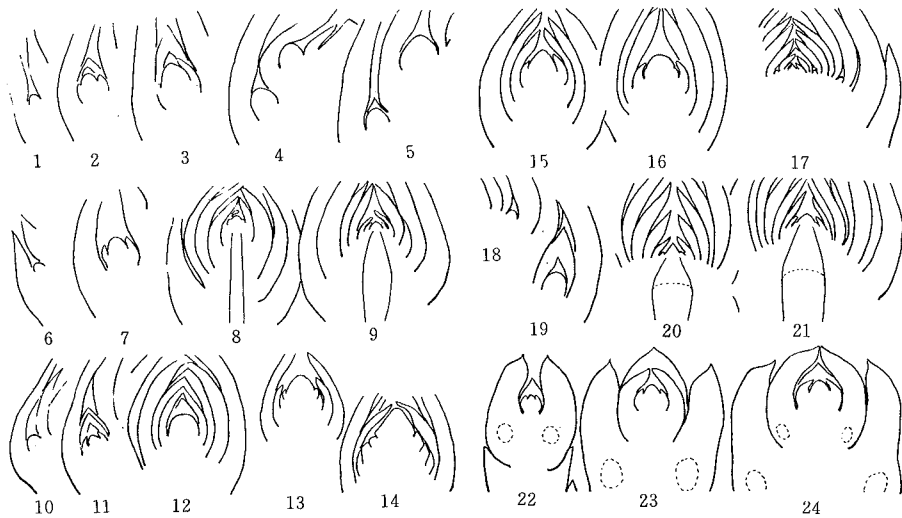


図-1. 花芽分化の標徴

1~5: アカマツ (3, 雄花芽; 5, 雌花芽)。6~9: スギ (7, 雄花芽 9, 雌花芽)。10~14: メタセコイア (12, 雄花芽; 14, 雌花芽)。15~16: セコイア (16, 雄花芽)。17~21: コウヨウザン (19, 雄花芽; 21, 雌花芽)。22~24: ヒノキ (23, 雄花芽; 24, 雌花芽)。

Fig. 1. Diagnoses of flower bud formation in conifers.

1~5: *P. densiflora* (3, male flower bud; 5, female flower bud). 6~9: *Cr. japonica* (7, male flower bud; 9, female flower bud). 10~14: *M. glyptostroboides* (12, male flower bud; 14, female flower bud). 15~16: *S. sempervirens* (16, male flower bud). 17~21: *Cu. lanceolata* (19, male flower bud; 21, female flower bud). 22~24: *Ch. obtusa* (23, male flower bud; 24, female flower bud).

たずいが生長点の下方に認められる。やや時日を経過すると生長点の下部に葉の初生突起が分化する。

雄花芽: 芽の鱗片状葉の腋に分化する。生長点は急速に肥大して、その下部に雄しへの初生突起が生ずる。

雌花芽: 鱗片状葉に包まれた芽が直接花芽に分化する。生長点は葉芽に比して持ち上がり、花軸が伸長する。やや時日を経過すると生長点の下部に苞鱗の初生突起が分化する。

④ メタセコイア

未分化の芽: 生長点は肥大しない。

葉芽: 生長点は未分化の芽に比して肥大する。同時に生長点の下部に葉の初生突起が生ずる。

雄花芽: 小枝に分化する。生長点は未分化の芽に比して著しく肥大し、頂部が丸味をおびてくる。やや時日を経過するとその下部に雄しへの初生突起が分化する。

雌花芽: 長枝の冬芽に形成される。生長点は葉芽に比してやや肥厚する。同時にその下部に肥厚した苞鱗の初生突起が分化する。

(5) セコイア

未分化の芽: 生長点は肥厚肥大しない。

雄花芽: 生長点は未分化の芽に比して著しく肥厚肥大し、頂部が丸味をおびてくる。同時にその下部に雄しへの

の初生突起が分化する。

(6) ヒノキ, ローソンヒノキ

葉芽あるいは未分化の芽: 生長点は肥厚肥大しない。しかし、雌花芽形成部位の生長点は雄花芽形成部位のそれよりも大きい。

雄花芽: 新条の頂芽が直接花芽に分化する。生長点は葉芽に比して肥厚肥大し、短時間でその下部に雄しへの初生突起が生ずる。

雌花芽: 新条の頂芽が直接花芽に分化する。生長点は葉芽に比して肥厚肥大する。しばらくしてその下部に種鱗の初生突起が生ずる。

C. 花芽分化期

花芽分化期は花芽の發育のどの時期をとるかによってかなり違ってくる。果樹でいわれているように葉芽と異なる内部構造を示ようになる時期を花芽分化期とすると、表-2の如くである。花芽分化期はもちろん樹種によって異なるが、同一樹種でも個体、年度、着花位置、花性などによって差異がみられるので、調査した範囲内で最大幅を示した。

アカマツ, クロマツでは、7月中旬頃から冬芽の鱗片葉の上腋に短枝の原基が分化してくる。短枝の原基は9月上, 中旬頃急速に生長して、花芽に分化する。雄花芽

表-2. 針葉樹の花芽分化期
Table 2. Time of flower bud formation in conifers

樹種 Species	雄花芽 Male flower bud			雌花芽 Female flower bud		
	開始期 Beginning	終止期 End	分化期間 Period	開始期 Beginning	終止期 End	分化期間 Period
アカマツ <i>P. densiflora</i>	9月上旬 early Sep.	~ 10月中旬 mid Oct.	日 Days 50	9月中旬 mid Sep.	~ 10月中旬 mid Oct.	日 Days 40
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	9月上旬 early Sep.	~ 10月中旬 mid Oct.	50	9月中旬 mid Sep.	~ 10月中旬 mid Oct.	40
スギ <i>Cr. japonica</i>	6月下旬 late June	~ 9月下旬 late Sep.	100	7月中旬 mid July	~ 9月下旬 late Sep.	80
コウヨウザン <i>Cu. lanceolata</i>	8月中旬 mid Aug.	~ 10月下旬 late Oct.	80	8月下旬 late Aug.	~ 9月下旬 late Sep.	40
メタセコイア * <i>M. glyptostroboides</i>	8月中旬 mid Aug.	~ 9月上旬 early Sep.	30	9月上旬 early Sep.	~ 9月下旬 late Sep.	30
セコイア * <i>S. sempervirens</i>	8月中旬 mid Aug.	~ 9月中旬 mid Sep.	40	—	—	—
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	7月上旬 early July	~ 9月中旬 mid Sep.	80	7月下旬 late July	~ 9月下旬 late Sep.	70
ローソンヒノキ <i>Ch. lawsoniana</i>	6月中旬? ~ mid June	9月上旬 early Sep.	90	7月上旬 early July	~ 9月中旬 mid Sep.	80

* ジベレリンによる着花 The flower bud formation was induced by spraying with gibberellin.

の分化は9月上旬~10月中旬(盛期は9月中旬)に、雌花芽の分化は9月中旬~10月中旬(盛期は9月下旬)に認められた。雄花芽の分化期間は約50日、雌花芽のそれは約40日である。スギの花芽分化期は年度、個体などによって著しく異なる。雄花芽の分化は6月下旬より認められ、終止期は9月下旬であった。しかし、分化の盛期は7月上旬~8月下旬であった。雌花芽の分化は雄花芽のそれよりも少しおくれ、7月中旬から9月下旬に認められたが、分化の盛期は7月下旬~8月中旬であった。花芽分化期間は、雄花芽では約100日、雌花芽では約80日で非常に長い。コウヨウザンでは、雄花芽は8月中旬~10月下旬に認められたが、分化の盛期は8月下旬~9月中旬のようである。雌花芽の分化期は8月下旬~9月下旬であった。花芽分化期間は、雄花芽約80日、雌花芽約40日である。メタセコイアの雄花芽の分化期は8月中旬~9月上旬(盛期は8月中~下旬)、雌花芽のそれは9月上~下旬で、花芽分化開始期は雌花芽の方が15~20日おそかった。花芽分化期間は雌雄両花芽とも約30日である。セコイアの雄花芽の分化期はメタセコイアと大体同様である。ヒノキ科の樹種についてみると、ヒノキの雄花芽の分化期は7月上旬~9月中旬、雌花芽の分化期はややおくれて7月下旬~9月下旬であった。分化期間は

前者が約80日、後者は約70日である。ローソンヒノキでは、雄花芽は6月中旬頃から分化するようである。終止期は9月上旬で、分化期間は約90日である。雌花芽は7月上旬~9月中旬に分化した。分化期間約80日である。

以上の結果から、針葉樹の花芽分化期は樹種および花性によって異なる。スギとヒノキ科の樹種は花芽分化開始期が早く、また分化期間が長い。マツは花芽分化開始期がおそく、分化期間も短いようである。一般に雌花芽は雄花芽に較べて分化開始期がおそく、分化期間が短い傾向がみられる。

I-2. 花芽の発育経過

1. 材料と方法

供試材料および調査方法は前述のI-1と同様である。

2. 結果

花芽の発育経過は樹種によって異なるので、樹種別に述べる。

A. アカマツ

鳥取地方における花芽の発育経過は図-2~3および表-3の如くである。

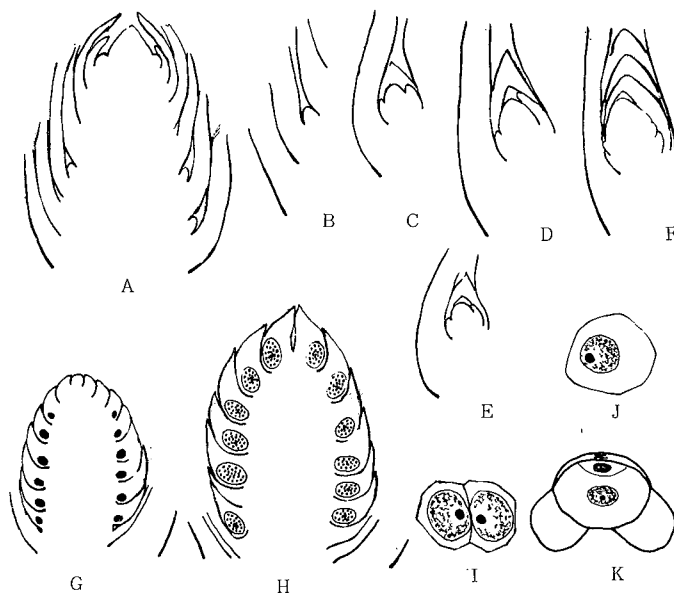


図-2. アカマツの雄花芽の発育経過

A~B: 雄花芽の原基, 鱗片葉の上腋に分化する (7月15日)。C: 低出葉でおおわれた花芽原基 (8月25日)。D: 分化期の花芽, 生長点が肥大する (9月15日)。E: 葉芽 (9月15日)。F: 雄しべの初生突起の分化 (9月15日)。G: 胞原組織の分化 (10月25日)。H: 11月下旬の雄花芽。I: 胞原細胞 (11月25日)。J: 花粉母細胞 (4月15日)。K: 成熟花粉 (5月4日)。

Fig. 2. Initiation and development of male flower buds in *Pinus densiflora*.

A~B: Initiation of male flower primordia in the axil of cataphylls; July 15. C: Male flower primordium enveloped with protective hood scales; August 25. D: Flower bud of differentiation stage.

The growing point becomes thick; September 15. E: Leaf bud; September 15. F: Initiation of stamen primordia; September 15. G: Initiation of archesporium; October 25. H: Male flower bud collected in late November. I: Archesporial cell; November 25. J: Pollen mother cell; April 15. K: Mature pollen grain; May 4.

(1) 雄花芽

花芽原基は7月中旬頃から分化を始める。最初冬芽の中部~下部の鱗片葉の腋に形成され, 漸次上方におよぶ。8月中, 下旬になると, 原基の基部に低出葉が分化して生長点を包む。花芽原基は9月上, 中旬に急速に生長して, その下部に雄しべの初生突起が分化してくる。雄しべの初生突起は, 花芽の生長にともなって下部から上部へ求頂的に分化し, 10月上旬には花軸の全面に形成される。10月上, 中旬になると, 鱗片の下側に胞原組織が分化してくる。胞原組織の分化も雄しべの初生突起の分化と同様に, 下方の鱗片から上方の鱗片へ求頂的に進行し, 発育の早い花では10月下旬に全部の鱗片に胞原組織が認

められる。胞原細胞はこの間盛んに分裂増殖して, 次第に葯を形づくる。10月下旬には胞原細胞と葯壁細胞の区別がつくようになる。胞原細胞の分裂は10月上旬から11月下旬の期間に認められた。その後分裂はとまり, 越冬する。胞原細胞は翌年の3月上旬から4月上旬の間に再び活発に分裂して, 花粉母細胞に発達する。花粉母細胞は4月中, 下旬に減数分裂を行なって花粉粒になる。四分子から分離した花粉粒はその後急速に生長して, 連続3回細胞分裂をくり返し, 成熟花粉に発達する。飛散期の花粉粒の中には, 二つの前葉体細胞と, それぞれ1個の生殖細胞および花粉管細胞が認められる。花粉の生長期間は15~20日で, 5月上旬頃開葯飛散する。

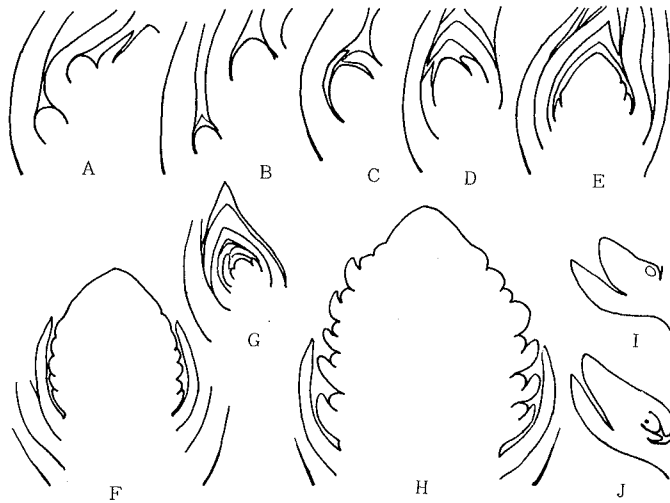


図-3. アカマツ雌花芽の発育経過

A: 雌花芽の原基, 冬芽の先端部に分化する (8月25日)。B~C: 分化期の花芽, 生長点が肥大する (9月15日)。D: 低出葉でおおわれた雌花芽 (9月25日)。E: 苞鱗の初生突起の分化 (10月5日)。F: 11月下旬の雌花芽。G: 葉芽 (11月15日)。H: 種鱗の分化 (3月25日)。I: 胚珠の分化 (4月15日)。J: 開花期の胚珠。珠皮と珠心の分化が認められる (4月26日)。

Fig. 3. Initiation and development of female flower buds in *Pinus densiflora*.

A: Primordia of female flower on bud; August 25. B~C: Flower buds of differentiation stage. The growing point becomes thick; September 15. D: Female flower bud enveloped with hood scales; September 25. E: Initiation of bract scale primordia; October 5. F: Female flower bud in late November. G: Leaf bud; November 15. H: Initiation of ovuliferous scales in the axil of bracts; March 25. I: Initiation of ovular primordia; April 15. J: Ovule at flowering time; April 26. Differentiation of the integument and the nucellus is seen.

(2) 雌花芽

雌花芽の原基は8月下旬~9月上旬に冬芽の先端部の鱗片葉の腋に分化する。9月中旬に急速に生長して、著しく大きくなる。同時にその基部に低出葉が分化して、原基を包む。10月上旬になると、花軸の下部に苞鱗の初生突起が分化してくる。苞鱗の初生突起は求頂的に分化し、12月までに花軸の中部よりやや上部まで形成される。その後分化は進行せず、翌年の2月下旬まで12月の状態で停止している。花芽は3月上旬から再び生長と分化を始める。3月下旬には花芽の先端部まで苞鱗の初生突起の分化が認められる。種鱗の初生突起は、早いものでは

3月中旬に花芽の下方の苞鱗の腋に分化する。種鱗の分化も苞鱗と同様に求頂的に進行し、4月上旬には花芽の先端部まで分化が認められる。種鱗の初生突起は4月上旬に急速に生長を始め、4月中、下旬にはその内側基部に胚珠の原基が分化する。胚珠の原基はその後発育して、開花の直前に珠皮と珠心に分化する。開花期は5月上旬である。

B. クロマツ

花芽の発育経過は表-4の通りである。

(1) 雄花芽

7月に分化した花芽原基は9月上旬に急速に生長して、

表-3. アカマツの花芽の發育経過

Table 3. Developmental process of flower buds in *Pinus densiflora*

花 芽 Flower bud	発 育 過 程 Developmental process	時 期 Time
雄 花 芽 Male	花芽原基分化期 Differentiation of floral primordia	7 月上旬 ~ 9 月上旬 early July ~ early Sep.
	花芽分化期 Floral differentiation	9 月上旬 ~ 10 月中旬 early Sep. ~ mid Oct.
	雄しべ分化開始期 Initiation of rudimentary stamens	9 月中旬 mid Sep.
	胞原組織分化開始期 Initiation of archesporium	10 月上旬 early Oct.
	胞原細胞分裂期 Division of archesporial cells	10 月上旬 ~ 11 月下旬 early Oct. ~ late Nov. 3 月上旬 ~ 4 月上旬 early Mar. ~ early Apr.
	花粉母細胞形成期 Formation of PMCs	4 月中旬 mid Apr.
	花粉形成期 Formation of pollen grains	4 月中旬 ~ 4 月下旬 mid Apr. ~ late Apr.
雌 花 芽 Female	花芽原基分化期 Differentiation of floral primordia	8 月下旬 ~ 10 月上旬 late Aug. ~ early Oct.
	花芽分化期 Floral differentiation	9 月中旬 ~ 10 月中旬 mid Sep. ~ mid Oct.
	苞鱗分化開始期 Initiation of bract scales	10 月上旬 3 月上旬 early Oct. , early Mar.
	種鱗分化開始期 Initiation of ovuliferous scales	3 月中旬 mid Mar.
	胚珠分化期 Differentiation of ovules	4 月中旬 ~ 4 月下旬 mid Apr. ~ late Apr.
開 花 期 Flowering time	4 月下旬 ~ 5 月上旬 late Apr. ~ early May	

9月中旬には生長点の下部に雄しべの初生突起が分化する。雄しべの初生突起は花軸の下部から上部へ求頂的に形成されるが、10月上、中旬に下方の鱗片に胞原組織が分化を始め、10月下旬には全部の鱗片に胞原組織が認められる。胞原細胞は10月上旬~11月下旬の期間に分裂増殖して、葯を形成する。その後分化は進行しない。花芽は翌年の2月下旬から再び活動を始め、3月中旬まで胞原細胞の分裂がみられる。胞原細胞は3月下旬頃花粉母細胞に発達し、4月上、中旬に減数分裂を行なって花粉粒になる。花粉はアカマツの場合と同様に生長發育して、飛散の直前に成熟花粉に発達する。

(2) 雌花芽

花芽原基は9月中旬頃急速に生長して著しく大きくなる。同時にその基部に低出葉が分化して原基を包む。苞鱗の分化は10月上、中旬に始まる。最初生長点の下部に

分化し、順次上方におよぶ。12月までに花軸の中部よりやや上部まで苞鱗の初生突起が形成される。その後分化は進行せず、2月中旬まで12月の状態で停止している。花芽は2月下旬~3月上旬に活動を開始する。まず花軸の上部に苞鱗の初生突起が、ひき続き下部の苞鱗の腋に種鱗の原基が分化する。3月下旬には、苞鱗と種鱗が花軸の全面に形成される。種鱗はその後急速に生長して、4月中旬に胚珠が分化する。胚珠は開花の直前に珠皮と珠心に分化する。開花期は4月下旬~5月上旬である。

C. カラマツ

長野地方における花芽の發育経過は図-4~5および表-5の如くである。

(1) 雄花芽

7月分化した花芽は8月上旬になると生長点が一層肥大し、頂部が丸味を帯びてくる。同時に生長点の下部に

表-4. クロマツの花芽の発育経過

Table 4. Developmental process of flower buds in *Pinus thunbergii*

花 芽 Flower bud	発 育 過 程 Developmental process	時 期 Time
雄 花 芽 Male	花芽原基分化開始期 Initiation of floral primordia	7 月上旬 early July
	雄しべ分化開始期 Initiation of rudimentary stamens	9 月中旬 mid Sep.
	胞原組織分化開始期 Initiation of archesporium	10 月上旬 early Oct.
	胞原細胞分裂期 Division of archesporial cells	10 月上旬 ~ 11 月下旬 early Oct. ~ late Nov. 2 月下旬 ~ 3 月中旬 late Feb. ~ mid Mar.
	花粉母細胞形成期 Formation of PMCs	3 月下旬 ~ 4 月上旬 late Mar. ~ early Apr.
	花粉形成期 Formation of pollen grains	4 月上旬 ~ 4 月中旬 early Apr. ~ mid Apr.
雌 花 芽 Female	花芽原基分化開始期 Initiation of floral primordia	8 月下旬 late Aug.
	苞鱗分化開始期 Initiation of bract scales	10 月上旬, 2 月下旬 early Oct. late Feb.
	種鱗分化開始期 Initiation of ovuliferous scales	2 月下旬 late Feb.
	胚珠分化期 Differentiation of ovules	4 月上旬 ~ 4 月中旬 early Apr. ~ mid Apr.
開 花 期 Flowering time		4 月中旬 ~ 4 月下旬 mid Apr. ~ late Apr.

雄しべの原基が分化する。雄しべの分化は生長点の伸長にともなって求頂的に進行し、8月の終わりまでには花軸の前面に未熟な雄しべが形成される。しかし、その前に下方の鱗片の下側基部に胞原組織が分化を始める。胞原組織の分化は8月中、下旬より認められた。分化は求頂的に進行し、9月上旬には全部の鱗片に胞原組織が認められる。9月中、下旬には葯が識別できるようになる。

胞原細胞は8月中旬から9月中旬の期間に数回分裂して、9月下旬頃花粉母細胞に発達する。花粉母細胞は10月上旬に減数分裂を開始する。減数分裂は11月上旬に太糸期に達して停止し、花芽は越冬する。花粉母細胞は2月中、下旬に再び減数分裂を開始する。第一分裂中期の像は3月上旬~下旬の前半に観察された。3月の終わりには未熟な花粉粒が形成される。未熟花粉はその後急速に生長して、4月上、中旬に連続4回細胞分裂をくり返し、成熟花粉に発達する。飛散期の花粉粒の中には二つの前葉体細胞と、柄細胞、中心細胞、花粉管細胞の合計五つの細胞がみられる。前葉体細胞は間もなく退化する。

開花期は4月20日頃である。

(2) 雌花芽

7月に分化した花芽は8月中旬になると生長点が一層肥大し、維管束でかこまれたずい部の面積が広がる。同時に生長点の下部に苞鱗の原基が分化してくる。苞鱗の分化は花軸の下部から上部へ求頂的に進行する。9月下旬には苞鱗の内側腋部の細胞が分裂して、種鱗の原基が分化する。種鱗の原基は最初花軸の下部~中部の苞鱗の腋に分化するが、10月中旬には花軸の上部にも認められる。しかし、先端部には形成されない。雌花芽の発育はその後停止し、翌年の3月上旬頃までは前秋の状態である。3月下旬~4月上旬になると、種鱗の上側基部に胚珠の原基が分化してくる。胚珠の原基はその後発育して、開花の直前に珠皮と珠心に分化する。珠心内部の胞原細胞は開花期の終わり頃に胚のう母細胞に発達するようである。開花期は4月20日頃である。

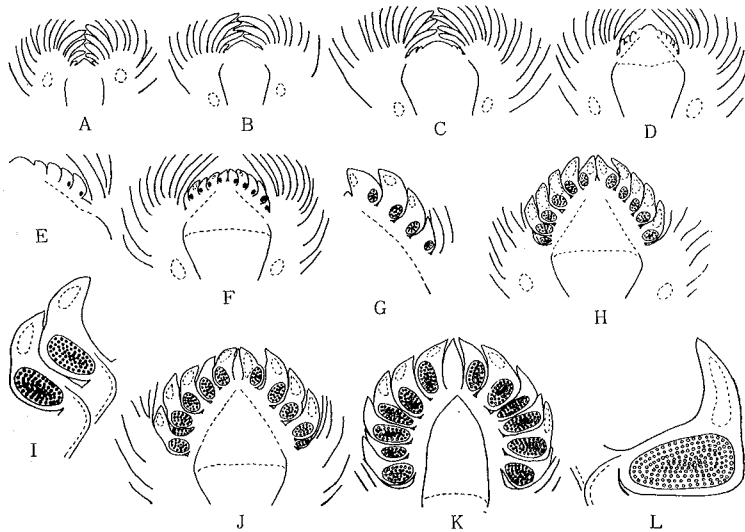


図-4. カラマツの雄花芽の發育経過

A: 葉芽 (8月4日)。B: 花芽, 生長点が肥大する (8月4日)。C: 雄しへの分化 (8月14日)。D~E: 胞原組織の分化 (8月24日)。F~G: 9月上旬の雄花芽。H: 9月下旬の雄花芽。I~J: 10月中旬の雄花芽。K~L: 4月上旬の雄花芽。

Fig. 4. Developmental process of male flower buds in *Larix leptolepis*.

A: Leaf bud; August 4. B: Flower bud. The growing point becomes thick; August 4. C: Initiation of stamen primordia; August 14. D~E: Initiation of archesporium; August 24. F~G: Male flower buds collected in early September. H: Male flower bud collected in late September. I~J: Male flower buds collected in mid October. K~L: Male flower buds collected in early April.

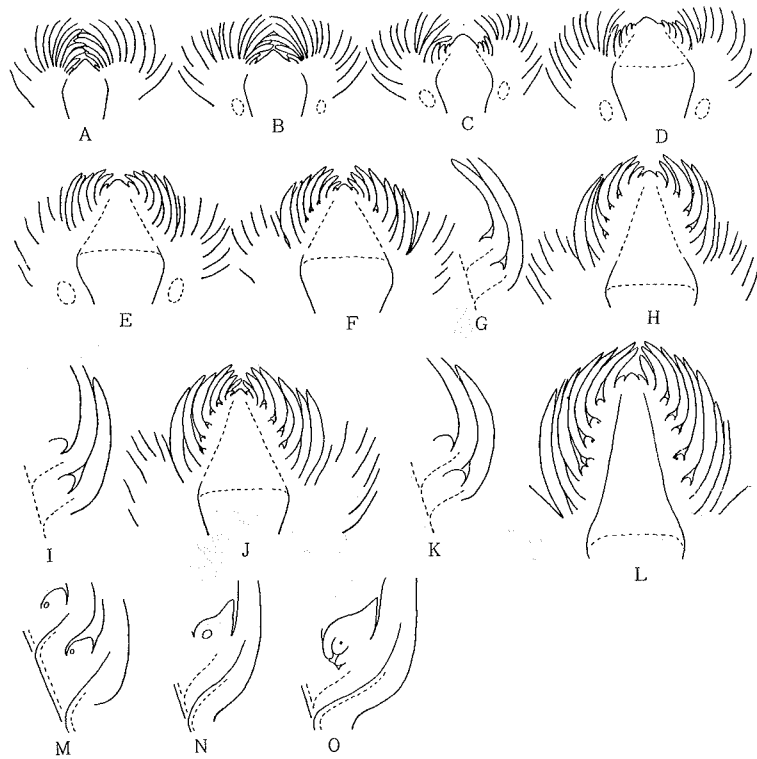


図-5. カラマツの雌花芽の發育経過

A: 花芽 (8月4日)。B~E: 苞鱗の分化 (B~C, 8月14日; D, 8月24日; E, 9月14日)。F~G: 種鱗の分化 (9月27日)。H~I: 10月中旬の雌花芽。J~K: 2月中旬の雌花芽。L~M: 胚珠の分化 (3月下旬~4月上旬)。N~O: 開花期の胚珠, 珠皮と珠心の分化が認められる (4月21日)。

Fig. 5. Developmental process of female flower buds in *Larix leptolepis*.

A: Flower bud; August 4. B~E: Initiation and development of bract scales; B~C, August 14; D, August 24; E, September 14. F~G: Initiation of ovuliferous scales; September 27. H~I: Female flower buds collected in mid October. J~K: Female flower buds collected in mid February. L~M: Initiation of ovular primordia; late March to early April. N~O: Ovules at flowering time; April 21. Differentiation of the integument and the uncellus is seen.

表-5. カラマツの花芽の発育経過
Table 5. Developmental process of flower buds in *Larix leptolepis*

採取月日 Date of collection(m. d. y.)		8. 4. 1964	8. 14. 1964	8. 24. 1964	9. 3. 1964	9. 14. 1964	9. 20. 1963	9. 27. 1964	10. 7. 1964	10. 16. 1964	10. 27. 1964	11. 11. 1964 2. 1. 1965	2. 15. 1965	3. 4. 1965	3. 20. 1965	4. 3. 1965	4. 21. 1965	
調査木 Tree no.		No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	北大天 塩第二 演習林	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	No 7 9 15	
雄 花 芽 Male flower bud	調査数 Number of buds investigated	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10	10 10 10	10 10 11	10 10 22	10 10 10	10 10 10	
	花芽分化 Floral differentiation	10 10 5																
	雄しべ分化 Differentiation of rudimentary stamens	5	8 10 10	3 4														
	胞原組織分化 Differentiation of archesporium		2	10 7 6	10 10 10	10 10 10		9 5 3										
	花粉母細胞形成 Formation of PMCs						10	1 5 7	10 10 10	10 10 10	10 10 10	10	10 9 10	8 4 9		2		
	減数分裂第1中期 First metaphase of meiosis												1	2 6 2	5 2 5			
雌 花 芽 Female flower bud	調査数 Number of buds investigated	10	10	10	10	10	10	12	7	10	5	10	10	6	10	10	1 10	
	花芽分化 Floral differentiation	10																
	苞鱗分化 Differentiation of bract scales		10	10	10	10		5										
	種鱗分化 Differentiation of ovuliferous scales						10	7	7	10	5	10	10	6	9	5		
	胚珠分化 Differentiation of ovular primordia														1	5	1	
	珠皮と珠心の分化 Differentiation of integument & nucellus																	10

D. スギ

花芽の発育経過は図-6~7および表-6の如くである。

(1) 雄花芽

花芽原基形成後数日で生長点の下部に雄しべの初生突起が形成される。ひき続き短期間に鱗片の下側基部に胞原組織が分化する。雄しべおよび胞原組織の分化は求頂的に進行し、発育の早い花芽では、8月下旬に1花の全部の鱗片に胞原組織が認められる。胞原細胞はこの間分裂増殖して、発育の早い花芽では9月中旬頃花粉母細胞になる。花粉母細胞の減数分裂は、発育の早い花芽では9月下旬に、発育のおくれた花芽では11月上旬に起こる。減数分裂の期間は割合長いが、盛期は10月中旬である。

減数分裂によって形成された未熟花粉は急速に生長して、10月下旬~11月下旬の期間に1回分裂して成熟花粉になる。12月には生殖核と花粉管核をそれぞれ1個持った花粉粒が観察される。その後は形態的に著しい変化はみられない。花粉は越冬後、翌年の3月に開葯飛散する。

(2) 雌花芽

花芽分化後比較的短期間に生長点がさらに肥厚し、ずい部も肥大する。やがて生長点の下部に苞鱗の初生突起が分化してくる。苞鱗の分化は7月下旬より認められ、生長点の下部から上部へ求頂的に進行する。しかし、それが生長点の全面に形成される前に、下方の苞鱗の内側基部に胚珠の原基が分化してくる。胚珠の原基は8月上旬より認められるが、分化の盛期は8月下旬~9月下旬

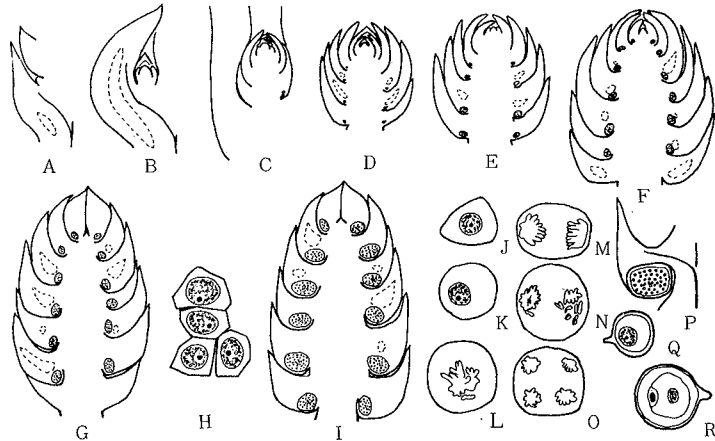


図-6. スギの雄花芽の発育経過

A: 葉腋に分化した花芽原基 (7月6日)。B: 分化期の花芽 (7月6日)。C: 雄しべの分化 (7月20日)。D~F: 胞原組織の分化 (7月下旬)。G: 8月下旬~9月上旬の雄花芽。H: 胞原細胞 (9月上旬)。I: 10月上, 中旬の雄花芽。J~O: 花粉母細胞とその減数分裂 (10月上, 中旬)。P~Q: 11月上旬の葯と未熟花粉。R: 成熟花粉 (12月中旬)。

Fig. 6. Initiation and development of male flower buds in *Cryptomeria japonica*.

A: Initiation of male flower primordium in the axil; July 6. B: Flower bud of differentiation stage; July 6. C: Initiation and development of stamens; July 20. D~F: Initiation and development of archesporium; late July. G: Male flower bud collected during late August to early September. H: Archesporial cells; early September. I: Male flower bud collected during early to mid October. J~O: Pollen mother cells and their meiosis; early to mid October. P~Q: Anther and immature pollen grain; early November. R: Mature pollen grain; mid December.

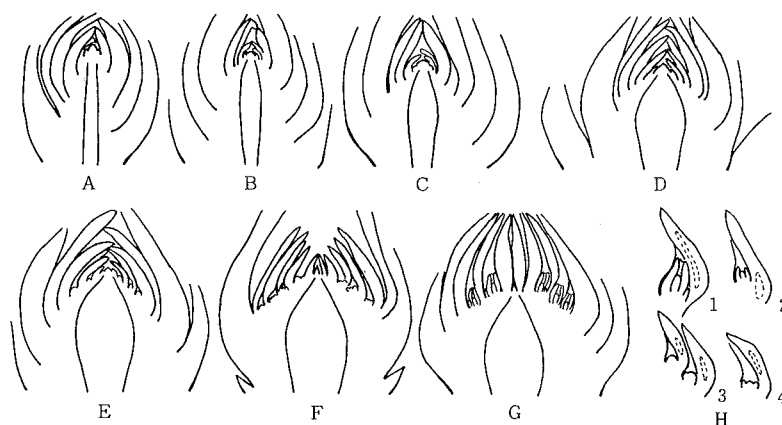


図-7. スギの雌花芽の發育経過

A: 未分化の芽 (7月20日)。B: 分化初期の花芽 (7月20日)。C: 分化期の花芽 (8月6日)。D: 苞鱗の分化 (8月19日)。E: 胚珠の分化 (8月30日)。F: 珠皮と珠心の分化 (9月22日)。G: 10月中旬の雌花芽。珠皮と珠心の完全に分化した胚珠および種鱗の原基が認められる。H: 11月中旬の胚珠 (1: 自然に着生したもの, 2: 9月にGAを散布したもの, 3~4: 10月にGAを散布したもの)。

Fhg. 7. Initiation and development of female flower buds in *Cryptomeria japonica*.

A: Bud of undifferentiation stage; July 20. B: Bud of early differentiation stage; July 20. C: Bud of differentiation stage; August 6. D: Initiation of bract scales; August 19. E: Initiation of ovular primordia in the axil of bracts; August 30. F: Differentiation of ovules into the integument and the nucellus; September 22. G: Female flower bud in mid October. Ovules which completely differentiated the integument and the nucellus and the primordia of ovuliferous scales are observed. H: Ovules in mid November. 1: Normal development. 2: A case of GA treatment in September. 3~4: Cases of GA treatment in October.

である。胚珠の原基はその後、珠皮と珠心に分化する。珠皮と珠心の分化は、發育の早い花芽では8月下旬にみられる。10月下旬には、すべての花芽で珠皮と珠心に完全に分化した胚珠が観察される。種鱗の原基は10月中、下旬に苞鱗の上腋に分化する。雌花芽は11月下旬頃まで生長し、越冬する。そして、翌年の3月に開花する。種鱗は開花後急速に發育する。

表-6. スギの花芽の發育経過

Table 6. Developmental process of flower buds in *Cryptomeria japonica*

調査月日 Date (m. d. y.)	雄 花 芽 Male flower bud						雌 花 芽 Female flower bud						
	調査数 No. of buds	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Differentiation	雄しべ分化 Diff. of rudimentary stamens	胞原組織分化 Diff. of archesporium	花粉母細胞形成 Formation of PMCs	花粉形成 Form. of pollen grains	調査数 No. of buds	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Differentiation	苞鱗分化 Diff. of bract scales	胚珠分化 Diff. of ovular primordia	珠皮と珠心の分化 Diff. of integument & nucellus
6. 25. 1961	15	15						10	10				
7. 6. "	"	"	7	5	3			10	10				
7. 20. "	"	"	5	5	5			10	7				
8. 6. "	"	"	5	5	5			10	1	3			
8. 19. "	"	"	5	5	5			10		2	6		
8. 30. "	"	"	3	5	7			12		4	4	5	2
9. 11. "	"	"	2	4	9			15		1	2	9	3
9. 22. "	"	"	1	2	7	5		15			3	8	4
10. 5. "	"	"		1	5	7	2	15			1	5	9
10. 14. "	"	"			5	5	5	15				1	14
10. 30. "	"	"				3		12					15
11. 12. "	"	"						15					15
11. 24. "	"	"						15					15
6. 26. 1959	15	5	10					15	15				
7. 10. "	"	"	5	5	5			15	13				
7. 20. "	"	"	5	5	5			15	4				
8. 4. "	"	"	3	5	7			15		2	4	8	
8. 19. "	"	"		5	10			15		1	3	11	3
9. 4. "	"	"		3	12			15		1	1	10	
10. 10. 1959 (No. 1)	"	"			1	14		15					15
10. 10. " (No. 2)	"	"					15	15					15
6. 25. 1958	15	10	5					10	10				
7. 2. "	"	"	8	5	2			10	10				
7. 9. "	"	"	6	5	4			10	10				
7. 22. "	"	"	5	5	5			10	6	4			
8. 8. "	"	"	5	5	5			15	1	6	6	2	
8. 21. "	"	"	4	5	6			15		2	4	7	2
8. 29. "	"	"	2	5	8			15		1	4	6	4
9. 10. "	"	"		3	7	5	5	—					
9. 20. "	"	"			5	5	5	15				5	10
10. 4. "	"	"				5	10	15				4	11
10. 18. "	"	"					15	15					15
10. 23. "	"	"					15	15					15
11. 17. "	"	"					15	15					15

E. コウヨウザン

花芽の發育経過は図-8~9および表-7の通りである。

(1) 雄花芽

雄花芽の原基は創始後間もなくその基部に発生した低出葉でおおわれる。花芽原基はその後急速に生長して、8月の終わりから9月上旬にその下部に雄しべの初生突起が分化する。雄しべの分化は求頂的に進行するが、それが花軸の全面に形成される前に、下方の鱗片の下側基部に胞原組織が分化する。胞原組織の分化は9月下旬より認められ、下方の鱗片から上方の鱗片へ分化が進み、11月上旬には全部の鱗片に葯が形成される。胞原細胞は11月下旬頃まで分裂増殖し、越冬する。花粉母細胞は3月上旬(年によっては2月下旬)に減数分裂を行ない、花粉が形成される。花粉は1回分裂して成熟する。飛散期の花粉では、二つの核(生殖核と花粉管核)がみられる。開葯期は4月上旬(年によっては3月下旬)である。

(2) 雌花芽

9月下旬頃から生長点の下部に苞鱗の初生突起が、10月下旬よりその内側基部に胚珠の原基が分化してくる。11月下旬には、大部分の鱗片に胚珠の原基が認められる。しかし、その後分化は進行せず、胚珠の原基は未発達のまま越冬する。翌年の3月上旬になると、花芽は急速に生長を始め、それにつれて胚珠の原基も増大する。そして、3月中、下旬に珠皮と珠心に分化する。同時に胚珠に隣接した上側の部分が脹れあがり、種鱗の初生突起が分化してくる。開花期は4月上旬である。

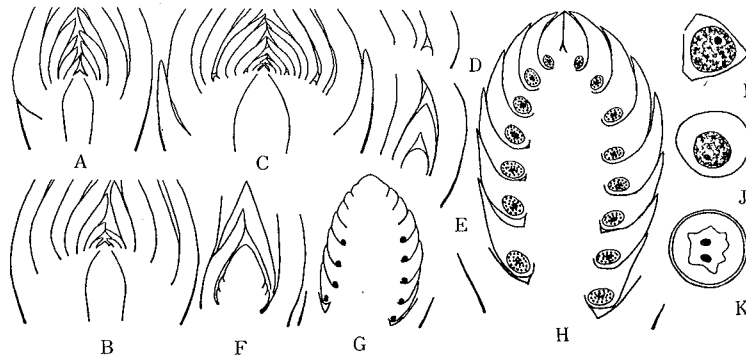


図-8. コウヨウザンの雄花芽の發育経過

A: 未分化の芽(8月6日)。B: 花芽分化期直前の肥大した芽(8月6日)。C, D: 葉腋に分化した花芽原基(8月25日)。E: 分化期の花芽, 生長点が肥大し、低出葉でおおわれる(8月30日)。F: 雄しべの初生突起の分化(9月15日)。G: 胞原組織の分化(10月7日)。H: 11月上旬の雄花芽。I: 胞原細胞(11月5日)。J: 花粉母細胞(2月20日)。K: 成熟花粉(4月7日)。

Fig. 8. Development of male flower buds in *Cunninghamia lanceolata*.

A: Bud of undifferentiated stage; August 6. B: Bud of early differentiation stage; August 6. C, D: Initiation of flower primordia in the axil of bud scales; August 25. E: Flower bud of differentiation stage; August 30. F: Initiation of stamen primordia; September 15. G: Initiation of archesporium; October 7. H: Male flower bud collected on November 5. I: Archesporial cell; November 5. J: Pollen mother cell; February 20. K: Mature pollen grain; April 7.

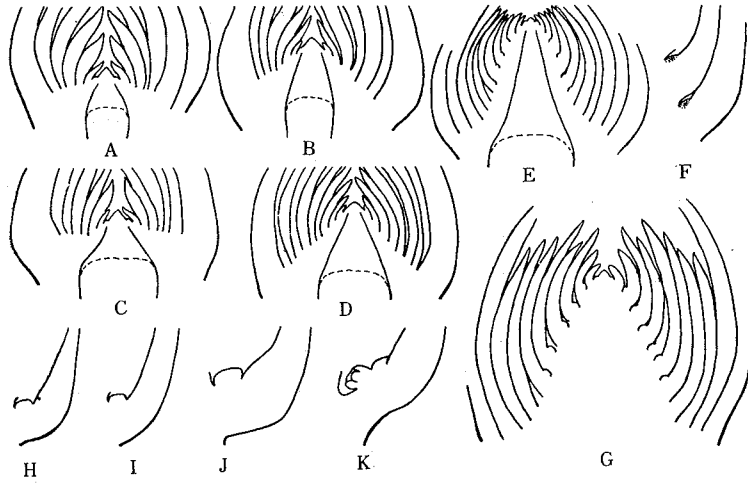


図-9. コウヨウザンの雌花芽の發育経過

A: 葉芽 (9月18日)。B: 分化期の花芽 (9月18日)。C: 葉芽 (10月7日)。D: 苞鱗の分化 (10月7日)。E, F: 胚珠原基の分化 (11月5日)。G: 11月下旬の雌花芽。H: 11月下旬の胚珠。I: 2月下旬の胚珠。J: 3月上旬の胚珠。K: 3月下旬の胚珠, 珠皮と珠心の分化および胚珠の上側に種鱗の原基が認められる。

Fig. 9. Development of female flower buds in *Cunninghamia lanceolata*.

A: Leaf bud; September 18. B: Flower bud of differentiation stage; September 18. C: Leaf bud; October 7. D: Initiation of bract scales; October 7. E, F: Initiation of ovular primordia; November 5. G: Female flower bud collected on November 25. H: Rudimentary ovule on November 25. I: Rudimentary ovule on February 20. J: Rudimentary ovule on March 6. K: Ovule which completely differentiated the integument and the nucellus, and ovuliferous scale primordium; March 24.

表-7. コウヨウザンの花芽の发育経過

Table 7. Developmental process of flower buds in *Cunninghamia lanceolata*

調査月日 Date (m. d. y.)	雄花芽 Male flower bud						雌花芽 Female flower bud						開花 Flowering	
	調査数 Number investigated	未分化 Undifferentiation	芽の肥大 Thickening of buds	花芽原基分化 Diff. of flower primordia	雄しべ分化 Diff. of rudimentary stamens	胞原組織分化 Diff. of archesporium	花粉母細胞形成 Formation of PMCs	花粉形成 Form. of pollen grains	調査数 Number investigated	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Differentiation	苞鱗分化 Diff. of bract scales		胚珠分化 Diff. of rudimentary ovules
7. 20. 1961	20*	20						10	10					
8. 5. "	10*	3	7					10	10					
8. 19. "	10*		8	2				10	10					
8. 30. "	10*		2	7	1			5	4	1				
9. 11. "	10		8	8	2			5	3	2				
9. 18. "	10		7	7	3			5	(3)	2				
10. 6. "	10		1	2	2	7		5	(3)		2			
10. 14. "	10			2	2	8		5	(2)		3			
10. 30. "	10			1	1	9		5	(3)			2		
11. 12. "	10					10		5	(3)			2		
11. 24. "	10					10		2				2		
12. 11. "	10					10		—				2		
2. 3. 1962	10					10		—				2		
2. 20. "	10					10		4				4		
2. 28. "	10					2		—				3		
3. 6. "	10					8		3				3		
3. 15. "	10					10		3					3	
3. 24. "	10					10		3					3	
4. 5. 1961														+
4. 7. 1962														+
8. 6. 1962	10*	4	6					10	10					
8. 15. "	10*	1	8	1				10	10					
8. 25. "	10*		2	8				10	10					
9. 5. "	10*		2	7	1									
9. 15. "	10*		2	8	2			6	5	1				
9. 25. "	10			6	2			7	5	2				
10. 7. "	10			7	3			8	(4)	3	1			
10. 15. "	10			4	4	2		8	(6)		2			
10. 25. "	10			3	5	2		9	(7)		2			
11. 5. "	10			1	2	7		7	(5)		1	1		
11. 15. "	10			1	2	7		7	(5)				2	
11. 25. "	10			1	1	9		5	(2)				3	
						10		10	(4)				6	

* 芽の数を示す。Showed the number of buds.

() 葉芽の数を示す。Showed the number of leaf buds.

F. メタセコイア

花芽の發育経過は図-10~11および表-8の如くである。

(1) 雄花芽

生長点が肥大して間もなく、その下部および側方に雄しべの初生突起が分化してくる。雄しべの初生突起の分化期は8月下旬~10月上旬である。雄しべの初生突起は分化後急速に生長して、間もなくその下側基部に胞原組織が識別されるようになる。胞原組織の分化は8月下旬より認められる。胞原組織は9月に盛んに分裂増殖する。10月上旬には、大部分の花芽で全部の鱗片に葯が認められる。胞原細胞は、發育の早い花芽では10月上旬頃花粉母細胞に発達する。花粉母細胞は10月中旬~11月中旬の期間(盛期は10月中、下旬)に減数分裂を行ない、花粉が形成される。開葯期は翌年の2月下旬~3月上旬である。

(2) 雌花芽

9月上旬頃生長点の下部に肥厚した苞鱗の初生突起が分化する。分化は求頂的に進行し、9月下旬には花軸の殆ど全面に苞鱗の分化が認められる。發育の早い花芽では、9月の終わり頃から苞鱗の内側基部に胚珠の初生突起が分化する。胚珠の初生突起は10月中旬頃珠皮と珠心に分化する。10月下旬には、大部分の花芽で珠皮と珠心に完全に分化した胚珠が観察される。種鱗の分化は10月中、下旬にみられる。胚珠に隣接した上側の鱗片の一部が突起状にふくれ、種鱗の原基になる。その後は花芽の發育に著しい変化がみられない。雌花芽は、越冬後2月中旬頃から花軸が急に伸びはじめ、2月下旬~3月上旬に開花する。

G. セコイア

雄花芽の發育経過は表-9の如くである。花芽分化後短期間に生長点の下部および側方に雄しべの初生突起が

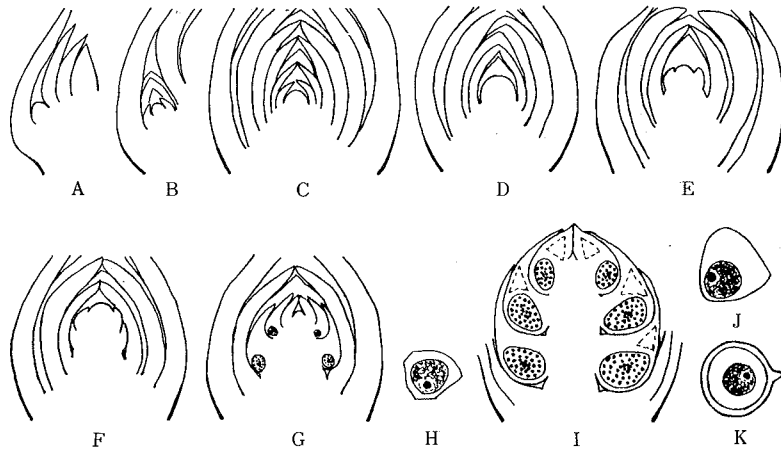


図-10. メタセコイアの雄花芽の發育経過

A~B: 未分化(8日5日)。C: 花芽分化初期(8月15日)。D: 花芽分化期(8月中旬~下旬)。E~F: 雄しべ分化期(8月下旬~9月上旬)。G: 胞原組織分化期(9月上旬~中旬)。H: 胞原細胞(9月15日)。I: 花粉形成期の雄花(10月下旬)。J: 花粉母細胞(10月15日)。K: 花粉(10月24日)。

Fig. 10. Developmental process of male flower buds in *Metasequoia glyptostroboides*.

A~B: Undifferentiation stages; August 5. C: Early stage of floral differentiation; August 15. D: Floral differentiation stage; mid to late August. E~F: Initiation and development of stamen primordia; late August to early September. G: Initiation of archesporium; early to mid September. H: Archesporial cell; September 15. I: Male flower bud at pollen formation stage; late October. J: Pollen mother cell; October 15. K: Pollen grain; October 24.

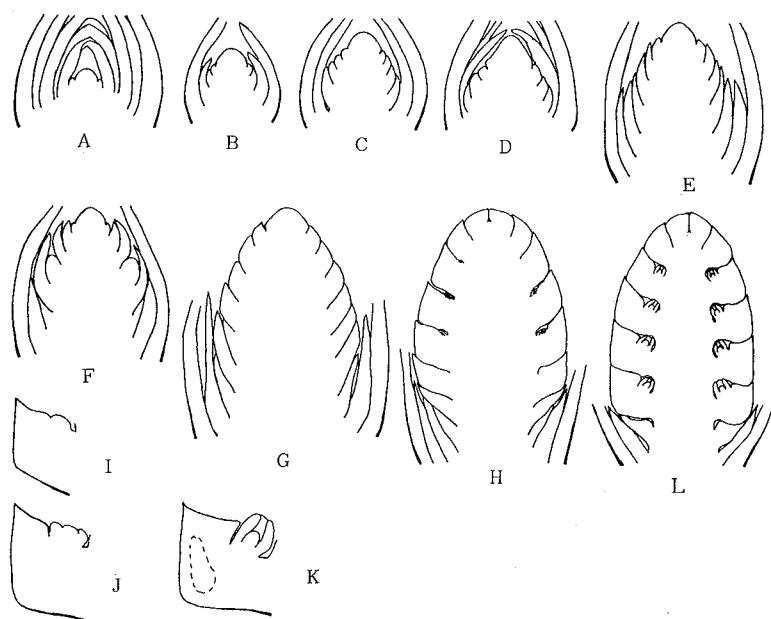


図-11. メタセコイアの雌花芽の発育経過

A: 未分化 (8月15日)。B~C: 葉芽 (8月下旬~9月上旬)。D: 花芽分化期 (9月5日)。E~F: 葉芽 (9月15日)。G: 苞鱗分化期 (9月15日)。H: 胚珠分化期 (9月下旬~10月上旬)。I~J: 10月上, 中旬の胚珠。K~L: 11月中旬の雌花および胚珠。

Fig. 11. Developmental process of female flower buds in *Metasequoia glyptostroboides*.

A: Undifferentiation stage; August 15. B~C: Leaf buds; late August to early September. D: Floral differentiation stage; September 5. E~F: Leaf buds; September 15. G: Formation of bract scales; September 15. H: Initiation of ovular primordia; late September to early October. I~J: State of ovules in early to mid October. K~L: Developmental state of female flower buds and ovules in mid November.

分化してくる。そして、8月下旬から9月上旬頃鱗片の下側基部に胞原組織が分化を始める。発育の早い花芽では、9月中旬に全部の鱗片に胞原組織が認められる。胞原細胞は9月に盛んに分裂して、発育の早い花芽では10月上, 中旬に花粉母細胞になる。花粉母細胞の減数分裂は10月15日から11月25日の期間にみられた。しかし、分裂の盛期は10月下旬~11月上旬のようである。発育の早い花芽では、10月下旬に四分子から分離した花粉粒がみられる。開葯期は翌年の3月上旬である。

H. ヒノキ

花芽の発育経過は図-12~13および表-10の如くであ

る。

(1) 雄花芽

花芽分化後短期間に生長点の下部に雄しべの初生突起が分化する。そして、早期に分化した花芽では8月上旬から、大部分の花芽では8月中, 下旬から下方の鱗片の下側基部に胞原組織が分化する。雄しべおよび胞原組織の分化は求頂的に進行し、10月上旬には大部分の花芽で全部の鱗片に胞原組織の形成が認められる。胞原細胞はこの間分裂増殖して葯を形成するが、11月下旬には分裂がとまり12月中旬頃花粉母細胞に発達する。花粉母細胞は翌年の3月上旬より減数分裂を始め、3月下旬に花粉

表-8. メタセコイアの花芽の發育経過

Table 8. Developmental process of flower buds in *Metasequoia glyptostoboides*

花 芽 Flower bud	発 育 過 程 Developmental process	時 期 Time
雄 花 芽 Male	花芽分化期 Floral differentiation	8 月中旬 ~ 9 月上旬 mid Aug. ~ early Sep.
	雄しべ初生突起分化期 Differentiation of rudimentary stamens	8 月下旬 ~ 10 月上旬 late Aug. ~ early Oct.
	胞原組織分化期 Differentiation of archesporium	8 月下旬 ~ 10 月中旬 late Aug. ~ mid Oct.
	花粉母細胞形成期 Formation of pollen mother cells	10 月上旬 ~ 11 月上旬 early Oct. ~ early Nov.
	花粉形成期 Formation of pollen grains	10 月中旬 ~ 11 月中旬 mid Oct. ~ mid Nov.
雌 花 芽 Female	花芽分化期 Floral differentiation	9 月上旬 ~ 9 月下旬 early Sep. ~ late Sep.
	苞鱗分化期 Differentiation of bract scales	9 月上旬 ~ 10 月上旬 early Sep. ~ early Oct.
	胚珠分化期 Differentiation of rudimentary ovules	9 月下旬 ~ 10 月中旬 late Sep. ~ mid Oct.
	珠皮と珠心の分化期 Differentiation of integument and nucellus	10 月上旬 ~ 10 月下旬 early Oct. ~ late Oct.
開 花 期 Flowering time		2 月下旬 ~ 3 月上旬 late Feb. ~ early Mar.

表-9. セコイアの雄花芽の發育経過

Table 9. Developmental process of male flower buds in *Sequoia sempervirens*

発 育 過 程 Developmental process	時 期 Time
花芽分化期 Floral differentiation	8 月中旬 ~ 9 月中旬 mid Aug. ~ mid Sep.
雄しべ初生突起分化期 Differentiation of rudimentary stamens	8 月下旬 ~ 9 月下旬 late Aug. ~ late Sep.
胞原組織分化期 Differentiation of archesporium	8 月下旬 ~ 10 月中旬 late Aug. ~ mid Oct.
花粉母細胞形成期 Formation of pollen mother cells	10 月上旬 ~ 11 月上旬 early Oct. ~ early Nov.
花粉形成期 Formation of pollen grains	10 月中旬 ~ 11 月下旬 mid Oct. ~ late Nov.
開化期 Flowering time	3 月上旬 early Mar.

粒が形成される。未熟花粉は4月上旬に1回細胞分裂を行ない成熟花粉になる。飛散期の花粉では、生殖核と花粉管核の二つがみられる。開花期は4月上、中旬である。

(2) 雌花芽

雌花芽は花芽分化後比較的緩慢に生長を続け、生長点

が一層肥大する。そして、8月下旬頃から生長点の側方に種鱗の初生突起が分化する。10月上旬になると、種鱗の内側腋部の細胞が分裂して胚珠の原基が分化する。胚珠の原基は10月中、下旬に珠皮と珠心に分化する。11月には珠皮と珠心に完全に分化した胚珠が観察される。

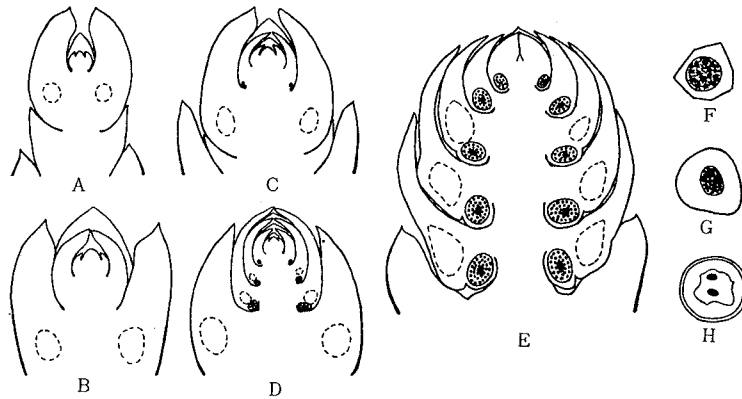


図-12. ヒノキの雄花芽の發育経過

A: 未分化の芽 (7月6日)。B: 分化期の花芽 (7月16日)。C: 雄しべの分化 (7月24日)。D: 胞原組織の分化 (8月30日)。E: 10月中旬の雄花芽。F: 胞原細胞 (10月15日)。G: 花粉母細胞 (2月28日)。H: 成熟花粉 (4月7日)。

Fig. 12. Developmental process of male flower buds in *Chamaecyparis obtusa*.

A: Bud of undifferentiation stage; July 6. B: Flower bud of differentiation stage; July 16. C: Initiation and development of stamens; July 24. D: Initiation and development of archesporium; August 30. E: Male flower bud collected on October 15. F: Archesporial cell; October 15. G: Pollen mother cell; February 28. H: Mature pollen grain; April 7.

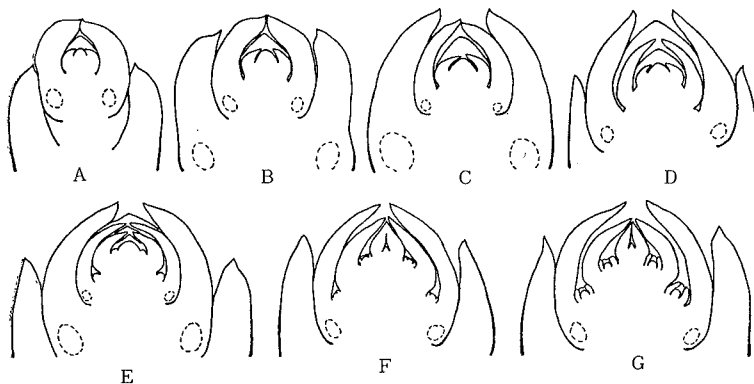


図-13. ヒノキの雌花芽の發育経過

A: 未分化の芽 (7月16日)。B: 分化期の花芽 (8月6日)。C, D: 種鱗の分化 (9月上, 中旬)。E: 胚珠の分化 (10日5日)。F: 珠皮と珠心の分化 (10月14日)。G: 11月中旬の雌花芽, 珠皮と珠心の完全な分化が認められる。

Fig. 13. Developmental process of female flower buds in *Chamaecyparis obtusa*.

A: Bud of undifferentiation stage; July 16. B: Flower bud of differentiation stage; August 6. C, D: Initiation and development of ovuliferous scales; early to mid September. E: Initiation of ovular primordia; October 5. F: Differentiation of rudimental ovules into the integument and the nucellus; October 14. G: Female flower bud collected on November 12.

表-10. ヒノキの花芽の發育経過

Table 10. Developmental process of flower buds in *Chamaecyparis obtusa*

調査月日 Date (m. d. y.)	雄花芽 Male flower bud						雌花芽 Female flower bud						開花 Flowering
	調査数 No. of flower buds	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Differentiation	雄しへ分化 Diff. of rudimentary stamens	胞原組織分化 Diff. of archesporium	花粉母細胞形成 Formation of PMCs	花粉形成 Form. of pollen grains	調査数 No. of flower buds	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Differentiation	種鱗分化 Diff. of ovuliferous scales	胚珠分化 Diff. of rudimentary ovules	
7. 6. 1961	15	5	7	3				10	10				
7. 20. "	15	5	5	5				10	9	1			
8. 6. "	15		8	5	2			10	2	8			
8. 19. "	15		5	8	2			10		10			
8. 30. "	15		3	7	5			10		6	4		
9. 11. "	10			3	7			10		4	6		
9. 22. "	10			2	8			10		8	8		
10. 5. "	10			1	9			10		8	8	2	
10. 14. "	10				10			12		3	3	6	3
10. 30. "	10				10			12		2	2	5	5
11. 12. "	10				10			12		2	2	5	9
11. 24. "	10				10			12		2	2	1	10
12. 26. "	10					10		10		2			10
2. 3. 1962	10					10		10					10
2. 15. "	10					10		—					
2. 28. "	10					10		—					
3. 6. "	10					10		—					
3. 15. "	10					10	10	—					
4. 3. "													+
4. 7. "													+
4. 14. "													+
7. 7. 1962	10	10						10	10				
7. 16. "	10	9	1					10	10				
7. 24. "	10	5	5					10	10				
8. 6. "	10		7	3				10	6				
8. 15. "	10		5	5				10		4			
8. 25. "	15		5	5	5			10		10			
9. 5. "	15		5	5	5			10		9	1		
9. 15. "	10		5	3	5			10		7	3		
9. 25. "	10		2	1	9			10		3	7		
10. 5. "	10				10			10		3	5	5	
10. 15. "	10				10			10		1	1	6	3
10. 25. "	10				10			10				3	7
11. 5. "	10				10			12		2	2		10
11. 15. "	10				10			13		1	2		10

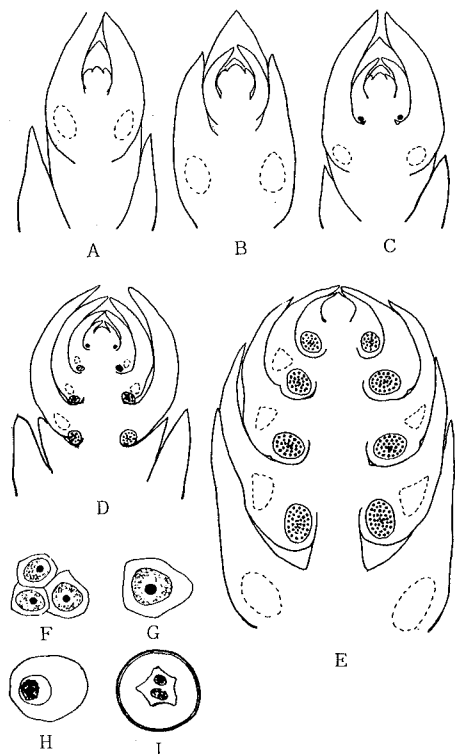


図-14. ローソンヒノキの雄花芽の發育経過
A: 未分化の芽 (8月15日)。B: 花芽 (8月15日)。
C: 雄しべの分化 (8月30日)。D: 胞原組織の
分化 (9月15日)。E: 11月下旬の雄花芽。F: 胞
原細胞 (10月30日)。G: 花粉母細胞 (2月15日)。
H: 花粉母細胞, 減数分裂前期 (3月6日)。I:
成熟花粉 (4月7日)。

Fig. 14. Developmental process of male flower buds in *Chamaecyparis lawsoniana*.

A: Bud of undifferentiation stage; August 15.
B: Flower bud; August 15. C: Initiation and development of stamens; August 30. D: Initiation and development of archesporium; September 15. E: Male flower bud in late November. F: Archesporial cell; October 30. G: Pollen mother cell; February 15. H: PMC of meiotic prophase; March 6. I: Mature pollen grain; April 7.

その後は形態的に著しい変化はみられない。花芽は翌年の3月上旬頃から生長を始め、4月上、中旬に開花する。

I. ローソンヒノキ

花芽の發育経過は図-14~15の如くである。

(1) 雄花芽

自然着生の雄花芽では、7月上旬にすでに雄しべが形成されており、發育の早い花芽では鱗片の下側に胞原組

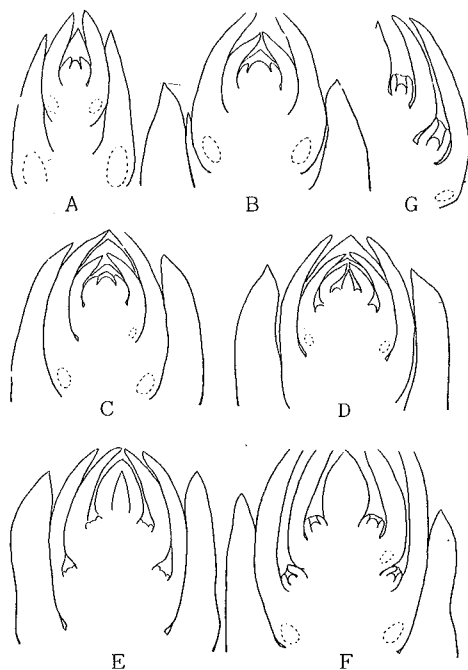


図-15. ローソンヒノキの雌花芽の發育経過
A: 未分化の芽 (8月15日)。B: 花芽 (8月24日)。
C: 種鱗の分化 (9月5日)。D: 胚珠の分化 (10
月5日)。E: 珠皮と珠心の分化 (10月30日)。F:
11月下旬の雌花芽。G: 3月上旬の胚珠。

Fig. 15. Developmental process of female flower buds in *Chamaecyparis lawsoniana*.

A: Bud of undifferentiation stage; August 15.
B: Flower bud; August 24. C: Initiation and development of ovuliferous scales; September 5. D: Initiation of ovular primordia; October 5. E: Differentiation of rudimentary ovules into the integument and the nucellus; October 30. F: Female flower bud in late November. G: Ovules in early March.

織が認められた。ジベレリン処理の場合は、花芽分化後10日位で雄しべが分化してくる。9月中旬には、すべての鱗片に葯の形成が認められる。胞原細胞は11月下旬まで分裂増殖し、12月に花粉母細胞になる。花粉母細胞は2月下旬頃減数分裂を開始する。3月中、下旬には花粉粒がみられる。未熟花粉は1回細胞分裂を行なって成熟花粉に発達し、4月上旬に飛散する。

(2) 雌花芽

自然着生の雌花芽では、花芽分化後直ちに種鱗が分化し、ひき続きその上脛に胚珠の原基が分化する。胚珠原基の分化期は7月下旬～8月下旬であった。胚珠の原基は発育の早い花芽では8月中旬頃から珠皮と珠心に分化する。10月には珠皮と珠心に完全に分化した胚珠がみられる。7～8月にジベレリンを処理して着花させた場合は、8月下旬頃から種鱗の初生突起が分化し、10月上、中旬に胚珠の原基が形成される。胚珠の原基は10月中、下旬に珠皮と珠心に分化する。花芽は越冬後早春さらに生長発育して、4月上旬に開花する。

以上の花芽の発育経過を主要樹種についてとりまとめ

ると表-11の如くである。花芽の発育経過は樹種によって著しく異なる。いま花粉と胚珠が形成される時期を基準にして針葉樹の花芽の発育の様式を類別すると、次の四つの型にわけることができる。

(a) アカマツ型——胚珠、花粉ともに花芽分化の翌年に形成されるもの。アカマツ、クロマツ、カラマツ。

(b) スギ型——胚珠、花粉ともに花芽分化の年に形成されるもの。スギ、メタセコイア、セコイア。

(c) ヒノキ型——胚珠は花芽分化の年に、花粉は翌年に形成されるもの。ヒノキ、ローソンヒノキ。

(d) コウヨウザン型——胚珠は花芽分化の年および翌年に、花粉は翌年に形成されるもの。コウヨウザン。

表-11. 主要針葉樹の花芽の発育経過

Table 11. Developmental process of flower buds in main conifers

樹種 Species	雄花芽 Male flower bud		
	雄しへの原基分化 Diff. of stamen primordia	胞原組織分化 Diff. of archesporium	花粉形成 Formation of pollen grains
アカマツ <i>P. densiflora</i>	9月中旬～11月上旬 mid Sep. ~ early Nov.	10月上旬～11月中旬 early Oct. ~ mid Nov.	4月中旬～4月下旬 mid Apr. ~ late Apr.
クロマツ <i>P. thumbergii</i>	9月中旬～11月上旬 mid Sep. ~ early Nov.	10月上旬～11月中旬 early Oct. ~ mid Nov.	4月上旬～4月中旬 early Apr. ~ mid Apr.
カラマツ <i>L. leptolepis</i>	8月上旬～8月下旬 early Aug. ~ late Aug.	8月中旬～9月上旬 mid Aug. ~ early Sep.	3月下旬～4月上旬 late Mar. ~ early Apr.
スギ <i>Cr. japonica</i>	7月上旬～10月上旬 early July ~ early Oct.	7月上旬～10月中旬 early July ~ mid Oct.	9月中旬～11月上旬 mid Sep. ~ early Nov.
コウヨウザン <i>Cu. lanceolata</i>	8月下旬～11月上旬 late Aug. ~ early Nov.	9月下旬～11月中旬 late Sep. ~ mid Nov.	3月上旬～3月中旬 early Mar. ~ mid Mar.
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	7月上旬～10月上旬 early July ~ early Oct.	8月上旬～10月中旬 early Aug. ~ mid Oct.	3月中旬～3月下旬 mid Mar. ~ late Mar.
雌花芽 Female flower bud			花性分化期 Time of flower sex differentiation
苞鱗原基分化 Diff. of bract scale primordia	種鱗原基分化 Diff. of ovuliferous scale primordia	胚珠原基分化 Diff. of ovular primordia	
9月下旬～10月下旬 late Sep. ~ late Oct. 3月上旬～3月中旬 early Mar. ~ mid Mar.	3月中旬～3月下旬 mid Mar. ~ late Mar.	4月中旬～4月下旬 mid Apr. ~ late Apr.	9月中旬～3月中旬 mid Sep. ~ mid Mar.
9月下旬～10月下旬 late Sep. ~ late Oct. 2月下旬～3月中旬 late Feb. ~ mid Mar.	2月下旬～3月中旬 late Feb. ~ mid Mar.	4月上旬～4月中旬 early Apr. ~ mid Apr.	9月中旬～3月中旬 mid Sep. ~ mid Mar.
8月中旬～9月下旬 mid Aug. ~ late Sep.	9月下旬～10月上旬 late Sep. ~ early Oct.	3月下旬～4月上旬 late Mar. ~ early Apr.	8月上旬～9月下旬 early Aug. ~ late Sep.
7月下旬～10月上旬 late July ~ early Oct.	10月中旬～10月下旬 mid Oct. ~ late Oct.	8月上旬～10月中旬 early Aug. ~ mid Oct.	7月上旬～10月上旬 early July ~ early Oct.
9月下旬～10月下旬 late Sep. ~ late Oct.	3月中旬～3月下旬 mid Mar. ~ late Mar.	10月下旬～11月中旬 late Oct. ~ mid Nov.	8月下旬～11月上旬 late Aug. ~ early Nov.
—————	8月下旬～10月中旬 late Aug. ~ mid Oct.	10月上旬～11月上旬 early Oct. ~ early Nov.	7月上旬～10月中旬 early July ~ mid Oct.

I-3. 花芽分化期および花芽の發育経過の変化

1. 材料と方法

花芽分化期およびその後の花芽の發育は、生育場所、

年度、個体、着花位置、ジベレリンの処理時期などによって異なるので、これらの関係を明らかにするために以下の調査を行なった。

生育場所の影響をみるために、1962年に海拔5mの鳥

表-12. 1961年と1962年の気候の比較

Table 12. Comparison of climatic elements during May to July of the years 1961 and 1962

年 月	気 候 要 素	平均気温 Mean air temp. (°C)		最高気温 Max. air temp. (°C)		降水量 Amount of rainfall (mm)		日照時数 Duration of sunshine (hr)	
		1961	1962	1961	1962	1961	1962	1961	1962
5 月 May	上旬	17.4	15.7	22.4	21.4	32.5	60.5	55.8	73.6
	中旬	17.9	16.5	22.9	22.1	28.2	39.0	47.9	61.1
	下旬	18.3	18.8	24.6	23.9	6.3	34.7	86.0	84.5
	平均, 合計	17.9	17.0	23.3	22.5	67.0	134.2	189.7	219.2
6 月 June	上旬	20.3	19.3	25.2	22.6	3.4	89.8	56.6	27.4
	中旬	19.8	19.9	24.0	24.1	20.4	62.5	54.5	59.1
	下旬	23.1	19.8	26.4	23.3	171.5	69.8	14.4	27.7
	平均, 合計	21.1	19.7	25.2	23.3	205.3	222.1	125.5	114.2
7 月 July	上旬	26.2	24.0	30.1	26.7	74.9	92.9	33.0	36.2
	中旬	26.4	25.4	30.8	29.1	22.2	3.6	68.5	49.2
	下旬	28.5	27.9	33.7	32.3	4.7	3.2	81.4	103.9
	平均, 合計	27.1	25.8	31.6	29.5	101.8	99.7	182.9	189.3

備考：鳥取地方気象台の観測資料による。

表-13. 生育場所および個体によるアカマツの花芽の分化期と發育のちがい*

Table 13. Differences in the initiation and development of flower buds of *Pinus densiflora* according to the locality of trees and individual trees *

生育場所 Locality	個体 Tree no.	雄花芽 Male flower bud				雌花芽 Female flower bud			
		原基 分化 開始期 Begin. of primordium diff. 月日 (m. d.)	花芽分化期 Flower bud diff. 月日 (m. d.)	雄しべ 分化 開始期 Begin. of stamens diff. 月日 (m. d.)	胞原組織分化 開始期 Begin. of archesporium diff. 月日 (m. d.)	原基 分化 開始期 Begin. of primordium diff. 月日 (m. d.)	花芽分化期 Flower bud diff. 月日 (m. d.)	苞鱗 分化 開始期 Begin. of bract scale diff. 月日 (m. d.)	
鳥取 Tottori	No. 1	7.15	9.15 ~ 9.25	9.15	10.15	9.5	9.15 ~ 10.15	10.5	
	No. 2	7.15	9.5 ~ 10.15	9.15	10.15	9.5	9.25 ~ 10.15	10.15	
	No. 3	7.15	9.15 ~ 9.25	9.15	10.15	8.25	9.15 ~ 10.15	9.25	
	平均 Mean	7.15	9.12 ~ 10.2	9.15	10.15	9.1	9.18 ~ 10.15	10.5	
蒜山 Hiruzen	No. 1	7.25	9.15 ~ 10.5	9.15	10.5	9.5	9.15 ~ 10.15	10.5	
	No. 2	7.25	9.15 ~ 10.15	9.15	10.25	9.5	9.15 ~ 10.15	10.5	
	No. 3	7.25	9.5 ~ 9.25	9.5	9.25	8.25	9.5 ~ 10.15	9.25	
	No. 4	7.25	9.5 ~ 9.25	9.5	9.25	9.5	9.15 ~ 10.5	10.5	
	No. 5	7.25	9.5 ~ 10.5	9.15	9.25	9.5	9.15 ~ 9.25	9.25	
	平均 Mean	7.25	9.9 ~ 10.3	9.11	10.3	9.3	9.13 ~ 10.9	10.1	

* 1962年の調査。 Investigated in 1962.

表-14. 生育場所および個体によるスギの花芽の分化期と発育のちがい*

Table 14. Differences in the initiation and development of flower buds of *Cryptomeria japonica* according to the locality of trees and individual trees *

生育場所 Locality	個体 Tree no.	雄花芽 分化期 Diff. of male flowers 月日 Date (m. d.)	雌花芽 分化期 Diff. of female flowers 月日 Date (m. d.)	花粉成 開始期 Begin. of pollen formation 月日 Date (m. d.)	胚珠 分化 開始期 Begin. of ovule diff. 月日 Date (m. d.)	珠皮と 珠心の分 化開始期 Begin. of diff. of integu- ment & nucellus 月日 Date (m. d.)	備考 Remarks
鳥取 Tottori	No. 1	7.25~9.15	8.5~9.15	10.5	9.15	10.5	オキノヤマ スギ 強雄性個体 クモトオシスギ 三倍体 三倍体 の系統
	No. 2	8.15~9.25	9.5~9.15	10.5	9.15	9.25	
	No. 3	8.5~9.15	8.25~9.15	10.15	9.5	10.5	
	No. 4	8.15~8.25	8.25~9.15	10.5	9.5	9.25	
	No. 5	7.25~9.15	7.15~9.15	10.5	9.5	9.15	
	No. 6	8.5~9.5	8.5~9.15	10.25	9.5	9.15	
	No. 7	7.5~9.15	7.25~9.15	9.25	8.25	9.5	
	No. 8	8.5~9.5	8.15~9.15	10.25	9.5	9.15	
	No. 9	6.25~9.15	—	9.25	—	—	
	No. 10	8.5~9.15	8.25~9.25	10.15	9.15	10.5	
	No. 11	7.5~9.25	7.15~9.25	10.5	8.25	9.5	
	No. 12	8.5~9.25	8.5~9.25	10.25	8.25	9.5	
	No. 13	8.15~9.25	9.5~9.25	10.5	9.25	10.5	
	No. 14	8.15~8.25	8.25~9.5	10.5	9.5	9.15	
	No. 15	7.5~9.25	9.5~9.15	9.25	9.5	9.15	
	No. 16 平均 Mean	8.25~9.15 7.28~9.13	8.25~9.25 8.14~9.18	10.25 10.9	9.15 9.6	10.5 9.21	
蒜山 Hiruzen	No. 1	8.15~8.25	8.15~8.25	10.5	8.25	9.5	
	No. 2	8.5~8.25	8.15~8.25	9.25	9.5	9.25	
	No. 3	7.25~8.25	8.15~9.5	9.25	9.5	9.25	
	No. 4	7.15~8.25	8.15~9.5	9.25	9.5	9.25	
	No. 5	8.5~8.25	8.15~8.25	9.25	9.5	9.5	
	No. 6 平均 Mean	7.15~8.25 7.28~8.25	7.25~8.25 8.11~8.28	9.15 9.25	8.25 9.1	9.15 9.17	

* 1962年の調査, Investigated in 1962.

取と海拔 600mの鳥取大学蒜山演習林の2カ所からアカマツとスギの花芽をとり比較調査した。さらにカラマツについて、長野県林業指導所(1964年)、北海道大学天塩第二演習林(1963年)、鳥取大学蒜山演習林(1967年)の3カ所で試料をとり調べた。年変化はヒノキとコウヨウザンで調べた。同一母樹から連続2年間(1961年と1962年)試料をとり比較した。個体変異はアカマツ、カラマツ、スギで調べた。同一年度に個体別に花芽をとり、個体によるちがいを比較した。ジベレリンの散布時期の影響はスギで調べた。4年生と18年生のオキノヤマスギを用いて、GA 100ppm溶液を6月から8月の間に月別に散布し試料を採取した。花芽の調査の方法は前述の通りである。

2. 結果

A. 外的要因の影響

(1) 年変化

ヒノキとコウヨウザンで、同一母樹から2年にわたり試料をとり比較した。ヒノキについてみると(表-10)、雄花芽の分化期は、1961年は7月上旬~8月下旬、1962年は7月中旬~9月中旬である。雌花芽の分化期は、1961年は7月下旬~9月下旬、1962年は8月上旬~9月下旬である。すなわち、1961年に較べて、1962年の花芽分化開始期は10~15日おそい。したがって、8月と9月の花芽の発育は1961年に較べて10~15日おくれている。しかし、10月上旬になれば差は認められなくなる。コウヨウザンでは(表-7)、雄花芽の原基は1961年、1962年とも8月中旬にみられる。雌花芽の分化開始期は、1961年は8月30日、1962年は9月5日で、両年の間に著しいちがいがみられない。またその後の花芽の発育にも著しい差異はない。

このように樹種によっては、花芽の分化期や発育に年

変化がみられる。いま鳥取地方気象台の観測資料によって1961年と1962年の5月から7月の気温、雨量、日照時数を比較してみると(表-12),1961年は1962年に較べて5月上旬から7月上旬にわたりおおむね高温、少雨の傾向がみられる。とくに5月下旬から6月中旬の時期に雨が少なく、「からつゆ」の現象がみられる。これがヒノキに花芽分化期に影響をおよぼしたのではないかと思われる。

(2) 生育場所によるちがひ

アカマツとスギで、海拔高の異なる二つの生育場所における花芽の分化期と発育を比較した結果は表-13~14の如くである。

アカマツについてみると、雄花芽の原基の分化開始期は海拔5mの平地よりも海拔600mの高所の方が約10日おそい。しかし、花芽分化期は逆に600mの高所が平地よりも数日早い。またその後の花芽の発育も平地よりも

表-15. ジベレリン処理の場合の花芽の分化と発育*

Table 15. Initiation and development of flower buds of *Cryptomeria japonica* in the case of treatment with gibberellin *

処理時期 Time of treatment	採取月日 Collecting date	雄花芽 Male flower bud						雌花芽 Female flower bud						
		調査数 No. of flower buds	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Floral differentiation	雄しべ分化 Diff. of rudimentary stamens	胞原組織分化 Diff. of archesporium	花粉母細胞形成 Formation of PMCs	花粉形成 Formation of pollen grains	調査数 Undifferentiation	未分化 Undifferentiation	花芽分化 Floral differentiation	苞鱗分化 Diff. of bract scales	胚珠分化 Diff. of ovular primordia	珠皮と珠心の分化 Diff. of integument & nucellus
月日 Date (m.d.)	(m.d.y.)													
7. 14 ~ 8. 5	8. 13. 1961	15	10	5					10	10				
	8. 19. "	"	"	8	7				10	9	1			
	8. 30. "	"	"	5	8	2			15	1	9	4	1	
	9. 11. "	"	"	2	5	8			13		1	6	6	5
	9. 22. "	"	"		5	10			15			1	9	
	10. 5. "	"	"		2	8	5		10				3	7
	10. 14. "	"	"		1	3	10	1	10					10
	10. 30. "	"	"			1	2		12					10
11. 12. "	"	"						15					10	
9. 9 ~ 9. 18	10. 14. 1961	15		10	5				10	1	5	4		
	10. 30. "	"		2	5	8			10		1	2	5	2
	11. 6. "	"			2.	13			10				4	6
	11. 17. "	"				7	8		10				2	8
	11. 24. "	"				2	7	6	10					10
	12. 11. "	"					5	10	10					10
10. 1 ~ 10. 13	10. 30. 1961	15	5	10					10	4	5	1		
	11. 6. "	"		10	5				10		2	4	4	
	11. 17. "	"		5	8	2			10		1	3	5	1
	11. 24. "	"		2	7	6			10				7	3
	12. 11. "	"		1	2	6	6		10				5	5
	2. 15. 1962	"			1	2	6	6	15				6	9
	3. 6. "	"					4	11	10				1	9

* 4年生スギを使用。 4-year-old trees were used.

高所で早く進行する。スギでは、花芽分化開始期については二つの生育地間に著しいちがいがみられない。しかし、終止期は平地よりも高所の方が約20日早い。花芽の発育、すなわち花粉形成期、胚珠分化期、珠皮と珠心の分化期などは、いずれも平地よりも高所で早く、花粉形成期については平均2週間の差異がみられる。

カラマツの花芽の発育を岡山県、長野県および北海道で採取した試料について比較してみると、岡山県(蒜山)における花芽分化期は7月上、中旬である。雄花芽では、7月下旬～8月上旬に雄しべの原基が、8月20日頃から胞原組織が分化して、9月10日頃に葯が観察される。胞原細胞は9月下旬に花粉母細胞に発達し、10月上旬に減数分裂を始める。長野県における花芽の発育経過は前述の通りで(表-5)、岡山県とあまりちがわない。しかし、北海道では、9月20日にすでに雄花芽の花粉母細胞は減数分裂を始めており、前期、接合期の状態であった。雌花芽では、種鱗の原基が認められた。すなわち、北海道の9月20日は岡山県や長野県の10月上、中旬に相当する。

以上の結果から、高海拔地あるいは寒冷地と低海拔地あるいは暖地とを比較すると、花芽分化期については著しい差がないが、その後の花芽の発育は高海拔地あるいは寒冷地の方が早いようである。これは気候状態が異なるためで、とくに温度が花芽の発育に大きく影響するものと思われる。

B. 内的要因の影響

(1) 個体変異

アカマツ、スギおよびカラマツで同一年度に同一場所にて生育している樹木から個体別に花芽をとり比較した(表-5, 13, 14)。

アカマツでは(表-13)、個体によって花芽分化開始期に10日、終止期に20日の早晩がみられる。花芽の発育についても、発育過程別にみると10～30日のちがいがあ。例えば、蒜山No.2は発育の早いNo.3に較べて、花芽分化開始期、雄しべ分化開始期、苞鱗分化開始期はそれぞれ10日、胞原組織分化開始期は30日おそい。スギでは(表-14)、個体変異は一層著しいようである。雄花芽の分化は、早いものでは(No.9)6月下旬にみられるが、8月下旬に分化を開始する個体(No.16)もある。しかし、花芽分化終止期については開始期ほど個体差がみられない。したがって、花芽分化期間は個体によって著しくちがってくる。花芽の発育も個体によってかなり異なる。例えば、花粉形成開始期についてみると、発育の早い個体では9月25日に花粉粒がみられるが、1ヵ月後の10月25日にはじめて花粉が形成される個体もある。胚珠の分化期についても、個体によって10～20日の早晩がある。カラマツでは(表-5)、花芽の発育に10日前後の個体差がみられる。

(2) 着花位置によるちがい

樹木の地上部における器官の分化は、下部から上部へ求頂的に進行する。それ故、1本の木においても樹冠や枝の位置によって花芽の分化期や発育がちがってくる。ヒノキで調査した結果によると、樹冠の下部の枝では梢頭に近い部分の枝よりも花芽分化開始期が約10日早かった。スギでも同様の傾向がみられる。スギの雄花芽は新条の先端部に穂状花序状に着生し、枝の伸長に伴って花芽は下部から上部へ順次分化してゆく。したがって、花芽分化開始期と終止期が著しくちがってくる。このような花芽分化期のちがいがその後の花芽の発育に影響をお

表-16. シベレリンの散布時期と花芽の分化および発育との関係 *

Table 16. Relation between the time of spraying with gibberellin and the initiation and development of flower buds in *Cryptomeria japonica* *

散布時期 Time of spraying 月 日 Date (m. d.)	花芽分化開始までの所要日数 Days from spraying to beginning of flower bud formation		花芽形成開始期 Beginning of pollen formation 所要日数 Days required		胚珠形成開始期 Beginning of ovule formation 所要日数 Days required	
	♂	♀	月 日 Date (m. d.)	所要日数 Days required	月 日 Date (m. d.)	所要日数 Days required
6.15	30	30	10.5	110	8.10	55
7.15	20	27	10.8	83	8.28	43
8.15	20	24	10.23	68	9.20	35
9.15	20	20	11.30	75	10.23	38

* 18年スギ5個体の平均を示す。18-year-old trees were used. Showed the average of 5 trees.

よぼす。最初に分化した樹冠あるいは枝の下部の花芽は最後に分化した上部の花芽よりも一般に発育が早く進行する。しかし、スギやヒノキでは、11月頃になると花芽分化期のちがいがいによる発育のちがいはほとんど認められなくなる。

C. ジベレリンの処理時期と花芽の分化、発育との関係

4年生と18年生オキノヤマスギを用いて、GA 100ppm水溶液を時期別に散布した。4年生で調べた結果は表-15の如くである。

(1) 7~8月区

雄花芽の分化開始期は8月中旬で、ジベレリン処理後約30日で着花が認められる。花芽分化期間は約30日である。雌花芽の分化開始期は雄花芽よりも少しおくれ、また分化期間も短い。花芽の発育経過は自然着生のものと著しくちがわない。

(2) 9月区

花芽分化開始期は雌雄両花芽とも10月上旬で、処理後20~25日で分化が起こる。花粉形成期は11月下旬~12月中旬である。胚珠の分化は10月の終わりから始まり、11月下旬に珠皮と珠心の分化が認められる。しかし、花芽の発育は一般に悪い(図-7)。花芽は翌春さらに発育する。発育のおくれた雄花芽では、3月上旬に減数分裂が

行なわれる場合がある。開花期は自然着花のものと著しくちがわない。

(3) 10月区

花芽分化開始期は10月下旬で、ジベレリン処理後約25日で分化が起こる。しかし、花芽分化期がおそいので、花芽の発育は途中で停止する。雄花芽は12月までに胞原組織分化期~花粉母細胞形成期に達する。そして、翌年さらに発育して、2月下旬から3月中旬に花粉が形成される。雌花芽では、11月上旬に胚珠の分化が始まり、発育の早い花芽では、11月中旬に珠皮と珠心の分化が認められる。しかし、大部分のものは胚珠原基形成期あるいは珠皮と珠心の分化初期で発育がとまり越冬する(図-7)。そして、翌年の2月下旬から再び分化を開始し、3月上、中旬に珠皮と珠心に分化する。開花期は3月下旬~4月上旬で、自然着花のものよりも15~20日おくれる。また発育不十分で開花しない花芽も若干みられる。

一般に花芽分化が10月中旬までに起これば、年内に生殖細胞の形成が完了し、自然着花のものと大体同じ時期に開花する。しかし、分化期が10月下旬以降になると、花部器官の形成が翌年に持ち越されるので、開花期がおくれ、また開花しないのもでてくる。

18年生スギでさらに精密に調査した結果は表-16の如くである。花芽分化開始期についてみると、雄花芽は6

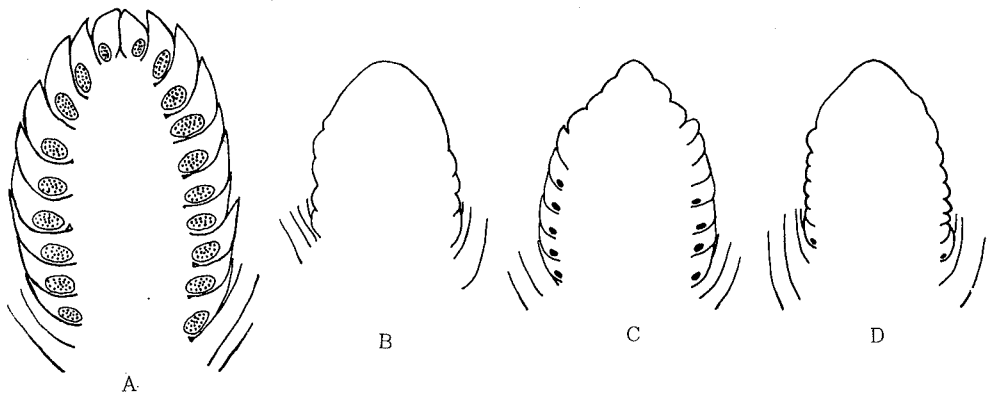


図-16. 摘心処理によって誘起されたアカマツの雌性花
A: 雄花。B: 雌花。C~D: 雌性花。(摘心処理: 10月7日, 調査: 12月28日)
Fig. 16. Feminized flowers of *Pinus densiflora* as induced by pinching winter buds.
A: Normal male flower. B: Normal female flower. C~D: Lateral feminized flowers. Pinching treatment: October 7. Investigation: December 28.

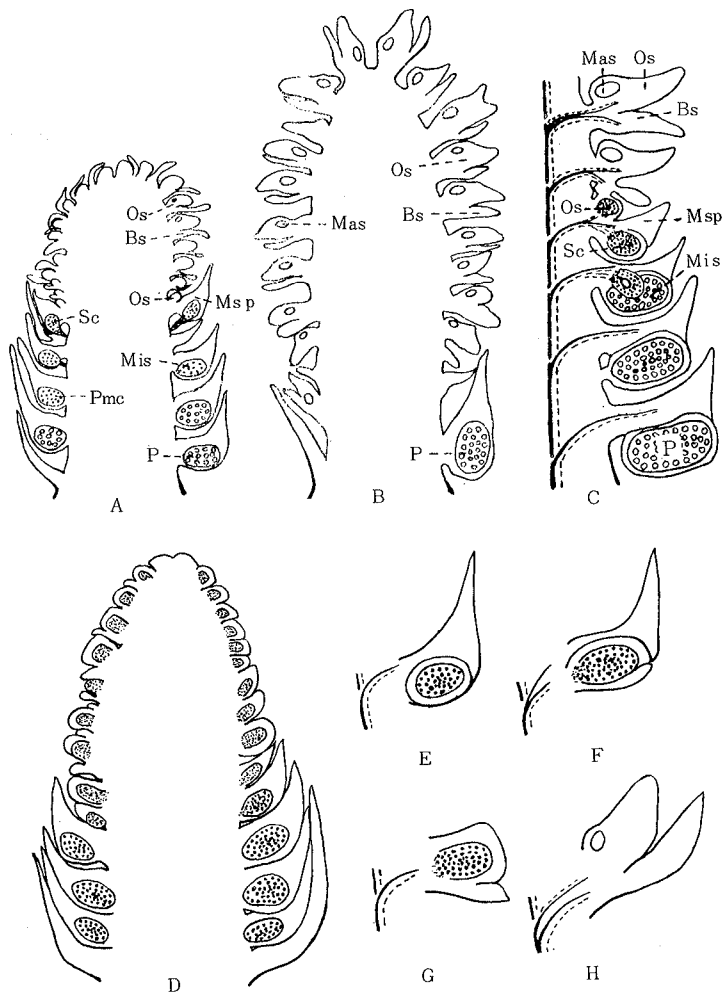


図-17. 人工処理によって誘起されたアカマツの雌性花

A, D: 部分的雌性花。B: 全面的雌性花。C 雄花から雌花への移行部。E~H: 雌性花の様式。

Bs: 苞鱗。Mas: 胚珠。Mis: 葯。Msp: 雄しべ。Os: 種鱗。P: 花粉。Pmc: 花粉母細胞。Sc: 胞原細胞。—— 木部。----- 節部。(4月下旬)

Fig. 17. Feminized flowers of *Pinus densiflora* as induced by artificial treatments.

A, D: Partially feminized flowers. B: Completely feminized flower. C: Transitional part of sex from male to female in partially feminized flower. E~H: Mode of sex reversal from male to female.

Bs: Bract scale. Mas: Macrosporangium. Mis: Microsporophyll. Msp: Microsporophyll. Os: Ovuliferous scale. P: Pollen. Pmc: Pollen mother cell. Sc: Sporogenous cell. —— Xylem. ----- Phloem. (late April)

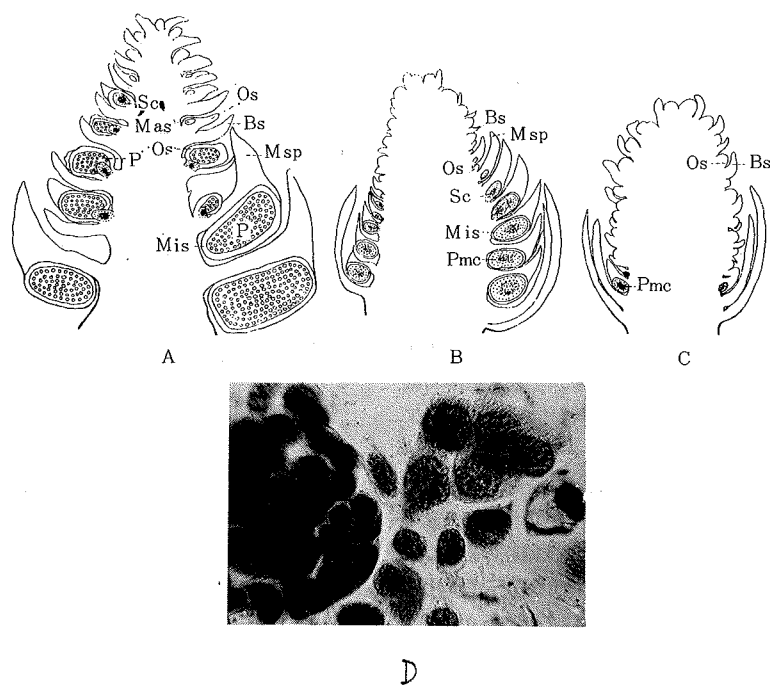


図-18. 人工処理によって誘起されたクロマツの雌性花

A, B: 部分的雌性花。C: 全面的雌性花。D: 胞原組織から发育した種鱗の初生突起(左)と胞原細胞(右)。

Bs: 苞鱗。Mas: 胚珠。Mis: 葯。Msp: 雄しべ。Os: 種鱗。P: 花粉。Pmc: 花粉母細胞。Sc: 胞原細胞。(4月20日)

Fig. 18. Feminized flowers *Pinus thunbergii* as induced by artificial treatments.

A, B: Partially feminized flowers. C: Completely feminized flower. D: Rudimentary ovuliferous scale which developed from sporogenous tissue (left) and sporogenous cells (right). Bs: Bract scale. Mas: Macrosporangium. Mis: Microsporangium. Msp: Microsporophyll. Os: Ovuliferous scale. P: Pollen. Pmc: Pollen mother cell. Sc: Sporogenous cell. (April 20)

月区では処理後30日で、7月以降の処理区では20日で分化する。雌花芽の分化は、6月区では処理後30日で、7月区では27日、8月区では24日、9月区では20日で認められる。すなわち、処理時期がおくれるに従って花芽分化までの所要日数が短くなる。花芽の发育についてみると、花粉形成開始期は6月区と7月区では10月上旬、8月区では10月下旬、9月区では11月下旬で、ジベレリンの散布から花粉形成までの所要日数は6月区が最も長く、

8月区が最も短い。胚珠の形成は6月区が最も早く、8月上旬より認められる。7月区は8月下旬、8月区は9月中旬、9月区は10月下旬である。所要日数は花粉の場合と同様に、6月区が最も長く、8月区が最も短い。以上の結果から、ジベレリンの散布時期と花芽分化期および花芽の发育との間には密接な関係があることがわかる。一般に生育前期(6~7月)よりも後期の処理(8~9月)で花芽分化までの所要日数が短く、花芽の发育が早

く進行する。しかし、後期処理は発育期間が短いから、花芽の大きさや充実の程度は前期処理に劣るようである。

I-4. 花性転換の機構

針葉樹は大部分が雌雄同株で単性花を着生するが、雌雄同株のものでもマツやスギでは花の着生位置が花性によってはっきり区別されている。ところが天然にはしばしば雄花の位置に雌花が、雌花の位置に雄花がつくことがある。またこのような異常位置に着生した花では、一つの花で雌と雄の両方の性をもった両性花がよくみられる。これらはおそらく発育の途中で何等かの原因によって花性が転換してできたものと考えられる。針葉樹では後で述べるように花性を人為的に転換させることができるから、花性転換の機構を明らかにしておくことは実用上重要である。

1. 材料と方法

供試樹種はアカマツ (5~8年生)、クロマツ (15年生) スギ (14年生) およびローソンヒノキ (7年生) である。人工処理によって雄花の雌性化あるいは雌花の雄性化を誘起するとともに、天然に花性の転換した花を採取して調べた。人工処理の方法は後でくわしく述べるが、アカマツに対しては10月上旬に雄花の着生した冬芽の摘心と、さらに4月上旬に新条の摘心あるいは袋掛処理を行なった。クロマツに対しては3月上、中旬に新条の摘心あるいは

摘葉処理を行なった。スギでは、8月に雄花の着生した新条の雄花着生部より上方の枝を摘除し、10~50ppmのGA水溶液と1%尿素液を数回葉面散布した。ローソンヒノキに対しては、7~8月にGA50~200ppm溶液を5回枝に散布した。処理後ずい時花を採取し、ファーマー氏液で24時間固定した後、70%アルコール溶液に貯蔵した。徒手縦断切片をつくり、酢酸カーミンで染色して、検鏡調査した。

2. 結果

A. 雄花の雌性化

(1) アカマツ、クロマツ

花性転換の状況は図-16~18に示す通りである。人工処理によって雌性化した花には、一つの花で下部は雄花として固定し、上部のみ雌花に変わった部分的雌性花(雌雄混生花)と花全体が雌花に変わった全面的雌性花の二つが認められた。花性転換の様式は人工処理の時期によって異なるようである。10月上旬にアカマツの冬芽を摘心した場合、12月にすでに花性の転換がみられる

(図-16)。12月における花芽の発育の状況は、雄花芽では葯が形成され、葯内に胞原細胞が認められる。雌花芽では、苞鱗が花芽の下半分に形成されている。花性転換を起した側生の雌性花では、花芽の下部に未熟な雄しべが形成され、その基部に胞原組織が認められるが、花の上部には苞鱗の初生突起が形成されているものと(部分

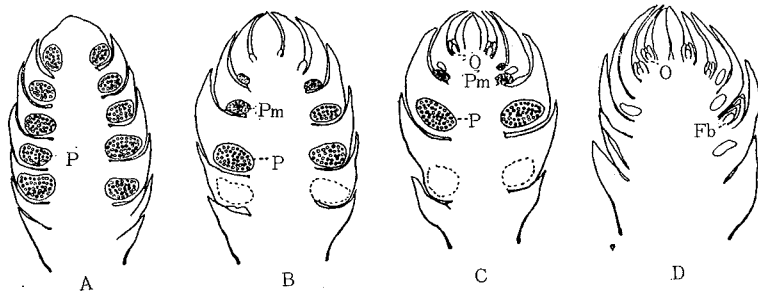


図-19. ジベレリン処理によって誘起されたスギの雌性花

A: 雄花。B, C: 部分的雌性花。D: 全面的雌性花。

P: 花粉。Pm: 花粉母細胞。O: 胚珠。Fb: 葉芽の原基。(11月24日)

Fig. 19. Feminized flowers of *Cryptomeria japonica* as induced by gibberellin treatment.

A: Male flower. B, C: Partially feminized flowers. D: Completely feminized flower.

P: Pollen. Pm: Pollen mother cell. O: Ovule. Fb: Foliar bud primordium. (November 24)

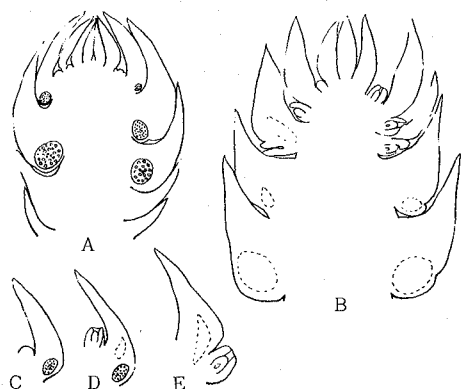


図-20. 天然に着生したスギの三倍体の雌性花ならびに雌性化の様式

A: 雌雄混生花(10月30日)。B: 異常雌性花(3月28日)。C~E: 雌性化の様式。

Fig. 20. Natural feminized-flowers of *Cryptomeria japonica* and mode of sex reversal from male to female.

A: Androgenous flower(October 30). B: Abnormal female flower(March 28). C~E: Modes of sex reversal from male to female.

的雌性花),花芽の下半分が苞鱗の初生突起が形成され正常雌性花と同様の形態をしているものと認められる(全面的雌性花)。雌性花の発育は極度に抑制されており,花軸の長さは雄花芽の $1,800\mu$ に対し $1,100\mu$ で,正常雌性花($1,000\mu$)とほぼ同じ大きさである。部分的雌性花では,花芽の下部に雄しべが形成されているが,その発達は悪く,胞原組織がわずかに識別される程度である。人工処理時の10月上旬における雄花芽の発達は,雄しべの初生突起分化期ないし胞原組織分化開始期である。したがって,人工処理によって雄しべの分化,発達が抑制されて,雄しべの初生突起が苞鱗の初生突起に変わり,あるいは花軸のまわりに直接苞鱗が分化して雄花が雌花に転換するものと思われる。苞鱗形成後は普通の雌花と同様に花部器官が分化,発達する。

3月から4月に人工処理をした場合についてみると(図-17~18),転換後間もない雌性花では,種鱗は形成されているが,胚珠は未分化である。発育の進んだものでは,種鱗に胚珠が形成されている。部分的雌性花の雄花部では,一般に下方の鱗片の葯は正常に発育して葯内に花粉粒がみられるが,上方に移行するに従って分化が抑制されて,葯内の細胞は花粉母細胞あるいは胞原細胞の状態に停滞している。雌花部では,苞鱗,種鱗さらに胚珠がみられる。雄花から雌花への移行部では,雄しべ

は下側に葯を有する外に上腋に発育不十分な種鱗状突起をそなえている場合がある。また種鱗化した本来の葯の中に花粉粒がみられることがある。

部分的雌性花の雄花から雌花への移行部を子細に観察すると,葯内の細胞は花粉に発達しているが,葯壁と花軸がゆ着している場合,葯内の胞胞は部分的あるいは全面的に花粉母細胞以前の未熟状態で停滞し,葯と花軸がゆ着してその部分に維管束が分化している場合,さらに葯が完全に花軸にゆ着して鱗片からはなれ,発育不完全な種鱗状を呈している場合などがみられる。転換後間もない雌性花では,葯と花軸が接する部分の細胞が分裂して両者がゆ着し,その部分に維管束が分化している。そして,葯の外側の花糸の部分がくびれて花糸の先端部は脱落し,葯の下側の葯壁の部分が苞鱗に,胞原組織が種鱗に発達するようである。雌性花の初期には,種鱗は本来の葯とほぼ同じ大きさで,胚珠はまだ形成されていない。

以上の結果から,マツの雄花の雌性化の様式には三つの場合があるようである。花芽分化直後から雄しべの初生突起分化期に雌性化が誘導される場合には,雄しべの初生突起が苞鱗に分化するか,花軸のまわりに直接苞鱗が分化して雄花が雌花に発育する。種鱗および胚珠は翌春形成される。葯形成後に雌性化が誘導される場合には,葯が花軸にゆ着して葯壁の部分が苞鱗に,胞原組織が種鱗に発達し,その後種鱗に胚珠が分化して雄花が雌花に転換する。

(2) スギ

雄花の雌性化の状況を図-19~20に示す。人工処理によって誘起された雌性花には,マツの場合と同様に一つの花で下方の鱗片には葯を,上方の鱗片には胚珠を着生した部分的雌性花と,葯が殆ど退化し上方の鱗片に胚珠のみ着生した全面的雌性花の二つがみられた。部分的雌性花の雄花から雌花への移行部では,鱗片の下側に葯が,上腋に胚珠が着生している。また天然にえられたスギの三倍体の雌性花では,鱗片の下側基部に胚珠を着生したものが観察された。胚珠が雄しべの上腋に着生しているものは,胚珠分化後に種鱗が形成され,翌春開花して正常な球果に発育する。しかし,胚珠が鱗片の下側に着生しているものは,種鱗が形成されず,開花はするが球果に発育しない。前者では,胚珠の上側が鱗片からはなれている。また花葉の排列は互生であることなどから,おそらく処理によって二次的に胚珠が形成されたものと思われる。後者では,胚珠の上側が鱗片にゆ着している。また胚珠の位置が葯の位置と一致することなどから,葯が直接分化して胚珠になったものと思われる。すなわち,花性転換の様式には,鱗片の上腋に胚珠が二次的に形成

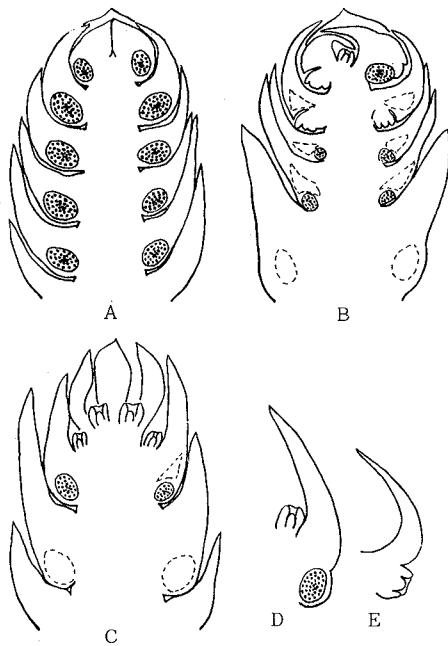


図-21. ジベレリン処理によって誘起されたローソンヒノキの雌性花

A: 発育の抑制された雄花。開花期になっても花粉が形成されない。B: 雌雄混生花, 葯が胚珠化している。C: 雌雄混生花。D~E: 雌性化の様式。(4月下旬)

Fig. 21. Feminized flowers of *Chamaecyparis lawsoniana* as induced by gibberellin treatment.

A: Inhibited male flower. B~C: Androgenous flowers. D~E: Modes of sex reversal from male to female. (late April)

される場合と、葯が直接胚珠化する場合の二つがあるようである。

(3) ローソンヒノキ

雄花の雌性化の状況は図-21の如くである。ジベレリン処理によって着生した花で、雄花と雌花の中間位置に着生するものの中に開花期をすぎても開花しないものがある。このような花では、葯は正常に形成されているが、葯内の細胞の分化が抑制されて花粉母細胞以前の未熟状態で停滞しているものや、1個の花芽で上方の鱗片には胚珠を、下方の鱗片には葯をつけた雌雄混生花がみられる。雌雄混生花では、胚珠が鱗片の上腋に着生しているものと、まれに下側の葯の位置についているものがある。

胚珠が鱗片の上腋に着生しているものは、本来雄花として発育してきたものが葯の形成初期に胞原細胞の分化

が抑制されて、鱗片の基部に二次的に胚珠が分化してできたものと思われる。雄花に隣接した位置に着生した外見上雌花と思われる花の中に多くみられる。葯の発育は極度に抑制されており、開花期をすぎた頃には葯は退化して痕跡程度に残っている場合が多い。多くの場合正常に開花して、球果に発育する。第二の鱗片の下側基部に胚珠が着生しているものは、葯が直接胚珠に分化してできたものと思われる。未開花の雄花の中に開花期をすぎても花粉が形成されず、葯内の細胞は花粉母細胞以前の未熟状態で停止しているものがある。このような花では、葯の上側の花糸に接する部分の細胞が分裂して、胞原組織が花糸にゆ着している。花糸にゆ着した胞原組織は下側がくびれて珠皮と珠心に分化するようである。したがって、正常雌花とは反対に鱗片の下側に胚珠が倒生している。このような異常位置をとった胚珠は正常に発育しない。雌花に隣接して着生した外見上雄花と思われる未開花の花の中に多くみられる。

ローソンヒノキの花性転換の様式はスギの場合と同様であって、鱗片の上腋に胚珠が二次的に形成される場合と、葯が直接胚珠化する場合の二つが認められる。

B. 雌花の雄性化

雌花の雄性化はカマツに褐色パラフィン紙の袋をかけた場合にみられた。実例が少ないので転換の機構は明らかでないが、5月上旬の調査では正常雄花と同様に雄しべが形成され、鱗片の下側に葯が、またその内部に花粉が認められた。雌花の雄性化は苞鱗の分化期に処理を始めた場合にみられるから、おそらく処理によって種鱗の形成が抑制され、本来苞鱗になるべきものに葯が分化して、雄花にかわったものと思われる。

I-5. 発生形態学的にみた雌花の構造

針葉樹の雄花は1個の花であると一般に認められているが、雌花は花序であるとする説と1個の花であるという説、さらにヒノキ科、マキ科、ナンヨウスギ科のものは1個の花であるが他のものは花序であるとする説がある。単花説では、苞鱗が心皮に相当し、種鱗は心皮の内側に生じた付属物であるとみなす。花序説では、種鱗が心皮であって、苞鱗は単なる鱗片である。すなわち、種鱗を苞鱗の腋に生じた芽の変態とみなす。したがって、種鱗が各々1個の花である。

雌花の発達の経過をみると、ヒノキ科のものは苞鱗をもたないで種鱗の上腋に胚珠が着生しているから、一つの花とみることができる。マツ科のものは苞鱗の腋に種鱗が分化し、種鱗に胚珠が形成されるから花序の形態をしている。スギ科のものでは、苞鱗の上腋あるいは基部にまず胚珠が分化し、種鱗は珠皮と珠心の分化期の頃に

苞鱗の上腋に形成されるか(スギ),あるいは苞鱗の一部が直接分化して形成される(コウヨウザン, メタセコイア)。すなわち,発生の初期には胚珠は苞鱗に着生しており,種鱗は苞鱗上の付属物の如く見える。したがって,発生学的にみれば1個の花とも考えられる。

他方花性転換の実験によると,マツの雌性花では雄しべの初生突起が苞鱗に,あるいは葯が苞鱗と種鱗に発達している。したがって,必ずしも種鱗は苞鱗の腋に生じたものとは思われない。両者を一つの鱗片の分かれたものと考えこともできる。またマツの雄性花では苞鱗に葯が形成されるようである。スギやローソンヒノキの雌性花では雄しべの上腋に胚珠が形成されるが,まれに葯が直接胚珠化する場合がある。後者の場合,スギでは開花期にはっても種鱗が形成されない。これらのことから,Goebel (1933) が述べているように,マツやスギの苞鱗は孢子葉と相同の器官であって,種鱗は苞鱗上の一突起であると考えることができる。種鱗と苞鱗が単に一つの鱗片の分かれたものにすぎないとすれば,マツやスギの雌花は1個の花ということになる。単花説によると,花性の転換は単に雄しべが雌しべに,あるいは雌しべが雄しべに変わった単純な変態であって,無理がなく簡単に説明されるが,花序説では雄しべが雌花に,あるいは1個の花が1本の雄しべに変わったことになり,非常に大きな変化が起こったことになる。

I-6. 考 察

1. 花芽分化期および花芽の発育過程

直接法で花芽分化期を調べる場合,花芽分化の標徴をどこにおくかによって分化期に差異が生ずる。果樹では,芽の内部にある生長点の形態変化を基準にして,生長点が葉芽と明らかに異なる内部構造を示すようになる時期を花芽分化期としている。針葉樹は単性花をつけ,樹種や花性によって花芽の形成位置,分化の様式などが異なるから,花芽分化の標徴は一般に複雑である。

針葉樹では,アカマツ,クロマツ,カラマツのように生長期の終わりに形成された芽や葉の生長点がある時期にはじめて花芽に分化するものと,スギの雄花芽のように新生された芽の生長点が直ちに花芽に分化するものがある。またコウヨウザンの雄花芽では,花芽原基形成前に新条の生長点が急激に肥大するので,それによってある程度花芽分化の徴候を知ることができる。すなわち,原基形成期を花芽分化期とするか,それが葉芽と形態的に識別できる時期を花芽分化期とするかによって,樹種によっては著しく花芽分化期がちがってくる。例えば,スギの雄花芽の原基形成期と花芽分化期は著しく相違し

ない。しかし,アカマツやクロマツでは原基形成期は7月中旬頃からであるが,花芽が形態的に識別できる時期は9月上,中旬である。生理的な花芽分化期は形態的花芽分化期よりも早いことが容易に推察される。しかし,形成された花芽原基が必ずしも花芽に分化するとは限らない。またヒノキやスギの雌花芽のように,生長している新条の生長点が花芽に分化する場合には原基形成期をつきとめることができない。これらのことから,原基形成期をもって花芽分化期とすることは,すべての樹種に適用できない。やはり果樹で用いられているように,葉芽と異なる内部構造を示すようになる時期を花芽分化期とすることが妥当のように思われる。

針葉樹の花芽分化,花芽の発育に関する形態学的研究は最初 Mergenら(1957)によって *Pinus elliottii* でなされた。その後 Wareing (1958) が *P. Sylvestris* で, Duffら (1958) が, *P. resinosa* で, 柳原 (1958, 1959) がカラマツで, Giffordら (1960) が *P. ponderosa* で, 郷 (1961) がアカマツ, クロマツで, 松浦 (1961) がトドマツで, Fraser (1962) が *Picea glauca* で研究している。まず花芽分化期についてみると,樹種や花性によってかなり差がある。マツ属では,多くの場合雄花芽の原基は7月中,下旬に,雌花芽の原基は8月中旬に分化を始めるが,花芽に分化するのはアカマツ,クロマツ, *P. ponderosa* では,雄花芽は9月上,中旬,雌花芽は9月中旬頃である。しかし, *P. sylvestris* の花芽分化期はこれよりも早く,雄花芽は8月上,中旬に,雌花芽は8月中,下旬に認められる。反対に *P. elliottii* はややおそく,雄花芽は9月下旬,雌花芽は10月上旬頃分化するようである。カラマツ,トドマツの花芽分化期は7月上旬~下旬, *Picea glauca* のそれは8月上旬で,いずれも雄花と雌花の間に花芽分化期に著しいちがいが無い。スギ科の樹種では,花芽分化期はスギが最も早く,雄花芽は6月下旬から,雌花芽は7月中旬から分化を始める。終止期は9月下旬である。コウヨウザン,メタセコイなどはややおそく,雄花芽は8月中旬,雌花芽は8月下旬~9月上旬に分化を開始する。ヒノキ科では,ヒノキの雄花芽は7月上旬より,雌花芽は7月下旬より分化するが,ローソンヒノキはやや早く,雄花芽は6月中旬より雌花芽は7月上旬より認められる。一般にスギ科ヒノキ科の樹種はマツ属の樹種に比べて花芽分化開始期が早く,分化期間が長い傾向にある。これは花芽分化の様式が異なるためである。マツ属の樹種は普通春期に急速に生長して,生長期の終わりに冬芽を形成し生殖生長にはいる。しかし,スギ科やヒノキ科の樹種では春から秋まで生長期間が長く,夏の生長衰退期に花芽が分化する。すなわち,これらの樹種はマツのように栄養生長停

止後生殖生長にはいるのではなく、栄養生長を継続しながら順次花芽を分化してゆく、そのために花芽分化開始期が多少早くなり、花芽分化期間も長くなるものと思われる。一般に雌花芽は雄花芽に較べて花芽分化開始がおくれる。とくにスギ科やヒノキ科の樹種ではこの傾向が強くみられる。これは花芽の着生位置が異なるためであると思われる。スギやヒノキでは、雄花は一般に樹冠あるいは枝の下部に、雌花は樹冠上部あるいは枝の先端部に多く着生する。花芽分化は求頂的に進行するから、雌花の分化期は雄花の分化期よりもおくれることになる。しかし、カラマツのように着花位置が花性によって判然と区別されていない樹種では、雄花と雌花の分化期に差が生じない。

花芽の発育経過についてみると、針葉樹では花芽分化後徐々に花部器官が分化して、開花期までに生殖器官がある程度完成する。筆者は花芽の発育の様式を受粉に関係する花粉と胚珠が形成される時期により四つに分けた。すなわち、(1)アカマツ型—胚珠、花粉ともに花芽分化の翌年に形成されるもの(アカマツ、クロマツ、カラマツなど)、(2)スギ型—胚珠、花粉ともに花芽分化の年に形成されるもの(スギ、メタセコイア、セコイア、ハイビャクシンなど)、(3)ヒノキ型—胚珠は花芽分化の年に、花粉は翌年に形成されるもの(ヒノキ、ローソンヒノキ、ヒムロ、シノブヒバ、コノテガシワなど)、(4)コウヨウザン型—胚珠は花芽分化の年および翌年に、花粉は翌年に形成されるもの(コウヨウザン)である。この類別は植物の分類様式と必ずしも一致しない。また同じ型に属するものでも、花部器官の発達経過は樹種によってかなりちがっている。マツ科の樹種では、カラマツの花芽の発育経過がアカマツやクロマツと著しく異なる。アカマツの雄花芽では、花芽分化後雄しべが、ひき続き胞原組織が分化して、花芽は胞原組織形成期で越冬する。しかし、カラマツの雄花芽は花粉母細胞減数分裂前期の途中で越冬する。またアカマツの雌花芽は苞鱗形成期の途中で越冬し、翌春苞鱗と種鱗が分化するが、カラマツの雌花芽は種鱗形成期で越冬する。スギ科のものでは、スギやメタセコイアの花粉および胚珠は花芽分化の年の晩秋に形成される。しかし、コウヨウザンでは雄花芽は胞原組織形成期で越冬し、花粉は翌春形成される。また雌花芽は胚珠形成期の途中で越冬し、翌春ひき続き発育して開花の直前に胚珠は珠皮と珠心に分化する。ヒノキ科の樹種では、ヒノキやローソンヒノキの雄花芽は花粉母細胞形成期で越冬し、翌春花粉が形成される。雌花芽では、10月に胚珠が形成される。しかし、ハイビャクシンでは胚珠、花粉ともに花芽分化の年の晩秋に形成されている。またアスナロの雄花芽は減数分裂前期の途中で越冬する。

花芽の発育経過は開花期と密接な関係があるように思われる。針葉樹は大部分が春開花する。鳥取地方では大体次の順序で花が咲くようである。スギ≒メタセコイア≒セコイア(2月下旬～3月上旬)＞アスナロ(3月中旬)＞コウヨウザン(3月下旬～4月上旬)＞ローソンヒノキ≒ヒノキ(4月上旬～中旬)＞カラマツ(4月中旬)＞クロマツ(4月下旬)＞アカマツ(5月上旬)である。すなわち、スギやメタセコイアの開花期が最も早く、アカマツが最もおそい。開花期の早い樹種では、前年すでに花粉および胚珠が形成されているか、あるいは形成の途中で越冬している。開花期のおそい樹種では春開花の直前に形成される。花芽の発育経過と開花期とは密接に関連している。

花芽分化期、花芽の発育経過は環境条件と樹木自身の内的条件のちがいで変化する。環境条件としては、温度、水分、日長などが影響をおよぼすが、これらの因子の総合された気候のちがいでまた花芽の分化、発育に影響をおよぼす。したがって、年度や生育場所によって花芽分化期、花芽の発育経過に差異が生ずる。柳原(1959)によると、カラマツの花芽分化期は5月上旬から7月上旬の期間とくに6月下旬の気候因子の影響を強くうけ、この時期に高温、少雨、多日照の年は分化期が早いという。本研究の結果、ヒノキでも同様の傾向が認められた。しかし、コウヨウザンでは年変化が認められなかった。これは樹種によって花芽分化期が異なるためであると思われる。コウヨウザンの花芽分化期は8月中旬であるから、梅雨期よりも梅雨明け後の気候の影響を受けるものと思われる。梅雨明け後は一般に例年好天にめぐまれるので、花芽分化期に著しい年変化が生じないものと思われる。花芽の発育は秋季と春季の気候、とくに温度の影響を強く受ける。一般に秋が早くて、低温の年は花芽の発育が早く進行する。また春の到来が早く、早春暖かい年は寒さが長く続く年に比べて花芽の発育が早い。生育場所によるちがいは、やはり温度、日長、雨量の差異によって生ずるものと思われるが、温度の影響が最も大きいようである。平地と海拔600mの場所で比較してみると、アカマツやスギの秋期の花芽の発育は平地よりも高所で早く進行する。しかし、春期の発育は逆に高所の方がおくれる。カラマツの花芽の発育を長野県と北海道とで比較した場合にも著しい差異がみられる。

内的条件としては、遺伝的性質、栄養およびホルモンの状態などが関係するようである。したがって、同一樹種においても個体や着花位置によって花芽分化期、花芽の発育経過に差異がみられる。針葉樹は他殖性植物であるから1本1本性質が異なり、個体変異があるのは当然である。着花位置によるちがいはスギやヒノキで認められる。これらの樹種では、花芽分化は1本の木において

に下方の枝から上方の枝へ、また同じ枝では下部から部へ新条の生長に伴って進行するから、下部の枝は上部の枝よりも当然花芽分化期およびその後の花芽の発育が早くなる。

2. 花性転換の機構

針葉樹の花性転換の機構については殆ど研究されていない。斎藤 (1957) はアカマツ、クロマツの人工処理によって着生した雌性花を研究した結果、雄花の雌性化は花粉母細胞の減数分裂直前にその分裂を抑制することによって葯が胚珠に変わり、花粉母細胞が胚の母細胞に発達して誘起されるものと推定している。しかし、本研究の結果によると、雄しべの初生突起が苞鱗に、あるいは葯が花軸にゆ着して苞鱗と種鱗に分化し、その後は正常雌花と同様に花部器官が分化して雄花が雌花に発育することがわかった。また雌花の雄性化は、種鱗の形成が抑制されて、苞鱗に葯が分化することによって誘起されることが推察された。アカマツやクロマツでは、雄花の葯はすでに開花の前秋に形成されている。雌花の種鱗はクロマツでは2月下旬、アカマツでは3月下旬頃から分化し、開花の直前にその内側に胚珠が形成される。人工処理によって誘起された部分的雌性花では、一つの花で下方の鱗片には下側に葯が、上方の雌性化部には苞鱗と種鱗がみられる。発育の進んだものでは正常雌花と同様に種鱗に胚珠が倒生している。したがって、雄花の雌性化は葯の中の胞原組織あるいは花粉母細胞がそのまま胚珠の細胞に変化して起こるのではない。他方スギやローソンヒノキでは、雄花の雌性化は、葯の発育が抑制されて雄しべが苞鱗に変わり、その上腋に胚珠が分化して起こる場合と、葯が直接胚珠に分化する場合の二つがみられた。花性転換の様式はマツと異なる。これは花の構造および花部器官の発生の様式がちがうためである。マツの雌花では、まず苞鱗が分化し、その腋部に種鱗が分化して胚珠が形成されるが、スギでは苞鱗の腋に胚珠が分化し、種鱗は後から形成される。ローソンヒノキでは苞鱗の腋に直ちに胚珠が分化することになる。

人工的に雄花を雌花に誘導する場合、処理の有効時期はスギでは花芽分化直後の8月である。アカマツでは、10月から翌年の花粉母細胞減数分裂の直前までが有効であるが、花芽分化直後の10月上旬の処理が最も効果がある。すなわち、雄花芽の雄しべの分化初期が最も有効で、胞原組織や葯が形成されると雌性化は起こりにくくなる。雌性化誘起の最適期は雌花芽の苞鱗初生突起分化期と一致する。雄花の雌性化は、前述のようにスギでは雄しべが苞鱗化しその腋に胚珠が形成されるか、葯が直接胚珠化することによって起こる。マツでは、雄しべの初生突起が苞鱗に発達しその腋に種鱗が分化するか、葯が苞鱗と種鱗に分化することによって起こる。

雌性化を誘起するためには、雄しべの発育あるいは葯の分化を抑制することが大切で、雄しべの分化が進行して葯内の細胞が花粉に発達すると雌性化は起こらない。針葉樹の花の性は、最初から決まっているのではなく、花芽の発育のある時期までは中性で不安定な状態にあると考えることができる。花性が決定するのは、雄花芽では葯形成の後期で、花粉母細胞が形成される頃のようなものである。雌花芽では、一般に苞鱗分化期までは不安定な状態にあり、種鱗分化期あるいは胚珠の原基分化期以降に花性が決定するようである。

雌性花には全面的雌性花と部分的雌性花の二つが認められる。部分的雌性花では、1花の下部は雄花として固定し、上部のみ雌花に発達している。雄花部では、一般に下方の葯には花粉粒がみられるが、上方に移行するにたがって分化が抑制されて、花粉母細胞以前の未熟状態で停滞している場合が多い。雌花部では、普通苞鱗、種鱗および胚珠が認められる。したがって、一つの花の中で下方から上方へ花粉、花粉母細胞、胞原細胞、苞鱗種鱗(胚珠)と分化の段階がみられる。針葉樹における器官の分化は下部から上部へ求頂的に進行する。したがって、下部もりよ上部ほど未熟な状態にあり、雌性化しやすいものと思われる。人工処理の時期やその影響の程度によって、全面的雌性花にあるは部分的雌性花に発達するものと思われる。

II. 花芽分化, 花性分化に関する生理学的研究

花芽および花性の分化は、一面林木それ自身の内的要因によって支配されるが、環境条件に対する依存度も著しく強い。内的要因としては、栄養状態とくにC-N率で代表される同化生産物の量的関係と植物生長調節物質の働き、とくにオーキシン・レベルの関係が重要である。外的要因としては、光、水分、温度などの条件が大きく影響する。しかし、林木は体形が大きく、結実年齢も高いので、環境条件の調節には限度がある。着花を人為的に調節しようとする場合には、内的要因に重点をおいた方が実行が容易であると思われる。針葉樹の花芽分化、花性分化に対し、養料と生長調節物質が重要な役割を演じているという間接的な証拠は多いが、実際に樹体成分を分析してこれらの役割を明らかにした研究は極めて少ない。右田(1960b)がスギで、Bilan(1960)がテグマツで花芽形成と樹体内の炭水化物、窒素含量との関係を、また斎藤ら(1953~1957)がアカマツ、クロマツで花性分化と新条の炭水化物、窒素含量との関係を報告しているにすぎない。花芽、花性分化と内在生長物質との関係については、これまでに報告されたものはないようである。

針葉樹は一般にある年齢に達してはじめて開花・結実を開始するが、ジベリンを散布すると自然状態で花のつかない稚苗に花をつけることができる。しかし、ジベリンはスギ科やヒノキ科の樹種の開花を促進するが、マツ科の樹種には殆ど効果がない。他方、環状剥皮その他の機械的処理、施肥などが針葉樹の花芽分化を促進した例がかなり多く報告されている。自然着花の場合は樹齢が花芽の形成に大きく影響する。生理的な齡という見方から、樹木の生育段階を幼齡期と成熟期にわけることができるが、ジベリン処理や機械的処理は樹木の成熟への移行を促進するものと考えられる。しかしながら、幼齡期から成熟期への移行過程、ジベリンや環状剥皮などの処理による花芽形成の機作、ジベリンの効果の樹種によるちがいは生理学的に十分明らかにされていない。

他方花性分化についてみると、針葉樹は雌雄同株のもので花性によって花芽の着生位置が判然と区別される場合が多い。一般に雌花は樹冠上部の強勢枝に、雄花は樹冠下部の弱勢枝につくが、マツやスギでは1本の枝においても明らかに着花位置が異なる。雌花は新条の先端部に、雄花は下部に着生する。ところが天然にはしばしば雄花の位置に雌花が、あるいは雌花の位置に雄花がつく場合がある。また、マツやスギでは人工処理によって

花の発育の途中で花性を転換させることができる。これらのことから、雄花と雌花の発現の条件は異なることが想像されるが、花の性は非常に微妙な条件によって決定されるものと思われる。針葉樹の花性がどのような生理的条件によって決定されるか殆ど研究されていない。

本研究においては、まず針葉樹に含まれる生長物質を検索し、ジベリンによる花芽分化誘起に対する樹種間の反応のちがいを考察した。ついで樹体内の養料と生長物質の、花芽分化、花性分化に関連して起こる変化、樹齢による変動、雄花と雌花の着生位置によるちがいを調べて、花芽分化、花性分化に対するそれらの役割を追求した。

II-1. 針葉樹の葉条に含まれるオーキシン

およびジベリン様物質

針葉樹に含まれる生長物質に関する既往の研究は、主として拡散型オーキシンあるいはエーテル可溶性オーキシンについてなされている。エーテル不溶性オーキシンやジベリン様物質に関する研究は極めて少ない。本研究においては、オーキシンを中性オーキシン、酸性オーキシンおよび水溶性オーキシンに細別してくわしく調べた。またジベリン様物質の検出も試みた。さらにオーキシンおよびジベリン様物質のおおまかな含有量を算出した。

1. 材料と方法

A. 材料

供試材料として、鳥取大学農学部苗畑に生育している9樹種(アカマツ、クロマツ、スラッシュマツ、テグマツ、ストロブマツ、スギ、メタセコイア、コウヨウザン、ヒノキ)を用いた。供試木は3~20年生の幼齡木で、3月から7月の生長期に生長している当年生の葉条の先端をつみとり、オーキシンおよびジベリンの抽出に用いた。

B. オーキシンの抽出と分離

葉条20g(生重)を乳鉢ですりつぶし、210mlの80%メタノールを3回にわけて加え、0~2℃で24時間抽出した。抽出液をろ過し、減圧下でメタノールを除き、放冷後残渣に蒸留水を加え、室温で抽出し再びろ過した。ろ液を5%炭酸ソーダでpH8.5に調節し、過酸化物を含まないエーテル50mlで4回抽出した。エーテル層を分別して蒸留水で洗い、無水硫酸ナトリウムで乾燥し、減圧濃縮して中性分画とした。中性物質抽出後の水層を0.5N塩

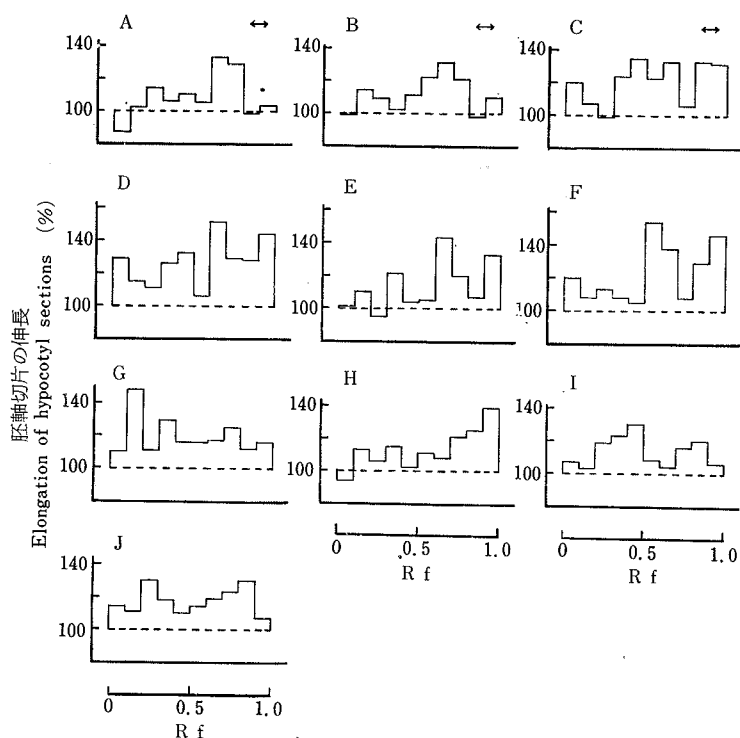


図-22. 針葉樹の葉条抽出物の中性分画に存在するオーキシシン

A : アカマツ (3月10日)。B : アカマツ (4月30日)。C : クロマツ (5月31日)。D : ストローブマツ (5月31日)。E : スラッシュマツ (6月21日)。F : テーダマツ (6月22日)。G : スギ (6月3日)。H : メタセコイア (6月6日)。I : コウヨウザン (6月28日)。J : ヒノキ (6月25日)。抽出物をアンモニア性イソプロパノールで展開し、葉条5gに相当する部分をマツ胚軸検定法に供した。点線は対照の伸長を示す。矢印はIANの位置を示す。

Fig. 22. Histograms showing auxin activity in the neutral fraction of extracts from the shoots of conifers. A: *P. densiflora* (March 10); B: *P. densiflora* (April 30); C: *P. thunbergii* (May 31); D: *P. strobus* (May 31); E: *P.elliottii* (June 21); F: *P. taeda* (June 22); G: *Cr. japonica* (June 3); H: *M. glyptostrobooides* (June 6); I: *Cu. lanceolata* (June 28); J: *Ch. obtusa* (June 25). In each species, the extracts were developed with ammoniacal iso-propanol, and the chromatogram strip corresponding to the extracts of 5 g of shoots was assayed by the pine hypocotyl test. Broken lines denote the elongation of controls. Arrows at the top of the histograms indicate the position of IAN (Rf=0.89)

酸でpH2.9に調節し、エーテルで4回振出した。エーテル層を分別し、前と同様に水洗、乾燥、濃縮して酸性分画とした。酸性物質抽出後の水層を減圧下で乾固し、少量の98%エタノールで抽出した。エタノール可溶部をろ別し、減圧濃縮して水溶性分画とした。

オーキシシンの分離はペーパークロマトグラフィー法を応用して行なった。各分画を少量の酢酸エチルあるいはエタノールにとかし、東洋ろ紙No.50 (20×40cm)の一端につけ、直径9cm、高さ40cmのガラス製シリンダーに入れ、一次元上昇法により25℃暗所で約25cm展開した。展開溶媒として、isopropyl alcohol : ammonia : water (8 : 1 : 1, v/v/v)混液を用いた。一方、合成IAAおよび

IANをろ紙の試料の一部に加え、同時に展開してオーキシシンのクロマトグラム上における位置を確認した。展開の終わったろ紙は風乾して生物試験および呈色反応試験に用いた。

C. ジベレリン様物質の抽出と分離

葉条40~50g (生重)を乳体ですりつぶし、300mlの80%メタノールを3回にわけて加え、室温で24時間抽出した。メタノール抽出液をろ別し、減圧下でメタノールを除き、残渣に100mlの蒸留水を加えて再び抽出した。水溶液層をろ別し、減圧下で濃縮乾固し、残渣に少量の98%エタノールを加え、エタノール可溶部をペーパークロマトグラフィーの試料とした。

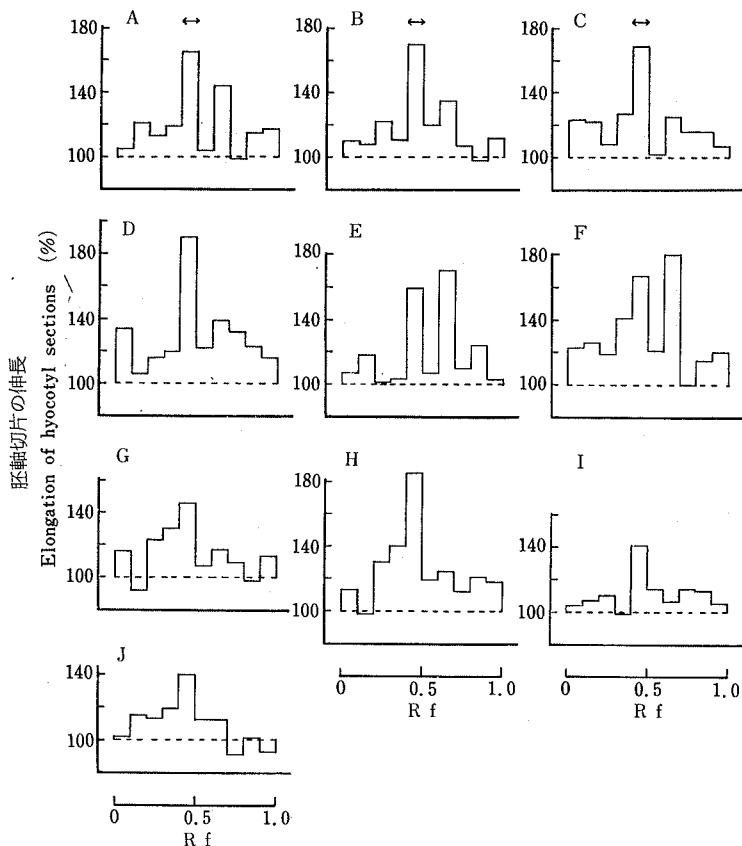


図-23. 針葉樹の葉条抽出物の酸性分画に存在するオーキシンの

A~B: アカマツ。C: クロマツ。D: ストローブマツ。E: スラッシュマツ。F: テーダマツ。G: スギ。
H: メタセコイア。I: コウヨウザン。J: ヒノキ。矢印は IAA の位置を示す。

Fig. 23. Histograms showing auxin activity in the acid fraction of extracts from the shoots of conifers. A and B: *P. densiflora*; C: *P. thunbergii*; D: *P. strobus*; E: *P. elliottii*; F: *P. taeda*; G: *Cr. japonica*; H: *M. glyptostoboides*; I: *Cu. lanceolata*; J: *Ch. obtusa*. Arrows at the top of the histograms indicate the position of IAA ($R_f=0.45$)

シベレリン様物質の分離はペーパークロマトグラフィーの方法により行なった。エタノール可溶部を東洋ろ紙 No.50 の一端につけ、一次元上昇法により 25℃ 暗所で約 25 cm 展開した。展開溶媒として、iso-ブタノール:メタノール:水 (80:5:15, v/v/v) 混液および iso-プロパノール:アンモニア:水 (8:1:1, v/v/v) 混液を用いた。針葉樹の葉条抽出物にはシベレリンの作用を抑制する物質が多量に含まれているので、これを分別しなければ生物試験で好結果がえられない。予備試験の結果、いずれの溶媒も単独ではシベレリン様物質と抑制物質を完全に分離することが困難であった。そこで最初 iso-ブタノール:メタノール:水混液で展開し、風乾後ろ紙を R_f 0~0.5 と R_f 0.5~1.0 の二つの部分に分けた。 R_f 0~0.5 の部分にはシベレリン様物質が、 R_f 0.5~1.0 の部分に

は抑制物質が多く含まれている。前者を分画 I、後者を分画 II とした。各分画を細切して 80% メタノールで溶出し、ろ液を減圧で乾固して、少量のエタノールで再び溶出した。エタノール可溶部を展開ろ紙につけ、iso-プロパノール:アンモニア:水混液で再び展開して生物試験に供した。

D. オーキシンの生物試験

展開後のクロマトグラムを縦に 4 等分 (幅 5 cm) し、葉条 5 g に相当する部分を生物試験に供した (ただし、アカマツ、クロマツ、ストローブマツの水溶性分画は 2.5 g 分を供試した)。展開部分をさらに横に 10 等分し、各片を直径 3 cm、高さ 5 cm の管びんに入れ、pH 5.0、蔗糖濃度 2% のリン酸 2 カリウム-クエン酸緩衝液を 1.5 ml ずつ加えた。生物試験は筆者 (1965a) のマツ胚軸検定法に

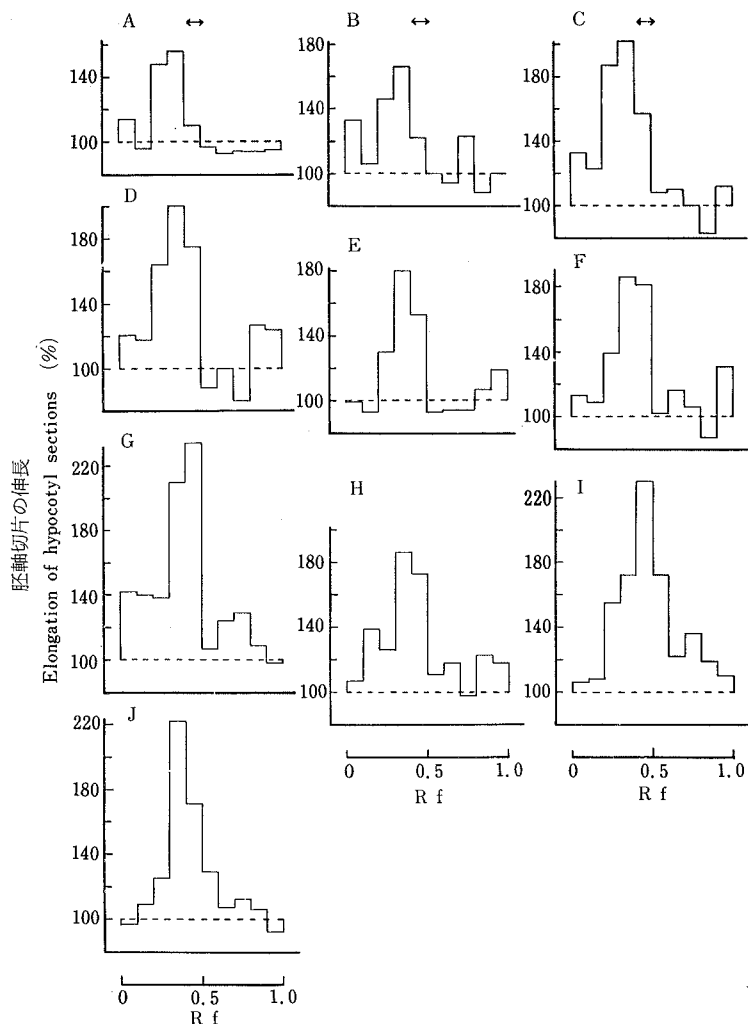


図-24. 針葉樹の葉条抽出物の水溶性分画に存在するオーキシン

A~B: アカマツ。C: クロマツ。D: ストローブマツ。E: スラッシュマツ。F: テーダマツ。G: スギ。H: メタセコイア。I: コウヨウザン。J: ヒノキ。アカマツ、クロマツ、ストローブマツは葉条2.5gに相当する分量を生物試験に供した。

Fig. 24. Histograms showing auxin activity in the aqueous fraction of extracts from the shoots of conifers.

A and B: *P. densiflora*; C: *P. thunbergii*; D: *P. strobus*; E: *P. elliotii*; F: *P. taeda*; G: *Cr. japonica*; H: *M. glyptostroboides*; I: *Cu. lanceolata*; J: *Ch. obtusa*.

Arrows at the top of the histograms indicate the position of IAA (Rf=0.47). In *P. densiflora*, *P. thunbergii* and *P. strobus*, extracts from 2.5 g of shoots were used for bioassay. Other descriptions are the same as those in Fig. 22.

よって行なった。検定植物としてクロマツを用いた。一様な大きさのクロマツ種子をシャーレのしめったろ紙にまき付け、25℃暗所で発芽させた。幼根が0.5mm程度に伸びたものを集め、シャーレのしめった砂に移植した。25℃暗所で3日生長させ、胚軸の長さが2.0~2.5cmに達したときとり出し、赤色光の下で胚軸の先端2mmを除き、

続く4mmの部分をきりとった。切片を蒸留水に浮かべ、25℃暗所で1時間前処理した後、前述の試験液を含む管びんに10個ずつ入れ、25℃暗所で培養した。30時間後に管びんをとり出し、切片の長さを低倍率の顕微鏡で測定した。

E. ジベレリンの生物試験

ジベレリン様物質の検出は村上(1957),小川(1963)のイネ幼苗検定法によって行なった。検定植物として,“小丈玉錦”および“農林22号”を用いた。展開後風乾したろ紙は原点から先端までを10等分し,各切片を直径3cm,高さ12cmの管びんに入れ,蒸留水を2.0~2.5ml加えた。これに発芽直後の子葉鞘が1mm前後に伸びた芽ばえを7個ずつ植え付け,ポリエチレンの布で覆い,30℃のガラス製恒温器に入れた。夜間は蛍光灯で補光し,連続光の下で7日生長させた後とりだして第二葉鞘の長さを測定した。

F. オーキシンの呈色反応試験

展開ろ紙中に存在するオーキシンを同定するために,

次の試薬による呈色反応試験を実施した。発色剤として,エールリッヒ試薬(80%アルコール-20%塩酸に2%のp-ジメチルアミノベンズアルデヒドを含む),改変サルコウスキー試薬(35%過塩素酸に0.5Mの塩化第二鉄を含む)およびニンヒドリン試薬(水飽和ブタノールに0.2%ニンヒドリンを含む)を用いた。展開したろ紙の一部をきりとり,これらの試薬を噴霧して,所定の条件で発色させた。

2. 結果

A. 針葉樹の葉条に含まれるオーキシン

(1) オーキシンの種類

実験の結果は図-22~24の如くである。中性分画では

表-17. 針葉樹の葉条におけるオーキシンの含量

Table 17. Auxin concentrations found in the shoots of conifers

樹種 Tree species	樹齢 Tree age (year)	採取月日 Date collected	含量 (IAA μg 当量/100g 生体重) Approximate concentration (μg IAA equivalents/100 g. f. w.)								
			中性オーキシン Neutral auxin	酸性オーキシン Acid auxin				水溶性オーキシン Aqueous auxin			全オーキシン Total auxin
				ファクター I Factor I	ファクター II Factor II	その他 Others	合計 Total	ファクター III Factor III	その他 Others	合計 Total	
アカマツ <i>P. densiflora</i>	5, 8	March 10	3.0	11.2	2.0	1.8	15.0	22.7	0.4	23.1	41.1
		April 30	3.0	14.0	1.4	1.9	17.3	30.4	4.4	34.8	55.1
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	5	May 31	7.8	13.6	0.8	3.0	17.4	229.3	5.2	234.5	259.7
ストローブマツ <i>P. stobus</i>	14	May 31	12.8	40.0	1.6	5.1	46.7	194.4	5.6	200.0	259.5
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	5	June 21	4.7	9.0	14.0	1.5	24.5	25.6	0.5	26.1	55.3
テーダマツ* <i>P. taeda</i>	4, 8	June 22	13.0	12.6	18.4	5.4	36.4	47.0	1.8	48.8	98.2
スギ <i>Cr. japonica</i>	4	June 3	6.9	2.6	0.4	2.6	5.6	267.3	5.7	273.0	285.5
メタセコイア <i>M. glyptostroboides</i>	10	June 6	3.7	23.4	0.8	4.7	28.9	42.8	3.5	46.3	78.9
コウヨウザン <i>Cu. lanceolata</i>	8	June 28	3.5	1.8	0.1	0.7	2.6	204.3	2.8	207.1	213.2
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	20	June 25	4.8	1.8	0.2	1.0	3.0	156.3	0.5	156.8	164.6

備考 ファクター I : 酸性分画の Rf 0.4~0.5 の促進帯。ファクター II : 酸性分画の Rf 0.6~0.7 の促進帯。
ファクター III : 水溶性分画の Rf 0.2~0.5 の促進帯。

* つぎ木

Notes: Factor I showed an active zone of Rf 0.4~0.5, Factor II, an active zone of Rf 0.6~0.7, and Factor III, an active zone of Rf 0.2~0.5, respectively.

* Trees propagated by grafting.

(図-22), いずれの樹種でも数種類の促進帯が認められたが, 活性は一般に低かった。抑制物質は殆ど検出されなかった。中性分画の促進物質は樹種によって多少異なる。アカマツでは, 1種類の比較的顕著な促進帯がRf 0.5~0.8にみられたが, スラッシュマツとテダマツでは2種類の促進帯(Rf 0.5~0.7, 0.8~1.0)が, クロマツとストロブマツでは4種類の促進帯(Rf 0~0.1, 0.3~0.5, 0.6~0.7, 0.8~1.0)が認められた。スギではRf 0.1~0.2に, メタセコイアではRf 0.9~1.0に比較的高い促進帯が検出された。コウヨウザンとヒノキでは, 顕著な促進帯はみられなかったが, 前者ではRf 0.3~0.5と0.7~0.9に, 後者ではRf 0.2~0.3と0.7~0.9に弱い促進帯があった。これらの促進帯のうち, Rf 0.8~1.0の促進帯は同時に展開した合成IANとRf値が一致する。マツ科の樹種とスギ科, ヒノキ科の樹種とを比較すると, Rf 0.6~0.7の促進帯がマツ属の樹種ととくに顕著に認められる。呈色反応試験では, いずれの樹種でもエールリッヒ試薬, サルコウスキー試薬に陽性な物質は認められなかった。

酸性分画では(図-23), 二つの顕著な促進帯(Rf 0.4~0.5, 0.6~0.7)が検出された。Rf 0.4~0.5の促進帯はいずれの樹種でも認められたが, マツやメタセコイアで活性が高かった。Rf 0.6~0.7の促進帯はアカマツ, スラッシュマツ, テダマツととくに顕著に認められた。前者は同時に展開した合成IAAとRf値が一致する。おそらくIAAであると思われる。以下この促進帯を“ファクターI”と仮称する。後者は合成IBAあるいはGAとRf値がほぼ一致する。しかし, マツ胚軸検定法はジベレリンに反応しないから, この促進帯に存在する物質はジベレリンではない。以下この促進帯を“ファクターII”と仮称する。なおマツ, スギ, メタセコイアなどでは, 原点付近あるいは先端部の近くに弱い促進帯がみられた。抑制物質はいずれの樹種でも殆ど認められなかった。呈色反応試験では, スラッシュマツ, コウヨウザンを除き, エールリッヒ試薬, サルコウスキー試薬でRf 0.16, 0.25, 0.72に特有の発色がみられた。しかし, これらの発色は明瞭でなく, 安定性も低かった。また生物試験の促進帯と一致しなかった。

水溶性分画では(図-24), いずれの樹種においてもRf 0.2~0.6に幅の広い顕著な促進帯が認められた。活性はRf 0.3~0.4あるいは0.4~0.5で最も高い。この促進帯のRf値は樹種によって多少変動するが, これは混入する他の物質の影響によるものと思われる。以下この促進帯を“ファクターIII”と仮称する。なおヒノキを除きRf 0~0.2, 0.7~0.8あるいは0.8~1.0に弱い促進帯がみられた。呈色反応試験では, 大部分の樹種でいく

つかの発色がみられた。発色はエールリッヒ試薬でRf 0.42付近に, サルコウスキー試薬でRf 0.42付近とRf 0.60付近に, ニンヒドリン試薬ではRf 0~0.28, Rf 0.44付近およびRf 0.53付近に認められた。これらのうち, エールリッヒおよびサルコウスキー試薬に陽性なRf 0.42の発色とニンヒドリン試薬に陽性なRf 0.44の発色はファクターIIIの促進帯の中にある。しかし, 発色の大きさおよび位置はファクターIIIの幅および頂点と必ずしも一致しない。また発色は不明瞭, 不安定である。

(2) オーキシンの含量

針葉樹の葉条に含まれるオーキシンのおおまかな濃度を既知のIAAの濃度に対する胚軸切片の反応曲線から算出した(表-17)。

オーキシンの含量は分画および樹種によって異なる。中性分画のオーキシンの含量は, 葉条 100g 当たり 3.0~13.0 μg IAA当量で, 他の分画に比べて少なく, また樹種間に著しい差がなかった。酸性分画には葉条 100g 当たり 2.6~46.7 μg IAA当量のオーキシンが含まれていた。スラッシュマツ, テダマツを除き, 酸性分画のオーキシンの大部分はファクターIであった。ファクターIの含量はストロブマツで最も高く, 次いでメタセコイアおよび他のマツ類で高く, スギ, コウヨウザン, ヒノキなどでは低かった。他方, ファクターIIはテダマツとスラッシュマツで特に含量が大であった。水溶性分画のオーキシンの含量は葉条 100g 当たり 23.1~273.0 μg IAA当量で, 他の分画に比べて著しく大であった。水溶性分画のオーキシンの大部分はファクターIIIで, その含量はクロマツ, ストロブマツ, スギ, コウヨウザン, ヒノキで特に大であった。これらの各分画のオーキシンを合計すると, 針葉樹の葉条には生重 100g 当たり 41.1~285.5 μg IAA当量のオーキシンが含まれている。オーキシンの含量は, いずれの樹種においても中性オーキシン<酸性オーキシン<水溶性オーキシンの順に大である。以上の結果から, マツ科の樹種とスギ科, ヒノキ科の樹種とを比較すると, 全オーキシンの含量についてはとくに一定の関係が認められない。しかし, 中性分画のRf 0.5~0.8と酸性分画のRf 0.6~0.7の二つの促進物質はマツ科の樹種に多く, スギ科, ヒノキ科の樹種に少ない傾向がみられる。

B. 針葉樹の葉条に含まれるジベレリン様物質

(1) ジベレリン様物質の種類

小丈玉錦で検定した結果は図-25の如くである。ジベレリン様物質の多くは分画Iで見出された。分画Iでは, クロマツ, ストロブマツ, ヒノキを除き, 少なくとも3種類のジベレリン様物質(Rf 0~0.3, 0.4~0.5, 0.8~1.0)が検出された。Rf 0~0.3の促進帯はクロ

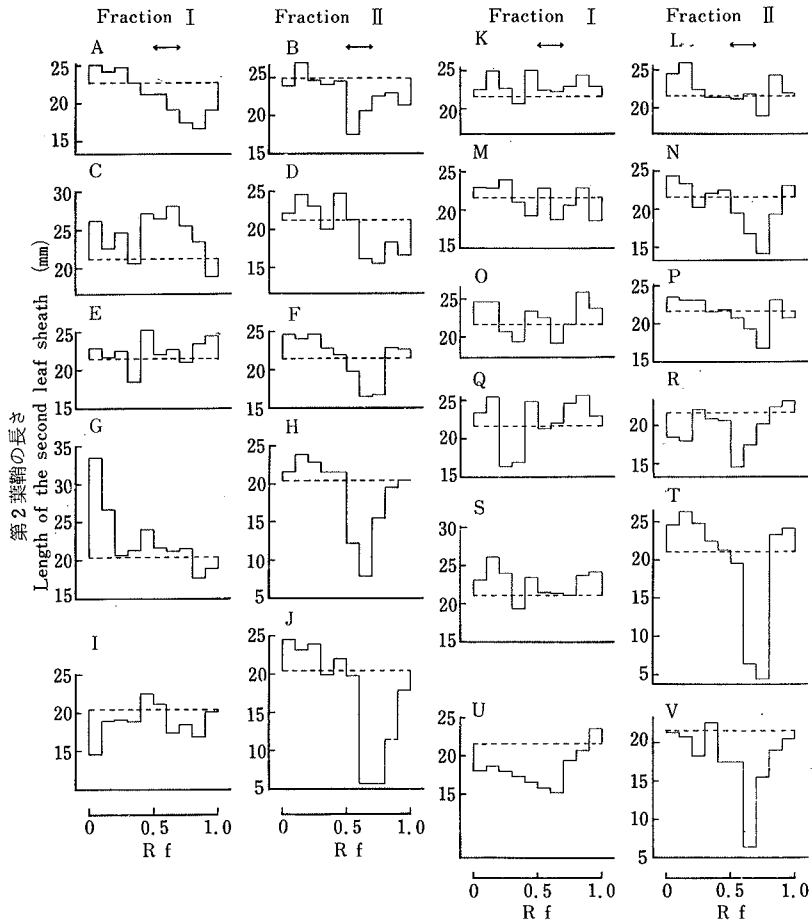


図-25. 針葉樹の葉条抽出物に含まれるジベレリン様物質のイネ幼苗検定法による検出

A~B: アカマツ (3月10日, 40g)。C~D: アカマツ (5月2日, 40g)。E~F: アカマツ (6月29日, 50g)。G~H: クロマツ (5月31日, 50g)。I~J: ストローブマツ (5月31日, 50g)。K~L: スラッシュマツ (6月21日, 50g)。M~N: テーダマツ (6月22日, 50g)。O~P: スギ (6月8日, 50g)。Q~R: メタセコイア (6月8日, 50g)。S~T: コウヨウザン (6月28日, 50g)。U~V: ヒノキ (6月30日, 50g)。展開溶媒, アンモニア性イソプロパノール。検定植物, 小丈玉錦。点線は対照区の生長を, 矢印は GA₃ の位置を示す。左側, 分画 I。右側, 分画 II。

Fig. 25. Histograms showing gibberellin-like activity of extracts from the shoots of conifers.

A~B: *P. densiflora* (March 10, 40 g); C~D: *P. densiflora* (May 2, 40 g); E~F: *P. densiflora* (June 29, 50 g); G~H: *P. thunbergii* (May 31, 50 g); I~J: *P. strobus* (May 31, 50 g); K~L: *P. elliotii* (June 21, 50 g); M~N: *P. taeda* (June 22, 50 g); O~P: *Cr. japonica* (June 8, 50 g); Q~R: *M. glyptostroboides* (June 8, 50 g); S~T: *Cu. lanceolata* (June 28, 50 g); U~V: *Ch. obtusa* (June 30, 50 g). Chromatograms were developed with ammoniacal iso-propanol and assayed by the rice seedling test using a dwarf variety "Tamanishiki". Broken lines denote water controls. Arrows at the top of the histograms indicate the position of GA₃. Left column: Fraction I. Right column: Fraction II.

表-18. 針葉樹の葉条におけるジベレリンの含量

Table 18. Gibberellin concentrations found in the shoots of conifers

樹種 Tree species	樹齢 Tree age (year)	採取月日 Date collected		含量 (GA ₃ μg 当量 / 100g 生体重) Approximate concentration (μg. GA ₃ equivalents / 100 g. f. w.)			検定植物 Rice varieties used for bioassay
				分画 I Fraction I	分画 II Fraction II	合計 Total	
アカマツ <i>P. densiflora</i>	5, 8	March	10	0.04	0.01	0.05	小丈玉錦 A dwarf mutant "Tamanishiki"
		May	2	0.35	0.13	0.48	
		June	29	0.14	0.16	0.30	
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	5	May	31	0.47	0.11	0.58	
ストロブマツ <i>P. strobus</i>	14	May	31	0.02	0.17	0.19	
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	5	June	21	0.14	0.14	0.28	
テーダマツ* <i>P. taeda</i>	4, 8	June	22	0.07	0.07	0.14	
スギ <i>Cr. japonica</i>	4	June	8	0.16	0.06	0.22	
メタセコイア <i>M. glyptostrobooides</i>	10	June	8	0.20	0.02	0.22	
コウヨウザン <i>Cu. lanceolata</i>	8	June	28	0.24	0.27	0.51	
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	20	June	30	0.02	0.01	0.03	
アカマツ <i>P. densiflora</i>	5~7	July	10	1.35	0.28	1.63	農林 22 号 "Nōrin No. 22"
テーダマツ <i>P. taeda</i>	3	July	10	0.36	0.11	0.47	
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	4	July	10	0.85	0.17	1.02	
スギ <i>Cr. japonica</i>	20	July	10	0.28	0.04	0.32	
メタセコイア <i>M. glyptostrobooides</i>	9	June	24	0.24	0	0.24	

* つぎ木。 Trees propagated by grafting.

マツで特に顕著であった。しかし、Rf 0.8~1.0の促進帯はクロマツ、ストロブマツでは見出されなかった。Rf 0.4~0.5の促進帯は一般に活性が低かった。しかし、5月2日のアカマツでは、Rf 0.4~0.9に幅広い促進帯がみられた。この促進帯はRf 0.6~0.7で活性が最も高く、同時に展開したGA₃のRf値とはほぼ一致する。分画IIでは、顕著なジベレリン様物質は検出されなかったが、分画Iと同様にRf 0~0.3, 0.4~0.5, 0.8~1.0に弱い促進帯が認められた。

抑制物質は大部分が分画IIで検出され、Rf 0.5~0.9 (ピークは0.6~0.8)に幅広い顕著な抑制帯が認められた。これはBennet-Clark (1953)のインヒビターβとRf値が一致する。分画Iでは、3月10日のアカマツでRf 0.4~1.0に、ヒノキではRf 0~0.9に幅広い抑制帯が見出された。また樹種によっては、Rf 0~0.1, 0.2~0.4に弱い抑制帯がみられた。抑制物質はクロマツ、ストロブマツ、コウヨウザンおよびヒノキに多く多いようである。

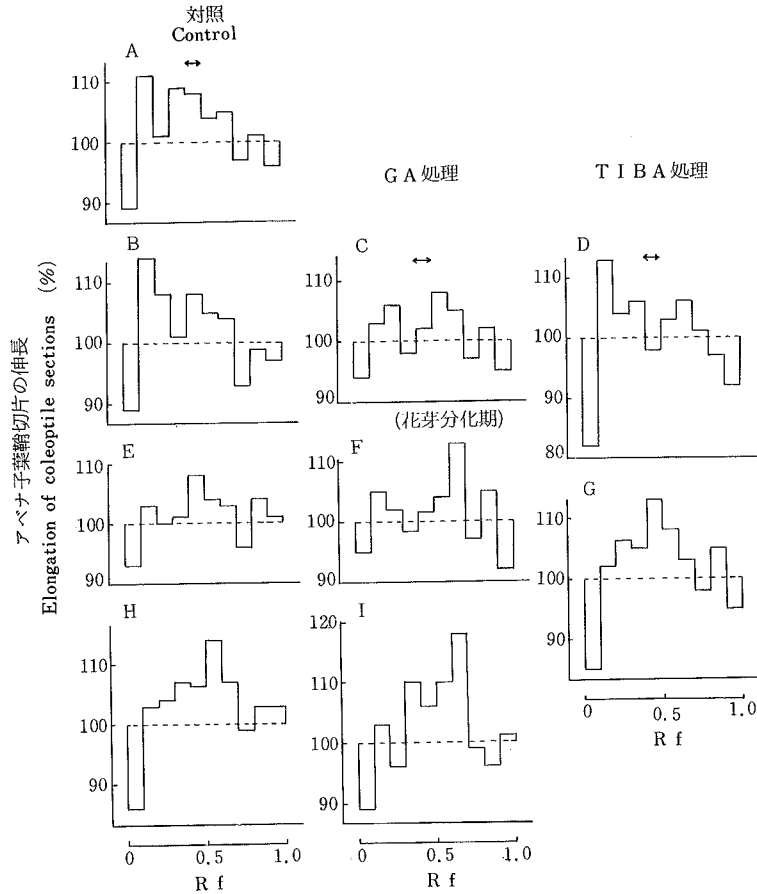


図-26. ジベレリンおよびTIBA 処理によるスギの新条における酸性オーキシンの変化 (アベナ伸長テスト)

左側：対照区。中央：GA 処理区。右側：TIBA 処理区。A：7月15日（処理時）。B～D：8月3日（20日後）。E～G：8月25日（42日後，花芽分化期）。H～I：9月14日（62日後）。供試材料，4年生スギ。GA濃度，100ppm。散布時期，7月14～21日，3回。

Fig. 26. Histograms showing changes in auxin of the acid fraction occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by spraying with gibberellin. (Avena straight growth test)

Left column: untreated controls; Central column: gibberellin treatment; right column: triiodobenzoic acid treatment. A: July 15 (at treating); B～D: August 3 (after 20 days); E～G: August 25 (after 42 days, time of flower initiation); H～I: September, 14 (after 62 days). Arrows indicate the position of IAA.

農林22号を使用して検定した別の実験によると，ジベレリン様物質は大部分が分画Ⅰで検出され，Rf 0～0.1，0.2～0.3，0.6～0.8に促進帯がみられた。Rf 0～0.1の促進帯はアカマツ，スラッシュマツで特に顕著であったが，スギ，メタセコイアでは認められなかった。Rf 0.2～0.3と0.6～0.8の促進帯はいずれの樹種でも認められたが，Rf 0.2～0.3の促進帯はアカマツとメタセコイアで特に顕著であった。Rf 0.6～0.8の促進帯は一般に

活性が低かった。抑制物質はやはり分画Ⅱ，とくにインヒビターβの位置に多く見出された。しかし，メタセコイアでは分画ⅠのRf 0～0.2の部分にもかなり多く存在していた。

(2) ジベレリン様物質の含量

GA₃に対するイネ第二葉鞘の反応曲線から，ジベレリン様物質のおおまかな含量を計算すると表-18の通りである。

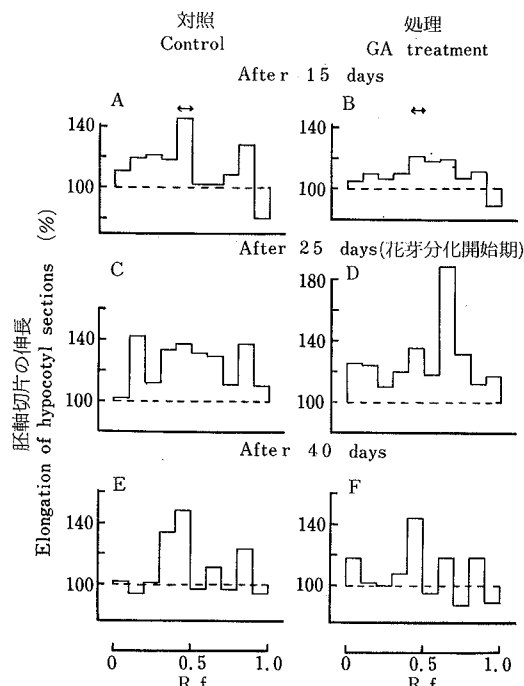


図-27. ジベレリン処理によるスギの新条における酸性オーキシンの変化 (マツ胚軸検定) 左側：対照区。右側：処理区。A～B：8月25日 (15日後)。C～D：9月4日 (25日後)。E～F：9月19日 (40日後)。

Fig. 27. Histograms showing changes in auxin of the acid fraction occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by spraying with gibberellin. (Pine hypocotyl test) Left column (A, C, and E): unrated controls; right column (B, D, and F): shoots sprayed with gibberellin. A~B: August 25 (15 days after spraying); C~D: September 4 (25 days after spraying); E~F: September 19 (40 days after spraying). Arrows indicate the position of IAA.

針葉樹の葉条に含まれるジベレリン様物質の含量は樹種、採取時期、検定植物の種類などによって多少異なる。小丈玉錦で検定した場合は、葉条 100g (生重) 当たり 0.03~0.58 μ g GA₃当量のジベレリン様物質が検出された。ジベレリン様物質の含量は、クロマツが最も高く、ヒノキが最も低かった。アカマツでは5月2日に最大値を示した。農林22号で試験した場合は、葉条 100g 当たり 0.24~1.63 μ g GA₃当量のジベレリン様物質が見出された。マツ科の樹種とスギ科、ヒノキ科の樹種とを比較すると、ジベレリンの種類および含有量についてとくに一定の関係が認められないようである。

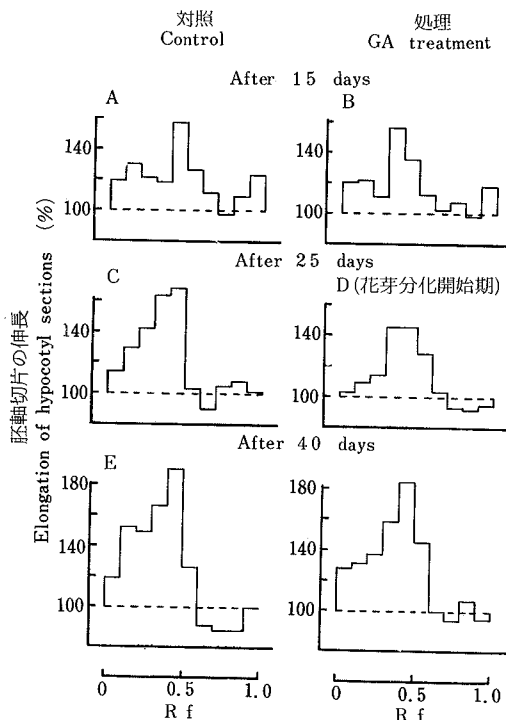


図-28. ジベレリン処理によるスギの新条における水溶性オーキシンの変化 (マツ胚軸検定) Fig. 28. Histograms showing changes in auxin of the aqueous fraction occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by spraying with gibberellin. (Pine hypocotyl test)

II-2. 花芽分化と内在生長物質との関係

1. ジベレリン処理によるスギの花芽分化

に関連しておこる新条内の生長物質の変化

A. 材料と方法

(1) 供試材料とジベレリンの散布

3~4年生のオキノヤマスギ (実生) を用いて、これらの一方の枝にジベレリンを散布して花芽分化を誘起し、その反対側の無処理枝 (無着花) を対照区とした。それぞれの区からジベレリン散布後一定日ごとくに新条を採取し、生長物質の抽出に用いた。

第1回実験では、4年生スギに対しGA 100ppm水溶液を7月14~21日の期間に3回葉面散布した。第2回実験

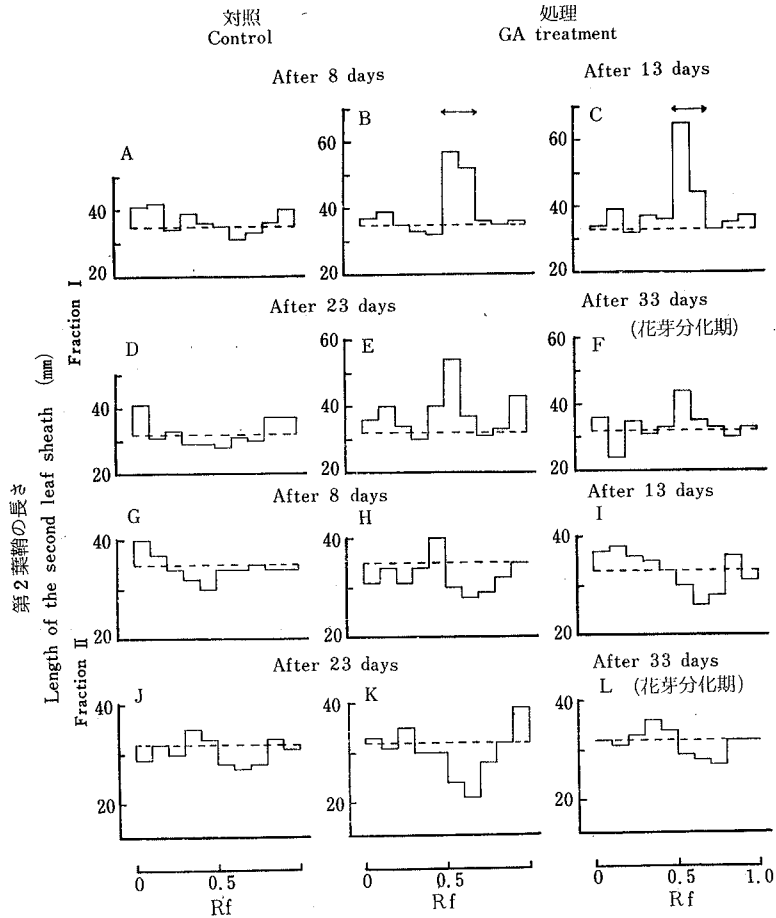


図-29. ジベレリン処理によるスギの新条内のジベレリン様物質および抑制物質の変化
 左側列：対照区。中央および右側列：GA 処理区。A~F：分画Ⅰ。G~L：分画Ⅱ。A~B，
 G~H：9月30日（8日後）。C，I：10月5日（13日後）。D~E，J~K：10月15日（23日後）。
 F，L：10月25日（33日後）。

Fig. 29. Histograms showing changes of gibberellin-like substances and inhibitors occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction after being sprayed with gibberellin at a concentration of 300ppm.

Methanol extracts of 50g shoots were first developed with ammoniacal *n*-butanol, eluted, and rechromatographed with ammoniacal *iso*-propanol. The bioassay was performed with the rice seedling test using a variety "Nōrin No. 22". Arrows indicate the position of GA₃. A, D, G, and J: untreated controls; the others: shoots sprayed with gibberellin. A~F: fraction I: G~L: fraction II. A~B and G~H: September 30 (8 days after spraying); C and I: October 5 (13 days after spraying); D~E and J~K: October 15 (23 days after spraying); F and L: October 25 (33 days after spraying).

では、4年生スギに対しGA 200ppm水溶液を8月10~12日に3回散布した。第3回実験では3年生スギを用いて、GA 300ppm水溶液を9月22~24日に3回散布した。第1回と第2回実験ではオーキシンを、第3回実験ではジベ

レリンを測定した。

(2) 生長物質の測定

(a) オーキシンの測定

第1回実験では、オーキシンをエーテルで抽出して、

表-19. ジベレリン処理によるスギの新条におけるオーキシン含量の変化*

Table 19. Changes in amount of auxin in new shoots of *Cryptomeria japonica*, caused by spraying with gibberellin *

採取期 Date of collection	含量 (IAA μg 当量 / 100g 生体重) Approximate concentration (μg . IAA equivalents/100 g. f. w.)				備 考 Remarks
	酸性オーキシン Acid auxin		水溶性オーキシン Aqueous auxin		
	対 照 Control	処 理 Treated	対 照 Control	処 理 Treated	
15 日 後 After 15 days	4.7	2.0	12.6	11.0	花芽分化開始期 Initiation of flower buds was recognized 花芽が外部から認められる Flower buds were plainly visible
25 日 後 After 25 days	9.2	39.2	27.1	5.3	
40 日 後 After 40 days	6.0	3.3	62.9	34.9	

* GA200ppm溶液を8月10日~12日に3回葉面散布。

The foliar spray of gibberellin at the concentration of 200 ppm was done 3 times during the period of August 10-12.

アベナ伸長テストで調べた。以下その方法について述べる。

抽出と分離：試料5g(生重)に中性磷酸緩衝液を加え、凍結後すりつぶし、過酸化物を含まないエーテル100ml(20ml×5)で、2℃、20時間抽出した。エーテル抽出液を5%重曹溶液20mlで3回振って混入する酸性物質を分離した後、濃縮して中性分画とした。他方重曹溶液層を15%酒石酸溶液でpH 2.9に調節し、エーテルで数回振出してエーテル層を分離し、濃縮後酸性分画とした。各分画を0.5mlの蒸留水にとかし、そのうち0.05ml(試料0.5g分)を東洋ろ紙No50(2×40cm)の一端につけ、iso-プロパノール：アンモニア：水(8:1:1, v/v/v)混液で展開した。ペーパークロマトグラフィーの方法は前述の通りである。

生物試験：アベナ伸長テストを応用した。展開ろ紙の展開部分を10等分し、各々を小型管びんに入れ、2%蔗糖液を2ml加え、2℃で20時間抽出した。ろ紙片をとり去り、これに2~2.5cmに伸びたアベナ子葉鞘の先端3mmを除いた次の2.3mmの切片を10個ずつ入れ、25℃で20時間もち、その伸長を測定した。

第2回実験では、オーキシンをメタノールで抽出し、マツ胚軸検定法によりテストした。

(b) ジベレリン様物質の測定

抽出と分離：新条50gをジベレリン様物質の抽出に用いた。抽出の方法は前述のII-1と同様であるが、ジベレリン様物質と抑制物質とを分離するためにペーパークロマトグラフィーの方法を多少改変した。すなわち、最

初n-プロパノール：アンモニア：水(100:3:18, v/v/v)混液で展開し、展開部分をRf 0~0.4とRf 0.4~1.0の部分に2分し、各々を細切してメタノールで溶出した。前者を分画I、後者を分画IIとし、濃縮して展開ろ紙の一端につけ、iso-プロパノール：アンモニア：水(8:1:1, v/v/v)混液で再び展開して生物試験に供した。

生物試験：前述 II-1 のイネ幼苗検定法によって行なった。検定植物として“農林22号”を用いた。

B. 結 果

(1) オーキシンの変化

4年生スギに対し7月にGA 100ppm水溶液を散布し、アベナ伸長テストで調べた結果は図-26の如くである。

花芽分化は8月20日頃から認められた。酸性分画では、少なくとも4種類の促進物質(Rf 0.1~0.3, 0.4~0.5, 0.5~0.7, 0.8~0.9)と3種類の抑制物質(Rf 0~0.1, 0.7~0.8, 0.9~1.0)が認められる。Rf 0.1~0.3の促進物質は花芽分化期の直前に減少するようであるが、その後はあまり変化しない。Rf 0.4~0.5の促進物質(おそらくIAA)は花芽分化期の直前から分化期にかけて減少する。しかし、花芽分化後は増加し、9月中旬には対照区との間に差が認められなくなる。Rf 0.5~0.7の促進物質は花芽分化期に急激に増加し、その後も対照区に較べて多い傾向がみられる。Rf 0.8~0.9の促進物質および抑制物質については、著しい変化がみられないようである。

中性分画では、酸性分画と同様にいくつかの促進物質と抑制物質が存在しているが、酸性分画ほど著しい変化

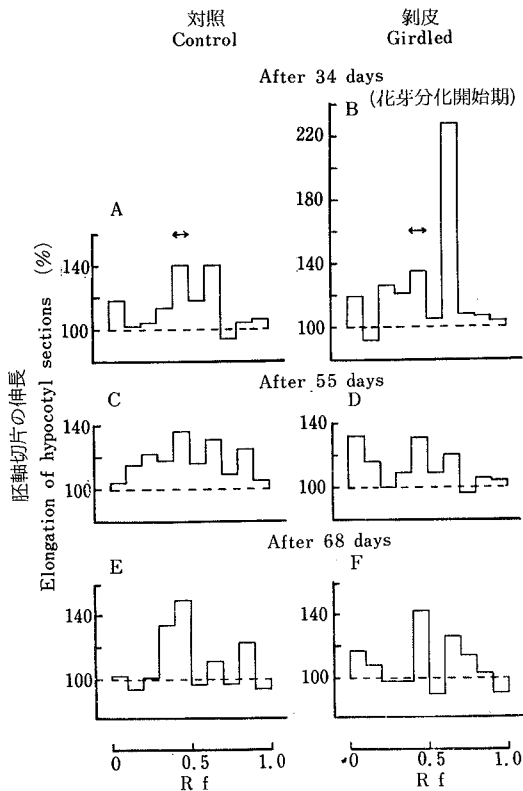


図-30. 環状剥皮によるスギの新条の酸性オーキシンの変化

左側：対照区。右側：剥皮区。A～B：8月16日（34日）。C～D：9月6日（55日後）。E～F：9月19日（68日後）。

Fig. 30. Histograms showing changes in auxin of the acid fraction occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by girdling.

Left column (A, C, and E): untreated controls; right column (B, D, and F): girdled shoots. A~B: August 16 (34 days after girdling); C~D: September 6 (55 days after girdling); E~F: September 19 (68 days after girdling). Arrows indicate the position of IAA.

が認められない。しかし、Rf低位置およびRf0.6~0.8の促進物質は花芽分化期の直前から分化期にかけて減少するようである。これらの促進物質は花芽分化後いずれも増量し、9月中旬には対照区との差が殆ど認められなくなる。抑制物質はジベレリン処理によって著しく変化しなかった。

次にアンチオーキシンであるTIBAを散布した場合についてみると、散布後比較的短い期間のみ酸性分画のIAA位置の促進物質が減少するようである。しかし、42日後（8月25日）には回復して対照区と殆ど差がなくな

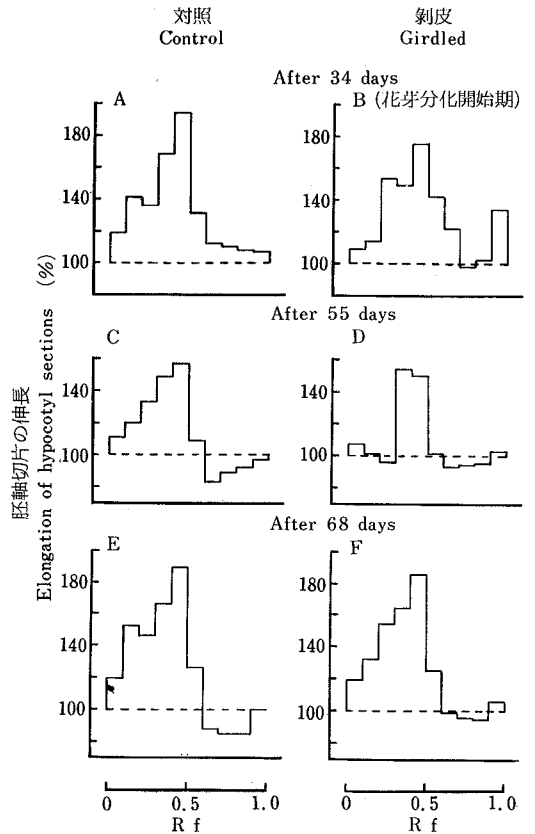


図-31. 環状剥皮によるスギの新条の水溶性オーキシンの変化

Fig. 31. Histograms showing changes in auxin of the aqueous fraction occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by girdling.

る。またTIBAの散布によって酸性分画のRf低位の抑制物質が増加するようであるが、その外の生長物質については著しい変化がみられない。なおTIBAの散布によってスギの花芽分化は誘起されなかった。

4年生スギに対し8月にGA200ppm液を散布しマツ胚軸検定法でオーキシンの変化を測定した結果は図-27~28、表-19の如くである。花芽分化はジベレリン処理後約25日で起こり、40日後には肉眼で花芽の着生が認められた。酸性分画のオーキシンについてみると（図-27）、対照区ではいずれもクロマトグラムでもRf 0.4~0.5と0.8~0.9に、9月4日のクロマトグラムではさらにRf 0.1~0.2に顕著な促進物質が認められる。処理区では、Rf 0.4~0.5とRf 0.8~0.9の促進物質は花芽分化期の直前かや分化期にかけて減少の傾向にある。しかし、最も

表-20. 環状剥皮によるスギの新条におけるオーキシンの含量の変化*
 Table 20. Changes in amount of auxin in new shoots of *Cryptomeria japonica*,
 caused by girdling *

採取期 Date of collection	含量 (IAA μg 当量 / 100g 生体重) Approximate concentration (μg . IAA equivalents/100 g.f.w.)				備 考 Remarks
	酸性オーキシンの Acid auxin		水溶性オーキシンの Aqueous auxin		
	対 照 Control	剥 皮 Girdled	対 照 Control	剥 皮 Girdled	
34 日 後 After 34 days	4.5	163.6	69.9	30.2	花芽分化の徴候が認められる An indication of flower formation was recognized 花芽が外部から認められる Flower buds were plainly visible
55 日 後 After 55 days	4.9	3.4	14.3	11.2	
68 日 後 After 68 days	6.9	3.6	61.4	46.9	

*剥皮処理：7月13日。
 The girdling was done on July 13.

著しい変化は花芽分化開始期 (25日後) に突然Rf 0.6~0.7に強力な促進物質が現われることである。この物質は短期間に消失し、花芽分化後 (40日後) には殆ど認められなくなる。したがって、処理後15日目と40日目のオーキシンの含量は対照区よりも低いが、25日目の含量は対照区の約4倍に増加している (表-19)。

水溶性分画では (図-28), オーキシンは対照区, 処理区のいずれにおいても, Rf 0~0.6に幅広く検出される。しかし, 活性はRf 0.3~0.5で最も高い。ジベレリン処理によるオーキシンの変化は酸性分画ほど顕著でない。しかし, 表-19によるとジベレリン処理によって明らかに減少している。オーキシンの含量は処理後25日目, すなわち花芽分化開始期に最も低下した。

(2) ジベレリン様物質の変化

実験の結果は図-29の如くである。ジベレリン様物質は主として分画Iで, 抑制物質は分画IIで検出される。対照区では, Rf 0~0.2, 0.3~0.4, 0.8~1.0に弱い促進帯が, Rf 0.5~0.8にかなり顕著な抑制帯がみられる。処理区では, 分画IのRf 0.5~0.7に非常に顕著な促進帯がある。これはおそらく葉面散布によって吸収されたジベレリンによるものと思われる。Rf 0.5~0.7の促進物質は処理後漸次減少するが, 33日後でもなおかなり高い活性がみられる。Rf 0.5~0.7以外の天然のジベレリン様物質については著しい変化がみられない。しかし, 抑制物質とくにインヒビター β は処理後増加する傾向にある。なお葉面散布によって体内に吸収されたジベレリンは, 他のジベレリン様物質に転化することなく, 直接消費されるようである。

以上の結果を総括すると, 酸性分画のファクターI, 水溶性オーキシンおよびジベレリン様物質は, ジベレリン処理後花芽分化に先行して減少するようである。しかし, 酸性分画のファクターIIは花芽分化期に急激に増加した。他方抑制物質とくにインヒビター β はジベレリン処理後増加の傾向を示した。

2. 環状剥皮によるスギの花芽分化に関連

しておこる新条内の生長物質の変化

A. 材料と方法

8年生スギ (さし木) を用いて, 7月13日に第一次枝に環状剥皮を行なった。処理の方法は, 枝の基部を2cm幅に全周剥皮し, 樹皮を反転してはめ込みテープでしばった。オーキシンおよびジベレリン様物質の抽出, 分離, 生物試験の方法は, II-1に記載の通りである。

B. 結 果

環状剥皮によって葉はやしおれ, 生長が減退した。処理後30日で花芽分化の徴候が認められ, 9月上旬には花芽の着生が外部から観察された。

(1) オーキシンの変化

実験の結果は図-30~31, 表-20の如くである。酸性分画についてみると (図-30), 対照区では二つの比較的顕著な促進帯 (Rf 0.4~0.5, 0.6~0.7) と二つの弱い促進帯 (Rf 0~0.1, 0.8~0.9) がみられる。処理区では, Rf 0.4~0.5の促進物質は処理後対照区に較べて減少の傾向にある。これに反し, Rf 0.6~0.7の促進物質は処理後34日目, すなわち花芽分化の初期に著しく増加した。しかし, 花芽分化後は急速に減少し, 55日目

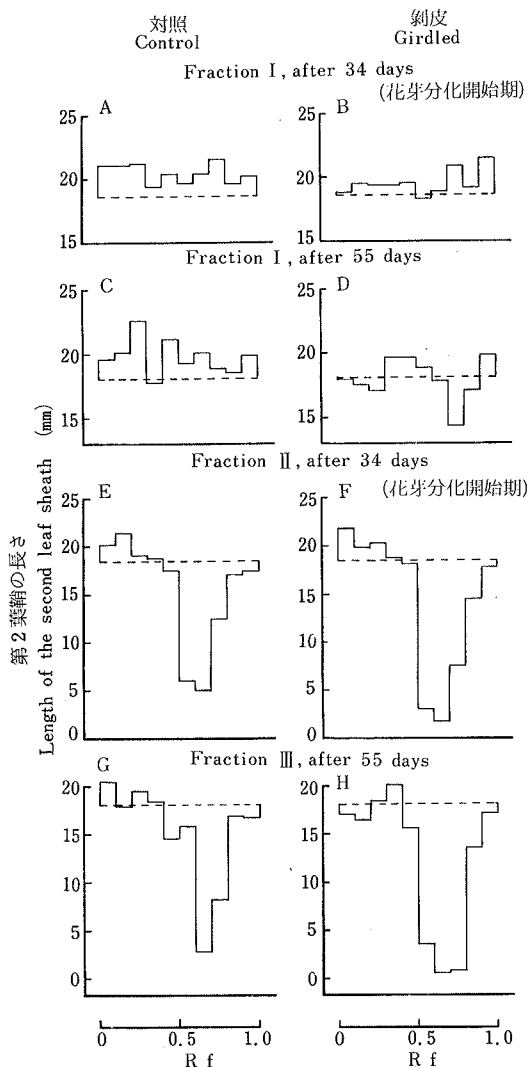


図-32. 環状剥皮によるスギの新条内のジベレリン様物質および抑制物質の変化

左側：対照区。右側：剥皮区。A~D：分画Ⅰ。E~H：分画Ⅱ。A~B, E~F：8月16日(34日後)。C~D, G~H：9月6日(55日後)。

Fig. 32. Histograms showing changes in gibberellin-like substances and inhibitors occurring in new shoots of *Cryptomeria japonica* in relation to flower induction by girdling.

The extract from 40 g shoots was assayed by the rice seedling test using a dwarf variety "Tamanishiki".

Left column: untreated controls; right column: girdled shoots. A~D: fraction I; E~H: fraction II. A~B and E~F: August 16 (34 days after girdling); C~D and G~H: September 6 (55 days after girdling).

以降は対照区とあまり差がなかった。Rf 0~0.1の促進帯は、対照区では9月6日以降消失しているが、処理区では認められる。Rf 0.8~0.9の促進帯は処理区では殆ど認められない。表-20によると、オーキシンの含量は、対照区では葉条 100g 当たり 4.5~6.9 μ g IAA当量で、著しい時期的変化がみられない。しかし、処理区では34日目に一挙に163.6 μ gに達した。その後オーキシンの含量は急速に減少し、55日目以降はむしろ対照区よりも少なくなっている。

水溶性分画では(図-31)、対照区、処理区のいずれにおいても、Rf 0~0.6に顕著な促進帯がみられる。処理区この外に34日目のクロマトグラムでRf 0.9~1.0に弱い促進帯が認められる。しかし、55日目以降は消失している。水溶性オーキシンの種類は剥皮処理によって著しく変化しないが、含量は処理によって減少する(表-20)。

(2) ジベレリン様物質の変化

実験の結果は図-32の如くである。ジベレリン様物質は主として分画Ⅰで、抑制物質は分画Ⅱで検出される。分画Ⅰの対照区では、少なくとも4種類の促進帯(Rf 0~0.3, 0.4~0.5, 0.6~0.8, 0.9~1.0)が認められるが、とくに顕著なものはない。これらの促進帯の活性はRf 0.9~1.0の促進帯を除き、処理後減少の傾向にある。Rf 0~0.3および0.6~0.8の促進帯は55日後には消失している。他方抑制物質についてみると、主として分画Ⅱに現われるインヒビター β は処理後増加する傾向にある。とくに55日目のクロマトグラムでは著しく増量している。

以上の如く、環状剥皮によって起こる内在生長物質の変化はジベレリン処理の場合と大体同様である。

3. アカマツの芽に含まれる生長物質の

樹齢による変化

A. 材料と方法

当年生、1年生、5年生および13年生(つぎ木)アカマツから9月26日(花芽分化期)に試料を採取した。オーキシン抽出の試料として、1~13年生では冬芽を用いたが、当年生では冬芽のみ採取することができなかったため、葉条全体を分析に供した。オーキシンの抽出、分離、生物試験の方法はⅡ-1の通りである。

B. 結果

実験の結果は図-33、表-21の如くである。中性分画では、少なくとも4種類の促進帯(Rf 0~0.2, 0.3~0.5, 0.6~0.7, 0.8~1.0)が認められるが、とくに顕著なものはない。またこれらの促進帯の活性は樹齢によって著しく変化しない。中性オーキシンの含量は、

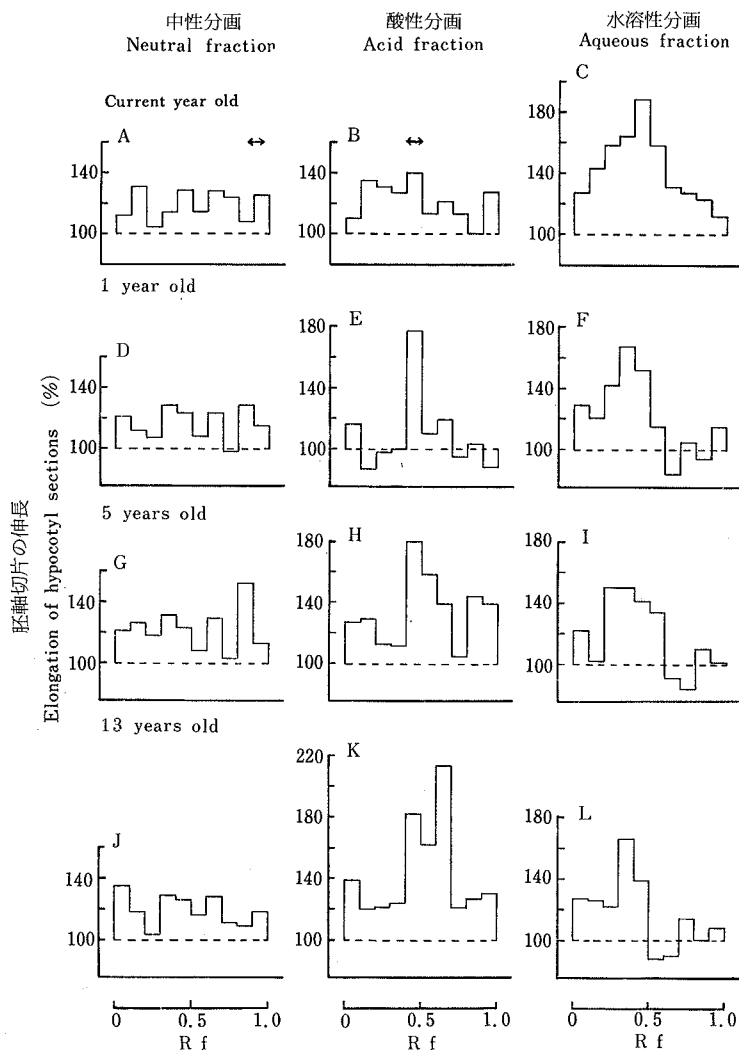


図-33. アカマツの芽に存在するオーキシンの樹齢による変化

左側：中性分画。中央：酸性分画。右側：水溶性分画。A～C：当年生。D～F：1年生。G～I：5年生。J～L：13年生（つぎ木）。

Fig. 33. Changes of auxins in the buds of *Pinus densiflora* in relation to tree age.

Left column: neutral fraction; central column: acid fraction; right column: aqueous fraction. A～C: current year old; D～F: 1 year old; G～I: 5 years old; J～L: 13 years old. Arrows indicate the position of IAN (Rf 0.89) and IAA (Rf 0.45).

試料 100 g 当たり 4.8～10.8 μ g IAA 当量で、他の分画に比して少ない。

酸性分画では、中性分画と同様にいくつかの促進帯が認められるが、Rf 0.4～0.5（ファクターⅠ）と Rf 0.6～0.7（ファクターⅡ）の二つの促進帯がとくに顕著である。ファクターⅠは当年生苗に最も少なく、試料 100 g 当たり 1.7 μ g IAA 当量含まれているにすぎないが、1年生では 17.0 μ g で一挙に10倍に増加している。1年生

以上では樹齢による変動は著しくない。ファクターⅡは当年生と1年生苗にはごくわずかしが含まれていないが、13年生では 111.4 μ g で著しく多かった。Rf 低位および高位の促進物質については明確な結果がえられなかったが、若い苗木よりも高齢木に多いようである。すなわち、酸性オーキシンの含量は樹齢の増加にともなって増量する。とくにファクターⅡが結実年齢に達した成熟木に多いことが注目された。

表-21. アカマツの芽におけるオーキシンの含量の樹齢による変化*

Table 21. Relation between the age of tree and the amount of auxin in the buds of *Pinus densiflora* *

樹 齢 Tree age (year)	含 量 (IAA μg 当量 / 100g 生体重) Approximate concentration (μg . IAA equivalents/100 g. f. w.)						備 考 Remarks	
	中性オー キシ ン Neutral auxin	酸性オーキシ ン Acid auxin				水溶性オ ーキシ ン Aqueous auxin		全オーキ シン Total auxin
		ファク ター I Factor I	ファク ター II Factor II	その他 Others	合 計 Total			
0.5 **	5.5	1.7	0.6	5.0	7.3	59.1	71.9	通常葉未発生 Stage of primary leaves ; needles were not yet for- med
1	4.8	17.0	0.4	0.3	17.7	22.1	44.6	
5	10.8	18.4	1.7	14.5	34.6	13.9	59.3	
13 ***	5.8	19.2	111.4	11.9	142.5	18.9	167.2	着花多し Flower bearing was abundant

*分析：9月26日。The materials used for extraction were collected on September 26.

**葉条を分析に用いた。Young shoots were used for extraction.

***つぎ木。Trees propagated by grafting.

水溶性分画では、Rf 0 ~ 0.6に促進帯が、Rf 0.5 ~ 0.8に抑制帯がある。水溶性オーキシンの含量は当年生苗で最も高く、1年生苗ではその約1/3である。1年生以上では樹齢によって著しい差異は認められない。抑制物質は当年生苗では検出されず、1年生以上で認められた。樹齢の増加にともなって多少増量するようであるが、変化は顕著でない。

以上の結果から、未熟木と成熟木の間には酸性および水溶性オーキシンの含量について明らかなちがいが認められる。酸性オーキシンとくにファクターIIが成熟木に多く、水溶性オーキシンが未熟木に多いことが注目された。

II-3. 花芽分化と樹体内養料との関係

1. ジベレリン処理によるスギの花芽分化に関連

しておこる新条内の炭水化物、窒素含量の変化

A. 材料と方法

(1) 供試材料とジベレリンの散布

7年生(さし木)と15年生(実生)オキノヤマスギを用いて、これらの一方の枝にジベレリンを散布して花芽分化を誘起し、その反対側の無処理枝(無着花)を対照区とした。GA 100ppm溶液を7年生に対しては7月25日~8月13日に、15年生に対しては8月31日~9月15日にそれぞれ3回葉面散布した。処理後一定期日ごとに新条を採取し、分析に供した。

(2) 炭水化物および窒素の定量

炭水化物：乾燥粉末試料 1.5gを40%メタノールで2時間ずつ3回、70°Cで温抽出した。抽出液をあわせ、メ

タノールを除き、放冷後残渣に少量の蒸留水を加えてろ過した。ろ液は蒸留水で全液量を100mlとし、20mlずつとって還元糖、蔗糖、可溶性澱粉の分析に供した。メタノール抽出後の残渣は、100mlの蒸留水を加え、25%塩酸で加水分解して不溶性炭水化物の分析に用いた。定量はベルトラン法によって行なった。

窒素：乾燥粉末試料1gを濃硫酸で分解し、半微量ケールダール法により定量した。0.1N苛性ソーダで滴定して全窒素を求めた。

B. 結果

7年生に対し7月25日~8月13日にジベレリンを散布した場合、8月下旬頃から花芽分化の徴候がみられ、9月上旬に花芽が識別された。新条内の化学成分の変化は図-34、表-22の如くである。

水分と窒素はジベレリン処理によって明らかに減少した。還元糖は一般に処理後増加の傾向が認められたが、とくに花芽分化後に対照区との差が大きくなった。蔗糖と可溶性澱粉は含有量が少なく、明確な結果がえられなかった。全糖、可溶性炭水化物の変化は還元糖と同様の傾向が認められた。不溶性炭水化物はジベレリン処理によって著しく増加した。全炭水化物は明らかにジベレリン処理によって増量した。ジベレリン処理による炭水化物の増加と窒素の減少によりC-N率は処理区が無処理区よりも著しく大であった。

15年生に対し、8月31日~9月15日にジベレリンを散布した場合も、7~8月処理と大体同様の変化が認められた。水分と全窒素は処理によって減少し、還元糖、蔗糖、全糖、可溶性澱粉、全可溶性炭水化物、不溶性炭水

表-22. ジベレリン処理によるスギ葉条の成分変化*
 Table. 22. Changes of carbohydrate and nitrogen contents in new shoots of *Cryptomeria japonica*, caused by spraying with gibberellin *

化学成分 Chem. constituents	採取月日 Date	対 照 Control				処 理 Treated		
		Jul. 26	Aug. 24	Sep. 10	Oct. 5	Aug. 24	Sep. 10	Oct. 5
水分 Water		391.04	390.48	307.66	347.40	363.28	299.28	277.24
還元糖 Reducing sugar		3.633	4.045	5.000	4.434	4.813	4.625	5.730
蔗糖 Sucrose		0.249	0.502	1.210	0.680	0.320	1.210	0.754
全糖 Total sugar		3.882	4.547	6.210	5.114	5.133	5.835	6.484
澱粉 Starch		0.485	0.903	1.254	0.978	1.146	1.247	0.819
全可溶性炭水化物 Total sol. carbohydrate		4.367	5.450	7.464	6.092	6.279	7.082	7.303
不溶性炭水化物 Insol. carbohydrate		12.438	12.438	13.461	13.360	15.086	14.670	15.918
全炭水化物 Total carbohydrate		16.805	17.888	20.925	19.452	21.365	21.752	23.221
全窒素 Total nitrogen		1.819	1.994	1.500	1.564	1.404	1.340	1.324
C/N		9.239	8.971	13.950	12.437	15.217	16.233	17.539
備 考 Remarks		無 着 花 No flower initiation				花 芽 分 化 期 Time of flower initiation		

* 7月25日～8月13日に100 ppm溶液を3回葉面散布。A water solution containing 100 ppm gibberellin was sprayed 3 times during the period from July 25 to August 13.

化物はいずれも増加した。したがって、C-N率は処理区が著しく大であった。

以上の実験結果から、ジベレリン処理によって水分と窒素が減少し、炭水化物が増加することがわかった。したがって、C-N率は著しく増大した。これらの成分中、水分と窒素の減少は花芽分化に先行して起こったが、炭水化物については必ずしもそのような変化は認められず、糖類はむしろ花芽分化後に増加するようであった。

2. 環状剥皮によるスギの花芽分化に関連して

おこる新条内の炭水化物、窒素含量の変化

A. 材料と方法

(1) 供試材料と環状剥皮処理

18年生オキノヤマスギ(台木)を用いて、1次枝の基部を2cm幅に全周剥皮し、樹皮を反転してはめ込みテープでしばった。処理時期は6月15日である。処理区として、前年処理区(前年の6月15日処理)、当年処理区および無処理の対照区を設けた。7月21日～9月22日の間に葉条を採取し、化学分析に供した。

(2) 炭水化物および窒素の定量

炭水化物:乾燥試料1.5gを80%メタノールで1時間熱時抽出し、ベルトラン法により定量した。

窒素:全窒素、可溶性窒素、蛋白態窒素に細別し、半微量ケルダール法により定量した。全窒素は乾燥試料1gを濃硫酸で分解して定量に用いた。可溶性窒素は、乾燥試料3gを蒸留水で煮沸抽出し、放冷後上澄液をろ別濃縮し、常法により硫酸で分解して定量に供した。全窒素から可溶性窒素を差し引いたものを蛋白態窒素とした。

B. 結果

花芽分化は個体によって多少異なるが、8月中、下旬に認められた。9月中旬には花芽が肉眼により識別できた。環状剥皮の効果は処理年に強く現われ、雄花および雌花が多数着生するが、翌年になると樹勢が回復し、着花も少なくなる。化学分析の結果は図-35、表-23に示す通りである。

当年処理区についてみると、水分、可溶性窒素、蛋白態窒素、全窒素はいずれも処理によって著しく減少した。しかし、還元糖、全糖、全可溶性炭水化物、不溶性炭水化物、全炭水化物は反対に増加した。したがって、C-N率は処理区が対照区よりも著しく大であった。SC-C率は花芽分化後(9月22日)を除き、対照区との間になんか認められなかった。SN-N率は処理後対照に較べて減少した。

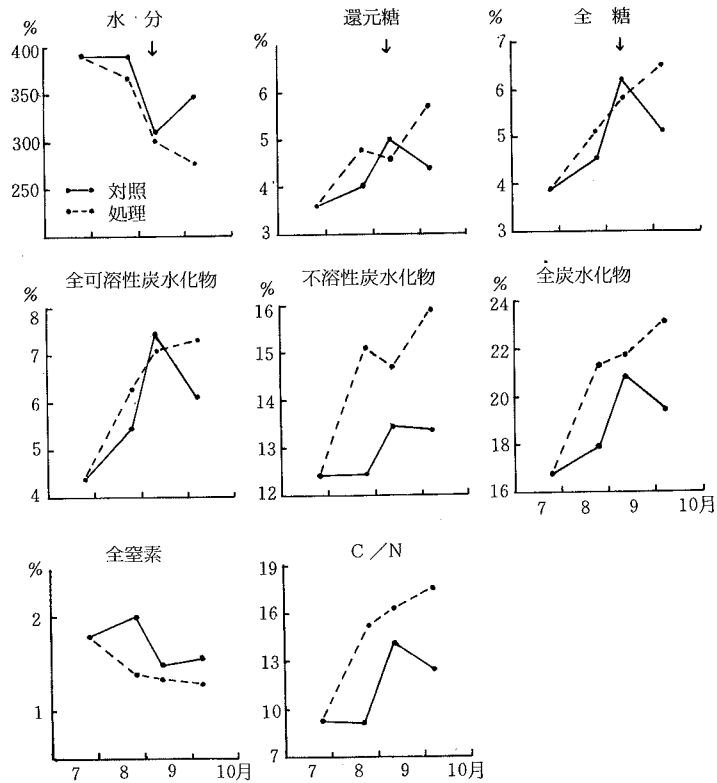


図-34. ジベレリン処理によるスギ葉条の成分変化
乾物重%。矢印は花芽分化期を示す。

Fig. 34. Changes of carbohydrate and nitrogen contents in new shoots of *Cryptomeria japonica*, caused by spraying with gibberellin.

Per cent by dry weight. Arrows indicate the time of flower bud formation.

前年処理区の変化は当年処理区ほど顕著でないが、炭水化物、窒素はいずれも当年処理区と同様の変化を示した。各成分の含量は対照区と当年処理区のほぼ中間の値であった。すなわち、着花量と化学成分の含量との間にはきわめて高い相関が認められた。花芽分化期は8月であるから、これらの成分の変化は明らかに花芽分化に先行して起こっている。しかし、どちらかといえば窒素は花芽分化の前に、不溶性炭水化物は花芽分化期に、糖類は花芽分化後に対照区との差が最も大きいようである。

以上の如く、環状剥皮による成分の変化はジベレリン処理の場合と大体同じ傾向を示した。しかし、一層変化が顕著であった。

3. 環状剥皮および巻き締めによるカラマツの

花芽分化に関連しておこる葉条内成分の変化

A. 材料と方法

(1) 材料と処理

鳥取大学森山演習林(海拔 600m)内の13年生カラマツ3個体を用いて、5月25日に樹冠のほぼ中央部の幹に2cm幅で半周2段環状剥皮処理をした。処理後8月まで、約1ヵ月ごとに試料をとり化学分析に供した。花芽は処理部より上部の枝に着生するので、処理部より上部の枝を処理区、下部の枝(無着花)を対照区とした。

次に鳥取大学農学部苗畑に植栽されている8年生カラマツを用いて、6月5日に主枝の基部を1.3mmの針金で5cmの幅に巻き締めた。翌年花芽分化の徴候がみられたので、7月21日に試料をとり化学分析に供した。

化学分析の材料として、2~3年生枝の短枝を用いた。

(2) 化学分析

炭水化物および窒素：分析の方法は前述のII-3, 2と同様である。

リン：乾燥粉末試料1gを硝酸と過塩素酸で湿式灰化した後100mlに定容し、その中から2mlをとって塩化第

表-23. 環状剥皮によるスギの葉条内化学成分の変化

Table 23. Changes of chemical constituents in new shoots of *Cryptomeria japonica*, caused by girdling

成分 Constituents	処理区 Treatment		対 照 Control			当 年 処 理 Treated this year			前 年 処 理 Treated last year		
	採取月日 Date		July. 21	Aug. 10	Sep. 22	July. 21	Aug. 18	Sep. 22	July. 21	Aug. 18	Sep. 22
	% dry weight										
水分 Water	343.487	360.787	335.532	270.637	222.023	181.574	269.190	281.117	259.121		
還元糖 Reducing sugar	5.581	5.924	4.470	6.925	8.229	7.507	6.714	6.792	5.799		
全糖 Total sugar	5.821	6.574	4.940	7.532	9.030	8.438	6.841	7.685	6.356		
全可溶性炭水化物 Total sol. carbohydrate (SC)	6.690	6.792	5.397	7.875	9.372	9.056	6.933	8.174	7.572		
不溶性炭水化物 Insol. carbohydrate	11.070	9.551	8.917	12.861	13.735	12.189	11.376	10.757	9.515		
全炭水化物 Total carbohydrate (C)	17.760	16.343	14.314	20.736	23.107	21.245	18.309	18.931	17.087		
可溶性窒素 Soluble nitrogen (SN)	0.263	0.145	0.126	0.122	0.072	0.083	0.164	0.095	0.086		
蛋白態窒素 Protein nitrogen	1.739	1.682	1.631	1.421	1.257	1.260	1.332	1.432	1.464		
全窒素 Total nitrogen (N)	2.002	1.827	1.757	1.543	1.329	1.343	1.496	1.527	1.550		
C/N	8.871	8.946	8.147	13.439	17.387	15.819	12.239	12.398	11.024		
SC/C×100	37.669	41.559	37.704	37.977	40.559	42.627	37.867	43.178	44.314		
SN/N×100	13.137	7.937	7.171	7.259	5.418	6.180	10.963	6.221	5.548		
着花状況 Flower bearing	無着花 No			着花多い Abundant			着花少ない Small				

備考 処理：6月15日。3個体の平均。

Remarks Girdling treatment: June 15. Showed the average of 3 trees.

一スズで発色させ、光電比色計で透過率を測定して求めた。

カリウム：乾燥粉末試料 1 g を 0.2N 塩酸 100ml で 1 時間抽出し、ろ液を焰光光度計で測定して求めた。

B. 結果

幹の剥皮処理では、花芽分化は約50日後の7月中旬に起こった。樹体内成分の変化は図-36、表-24の如くである。

水分、可溶性窒素、蛋白態窒素、全窒素、リンはいずれも処理によって減少した。これに反し、還元糖、全糖、澱粉、全炭水化物、カリウムは処理後増加した。したがって、C-N率は処理区が対照区よりも著しく大である。SC-C率は、花芽分化前は対照区よりも低いが、花芽分化後は逆に高くなった。SN-N率はSC-C率と逆の変化を示した。これらの成分中、水分、澱粉、蛋白態窒素、全窒素およびリンの変化は花芽分化に先行して起こる。とくに水分、澱粉、蛋白態窒素、全窒素は花芽分化の直前の6月に対照区との差が最も大である。還元糖、全糖、カリウムは花芽分化の前よりも花芽分化期以降に対照区との差が大きくなる。花芽分化に関連して、水分、澱粉、

窒素およびリンの変化が注目された。

枝の巻き締め処理の場合についてみると、処理枝では無処理枝に比べて還元糖、全糖、全可溶性炭水化物の含量が著しく増加した。しかし、水分、蛋白態窒素、全窒素の含量は減少した。したがって、C-N率は処理区が著しく大であった。幹に対する剥皮処理と大体同じ結果がえられたが、澱粉（不溶性炭水化物）の増加は剥皮処理ほど顕著でなかった。

以上の如く、カラマツでは機械的処理によって水分、窒素、リンが減少し、炭水化物、カリウムが増加する。水分、窒素および炭水化物の変化については、スギの場合とほぼ同様の結果がえられた。

II-4. 花性分化と内在生長物質との関係

1. アカマツおよびクロマツにおける雄花と

雌花の着生位置と内在生長物質との関係

A. 材料と方法

5年生アカマツから4月25日（減数分裂期）に雄花を

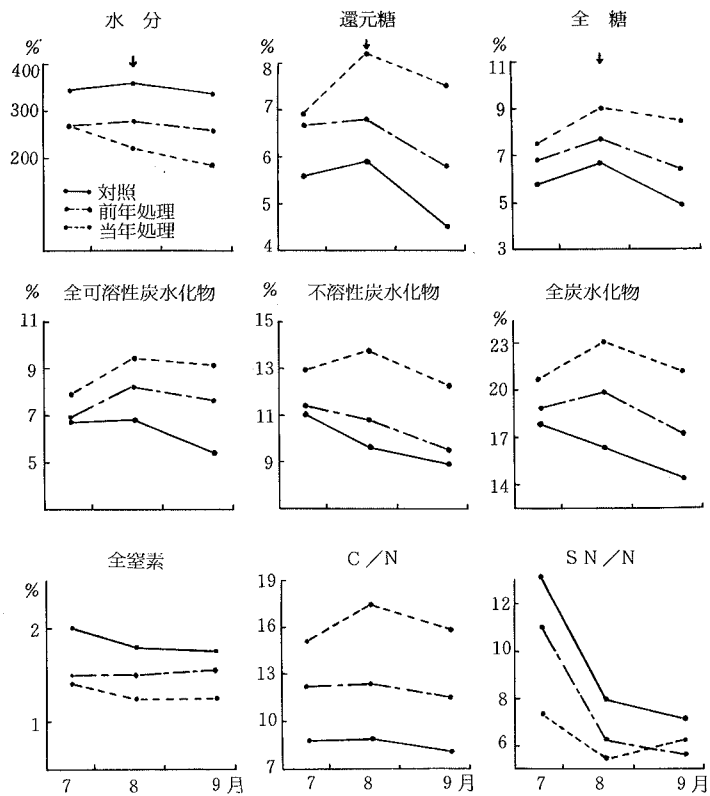


図-35. 環状剥皮によるスギ葉条の化学成分の変化
乾物重%。矢印は花芽分化期を示す。

Fig. 35. Changes of chemical constituents in new shoots of *Cryptomeria japonica*, caused by girdling. Per cent by dry weight. Arrows indicate the time of flower bud formation.

着生した新条の下部と雌花を着生した新条の上部を別々にとり、オーキシンの抽出に用いた。さらに5~20年生のアカマツとクロマツから4月、5月および10月に雄花を着生した芽(主として樹冠の下部の芽)と雌花を着生した芽(主として樹冠の上部の芽)を別々にとり、同様の実験を行なった。オーキシンの抽出、分離、生物試験の方法は前述のⅡ-1と同様である。

B. 結果

(1) 新条におけるオーキシンおよび抑制物質の分布

実験の結果は図-37の如くである。酸性分画では、Rf 0.4~0.6に顕著な促進帯が、Rf 0.7~0.9に抑制帯が認められる。水溶性分画では、Rf 0.2~0.4に促進帯が、Rf 0~0.2および0.5~0.8に抑制帯がある。雄花を着生した新条の下部と雌花を着生した新条の上部とを比較すると、生長物質の種類にはちがいが認められない。しかし、活性はかなり異なる。酸性オーキシン、水溶性オーキシンおよび抑制物質はいずれも新条の下部よりも上

部に多く含まれている。

(2) 雄花着生芽と雌花着生芽のオーキシンおよび抑制物質の比較

実験の結果は図-38~39、表-25の如くである。

中性分画ではいくつかの促進帯がみられるが、とくに顕著なものはない。オーキシンの含量は他の分画に比べて少なく、雄花着生芽と雌花着生芽の間に著しいちがいが認められない。

酸性分画では(図-38), Rf 0.4~0.5に顕著な促進帯がある。またクロマトグラムによっては、Rf 0.6~0.7と0.8~1.0に比較的活性の強い促進帯が、Rf低位に弱い促進帯がみられる。雄花着生芽と雌花着生芽とを比較すると、オーキシンの種類にはちがいが認められない。しかし、活性はかなり異なる。Rf 0.4~0.5の促進帯は雄花着生芽よりも雌花着生芽で活性が高い。その他の促進帯についても大体同様の傾向が認められる。したがって、酸性オーキシンの含量は明らかに雌花着生芽の方が

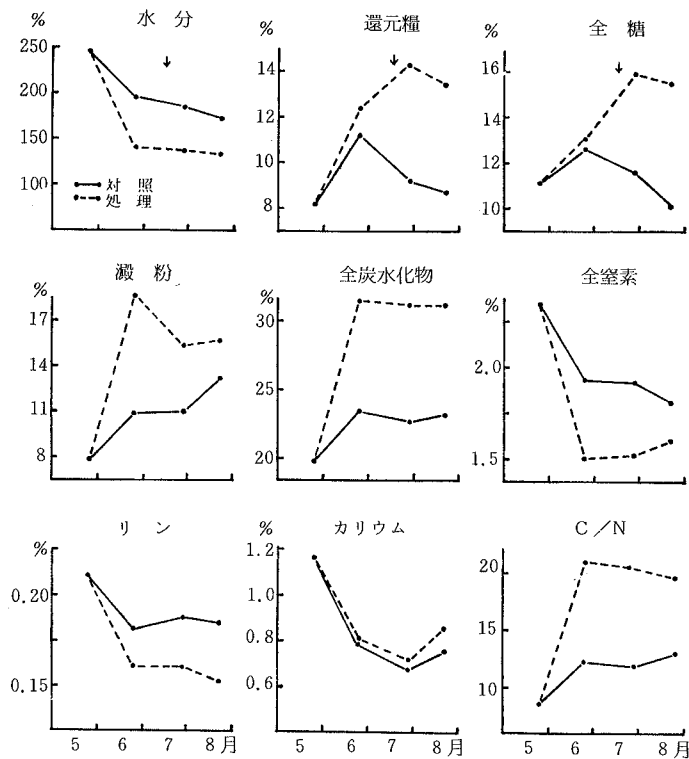


図-36. 環状剥皮によるカラマツ短枝の化学成分の変化
乾物重%。矢印は花芽分化期を示す。

Fig. 36. Changes of chemical constituents in short branches of *Larix leptolepis*, caused by girdling.

Per cent by dry weight. Arrows indicate the time of flower bud formation.

雄花着生芽よりも大である (表-25)。

水溶性分画では (図-39), Rf 0 ~ 0.6の促進帯と, Rf 0.5 ~ 0.9の抑制帯がとくに顕著であるが, クロマトグラムの先端付近にも弱い促進帯がある。生長物質の種類については, 雄花着生芽と雌花着生芽の間にちがいがみられない。しかし, 促進物質および抑制物質の含量は雄花着生芽よりも雌花着生芽の方が大である。

以上二つの実験から, マツの雌花は雄花よりもオーキシンおよび抑制物質のレベルの高い部分で形成されるということがわかった。

2. 摘心処理によるアカマツの新条に

含まれる生長物質の変化

A. 材料と方法

雄花をつけた5年生アカマツを供試材料として, 主幹および強勢側枝の新条の雄花着生部より上部 (全長の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$) を摘除した。摘心処理は3月29日に行なった。処

理後28日および49日目に摘心新条の残りの部分を採取して, 生長物質の抽出に用いた。対照区として, 無摘心新条の下部を用いた。オーキシンの抽出, 分離, 生物試験の方法はII-1に記載の通りである。

B. 結果

実験の結果は図-40~41, 表-26の如くである。中性分画にはいくつかの促進帯がみられるが, これらの活性は摘心処理によって殆ど変化しなかった。しかし酸性分画では (図-40), Rf 0.4 ~ 0.5と0.6 ~ 0.7の促進帯の活性が摘心処理によって著しく増加した。増加は摘心後28日目にとくに著しく, その後徐々に正常に復帰するが, Rf 0.6 ~ 0.7の促進帯は49日後でもなおかなり高い活性を示している。水溶性分画では (図-41), Rf 0 ~ 0.6と0.8 ~ 1.0の促進帯の活性が摘心後漸次増加するようである。含量は摘心後28日目よりも49日目が大である。Rf 0.6 ~ 0.8の抑制物質は摘心後やや増加するようである。表-26から, 摘心処理によって中性オーキシンは殆ど影響を受けないが, 酸性オーキシンは急激に, 水溶性オー

表-24. 環状剥皮によるカラマツ短枝の化学成分の変化

Table 24. Changes of chemical constituents in short branches of *Larix leptolepis*, caused by girdling % dry weight

成分 Constituents	処理区	対 照				処 理		
	Treat.	Control				Treated		
	採取月日	May 25	June 23	July 27	Aug. 20	June 23	July 27	Aug. 20
水分 Water		245.032	195.333	185.467	173.233	140.900	136.933	133.400
還元糖 Reducing sugar		8.186	11.213	9.209	8.667	12.372	14.260	13.351
非還元糖 Nonreducing sugar		2.919	1.413	2.414	1.449	0.672	1.648	2.147
全糖 Total sugar (S C)		11.105	12.626	11.623	10.116	13.044	15.909	15.498
澱粉 Starch		7.817	10.850	11.039	13.217	18.438	15.270	15.668
全炭水化物 Total carbohydrate (C)		18.922	23.476	22.662	23.333	31.482	31.178	31.166
可溶性窒素 Soluble nitrogen (SN)		0.124	0.060	0.096	0.087	0.060	0.076	0.066
蛋白態窒素 Protein nitrogen		2.221	1.866	1.823	1.726	1.444	1.443	1.531
全窒素 Total nitrogen (N)		2.345	1.926	1.919	1.813	1.504	1.519	1.597
リン Phosphorus		0.212	0.180	0.187	0.184	0.159	0.159	0.152
カリウム Potassium		1.163	0.783	0.670	0.753	0.803	0.717	0.850
C/N		8.520	12.189	11.809	12.870	20.932	20.525	19.515
S C/C × 100		58.688	53.783	51.289	43.355	41.433	51.026	49.727
S N/N × 100		5.288	3.118	5.055	4.799	3.989	5.003	4.133

備考 処理：5月25日。3個体の平均。

Remarks Treatment: May 25. Showed the average of 3 trees.

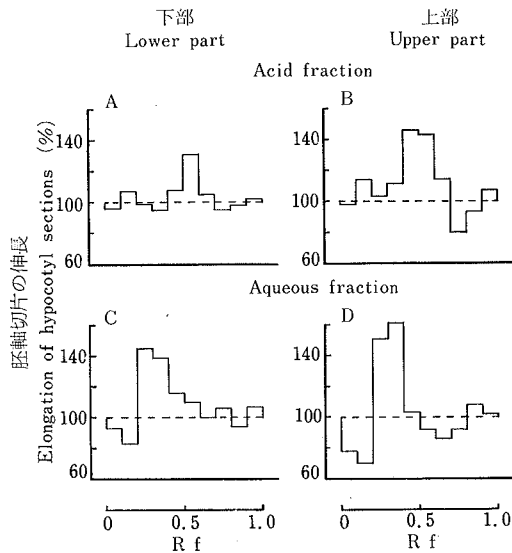


図-37. アカマツの新条におけるオーキシンおよび抑制物質の分布

左側：雄花をつけた下部。右側：雌花をつけた上部。
A~B：酸性分画。C~D：水溶性分画。分析：4月25日。

Fig. 37. Distribution of auxins and inhibitors in new shoots of *Pinus densiflora*.
fraction; C~D: aqueous fraction.

A~C: lower part; B~D: upper part.

A~B: acid fraction; C~D: aqueous fraction.

The samples were collected from 5-year-old trees on April 25 (at the time of meiosis of PMCs).

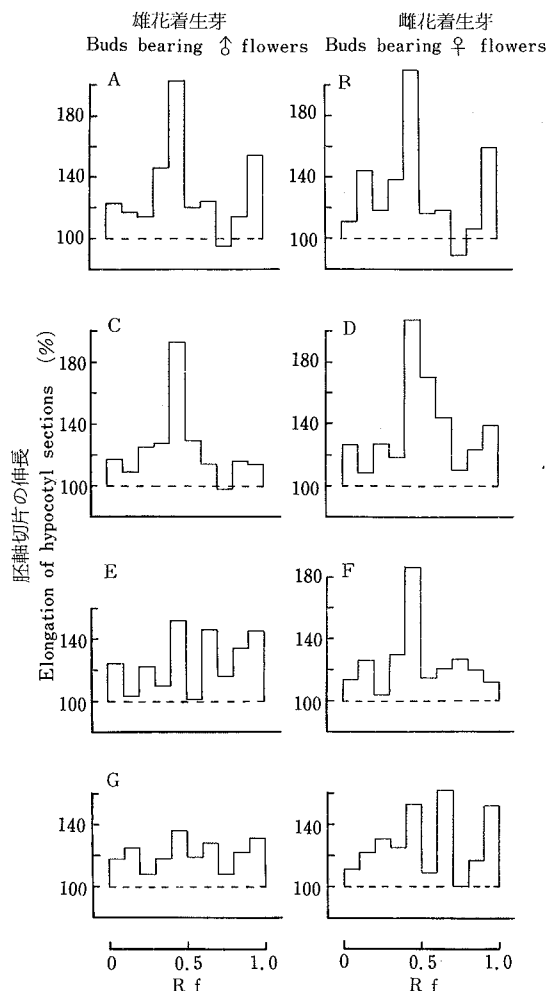


図-38. アカマツ、クロマツの雄花着生芽と雌花着生芽の酸性オーキシンの比較

左側：雄花を着生した芽。右側：雌花を着生した芽。A~B：クロマツ（20年生，10月8日）。C~D：アカマツ（13年生，10月16日）。E~F：アカマツ（5年生，4月18日）。G~H：アカマツ（20年生，5月14日）。

Fig. 38. Comparison of acid auxins as contained in the male flower bearing buds and female bearing ones of *Pinus thunbergii* and *Pinus densiflora*.

Left column: buds bearing male flowers; right column: buds bearing female flowers. A~B: *P. thunbergii* (20 years old, October 8); C~D: *P. densiflora* (13 years old, October 16); E~F: *P. densiflora* (5 years old, April 18); G~H: *P. densiflora* (20 years old, May 14).

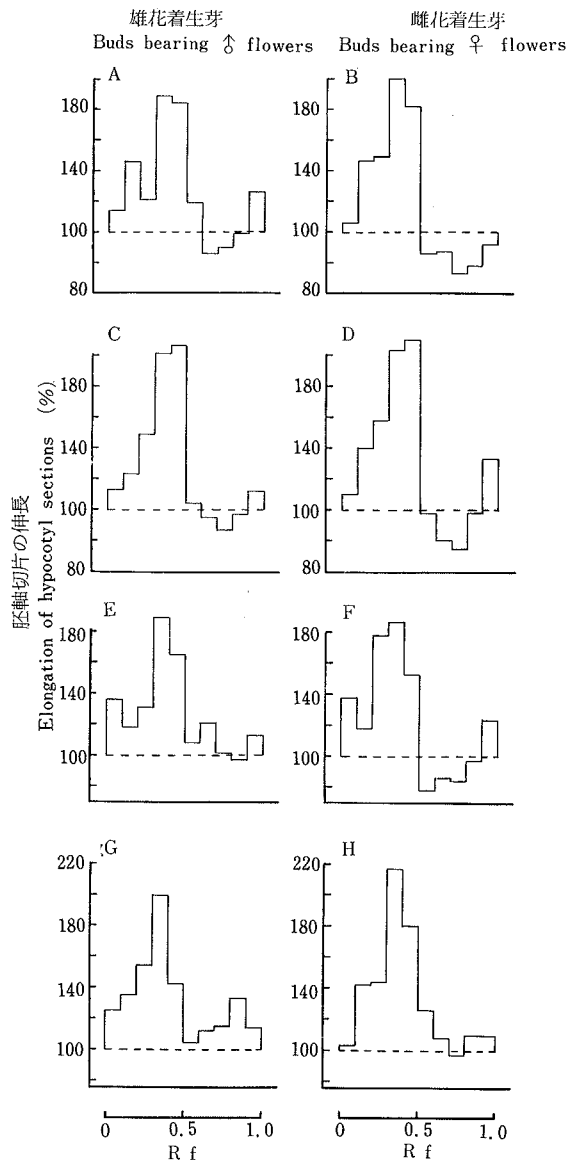


図-39. アカマツ、クロマツの雄花着生芽と雌花着生芽の水溶性オーキシンの比較

その他の図の説明は図-38と同様。

Fig. 39. Comparison of aqueous auxins as contained in the male flower bearing buds and female bearing ones of *Pinus thunbergii* and *Pinus densiflora*.

Other descriptions are the same as those in Fig. 38.

表-25. マツにおける雄花着生芽と雌花着生芽のオーキシンの含量の比較

Table 25. Amounts of auxin in the male flower bearing buds and female bearing ones of pines

樹種 Species	樹齢 Tree age (year)	採取月日 Date collected	含量 (IAA μg 当量/100 g 生体重) Approximate concentration (μg IAA equivalents/100g. f. w.)								備考 Remarks
			中性オーキシン Neutral auxin		酸性オーキシン Acid auxin		水溶性オーキシン Aqueous auxin		全オーキシン Total auxin		
			Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	20	Oct. 8	—	—	92.2	116.5	61.4	95.7	** (153.6)	** (212.7)	花芽分化直後 Formation of flower buds was externally recognized 花粉母細胞形成期 Time of formation of PMCs 花粉母細胞減数分裂期 Time of meiosis of PMCs
アカマツ <i>P. densiflora</i>	13	Oct. 16	—	—	52.6	114.2	168.5	256.5	** (221.1)	** (370.7)	
アカマツ <i>P. densiflora</i>	5	Apr. 18	2.8	2.2	13.1	31.6	104.4	112.6	120.3	146.4	
アカマツ* <i>P. densiflora</i>	20	May. 14	9.4	6.7	6.5	25.2	158.5	291.7	174.4	323.6	

* 蒜山演習林で採取。The samples were collected from a tree growing in Tottori University Forest at Hiruzen where the elevation is about 600m.

** *酸性および水溶性オーキシンの合計。Showed a total of acid and aqueous auxins.

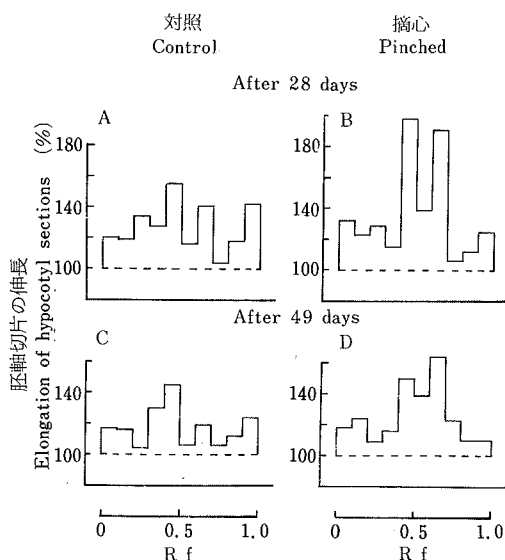


図-40. 摘心処理によるアカマツの新条にける酸性オーキシンの変化
左側：対照区。右側：摘心区。A~B：4月26日（28日後）。C~D：5月17日（49日後）。

Fig. 40. Histograms showing changes in the auxin of acid fraction contained in new shoots of *Pinus densiflora*, caused by pinching.

A and C: controls; B and D: pinched shoots.
A and B: April 26 (28 days after pinching);
C and D: May 17 (49 days after pinching).

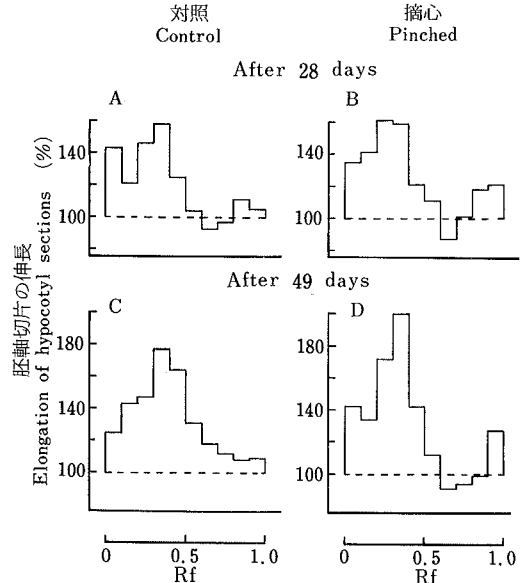


図-41. 摘心処理によるアカマツの新条における水溶性オーキシンの変化
A~B：28日後。C~D：49日後。

Fig. 41. Histograms showing changes in the auxin of aqueous fraction contained in new shoots of *Pinus densiflora*, caused by pinching

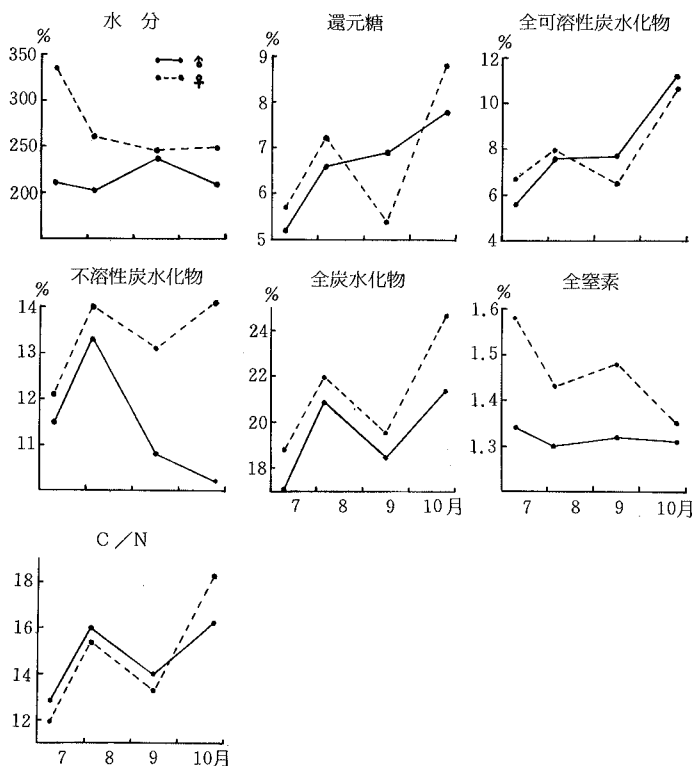
Other descriptions are the same as those in Fig. 40.

表-26. 摘心処理によるアカマツ新条のオーキシンの含量の変化*

Table 26. Changes in amount of auxin in new shoots of *Pinus densiflora*, caused by pinching *

採取期 Date of collection	含量 (IAA μ g 当量/100 g 生体重) Approximate concentration (μ g. IAA equivalents/100g. f. w)								備考 Remarks
	中性オーキシンの Neutral auxin		酸性オーキシンの Acid auxin		水溶性オーキシンの Aqueous auxin		全オーキシンの Total auxin		
	対照 Control	摘心 Pinched	対照 Control	摘心 Pinched	対照 Control	摘心 Pinched	対照 Control	摘心 Pinched	
28日後 After 28 days (April 26)	3.3	3.3	14.5	112.1	29.0	47.9	46.8	163.2	花粉母細胞減数分裂期 Time of meiosis of PMCs 開花期 Flowering time
49日後 After 49 days (May 17)	4.2	5.9	5.9	20.0	71.7	182.1	81.8	208.0	

*摘心処理：3月29日。The new shoots were pinched on March 29.

図-42. スギの雄花着生枝と雌花着生枝の化学成分の比較
乾物重%。Fig. 42. Amounts of chemical constituents in the male flower bearing shoots and female bearing ones of *Cryptomeria japonica*.

Per cent by dry weight.

表-27. スギの雄花着生枝と雌花着生枝の化学成分の比較

Table 27. Amounts of chemical constituents in the male flower bearing shoots and female bearing ones of *Cryptomeria japonica*

化学成分 Chem. constituents		採取月日 Date		雄花着生枝 Shoots bearing male flowers				雌花着生枝 Shoots bearing female flowers			
				July 9	Aug. 4	Sep. 15	Oct. 23	July 9	Aug. 4	Sep. 15	Oct. 23
水分	Water	210.99	201.23	237.91	209.35	335.97	262.02	245.86	250.44		
還元糖	Reducing sugar	5.178	6.632	6.882	7.785	5.689	7.205	5.370	8.822		
非還元糖	Nonreducing sugar	0.466	0.285	0.544	0.225	0.539	0.253	0.783	1.604		
全糖	Total sugar	5.644	6.917	7.426	8.010	6.228	7.458	6.153	10.426		
全可溶性炭水化物	Total sol. carbohydrate	5.644	7.596	7.736	11.189	6.721	8.001	6.530	10.645		
不溶性炭水化物	Insol. carbohydrate	11.529	13.264	10.786	10.210	12.107	13.990	13.085	14.059		
全炭水化物	Total carbohydrate	17.173	20.860	18.522	21.399	18.828	21.991	19.615	24.704		
全窒素	Total nitrogen	1.338	1.304	1.316	1.311	1.583	1.431	1.476	1.349		
C/N		12.835	15.997	14.074	16.323	11.894	15.368	13.289	18.313		

備考：14年生オキノヤマスギ，2個体の平均。

Remarks: 14-year-old trees were used. Showed the average of 2 trees.

表-28. スギの雄花と雌花の化学成分の比較

Table 28. Amounts of chemical constituents in the male flowers and female ones of *Cryptomeria japonica*

化学成分 Chem. constituents		採取月日 Date		雄花 Male flower		雌花 Female flower	
				Sep. 12	Oct. 20	Sep. 12	Oct. 20
水分	Water	193.00	273.53	229.94	235.88		
還元糖	Reducing sugar	10.725	7.445	6.427	7.059		
蔗糖	Sucrose	1.356	1.648	1.822	0.670		
全糖	Total sugar	12.018	9.093	8.249	7.729		
澱粉	Starch	1.009	2.386	0.459	1.075		
全可溶性炭水化物	Total sol. carbohydrate	13.090	11.479	8.708	8.804		
不溶性炭水化物	Insol. carbohydrate	12.771	20.681	13.391	13.623		
全炭水化物	Total carbohydrate	25.861	32.160	22.099	22.427		
全窒素	Total nitrogen	1.722	1.458	2.307	1.962		
C/N		15.018	22.058	9.579	11.431		

備考：13年生オキノヤマスギ，3個体の平均。

Remarks: 13-year-old trees were used. Showed the average of 3 trees.

キシンは徐々に増加することがわかる。全オーキシンは摘心後著しく増加する。

以上の結果から、摘心処理によって雄花を着生する新条の下部のオーキシンのレベルは上昇し、雌花を着生する上部の状態に近づくことがわかる。

II-5. 花性分化と樹体内養料との関係

1. スギの雄花と雌花の着生位置および

花性による炭水化物、窒素含量のちがい

A. 材料と方法

花芽分化期から花性分化期にかけて（7月から10月の期間）、14年生オキノヤマスギから雄花着生枝と雌花着生枝を別々にとり、化学分析に供した。さらに13年生オキノヤマスギから9月と10月に雄花と雌花を別々にとり、同様の実験を行なった。化学分析の方法はII-3に記載の通りである。

B. 結果

雄花着生枝と雌花着生枝とを比較すると（図-42、表-27）、水分、不溶性炭水化物、全炭水化物および全窒素の含量は、いずれの時期においても雌花着生枝が雄花着生枝よりも大である。しかし、水分と全窒素は9月以前に、不溶性炭水化物は9月以降に、雌雄着花枝間の含量の差がとくに大きい。糖類、全可溶性炭水化物については、一定の傾向がみられない。C-N率は、7月から9月までは雄花着生枝が、10月には雌花着生枝が大であるが、両着花枝間に著しいちがいはみられない。

花芽を分析した結果によると（表-28）、水分と全窒素の含量は枝の場合と同様に雄花よりも雌花の方が著しく大である。しかし、還元糖、全糖、澱粉、全可溶性炭水化物および全炭水化物の含量は逆に雄花の方が大である。C-N率はいずれの時期においても雌花よりも雄花の方が大である。化学成分の含量のちがいは枝の場合よりも一層明瞭で、炭水化物は雄花に多く、窒素は雌花に多い傾向が認められる。

以上の結果から、炭水化物については枝の分析と花芽の分析の結果が一致しない。しかし、窒素は明らかに雄花着生部あるいは雄花よりも雌花着生部あるいは雌花に多く、スギの花の性表現は炭水化物よりも窒素の含量と密接に関連しているように思われる。雌花は雄花よりも窒素レベルの高い部分で形成されるようである。

II-6. 考察

1. 針葉樹の葉条に含まれるオーキシン

およびジベレリン様物質

針葉樹の葉条や芽に存在するオーキシンのペーパークロマトグラフィーによる検索は、これまでに上田ら(1953)、Fransson (1959)、Allen (1960)、橋詰(1960a)、小笠原(1961~1963)、Yim(1962)、Clarkら(1963)、斎藤ら(1964)、Aldénら(1970)によってなされている。これらの報告をみると、多くの研究者は針葉樹の中にインドール酢酸が天然オーキシンとして存在することを認めている。小笠原(1961~1963)は、マツの芽に含まれる生長物質をペーパークロマトグラフィーで分離し、アベナ伸長テストと呈色反応試験によって調べた結果、エーテル抽出物の酸性分画から数種類のオーキシンを検出した。その一つはIAAと同定されたが、他の物質はアンモニア性イソプロパノールで展開するとIAAよりも低いRf位置に現われる。他方Fransson (1959)によると、ヨーロッパアカマツの葉条抽出物の酸性エーテル分画で見出される顕著な促進物質（*Pinus 1*）はIAAよりもRf値が低く、かつ生理的性質がIAAと異なるという。斎藤・柴草(1964)は、アカトマツの開葉期の芽に含まれるオーキシンは大部分が水溶性分画で見出されることを報告している。筆者(1965b)はマツの種子に存在する活性の非常に強い促進物質は水溶性オーキシンであることを認めた。これらの結果から、針葉樹には少なくとも数種類のオーキシンが存在することが推測される。

本研究においては、針葉樹の葉条抽出物から3種類のとくに作用力の強い促進物質が検出された。検出はマツ胚軸検定法によったが、マツ胚軸検定法はジベレリンに反応しないから、これらの物質はジベレリンではなくオーキシンであると思われる。これらのうち、ファクターI（酸性分画のRf 0.4~0.5の促進物質）はエールリッヒ試薬およびサルコウスキー試薬で発色しなかったが、同時に展開したIAAとRf値が一致するのでおそらくIAAであると思われる。ファクターII（酸性分画のRf 0.6~0.7の促進物質）はAllen (1960)がLongleaf pineの芽で見出した“プロモーター3”とRf値が一致するが、化学的性質は明らかでない。ファクターIII（水溶性分画のRf 0.2~0.5の促進物質）はアカトマツの芽やマツの種子で検出されている水溶性オーキシンとRf値がほぼ一致する。しかし、促進帯の幅が非常に広いので、いくつかの物質の混合物であるかも知れない。マツの種子の水溶性オーキシンはエールリッヒおよびサルコウスキー試薬で発色するが、この物質は発色しない。またニンヒドリン試薬、アンモニア性硝酸銀試薬に対し陰性である。

水に可溶であるが、エーテルには不溶である。イネの根の形成および生長を抑制する。これらのことから、ファクターⅢはアミノ酸や糖ではないと思われる。エーテル不溶の水溶性オーキシンが高等植物に存在することは、Audus (1958), Gunning (1961), Srivastava (1963) らによって報告されている。おそらくオーキシンと糖あるいはその他の物質との結合体ではないかと思われる。

ジベレリンは植物界に広く存在しているが、裸子植物からジベレリンを抽出分離した報告は比較的少ない。裸子植物にジベレリン様物質が存在することを最初に見出したのはKatoら (1962) である。彼らは*Juniperus chinensis*の液果抽出物が矮性トウモロコシ d_3 , d_5 の生長を促進することを認めた。その後斉藤・柴草 (1964) はアカドマツの芽の抽出物中にジベレリン様物質が存在することを報告した。さらに橋詰 (1965c) はペーパークロマトグラフィーとイネ幼苗検定法により、カラマツの新条に数種類のジベレリン様物質が含まれていることを明らかにした。Banerjeeら (1967) はイチョウの果実抽出物から矮性トウモロコシ d_5 を使ってジベレリン様物質を検出している。この物質はカラムクロマトグラム上の位置から GA_1 と推定されるという。またKurgman (1967) はマツの未熟種子からペーパークロマトグラフィーと矮性トウモロコシ検定法により1種類のジベレリン様物質を分離している。最近Crozierら (1970) およびAokiら (1970) は、カラム分配クロマトグラフィー、薄層クロマトグラフィーおよびガスクロマトグラフィーの技術をたくみに応用して、Douglas firとArizona cypressの葉条からジベレリン様物質を抽出分離し、数種類の生物検定法でテストして次のような結果をえている。クロマトグラフィーと生物検定における特性から、Douglas firの主要ジベレリンは GA_3 で、 GA_1 がわずかに含まれている。さらに未知のジベレリン様物質が3種類認められた。

Arizona cypressでは、6種類のジベレリン様物質が検出されたが、その中で最も多量に存在している1種類は GA_3 で、他は GA_9 , GA_4 , GA_7 であらうと推定している。Dunberg (1971) も同様の方法によってNorway spruceの葉条から9種類のジベレリン様物質を検出している。

本研究においては、少なくとも4種類のジベレリン様物質 (Rf 0 ~ 0.3, 0.4 ~ 0.5, 0.6 ~ 0.8, 0.8 ~ 1.0) が針葉樹の葉条抽出物中に認められた。これらのうち、Rf 0.6 ~ 0.8の促進物質は同時に展開した GA_3 とRf値が一致する。林木ではアカドマツの芽、カラマツの新条、ニセアカシアの未熟種子などで検出されている。実験の方法が異なるので比較できないが、この物質はおそらくCrozierら (1970) およびAokiら (1970) がDouglas firやArizona cypressで検出している GA_3 あるいは GA_1 で

はないかと思われる。Rf 0.4 ~ 0.5の促進物質はMurakami (1961) の GA_3 グルコシドとRf値がほぼ一致する。林木ではカラマツの新条抽出物でみられるが、スギで行なった別の実験によると、この促進物質は葉条に大量の GA_3 を与えると著しく増加する。これらのことから、この物質はMurakamiの報告しているようなジベレリンと糖の結合体であるかも知れない。Rf 0 ~ 0.3の促進物質はアカドマツの芽、カラマツの新条、ノダフジやイヌエンジュの未熟種子などで、とくにノダフジとイヌエンジュで大量に見出されている (Murakami, 1959)。また村上 (1966) はスギの葉の抽出物をイネ胚乳テストで試験して、Rf 0 ~ 0.2にジベレリン様活性を認めている。このRf低位の促進質はどのような物質かさらにくわしい実験によらなければわからない。Rf 0.8 ~ 1.0の促進物質はカラマツの新条抽出物にも含まれているが、化学的性質は不明である。ジベレリンの化学は最近著しく進歩し、これまでに38種類の遊離型ジベレリンと数種類のジベレリングルコシドおよびジベレリングルコシルエステルが微生物および高等植物から単離されている (高橋, 1972)。針葉樹のジベレリンの本体は不明であるが、数種類のジベレリンが存在していることは確かで、その中には既知のジベレリンがかなり含まれているものと思われる。

顕花植物の器官や組織に含まれているオーキシンの濃度は、Leopold (1955) によるとトウモロコシの内乳で最も高く、生重100g当たり10,500 μ g IAAに相当する量である。ヒマワリの茎は7.4 μ g IAA当量、パイナップルの若い葉は1.1 μ g IAA当量を含んでいる。本研究の結果によると、針葉樹の葉条に含まれるオーキシンの総量は葉条100g当たり41~286 μ g IAA当量である。したがって針葉樹の葉条は比較的高濃度のオーキシンを含んでいることができる。

高等植物に存在するジベレリンの含量についてみると、Murakami (1959b) は18種類の高等植物の種子に含まれるジベレリン様物質の濃度をイネ苗検定法により算定している。それによると、よじのぼり植物でとくに含量が高く、乾燥種子100g当たり GA_1 に換算して10~100 μ g含まれている。しかし、木本植物ではリンゴの種子は比較的少なく、0.3 μ gである。針葉樹では、Kurgman (1967) がサトウマツの未熟種子で定量している。それによるとジベレリン様物質は胚の発生期に最も多く、乾燥種子100g当たり最高0.4 μ g GA_3 当量含まれていた。Banerjeeら (1967) によると、イチョウの配偶体では乾重1g当たり最高3.5 μ g、果実では0.6 μ gのジベレリン様物質が含まれているという。Aokiら (1970) は最近2年生のArizona cypressの葉条で乾重1kg当たり100~

300 μ g, 30年生のDouglas firの葉条で75 μ g, 10年生Douglas firの葉条で1.5 μ gのジベレリン様活性が検出されたことを報告している。本研究の結果によると、針葉樹の葉条におけるジベレリン様物質の含量は生重100g当たり0.03~1.63 μ g GA₃当量で、Aokiら(1970)の結果と比較するとやや少ないようである。これはジベレリン様物質の分離の方法、生物検定の方法、樹種、樹齢などが異なるためであると思われる。また針葉樹の葉条には多量の抑制物質が含まれており、抑制物質の除去の程度によって生物検定の結果がちがってくるのでそのことも関係があるのではないかと思われる。

2. 花芽分化の内的要因

(1) 花芽分化と生長物質との関係

ジベレリンはスギ科、ヒノキ科の多くの樹種の花芽分化を促進するが、マツ科の樹種には殆ど効果がない。この理由を説明するために、マツ科の樹種に含まれている生長物質とスギ科、ヒノキ科の樹種に含まれている生長物質を比較すると、ジベレリンと抑制物質については両者の間に質的、量的に著しいちがいがみられない。しかし、オーキシシンについてみると、総含量に関しては両者の間に差異はないが、中性分画のRf 0.5~0.8の促進物質と酸性分画のRf 0.6~0.7の促進物質はマツ科の樹種にとくに多いようである。このちがいが、直ちにジベレリンによる花芽分化誘起に対する樹種間の反応のちがいを示すものとは思われない。しかし、ジベレリンとオーキシシンは植物の生長、分化に対し相互に密接な関係があることが明らかにされているので、このようなちがいがジベレリンの花芽分化誘起作用と何等かの関係があるかまわりくわしく研究されていない。HaradaとNitsch(1959)は長日植物*Rudobekia speciosa*, 低温要求植物ニホンギクの1品種および短日植物キクの1種について、催花にともなう生長物質の変化をペーパークロマトグラフィーにより調べて、催花の前後に著しいホルモンの変化が起こることを認めた。長日植物と低温要求植物では栄養生長から抽台、開花に移行するときに新しい促進物質(物質E, アンモニア性イソプロパノール展開でRf 0.7)が突然著しく増加するという。彼らはこの物質の出現は抽台現象の結果ではなく原因であると考えている。Harada(1962)はさらに長日植物*Nicotiana sylvestris*で同じような結果をえている。しかし、Nitschら(1965)はその後*Nicotiana*でHaradaの物質Eに相当するファクターDとEが催花期に減少することを認めた。他方 Bouilene-Walrandら(1960)は、*Hyoscyamus niger*では

葉の中の遊離IAAが開花誘導期に減少し、抽台期に再び急増加することを報告している。加藤(1965)はハナヤサイでオーキシシン(とくにIAA位置のオーキシシン)が花蕾分化の直前に急激に減少し、ジベレリン様物質の含量が花蕾分化後に増加することを認めた。Skeneら(1964)は長短日植物*Bryophyllum daigremontianum*の花芽形成と天然ジベレリンの関係を研究した。長日で育てた植物では2種類のジベレリン様物質が認められるが、短日条件ではこれらは殆ど認められない。長日から短日へ移すと1種類のジベレリン様物質(おそらくGA₃)が開花の前期あるいは花芽原基の出現後に増加するという。Lang(1959)は*Hyoscyamus niger*の開花誘起植物と非誘起植物のジベレリン様物質を比較した結果、誘起植物は非誘起植物に比べてジベレリン様物質の含量が多いことを報告している。針葉樹の開花は樹齢と密接な関係があるが、Crozierら(1970)およびAoki(1970)の研究によると80年生のDouglas firの葉条には45年生のものよりも5倍GA₃が多く含まれている。30年生と10年生との比較でも、前者では75 μ g/kg, 後者では1.5 μ g/kgで、樹齢が高くなるとジベレリンの含量は増加するようである。本研究によると、スギに対する環状剥皮、ジベレリン処理のいずれの場合でも、酸性分画のIAA位置のオーキシシン(ファクターI)と水溶性分画のオーキシシン(ファクターIII)は処理後減少し、酸性分画のRf 0.6~0.7の促進物質(ファクターII)とインヒビター β は反対に増加する。これらのうち、酸性分画のファクターIIの変化がとくに顕著で、花芽分化期に急激に増加する。この物質のRf値および出現状況はHaradaが*Rudobekia*, キク, タバコなどで報告している“物質E”のそれによく似ているが、花芽分化期にのみ、しかも比較的短い期間に現われるので、花芽分化の誘起に直接関係があるかどうか疑わしい。しかし、アカマツではこの物質は未熟木には殆ど認められず、結実期に達した成熟木に多量に含まれているので、針葉樹の花芽形成に対し何らかの役割を演じているものと推察される。酸性分画のファクターI, 水溶性オーキシシンおよび抑制物質の消長と花芽形成との関係は明らかでない。しかし、これらの物質の変化は花芽分化に先行して起こる。またアカマツでは水溶性オーキシシンは未熟木に多く成熟木に少ないことなどから、これらの物質もまた花芽の形成に何らかの関係があるものと思われる。ジベレリン様物質は、スギでは環状剥皮の場合は処理後減少するが、ジベレリン処理では花芽分化期まで葉条の中に多量に見出される。またジベレリンの施用によって花芽分化が誘起されるので、その役割は一層複雑である。一般に短日植物では、花芽形成の前に植物体内のオーキシシン・レベルが低下することが認

められている。また斉藤(1970)によると、中性植物であるトマトでは生長点のオーキシシンとジベレリンの量がともに少ない場合に花芽形成が助長されるという。我が国産のマツやスギは、Goo (1968) および右田 (1960b) の実験から判断すると、中間性植物(定日植物)であると考えられる。本研究の結果によると、環状剥皮、ジベレリン処理のいずれの場合でも、スギでは花芽分化の前にオーキシシン・レベルが低下するようなので、このことが花芽形成の一つの誘因になるのではないと思われる。しかし、花芽分化が誘起されないTIBAの処理でも一時的にオーキシシン・レベルが低下するので、オーキシシンやジベレリンのレベルのみで針葉樹の花芽形成の機構を説明することは困難である。

他方生長調節物質の施与試験によると、オーキシシンは一般に短日植物の花芽形成を抑制し、長日植物の花芽形成を促進する。ジベレリンもオーキシシンと類似の作用が認められる。またアンチオーキシシンであるTIBAはダイズその他の短日植物の花芽形成を促進することが一般に認められている。これらのことから、花芽形成には一定のオーキシシン・レベルが必要であると考えられている。短日植物ではオーキシシン・レベルを低下させることにより、長日植物ではオーキシシン・レベルを上昇させることにより花成が誘導されるものと解釈されている。針葉樹についてみると、IAA, NAAなどのオーキシシン, TIBA, MHなどのアンチオーキシシンはいずれも花芽分化を促進しない。ジベレリンのみ有効である。前述のようにマツやスギは中間性植物であると考えられ、花芽形成に対する生長物質の作用は短日植物や長日植物と異なるように思われる。

近年植物生理学の急速な発展によって植物ホルモンの生理作用が次第に明らかにされつつある。今日では、花芽形成に対するホルモンの作用は直接的なものではなく、間接的なものであると考えられている。オーキシシンやジベレリンは葉における花成物質の生成、活性あるいは分裂組織への集積などに影響をおよぼすことによって花芽形成に関与するという説がある。他方、最近花芽形成を植物体内の物質代謝の面から解明しようとする研究も盛んで、とくに核酸代謝との関係が注目されている。オーキシシンはRNAの合成に密接な関係がある。またジベレリンはDNAおよびRNAの合成を促進するという。しかし、花芽形成に対しオーキシシンおよびジベレリンがどのように関与しているか、その生理学的機構は十分明らかにされていない。

(2) 花芽分化と栄養との関係

ジベレリン処理による植物体内の化学成分の変化についてはかなり多くの研究があるが、花芽分化に関連して

成分の変化を調べた研究は少ない。水稻で行なった実験によると、ジベレリン処理によって伸長した葉鞘ではヘミセルローズ、セルローズ、リグニンが増加し、全糖、澱粉、全窒素、蛋白態窒素、非蛋白態窒素が減少する。ジベレリン処理したエンバク、エンドウの幼植物では、窒素、リン酸、加里が減少するという(林・村上, 1960)。すなわち、主として細胞膜構成物質の増加が認められる。環状剥皮などの機械的処理による花芽分化に関連して起こる化学成分の変化は林木では研究されていない。花芽形成と栄養との関係は、KrausとKraybill (1918) がトマトで炭水化物と窒素の関係(C-N率の法則)を明らかにして以来、園芸研究者の注意を喚起し、果樹で盛んに研究された。多くの研究を通覧すると、KrausとKraybillの学説を裏づけするような結果が多くみられるが、否定的な実験結果もかなりある。林木では、右田(1960b)が土壤水分をかえてスギ苗をそだて、花芽形成と炭水化物、窒素含量との関係を研究している。それによると、スギ苗の花芽形成は地上部の窒素の減少、C-N率の増加と深い関係がみられる。他方Bilan (1960)がテラダマツで分析した結果によると、疎開伐によって結実量は増加したが、枝のC-N率はむしろ減少した。これは窒素含量が増加したためで、結実量とC-N率との間に相関はないが、窒素含量との間には相関が認められる。

本研究の結果によると、ジベレリン、環状剥皮、巻き締めいずれの処理でも水分、窒素、リンは処理によって減少する。しかし、糖類、澱粉、カリウムは反対に増加する。したがって、C-N率は処理によって著しく増大する。このような変化は、ジベレリン処理よりも環状剥皮の場合に一層明らかに認められる。樹体成分中、水分、窒素、リンおよび澱粉の変化がとくに顕著で、花芽分化に先行して起こる。しかし、糖類は必ずしも花芽分化に先行して増加しない。スギに対するジベレリン処理、カラマツの環状剥皮処理では花芽分化後の増加の方が大きい。C-N率は分析材料、炭水化物の種類、窒素の形態などによってちがってくるから、この比率に決定的な意義を持たせることは危険である。むしろ炭水化物、窒素、リンなどの絶対量の変化が重要な意味を持つように思われる。とくに針葉樹では、水分と窒素がいずれの処理においても花芽分化の前に著しく減少する。花芽の分化には、地上部で生産される養料よりも地下部から供給される養料が大きく影響するように思われる。

林木の開花は、環状剥皮、巻き締め、断根などC-N率を高めるような処理によって促進されるので、C-N率説は林木の開花現象の説明にはまことに都合のよい学説である。しかし、この学説は日長効果による開花現象

を完全に説明することができない。日長効果は極めて弱光で起こる。短日植物では同化量の少ないと思われる条件下で花芽分化が促進される。これらのことから、今日ではC-N率は花芽形成の直接の原因ではないとされている。針葉樹の花芽分化は樹齡と密接な関係がある。滝本(1972)によると老齡に達した植物、あるいは生長を阻害された植物は不適当な日長下でも比較的容易に花芽を分化するという。アサガオは典型的な短日植物であるが、老化すると長日下でも花をつける。Allsopp(1964)は生長点での栄養物質(炭水化物、無機物など)蓄積が幼期から成熟期への移行、または栄養生長から生殖生長への移行の原因になると考えている。針葉樹のように開花年齢が高く、また開花に関して明瞭な光周性を示さない植物では、栄養物質が花芽の分化に重要な役割を演じていることが推考される。無機養分の役割は今日では別の観点から重要な意味をもつようになった。五島ら(1964)は、開花現象が光または温度条件には敏感に反応しないが、栄養条件に強く感応する植物群の存在を認め、花芽形成に対する無機養分の役割を研究した。彼らによると、無機養分中花成作用に直接の影響をおよぼす要素は窒素と磷酸であり、加里は花芽の発育に重大な関係をもつという。そして、彼らは窒素および磷酸が花成におよぼす影響は植物体内の物質代謝の面から核酸とくにリボ核酸の生成ならびに変動を通じて発現されることを提示している。

3. 花性分化の内的要因

(1) 花性分化と生長物質との関係

花性分化と生長物質との関係はウリ科植物で最もくわしく研究されている。LaibachとKribben(1950~1951)はキュウリにオーキシンを処理して、雄花の形成が抑制され、雌花の数が増加することを認めた。Nitschら(1952)はカボチャで、Wittwer(1954)はキュウリで同じような結果をえている。Heslop-Harrison(1957)はこれらの結果に基づき、花性のバランスは花器を分化する生長点におけるオーキシン・レベルにより決定され、雄しべや雌しべ始原体の生長はオーキシンにより制御されるもので、雄しべの生長のために最適なオーキシン濃度は雌しべのそれよりも低いとしている。その後、性表現とアンチオーキシンあるいはジベレリンとの関係を示す実験がいくつか報告された。伊東ら(1960~1964)、斉藤ら(1963)によると、キュウリではオーキシンのみでなくアンチオーキシンもまた高濃度で処理すると雄花の分化を抑制し、雌花の分化を促進するという。さらにジベレリンは高濃度で施与すると生育を旺盛にし、雌花の分化を抑制して、雄花の分化を助長することがわかった。また早瀬ら(1966)は完全雌性キュウリMSU 713-5にジ

ベレリンを処理して、雌花が雄花に転換したことを報告している。他方、Shifriss(1961)はトウゴマにジベレリンを処理すると雌しべの多い花が増加するといひ、ResendeおよびViana(1959)はヒヨスその他で、またWitsch(1965)は軽度の短日性オナモミでいずれもジベレリン処理による雌性花の比率の増加を観察している。これらの報告を総括すると、オーキシンは雌性助長的に作用するが、ジベレリンは花性分化に対して必ずしも特異的に作用するものではないようである。またアンチオーキシン処理によって雌花の分化が促進される場合もあり、花性の分化はたんにオーキシンやジベレリンのレベルのみで説明できない複雑なものがある。伊東ら(1964, 1969)の研究によると、キュウリでは花性の表現と苗の生育は密接に関連しており、生育が旺盛な場合に雄花が多く分化し、生育が抑制されると雌花の分化が多くなる。日長と温度を変えて性的変化を起こさせ、その時の生長点におけるオーキシンとジベレリンのレベルをみると、生育を抑制する条件では生長点部のオーキシンおよびジベレリンの含量は低下し、生育を助長する条件では反対に増加する。すなわち、生長点部のオーキシンおよびジベレリンの含量が少ない場合に雌花の分化が促進される。しかし、キュウリではオーキシンやジベレリンのレベルのみで異なる環境条件の下で起こる花性表現の品種間差異を十分説明することができない。そこで伊東らは、花の性の表現は葉において生成される“花成物質”のレベルに支配され、オーキシンおよびジベレリンはこの“花成物質”のレベルを変化させる働きをとおして二次的に性の表現に関与するものであらうと推論している。

針葉樹についてみると、斉藤・橋詰(1954)はアカマツとクロマツで実験し、新条の摘心、NAAの散布などによって雄花が雌花に、2,4-Dの散布によって雌花が雄花に転換したことを報告している。筆者(1960b, 1961a, 1967)はその後スギで新条の摘心とジベレリンの散布、あるいは摘心とジベレリンおよびオーキシンの組み合わせ処理によって雄花を雌花に誘導することに成功した。またカラマツで、雄花の着生した木の幹にNAAを注入して雌花の着生が著しく増加することを認めた。本研究の結果によると、マツでは雌花をつけた芽あるいは部分は雄花をつけた芽あるいは部分に比べてオーキシンの含量が大である。また新条のオーキシン含量は雌性花の誘発に有効な摘心処理によって増加する。これらの結果から、針葉樹では雌花は雄花よりもオーキシン・レベルの高い条件下で形成されるように思われる。

ジベレリンと針葉樹の花性分化との関係は実験データが少なくはっきりしない。ジベレリンはスギの花芽分化を著しく促進する。この場合未熟木に処理すると雄花が

多く着生するが、樹齡が高くなるに従って雌花の着生量および雄花に対する雌花の比率が増加する。雌花の着生はジベレリンの濃度の増加に伴って、またオーキシンや窒素肥料の併用処理によって一層促進される。さらに前述のように、雄花をつけた枝を摘心し、ジベレリンと尿素あるいはオーキシンを併用処理すると雄花が雌花に転換する。これらのことから、ジベレリンは針葉樹の花性分化に対し、必ずしも特異的に作用するものではないようである。ジベレリンの作用は内在オーキシンとの関係で変化するように思われる。ジベレリンはオーキシン・レベルの高い条件の下で雌性助長的に働くのではないかと推察される。

(2) 花性分化と栄養との関係

花性分化に対し養料が重要な役割を演じているという間接的な証拠は多いが、実際に植物体内の成分を分析してその関係を明らかにした研究は比較的少ない。アサは非常に性の動きやすい植物であるが、Talley (1934) の分析によると、雄株では一般に炭水化物とくに還元糖の含量が高く、雌株では比較的窒素の含量が高かった。伊東ら (1964) の研究によると、キュウリでは炭水化物が多く、窒素化合物が比較的少ない、C-N率の比較的大きい場合に雌花の分化が多くなる。しかし、温度・日長による炭水化物・窒素含量の変化と花性の発現状態、品種による日長に対する花の性の発現感応の相違などから、体内の炭水化物、窒素含量の変化によって花の性が決定されるとはいい難いとしている。南沢 (1963) によると、クワでは体内のC/N値が速やかに高まる場合に雄性が、緩やかに高まりその度合の低い場合に雌性が発現するという。さらに短日、多湿、摘葉処理などは枝条内のC/N値を低下し、雌性分化を誘導する。長日、適湿、結縛処理などはC/N値を増大して、雄性分化を誘導すると述べている。

針葉樹についてみると、アカマツやクロマツでは新条の先端部に雌花が、中部から下部に雄花が着生する。しかし、時には雄花の位置に雌花が、雌花の位置に雄花がつくことがある。Fujii (1895) はアカマツで前年傷害をうけて短枝から長枝にかわった枝に異常位置の花を多く認め、花の性はある時期まで未決定であって、栄養のいかんによって決まるものであらうと推定した。斉藤ら (1953~1957) がアカマツ、クロマツで分析した結果によると、炭水化物とくに糖類は新条の上部に少なく下部に向かって増加する。しかし、窒素は反対に上部に多く、下部に少ない。したがって、C-N率は雌花の着生する上部よりも雄花の着生する下部の方が大である。またマツでは、新条の摘心、窒素肥料の施与、パラフィン紙の袋掛などの処理によって雄花を雌花に変えることができる。斉藤ら (1953~1957) の分析によると、これらの処

理によって新条の炭水化物はあまり変化しないが、窒素の含量が著しく増加し、C-N率は低下する。本研究の結果によると、スギの雌花には雄花に比べて炭水化物が少なく、窒素が多く含まれていた。枝の分析では、炭水化物については一定の傾向が認められなかったが、窒素は花芽の場合と同様に雄花着生枝よりも雌花着生枝に多かった。これらの分析の結果から判断すると、針葉樹の花の性の表現は炭水化物よりも窒素の含量と密接に関連しており、雌花は雄花よりも窒素レベルの高い部分で形成されるように思われる。花性分化と栄養との関係は別の実験でも明らかに認められる。マツでは新条の摘心、密植と施肥などによって雄花が雌花に転換する。この場合、窒素や磷酸肥料を併用施与すると雌性花の着生が一層促進される。スギはジベレリン処理によって容易に着花するが、その際窒素肥料を併用処理すると雌花の着生が増加する。これらのことから、針葉樹の花性分化に対し養料が重要な役割を演じていることがわかる。花性の分化には、地上部で生産される養料よりも地下部から供給される養料が大きく影響するようである。

Ⅲ. 花芽分化, 花性分化の人為的調節に関する研究

針葉樹は単性花であるから、雄花と雌花の両方がつかなければ繁殖できない。したがって、着花の調節は花芽分化の調節と花性分化の調節の二つを意味している。花芽分化の調節は天然更新や採種林の施業に関連してかなり古くから関心がもたれていたが、本格的にとりあげられたのは比較的近年になってからである。我が国では昭和18年頃からで、上田(1950)がスギで、小山ら(1950)がヒノキで、小沢(1952)がカラマツで試験している。外国では、1951年頃から研究がみられる(Holmesら, 1951, Wenger 1953, Hoekstraら1957, Bilan 1960, Grano 1960, Stephans 1964)。初期の頃は専ら壮齡の採種林に対し疎開伐, 機械的処理, 施肥などによる着花促進が試験されたが、近年育種に関連して幼齡木に早く花をつける必要が生じ、苗木あるいは幼齡の採種木を対象にして実験がなされるようになった。幼齡木に対する処理で最も注目すべきものはジベレリンの利用である。加藤ら(1958)は、1957年にジベレリンをはじめてスギの稚苗に散布して、自然状態で花のつかない苗木に雄花や雌花が多数着生するのを認めた。この画期的な発見を契機として、その後続々とジベレリンによる着花調節の研究が行われ、花芽分化の化学調節は一躍脚光を浴びるようになった。しかし、ジベレリンはスギ科やヒノキ科の樹種の花芽分化の誘起には極めて有効であるが、マツ科の樹種には殆ど効果が認められないことがわかった。そこでマツやカラマツでは、環状剥皮などの機械的処理による花芽分化の調節が再びとりあげられ研究された(Melchior 1960~1961, 百瀬1964, 玉利ら1965, 千葉1965, 浅川ら1966, 内田ら1967, 浜谷ら1970)。この外、日長処理, 水侵処理, 施肥などによる花芽分化の調節がスギやマツの幼齡木で試験されている(右田1958~1962, 三宅ら1967, Goo 1968)。

他方、花性分化の調節は比較的近年になってから始められた。斎藤ら(1953~1957)は、アカマツ, クロマツでしばしば天然に雄花の着生位置に雌花が混在するのを認め、雄花着生部の直上を摘心することによって雄花を雌花に転換させることに成功した。また生長調節物質を花の着生している枝に散布して、NAAにより雄花が雌花に、2,4-Dにより雌花が雄花に転換することを認めた。さらに窒素肥料の併用処理が雌性花の着生を促進することを見出した。

針葉樹の着花調節の方法には種々あるが、採種林や採種園に応用する場合には、効果が確実に現われ、樹木に

対する障害が少なく、しかも経済的に採算のあう方法でなければ実用上に用いることができない。また育種上からは、幼齡木に早く花をつけ、育種期間の短縮に役立つ方法でなければならない。針葉樹の着花調節についてはすでにかなり多くの報告がみられるが、幼齡木を使った実験は比較的少ない。幼齡木の着花を促進する場合に問題になるのは、花性分化の調節である。針葉樹は大部分が雌雄同株であるが、幼齡時代には花性の発現が一方にかたよる場合が多い。このような場合には、花芽分化と同時に花性の分化を調節しなければ種子を早く大量にとることができない。針葉樹は単性花であるから、花芽分化を誘導する際に花性の分化をある程度調節することができる。しかし、一方花の発育の途中で花性を転換させることもできる。本研究においては、花芽分化の調節と花性分化の調節の二つの問題をとりあげ、後者では主として花性転換による方法を研究した。花芽分化, 花性分化の人為的調節の方法には種々あるが、本研究においてはマツ科, スギ科およびヒノキ科の幼齡木を対象にして、主として生長調節物質による化学調節と環状剥皮などの機械的処理による調節をとりあげ、あわせて施肥の効果を試験した。

Ⅲ-1. 花芽分化の化学調節

1. 生長調節物質の種類と花芽分化に対する効果

A. 材料と方法

マツ科12樹種, スギ科5樹種, ヒノキ科5樹種を検定植物として、24種類の生長調節物質の効果を試験した(表-29)。

供試材料は0~20年生の苗木あるいは幼齡木で、これまでに自然着花のみられないもの、あるいは極めて着花量の少ないものである。使用した薬剤はオーキシシン(IAA, IBA, IPA, NAA, 2,4-D, PCPA, α -2,4,5-TP), ジベレリンおよび類似物質(GA₃, GA₇, ヘルミントスポロール), カイネチン, エスレル, 核酸およびその関連物質(DNA, RNA, ウラシル, ウリジル酸), 生長抑制物質(TIBA, MH, 硫酸ニコチン, トランス桂皮酸, 2,4-ジクロロアニソール, CCC)および天然生長物質(アカマツ種子中の水溶性オーキシシンおよびインヒビター β)である。処理方法は葉面散布あるいは形成層処理で、ラノリン軟膏および樹幹処理は幹または枝を剥皮して軟膏あるいは薬剤を形成

表-29, A. 生長調節物質の種類と花芽分化に対する効果

Table 29, A. Effects of growth regulators on flower bud formation in conifers

使用薬剤 Chemicals	供試材料 Materials		処 理 Treatment				試 験 結 果 Experimental results
	樹 種 Species	樹齡 Age (年.y.)	方 法 Method	濃 度 Concen- tration	時期 Time (月.m.)	回数 No. of treat.	
IAA	スギ	0~3	葉面散布	0.1~300 ppm	7~9	5~7	① 単独では花芽分化に効果なし ② 200ppm でGAによるスギの雌花着生を促進
	アカマツ	1	"	100~500 "	8~9	3	
IBA	スギ	0~5	"	10~300 "	7~9	5	同 上
	アカマツ	1	"	100~500 "	8~9	3	
IPA	スギ	1,5	"	10~300 "	7~9	5	花芽分化に効果なし
NAA	スギ	0~3	"	0.1~200 "	6~9	4~10	① 単独では花芽分化に効果なし ② 10~100ppm でGAによるスギの雌花着生を促進
	アカマツ	1	"	0.1~100 "	7~9	5~8	
2,4-D	スギ	0~3	"	0.1~200 "	6~9	4~10	① 単独では花芽分化に効果なし ② 50~100ppm でGAによるスギの雌花着生をやゝ促進
	アカマツ	1	"	0.1~50 "	7~9	5~8	
PCPA (トマトトーン) α-2, 4, 5-TP (フルートン)	スギ	1,5	"	50~100 倍	7~9	5	③ 高濃度ではGAによるスギの花芽分化を抑制 花芽分化に効果なし
	スギ	1,5	"	1,000~2,000 "	7~9	5	
GA ₃	スギ科 5 樹種	0~18	葉面散布	10~500 ppm	6~10	3~5	① スギ科, ヒノキ科の多くの樹種の花芽分化を促進 ② マツ科樹種には殆ど効果なし
	ヒノキ科 5 樹種	0~13	"	50~500 "	6~8	"	
GA ₇	マツ科 11 樹種	0~9	"	10~500 "	7~10	"	花芽分化に効果なし
	スギ科 2 樹種	0~9	"	100~300 "	7~8	3	
ヘルミント スポロール H-ol	ヒノキ	10	"	100~300 "	"	"	花芽分化に効果なし
	マツ科 3 樹種	0~4	"	100~300 "	7~9	4	
カイネチン Kinetin	スギ	3,20	ラノリン軟膏	1 %	7,8	1	花芽分化に効果なし
	アカマツ	1	葉面散布	25~500 ppm	7~9	5	
エスレル Ethrel	スギ, ヒノキ, アスナロ, クロマツ, モミ,	1~10	葉面散布	100~2,000 ppm	7~8	3	花芽分化に効果なし
	ヒノキ, アスナロ, テーダマツ, モミ,	10	樹幹処理	0.1~1 ml	7	1~2	

層部に塗布し、樹皮をはめ込みテープでしばった。施用濃度、時期および回数は表-29に示す通りである。

B. 結果

実験の結果は表-29~31の如くである。

IAA, NAAなどのオーキシン類, TIBA, MH, CCCなどの抑制物質, ヘルミントスポロール, カイネチン, エスレル, ウリジル酸, ウラシル, マツの種子抽出物などはいずれも単独では針葉樹の花芽分化を促進し

表-29, B. 生長調節の物質の種類と花芽分化に対する効果

Table 29, B. Effects of growth regulators on flower bud formation in conifers

使用薬剤 Chemicals	供試材料 Materials		処 理 Tretment				試 験 結 果 Experimental results
	樹 種 Species	樹齡 Age (年y.)	方 法 Method	濃 度 Concen- tration	時期 Time (月m.)	回数 No. of treat.	
ウラシル, ウリジル酸 Uracil, Uridylic acid	スギ	3, 20	ラノリン軟膏	1 %	7, 8	1	花芽分化に効果なし
		0, 20	葉面散布	100~500 ppm	7~9	5	
DNA	アカマツ	1	"	100~500 "	"	"	同上
		スギ	3, 20	ラノリン軟膏	1~5 %	7, 8	
RNA	アカマツ	0, 20	葉面散布	100~1,000ppm	7~9	5	スギ, アカマツの花芽分化をやゝ促進
		1~2	"	100~10,000 "	"	"	
TIBA	スギ	3, 20	ラノリン軟膏	1~5 %	7, 8	1	同上
		2, 20	葉面散布	100~1,000ppm	7~9	5	
MH	スギ	1~2	"	100~10,000 "	"	"	同上
		スギ	3, 20	ラノリン軟膏	1~5 %	7, 8	
硫酸ニコチン Nicotine sul. トランス桂皮酸 t-Cinnamic a. 2,4-ジクロロ アニソール 2,4-Dichloro- anisole CCC	スギ	2, 20	葉面散布	100~1,000ppm	7~9	5	① 単独では花芽分化に効果なし ② G A と併用してアカマツの花芽分化をやゝ促進 ③ 高濃度ではG A によるスギの花芽分化を抑制
		1~5	"	10~1,000 "	"	5	
アカマツ種子抽出物 水溶性オーキシン water-sol. auxin インヒビター-β Inhibitor β	スギ科 2 樹種	0~9	"	1,000~5,000 "	8~9	4	花芽分化に効果なし
		スギ	1, 5	"	10~300 "	"	
CCC	マツ科 3 樹種	0~9	"	1,000~5,000 "	"	"	花芽分化に効果なし
		スギ	1, 5	"	10~300 "	"	
水溶性オーキシン water-sol. auxin インヒビター-β Inhibitor β	スギ, アカマツ	10	"	1,000~5,000 "	"	"	花芽分化に効果なし
		スギ科 3 樹種	0~4	"	1,000~5,000 "	"	
水溶性オーキシン water-sol. auxin インヒビター-β Inhibitor β	スギ, アカマツ	1, 8	葉面散布	1.5~2 kg/ 50ml	8~9	5~8	花芽分化に効果なし
		"	"	"	"	"	花芽分化を抑制

備考：ラノリン軟膏および樹幹処理は幹または枝を剥皮して処理する。

表-30. アカマツの花芽分化に対する薬剤の効果

Table 30. Effect of foliar application of chemicals on flower bud formation in *Pinus densiflora*

1 年 生 1 year old						2 年 生 2 years old						
処 理 区 Treatment	着 花 率 % of trees with flowers			1本当たり 着 花 数 No. of flowers per tree		処 理 区 Treatment	着 花 率 % of trees with flowers			1本当たり 着 花 数 No. of flowers per tree		
	全 体 Total	♂	♀	♂	♀		全 体 Total	♂	♀	♂ [*]	♀	
対 照 Cont.	6	3	4	0.2	0.05	対 照 Cont.	35	12	27	0.4	0.8	
GA ppm 300	27	9	18	1.7	0.2	GA ppm 300	56	12	50	0.1	1.7	
DNA	ppm 100	0	0	0	0	% 0.1	17	13	13	0.6	0.3	
	500	0	0	0	0	0.5	35	20	15	0.5	0.9	
	1,000	0	0	0	0	1.0	23	14	18	1.0	1.2	
RNA	ppm 100	25	17	8	1.1	0.1	21	5	16	0.5	0.6	
	500	10	0	10	0	0.5	46	10	41	0.5	1.0	
	1,000	36	0	36	0	1.0	48	28	38	1.8	1.1	
TIBA	ppm 100	0	0	0	0	ppm 500	43	17	30	0.5	1.5	
	500	10	0	10	0	1,000	23	5	23	0.4	0.9	
	1,000	18	18	0	5.9	0	5,000	47	10	42	0.1	2.0
DNA + GA	ppm ppm 100+300	10	0	10	0	0.2	% ppm 0.1+300	60	28	46	2.5	1.8
	500+300	30	10	20	4.4	0.3	1.0+300	30	10	30	0.9	0.6
RNA + GA	ppm ppm 100+300	0	0	0	0	0	% ppm 0.1+300	38	5	33	0.04	1.3
	500+300	0	0	0	0	0	1.0+300	24	14	10	0.02	0.4
TIBA + GA	ppm ppm 100+300	38	8	25	0.9	0.3	ppm ppm 1,000+300	56	15	51	0.5	2.3
	500+300	36	9	27	3.9	0.5	5,000+300	64	50	30	2.1	1.8

* 新条数で示す。 Shown by the number of new shoots.

供試本数：各区共約 20 本。

1年生：GAは7月30日～9月17日の期間に3回，他の薬剤は7月24日～9月23日の期間に5回散布。

2年生：GAは8月12日～9月19日の期間に3回，他の薬剤は8月11日～9月29日の期間に5回散布。

Foliar application:

1-year-old seedlings - GA, July 30~Sep. 17, 3 times ; other growth regulators, July 24~Sep. 23, 5 times.

2-year-old seedlings - GA, Aug. 12~Sep. 19, 3 times ; other growth regulators, Aug. 11~Sep. 29, 5 times.

なかった。オーキシンと抑制物質は高濃度ではむしろ花芽分化を抑制する傾向がみられた。使用した生長調節物質の中でジベレリンが最も有効で，スギ科とヒノキ科の樹種の花芽分化を著しく促進した。しかし，マツ科の樹種にはあまり効果がなかった。ヘルミントスポロールは茎の生長に関しジベレリン類の作用を示すといわれて

いるが，針葉樹の花芽分化を誘起しなかった。核酸類の中で，DNAは効果が認められなかったが，RNAはアカマツやスギの花芽分化をやや促進する傾向がみられた(表-30, 31)。アカマツの苗木に対する葉面散布では雌花の着生がやや増加している。20年生スギの場合も，着花数の増加が認められる。しかし，自然着花のみられな

表-31. スギの花芽分化に対する薬剤の効果

Table 31. Effects of chemicals on flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

処理種別 Kind of treat.	処理区 Treatment	処理月日 Date & no. of treat.	処理枝数 No. of branches treated	着花枝数 No. of branches with flowers			着花数(1枝当たり) No. of flowers per branche			
				全体 Total	♂	♀	♂	♀		
葉面 散布 Foliar spray	対照 Cont.	July 24~ Sep. 12	6	5	4	2	3.1	0.5		
	カイネチン Kinetin		25 ppm	"	5	3	3	9.2	1.2	
			100	"	3	2	1	1.8	0.7	
			500	5	"	5	3	3	3.3	4.2
			対照 Cont.	July 24~ Sep. 12	6	5	4	3	22.0	1.1
	ウラシル Uracil	100 ppm	"		3	2	3	25.7	1.7	
		500	"		4	4	3	29.5	0.7	
	ウリジル酸 Uridylic acid	100	"		1	1	1	22.0	0.8	
		500	"		2	1	1	19.2	0.2	
	DNA	100	5	"	5	4	4	24.0	2.2	
500		"	"	4	4	3	16.8	4.7		
1,000		"	"	5	3	2	22.3	1.3		
RNA	100	"	"	3	2	1	30.8	0.2		
	500	"	"	4	4	0	26.0	0		
	1,000	"	"	4	3	1	23.7	1.8		
ラノリン 軟膏 塗布 Lanolin paste	対照 Cont.	Aug. 10	5	3	3	2	4.9	3.4		
	カイネチン Kinetin		1 %	"	4	2	4	3.8	2.6	
	ウラシル Uracil		1	"	3	3	2	5.8	5.2	
	ウリジル酸 Uridylic acid		1	"	2	2	2	8.8	3.6	
	DNA		1	1	"	5	4	5	15.4	4.2
			5	"	"	3	2	2	18.0	3.8
	RNA		1	"	"	4	2	3	19.6	4.0
			5	"	"	3	2	3	32.6	10.2

- 備考 1) 20年生オキノヤマスギの台木の枝に処理。
 2) ラノリン軟膏処理は枝の基部を剥皮して塗布。
 3) 雄花数は集団数で示す。

いスギの幼齡木や成熟木でも花のつきにくい個体には効果がない。抑制物質の中で、TIBA は単独ではアカマツの花芽分化に対し明らかな効果は認められないが、ジベレリンと併用散布すると着花率、着花数がやや増加するようである。しかし、これらの結果がはたしてRNAやTIBAの影響によるものかどうかなお検討の余地がある。いずれにしてもジベレリンのような卓効は認められない。現在までの結果では、針葉樹に対し確実に花を

つけさせる物質はジベレリンのみである。

2. ジベレリンの葉面散布による花芽分化の調節

A. ジベレリンA₃ A₇の花芽分化に対する効果

(1) 材料と方法

マツ科11種、スギ科5種、5品種、ヒノキ科5種を用いて実験を行なった。供試材料は0~18年生の苗木および幼齡木で、大部分が実生であるが、一部つぎ木および

表-32. 花芽分化に対するジベレリンの効果の樹種によるちがい

Table 32. Differences in the effect of gibberellin on flower bud formation according to tree species

樹種 Species	樹齢 Tree age (year)	濃度 Concentration (ppm)	処理時期 Time of treatment (月 m.)	花芽分化 Flower bud formation	
マツ科 <i>Pinaceae</i>					
アカマツ <i>P. densiflora</i>	0~2	10~500	7~10	-(±)	
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	0~3	"	"	-	
テーダマツ <i>P. taeda</i>	1,4 (ツギキ)	50~500	"	-	
スラッシュマツ <i>P.elliottii</i>	2,4 (ツギキ), 9	100~500	"	-	
フランスカイガショウ <i>P. pinaster</i>	2~4	50~500	8~10	-	
バンクスマツ <i>P. banksiana</i>	2	100~500	9~10	-	
コントルタマツ <i>P. contorta</i>	"	"	"	-	
ラチフォリアマツ <i>P. latifolia</i>	"	"	"	-	
プンゲンスマツ <i>P. pungens</i>	"	"	"	-	
バージニアマツ <i>P. virginiana</i>	"	"	"	-	
カラマツ <i>L. leptolepis</i>	8	100~300	7~8	-	
スギ科 <i>Taxodiaceae</i>					
スギ <i>Cr. japonica</i>	オキノヤマスギ	0~18 (ミショウサシキ)	10~500	6~10	+~#
	ミョウケンスギ	8	10~200	6~9	#
	クモトオシスギ	5	50~100	7~8	#
	三倍体	7	"	"	#
	四倍体	3	100	"	#
メタセコイア <i>M. glyptostroboides</i>	1~9 (サシキ)	50~500	6~8	+	
センベルセコイア <i>S. sempervirens</i>	2, 5	100	7~8	+	
ギガントセコイア <i>S. gigantea</i>	2	"	"	-	
コウヨウザン <i>Cn. lanceolata</i>	4	50~100	"	-	
ヒノキ科 <i>Cupressaceae</i>					
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	3~13	100~500	6~8	+	
ローソンヒノキ <i>Ch. lawsoniana</i>	3 (サシキ), 7	50~200	"	#	
アスナロ <i>Thuja dolabrata</i>	3 (サシキ)	500	7~8	#	
コノテガシワ <i>Thuja orientalis</i>	6	"	"	+	
イタリヤサイプレス <i>Cup. sempervirens</i>	0~1	100~200	"	-	

備考: ジベレリンを3~5回葉面散布した。花芽分化: - 促進しない; ± やや促進; + 明らかに促進; # 著しく促進。

Remark: GA was sprayed 3~5 times. Effect on flower bud formation: - not effective; ± little promotive; + definitely promotive; # markedly promotive.

さし木による個体も用いた。使用したジベレリンは武田薬品製ジベラ錠および協和醸酵製ジベレリン結晶 (GA_3 と GA_7) である。錠剤は水に、結晶は50%アルコール溶液にとかけて葉面散布した。処理の方法はそれぞれの実験結果の表に示す通りである。

(2) 結果

針葉樹の花芽分化は GA_3 , GA_7 のいずれの処理でも促進された。しかし、ジベレリンの効果は樹木の内的条件、処理の方法などによって異なるので、以下項目別に述べる。

(a) 樹種、品種、個体による効果のちがい

これまでに行なった実験の結果をとりまとめると表-

32の如くである。この表からわかるように、ジベレリンの効果は樹種によって著しく異なる。マツ科の樹種では、アカマツを除き花芽分化が促進されなかった。アカマツでは、ジベレリンの散布によって着花率、着花数が多少増加する場合があるが(表-30)、自然着花のみられない当年生稚苗には効果がない。一般にマツ科の樹種には効果がないと考えてよい。スギ科の樹種では、スギ、メタセコイア、センパルセコイアで花芽分化が促進されたが、ギガントセコイアとコウヨウザンでは効果が認められなかった。ジベレリンの効果はスギでとくに顕著に現われ、

自然状態で花のつかない当年生稚苗に雄花や雌花が着生する。ヒノキ科では、イタリヤサイプレスを除き4樹種で花芽分化が促進されたが、ローソンヒノキとアスナロでとくに効果が顕著であった。以上の如く、ジベレリンで確実に着花の促進されるものはスギ科とヒノキ科の大部分の樹種で、マツ科の樹種には一般に効果がない。

ジベレリンの効果の現われ方は同一樹種でも品種や個体によって多少異なるようである。品種によるちがいは供試品種数が少ないので明らかでない。スギの場合は、実験に用いた5品種はいずれもよく着花した。しかし、

表-33. スギの花芽分化におよぼすジベレリンの影響

Table 33. Effect of foliar application of gibberellin on flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

供試 材 料	処 理 区 Treatment	処 理 本 (枝) 数 No. of trees or branches treated	散 布 回 数 No. of spray- ing	散 布 月 日 Date of spraying	着 花 率 % of trees or branches with flowers			着 花 数 No. of flowers/tree or branch				雌 花 率 % of flowers
					♂ ♀	♂	合計 Total	♂		♀		
								平均 Mean	最大 Max.	平均 Mean	最大 Max.	
1 年生実生 (オキノヤマ スギ) 1 year old	対照 Cont.	30	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
	GA 10 ppm	"	5	June 5 ~ July 19	0	86.7	86.7	20.8	59	0	0	0
	" 50 "	"	"		13.3	86.7	100.0	42.4	110	0.7	17	1.7
	" 100 "	"	"		71.0	29.0	100.0	34.7	94	7.5	30	17.7
	" 200 "	"	"	"	90.3	9.7	100.0	31.1	107	13.1	56	29.6
1 年生さし木 (オキノヤマ スギ) 1 year old (from cuttings)	対照 Cont.	30	—	July 14	0	0	0	0	0	0	0	0
	GA 50 ppm	"	4	~	83.3	16.7	100.0	49.5	140	12.2	58	19.8
	" 100 "	"	—	Aug. 16	100.0	0	100.0	57.2	162	13.2	54	18.7
8 年生実生 (ミョウケン スギ) 8 years old	対照 Cont.	(5)	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0
	GA 10 ppm	"	5	June 5 ~ July 19	100.0	0	100.0	42.7	83	45.7	64	51.7
	" 50 "	"	"		100.0	0	100.0	87.1	154	75.2	132	46.3
	" 100 "	"	"		100.0	0	100.0	89.2	134	89.1	217	50.0
" 200 "	"	"	"	100.0	0	100.0	85.4	166	97.4	157	53.3	
8 年生実生 (ミョウケン スギ) 8 years old	GA 10 ppm	(5)	5	Aug. 13 ~ Sep. 2	100.0	0	100.0	27.4	50	44.2	50	61.7
	" 50 "	"	"		100.0	0	100.0	30.5	38	92.9	112	75.2
	" 100 "	"	"		100.0	0	100.0	38.6	43	96.3	135	71.4
	" 200 "	"	"	"	100.0	0	100.0	22.6	29	74.1	83	76.6

備考 1) 1年生実生(6~7月区)および8年生実生はGA処理前に施肥をする。
2) 着花数は1年生では1個体あたり、8年生では1枝(10緑枝)当たりで示す。
雄花数は枝の1カ所に集まった集団を1個と計算した。

表-34. メタセコイアの花芽分化におよぼすジベレリンの影響

Table 34. Effect of foliar application of gibberellin on flower bud formation in *Metasequoia glyptostroboides*

供試木 Sample trees	処理区 Treatment	処理本 (枝)数 No. of trees or branches treated	散布 回数 No. of spray- ing	散布 月日 Date of spray- ing	着花率 % of trees or branch- es with flowers		着花数 No. of flowers/tree or branch			
					♂	♀	♂		♀	
							平均 Mean	最多 Max.	平均 Mean	最多 Max.
1年生 (さし木) 1 year old	対照区 Cont.	20	—	—	0	0	0	0	0	0
	GA 10 ppm	"	5	June 5 ~ July 19	0	0	0	0	0	0
	" 50 "	"	"	"	45	0	8.8	49	0	0
	" 100 "	"	4	"	85	0	34.6	121	0	0
	" 200 "	"	"	"	95	5	27.2	71	0.4	8
4年生 (さし木) 4 years old	対照区 Cont.	(6)	—	—	0	0	0	0	0	0
	GA 10 ppm	"	6	June 5 ~ Aug. 17	0	100	0	0	4.0	7
	" 50 "	"	"	"	100	100	15.4	50	4.6	9
	" 100 "	"	4	"	100	100	28.7	58	6.7	10
	" 200 "	"	"	"	100	100	44.8	124	7.0	11

備考 1年生は1個体当たり, 4年生は1枝当たりの着花数を示す。

表-35. ヒノキの花芽分化におよぼすジベレリンの影響¹⁾Table 35. Effect of foliar application of gibberellin on flower bud formation in *Chamaecyparis obtusa*

供試木 Tree no.	処理区 Treatment	処理 枝数 No. of branches treated	散布 回数 No. of spray- ing	散布 月日 Date of spray- ing	着花率 % of branches with flowers			着花数 ²⁾ No. of flowers	
					♂	♀	合計 Total	♂	♀
1号	対照 Cont.	5	—	—	0	0	0	0	0
	GA 50 ppm	3	5	Aug. 8	0	100	100	4 (7)	0
	" 100 "	"	"	~ Aug. 26	0	100	100	7 (15)	0
2号	対照 Cont.	5	—	—	0	0	0	0	0
	GA 50 ppm	3	5	Aug. 8	67	33	100	112 (150)	5 (11)
	" 100 "	"	"	~	67	33	100	94 (112)	2 (2)
" 200 "	"	"	"	Aug. 26	33	67	100	79 (137)	2 (7)
3号	対照 Cont.	5	—	—	0	40	40	4 (18)	0
	GA 50 ppm	3	5	Aug. 8	67	33	100	71 (175)	4 (6)
	" 100 "	"	"	~	67	33	100	75 (186)	5 (15)
" 200 "	"	"	"	Aug. 26	33	67	100	87 (151)	2 (10)

1) 供試材料: 12年生実生木の枝。2) 雌花は1主枝当たり, 雄花は主枝の中央部の1側枝当たりの着花数を示す。()内は最大着花数。

Remark: 12-year-old trees were used.

表-36. ローソンヒノキの花芽分化におよぼすジベレリンの影響¹⁾Table 36. Effect of foliar application of gibberellin on flower bud formation in *Chamaecyparis lawsoniana*

各 理 区 Treatment	処 理 枝 数 No. of branches treated	散 布 回 数 No. of spray- ing	散 布 日 Date of spray- ing	着 花 率 % of branches with flowers			着 花 数 ²⁾ No. of flowers		開 花 率 Flowering (%)		結 果 率 Cone set (%)
				♂♀	♂	合 計 Total	♂	♀	♂	♀	
対 照 Cont.	5	—	—	0	40	40	7 (36)	0	89	—	—
GA 50 ppm	"	5	July 19 ~ Aug. 21	100	0	100	107 (122)	138 (182)	80	91	77
" 100 "	"	"		100	0	100	113 (228)	147 (258)	30	82	70
" 200 "	"	"		100	0	100	76 (100)	75 (158)	17	78	60

1) 供試材料：7年生実生木の枝。 2) 雌花は1主枝当たり，雄花は主枝中央部の1側枝当たりの着花数を，また（）内は最大着花数を示す。

Remark : 7-year-old trees were used.

個体によって着花状況にかなり差異がみられた。着花量の多い個体，少ない個体，あるいは全然着花しない個体もあった。また雄花と雌花の着生の比率が個体によって異なる場合があった。雌雄両花とも多数着生する個体，雄花の比率が多い個体，雌花の比率が多い個体などが認められた。このような個体差は成熟期に達しない苗木に処理をした場合にとくに著しいようである。ヒノキでも個体によってジベレリンの効果に著しいちがいがみられた(表-35)。1号木は2号木，3号木に較べて着花数が少なく，雌花は全然着生しなかった。

(b) 樹齢による効果のちがいが

ジベレリンの効果の現われ方は，同一樹種でも樹齢によって異なる。ジベレリンは自然状態では絶対に花をつけないスギの当年生稚苗に花をつけるが，樹齢が高いほど花芽分化，とくに雌花の分化が促進される(表-33, 37)。スギの当年生苗では，大部分が雄花で，雌花はわずかしが着生しない。1年生苗でも，低濃度区では雄花のみ着生したものが圧倒的に多い。しかし，1年生さし木苗，6~8年生幼齢木では，100%雌雄両花が着生している。すなわち，樹齢が高くなるにしたがって雌花の着生数および雄花に対する雌花の比率が増加してくる。また低濃度のジベレリンで雌花が多くつくようになる。このような傾向はメタセコイアやヒノキでもみられる(表-34, 40)。メタセコイアの1年生さし木苗では，雄花は50ppm以上で，雌花は200ppmで着生したが，4年生では10ppm以上で雌花が着生した。また着花率は4年生の方が著しく大である。ヒノキの場合は，3年生苗では雄花のみ着生し，

雌花は全くみられない。13年生では，雌花と雄花の両方が着生し，着花率，着花数ともに3年生に比べて著しく増加している。

以上の如く，ジベレリンの効果は幼齢木よりも高齢木で強く現われる。樹齢の増加にともなって雌花の分化が促進される。

(c) 処理濃度による効果のちがいが

葉面散布の場合の有効濃度は樹種，樹齢，散布回数などによって異なる。表-33~37によると，スギ，メタセコイアでは10ppm以上の濃度で花芽分化が誘起されたが，ヒノキ，ローソンヒノキでは50ppm以上で効果がみられた。またアスナロでは500ppmで花芽分化が著しく促進された。スギの1年生苗では，10ppm以上で雄花が，50ppm以上で雌花が着生したが，低濃度では雄花のみ着生する個体が多く，濃度が高くなるにしたがって雌雄両花を着生する個体が増加した。これに対し，8年生では10ppm以上で全個体が雌雄両花を着生した。着花数は一般に濃度の増加にともなって増加する傾向にあるが，50ppm以上では濃度によるちがいはそれほど著しくない。全着花数に対する雌花の比率(雌花率)はジベレリンの濃度の増加にともなって増大する傾向にある。とくに未熟木ではこの傾向が強く認められる。

メタセコイアの場合は，1年生苗では50ppm以上で雄花が，200ppmで雌花が着生した。しかし，4年生では50ppm以上で雄花が，10ppm以上で雌花が着生している。着花率ならびに着花数は，1年生，4年生ともジベレリンの濃度の増加にともなって増加する傾向にある。ヒノキおよびローソンヒノキでも同じような傾向が認められ

表-37. 針葉樹の花芽分化におよぼすGA₇の影響Table 37. Effect of foliar application of GA₇ on flower bud formation in conifers

供試樹種 Tree species	樹齡 Tree age (year)	処 理 Treatment			処理本 (枝)数 No. of trees or branches	着 花 率 % of trees or branches with flowers		着 花 数 No. of flowers tree or branch	
		濃 度 Concentration (ppm)	時 期 Date of spraying (m. d.)	回 数 No. of spraying		♂	♀	♂	♀
スギ <i>Cr. japonica</i>	0	対照 C.	—	—	50	0	0	0	0
		100	7.21~8.31	3	"	72	0	5.2	0
		500	"	"	"	82	2	9.1	0.02
	3	対照 C.	—	—	6	50	0	59.0	0
		100	7.21~8.31		8	100	88	640.5	7.4
		500	"	"	6	100	100	798.0	12.7
	6	対照 C.	—	—	(5)	20	0	2.4	0
		100	7.21~8.31	3	"	100	100	151.4	56.6
		500	"	"	"	100	100	522.4	145.8
メタセコイア (さし木) <i>M. glyptostroboides</i>	9	対照 C.	—	—	(5)	—	0	—	0
		500	7.21~9.16	4	"	—	100	—	7.5
ヒノキ <i>Ch. obtusa</i>	10	対照 C.	—	—	(5)	80	100	658.6	33.2
		100	7.21~8.31	3	"	100	100	1,611.2	152.0
		500	"	"	"	100	100	1,849.6	182.6
アスナロ (さし木) <i>Thuja dolabrata</i>	3	対照 C.	—	—	(5)	0	0	0	0
		500	7.21~8.31	3	"	100	100	426.0	47.6
コノテガシワ <i>Thuja orientalis</i>	6	対照 C.	—	—	(2)	100	100	131.0	384.0
		500	7.21~8.31	3	"	100	100	1,264.0	737.0
アカマツ <i>P. densiflora</i>	2	対照 C.	—	—	40	5	13	1.5	0.3
		100	7.21~9.16	4	20	0	5	0	0.1
		500	"	"	"	0	30	0	0.9
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	3	対照 C.	—	—	27	11	48	1.3	2.7
		100	7.21~9.16	4	10	30	30	1.5	0.8
		500	"	"	"	20	30	11.4	3.0

るが、表-35~36によると50~100ppm区よりも200ppm区で着花率ならびに着花数が低下する場合がある。これは、初期の実験に用いたジベレリン (ジベラ錠) は品質が粗悪で、高濃度では葉害により新条の先端部が枯死する場合があり、その影響によるものと思われる。濃度と花芽分化との関係はスギ科のものと同様に考えてよい。

以上の結果から、ジベレリンは低濃度よりも高濃度で

花芽分化とくに雌花の分化を促進するといえることができる。多くの場合50~500ppmの濃度範囲で効果があるが、樹種や樹齢によって多少濃度を変える必要がある。

B. ジベレリンの処理時期と花芽分化との関係

(1) 材料と方法

スギ (1年生および18年生)、メタセコイア (6年生、さし木) およびヒノキ (3年生および13年生) を用いて、

ジベレリンの処理時期の影響を調べた。スギでは、6、7、8、9、10月の五つの処理区を設け、100および300ppmのジベレリン水溶液を各月の中旬に3回葉面散布した。メタセコイアでは、6、7、8月の単月処理区と6・7・8月の連続処理区を設け、100および300ppm水溶液を3回葉面散布した。ヒノキでは6、7、8月の三つの処理区を設け、100ppm水溶液を各月の中旬に2回散布した。

(2) 結果

実験の結果は表-38-40の如くである。スギの花芽の着生状況についてみると(表-38)、100ppm区と300ppm区の間に著しいちがいはない。しかし、1年生と18年生の間にはかなり差異がみられる。1年生では、雄花の着生は6、7、8月の各処理区、とくに7月区に多く、9月区では著しく減少し、10月区では全然着花がみられない。他方雌花の着生は9月区が最も多く、ついで8月区が多く、6、7、10月区はわずかである。18年生では、雄花の着生は1年生と同様の傾向を示し、7月区に最も多かった。しかし、雌花は6~9月のいずれの区でも100%着生した。着花数はやはり9月区が最も多いが、6、7、8月区もかなり多く着生している。すなわち、1年生ほど処理時期の影響を受けないようである。メタセコイアでは(表-39)、処理時期の影響は明らかでない。単

月処理区よりも3カ月連続処理区で花芽分化は促進されている。単月処理では、処理区間に著しいちがいは認められないが、雄花は6月区と7月区に、雌花は8月区にやや多いようである。ヒノキでは(表-40)、6、7、8月のいずれの処理区でも花芽分化が促進されたが、雄花は7月区に、雌花は8月区に最も多く着生した。

以上の結果から、ジベレリン処理の適期は樹種によって多少異なるようである。一般に生育前期の処理では雄花が、後期の処理では雌花が多くつく傾向がみられる。雄花の分化に対しては7月を含む処理が一般によい。雌花の分化に対してはそれよりもややおそい時期がよい。ジベレリン処理の適期は自然の花芽分化期と大体一致する。

C. ジベレリンと肥料あるいは生長調節物質の併用処理の効果

(1) 材料と方法

施肥：スギの2年生実生苗を供試材料として、6月22日に窒素、リン酸、加里を施した後、7月17日~8月2日にGA100ppm溶液を3回葉面散布した。施肥区として、N、P、Kの単用区、NP区、NK区、PK区およびNPK区を設けた。硫酸アンモニア、過燐酸石灰、硫酸加里を1㎡当たり成分量で20g施したが、N単用区ではさらに10g区と40g区を設けた。

表-38. スギの花芽分化におよぼすジベレリンの散布時期の影響

Table 38. Relation between the time of GA spray and the flower bud formation of *Cryptomeria japonica*

GAの濃度 Concentration	処理時期 Time of treat. (月) (month)	1年生 1 year old		18年生 18 years old					
		着花率 % of trees with flowers		着花率 % of branches with flowers					
		♂	♀	♂	♀				
100 ppm	6	100	10	42.2	0.7	100	100	80.5	96.9
	7	100	10	44.4	0.3	100	100	218.3	80.6
	8	90	60	31.9	3.9	100	100	121.1	94.8
	9	30	90	3.2	31.7	57	100	3.5	111.4
	10	0	0	0	0	0	43	0	1.7
300 ppm	6	100	30	42.5	1.4	100	100	88.4	112.6
	7	100	30	58.0	0.7	100	100	228.5	110.0
	8	100	80	46.4	11.5	100	100	123.5	135.4
	9	10	90	3.1	33.5	43	100	2.3	154.9
	10	0	10	0	0.5	0	43	0	11.2

備考 1) 供試数、各区とも1年生は10本、18年生は7枝。

2) ジベレリンは各月の中旬に3回散布。

Remark: GA was sprayed 3 times.

表-39. メタセコイアの花芽分化におよぼすジベレリンの散布時期の影響

Table 39. Relation between the time of GA spray and the flower bud formation of *Metasequoia glyptostroboides*

処理区 Treatment (month)	濃度 Concentration	散布月日 Date of spraying (m. d.)	散布回数 No. of spraying	処理枝数 No. of branches	着花率 % of branches with flowers		着花数(1枝当たり) No. of flowers per branch	
					♂	♀	♂	♀
					对照区 Cont.	—	—	—
6月区	100 ppm	6.15~6.26	3	9	90	0	8.8 (2.6)	0
7月区	"	7.14~7.21	"	6	50	17	2.7 (0)	0.2
8月区	"	8.14~8.18	"	6	50	33	5.8 (2.8)	1.7
6・7・8月区	"	6.15, 7.14, 8.14	"	9	100	33	23.3 (8.9)	0.4
对照区 Cont.	—	—	—	10	0	0	0	0
6月区	300 ppm	6.15~6.26	3	7	71	29	7.1 (2.0)	0.7
7月区	"	7.14~7.21	"	7	86	29	7.4 (1.6)	0.9
8月区	"	8.14~8.18	"	8	75	75	6.5 (2.0)	3.1
6・7・8月区	"	6.15, 7.14, 8.14	"	8	100	88	20.5 (12.1)	2.6

備考 1) 6年生(さし木)の側枝に処理。

2) ()内は完全に発育して花粉を形成したものの。

Remark: 6-year-old trees were used.

表-40. ヒノキの花芽分化におよぼすジベレリンの散布時期の影響

Table 40. Relation between the time of GA spray and the flower bud formation of *Chamaecyparis obtusa*

供試木 年齢 Tree age (year)	処理 時期 Time of treatment (month)	処理本 (枝)数 No. of trees or branches treated	着花本(枝)数 No. of trees or branches with flowers		着花率 % of trees or branches with flowers		着花数 No. of flowers per tree or branch	
			♂	♀	♂	♀	♂**	♀
			3	对照 Cont.	5	0	0	0
	6月	5	1	0	20	0	34.8	0
	7月	5	3	0	60	0	65.0	0
	8月	5	1	0	20	0	22.0	0
13	对照 Cont.	(10)	0	0	0	0	0	0
	6月	(6)	6	2	100	33	114.5	0.7
	7月	(6)	6	3	100	50	151.0	2.9
	8月	(6)	6	4	100	67	115.0	3.4

* 100ppm水溶液を2回散布。100ppm solution was sprayed 2 times.

** 緑枝数で示す。Shown by the number of green shoots.

生長調節物質の施与：スギの当年生と2年生実生苗を使用して、生長調節物質の併用処理の効果を試験した。使用した薬剤はオーキシシン (IAA, IBA, NAA, 2,4-D) カイネチン, 核酸およびその関連物質 (DNA, RNA, ウリジル酸), 生長抑制物質 (MH, TIBA, 硫酸ニコチン) である。併用試験は、ジベレリンと生長調節物質を同一時期に処理した場合、生長調節物質を前処理した場合、生長調節物質を後処理した場合の三つについて行なった。

(2) 結果

(a) 施肥の効果

実験の結果は表-41の通りである。全着花率については処理区間に差がない。しかし、雌雄両花を着生したものはNPK区とNP区に多く、K単用区に少ない。雄花のみを着生したものは逆にNPK区とNP区に少なく、K単用区に多い。着花数についてみると、雄花はNPK区とNK区を除き、施肥によって減少する傾向にある。しかし、雌花はいずれの施肥区でも対照区に比べて増加している。

雌花の着生数はNK区が最も多く、ついでNP区、N40~20g区およびPK区が比較的多い。雌花率は対照区よりも施肥区が大であるが、とくにPK区、NP区、NK区、N単用区で著しい増加が認められた。

以上の結果から、施肥はジベレリンによる花芽分化の誘起に影響をおよぼすことがわかる。施肥によって雌花の分化は明らかに促進される。とくに窒素肥料の併用処理は雌花の分化を促進するようである。

(b) 生長調節物質の併用処理の効果

実験の結果は表-42~44の如くである。生長調節物質の併用効果は処理の方法によって著しく異なるようである。ジベレリンと生長調節物質を同一時期に散布した場合についてみると(表-42)、オーキシシン、カイネチン、ウリジル酸、核酸、生長抑制物質はいずれもジベレリンによる花芽分化を促進しない。高濃度ではむしろ花芽分化を抑制する傾向がみられる。とくにNAA, 2,4-D, カイネチン, MHおよびTIBAの併用区ではこの傾向が認められた。生長調節物質の抑制効果は生長調節物質を前処理した場合に最も強く現われる(表-43)。あらかじめ2,4-DあるいはMHを与えて生長を抑制し、しばらくしてからジベレリンを処理すると、ジベレリンの開花促進作用は阻害され、全然着花しなかった。

生長調節物質を後処理した場合は(表-44)、IAA, IBAは200ppmで雌花の着生を促進する。NAAの併用は雄花の着生を抑制するが、10~100ppmの濃度では雌花の着生を促進する。2,4-DもNAAとおなじような傾向がみられるが、併用効果は劣る。一般にオーキシシンの併

表-41. ジベレリンによるスギの花芽分化誘起におよぼす施肥の影響

Table 41. Effect of manuring on gibberellin induced flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

処理区 Treatment	施肥量 Quantity of fertilization (成分量, g/m ²)	着花率 % of trees with flowers			着花数 (1本当たり) No. of flowers per tree		雌花率 % of female flowers
		♂♀	♂	全体 Total	♂	♀	
対照 Cont.	—	82	18	100	119.7	12.8	9.7
NPK	20 : 20 : 20	94	6	100	139.3	15.8	10.2
PK	20 : 20	83	17	100	86.0	24.6	22.2
NK	20 : 20	88	12	100	120.7	29.9	19.9
NP	20 : 20	95	5	100	106.3	26.7	20.1
	10	80	20	100	81.5	19.7	19.5
N	20	87	13	100	107.4	24.9	18.8
	40	86	14	100	108.0	25.8	19.3
P	20	89	11	100	104.3	18.7	15.2
K	20	67	33	100	105.5	16.3	13.4

備考 1) 供試材料：2年生実生苗 (36本/m²植), 各区約20本。

2) 施肥：6月22日。 3) GA処理：100ppm溶液を7月17日~8月2日の間に3回葉面散布。

Remarks 1) 2-year-old seedlings (36 individuals/m²) were used.

2) Manured on June 22.

3) GA 100ppm solution was sprayed 3 times during the period from July 17 to August 2.

表-42. スギの花芽分化におよぼすジベレリンと生長調節物質の組み合わせ処理の影響

(GA と生長調節物質を同一時期に散布した場合)

Table 42. Effect of the combined treatment of gibberellin and other growth regulators on flower bud formation in *Cryptomeria japonica* (when GA and other growth regulators were sprayed in the same season)

処 理 Treatment (ppm)	供試木 Sample trees	散 布 月 日 Date of spraying (m. d.)	散 布 回 数 No. of spray- ing	供 試 本 数 No. of trees treated	着 花 率 % of trees with flowers			着花数(1本当たり) No. of flowers per tree		雌 花 率 % of ♀ flowers	生 長* Growth
					全体 Total	♂	♀	♂	♀		
対 照 (GA 100) Cont.		—	—		100	100	93	127.0	30.1	19.2	+
GA + IAA	100+10 100+100 100+200	—	—	—	100	100	93	109.1	22.1	16.8	+
					100	93	67	114.2	23.8	17.2	+
					100	100	86	152.0	16.5	9.8	+
GA + NAA	100+10 100+100 100+200	GA : 7.20~ 8.5	3	各区 15	100	100	92	132.5	23.8	15.2	+
					100	100	67	87.1	10.4	10.7	(不定芽発生)
					100	100	53	80.1	2.5	3.0	(不定芽発生)
GA + 2,4-D	100+10 100+100 100+200	生長調節 物質: 7.18~ 8.10	5	—	100	100	94	102.6	31.3	23.4	+
					100	100	71	71.8	9.7	11.9	(不定芽発生)
					100	100	67	50.5	8.1	13.8	(不定芽発生)
GA + MH	100+3.6 100+36 100+360	—	—	—	100	100	80	129.1	32.3	20.0	+
					100	100	79	128.2	19.4	13.1	+
					94	94	31	15.5	1.3	7.7	(不定芽発生)
対 照 (GA 200) Cont.		—	—		96	96	8	20.38	0.08	0.4	+
カイネチン Kinetin	200+100 200+500	GA : 7.30~ 9.4	3	各区 20~25	96	96	8	20.50	0.12	0.6	+
					56	56	0	7.72	0	0	+
GA + ウリジル酸 Uridylic acid	200+100 200+500	生長調節 物質: 7.24~ 9.12	5	—	77	77	14	13.09	0.18	1.4	+
					71	67	8	8.96	0.08	0.9	+
GA + DNA	200+100 200+500	—	—	—	88	88	4	15.96	0.04	0.3	+
					92	92	17	16.83	0.25	1.5	+
対 照 (GA 200) Cont.		—	—		100	100	85	30.6	9.6	23.9	+
GA + RNA	200+100 200+500	GA : 9.4~10.3 RNA: 9.1~10.4	3	各区 10~15	100	100	45	27.9	5.1	15.5	+
					100	100	75	47.6	7.0	12.8	+
対 照 (GA 200) Cont.		—	—		100	100	33	43.3	1.4	3.1	+
GA + TIBA	200+100 200+500	GA : 7.30~9.4 TIBA: 7.24~9.7	3	各区 10~15	100	100	60	44.1	4.1	8.5	±
					80	80	44	24.3	0.7	2.8	—
対 照 (GA 200) Cont.		—	—		100	100	81	41.8	6.4	13.3	+
GA + 硫酸ニコチン Nicotine sul.	200+100 200+500	GA : 8.23~9.17 硫酸ニコチン: 8.19~9.22	3	各区 10~15	100	100	42	48.5	4.0	7.6	+
					100	100	62	42.5	7.4	14.8	+

* + 促進 Promotive ± 影響なし Not effective - 抑制 Inhibitive

表-43. スギの花芽分化におよぼすジベレリンと生長調節物質の組み合わせ処理の影響 (生長調節物質を前処理した場合)

Table 43. Effect of the combined treatment of gibberellin and other growth regulators on flower bud formation in *Cryptomeria japonica* (when other growth regulators had been pretreated)

処 理 Treatment (ppm)	着 花 率 % of trees with flowers			着 花 数 (1本当たり) No. of flowers per tree		生 長 Growth
	全 体 Total	♂	♀	♂	♀	
対 照 (GA 100) Cont.	91	46	91	45.5	90.9	+
2,4-D+GA 100+100	0	0	0	0	0	-
MH+GA 200+100	0	0	0	0	0	-

注 1) 材料: 2年生実生苗, 各区15本。2) 散布時期および回数: 生長調節物質, 8月25日~9月7日, 5回; GA, 9月10~21日, 3回。

Notes 1) 2-year-old seedlings were used. 2) Foliar application: Other growth regulators, Aug. 25~Sep. 7, 5 times; GA, Sep. 10~21, 3 times.

表-44. スギの花芽分化におよぼすジベレリンと生長調節物質の組み合わせ処理の影響 (生長調節物質を後処理した場合)

Table 44. Effect of the combined treatment of gibberellin and other growth regulators on flower bud formation in *Cryptomeria japonica* (when other growth regulators were sprayed after gibberellin)

処 理 Treatment (ppm)	着 花 率 % of trees with flowers			着花数 (1本当たり) No. of flowers per tree		雌 花 率 % of female flowers	生 長 Growth
	全 体 Total	♂	♀	♂	♀		
対 照 Cont. (GA 300)	82	82	9	18.82	0.10	0.5	+
GA 300+10	91	91	8	22.54	0.09	0.4	+
+ 300+50	93	91	9	19.25	0.10	0.5	+
IAA 300+100	84	82	5	15.15	0.05	0.3	+
300+200	88	85	19	14.42	0.23	1.6	+
GA 300+10	88	88	4	20.08	0.05	0.2	+
+ 300+50	88	88	12	17.85	0.18	1.0	+
IBA 300+100	86	83	8	13.73	0.11	0.8	+
300+200	95	93	17	28.11	0.24	1.3	+
GA 300+10	73	71	15	18.10	0.23	1.3	+
+ 300+50	76	73	15	14.28	0.22	1.5	+
NAA 300+100	77	75	15	13.49	0.29	2.1	+
300+200	66	65	9	7.63	0.14	1.8	- (不定芽発生)
GA 300+10	73	71	5	15.18	0.06	0.4	+
+ 300+50	72	70	12	9.40	0.19	2.0	+
2,4-D 300+100	66	63	11	10.12	0.22	2.1	+
300+200	16	16	0	1.74	0	0	-

注 1) 材料: 当年実生苗, 各区80~100本。

2) 散布時期および回数: GA, 7月15日~9月15日, 4回; 生長調節物質, 7月25日~9月25日, 4回。

Notes 1) Current year old seedlings were used.

2) Foliar application: GA, July 15~Sep. 15, 4 times; other growth regulators, July 25~Sep. 25, 4 times.

用は雄花の分化を抑制し、雌花の分化を促進する傾向がみられる。

以上の如く、生長調節物質の併用効果は生長調節物質の種類および処理の方法によって異なる。ジベレリンを先に与え、オーキシンを後処理すると、ジベレリンの単用に比べて雌花の着生が一層促進されるようである。

3. ジベレリンの樹幹処理およびジベレリンと環状剥皮の組み合わせ処理による花芽分化の調節

A. ジベレリンの樹幹処理によるヒノキおよびアスナロの着花促進

(1) 材料と方法

鳥取大学農学部樹木園内の12年生ヒノキ(平均樹高3.82m, 平均根元直径9.2cm)および6年生(樹高1.63~1.79m, 根元直径3.8~4.1cm)と8年生(樹高2.57~2.76m, 根元直径5.4~6.2cm)アスナロを用いて実験を行った。

ジベレリン処理の方法は、武田薬品製ジベラ錠を粉砕して樹幹に直接処理した。すなわち、地際部から地上30cmの間の幹に方位をかえて3~4カ所に横にナイフで材

部に達するまできり目を入れ、樹皮をはぎおこし、形成層の部分にジベレリンの粉末を塗布し、樹皮を元どおりにして、その上をテープでしばった。施与量は1個体当たり20~25mgで、一度に全量を与えた。処理時期は、ヒノキでは7月29日、アスナロでは7月8日と8月21日である。

(2) 結果

実験の結果は表-45~46の如くである。ヒノキについてみると、平均樹高3.8mの木に1本当たり20mgのジベレリンの処理で処理木5本全部に雄花、雌花とも多数着生した。雄花の着生は非常に多いので数を数えなかった。無処理の対照木では、3本中2本に雄花が着生したが、樹冠中部の枝にわずかにみられる程度であった。処理区では、樹冠全体にむらがつて雄花が着生した。着生の状況は個体によって多少ちがうが、雄花は一般に樹冠中部から下部の枝に多く、上部の枝にはやや少ないようであった。雌花の数は、樹冠を上、中、下に3区分して調べた。無処理区では、3本中2本に雌花が着生したが、着花数は少なく、1主枝当たり30個以下であった。雌花は樹冠の中部から上部の枝に着生し、下部の枝にはみられなかった。処理区の着花状況は個体によって多少異なる。No.5

表-45. ジベレリン錠剤の樹幹処理によるヒノキの花芽分化誘起

Table 45. Flower induction in *Chamaecyparis obtusa* by the trunk-treatment of powdered gibberellin

処理区 Treatment	母樹 Tree no.	樹高 Tree height (m)	根元直径 Diam. at the base (cm)	雄花の着生 Male flower bearing	雌花着生数 (1主枝当たり) No. of female flowers per branch		
					樹冠下部の枝 Lower branch	樹冠中部の枝 Middle branch	樹冠上部の枝 Upper branch
無処理 Cont.	No. 1	4.09	12.2	+	0	30.3	0.3
	No. 2	4.17	11.0	+	0	2.3	12.3
	No. 3	3.26	7.3	-	0	0	0
	平均 Mean	3.84	10.2	-~+	0	10.9	4.2
GA 20 mg	No. 4	3.79	7.9	≠	140.5	107.5	68.0
	No. 5	3.34	8.5	≠	29.7	80.5	189.7
	No. 6	4.24	9.8	≠	183.5	197.0	134.3
	No. 7	4.09	7.4	≠	218.5	516.5	117.5
	No. 8	3.60	9.7	≠	371.5	711.0	357.5
	平均 Mean	3.81	8.7	≠~≠	188.7	322.5	173.4

備考 供試材料：12年生。処理時期：7月29日。

着花：- なし；+ 少ない；≠ 多い；≠≠ 非常に多い。

Remarks Sample trees : 12-year-old trees. Time of treatment : July 29.

Flower bearing : - no ; + small ; ≠ abundant ; ≠≠ very abundant.

は雌花の着生が比較的少なく、No.8はとくに多い。ジベレリンの樹幹処理によって雌花は樹冠全体に着生したが、着花数は樹冠中部の枝に最も多く、ついで樹冠の下部および上部の枝に多かった。樹冠中部の枝では1主枝当たり最高71個、平均33個の雌花が着生している。対照木の平均は11個であるから、著しく着花が促進されている。

アスナロの場合もヒノキと同様ジベレリンの樹幹処理によって着花が著しく促進された(表-46)。6年生、8年生ともに、無処理区は着花しなかったが、処理区では雌雄両花が100%着生した。6年生に対し20mg処理した場合、雄花の着生は多く、雌花は1個体当たり4~347個、平均135個着生した。8年生に対し25mg処理した場合も雄花、雌花とも多数着生した。雌花は樹冠中部の枝で1主枝当たり最高226個、平均67個着生している。花芽の着生状況は個体によって多少異なる。樹冠における花芽の分布は、雌雄両花芽とも一般に下部の枝<上部の枝<中部の枝の順に多いが、下部の枝にもかなり多く着花し、ジベレリンの樹幹処理によって樹冠全体に花がつくといえる。

B. ジベレリンと環状剥皮の組み合わせ処理によるヒノキ精英樹クロウンの着花促進

(1) 材料及方法

供試材料：鳥取県八頭郡智頭町徳見関西林木育種場山陰支場内のヒノキ採種圃の精英樹クロウンをを用いて実験を行なった。供試材料は、滋賀、兵庫、鳥取、島根の各県で選抜された精英樹、10クロウン(合計10本)で、樹齢4~6年、平均樹高2.23m、平均根元直径3.9cmである。4年生のころから多少着花がみられるが、着花数は少な

い。処理区として8区を設けた。1処理区の処理本数は13本である。坂田3号、出石1号、仁多1号は2個体ずつ、その他のクロウンは1個体ずつ用いた。

着花促進処理：(a)環状剥皮——半周2段環状剥皮法を応用した。剥皮幅を1.0~1.5cmとし、直径~直径の1/2の間隔で半周あて2段に剥皮し、樹皮を反転してはめ込み、テープでしばった。処理位置は地上15~25cmの所で、最下枝の上に行なった。処理時期は6月15日である。

(b)ジベレリン処理——武田薬品製ジベラ錠を粉末にして樹幹に直接処理した。使用量は1個体当たり10mg(2錠)と20mg(4錠)で一度に全量を処理した。処理の方法は前述の実験と同様で、剥皮して形成層の部分にジベレリンの粉末を塗布した。処理位置は、木の中ほどから下の幹で、方位をかえて3~4カ所に処理し、ジベレリンが特定の枝に集中しないように注意した。処理は7月11日(7月区)、と8月10日(8月区)に行なった。

花芽の調査方法：樹冠を上、中、下に3等分し、部分別に花の数を数えた。雌花は1個ずつ数えたが、雄花は数が非常に多いので、雄花群すなわち緑枝数をまず数え、つぎに各区分から雄花の着生した緑枝を5本ずつ抽出して花の数を正確に数え、その平均値に緑枝数を乗じて雄花数を算出した。

(2) 結果

(a) 処理別効果

処理別効果は表-47の如くである。無処理区では13本中7本に着花し、着花率は45%である。

表-46. ジベレリン錠剤の樹幹処理によるアスナロの花芽分化誘起

Table 46. Flower induction in *Thujaopsis dolabrata* by the trunk-treatment of powdered gibberellin

材 料 Sample trees	処 理 区 Treat-ment	処 理 時 期 Date treated	供 試 本 数 No. of trees used	樹 高 Tree height (m)	根 元 直 径 Diam. at the base (cm)	着花率 Trees with flowers (%)	枝の種別 Branch	雄花の着生 Male flower bearing	雌花着生数 No. of female flowers per tree or branch
6 年 生 6 years old	無処理 Cont. GA 20mg	Aug. 21	3	1.63	3.8	0	—	—	0
			5	1.79	4.1	100	—	♯ ~ ♯	135.4 (4~347)
8 年 生 8 years old	無処理 Cont. GA 25mg	July 8	3	2.57	5.4	0	—	—	0
			6	2.76	6.2	100	下部の枝 Lower branch	+	23.2 (0~114)
							中部の枝 Middle branch	♯ ~ ♯	66.6 (0~226)
							上部の枝 Upper branch	♯	41.6 (0~126)

表-47. ヒノキ精英樹クローンの花芽分化に対する環状剥皮とジベレリンの樹幹処理の効果ならびに樹冠における花芽の着生状態

Table 47. Effects of ringing and gibberellin treatments on flower bud formation in the plus tree clones of *Chamaecyparis obtusa* and distribution of flower buds within the crown

処 理 区 Treatment	処理本数 No. of trees	着花本数 No. of trees with flowers	着 花 率 % of trees with flowers	花芽着生型 (個体数) Type of flower bearing (tree number)			1 個体当たり着花数 No. of flowers per tree			
				雄 型 Male	雌 型 Female	雌雄型 Female and male	雄 花 Male		雌花 Female	
							平 均 Average	範 囲 Range	平 均 Average	範 囲 Range
無処理 Control	13	7	54	1	5	1	67	0~866	15	0~147
剥皮 (6月) Ringing (R) (June)	13	11	85	0	7	4	145	0~1,053	106	0~705
G A 10mg (7月) (July)	13	12	92	1	0	11	19,581	0~93,177	103	0~606
G A 20mg (7月) (July)	13	13	100	2	0	11	52,057	803~136,019	469	0~3,143
剥皮+G A 10mg (7月) R + G A 10mg (July)	13	13	100	1	0	12	36,418	9,047~128,693	267	0~1,046
剥皮+G A 20mg (7月) R + G A 20mg (July)	13	13	100	0	0	13	96,088	17,102~388,142	855	17~3,876
剥皮+G A 10mg (8月) R + G A 10mg (Aug.)	13	13	100	0	0	13	41,011	2,976~103,112	678	54~3,017
剥皮+G A 20mg (8月) R + G A 20mg (Aug.)	13	13	100	0	0	13	82,363	16,679~197,373	1,608	141~7,239

処 理 区 Treatment	樹冠区分別着花数 (1 個体当たり) No. of flowers in the different parts of the crown per tree						被害本数 No. of damaged trees	
	雄 花 Male			雌 花 Female			軽 害 Slight	重 害 Severe
	上部 Upper part	中部 Middle part	下部 Lower part	中部 Upper part	中部 Middle part	下部 Lower part		
無処理 Control	53	3	11	12	22	1	0	0
剥皮 (6月) Ringing (R) (June)	118	25	2	68	17	21	0	0
G A 10mg (7月) (July)	1,601	4,801	13,179	30	28	45	1	0
G A 20mg (7月) (July)	6,348	33,336	12,373	161	243	65	3	0
剥皮+G A 10mg (7月) R + G A 10mg (July)	9,744	17,639	9,035	79	77	111	1	1
剥皮+G A 20mg (7月) R + G A 20mg (July)	8,191	45,188	42,709	252	282	321	2	0
剥皮+G A 10mg (8月) R + G A 10mg (Aug.)	9,289	24,875	6,847	258	291	129	2	0
剥皮+G A 20mg (8月) R + G A 20mg (Aug.)	8,216	41,430	32,717	765	585	258	1	1

注) 供試材料: 4~6年生つき木。

Note Sample trees: 4~6 years old trees propagated by grafting.

表-48. ヒノキのクローン別着花状況

Table 48. Differences in flower bud formation among the clones of *Chamaecyparis obtusa*

クローン Clone	供試本数 No. of trees used	1 個体当たり雄花着花数 No. of male flowers per tree				1 個体当たり雌花着花数 No. of female flowers per tree				被害本数 No. of damaged trees	
		無処理 Control	剝皮 Rining(R)	GA	剝皮+GA R+GA	無処理 Control	剝皮 Rining(R)	GA	剝皮+GA R+GA	軽害 Slight	重害 Severe
坂田 3号 Sakata	16	0	0	70,405	65,021	0	30	248	964	0	0
出石 1号 Izushi	16	4	5	20,255	46,300	15	48	417	528	0	0
朝来 2号 Asako	8	727	101	78,190	189,988	6	20	13	480	0	0
朝来 3号 Asako	8	0	0	85,877	136,281	0	15	1,875	3,795	0	0
朝来 4号 Asako	8	0	0	29,370	64,247	1	23	7	647	0	0
鳥取署 101号 Tottori-sho	8	0	0	14,890	28,269	3	5	76	165	1	0
東伯 2号 Tōhaku	8	0	1,053	17,636	21,563	0	406	143	154	0	0
日野 1号 Hino	8	0	726	32,567	68,260	147	705	239	1,755	1	0
仁多 1号 Nita	16	0	0	1,776	29,989	0	1	1	194	7	2
仁多 3号 Nita	8	0	0	22,247	40,374	2	49	29	712	1	0

これに対し、剝皮区の着花率は85%、GA10mg(7月)区のそれは92%、GA20mg(7月)区と剝皮+GA区のそれは100%で、これらの処理はいずれも着花を促進した。

花芽着生型についてみると、無処理区では雌型すなわち雌花のみを着生した個体が圧倒的に多い。剝皮区ではやはり雌型が最も多いが、雌雄型もかなり増加している。GA区では雌雄型が著しく増加し、雌型はみられなかった。剝皮+GA区では雌雄型が圧倒的に多かった。すなわち、ジベレリン処理あるいは剝皮とジベレリンの組み合わせ処理によって雌花と雄花の両方をつける個体が増加する。

1個体当たりの着花数についてみると、雄花は無処理区の平均67個に対し、剝皮区では145個着生し、約2倍に増加している。しかし、GA区は20,000~52,000個で飛躍的な増加がみられる。剝皮+GA区は36,000~96,000個で、GA単用よりもさらに着花が促進された。最も着花数の多い個体では、388,000個の雄花が数えられた。

雄花の着生は剝皮+GA20mg(7月)区で最も多く、ついで剝皮+GA20mg(8月)区が多い。雌花の着生についてみると、無処理区の平均15個に対し、剝皮区は106個、GA20mg区は469個、剝皮+GA20mg(8月)区は1,608個で、順次増加している。着花数は剝皮+GA20mg(8月)区で最も多く、ついで剝皮+GA20mg(7月)区が多い。剝皮+GA20mg(8月)区では、1本の木に最高7,239個の雌花が着生していた。ジベレリンの施与量についてみると、10mg区よりも20mg区で雌花、雄花ともに多く着生している。施与時期については、雄花数は7月処理区と8月処理区に大きな差はない。しかし、雌花の着生数は7月処理区よりも8月処理区で明らかに多い。

着花率および着花数から判断して、環状剝皮とジベレリンの組み合わせ処理が最も有効である。ついでジベレリンの単独処理が効果がある。ジベレリンの施与量は10mgよりも20mgがよい。ジベレリンの施与時期は実用的にはそれほど問題にならない。7月から8月の処理で十分

である。

(b) 樹冠における花芽の着生状態

樹冠区分別着花数についてみると、雄花は無処理区と剥皮区では樹冠の上部に最も多いが、GA区と剥皮+GA区では多少の例外はあるが上部(下部(中部の順に多い傾向がみられる。雌花は、無処理区と剥皮区では上部に最も多く、中部と下部には比較的少ない。GA区と剥皮+GA区では一定の傾向がみられない。上部に最も多い場合、中部に最も多い場合、下部に最も多い場合などがある。すなわち、ジベレリンの樹幹処理および環状剥皮とジベレリンの組み合わせ処理によって花芽分化を促進すると、樹冠のいずれの部分でも着花数が著しく増加し、樹冠全体に花が着生する。雄花は樹冠の中部に最も多くつくが、雌花についてはとくに一定の傾向が認められない。

(c) 処理の効果のクローンによるちがひ

着花状況をクローン別に整理した結果は表-48の如くである。雄花の着生についてみると、剥皮処理は大部分のクローンに対し効果がなかった。GA処理と剥皮+GA処理では、いずれのクローンも著しく着花が促進された。しかし、着花数はクローンによってかなり差があった。朝来2号、3号がとくに多く、鳥取署101号、東伯2号、仁多1号などは比較的少ない。雌花の着生についてみると、剥皮処理では仁多1号を除き、大部分のクローンで着花が促進された。GA処理では、朝来3号の着花が著しく促進されたが、仁多1号には効果がみられなかった。剥皮+GA処理では、いずれのクローンも着花が促進された。しかし、着花数は朝来3号と日野1号でとくに多く、鳥取署101号、東伯2号および仁多1号では少ない。これまでの調査によると、自然着花は出石1号、朝来2号、3号、4号、日野1号、仁多3号などで多くみられ、鳥取署101号、東伯2号、仁多1号などでは少ない。すなわち、自然着花の少ないクローンよりも多いクローンで着花が促進されている。

以上の結果から、処理の効果はクローンによって多少異なることがわかった。一般に自然着花の多いクローンで処理の効果が強く現われるようである。

(d) 被害状況その他

処理によって地上部が全部枯死した木はなかったが、針葉が黄化したものや樹冠の一部が枯死したものが多少みられた。被害の程度によって、軽害(針葉が黄化したもの、樹冠の上部の枝が枯れたもの)と重害(樹冠の中部より上の枝が枯れ、衰弱のひどいもの)に分けて調べた。表-47によると、被害木は無処理区と剥皮区にはみられない。ジベレリンを処理した区にのみ出現している。

おそらくジベレリンによる葉害であると思われる。クローン別にみると(表-48)被害木は仁多1号にとくに多い。クローンによってちがひが認められる。

環状剥皮あるいはジベレリンの樹幹処理の場合に問題になるのは剥皮部のゆ合である。ゆ合が不十分であると風や雪によって処理部が折れて、木が枯れることがある。調査の結果によると、大部分の個体で剥皮部はその年の秋までにゆ合していた。しかし、中には完全にゆ合せず木部が一部露出しているものがあった。剥皮部のゆ合はジベレリンを処理した部分が悪いようである。これは1カ所にかなり多量のジベレリンが施与されたために、細胞分裂が阻害されて樹皮がゆ着しなかったものと思われる。環状剥皮やジベレリン処理の方法についてはさらに研究する必要がある。なるべく傷害部分を小さくし、また1カ所に多量のジベレリンを与えないなどの工夫が必要であると思う。

4. ジベレリン処理によってえられた花粉および種子の稔性

A. 材料と方法

花粉の稔性調査：供試材料はスギ(1~15年生)、メタセコイア(7年生)、ヒノキ(13年生)、ローソンヒノキ(8年生)、アスナロ(4年生)およびコノテガシワ(7年生)である。開花期にジベレリンの葉面散布によって着生した雄花から花粉をとり、酢酸カーミン染色法あるいは人工発芽試験法によって稔性を調べた。発芽試験は寒天発芽床を用いて行なった。発芽条件は表に示す通りで、25℃暗所で3~5日培養して検鏡調査した。

種子の稔性調査：供試材料としてスギ(2~15年生)ヒノキ(13年生)を用いた。ジベレリン処理によって着生した雌花は多くの場合そのまま放置して自然受粉まかせたが、スギで一部人工受粉を行なった。人工交配にはジベレリン処理によって着生した雄花から採取した花粉を用いた。10月に球果を採取し、大きさおよび重量を測定した後室内で風乾して種子をとりだした。種子は夾雑物を除き、形質の調査と発芽試験に供した。発芽試験は、1処理区につき200粒を用い、シャーレのしめったる紙上に100粒ずつまき付けた。発芽温度は、スギは21~22℃、ヒノキは26~27℃とし、暗所で21日間発芽させた。未発芽の種子は割って内容物の有無を調べ、実粒率を計算した。

B. 結果

(1) 花粉の稔性

ジベレリン処理によってえられた花粉を酢酸カーミンで染色して検鏡した結果、メタセコイアとスギの1年生苗木を除き、形態の異常は認められなかった。メタセコイ

表-49. シベレリン処理によってえられたスギの花粉の発芽試験

Table 49. Germination test of *Cryptomeria japonica* pollen obtained by GA treatment

実験 Experi- ment	供試材料 Trees treated with GA	処理区 Treatment	発芽率 Germination (%)		花粉管長 Tube length (μ)		
			A ³⁾	B ⁴⁾			
1 1)	3 年生 (オキノヤマ) 3 years old	対 照 (自然着花) Cont.	No. 1	90	78	116	
			No. 2	77	65	115	
			No. 3	67	36	105	
	2 年生 (オキノヤマ) 2 years old	G A	10 ppm	99	96	106	
			50 "	98	96	120	
			100 "	96	82	122	
			200 "	86	76	116	
	15 年生 (オキノヤマ) 15 years old	対 照 (自然着花) Cont.	No. 1	88	68	109	
			No. 2	83	57	104	
			No. 3	76	41	97	
		9 年生 (ミヨウケン) 9 years old	G A	10 ppm	92	77	95
				50 "	96	89	107
			100 "	93	75	115	
			200 "	86	78	105	
2 2)	4 年生 4 years old	対 照 (自然着花) Cont.	No. 1	87	—	59	
			No. 2	98	—	93	
			No. 3	95	—	66	
		GA ₇ 100 ppm	No. 1	86	—	74	
			No. 2	89	—	75	
			No. 3	99	—	124	
	GA ₇ 500 ppm	No. 1	52	—	33		
		No. 2	86	—	92		
		No. 3	95	—	112		
	1 年生 1 year old	GA ₃ 100 ppm	No. 1	49	—	54	
			No. 2	60	—	93	
		GA ₇ 100 ppm	No. 1	49	—	69	
	No. 2		67	—	83		

備考 1) 発芽条件: pH 7.5, 蔗糖 5%, 寒天 1%, 25°C で 5 日。

2) 発芽条件: 蒸留水, 蔗糖 5%, 寒天 1%, 25°C で 4 日。

3) 全発芽率。

4) 花粉管長が花粉の直径よりも長いものの発芽率。

Remarks

1) Germination condition: PH 7.5, sucrose 5%, agar 1%, 25°C for 5 days.

2) Germination condition: Distilled water, sucrose 5%, agar 1%, 25°C for 4 days.

3) Total germination rate.

4) Germination rate of pollens which developed longer pollen tube than pollen diameter.

表-50. ジベレリン処理によってえられたヒノキおよびローソンヒノキの花粉の発芽試験

Table 50. Germination test of *Chamaecyparis obtusa* and *Chamaecyparis lawsoniana* pollen obtained by GA treatment

処 理 区 Treatment	ヒ ノ キ <i>Ch. obtusa</i> (13 years old)		ローソンヒノキ <i>Ch. lawsoniana</i> (8 years old)			
	発 芽 率 Germination (%)	花 粉 管 長 Tube length (μ)	第1回実験 ²⁾ 1st expt.		第2回実験 ³⁾ 2nd expt.	
			発 芽 率 Germination (%)	花 粉 管 長 Tube length (μ)	発 芽 率 Germination (%)	花 粉 管 長 Tube length (μ)
対照区 Cont.	99	109	71	56	63	109
GA 50 ppm	95	100	79	44	69	75
" 100 "	98	98	89	87	67	106
" 200 "	98	107	76	59	64	100

発芽条件： 1) pH 4.5, 蔗糖濃度 (sucrose) 5%, 寒天濃度 (agar) 1%, 25℃で3日間。
Germination 2) pH 4.5, 蔗糖濃度 (sucrose) 5%, 寒天濃度 (agar) 1%, 25℃で4日間。
condition 3) pH 5.5, 蔗糖濃度 (sucrose) 10%, 寒天濃度 (agar) 1%, 25℃で3日間。

表-51. ジベレリン処理によってえられたアスナロおよびコノテガシワの花粉の発芽試験

Table 51. Germination test of *Thujopsis dolabrata* and *Thuja orientalis* pollen-obtained by GA treatment

樹 種 Species	処 理 区 Treatment	発 芽 条 件 Condition of germination	発 芽 率 Germination (%)	花 粉 管 長 Tube length (μ)
アスナロ <i>Thujopsis</i> <i>dolabrata</i> (4 years old)	No. 1 対 照 Cont.	pH 5.0	64	114
	No. 2 GA ₇ 500 ppm	蔗糖 5% Sucrose	22	46
	No. 3 "	寒天 1% Agar	87	108
	No. 4 "	25℃で4日 25℃ for 4 days	34	55
	No. 5 "		93	112
コノテガシワ <i>Thuja orientalis</i> (7 years old)	対 照 Cont.	蔗糖 5% } pH 4.5 Sucrose	81	109
		寒天 1% } pH 5.5 Agar	80	124
	GA ₇ 500 ppm	25℃で4日 } pH 4.5 25℃ for 4 days	83	140
			pH 5.5	82

表-52. ジベレリン処理によってえられたスギの球果および種子に関する調査

Table 52. A survey of *Cryptomeria japonica* cones and seeds obtained by GA treatment

供試木 Sample trees	処理区 Treatment	散布月日 Date of spraying (m. d.)	球果 Cone			種子 Seed			発芽率 Germination			実粒率 Seed sound-ness (%)	備考 Remarks	
			長さ Length (cm)	直径 Di- ame- ter (cm)	重量 Wei- ght (g)	長さ Leng- th (mm)	幅 Wid- th (mm)	重量 (100粒 当たり) 100- seed- wt. (mg)	7日 (%)	14日 (%)	21日 (%)			
2年生実生 (オキノヤマスギ) 2 years old	GA 50ppm	} 6.5 ~7.19	1.0	1.0	0.5	3.7	1.9	159	37.0	59.0	60.0	72.0	自然交配 Open p.	
	" 100 "		1.0	1.2	0.6	3.9	2.0	216	41.0	78.5	82.0	82.5		
	" 200 "		1.1	1.2	0.6	3.8	2.0	213	55.0	73.5	74.0	79.0		
2年生さし木 (オキノヤマスギ) 2 years old	GA 50ppm	} 7.7 ~8.7	1.2	1.4	1.0	4.1	2.1	252	36.5	65.5	68.5	73.0	自然交配 Open p.	
	" 100 "		1.3	1.5	1.0	4.0	2.0	225	22.5	43.0	45.5	48.5		
	" 200 "		1.2	1.4	1.2	4.2	2.0	274	47.5	71.0	72.5	73.0		
5年生三倍体つき木 5 years old	対照区 C.	} 8.13 ~9.2	1.5	1.8	2.1	5.1	2.5	440	0	1.0	1.5	1.5	自然交配 Open p.	
	GA 50ppm		1.5	1.8	2.0	4.7	2.5	359	0.5	1.0	1.5	1.5		
	" 100 "		1.5	1.7	2.0	4.8	2.3	396	0.5	0.5	0.5	0.5		
9年生実生 (ミヨウケン スギ) 9 years old	1号木	} 6.5 ~7.19	GA 10ppm	1.3	1.4	0.9	4.4	2.2	282	3.0	27.0	31.0	40.0	自然交配 Open p.
			" 50 "	1.2	1.4	1.0	4.0	2.1	246	8.0	26.0	27.5	31.0	
			" 100 "	1.2	1.3	0.9	4.1	2.1	265	5.5	21.5	25.5	30.5	
	" 200 "		1.2	1.4	0.9	4.2	2.1	276	6.5	20.5	25.0	29.5		
	2号木		GA 10ppm	1.4	1.6	1.5	4.2	2.0	298	5.5	24.0	33.0	42.0	
			" 50 "	1.3	1.4	1.1	3.9	2.0	239	9.5	31.0	40.0	49.0	
" 200 "		1.2	1.3	0.8	3.6	1.9	195	5.0	25.5	39.5	58.5			
15年生実生 (オキノヤマスギ) 15 years old	1号木	} 8.13 ~9.2	GA 10ppm	1.1	1.2	0.6	3.8	2.0	270	16.5	42.0	42.5	50.0	自然交配 Open p.
			" 50 "	1.1	1.2	0.6	3.7	2.0	226	14.0	39.0	45.0	51.5	
			" 100 "	1.0	1.1	0.6	3.6	2.0	217	14.0	33.0	33.5	37.0	
	" 200 "		1.1	1.2	0.6	3.9	1.9	246	7.5	24.5	29.0	32.5		
	2号木		GA 10ppm	1.2	1.4	0.9	4.2	2.1	317	7.5	37.0	42.5	53.0	
			" 50 "	1.2	1.3	0.9	4.1	2.0	266	2.0	17.0	22.0	36.0	
" 100 "		1.2	1.3	0.8	3.8	2.2	274	6.5	22.5	34.5	42.5			
15年生実生 (オキノヤマスギ) 15 years old	対照区 C.	} —	1.7	1.8	2.4	5.3	2.4	448	11.8	37.5	45.5	48.0	自然交配 Open p.	
	" 1号木		1.6	1.7	1.9	5.3	2.3	440	8.0	18.0	20.0	22.0		
	" 2号木		1.6	1.7	1.9	5.3	2.3	440	8.0	18.0	20.0	22.0		
7年生さし木 (クモトオシスギ) 7 years old	対照区 C.	} 7.21 ~8.10	1.8	1.9	2.8	5.2	2.6	368	0	5.7	11.3	25.7	自然交配 Open p. 人工交配 Art. P.	
	GA 50ppm		1.8	1.9	2.6	5.7	2.6	376	0	3.3	10.7	28.0		
	" "		1.7	1.9	2.5	5.4	2.8	409	0.3	3.7	10.7	48.3		
7年生さし木 (ヨシノスギ) 7 years old	対照区 C.	} 7.21 ~8.10	1.5	1.9	2.4	4.6	2.4	369	0	7.3	18.3	54.7	自然交配 Open p. 人工交配 Ar. P.	
	GA 50ppm		1.5	1.8	2.1	4.6	2.6	345	0	6.3	21.7	58.7		
	" "		1.4	1.9	2.5	4.7	2.6	396	0	10.0	30.7	74.7		

注：人工交配はGA50~100ppm溶液の散布によって着花したオキノヤマスギの花粉を用い、3月8日に行なった。
Note: Pollen grains obtained by GA treatment were used for artificial pollination.

アとスギの未熟木では、発育が不良でカーミンでよく染まらない無能花粉が1~4%程度認められた。

発芽試験の結果は表-49~51の如くである。スギについてみると、2年生以上ではジベレリン処理によってえられた花粉の発芽はきわめて良好で、多くの場合86%以上の発芽率を示した。自然着花のものに比べて劣らず、むしろ自然着花の稔性の悪い個体よりも発芽率は高かった。花粉管の伸長についてもとくに異常は認められなかった。しかし1年生苗の花粉は発芽率が低く、花粉管の伸長も悪かった。ヒノキ、ローソンヒノキ、コノテガシワでは、ジベレリン処理区の花粉は対照区と同様に高い発芽率を示した。また花粉管の伸長にもとくに異常は認められなかった。アスナロのジベレリン処理によってえられた花粉の発芽は個体によってかなり差があり、No.2, No.4のように発芽の非常に悪いものがあった。メタセコイアの花粉は人工発芽床で発芽しなかった。

以上の如く、ジベレリン処理によってえられた花粉の稔性は樹種や樹齢によって異なる。一般に高齢木では花粉の稔性が高く、十分交配に使用することができる。しかし、未熟木では稔性が悪い場合があり注意を要する。

(2) 種子の稔性

ジベレリン処理によって着生した雌花は、スギおよびヒノキではほとんど100%近く開花し、順調に発育して球果になった。しかし、ローソンヒノキ、アスナロおよびスギの未熟木では、開花しないもの、あるいは開花しても正常な球果に発育しないものがみられた。このような花はとくに高濃度のジベレリンを処理した区に多いようである。

10月に球果を採取して調査した結果は表-52~53の如くである。スギについてみると(表-52)、一般にジベレリン処理によって着生した球果の発育は自然着生のものに比べて悪い。球果が小さくて軽い傾向がみられる。しかし、球果の発育は供試木の樹齢によってかなり異なるようである。2年生苗では、球果の大きさが著しく不揃いで、順調に発育したものと発育不十分な小形球果とがみられた。とくに小さい苗木に球果が多数着生した場合には、このような傾向が顕著にみられる。高齢木では、球果は比較的斉一で、5年生三倍体、7年生クモトオシスギおよびヨシノスギでは自然着生のものと同じ大きさ、重量ともほとんど差がなかった。10~200ppmの濃度範囲では、ジベレリンの濃度のちがいで球果の発育に大きな差異は認められなかった。ジベレリンの散布時期と球果の発育との関係についてみると、9年生ミヨウケスギでは6~7月区よりも8~9月区の方が球果が小さく軽かった。種子の大きさ、重量は、球果の場合と同様に高齢木では自然着生のものと同じく変わらないが、幼齢木では自然着生のものよりもやや小さく、かつ軽かった。しかし、種子は比較的斉一で、内容はかなりよく充実していた。発芽試験の結果、ジベレリン処理によってえられた種子は、三倍体を除き、自然着生のものに劣らない高い発芽率を示した(三倍体の種子の発芽が悪いのはジベレリン処理とは無関係である)。また実粒率も高かった。10~200ppmの濃度範囲では、ジベレリンの濃度および散布時期のちがいで種子の稔性に大きな差は認められないようである。ジベレリン処理によってえられた花粉の人工交配と自然交配とを比較すると、球果および種子の大きさ、重量にちがいはみられない。しかし、発芽率は7年生ヨシノスギでは人工交配が自然交配

表-53. ジベレリン処理によってえられたヒノキの球果および種子に関する調査

Table 53. A survey of *Chamaecyparis obtusa* cones and seeds obtained by GA treatment

処理区 Treatment	散布月日 Date of spraying (m. d.)	球果 Cone			種子重量 (100粒当たり) 100-seed-weight (mg)	発芽率 Germination			実粒率 Seed soundness (%)	備考 Remarks
		長さ Length (mm)	直径 Diameter (mm)	重量 Weight (mg)		7日 (%)	14日 (%)	21日 (%)		
対照区 Cont.	—	9.3	10.5	530	241	14.0	46.0	48.0	50.0	3号木, 自然受粉
GA 50 ppm	8.8~8.26	9.5	9.9	510	255	24.0	62.0	63.0	63.0	1号木, Open, p.
" 100 "	"	9.1	9.8	490	265	31.5	70.0	70.0	75.0	" "
" 200 "	"	9.0	9.8	480	274	35.5	75.5	75.5	76.5	" "

注: 12年生のヒノキにジベレリンを処理した。
Note: 12-year-old trees were used.

表-54. スギの花芽分化におよぼす枝の環状剥皮と巻き締め処理の影響

Table 54. Effects of girdling and banding the branch on flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

処理区 Treatment	処理時期 Date treated	処理枝数 No. of branches treated	当年の花芽分化 Flower formation in this year						翌年の花芽分化 Flower formation in next year						枯死率 Withering (%)		当年の生長 Growth in this year (%)		備考 Remarks	
			着花率 ¹⁾ % of branches with flowers			着花数 ²⁾ No. of flowers/branch			着花率 ¹⁾ % of branches with flowers			着花数 ²⁾ No. of flowers/branch			当年 This year	翌年 Next year	伸長 ³⁾ Elongation	肥大 ⁴⁾ Thickening		
			全体 Total	♂	♀	♂	♀	全体 Total	♂	♀	♂	♀								
環状剥皮 Girdling	対照C.	5	20	20	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84(100)	—	オキノヤマ スギ 20年生 (台木) 20 years old	
	May 15	5	50	50	25	13.3	2.8	50	50	0	9.5	0	20	20	0	0	54(64)	159		
	June 15	5	80	60	60	11.6	28.0	20	20	0	3.2	0	0	0	0	0	63(75)	154		
	July 15	5	60	40	40	9.8	44.6	25	25	25	0.5	5.3	0	20	20	0	0	81(96)		152
	Aug. 15	5	0	0	0	0	0	25	25	0	38.8	0	20	20	0	0	0	86(102)		149
巻き締め Banding	対照C.	5	20	20	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102(100)	—	オキノヤマ スギ 6年生 (さし木) 6 years old	
	May 15	5	40	40	40	6.0	15.8	100	100	60	101.0	10.4	0	0	0	0	54(53)	145		
	June 15	5	60	20	60	13.0	67.8	80	80	40	75.0	26.0	0	0	0	0	75(74)	123		
	July 15	5	60	40	60	6.8	6.2	75	75	50	108.8	11.3	0	20	20	0	0	94(92)		130
	Aug. 15	5	60	60	40	14.8	2.4	75	75	75	191.0	49.8	0	20	20	0	0	99(97)		109

注 1) 生存本数に対する%で示す。 2) 1枝当たりの着花数, 雄花は集団数で示す。 3) 前年の生長に対する%で示す。
4) 処理部の下部の直径に対する上部直径の%で示す。

よりも高かった。また実粒率はヨシノスギ, クモトオシスギとも人工交配の方が大である。これらのことから, ジベレリン処理によってえられた花粉は胚珠内で正常に発芽し, 受精することがわかった。

ヒノキでは(表-53), ジベレリン処理によって着生した球果は比較的斉一で, 自然着生のものに較べて大きさ, 重量はやや劣るけれども著しいちがいは認められない。50~200ppmの範囲では, ジベレリンの処理区間に球果の大きさおよび重量について大きな差はみられない。ジベレリン処理区の種子は比較的斉一で, 大きさは対照区とあまりちがわない。しかし, 100粒当たりの重量は対照区よりもやや重かった。発芽率についてみると, 21日間の発芽率は対照区の48.0%に対しジベレリン区は63.0~75.5%で, 対象区よりも高かった。実粒率についても同様の結果がえられた。50~200ppmの濃度範囲ではジベレリンの濃度差によって種子の稔性に大きな差はみられないが, 低濃度区よりも高濃度区で発芽率, 実粒率はやや高くなっている。

以上の如く, ジベレリン処理によって着生した球果および種子は, 若い実生苗では自然着生のものよりも小さくて軽いが, 成木ではほとんど差が認められない。また種子は正常に発芽し, 自然着生のものに劣らない高い稔

性を持っていることがわかった。

III-2. 機械的処理による花芽分化の調節

1. 環状剥皮, 巻き締め処理によるスギの花芽分化の調節

A. 材料と方法

20年生(実生, 台木)と6年生(さし木)のオキノヤマスギを供試材料として, 強勢の1次枝に環状剥皮および巻き締め処理を行なった。環状剥皮は, 枝の基部を2cm幅に全周剥皮し, 樹皮を反転してはめ込み, テープでしばった。巻き締めは, 枝の基部を直径1.3mmの針金で3~4cm幅にまき締めた。処理時期は5月から8月までで, 各月の中旬に行なった。

次に20年生と4年生オキノヤマスギを使って, 環状剥皮におよぼす樹齡と施肥の影響を調べた。6月21日に前と同様の方法により枝(20年生)あるいは苗木(4年生)の基部を環状に剥皮し, 4年生に対してはさらに次の施肥を行なった。施肥区として, 三要素区と三要素+尿素区を設けた。三要素の施与は8月10日に行ない, 1個体当たり硫酸アンモニア10g, 過磷酸石灰15g, 硫酸加里10gを施した。尿素は1%液とし, 8月10日~9月20日の期間に5回葉面散布した。

B. 結果

(1) 環状剥皮, 巻き締め処理の効果

実験の結果を表-54に示す。処理の効果は直ちにその年の花芽分化に現われ、9月下旬には花芽の着生が認められた。処理当年の花芽分化についてみると、環状剥皮の場合は5, 6, 7月区で着花が促進されたが、着花率は雌雄両花とも6月区が最大であった。1枝当たりの着花数についてみると、雄花は7<6<5月区の順に、雌花は5<6<7月区の順に多かった。巻き締め処理の場合は、5~8月のいずれの処理区でも着花が促進された。雄花の着花率は8月区で、雌花の着花率は6月と7月区で大であるが、着花数では、雄花は8月と6月区に多く、雌花は6月区にとくに多かった。着花率と着花数から判断して、剥皮処理の適期は6, 7月、巻き締め処理の適期は6月であると思われる。

翌年の花芽分化についてみると、剥皮, 巻き締めいずれの処理でも着花は促進された。しかし、処理の効果は剥皮よりも巻き締めの方が大である。剥皮処理では、8月区を除き前年に比べて着花率, 着花数ともに減少している。とくに雌花の着生が減少するようである。これに反し、巻き締め処理では処理年に比して著しい着花率の増加がみられた。着花数については、雌花は処理年とあ

まりちがわれないが、雄花は明らかに増加している。すなわち、剥皮処理の効果は処理年に強く現われ、効果の持続期間が短い。巻き締め処理の効果は処理年よりも翌年に強く現われ、効果の持続期間が長いようである。剥皮, 巻き締めいずれの処理でも、処理時期と翌年の花芽分化との間には一定の関係が認められない。

機械的処理は樹木に傷害を与えるから、処理部より上部が枯死する場合がある。処理による枝の枯死は巻き締め処理よりも剥皮処理で多くみられた。一般に処理年よりも翌年の枯死率が高い。剥皮処理では処理年と翌年に、巻き締め処理では翌年被害が現われた。処理年の枝の生長についてみると、伸長生長は処理によって抑制されたが、処理部直上の肥大生長は逆に促進された。伸長生長の抑制および肥大生長の促進の度合は処理時期が早いほど大であった。

(2) 剥皮, 巻き締め処理の効果の個体によるちがいおよび樹齡と施肥の影響

前述の結果を個体別に整理すると表-55の如くである。処理の効果は個体によって著しく異なる。剥皮処理では、処理当年の花芽分化はNo. 4ではみられない。No. 2も着花が少ない。No. 1とNo. 5が比較的多く着花している。しかし、翌年の花芽分化は処理年と必ずしも同じでない。No.

表-55. 環状剥皮, 巻き締め処理によるスギの花芽分化の個体によるちがい

Table 55. Variations among individual trees in effects of girdling and banding on flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

処 理	個 体 Individual	当 年 の 花 芽 分 化 Flower formation in this year					翌 年 の 花 芽 分 化 Flower formation in next year				
		着 花 率 % of branches with flowers			着花数(1枝当たり) No. of flowers per branch		着 花 率 % of branches with flowers			着花数(1枝当たり) No. of flowers per branch	
		全体 Total	♂	♀	♂	♀	全体 Total	♂	♀	♂	♀
環状剥皮 Girdling	No. 1	75	50	75	13.0	48.5	0	0	0	0	0
	No. 2	25	0	25	0	1.3	0	0	0	0	
	No. 3	75	75	0	5.5	0	50	50	0	42.5	0
	No. 4	0	0	0	0	0	50	50	50	1.0	10.5
	No. 5	67	67	67	28.7	58.3	100	100	0	19.5	0
巻き締め Banding	No. 6	0	0	0	0	0	100	100	50	45.5	23.0
	No. 7	100	100	100	32.3	99.3	100	100	75	123.8	15.5
	No. 8	0	0	0	0	0	25	25	25	2.5	1.0
	No. 9	75	75	50	11.5	7.3	100	100	100	188.0	71.5
	No. 10	100	50	100	6.8	8.8	100	100	25	182.8	7.0

4は翌年50%着花しているが、No. 1は着花皆無である。巻き締め処理では、効果の早く現われる個体と遅く現われる個体とがある。また着花量は個体によって異なる。No. 7は処理年から花を多くつけるが、No. 6とNo. 8は翌年はじめて着花している。

機械的処理の効果は樹齡によって異なるようである(表-56)。20年生と4年生を比較すると、いずれも環状剥皮によって着花は促進されるが、20年生ではとくに雌花の着生が増加している。環状剥皮と施肥の併用効果についてみると、施肥は環状剥皮の効果を打ち消す傾向がみられる。

剥皮+施肥区では、剥皮区に比べて着花率、着花数ともに著しく減少している。とくに雄花の着生が抑制された。伸長生長は剥皮処理によって抑制されるが、施肥するとかなり回復する。

2. 環状剥皮、巻き締め処理によるカラマツの花芽分化の調節

A. 材料と方法

鳥取大学蒜山演習林に植栽されている8~10年生カラマツ(長野県産)を用いて実験を行なった。供試木は、樹高5~8m、胸高直径6~12cmで、いずれもこれまでに自然着花のみられないものである。着花促進処理の方法は次の如くである。

環状剥皮：幹あるいは枝に行なう。幹の場合は、半周2段剥皮法により、2cm幅に剥皮した。処理は地上1m(第1剥皮部)と樹高のほぼ中央(第2剥皮部)の2カ所に行なった。処理時期は5月30日、6月18日および6月21日で、1回剥皮区と2年連続2回剥皮区を設けた。枝の場合は、1次枝の基部を2cm幅に全周剥皮し、樹皮を反転してはめ込み、テープでしばった。処理時期は6月18日である。

巻き締め：1次枝の基部を直径1.3mmの針金で5cmの幅に巻き締めた。処理は樹冠のいろいろな位置の枝に行なった。処理時期は6月15日である。

B. 結果

幹の環状剥皮による着花状況は表-57の如くである。処理の効果はただちにその年の花芽分化に現われ、7月下旬には花芽が識別された。翌春の調査では、処理木の70%~90%に着花が認められた。しかし、ほとんどの木が雄花のみ着生し、雌花をつけたものはわずか1個体にすぎなかった。2年連続処理すると、雄花の着生は多少増加するようであるが、雌花の着生はほとんど増加しなかった。着花数は個体によって著しく異なる。雄花は樹冠中部の枝に最も多く着生したが1枝当たりわずか数個のものから200個位着生しているものまでであった。しかし、雌花は非常に少なく、1個体当たり1~2個であった。

枝に対する処理は一般により結果が得られなかった

表-56. 環状剥皮によるスギの花芽分化におよぼす樹齡と施肥の影響

Table 56. Effects of tree age and manuring on girdling-induced flower bud formation in *Cryptomeria japonica*

樹齡 Tree age (年 y.)	処理区 Treatment	処理本数 (枝) Number treated	着花率 % of trees or branches with flowers			着花数 No. of flowers / tree or branch		伸長生長 Elongation of stem (%)
			全 Total	♂	♀	♂	♀	
20	対照 Control	(5)	20	0	20	0	1.0	—
	剥皮 Girdling	(5)	100	60	100	20.4	60.4	—
4	対照 Control	10	40	40	0	4.1	0	72.5 (100)
	剥皮 Girdling (G)	10	70	50	50	32.0	10.0	41.1 (57)
	剥皮+三要素 G+NPK	10	20	0	20	0	0.7	63.6 (88)
	剥皮+三要素+尿素 G+NPK+Urea	10	10	0	10	0	0.1	60.0 (83)

備考 剥皮処理：6月21日。三要素施肥：8月10日(硫安10g+過石15g+硫酸カリ10g/個体)。

尿素散布：8月10日~9月20日(1%液を5回)。

Remarks Girdling : June 21. Application of 3 fertilizers : Aug. 10. Spray of urea : Aug. 10~Sep. 20 (1% solution, 5 times).

表-57. カラマツの花芽分化におよぼす幹の環状剥皮の影響

Table 57. Effect of trunk-girdling on flower bud formation in *Larix leptolepis*

処 理 区 Treatment	処 理 時 期 Date treated (年, 月, 日) y. m. d.	処 理 本 数 No. of trees treated	着 花 本 数 No. of trees with flowers				雌 花 着 生 数 (1本当たり) No. of ♀ flowers per tree	
			雄 花 Male					雌 花 Female
			少 Small	中 Medium	多 Abundant	合 計 Total		
対 照 Cont.	無 処 理	10	0	0	0	0	0	
1 回 剥 皮 Once girdled	1966. 5. 30	10	2	2	3	7	0	
	1965. 6. 18	10	4	3	2	9	1	
2 回 剥 皮 Twice girdled	1965. 6. 18	10	1	4	3	8	2	
	1966. 6. 21							

備考 雄花の着生は樹冠中部の枝につき次の基準により調べる。 多：1主枝当たり 100個以上，
中：1主枝当たり20~99個， 少：1主枝当たり1~19個。

表-58. カラマツの花芽分化におよぼす枝の剥皮，巻き締め処理の影響

Table 58. Effect of girdling or banding the branch on flower bud formation in *Larix leptolepis*

材 料 Sample trees	処 理 区 Treatment	処 理 枝 数 No. of branch- es treat- ed	1 年 目 Responses in the 1st year				2 年 目 Responses in the 2nd year				
			生 存 枝 数 No. of live branch- es	着 花 枝 数 No. of branch- es with flowers	着 花 数 (1枝当たり) No. of flowers per branch		生 存 枝 数 No. of live branch- es	着 花 枝 数 No. of branch- es with flowers	着 花 数 (1枝当たり) No. of flowers per branch		
					♂	♀			♂	♀	♀
8 年 生 8 years old	巻き締め Banding (B)	4	2	1	5	0	2	1	35	1	3
	巻き締め(B)+GA 100ppm	3	3	1	1	0	1	1	27	0	0
	巻き締め(B)+GA 300ppm	3	3	1	1	0	3	2	4~70	0	0
10 年 生 10 years old	巻き締め { 樹冠下部の枝 Lower branch	10	10	6	1~199	0	3年目に1枝，♀7個着生	2年目に1枝，♀6個着生			
	Banding { 樹冠上部の枝 Upper branch	10	10	9	5~87	0					
	剥皮 Girdling	10	7	5	1~500	0					

(表-58)。枝が若い関係が枯死するものが多かった。とくに剥皮処理では枯死が目だった。巻き締め処理の場合も、針金をそのまま放置しておくと2年目頃から枝が衰弱し、やがて枯死する。しかし、枯死を免れたものでは着花がかなり促進された。処理の効果は、幹処理の場

合と同様に、処理当年の花芽分化に現われたが、巻き締め処理では当年よりも翌年の花芽分化が一層促進された。剥皮，巻き締めいずれの処理でも，処理年に分化した花芽は全部雄花であった。しかし，剥皮部のゆ着の不完全なものや巻き締め処理をそのまま継続すると2~3年目

表-59. 幹の環状剥皮の場合、カラマツの樹冠における花芽の着生状態

Table 59. The state of bearing of flower buds within the crown of *Larix leptolepis* when girdling was done on the trunk

調査木 Tree no.	花性 Sex	着花数 (1枝当たり) No. of flowers per branch		
		下部の枝 Lower branch	中部の枝 Middle branch	上部の枝 Upper branch
No. 1	♂	4.0	23.3	3.7
No. 2	♂	0	2.0	0
No. 3	♂	38.0	83.3	8.7
No. 4	♀	0	0	0.7
No. 5	♂	40.0	70.0	0
No. 5	♂	37.3	108.3	4.0
平均 Mean	♂	23.9	57.4	3.3
	♀	0	0	0.1

表-60. 幹の環状剥皮の場合、カラマツの枝における花芽の着生状態

Table 60. The state of bearing of flower buds on the branch of *Larix leptolepis* when girdling was done on the trunk

枝の種別 Branch 枝の年次 Age (y.)		下方の枝 Lower branch (No. of flowers /branch)					上方の枝 Upper branch (No. of flowers /branch)			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4
雄花 Male	No. 1	13.0	86.0	74.0	21.0	5.0	2.0	68.0	17.0	0
	No. 2	0	41.5	44.0	10.0	1.0	0.5	24.0	16.5	0
	No. 3	1.0	25.5	37.0	16.5	0	7.5	26.0	4.5	0
	No. 4	0	1.0	0	0	0	0.5	6.5	0	0
	No. 5	0	5.5	5.0	2.0	0	0	11.5	11.5	0
	平均Mean	2.8	31.9	32.0	9.9	1.2	2.1	27.2	9.9	0
雌花 Female	No. 1	—	—	—	—	—	0	1.0	0	0
	No. 2	—	—	—	—	—	0	1.0	0	0
	No. 3	—	—	—	—	—	0	0.5	0	0
	平均Mean	—	—	—	—	—	0	0.8	0	0

備考：1 主枝当たりの平均着花数を示す。

頃から雌花がつく場合があるが、効果は確実でない。
樹冠および枝における花芽の着生状況は表-59-60の如くである。幹の剥皮処理では、雄花は樹冠中部の枝、とくに第2剥皮部の上部の枝に最も多く着生した。次いで樹冠下部の枝に多く、樹冠の上部にゆくにしたがって減少し、梢頭部には殆ど着生しなかった。雌花は樹冠の上部の枝に着生した。雄花は樹冠の下部の枝では1-5年生の部分にみられたが、2-3年生の部分にとくに多

かった。上部の枝では1-3年生の部分に認められたが、2年生の部分に最も多かった。また個体によっては雄花が幹につく場合があった。雌花は幹の剥皮の場合はすべて2年生の部分に認められたが、枝の巻き締めや剥皮処理で2、3年後に着花したものは3-5年生の部分にみられた。枝における花芽の分布状態は個体、樹冠の位置、枝の状態などによって違ってくるようである。

表-61. アカマツ、クロマツの花芽分化に対する剪定の効果*

Table 61. Effect of pruning on flower bud formation in *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* *

樹種 Species	処理区 Treatment	1 個体当たり新条数 No. of new shoots per tree				1 個体当たり雄花着生数** No. of ♂ flowers per tree				1 個体当たり雌花着生数 No. of ♀ flowers per tree				1 新条当たり着花数 No. of flowers per shoot	
		上部 Upper part	中部 Middle part	下部 Lower part	合計 Total	上部 Upper part	中部 Middle part	下部 Lower part	合計 Total	上部 Upper part	中部 Middle part	下部 Lower part	合計 Total	♂	♀
		着花 Flower bearing		樹冠 Crown											
<i>P. densiflora</i>	対照 Cont.	24.4	214.8	294.5	533.7	0.1	27.9	46.0	74.0	4.5	12.7	11.7	28.9	0.14	0.05
	弱度剪定 Weak p.	46.8	235.6	254.9	537.3	3.9	36.7	49.0	89.6	9.8	10.9	3.7	24.4	0.17	0.05
	中度剪定 Medium p.	50.5	246.8	292.6	589.9	1.9	65.3	63.8	131.0	12.8	21.0	11.0	44.8	0.22	0.08
	強度剪定 Strong p.	59.1	255.8	377.0	619.9	4.9	57.7	83.6	146.2	7.8	9.9	12.1	29.8	0.21	0.04
<i>P. thunbergii</i>	対照 Cont.	13.4	56.4	76.0	145.8	0.9	15.1	12.0	28.0	9.8	13.4	4.9	28.1	0.19	0.19
	弱度剪定 Weak p.	24.0	54.5	63.6	142.1	4.8	9.7	14.1	28.6	21.8	15.2	8.3	45.3	0.20	0.32
	中度剪定 Medium p.	28.3	66.1	78.4	172.8	6.0	12.3	20.8	39.1	16.3	11.6	10.2	38.1	0.23	0.22
	強度剪定 Strong p.	19.2	63.6	116.1	198.9	2.5	12.6	29.5	44.6	18.6	24.1	18.0	60.7	0.22	0.31

* 5年生, 10クローンの平均を示す。5-year-old plus tree clones, which were propagated by grafting, were used. Showed the average of 10 clones.

** 新条数で示す。The number of male flowers was shown by the number of new shoots.

以上の結果から、カラマツの幼齡木に対する機械的処理は雄花の分化に対しては効果があるが、雌花の分化にはあまり効果がないことがわかった。

3. 剪定によるアカマツ、クロマツの花芽分化の調節

A. 材料と方法

関西林木育種山陰支場中河原採種園に植栽されているアカマツとクロマツの6年生精英樹クローン(つぎ木)を使用した。アカマツとクロマツのそれぞれから10クローンを選び、1967年5月15日に新条を剪定した。供試本数は各処理区とも10本(1クローン1本ずつ)である。剪定の方法は次の通りである。

- (1) 無処理(対照) 無剪定で、自然放任のままとする。
- (2) 弱度剪定 主幹の新条のみ剪定、長さ50cmにきりつめる。
- (3) 中度剪定 主幹と主枝の新条を剪定、主幹を50cm、主枝を30cmにきりつめる。
- (4) 強度剪定 主幹、主枝および側枝の新条を剪定、主幹を50cm、主枝を30cm、側枝を25cmにきりつめる。

B. 結果

(1) 剪定の効果

翌年着花状況を調査した結果は表-61の通りである。調査は樹冠を上部、中部、下部に3等分して行なった。まず新条数についてみると、剪定によってアカマツ、クロマツとも新条数が増加した。新条数の増加は強度区が最も著しく、ついで中度区であった。弱度区では樹冠の上、中部で増加したが、全新条数は対照区とあまり差がなかった。着花数は剪定によって明らかに増加した。1個体当たりの雄花着生数はアカマツ、クロマツとも強度区に最も多く、ついで中度区に多かった。雌花はアカマツでは中度区に、クロマツでは強度区に最も多く着生した。1新条当たりの着花数についてみると、雄花はアカマツ、クロマツとも中度区と強度区に、雌花はアカマツでは中度区に、クロマツでは弱度区と強度区に多い傾向がみられた。すなわち、剪定によって1個体当たりの着花数が増加するばかりでなく、1新条当たりの着花数も増加した。したがって、剪定による着花数の増加は新条数の増加のみによるのではない。剪定はマツの着花促

進に効果があるといえる。

(2) 樹冠区分別着花状況およびクローンによる効果のちがい

樹冠区分別にみると、雄花は処理区にあまり関係なく、アカマツ、クロマツとも上部〈中部〈下部の順に多い。雌花についてはとくに一定の傾向はみられない。中部に最も多い場合、下部に最も多い場合などがある。多少の例外はあるが、剪定によって雄花、雌花ともに樹冠の各区分で着花数が増加している。すなわち、剪定によって樹冠全体に花がつくようになる。

剪定の効果はクローンによってかなり異なるようである。処理本数が少ないのでとりまとめなかったが、過去の自然着花の状況と対比してみると、アカマツでは自然着花の多い2クローンで剪定の効果がとくに著しかった。クロマツでも同様の傾向がみられた。剪定を着花促進に応用する場合の一つの問題点といえる。

Ⅲ-3. 花性分化の化学調節

1. スギの花性分化の化学調節

A. 材料と方法

実験1：14年生オキノヤマスギの雄花を着生した枝を供試材料とした。雄花着生部より上方の枝および着花部より上部の新条を摘除した後薬剤を散布した。使用した薬品はジベレリン (GA), α -ナフタレン酢酸ソーダ (NAA) および尿素で、いずれも水溶液として葉面散布した。処理の方法は表-62の通りである。

表-62. スギの花性分化の人為的調節の方法

Table 62. Methods of artificial control of flower sex differentiation in *Cryptomeria japonica*

処 理 Treatment	方 法 Method	濃 度 Concentration G A 尿素 NAA Urea	散布回数 No of spraying G A 尿素 NAA Urea	散 布 時 期 Period of spraying (月日m. d.)	処理枝数 No. of branches treated	雌性化* Effect on sex reversal
対 照 Cont.	摘 心 + 尿 素 Pinching Urea	ppm % 1	7	尿素: 8.6~9.5 Urea	5	-
G A	摘心(P)+GA+尿素(U)	10 + 1	3 + 7	GA: 8.6~8.27	5	+
		50 + 1	"	尿素: 8.6~9.5	5	+
		100 + 1	"	Urea	5	+
NAA	摘心(P)+NAA+尿素(U)	10 + 1	7 + 7	NAA: 8.6~9.11	5	-
		50 + 1	"	尿素: 8.6~9.5 Urea	5	-

* Positive (+) or negative (-) response.

実験2：15年生オキノヤマスギの雄花着生枝を用いて、薬剤の併用処理の効果を試験した。実験1と同様に摘心処理した後、薬剤を単用および併用散布した。使用した薬品はジベレリン (GA), インドール酢酸 (IAA), α -ナフタレン酢酸ソーダ (NAA), 2,4-Dおよび尿素である。処理の詳細は表-64の如くである。

B. 結 果

(1) ジベレリンの効果

実験の結果は表-63の如くである。本来雄花として発育してきた側生の花がジベレリンと尿素有るいはNAAの処理では起こらなかった。ジベレリンは10~100ppmで雄花の雌性化を誘起したが10ppmが最も効果があった。ジベレリンによる雄花の雌性化現象は個体および枝の状態によって著しく異なるようである。雌性化の起こりやすい個体と起こりにくい個体とがあった。

表-63, Bは雌性花を最も多く着生した個体で、雌性花の出現率はGA10ppm区で最も高く平均33%であるが、枝によっては100%雌性花を着生する場合もみられた。枝の状態についてみると、一般に雌性花は弱勢枝に少なく、強勢枝で多くみられた。

ジベレリン処理によって着生した雌性花には、花全体が雌花に変わった全面的雌性花と、一つの花で上部のみ雌花に変わり下部は雄花のまま固定した部分的雌性花

表-63, A. ジベレリンによるスギの花性分化の状況

Table 63, A. Details of flower sex reversal in *Cryptomeria japonica* by spraying with gibberellin* (5個体の調査結果)

処理区 Treatment	処理枝数 No. of branches treated	調査緑枝数 No. of shoots investigated	雌性花を着生した枝の数 No. of branches with feminized flowers	雌性花を着生した緑枝の数 No. of shoots with feminized flowers	総着花数 Total number of flowers on shoots	雄花に固定した花の数 No. of fixed male flowers	発育の抑制された雄花の数 No. of inhibited male flowers	葉芽に発育した花の数 No. of flowers which developed into foliar buds	雌性花の数 No. of feminized flowers			雌性花率 % of feminized flowers
									部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total	
対照 Cont.	5	25	0	0	402	359	28	15	0	0	0	0
GA 10 ppm	"	"	2	5	433	393	7	1	18	14	32	7.4
" 50 "	"	"	5	11	403	374	1	2	9	17	26	6.5
" 100 "	"	"	3	7	341	330	0	4	0	7	7	2.0
NAA 10 "	"	"	0	0	303	277	20	6	0	0	0	0
" 50 "	"	"	0	0	341	338	3	0	0	0	0	0

* Showed the result of investigation of 5 trees.

表-63, B. ジベレリンによるスギの花性分化の状況

Table 63, B. Details of flower sex reversal in *Cryptomeria japonica* by spraying with gibberellin* (雌性花を最も多く着生した1個体に関する調査結果)

処理区 Treatment	調査緑枝数 No. of shoots investigated	雌性花を着生した緑枝の数 No. of shoots with feminized flowers	1緑枝当たり着花数 Total flowers set on a shoot	雄花に固定した花の数 No. of flowers fixed to male	発育の抑制された雄花の数 No. of inhibited male flowers	葉芽に発育した花の数 No. of flowers which developed into foliar buds	雌性花の数 No. of feminized flowers per shoot			雌性花率 % of feminized flowers
							部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total	
対照 Cont.	5	0	21.6	21.4	0.2	0	0	0	0	0
GA 10ppm	"	4	18.8	12.4	0	0.2	3.6	2.6	6.2	33.0
" 50 "	"	3	11.4	7.8	0	0.4	1.6	1.6	3.2	28.1
" 100 "	"	1	33.0	32.8	0	0	0	0.2	0.2	0.6

* Showed the result of investigation of a tree which bore the most feminized flowers.

(雌雄混生花)の二つがみられた。これらの雌性花は11月下旬頃になると鱗片に色素が形成されて紫黒色を呈するので、外観的に見分けることができる。全面的雌性花は翌春開花して正常な球果に発育し、発芽力のある種子を生産した。

(2) ジベレリンとオーキシンあるいは尿素の併用処理の効果

実験の結果は表-64~65の如くである。

雄花の雌性化は新条の摘心、尿素、IAA、NAAおよび2,4-Dの散布などの処理では起こらなかった。摘心処理とジベレリン散布の組み合わせ処理によってはじめて誘起された。薬剤の併用処理の効果についてみると、ジベレリンと尿素あるいはジベレリンとオーキシンの併用はジベレリンの単用に比べて雌性花の着生を一層促進した。これらの中でジベレリンと尿素の併用が最も有効であった。雌性花の出現率はGA50ppm+尿素10,000ppm区で最も高く、56%を示した。ジベレリンとNAA

表-64. スギの花性分化の化学調節の方法

Table 64. Methods of chemical control of flower sex differentiation in *Cryptomeria japonica*

処 理 Treatment		濃 度 Concentration (ppm)	散布回数 No. of spraying	散 布 時 期 Period of spraying (月日m. d.)	供試木 の 数 No. of trees used	雌 性 化 Effect on sex reversal		
						1号木 No.1	2号木 No.2	3号木 No.3
対照 (摘心) Cont.		—	—	—	3	—	—	—
単用処理 Single spray	尿素 Urea	10,000	5	8.22 ~ 9.21	3	—	—	—
	GA	10	3	8.21 ~ 9.15	3	+	—	—
		50	”		”	+	—	—
	IAA	10	4	8.22 ~ 9.18	3	—	—	—
		100	”		”	—	—	—
NAA	10	4	8.22 ~ 9.18	3	—	—	—	
	100	”		”	—	—	—	
2,4-D	10	4	8.22 ~ 9.18	3	—	—	—	
	100	”		”	—	—	—	
併用処理 Dual sprays	GA+尿素 (U)	10+10,000	3+5	GA : 8.21 ~ 9.15	3	#	—	—
		50+10,000	”	U : 8.22 ~ 9.21	”	#	—	+
	GA+IAA	10+10	3+4	GA : 8.21 ~ 9.15	3	+	+	—
		10+100	”	IAA : 8.22 ~ 9.18	”	#	—	—
GA+NAA	10+10	3+4	GA : 8.21 ~ 9.15	3	#	—	—	
	10+100	”	NAA : 8.22 ~ 9.18	”	—	—	—	
GA+2,4-D	10+10	3+4	GA : 8.21 ~ 9.15	3	—	+	—	
	10+100	”	2,4-D : 8.22 ~ 9.18	”	—	—	—	

あるいはIAAの併用はジベレリンと尿素の併用に比べて効果は劣るが、ジベレリン単用よりは雌性花の着生を促進した。IAAは100ppmで併用効果が認められた。NAAは10ppmで効果があったが、高濃度ではかえってジベレリンの作用を抑制した。2,4-Dはほとんど併用効果が認められなかった。

以上の結果から、ジベレリンと尿素、IAAあるいはNAAの併用処理はジベレリンの単用よりも雄花の雌性化を一層促進する。これらのうちで、ジベレリンと尿素の併用処理が最も有効であることがわかった。

2. カラマツの花性分化の化学調節

A. 材料と方法

10年生カラマツ (蒜山演習林植栽) を使用して実験を

行なった。5月から6月に前述のⅢ-2, 2と同様の方法により幹に環状剥皮処理をして花芽分化を促した後、雄花の着生した個体を選びだし次の処理を行なった。

ホルモン剤処理：使用した薬剤はナフタリン酢酸ソーダ (NAA), GA₃, GA₇および2-クロロエチルトリメチルアンモニウム塩 (CCC) である。処理方法は表-66の如くである。施肥量は1個体当たり100~400mg (ただしCCCは2ml) で、半量ずつ2回、7月29日と8月20日に樹幹に処理した。第1回目は水溶液あるいは50%アルコール溶液として樹幹の第2剥皮部 (2cm幅に環状剥皮) から吸収させたが、水溶液の注入は容易でないことがわかったので、第2回目はラノリン軟膏として材部に塗布した。

表-65. スギの花性分化におよぼす薬剤の影響

Table 65. Chemical control of flower sex differentiation in *Cryptomeria japonica*

処理区 Treatment (ppm)	調査緑枝数 No. of shoots investigated	雌性花を着生した緑枝の数 No. of shoots with feminized flowers	1緑枝当たり着花数 No. of flowers per shoot	雄花に固定した花の数 No. of fixed male flowers	葉芽に発育した花の数 No. of flowers which developed into foliar buds	雌性花の数 No. of feminized flowers per shoot			雌性花率 % of feminized flowers
						部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total	
対照 Cont.	5	0	15.2	14.2	1.0	0	0	0	0
GA 10	"	5	14.4	12.3	0	2.1	0	2.1	14.6
GA 50	"	4	16.3	15.3	0	1.0	0	1.0	6.1
GA10+尿素 (U) 10,000	"	5	10.0	5.8	0	3.8	0.4	4.2	42.0
GA50+尿素 (U) 10,000	"	5	10.2	4.5	0	3.2	2.5	5.7	55.9
GA10+IAA 10	"	4	12.2	10.8	0	1.4	0	1.4	11.5
GA10+IAA 100	"	4	10.8	8.2	0	1.4	1.2	2.6	24.1
GA10+NAA 10	"	4	10.0	5.8	0.8	1.6	1.8	3.4	34.0
GA10+NAA 100	"	0	11.5	11.5	0	0	0	0	0

表-66. カラマツの花性分化の化学調節の方法

Table 66. Methods of chemical control of flower sex differentiation in *Larix leptolepis*

使用薬剤 Chemicals used	1個体当たり施用量 Quantity applied per tree	第1回目 1st treatment			第2回目 2nd treatment		
		処理月日 Date treated (m. d.)	施用量 Quantity applied	方法 Method	処理月日 Date treated (m. d.)	施用量 Quantity applied	方法 Method
NAA	100 mg	7月29日	50 mg	各々を200mlの水にとかし、第2剥皮部にとりつけられたポリエチレンの袋に入れ、剥皮面から吸収させる	8月20日	50 mg	各々を少量のラノリンにとかし、第2剥皮部直上の幹に2cm幅で環状剥皮してぬりつけ、樹皮をはめ込み、テープでしばる
"	400 "	"	200 "		"	200 "	
GA ₃	100 "	"	50 "		"	50 "	
"	400 "	"	200 "		"	200 "	
GA ₇	100 "	"	50 "	200mlの50%アルコール溶液にとかす。注入法は上記と同様	"	50 "	200mlの50%アルコール溶液にとかす。注入法は上記と同様
"	300 "	"	100 "		"	200 "	
CCC	2 ml	"	1 ml		"	1 ml	

処理位置は、ホルモン剤の移動状況がわかるように、木のほぼ中央部とした。

梢頭切除：花芽分化後の7月29日に梢頭を約1mきりすてた。

枝の剪定：ホルモン剤を処理した木について、処理部の上部あるいは下部の枝を剪定した。剪定は、花芽分化後の7月29日に行ない、1次枝の当年～1年生の部分および側枝の当年生の部分を全部きりすてた。

B. 結果

実験の結果は表-67の如くである。

GA₇とCCCの処理を除き、雌花の着生が認められたが、NAAの処理が最も有効であった。すなわち、NAA100mg区で210個、400mg区で61個の雌花が1本の木に着生した。GA₃と梢頭切除の効果は顕著でなかった。また枝の剪定の効果は認められなかった。剪定処理では逆に雌花の着

表-67 カラマツの花性分化に対する人工処理の効果

Table 67. Effects of artificial treatments on flower sex differentiation in *Larix leptolepis*

処理区 Treatment	処理本数 No. of trees treated	雌花着生本数 No. of trees with ♀ flowers	樹高 Tree height	第2剥皮高 Height treated	着花範囲 ¹⁾ Range of flower bearing (height)		着花数 No. of flowers per tree		処理の害 Damage
					♂	♀	♂	♀ ²⁾	
NAA 100mg	1	1	m 7.1	m 3.1	m 1.7~6.5	m 2.7~6.4	多数 Abundant	210 (52)	注入部の巻き込み不十分, 直上の枝や芽の一部枯死
NAA 400mg	1	1	8.0	3.5	1.5~7.0	2.7~6.5	"	61 (15)	
GA ₃ 100mg	1	1	7.6	3.4	2.4~7.1	3.5~6.5	"	10 (7)	注入部の巻き込み不十分
GA ₃ 400mg	1	1	7.7	3.5	2.1~7.5	3.7~6.1	"	6 (5)	注入部の巻き込み不十分, 直上の細枝枯死, 発芽やや抑制
GA ₇ 100mg	1	枯死 Withering	—	—	—	—	—	—	注入部より上部枯死
GA ₇ 300mg	1	"	—	—	—	—	—	—	"
CCC 2ml	1	0	7.5	3.5	1.2~6.5		多数 Abundant	0	注入部の巻き込み不十分
梢頭切除 Pollarded	3	2	6.0 5.5	3.2 3.4	1.5~6.0 1.5~5.5	3.5~5.0 3.6~3.8	" "	6 (5) 2 (2)	なし

備考 1) 枝下高で示す。 2) 1本の全着花数を, また () 内は着花した1次枝の数を示す。

生数が減少した。幹に対する環状剥皮の単独処理では(前述のⅢ-2, 2の実験), 雌花は1個体当たりせいぜい1~2個しか着生しない。したがって, NAAの処理による著しい雌花数の増加は明らかにNAAの影響によるものと思われる。葉害はいずれの場合もホルモン剤処理部より上部に現われた。GA₇区では処理部より上部が枯死した。これは第1回目の処理のさい50%アルコール溶液を用いた(GA₇は水にとけないので)ためであると思われる。次いでNAA400mg区に葉害が強く現われ, 処理部より上部の枝や芽の一部が枯れ, また翌春の発芽が抑制された。NAA100mg区およびGA₃400mg区でも多少葉害がみられた。また薬液の注入によって剥皮部のカルの形成が阻害された。

着花状況についてみると(表-68, 69), GA処理区では処理部より上部の枝に雌花がみられたが, NAA処理区では上部と下部の両方に雌花が着生した。しかし, 下

部の枝にはわずかで, 大部分が上部の枝に着生している。ホルモン剤処理部より上部を三つに区分した場合, 雌花は中部に最も多く, 次いで下部, 上部の順になっている。枝における雌花の着生状態についてみると, GA区と梢頭切除区では2年生の部分のみ雌花が着生しているが, NAA区では2~4年生の部分に着花した。NAA100mg区では, 雌花は処理部直上の枝では3年生の部分に, 上部の枝では2年生の部分に最も多かった。次に枝の次数との関係であるが, 一般に雌花は1次枝のなかほどから上の部分からでた2次枝に多いが, 樹冠上部の枝では1次枝にもみられた。すなわち, 処理によって受ける影響の程度や樹冠の位置によって花の着生の状況がちがってくる。

以上の結果から, NAAの処理はカラマツの雌花の着生を促進する。NAAの効果は主として処理部より上部に現われることなどがわかった。

表-68. 生長調節物質を樹幹に処理した場合、カラマツの樹冠における花芽の着生状態
 Table 68. The state of bearing of flower buds within the crown of *Larix leptolepis* when growth regulators were injected into the trunk

処理区 Treat- ment	調査部分 part of trees investigated	枝の長さ Branch length (m)	着花数 No. of flowers			
			雄花 (♂) Per branch Average	雌花 (♀)		
				全 体 Total	1 枝 当 たり Per branch	
					平均 Avg.	最多 Max.
NAA 100mg	ホルモン剤 処理部より下部 Lower part from injected place	2.2	345.3	* 5 (4)	1.3	2
	処理部 より上部 { 下	1.6	288.0	61 (14)	4.4	14
	{ 中	1.2	165.0	126 (25)	5.0	13
	{ 上 Upper part from injected place	0.5	11.0	18 (9)	2.0	4
NAA 400 mg	処理部より下部 Lower part from injected place	1.7	285.6	2 (2)	1.0	1
	処理部 より上部 { 下	1.7	275.0	13 (4)	3.3	8
	{ 中	1.2	198.0	45 (8)	6.4	14
	{ 上 Upper part from injected place	0.5	22.0	1 (1)	1.0	1
GA ₃ 100mg	処理部より下部 Lower part from injected place	2.4	9.0	0	0	0
	処理部 より上部 { 下	2.1	93.8	4 (3)	1.3	2
	{ 中	1.7	25.7	6 (4)	1.5	3
	{ 上 Upper part from injected place	0.9	0.3	0	0	0
GA ₃ 400mg	処理部より下部 Lower part from injected place	2.0	6.0	0	0	0
	処理部 より上部 { 下	2.0	660.4	3 (2)	1.5	2
	{ 中	1.6	99.3	3 (3)	1.0	1
	{ 上 Upper part from injected place	0.7	2.0	0	0	0

* () 内は着花した1次枝の数を示す。 Showed the number of main branches.

III-4. 機械的処理およびその他の方法による花性分化の調節

1. 摘葉処理によるクロマツの花性分化の調節

A. 材料と方法

雄花を着生した5年生クロマツを供試材料とした。摘葉処理の方法は次の二通りである。

(1) 2年生軸に着生した2年生針葉の全部と1年生軸の下部および中部に着生した1年生針葉を摘除する。

(2) 1年生軸の上部および中部に着生した1年生針葉を摘除する。摘葉処理は1本の木の主軸と強勢側枝に行なった。処理時期は3月21日である。処理後はそのまま放置し、開花期に花性転換の状況を調べた。

B. 結果

摘葉処理(1)の場合は、新条および花の生長が著しく抑制された。新条の下部に着生した雄花の集団の中で、下方のものは花粉を形成して開葯したが、上方のものは花粉を形成せず、開葯しなかった。摘葉処理(2)の場合は、

表-69. 生長調節物質を樹幹に処理した場合、カラマツの枝における雌花芽の着生状態

Table 69. The state of bearing of female flower buds on the branch of *Larix leptolepis* when growth regulators were injected into the trunk

処 理 区 Treatment	枝 の 年 次 Age of branches (年 year)					備 考 Remarks
	1	2	3	4	5	
NAA 100 mg	0	8	13	7	0	NAA処理部直上の枝 樹冠の上部の枝
NAA 400 mg	0	23	7	1	0	
GA ₃ 100 mg	0	6	22	0	0	
GA ₃ 400 mg	0	10	0	0	0	
梢頭切除 Pollarded	0	6	0	0	0	
	0	8	0	0	0	

表-70. クロマツにおける摘葉処理の方法と花性分化に対する効果

Table 70. Method of defoliation treatment and its effect on flower sex differentiation in *Pinus thunbergii*

処 理 Treatment	摘 葉 の 方 法 Method of defoliation	摘葉月日 Date defoliated (m. d.)	処理本数 No. of trees treated	処理枝数 No. of branches treated	花性転換* Effect on sex reversal and number of trees responded
対照 Cont.	無 処 理	—	6	24	—
I	2年生針葉の全部と1年生軸の下部~中部に着生した1年生針葉を摘除	3.21	6	18	+ ♀ 2
II		3.21	6	22	—

* 数字は本数を示す。

表-71. 摘葉処理によるクロマツの花性分化の状況

Table 71. Details of flower sex reversal in *Pinus thunbergii* by defoliation treatment

処 理 Treatment	雌性花の出現部分 Portion of appearance of feminized flowers	1葉条の全着花数 Total flowers set on a shoot	雄花に固定した花の数 No. of flowers fixed to male	雌 性 花 の 数 No. of feminized flowers per shoot			雌性花率 % of feminized flowers
				部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total	
I	No. 1 { 主軸の主条 Main shoot	36	14	9	13	22	66.1
		27	20	5	2	7	26.7
	No. 2 { 主軸の主条 Main shoot	24	16	4	4	8	32.0

表-72. アカマツの雌性花誘起におよぼす摘心処理の影響

Table 72. Effect of pinching treatment on the induction of feminized flowers in *Pinus densiflora*

処理時期 Date of treatment (月日)	処理枝数 No of branches treated	雌性花を着生した枝の数 No of branches with feminized flowers	雌性花着生率 % of branches with feminized flowers	雌性花の数 (1枝当たり) No of feminized flowers per branch		
				部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total
Oct. 7	10	10	100	6.8	11.9	18.7
Oct. 15	9	3	33	2.9	0.4	3.3
Dec. 15	10	3	30	1.5	0.3	1.8
Jan. 20	10	2	20	2.1	1.1	3.2
Feb. 18	10	1	10	0	2.0	2.0
Mar. 17	10	0	0	0	0	0
Apr. 13	10	2	20	0.1	0.1	0.2

表-73. 摘心処理によるアカマツの花性転換の状況

Table 73. Details of sex reversal in *Pinus densiflora* flowers by pinching treatment *
(10月7日処理)

個体 Individual	処理枝数 No of branches treated	雌性花を着生した枝の数 No of branches with feminized flowers	葉条の種類 Kind of shoots	調査した葉条の数 No of shoots investigated	雌性花を着生した葉条の数 No of shoots with feminized flowers	雌性花着生率 % of shoots with feminized flowers	着花総数 Total number of flowers	雄花の数 No of male flowers	雌性花の数 No of feminized flowers			雌性花率 % of feminized flowers
									部分的 Partial	全面的 Complete	合計 Total	
No. 1	6	6	主条 Main shoot	5	5	100	89 (17.8)	6 (1.2)	25 (5.0)	58 (11.6)	83 (16.6)	93.3
			側条 Side shoot	15	10	67	352 (23.5)	270 (18.0)	35 (2.3)	47 (3.1)	82 (5.5)	23.3
No. 2	4	4	主条 Main shoot	3	3	100	34 (11.3)	25 (8.3)	3 (1.0)	6 (2.0)	9 (3.0)	26.5
			側条 Side shoot	13	3	23	117 (9.0)	104 (8.0)	5 (0.4)	8 (0.6)	13 (1.0)	11.1

備考 1) 雌性花着生率は調査葉条数にたいする%で示す。

2) ()内は1葉条当たりの花の数を示す。

* Showed the result of investigation of the October 7 treatment.

(1)ほど新条および花の生長は抑制されなかった。雄花は大体正常に发育して花粉を形成した。しかし、開花期はややおくれた。開花期に花を採取し、検鏡調査した結果では表-70~71の如くである。処理2)では雌性花はみられなかった。しかし、処理1)では雄花の集団の中で发育の抑制された花では雌花に転換したものが認められた。雌性花には全面的雌花と部分的雌花性(雌雄混生花)と

があった。雌性花は主軸の主条あるいは強制側条でみられ、側枝の芽条では認められなかった。主軸では側条よりも主条で雌性花の出現率が大きであった。

摘葉処理によって誘起された雌性花では苞鱗と種鱗が形成されているが、胚珠は開花期をすぎても分化しなかった。すなわち、種鱗分化期の初期で发育がとまり、開花しなかった。したがって、実用的にはこの方法は問題

表-74. アカマツの花性分化におよぼす袋掛の影響

Table 74. Effect of bagging on flower sex differentiation in *Pinus densiflora*

袋の種類 Kind of bags		袋掛の開始時期 Starting-time of bagging	処理本数 No. of trees treated	処理枝数 No. of branches treated	花性転換* Effect on sex reversal and number of branches responded
パラフィン紙袋 Paraffin-paper bags	白色 White	Feb. 24, 1955	5	5	-
		Mar. 6, 1954	3	7	+ ♀ 1
		Mar. 20, 1955	5	5	+ ♀ 2
		Mar. 29, 1954	4	5	+ ♀ 1
	褐色 Brown	Apr. 5, 1955	5	5	-
		Feb. 24, 1955	5	5	-
		Mar. 20, 1955	5	5	+ ♀ 1
		Apr. 5, 1955	5	5	+ ♀ 1, ♂ 1
セロファン紙袋 Glass-paper bags	無色 Colorless	Mar. 6, 1954	3	8	-
		Mar. 29, 1954	3	5	-
	赤色 Red	Feb. 3, 1954	3	3	-
		Mar. 29, 1954	5	9	-
	黄色 Yellow	Feb. 3, 1954	2	5	-
		Mar. 29, 1954	3	7	-
	緑色 Green	Feb. 3, 1954	2	10	-
		Mar. 29, 1954	7	10	-
	青色 Blue	Feb. 3, 1954	1	6	-
		Mar. 29, 1954	3	5	-
	紫色 Purple	Feb. 3, 1954	2	7	-
		Mar. 29, 1954	6	8	-

* 数字は枝数を示す。

表-75. クロマツの花性分化におよぼす袋掛の影響

Table 75. Effect of bagging on flower sex differentiation in *Pinus thunbergii*

袋の種類 Kind of bags		袋掛の開始時期 Starting-time of bagging	処理本数 No. of trees treated	処理枝数 No. of branches treated	花性転換* Effect on sex reversal and number of branches responded
パラフィン紙袋 paraffin-paper bags	白色 White	Mar. 6, 1954	2	2	-
	白色+赤色 White+Red	Mar. 6, 1954	3	4	+ ♀ 1
セロファン紙袋 Glass-paper bags	赤色 Red	Feb. 2, 1954	2	2	-
		Mar. 6, 1954	1	2	-
	Mar. 29, 1954	1	2	-	
	緑色 Green	Mar. 6, 1954	3	5	-
		Mar. 29, 1954	2	2	+ ♀ 1 ?

* 数字は枝数を示す。

があるが、摘葉処理が花の発育に影響をおよぼし、雄花を雌花にある程度まで誘導することは確かである。

表-76. 袋掛によるアカマツの花性分化の状況

Table 76. Details of flower sex reversal in *Pinus densiflora* by bagging

袋の種類 Kind of bags	袋掛の開始時期 Starting-time of bagging	枝の数 No of branches	出現部分 Portion of appearance	1葉条の全着花数 Total flowers set on a shoot	雄花に固定した花の数 No. of fixed male flowers	転換花の数 No. of flowers which made sex reversal per shoot		
						雄性花 Masculinized flower	雌性花 Feminized flower	
							部分的 Partial	全的 Complete
白色パラフィン紙袋 White paraffin-paper	Mar. 6, 1954	1	主条 Main shoot	28	24	0	3	1
	Mar. 20, 1955	2		34	33	0	1	0
	Mar. 29, 1954	1	側条 Side shoot	6	0	0	6	0
褐色パラフィン紙袋 Brown paraffin-paper	Mar. 20, 1955	1	側条 Side shoot	33	32	0	0	1
	Mar. 20, 1955	1	側条 Side shoot	75	2 (42) *	0	17	14
	Apr. 5, 1955	1	側条 Side shoot	14	13	0	1	0
Apr. 5, 1955	1	側条 Side shoot	1	0	1	0	0	

* () 内は发育の抑制された雄花。 Showed inhibited male flowers.

表-77. アカマツの花芽分化、花性分化におよぼす植栽密度と施肥の影響¹⁾Table 77. Effects of planting density and manuring on flower bud formation and flower sex differentiation in *Pinus densiflora*

植栽密度 Planting density	施肥 Fertilizers applied	着花率 % of trees with flowers		着花数 No. of flowers per tree		雌性花着生率 % of trees with feminized flowers	雌性花着生数 (1本当たり) No. of feminized flowers per tree
		♀	♂	♀	♂ ²⁾		
密植 Dense planting (16本/m ²)	無施肥 Cont.	12.1	18.2	0.6	0.5	0	0
	N	2.4	36.6	0.6	2.1	2.4	0.05
	P	26.5	32.4	2.3	3.0	2.9	0.03
	NP	5.9	58.8	0.1	12.3	5.9	0.06
	NPK	0	50.0	0	5.8	0	0
疎植 Sparse planting (4本/m ²)	無施肥 Cont.	8.3	16.7	0.1	0.7	0	0
	N	16.7	25.0	0.8	6.6	0	0
	P	38.5	30.8	1.8	2.3	0	0
	NP	23.1	21.4	0.7	5.5	0	0
	NPK	42.9	71.4	1.5	21.3	0	0

備考 1) 3年生実生苗 2) 新条数で示す。
Remark: 3-year-old seedlings were used.

2. 摘心処理によるアカマツの花性分化の調節

A. 材料と方法

6~10年生アカマツを供試材料として、雄花を着生した個体を選びだし、強勢枝の冬芽を雄花着生部の直上で

全部摘心した。摘心処理は10月7日から翌年の4月13日の期間、すなわち花芽分化の直後から花粉母細胞減数分裂の直前までの間に行ない、処理の適期を調べた。

表-78. アカマツの花芽分化, 花性分化におよぼす施肥の影響

Table 78. Effect of manuring on flower bud formation and flower sex differentiation in *Pinus densiflora*

施肥区	雌花着生率	雌花着生数 (1本当たり)	雌性花着生率	雌性花着生数 (1本当たり)
Fertilizers applied	% of trees with female flowers	No. of female flowers per tree	% of trees with feminized flowers	No. of feminized flowers per tree
無施肥 Cont.	25.0	0.7	0	0
N	24.0	1.0	2.0	0.26
NP	44.0	1.9	12.0	0.62

備考 2年生実生苗, 密植 (25本/m²)Remarks: 2-year-old seedlings were used. Dense planting (25 individuals / m²).

B. 結果

実験の結果は表-72~73の如くである。

摘心処理によって雄花が雌花に転換し, 側生の雌性花が着生した。摘心処理の効果は処理の時期によって著しく異なる。3月17日の処理を除き雌性花が着生したが, 花芽分化直後の処理が最も有効であった。10月7日の処理では, 処理枝全部に雌性花が着生した。また1枝当たりの雌性花の数は外の時期に比べて著しく多かった。ついで10月中旬から12月までの処理が効果があったが, 雌性花着生率は30%前後で, 着生数も少なかった。1月以降の処理も効果が認められるが, 雌性花の着生は少ない。雌性花には, 部分的雌性花と全面的雌性花の二つがみられた。10月7日の処理について着生状況を調査した結果, 雌性花は側条よりも主条で多く認められた。また個体によって雌性花着生率および雌性花率にちがいがみられた。全面的雌性花は開花して, 正常な球果に発育する。しかし, 部分的雌性花は開花するが, 下部が雄花であるから花粉飛散後枯死し, 球果に発育しない場合が多い。

以上の結果から, 摘心処理の有効時期は花芽分化直後から花粉母細胞減数分裂の直前までであるが, 花芽分化の直後が最もよいことがわかった。

3. 袋掛によるアカマツ, クロマツの花性分化の調節

A. 材料と方法

7~8年アカマツと12年生クロマツを使って, 袋掛の影響を調べた。使用した袋はパラフィン紙とセロファン紙の袋である。パラフィン紙袋は白色, 褐色の各単色袋と白色と赤色の二重袋を, セロファン紙袋は無色, 赤色, 黄色, 青色, 紫色の各単色袋を用いた。袋の大きさは縦40cm, 横20cmである。袋掛は雄花あるいは雌花を着生した強勢側枝に行ない, 冬芽およびその下部の1年生針葉

が袋の中にはいるようにした。袋掛の開始時期は, アカマツでは2月24日~4月5日, クロマツでは2月2日~3月29日で, 開花期まで袋をかけた。なお袋掛による環境条件の変化を調べるために, 袋の中に最高最低寒暖計を入れて毎日温度を観測した。また袋内の光の強さをオーロラ照度計で測定した。

B. 結果

(1) 花性転換の状況

開花期に袋をとり調査した結果は表-74~76の如くである。アカマツでは, パラフィン紙の袋掛により花性転換が起こったが, セロファン紙では起こらなかった。パラフィン紙の袋掛では, 白色袋と褐色袋の両方で雄花が雌花に転換した。褐色袋ではさらに雌花が雄花に転換する現象が一例みられた。すなわち, パラフィン紙の袋掛によって側生の雌性花あるいは頂生の雄性花が着生した。雌性花は3月上旬~4月上旬の袋掛区で, 雄性花は4月5日の処理区でみられた。クロマツでは, 白色と赤色パラフィン紙二重袋区と紫色セロファン袋区で側生の雌性花が着生した。ただし紫色セロファン区の場合は, 供試木の主幹が雪害で折れており, 袋掛の影響かどうかうたがわしい。クロマツに対する袋掛の有効時期は3月上旬頃のようなのである。袋掛による花性転換の誘発率は一般に低かった。雌花は強勢枝の主条で, また雄花性は弱勢枝の側条でみられた。

(2) 袋掛による環境条件の変化

袋内の光の強さを測定した結果, パラフィン紙およびセロファン紙の袋掛によって袋内の照度は減少した。照度の減少は袋の種類によって著しく異なるが, 同じ種類のもので天候や1日の時刻によって差があった。一般に太陽光線の強いときは照度の減少が少なく, 曇天, 雨天, 朝夕など太陽光線が弱いときに減少が大であった。

遮光効果は、赤色セロファン紙が最も著しく、袋内の光の強さは自然光の17~36%に減少した。ついで青色および紫色セロファン紙が遮光効果が大きであった。花性転換に有効な白色および赤色パラフィン紙二重袋、褐色パラフィン紙袋および白色パラフィン紙袋では、袋内の光の強さはそれぞれ自然光の19~53%, 53~87%, 73~93%であった。花性転換はセロファン紙の袋では一般に起こりにくい。白色パラフィン紙は遮光効果がそれほど大きくないが、雄花の雌性化が起こる。花性転換に対する袋掛の効果は遮光効果の大きさと必ずしも比例しない。

袋掛による温度の変化についてみると、最高温度、平均温度および最高最低温度の較差は気温〈パラフィン紙〉〈セロファン紙の順に大きであった。袋内の最低温度は気温よりも多少低下した。しかし、その差は著しくなく、また紙の種類によって大きなちがいは認められなかった。花性転換にはパラフィン紙の袋掛が最も有効である。温度との関係を見ると、最高および平均温度が気温よりもやや高く、最低温度が最低気温よりもやや低く、また1日の温度較差が気温のそれよりも大きい条件で転換が誘起されるようである。しかし、セロファン紙で転換が起こりにくいことから、日中の温度が高すぎてもよくないようである。袋掛による環境条件の変化は複雑であるから、さらに厳密な実験を行なって花性分化と環境条件との関係を明らかにする必要がある。

4. アカマツの花性分化に対する施肥の効果

A. 材料と方法

植栽密度をかえて窒素、リン酸、加里の単用および併用処理の効果を試験した。

(1) 密植区

2年生および3年生アカマツを用いて実験を行なった。2年生は1㎡当たり25本植栽し、無施肥区、N単用区およびNP区を設けた。1回の施肥量は、1㎡当たり硫酸アンモニア、過リン酸石灰それぞれ100g(成分量20g/㎡)で、7月20日と9月5日の2回施肥した。供試本数は各区とも50本である。3年生は1㎡当たり16本植とし、無施肥区、N、Pの単用区、NP区およびNP K区を設けた。1回の施肥量は1㎡当たり硫酸アンモニア100g、過リン酸石灰200g、硫酸加里84g(N:P₂O₅:K₂O=20:40:40g/㎡)で、8月5日と9月21日の2回施肥した。1処理区の供試本数は30~40本である。

(2) 疎植区

3年生アカマツを50×50cmの間隔に植栽し、樹冠がたがいに接しないようにした。処理区および施肥時期は3年生密植区と同様である。1回の施肥量は、1個体当たり硫酸アンモニア20g、過リン酸石灰40g、硫酸加里17g

(N:P₂O₅:K₂O=4:8:8g/個体)である。

B. 結果

実験の結果は表-77~78の通りである。花芽分化、花性分化に対する施肥の効果は植栽密度によって異なる。3年生についてみると、疎植区では窒素、リン酸、加里はいずれも着花を促進した。雌花の着生はP区とNP K区に多く、雄花はNP K区にとくに多く着生した。密植区では、雄花の着生はいずれの区でも施肥によって促進されたが、雌花の着生はP区を除き無施肥区よりも少なかった。しかし密植区では、本来雄花として発育してきた側生の花が雌花に転換する現象がみられた。花性の転換は疎植区では起らなかった。雌性花は密植区のNとPの単用区およびNP区でみられたが、NP区に最も多かった。

2年生では(植栽密度25本/㎡)、NP区で雌花の着生が促進された。またN単用区とNP区で雌花性が着生した。雌性花は3年生の場合と同様にNP区にとくに多かった。一般に雌性花は処理区の周辺部の日当たりのよい強勢側枝に多く着生する傾向がみられた。

以上の如く、施肥はアカマツ幼齡木の着花を促進する。花芽分化に対する施肥の効果は疎植した場合に大である。しかし、密植して施肥すると雄花が雌花に転換する場合がある。雌性花の着生には、窒素とリン酸の併用施肥が最も有効のようである。

III-5. 考察

1. 花芽分化の人為的調節

(1) 花芽分化の化学調節

生長調節物質は生理作用のちがいによってオーキシン、ジベレリン、サイトカイニン、アンチジベレリン、アンチオーキシンなどに類別することができる。これらの調節物質はいずれも植物の花芽形成を促進あるいは抑制することが知られている。また最近の研究によると、脂質ホルモンや核酸およびその構成物質がある種の植物の花芽形成を促進するという。針葉樹の花芽分化に対し、どのような種類の物質が影響をおよぼすかを調べた研究は極めて少ない。本研究の結果によると、オーキシン、カイネチン、エスレルおよび生長抑制物質はいずれも単独では針葉樹の花芽分化を促進しない。核酸類の中でRNAは花芽分化をやや促進する傾向がみられるが、未熟木には効果がない。現在までの結果では、針葉樹の花芽分化を確実に誘起する物質はジベレリンのみである。

ジベレリンによる針葉樹の花芽分化の促進は加藤ら(1958~1959)、四手井ら(1959~1960)、佐藤ら(1959~

(1963), 築地 (1959), Pharis ら (1965~1970) などによって報告されている。ジベレリンの効果は樹木の内的条件やジベレリンの処理の方法によって著しく異なる。加藤ら (1959) は25種類の樹種、系統に対し、300ppmのジベレリン水溶液を6月から8月に散布した。その結果、樹種によって効果に著しいちがいがみられた。スギ科ではスギ、メタセコイア、センペルセコイア、ラクウショウ、シダレラクウショウで花芽分化が促進されたが、コウヨウザン、ランダイスギ、タイワンスギ、ギカントセコイアには効果がなかった。ヒノキ科では、ヒノキを除く10種樹に効果がみられた。カラマツ、アメリカトガサワラなどのマツ科の樹種には効果がなかった。本研究においても加藤らと大体同様の結果が得られたが、林業上重要なヒノキにも効果があることがわかったマツ科の樹種については、その後多くの人々によってジベレリンによる着花促進が試みられた。これまでのところ、ジベレリンの効果が認められないという報告が圧倒的に多い。しかし、四手井・吉川 (1963) は *Pinus mugo* の稚苗にジベレリン200ppm溶液を散布して雄花の着生が促進されたことを報告している。また本研究の結果によると、アカマツの1~2年生苗に300ppm水溶液を7月から9月に散布して多少着花率が増加する傾向がみられた。これらの結果がジベレリンの影響によるものかどうか明らかでない。いずれにしても、スギの場合のような著しい促進効果はみられない。これまでに報告された研究の結果を総合すると、ジベレリンで確実に着花が促進されるものはヒノキ科とスギ科の樹種に限られている。これらのことから、花芽形成に関する物質は樹種によって異なるのではないと思われる。ジベレリンの効果は同じ樹種でも品種や個体によって多少異なる。品種やクローンによる効果のちがいは、スギで最もくわしく研究されている (吉川ら1961, 加藤ら1962, 八木1962, 佐藤ら1963, 前田ら1964, 萩行ら1966)。着花量や花性の表現に差がみられるが、スギではジベレリンで着花しない品種、クローンはないようである。本研究の結果によると、ヒノキではジベレリンの効果の強く現われるクローンとそうでないクローンとがある。一般に、処理の効果は自然着花量の多いクローンで強く現われるようで、クローンの遺伝的な性質 (結実性) と関係があるように思われる。ジベレリンの効果と樹齢との関係は加藤ら (1959) によって報告されている。ジベレリンは自然状態で絶対的に花をつけぬ稚苗に花をつけるが、樹齢が高いほど花芽分化、とくに雌花の分化が促進される。スギの当年生苗に対する処理では大部分が雄花のみ着生するが、樹齢が高くなるにしたがって雌花の着生量および雄花に対する雌花の比率が増加する。また低濃度のジベレリンで雌花がづ

く。このような傾向はメタセコイアやヒノキでも認められる。つぎ木、さし木で増殖されたクローンは、1, 2年生の若いものでもジベレリン処理によって雌花が多くつく。これは穂木が普通成熟木からとられるので、生理的にすでに成熟状態になっているためであると思われる。このような年齢による効果のちがいは、ジベレリンによる花芽分化の誘起が自然の成熟と無関係でないことを示している。樹齢によるジベレリンの効果のちがいは樹体内の栄養やホルモンの状態の樹齢変化と密接な関係があるものと思われる。

ジベレリンの効果はジベレリンの施与の方法、すなわち処理時期、処理濃度、処理回数などによってちがってくる。四手井ら (1960) は2年生のスギ苗で処理濃度、回数および時期を組み合わせて実験を行ない、散布時期がはやいほど花芽の分化が肉眼的に認められるまでの日数がながい、高濃度で回数を多くした処理が花の着生が多い、雄花の分化促進には6, 7, 8月の処理が、雌花の分化促進には9, 10月の処理が最もよいという結果をえている。本研究においても、一般にスギでは生育の前期の処理で雄花が、後期の処理で雌花が多くつく傾向がみられた。しかし、成木やさし木苗ではこのような傾向は若い実生苗ほど明らかに認められない。生育前期の処理でも雌花がかなり多くつく。また品種によっては、生育の後期処理で雄花の着生が多いものがある (八木1962, 萩行ら1966)。ヒノキでは、雄花の着生は7月区に最も多い。また雌花は7~8月区に多く着生している。メタセコイアでは、単月処理よりも6~8月の連続処理が効果が大であるが、単月処理では雄花は生育の前期処理区に、雌花は後期処理区に多い傾向がみられる。このようにジベレリンの散布時期によって花のつき方がちがってくるが、実際に種子をとる場合には雄花と雌花を同時になるべく多くつける必要がある。また花の発育は前期処理に比べて後期処理、とくに9月以降の処理で劣る。後期処理では花器が十分に発育せず、開花しないものもみられる。したがって、実用上に応用する場合には、これらの点を十分考慮して処理の適期を決定する必要がある。葉面散布の場合は、スギやメタセコイアでは10ppm以上の濃度でジベレリンの効果が見られる。ヒノキ、ローソンヒノキでは50ppm以上の濃度で着花が促進されるが、佐藤 (1960) によるとナンゴウヒは500ppm以上で花芽を形成したという。一般に濃度が高いほど花芽分化とくに雌花の分化が促進される。多くの場合50~500ppmの濃度範囲で用いられている。葉面散布の場合の処理回数は濃度によってちがってくる。50~500ppm水溶液の1回の散布でスギの花芽分化は誘起されるが、回数が多くなれば施与量が増加するから花の着生は多くなる。一般に低濃

度では回数を多くし、高濃度では少なくてもよい。処理濃度、散布回数はもちろん樹種によって異なる。しかし、濃度が高すぎたり、散布回数が多すぎると葉害が現われる場合があるから注意を要する。スギ、メタセコイアなどでは、高濃度のジベレリンの散布によって茎葉の黄緑化、生長の抑制、地上部および地下部の乾物重量の減少、花の発育阻害などが起こる(斎藤・橋詰1959, 四手井ら1960, 橋詰1968)。散布回数は、スギやヒノキでは花芽分化期が長いから、1回よりも2回以上が望ましい。

ジベレリンの処理の方法については、最初のころは主として葉面散布法が用いられていたが、その後樹幹剥皮塗布法、樹幹注入法、根注入法などが大径木で試みられた。郷ら(1966)は壮齡のスギの地際部の幹を剥皮して1%と5%のGAラノリン軟膏をぬりつけ、着花が促進されることを認めた。寺田(1967)は7~14年生のスギの幹に50~500ppmのGA水溶液を、また河野ら(1971)は胸高直径30~50cmの大径木に100ppm水溶液を注入し、いずれも効果があることを報告している。得居(1968)は9年生スギを用いて50~200ppmのGA水溶液を根から吸収させて着花が著しく促進されることを認めた。本研究の結果によると、市販の錠剤をくわいて直接形成層部に処理しても十分効果があることがわかった。百瀬(1969)も筆者とほぼ同じ方法でジベレリンを樹幹に処理して効果があることを認めている。GA錠剤の樹幹処理による着花促進は最近ヒノキでくわしく研究されている

(板垣ら1971, 網田ら1971, 白川1972, 樫谷・吉野1972)。 *Sequoia gigantea* は100~300ppmのジベレリンの葉面散布では着花しないが、Pharisら(1969)は播種後6カ月の稚苗にGA₁₃を1個体当たり125mg幹に処理して雌花を着生させることに成功している。GA錠剤の樹幹処理法は、大径木に応用できる、ジベレリンの使用量が少なくすむ、葉面からの吸収が困難な樹種に効果がある、天候にあまり左右されない、作業が簡単であるなどの長所がある。反面、剥皮処理によって樹木に傷害を与える、剥皮部のゆ着の困難な樹種は巻き枯らしになる、風や雪の害を受けるおそれがある、幼齡木に適用しにくいなどの短所がある。ジベレリンの使用量を葉面散布法と比較してみると、樹高4mのヒノキでは、葉面散布の場合は1回に1本当たりGA溶液を約500ml必要とする。300~500ppm液を散布するとすれば、ジベレリンの使用量は150~250mgとなる。樹幹処理の場合は1本当たり20~25mgで効果があるから、葉面散布法に比べて $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{10}$ の量で同じ効果をあげることができる。網田(1972)が樹高約2.5mのヒノキの精英樹クローンを用いてジベレリンの樹幹処理の効果を試験したところによると、雄

花の着生は1本当たり3mg以上のGA処理で、雌花の着生は7mg以上の処理で促進されている。葉面散布法に比較して少量のジベレリンで効果があることは確かである。樹幹処理法の問題点は剥皮部のゆ着であり、ゆ着を促進して樹木に傷害を与えない方法をさらに研究する必要がある。

ジベレリンの花芽分化に対する効果は施肥や生長調節物質の併用処理によって影響される。川名・八谷(1960)は窒素の施与とジベレリン処理との関係を当年生スギ苗で試験し、雄花のみをつけたものは無施肥区に多く、雌雄両花および雌花だけのものは窒素施肥区に多かったことを報告している。本研究においても、ほぼ同じような結果がえられた。佐藤(1960a)はスギとヒノキを用いてジベレリンとNAAの併用処理の効果を試験して次のような結果をえている。スギの当年生稚苗では、雄花の分化はNAAの併用によって抑制されたが、雌花の分化は反対に促進された。さし木品種ナンゴウヒでは、ジベレリンの単用では500ppm以上の濃度で花芽分化が誘起されたが、NAAの併用処理では100ppmで花がつき、かつ単用の場合よりも著しく雌花の着生数が増加したという。本研究においても、ジベレリンと生長調節物質の併用効果が認められた。生長調節物質の併用による花芽分化の促進は、スギではオーキシンを併用処理した場合にみられた。カイネチン、核酸およびその関連物質、生長抑制物質などの併用処理は効果がなかった。しかし、アカマツではDNAあるいはTIBAの併用によって花芽分化がやや促進されるようである。オーキシンの併用によるスギの花芽分化の促進は、ジベレリンを先に与えオーキシンを後処理した場合にみられた。両者の同時処理あるいはオーキシンの前処理では、ジベレリンの開花促進作用が阻害された。すなわち、生長調節物質の併用効果は生長調節物質の種類、処理の方法などによって著しく異なるようである。しかし、実用上に利用しうるような顕著な併用効果は認められない。施肥はジベレリンによる花芽分化に影響をおよぼすばかりでなく、その後の球果の発育や種子の稔性にも関係してくるから、実用的にはより重要である。なおヒノキで行った実験によると、ジベレリンの単独処理よりもジベレリンと環状剥皮の組み合わせ処理によって花芽分化が一層促進された。ジベレリン処理と機械的処理の相乗効果が認められ、ジベレリンで花のつきにくい樹種やクローンに対しては化学調節のみによるのではなく、薬剤と機械的処理とを組み合わせることでさらに試験してみると必要があると思う。

ジベレリンを着花調節に応用する場合に問題になるのは、ジベレリン処理によってえられた花粉や種子が正常

な稔性を持っているかどうかということである。本研究の結果によると、スギ、ヒノキおよびローソンヒノキのジベレリン処理によってえられた花粉は人工発芽床で正常に発芽し、自然着生のものと殆どかわらない高い発芽率を示した。この花粉を使った交配試験の結果からも花粉の稔性は正常であることが確かめられた。メタセコイアのジベレリン処理でえられた花粉は人工発芽床で発芽しなかった。しかし、四手井ら(1960)によると、交配試験の結果幼植物がえられた。市河ら(1961)はジベレリン処理によって開花したスギの交配種子からえられた当年生稚苗にジベレリンを処理した。えられた花粉の大きさに差異は認められなかったが、花粉の発芽、花粉管の伸長は成木または4年生のジベレリン処理のものに比べて悪かったという。本研究においても、スギの当年生苗やアスナロの若いさし木苗では同じような花粉の稔性の低下がみられた。これはおそらく未熟木に無理に着花させたために花粉が十分に発育せず、稔性が低下したものと思われる。しかし、成木にジベレリンを処理した場合は花粉の稔性は高いから、実用上はあまり問題にならない。ジベレリンによって着生した球果および種子の大きさは、若い実生苗に処理した場合は自然着生のものよりも小さい。しかし、成木に処理した場合は著しいちがいが認められない。また種子の稔性も自然着生のものに劣らない。四手井ら(1960)、加藤ら(1960)がジベレリン処理によってえられたスギの種子をまいて苗木の生長を調べた結果によると、GA♀×GA♂は自然×GA♂に比べて発芽後3~4か月までは生長が劣るが、その後はほとんど差がなくなる。成木に処理すれば、苗木の場合ほど球果や種子の生育にジベレリンのマイナスの影響が現われないから、実用上はあまり問題にならない。網田ら(1971)によると、ジベレリンの樹幹処理によって着生したヒノキ精英樹クローンの球果は自然着生のものよりもむしろ大きかった。また種子の大きさ、重量、発芽率なども、自然着生のものよりもGA処理によってえられたものの方が優るといふ。以上の考察から、ジベレリンは十分実用上に應用しうるものと思われる。

(2) 機械的処理による花芽分化の調節

環状剥皮、巻き締めなどの機械的処理を針葉樹の花芽分化の促進に応用した例はかなり多くみられる。外国ではマツとカラマツで、我が国では主としてカラマツで実行されている。花芽分化におよぼす環状剥皮、巻き締め処理の影響については、一般に効果が認められたという報告が多いが、効果の認められない場合もある。着花が促進された例は、コルシカマツ(Holmes and Matthews 1951)、スラッシュマツ(Hoekstra 1957)、ストロー

ブマツ(Stephens 1964)、カラマツ(小沢1952, 外)スギ(上田1950)、ヒノキ(小山ら1950)、メタセコイア(吉川1957)、シラカンバ(陣内ら1959)などで報告されているが、テーダマツ(Wenger 1960, Bilan1960, Grano 1960)では効果が認められなかった。上田(1950)は18年生スギの樹幹の基部に環状剥皮を行なった。その結果、翌年1本に5,144個の球果が、つづいてその翌年に3,344個の球果が着生した。しかし、剥皮を行なわなかったものは1本にわずかに65個の球果をつけたにすぎなかった。本研究においても環状剥皮、巻き締め処理の著しい効果が認められ、雌雄両花が多数着生した。カラマツは結実期がおそく、結実間断年数も長いので機械的処理による着花促進が最もよく研究されている。小沢(1952)は約50年生のカラマツに対し、幹の環状剥皮と針金巻き締め処理を行なって、剥皮の効果は認められなかったが、巻き締めによって着花が促進されたことを報告している。カラマツについては、その後HeitmüllerとMelchior(1960)、Melchior(1960~1961)、百瀬(1964)、玉利ら(1965)、浅川ら(1966)、内田ら(1967)、および浜谷ら(1970)によってさらにくわしい研究がなされた。いずれの研究においても、機械的処理が着花を促進することが報告されているが、機械的処理の中では環状剥皮が最も有効のようである。本研究においても、カラマツの花芽分化は環状剥皮によって著しく促進された。しかし、幼齢木に対する処理では殆どが雄花のみ着生し、雌花の分化促進にはあまり効果がなかった。剪定による着花促進の実例は少ない。Melchiorら(1961~1962)がヨーロッパアカマツの若いクローンで実験したところによると、主幹と側枝の剪定によって雄花数が増加した。しかし、剪定は雌花の着花増進には役だたなかった。千葉(1965)はストローブマツの採種園でミドリ枝を剪定して同様の結果をえている。本研究によると、アカマツ、クロマツでは剪定によって雌花、雄花とも着生数が増加した。すなわち、剪定はマツの着花促進に有効のようである。

機械的処理の効果はもちろん樹種によって異なるが、同一樹種でもクローン、個体、樹齢などによって著しくちがってくる。本研究によると、スギでは環状剥皮や巻き締め処理によって著しく着花が促進される個体とあまり促進されない個体とがあった。カラマツでは雄花のむらがりつくものから全然着花しないものまであった。マツの場合もクローンによって剪定の効果にちがいがみられた。個体あるいはクローンによって機械的処理の効果が異なることはカラマツ(浅川ら1966, 内田ら1967)やストローブマツ(千葉1965)でも報告されている。これはおそらく遺伝的な性質のちがいでによるものと思われる。

マツに対する剪定の効果は自然着花量の多いクローンで強く現われるようである。樹齢の影響については、一般に幼齡木よりも結実期に達した壯齡木で効果が著しい。とくに雌花の着生は樹齢と関係があるように思われる。Stephens (1964) がストロブマツで行なった実験によると、機械的処理は3~14年生の幼齡木には効果がなかった。しかし、22年生の壯齡木では雌花の着生が促進された。本研究によると、スギでは環状剥皮の効果は4年生よりも20年生で強く現われた。とくに雌花の着生は高齡木で促進された。カラマツの場合は、幼齡木に対する処理では殆どが雄花のみ着生し、雌花の着生は非常に少ない。しかし、壯齡木を使った実験では雌花の着生が促進されている(百瀬1964, 浅川ら1966)。すなわち、機械的処理の効果は未熟木よりも成熟木で強く現われる。機械的処理の効果はまた施肥によって影響される。Hoe-kstra (1957) がスラッシュマツで試験したところによると、環状剥皮と施肥の組み合わせ処理によって雌花の着生が一層増加した。しかし、スギの幼齡木では施肥は環状剥皮の効果打ち消した。これはおそらく木が若いためであって、施肥の併用効果は樹齢によって変化するものと思われる。右田(1962)の研究によると、スギの幼齡木に対する窒素肥料の施与は花芽の着生を抑制するという。

果樹では、環状剥皮などの機械的処理の適期は花芽分化期の3~5週間前であるといわれている。処理時期と花芽分化期との関係をスギについてみると、雄花芽の分化期は6月下旬~9月下旬、雌花芽のそれは7月中旬~9月中旬であるが、環状剥皮の適期は6~7月、巻き縮めの適期は6月である。カラマツでは、5月下旬から6月の処理が効果があったが、柳原ら(1960)の研究によると6月上旬から下旬の処理が最も有効である。カラマツの花芽分化期は7月である。以上の如く、針葉樹の場合も果樹のように花芽分化期の大体1カ月前をめどにして処理を行なえば十分効果が期待できる。剪定の適期は、Melchiorら(1961)の実験によると、ヨーロッパアカマツでは2月から4月までであるが、2月の処理が最もよい。しかし、柴田ら(1968)は花芽分化、不定芽の発生、不定枝の生長の三つの条件を考慮して、クロマツの剪定の適期は5月中旬頃であるとしている。剪定の時期については、なお検討の余地があるように思う。本研究によると、環状剥皮、巻き縮めおよび剪定の効果はただちにその年の花芽分化に現われた。環状剥皮と剪定の効果は処理年に強く現われ、翌年の花芽分化にはあまり影響しなかった。これに反し、巻き縮めの効果は処理年よりも翌年に強く現われた。すなわち、巻き縮めは剥皮や

剪定に比べて効果の現われ方がおそく、効果の持続期間が長いようである。HolmesとMatthews(1951)が20年生のコルシカマツで行なった実験によると、環状剥皮と巻き縮め処理の効果は2年目に現われている。また上田

(1950)のスギに対する環状剥皮処理では2年目の花芽分化も著しく促進されている。機械的処理の効果の現われる時期および効果の持続期間は樹種、樹齢、樹木の生育状態などによって異なるようである。おそらく幼齡木では処理による傷害の回復が早いから、効果の持続期間が短くなるものと思われる。スギやカラマツでは剥皮部のゆ着の不十分なものと、数年間巻き縮めを継続するとかなり長期間花をつける。

機械的処理を着花促進に応用する場合の問題点は処理によって樹木が傷害を受けることである。環状剥皮処理では、処理部の巻き込みが不十分なために処理部から上部が折れたりあるいは枯死することがある。巻き縮め処理の場合も、そのまま放置すると針金がくい込み、処理後数年で樹木は枯れる。一般に機械的処理は樹木にかなり強い傷害を与えなければ効果が現われないから、かなりめんどうである。処理の方法、程度、処理後の管理に十分注意を払わなければならない。形成層の活動がおう盛で処理部のゆ着が容易な樹種には剥皮処理が、ゆ着の困難な樹種には巻き縮め処理がよいように思われる。剪定は樹木にそれ程大きな傷害を与えないから木が枯れるようなことはない。しかし、剪定によってすでに着生している球果が取り除かれる場合があるので多少問題がある。剪定の方法や時期について工夫が必要である。機械的処理は着花を促進するけれども、幼齡木には効果がないか適用が困難な場合が多い。カラマツの幼齡木に対する環状剥皮では、雄花のみ着生し、雌花は殆どつかない。機械的処理のみによって問題が解決されない面もある。

2. 花性分化の人為的調節

(1) 花性分化の化学調節

花性分化の化学調節はウリ科植物で最もくわしく研究されている。LaibachとKribben(1950~1951a)はキュウリにIAAとNAAを処理して、雄花の形成が抑えられ雌花の数が増加することを認めた。おなじような結果をNitschら(1952)はカボチャで、Wittwerら(1954)はキュウリで報告している。その後、伊東ら(1960~1964)はキュウリでオーキチンのみでなくTIBAやMHのようなアンチオーキチンもまた高濃度で処理すると雄花の分化を抑制し、雌花の分化を助長することを認めた。さらにジベレリンは生育をおう盛にし、雌花の分化を抑

え、雄花の分化を促進することを報告している。また早瀬ら (1966) はキュウリをジベレリンで処理して、雌花が雄花に転換することを認めた。他方、ジベレリン処理によって雌性花の比率が増加したという報告もある

(Resendeら1959, Witsch 1965)。

針葉樹についてみると、斉藤・橋詰 (1954~1957) はアカマツおよびクロマツの花の着生している枝にNAAその他の生長調節物質を散布して、花性の転換が起こったことを報告している。すなわち、NAA 10ppm水溶液の散布によって雄花が雌花に、2,4-D 100ppm水溶液の散布によって雌花が雄花に変わった。IAA, IBA, MHなどでは転換は起こらなかった。本研究の結果によると、カラマツでは花芽分化後NAAを1個体当たり100~400mg幹に処理すると雌花の着生が著しく促進される。ジベレリンやCCCは効果がない。他方、スギではジベレリンの散布が有効で、雄花の着生している枝を摘心後10~100ppmのGA溶液を散布すると雄花が雌花に転換する。オーキシンの単独散布は効果がない。しかし、GA単用よりもGAとIAA, NAAあるいは尿素の併用処理が一層有効で、とくに尿素の併用は雌性花の着生を著しく促進する。花性転換、とくに雌性化の誘起に対するホルモンの適濃度はその種類によって異なる。NAAは葉面散布の場合は10ppm、樹幹注入では100mg/個体が良い。IAAは100ppmで効果があり、NAAよりも作用力が弱い。GAは10~100ppmで効果があるが、低濃度の処理が一層有効のようである。

以上の考察から、生長調節物質の花性分化に対する効果は樹種、生長調節物質の種類、施与の方法などによって異なる。一般にマツ科の樹種にはNAAが、スギ科の樹種にはジベレリンが有効のように思われる。しかし、実用上に直ちに利用できるような顕著な効果はみられない。

(2) 機械的処理およびその他の方法による花性分化の調節

機械的処理による花性分化の調節についてはあまり研究されていない。斉藤ら (1953~1957) はアカマツとクロマツで雄花の着生した新条を摘心することによって雌花を雌花に誘導することに成功した。しかし、本研究によると摘心処理はカラマツやスギには効果がない。クロマツでは、摘葉処理によって雄花が雌花に転換する。しかし、花は正常に発育せず、開花しない。摘心や摘葉処理が雌花の分化を促進することはキュウリでも報告されている (伊東ら1964)。

斉藤ら (1954) の報告によると、アカマツの雄花着生枝をパラフィン紙の袋で覆うと雄花が雌花に転換する。

本研究においても同様の結果がえられたが、さらに頂生の雌花が雄花に転換する現象がみられた。袋樹の影響は袋の種類によって異なり、セロファン紙の袋では転換が起こりにくい。袋の色はとくに関係がないようである。袋内の光度と温度を測定すると、袋樹によって光の強さは著しく減少する。また袋内の温度は日中は気温よりも高く、夜間は気温よりも低下する。花性の発現と環境条件との関係はウリ科植物でくわしく研究されている。伊東ら (1964) によると、キュウリでは短日と低温とくに低温が雌花の発現を促進し、長日と高温が雄花の着生を促進するという。また弱光が雌花の分化を促進することを報告している。針葉樹では、Pharisら (1970) がArizona cypressおよびwestern red cedarでGA処理と日長処理を組み合わせる実験を行ない、雌花の着生は短日で、雄花の着生は長日で促進されることを認めている。また全ら (1970) がクモトオシスギで花芽形成と温度との関係を調べた実験によると、雄花芽は30℃付近で、雌花芽は20℃付近で最も多く着生している。すなわち、雄花と雌花の発現の日長および温度条件は異なるようである。マツでは同じ袋樹で雄花の雌性化と雌花の雄性化が起こるから、光の強さと温度の変化のみによって花性転換の現象を十分に説明することができない。

花性分化におよぼす施肥の影響については、斉藤ら (1953~1957) はアカマツ、クロマツにおける摘心処理による雄花の雌花への転換が硫酸アンモニアの施与によって一層促進されることを報告している。本研究によると、アカマツの苗を密植して窒素あるいは燐酸肥料を施すと新条に傷害を与えなくても雄花が雌花に転換する。またスギでは、ジベレリンと尿素の併用散布によって雌性花の着生が著しく増加する。施肥が針葉樹の雌花の着生を促進した例は二、三みられる。Hoekstra (1957) がスラッシュマツで、Stephens (1964) がストロブマツで報告している。Hoekstraの結果によると、肥料要素中窒素の割合が大きい場合に雌花の着生が一層増加している。川名ら (1960) はスギでジベレリンと施肥を組み合わせる試験し、窒素の併用が雌花の着生を促進することを認めている。

花性分化に対する人工処理の適期は、スギでは8月、カラマツでは7月下旬~8月上旬で、いずれも花芽分化の直後が良い。他方斉藤ら (1953~1957) の実験によると、アカマツでは4月上旬~下旬、クロマツでは12月下旬~3月下旬の間の処理で花性転換が起こっている。しかし、アカマツで摘心処理の適期を再検討した結果、花芽分化直後の10月上旬の処理が最も有効であることがわかった。花芽分化直後はまだ花部器官の分化が進んでい

ないので花性は不安定な状態にあり、外部からの影響を受けやすいものと思われる。

以上化学調節と機械的処理その他の方法による花性分化の調節について考察したが、花性分化に対する人工処理の効果は樹種や処理の方法によってかなり異なる。マツではNAAの散布、摘心、摘葉、パラフィン紙の袋掛、施肥などによって花性の転換が起こるが、これらの単独処理よりも摘心と施肥などの併用処理が一層有効である。スギでは摘心、オーキシンあるいは尿素散布などの単独処理は効果がなく、摘心とジベレリンおよび尿素的組み

合わせ処理が最もよい。一般に単独処理よりも機械的処理、化学的処理、施肥などの組み合わせ処理が効果があるが、花性転換の誘発率は必ずしも高くはない。また処理の効果は個体あるいは枝の状態によって著しく異なる。転換の起こりやすい個体と起こりにくい個体がある。雄花の雌性化は強勢枝を選んでかなり強い処理をしなければ起こらない。また雌花の雄性化は非常に困難である。現段階ではこれらの方法をただちに実用上に応用することはできないようである。

IV. 総括および結論

IV-1. 花芽分化、花性分化に関する形態学的研究

1. 花芽分化期

(1) マツ科、スギ科、ヒノキ科の8樹種について花芽分化期を調査した。花芽分化の標徴は樹種や花性によって多少異なるが、一般に針葉樹では花芽原基の生長点が花芽分化期に急激に肥厚肥大し、葉芽に比べて著しく大きくなるので、容易に花芽を識別することができる。スギ、コウヨウザン、メタセコイアなどの雌花芽は生長点の大きさや形状の変化のみでは判別しにくい。維管束やずい部の状態を同時に観察することにより、比較的早期に葉芽と区別できる。最終的には花芽原基の基部に雄花芽では雄しべの原基が、雌花芽では苞鱗あるいは種鱗の原基が認められるようになれば花芽と認定することができる。

(2) 花芽分化期は樹種および花性によってかなり異なる。針葉樹の花芽分化は6月中旬から10月下旬の期間に行なわれるが、分化の最も盛んな時期に7~9月の3か月である。花芽分化開始期はスギ、ローソンヒノキが最も早く、アカマツ、クロマツが最も遅かった。花芽分化期間はスギ、コウヨウザン、ヒノキ属の樹種が長く、マツは短かった。一般に雌花芽は雄花芽よりも分化開始期が遅く、分化期間が短い傾向がみられた。

2. 花芽の発育経過

(1) アカマツ、クロマツ。アカマツの雄花芽では、9月中旬頃から雄しべの原基が、さらに10月上旬頃から鱗片の下側に胞原組織が分化して、11月には葯が識別された。葯内の胞原細胞は開花の前秋と翌春に分裂増殖して花粉母細胞に発達し、4月中、下旬に減数分裂を行なって花粉粒になった。雌花芽では、10月上旬に苞鱗の分化が起こったが、途中で発育がとまり、翌年の3月に再び苞鱗が、ひき続き種鱗が分化して、4月中、下旬に胚珠が形成された。クロマツの花芽の発育は、花芽分化の年はアカマツと著しく相違しなかったが、翌年の発育はアカマツよりも7~10日早かった。

(2) カラマツ。雄花芽では、8月上旬から雄しべの原基が、ひき続き8月中旬から胞原組織が分化して、9月には葯が認められた。胞原細胞はこの間分裂増殖して、9月下旬~10月上旬に花粉母細胞に発達した。花粉母細胞は10月上旬に減数分裂を始めたが、分裂の途中(太糸期)で越冬し、花粉は翌年の3月下旬頃形成された。雌花芽では、8月中旬より苞鱗が、9月下旬より種鱗が分化を始めた。雌花芽は種鱗形成の途中で越冬し、翌年の3月下旬頃胚珠の分化が起こった。4月中旬には珠皮と珠心に分化した胚珠が認められた。

(3) スギ。雄花芽では、花芽分化後短期間に雄しべおよび胞原組織が分化し、葯が形成された。花粉母細胞は9月下旬~11月上旬(盛期は10月中旬)に減数分裂を行なって、花粉が形成された。雌花芽では、7月下旬頃か

ら苞鱗が、8月上旬より胚珠の原基が分化した。10月には珠皮と珠心に分化した胚珠がみられた。種鱗は10月中、下旬に苞鱗の上腋に分化した。

(4) コウヨウザン。雄花芽では9月上旬から雄しべの原基が、9月中旬頃から胞原組織が分化し、11月には葯が認められた。胞原細胞は2月下旬頃花粉母細胞に発達し、3月上旬に花粉が形成された。雌花芽では、9月下旬頃から苞鱗の原基が、10月下旬より胚珠の原基が分化を始めた。胚珠の原基は未発達のまま越冬し、翌年の3月中、下旬に珠皮と珠心に分化した。同時に胚珠の上腋に種鱗の原基が分化した。

(5) メタセコイア、セコイア。メタセコイアの雄花芽では、花芽分化後間もなく雄しべの原基が分化した。胞原組織は8月下旬に分化を始め、10月上旬に葯が観察された。花粉は10月中旬～11月中旬に形成された。雌花芽では、9月上旬頃から苞鱗が、9月下旬～10月上旬に胚珠の原基が分化した。胚珠の原基は10月中、下旬に珠皮と珠心に分化した。セコイアの雄花芽の発育経過はメタセコイアと大体同様である。

(6) ヒノキ、ローソンヒノキ。ヒノキの雄花芽では、7月上旬頃から雄しべの原基が分化した。胞原組織は8月上旬より分化を始め、10月には葯が観察された。胞原細胞は11月中旬頃まで分裂増殖して、12月中旬頃花粉母細胞に発達した。花粉は翌年の3月中旬頃形成された。雌花芽では、8月上旬から種鱗が分化し、10月上旬頃胚珠の原基が形成された。11月には珠皮と珠心に分化した胚珠がみられた。

ジベレリン処理によって着生したローソンヒノキの花芽の発育経過はヒノキとほぼ同様であった。しかし、自然着生の花芽はヒノキよりも発育が早いようであった。雄花芽では7月に胞原組織の分化が、雌花芽では8月に胚珠の分化が認められた。

3. 花芽分化期、花芽の発育経過の変化

(1) 年変化。ヒノキの花芽分化期は5月から6月の気候の影響を強く受け、高温、少雨の年は多雨の年よりも花芽分化開始期が10～15日早かった。コウヨウザンでは、花芽分化期に著しい年変化がみられなかった。

(2) 生育場所によるちがい。海拔5mと600mの場所で比較した結果、アカマツの花芽分化期および花芽分化年の花芽の発育は平地よりも高所でやや早い傾向がみられた。スギでは、花芽分化開始期については両生育地間に著しい差がなかったが、終止期は平地よりも高所で約20日早かった。また花芽分化年の花芽の発育は平地よりも高所でやや早いようであった。カラマツの花芽分化期お

よび花芽の発育については、長野県と岡山県との間に著しい差はなかった。しかし、北海道では長野県よりも初秋の発育が約20日早かった。

(3) 個体変異。アカマツでは、花芽分化開始期に10日、終止期に20日、花芽の発育に10～30日の個体差がみられた。スギでは個体差が著しく、花芽分化開始期に2カ月、花芽分化期間に10～80日のちがいがみられた。また花芽の発育に1カ月の早晩があった。カラマツでは、個体によって花芽の発育に10日前後の差異がみられた。

(4) 着花位置によるちがい。ヒノキでは、樹冠下部の枝は梢頭に近い枝よりも約10日花芽分化開始期が早かった。スギの雄花芽は新条に穂状花序状に着生し、枝の伸長に伴って下部から上部へ順次分化してゆくから、着花位置によって花芽分化期および花芽の発育に著しい差異がみられた。

(5) ジベレリンの処理時期の影響。スギの花芽分化期および花芽の発育はジベレリンの処理時期によって著しく影響された。生育の前期処理(6～7月処理)に比べて後期処理(8～9月処理)では花芽分化までの所要日数が短く、花芽の発育が早く進行した。しかし、花芽の発育は前期処理の方がよかった。一般に9月までの処理で花芽は正常に発育したが、10月処理では発育が悪く、花粉は翌春形成された。したがって、開花期がおくれ、また開花しないものもみられた。

4. 花性転換の機構

(1) 雄花の雌性化。マツにおける雄花の雌性化の機構は雄花の発育の段階によって異なることがわかった。雄花の発育の初期に雌性化が誘導される場合には、雄しべの初生突起が苞鱗に分化するか、花軸のまわりに直接苞鱗が分化して雄花が雌花に発育する。種鱗および胚珠は翌春形成される。葯形成後に雌性化が誘導される場合には、葯が花軸にゆ着して種鱗と苞鱗に分化し、種鱗に胚珠が形成されて雄花が雌花に転換する。スギやローソンヒノキでは、雄しべの上腋に胚珠が二次的に分化して雌花に転換する場合と、葯が直接胚珠化する場合の二つの様式が認められた。しかし、後者の場合は開花はするが、球果に発育しなかった。

(2) 雌花の雄性化。マツにおける雌花の雄花への転換は、種鱗の形成が抑制され、苞鱗に葯が分化して起こるようであった。

(3) 花部器官の発達の経過および花性転換の機構からみれば、針葉樹の雌花は花序でなく単花であると考えられることができる。

IV-2. 花芽分化, 花性分化に関する生理学的研究

1. 針葉樹の葉条に含まれるオーキシンおよびジベレリン様物質

(1) 針葉樹の葉条に含まれるオーキシンおよびジベレリン様物質をマツ胚軸検定法およびイネ幼苗検定法で検出した。その結果, 供試9樹種の殆どすべてでオーキシンおよびジベレリン様物質の存在が確認された。アンモニア性イソプロパノールで展開した場合, 中性分画, 酸性分画, 水溶性分画のそれぞれで4種類のオーキシンが検出された。これらのうち, 酸性分画のRf 0.4~0.5 (ファクターI) とRf 0.6~0.7 (ファクターII) および水溶性分画のRf 0.2~0.5 (ファクターIII) の三つの促進帯がとくに顕著であった。ファクターIはIAAと推定されたが, 他の促進帯は同定できなかった。他方イネ幼苗検定法により4種類のジベレリン様物質 (Rf 0~0.3, 0.4~0.5, 0.6~0.8, 0.8~1.0) と1種類の抑制物質が検出された。Rf 0.6~0.8のジベレリン様物質は既知のジベレリンAとRf値が一致する。

(2) 針葉樹の葉条には比較的高濃度のオーキシンが含まれていた。その含量はIAAに換算すると葉条100g当たり41~286 μ gに相当した。オーキシンの含量は中性分画(酸性分画(水溶性分画の順に大であった。ジベレリン様物質は葉条100g当たり0.03~1.63 μ g G A₃当量含まれていた。

2. 花芽分化と内在生長物質との関係

(1) ジベレリンで花芽分化が誘起される樹種(スギ科, ヒノキ科)とされない樹種(マツ科)の内在生長物質を比較すると, 中性分画のRf 0.5~0.8と酸性分画のRf 0.6~0.7(ファクターII)の二つのオーキシンは前者に少なく, 後者に多く含まれていた。水溶性オーキシン, ジベレリン様物質および抑制物質については, 両者の間に著しいちがいが認められなかった。

(2) ジベレリン処理あるいは環状剥皮による花芽分化の誘起に関連して, スギの新条内の生長物質に注目すべき変化がみられた。酸性分画のファクターI, 水溶性オーキシンおよびジベレリン様物質は処理後減少の傾向にあった。これに反して, ファクターIIは花芽分化期に急激に増加した。また抑制物質, とくにインヒビター β は処理後増加の傾向にあった。葉面散布によって吸収されたジベレリンは葉条の中で直接消費されたが, かなり長期間(30日以上)存在していた。

(3) アカマツの芽に含まれるオーキシンは樹齡によって著しく変化した。酸性分画のファクターIとファク

ターII, とくにファクターIIは未熟木に少なく, 成熟木に多く含まれていた。これに反して, 水溶性オーキシン(ファクターIII)は未熟木に最も多く見出された。

花芽形成に関連してファクターIIの出現状況がとくに注目された。

3. 花芽分化と樹体内養料との関係

(1) ジベレリン処理による花芽分化誘起に関連してスギの新条内成分に注目すべき変化がみられた。処理によって水分, 窒素は減少し, 還元糖, 非還元糖, 全糖, 全可溶性炭水化物, 不溶性炭水化物は増加する傾向にあった。したがって, C-N率は処理によって著しく増大した。これらの成分中, 水分と窒素の減少, 不溶性炭水化物の増加は花芽分化に先行して起こったが, 糖類は花芽分化後に増量するようであった。

(2) 環状剥皮の場合はジベレリン処理に比べて成分の変化が一層顕著であった。スギでは, 処理によって水分と窒素が減少し, 還元糖, 全糖, 全可溶性炭水化物, 不溶性炭水化物が増加した。したがって, C-N率は処理区が無処理区よりも著しく大であった。S-N率は処理後減少した。これらの成分の変化はいずれも花芽分化に先行して起こった。前年処理した枝においても同様の変化がみられたが, 当年処理枝ほど顕著でなかった。着花量とこれらの成分の含量との間にはきわめて高い相関が認められた。

(3) カラマツでもスギとほぼ同様の結果がえられた。幹の剥皮によって水分, 窒素, リンが減少し, 還元糖, 全糖, 澱粉, カリウムが増加した。これらの成分中, 水分, 澱粉, リンの変化は花芽分化に先行して起こったが, とくに水分, 澱粉, 窒素の変動が顕著であった。

以上の結果から, 水分, 窒素, リンの減少と不溶性炭水化物(澱粉)の増加がとくに花芽分化の誘起と関係があるように思われる。

4. 花性分化と内在生長物質との関係

(1) アカマツ, クロマツの雄花着生部と雌花着生部, あるいは雄花を着生した芽と雌花を着生した芽の内在生長物質を比較した結果, 生長物質の種類については両者の間にちがいがみられなかった。しかし, 酸性分画と水溶性分画のオーキシンおよび抑制物質は雌花を着生した芽あるいは新条の下部よりも雌花を着生した芽あるいは新条の上部に多く含まれていた。

(2) マツの新条におけるオーキシンの含量は雄花の雌性化に有効な摘心処理によって増加した。摘心処理による増加は酸性分画のファクターIとファクターII, 水溶

性分画のファクターⅢで顕著であった。酸性分画のオーキシンは摘心後急激に、水溶性分画のオーキシンは緩慢に増量した。

これらの結果から、雌花は雄花よりもオーキシン・レベルの高い条件のもとで形成されるものと思われる。

5. 花性分化と樹体内養料との関係

スギの雄花着生部と雌花着生部あるいは雄花と雌花の化学成分を比較した結果、水分と窒素の含量は雌花着生部あるいは雌花が雄花着生部あるいは雄花よりも明らかに大であった。糖類、澱粉などの炭水化物の含量およびC-N率については、明確な結果がえられなかった。スギの花性の分化は炭水化物よりも窒素の含量と密接な関係がある。雌花は雄花よりも窒素レベルの高い条件のもとで形成されるものと思われる。

Ⅳ-3. 花芽分化、花性分化の人為的調節に関する研究

1. 花芽分化の化学調節

(1) 生長調節物質の効果

マツ科12樹種、スギ科5樹種、ヒノキ科5樹種を用いて24種類の生長調節物質の効果を試験した。花芽分化に対する効果は生長調節物質の種類によって異なる。IAA, NAAなどのオーキシン類, TIBA, CCCなどの抑制物質ヘルミントスポロール, カイネチン, エスレル, ウリジル酸, ウラシル, DNAなどはいずれも単独では針葉樹の花芽分化を促進しなかった。しかし、ジベレリンはスギ科、ヒノキ科の樹種の花芽分化を著しく促進した。核酸類の中で、RNAはアカマツ、スギの花芽分化をやや促進する傾向がみられた。

(2) ジベレリンの葉面散布による花芽分化の調節

ジベレリンの効果は樹木の内的条件（樹種、品種、個体、樹齡、栄養状態など）とジベレリンの処理の方法（濃度、処理時期など）によって著しく異なることがわかった。

(a) ジベレリンはスギ科の樹種の花芽分化を促進したが、マツ科の樹種には殆ど効果がなかった。スギ科のものでコウヨウザンやギガントセコイアには効果がなかった。ヒノキ科では、イタリヤサイプレスを除き4樹種で効果がみられた。また同一樹種でも個体によってジベレリンの効果にかなり差異がみられた。個体による違いは未熟木でとくに顕著であった。

(b) ジベレリンの効果は樹齡によって変化した。スギではジベレリンの散布によって自然状態で花のつかない

当年生稚苗に花がついたが、樹齡が高いほど花芽分化、とくに雌花の分化が促進された。当年生稚苗では大部分が雄花であったが、樹齡の増加に伴って雌花の着生量および雄花に対する雌花の比率が増加した。また高齡木では、幼齡木に比べて低い濃度のジベレリンで雌花の着生が促進された。このような傾向はメタセコイアやヒノキでも認められた。

(c) 葉面散布の場合、ジベレリンは10ppm以上の濃度でスギ、メタセコイアの花芽分化を誘起した。ヒノキ、ローソンヒノキでは50ppm以上で効果がみられた。アスナロでは500ppmで雄花および雌花が多数着生した。一般に濃度の増加に伴って花芽分化、とくに雌花の分化が促進された。幼齡木ではとくにこのような傾向が認められた。

(d) ジベレリンの効果の現われ方は処理時期によって異なる。スギでは6月から10月までの処理で花芽分化が誘起されたが、雄花は7月区に、雌花は9月区に最も多く着生した。メタセコイアでは、単月処理よりも6~8月の連続処理が効果があった。ヒノキでは、雄花の着生は7月区に、雌花の着生は8月区に最も多かった。一般に生育前期の処理では雄花が、後期の処理では雌花が多くつく傾向がみられる。しかし、成熟木ではこのような傾向は苗木の場合ほど顕著でない。

(e) 施肥はジベレリンによる花芽分化に影響をおよぼした。スギの場合、雄花の着生はNPK区を除きやや減少したが、雌花の着生は反対に増加した。とくに窒素肥料の併用は雌花の着生を促進する傾向がみられた。

(f) 生長調節物質の併用効果は生長調節物質の種類および処理の方法によって異なる。スギでは、ジベレリンを先に与えオーキシンを後処理すると、花芽分化が一層促進される。IAA, IBAは200ppmで雌花の着生を促進した。NAA, 2,4-Dの併用は雄花の着生を抑制したが、100ppm以下では雌花の着生を促進した。カイネチン、核酸およびその関連物質の併用はジベレリンによるスギの花芽分化を促進しなかった。しかし、DNAの併用はアカマツの花芽分化をやや促進する傾向がみられた。生長抑制物質の中でMHとTIBAは高濃度で併用するとジベレリンによるスギの花芽分化を抑制した。しかし、TIBAの併用はアカマツの花芽分化をやや促進する傾向がみられた。

(3) ジベレリンの樹幹処理およびジベレリンと環状剥皮の組み合わせ処理による花芽分化の調節

(a) ヒノキおよびアスナロの幼齡木の着花は1本当たり20~25mgのジベレリン錠剤の樹幹処理によって著しく促進された。樹幹処理法は、葉面散布法に比べて少量の

ジベレリンで効果が認められた。

(b) 環状剥皮, ジベレリンの樹幹処理, 環状剥皮とジベレリンの組み合わせ処理はいずれも幼齡のヒノキ精英樹クローンの着花を促進した。これらの処理の中で, 環状剥皮とジベレリンの組み合わせ処理が最も有効で, 雌花と雄花が多数着生した。ついで, ジベレリンの単独処理が効果があった。ジベレリンは1個体当たり10mgよりも20mg施与した場合に一層花の着生を促進した。ジベレリンの処理時期については, 雄花の分化促進に対しては7月と8月の処理が, 雌花の分化促進に対しては8月処理が有効であった。クローンによって処理の効果にちがいがみられた。一般に自然着花の多いクローンで処理の効果が強く現われるようであった。ジベレリン処理, 環状剥皮とジベレリンの組み合わせ処理によって樹冠全体に花が着生した。雄花は樹冠の中部に最も多く着生したが, 雌花については一定の傾向が認められなかった。

(4) ジベレリン処理によってえられた花粉および種子の稔性

スギとヒノキ科の樹種では, ジベレリン処理によってえられた花粉は一般に正常で, 人工発芽試験では天然の花粉と殆どかわらない高い発芽率を示した。しかし, 未熟木にジベレリンを処理した場合には花粉の発芽が悪いものがあつた。メタセコイアの花粉は人工発芽床で発芽しなかった。スギおよびヒノキのジベレリン処理によって着生した球果および種子の大きさ, 重量は若い実生苗では自然着生のものに劣るが, 成木では著しい差異が認められなかった。自然交配およびジベレリン処理による花粉の人工交配によってえられた種子は人工発芽床で正常に発芽し, 自然着生のものに劣らない高い稔性を示した。

2. 機械的処理による花芽分化の調節

(1) スギの花芽分化は環状剥皮および巻き締め処理によって著しく促進された。剥皮処理の適期は6~7月, 巻き締め処理の適期は6月であった。環状剥皮の効果は処理年の花芽分化に, 巻き絞めの効果は翌年の花芽分化に強く現われた。環状剥皮および巻き締め処理の効果は個体によって異なり, また幼齡木よりも高齡木で効果が強く現われた。幼齡木に対する施肥は環状剥皮の効果を打ち消す傾向がみられた。

(2) カラマツの幼齡木の着花は幹の環状剥皮によって促進された。しかし, 着生した花芽は殆どが雄花で, 雌花の分化促進にはあまり効果がなかった。個体によって環状剥皮の効果に著しい差異がみられた。枝に対する剥皮, 巻き締め処理は一般によい結果をもたらさなかった。幹

の剥皮によって雄花は樹冠中部の枝に最も多く着生した。雌花は樹冠上部の枝に着生した。雄花は1~5年生枝に着生したが, 2~3年生枝に最も多かつた。雌花は主として2年生枝に着生したが, 枝に対する処理では3~5年生枝にもみられた。

(3) アカマツおよびクロマツの精英樹クローンの着花は新条の剪定によって促進された。また剪定によって新条数が増加した。アカマツでは, 雄花は強度剪定区に, 雌花は中度剪定区に最も多く着生した。クロマツでは, 雄花, 雌花ともに強度剪定区に最も多くついた。剪定の結果, 雄花, 雌花とも樹冠の各区分で着花数が増加し, 樹冠全体に花が着生した。さらに剪定によって1新条当たりの着花数が増加した。剪定の効果はクローンによってかなり異なるようであった。

3. 花性分化の化学調節

(1) スギの花芽を着生した枝の雄花着生部より上部を摘除し, 8月から9月にジベレリンを数回散布して雄花を雌花に誘導することができた。雄花の雌性化は新条の摘心, 尿素, IAA, NAA, 2,4-Dの葉面散布などの単独処理では起こらなかった。雌性花の着生はジベレリンの単用よりもジベレリンと尿素あるいはオーキシンの併用処理によって一層促進された。とくにジベレリンと尿素の併用処理が有効であった。ジベレリンは10~50ppmで, 尿素は1%で, NAAは10ppmで, IAAは100ppmで効果が認められた。花性分化に対する人工処理の効果は個体および枝の状態によって著しく異なることがわかつた。雄花の雌性化は主として強勢枝で起こつた。雌性花には, 全面的雌性花と部分的雌性花の二つがあつた。全面的雌性花は正常に發育して, 発芽力のある種子を生産した。

(2) カラマツの幼齡木に機械的処理によって雄花を着生させた後, 7~8月にホルモン剤を樹幹に注入した。その結果, NAAの注入によって雌花の着生が著しく促進された。NAAは1個体当たり100mgの処理が最も有効であった。雌花は大部分がNAA処理部より上部の枝に着生した。カラマツの幼齡木では普通雌花は殆ど着生しないから, NAAの処理による雌花数の著しい増加はNAAによって雄花が雌花に發育したためであると考えられる。

4. 機械的処理およびその他の方法による花性分化の調節

(1) 幼齡のクロマツに強度の摘葉処理(3月21日に雄花着生枝の旧葉を大部分摘除)を行なって, 雄花を雌花

に誘導することができた。しかし、雌性花は正常に發育せず、開花しなかった。

(2) アカマツの雄花は冬芽の雄花着生部の直上を摘心することによって雌花に轉換した。摘心処理の有効時期は花芽分化の直後から花粉母細胞減数分裂の直前まで

(10月上旬から4月中旬まで)であったが、花芽分化直後(10月上旬)の処理が最も有効であった。

(3) アカマツでは、白色および褐色パラフィン紙の袋掛によって雄花が雌花に、また褐色パラフィン紙の袋掛によって雌花が雄花に轉換した。セロファン紙の袋掛では花性の轉換は起こらなかった。クロマツでは、白色および赤色パラフィン紙の二重袋掛で雄花が雌花に轉換した。花性轉換はアカマツでは3月上旬～4月上旬に、クロマツでは3月上旬に袋を掛けた区で起こった。

(4) アカマツの花性分化は施肥によって影響された。密植して花芽分化期の直前に窒素あるいは磷酸肥料を施すと、新条に傷害を与えなくても側生の雌性花が着生した。窒素と磷酸の併用はそれらの単用よりも一層雌性花の着生を促進する傾向がみられた。側生の雌性花は疎植区ではみられなかった。

(5) マツの花性分化に対する人工処理の効果は個体あるいは枝の状態によって著しく異なるようである。雄花の雌性化は主として主幹あるいは強勢側枝の主条でみられた。一方、雌花の雄性化は弱勢側条で起こるようである。人工処理によって誘起された雌性花には、全面的雌性花と部分的雌性花の二つがあった。全面的雌性花は、摘葉処理の場合を除き、開花して球果に發育した。花性轉換によって生じた球果および種子は自然着生のものに比べて小さかった。しかし、種子は発芽力を持っており、自然着生のものと殆どかわらない高い稔性を示した。

IV-4. 結 論

本研究は針葉樹の花芽分化、花性分化と主として薬剤および機械的処理によるその調節について研究したものである。基礎研究の結果、主要樹種の花芽分化期、花芽の發育経過、花性轉換の機構などが明らかにされた。さらに花芽分化、花性分化と内在生長物質および樹体内養料との関係がある程度解明された。花芽分化、花性分化を人為的に調節しようとする場合には、これらの基礎研究の結果を十分理解して人工処理を実施することが肝要である。

針葉樹の花芽分化、花性分化は薬剤処理、機械的処理、施肥などによって人為的に調節することができる。しかし、幼齡木に確実に花をつけ開花年齢の短縮に役だつ方法はジベレリン処理のみである。実用的観点からすれば、

スギ科やヒノキ科の樹種はジベレリンで容易に着花するから、これらの樹種に着花促進にはジベレリンの応用が最も適している。花粉や種子の稔性、苗木の生長などに対するジベレリンの影響についてはそれ程心配する必要はない。マツ科の樹種に着花調節については、幼齡木に確実に効果のある方法が見出されなかった。しかし、アカマツやクロマツは比較的幼齡期から花をつけるので、マツの採種園に対しては剪定が有望と思われる。剪定によって着花量が増加するばかりでなく、樹形を調節することができるから実用的である。幼齡期に花性の表現がかたよるカラマツの着花調節には環状剝皮とナフタレン酢酸の組み合わせ処理が有効であるが、この方法をただちに実用上へ応用することには問題がある。マツ科の樹種に着花調節についてはさらに研究が必要である。とくに幼齡木に対し容易に確実に花をつけさせる方法の開発に力を注がなければならないと思う。

文 献

- 1) Aldén, T. & Eliasson, L. (1970) : Occurrence of indole — 3 — acetic acid in buds of *Pinus silvestris*. *Physiol. Plant.*, 23 : 145~153.
- 2) Allen, R. M. (1960) : Changes in acid growth substances in terminal buds of longleaf pine saplings during the breaking of winter dormancy. *Physiol. Plant.* 13 : 555~558.
- 3) Allsopp, A. (1964) : Shoot morphogenesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 15 : 225~254.
- 4) Aoki, H. et al. (1970) : Endogenous growth regulators in forest trees. *Biologia*, 13 : 113~121.
- 5) 浅川澄彦ら (1966) : カラマツ採種林の本数密度と環状剥皮の結実促進効果. 日林誌, 48 : 245~249.
- 6) Audus, L. J. & Gunning, B. E. S. (1958) : Growth substances in the roots of *Pisum sativum*. *Physiol. Plant.*, 11 : 685~697.
- 7) Banerjee, S. N. & Radforth, N. W. (1967) : Gibberellin-like substances in the fruits of *Ginkgo biloba* L. *Plant and Cell Physiol.*, 8 : 207~209.
- 8) Bennet-Clark, T. A. & Kefford, N. P. (1953) : Chromatography of the growth substances in plant extracts. *Nature*, 171 : 645~647.
- 9) Bilan, M. V. (1960) : Stimulation of cone and seed production in pole-size loblolly pine. *For. Sci.*, 6 : 207~220.
- 10) Bouillenne-Walrand, M. et al. (1960) : *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège*, 29 : 228~238. (文献110による)
- 11) 千葉 茂 (1965) : ストローブマツ採種園の着花促進処理 (予報). 日林北海道支部講集, 14 : 21~23.
- 12) 築地録太郎 (1959) : ジベレリンによるスギの開花促進について (予報 I). 69回日林講, 311~313.
- 13) Clark, J. & Bonga, J. (1963) : Evidence for indole — 3 — acetic acid in balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill. *Can. J. Bot.* 41 : 165~173.
- 14) Crozier, A. et al. (1970) : Endogenous gibberellins of Douglas fir. *Phytochem.*, 9 : 2453~2459.
- 15) Duff, G. H. & Holan, N. J. (1958) : Growth and morphogenesis in the Canadian forest species. III. The time scale of morphogenesis at the stem apex of *Pinus resinosa* Ait. *Can. J. Bot.*, 36 : 687~706.
- 16) Dunberg, A. (1971) : Gibberellin-like substances from Norway spruce (*Picea abies* Karst.). (私信)
- 17) Fransson, P. (1959) : Studies on a shoot and root cell elongation stimulator in *Pinus silvestris*. *Physiol. Plant.*, 12 : 188~198.
- 18) Fraser, D. A. (1962) : Apical and radial growth of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) at Chalk River, Ontario, Canada. *Can. J. Bot.*, 40 : 659~668.
- 19) Fujii, K. (1895) : Physiological researches on the sexuality of the flowers of *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. *Bot. Mag. Tokyo*, 9 : 271~275.
- 20) Gifford, E. M. Jr. & Mirov, N. T. (1960) : Initiation and Ontogeny of the ovulate strobilus in ponderosa pine. *For. Sci.*, 6 : 19~25.
- 21) Goebel, K. (1933) : Organographie der Pflanzen. (藤田哲夫 (1949) : 植物畸形学, 217, 共立出版による)
- 22) 郷 正士 (1961) : アカマツ, クロマツの花芽分化. 日林誌, 43 : 306~309.
- 23) Goo, M. (1968) : Photoperiod and flowering of *Pinus densiflora* seedlings. *Misc. Infor. Tokyo Univ. For.*, 17 : 101~104.
- 24) 郷 正士・八木喜徳郎 (1966) : ジベレリンの軟膏処理によるスギのハナメの形成. 演習林 (東大), 16 : 21~26.
- 25) 五島善秋 (1964) : 植物養分と花成の研究. 養賢堂.
- 26) Grano, C. X. (1960) : Strangling and girdling effects on cone production and growth of loblolly pine. *J. For.*, 58 : 897~898.
- 27) Gunning, B. E. S. (1961) : Auxin activity in ether-insoluble fractions of extracts of rhubarb petioles. *Nature*, 192 : 661~662.
- 28) 萩行治義ら (1966) : 四国地方におけるジベレリン処理の適期について. 40年度関西育種場四国支場年報, 37~43.
- 29) 浜谷稔夫・倉橋昭夫 (1970) : 2, 3の機械的処理によるカラマツの着花結実促進. 日林誌, 52 : 244~253.
- 30) Harada, H. & Nitsch, J. P. (1959) : Changes in endogenous growth substances during flower development. *Plant Physiol.*, 34 : 409~415.
- 31) Harada, H. (1962) : *Rev. Gén. Bot.*, 69 : 201~301. (文献110による)
- 32) 橋詰隼人 (1959a) : スギの花芽分化におよぼすジ

- ベレリンの影響. 日林誌, 41: 375~381.
- 33) 橋詰隼人 (1959b): ヒノキおよびローソンヒノキの花芽および花性分化におよぼすジベレリンの影響. 日林誌, 41: 458~463.
- 34) ——— (1960a): スギの花芽および花性分化と生長物質の消長. 鳥取農学会報, 12: 150~154.
- 35) ——— (1960b): スギの花性分化におよぼすジベレリンの影響. 日林誌, 42: 176~180.
- 36) ——— (1960c): ジベレリン処理によってえられたヒノキの種子の発芽力. 日林誌, 42: 190~191.
- 37) ——— (1960d): スギの花芽分化におよぼすジベレリンの影響(II). ジベレリン処理によって着生した球果からえられた種子の発芽力. 日林誌, 42: 226~228.
- 38) ——— (1961a): スギの花性分化におよぼすジベレリンの影響(II). ジベレリンによっておこる花の雌性化におよぼすオーキシンおよび尿素の影響. 日林誌, 43: 47~49.
- 39) ——— (1961b): アカマツ花性分化の人工管理(III). 花芽分化期, 球果発育過程ならびに花性転換の機構について. 鳥取農学会報, 13: 141~149.
- 40) ——— (1961c): スギの花芽分化におよぼすジベレリンの影響(III). ジベレリンによる花芽分化誘起に関連しておこる新条内の生長物質, 炭水化物および窒素の消長. 日林誌, 43: 120~126.
- 41) ——— (1961d): アカマツ花性分化の人工管理(IV). 花性分化におよぼす袋掛および施肥の影響. 鳥取大演報, 2: 1~8.
- 42) ——— (1961e): クロマツ花性分化の人工管理(II). 花性分化におよぼす摘葉処理の影響. 鳥取大演報, 2: 9~13.
- 43) ——— (1961f): クロマツ花性分化の人工管理(III). 花芽分化期, 球果発育過程ならびに花性転換の機構について. 日林誌, 43: 297~305.
- 44) ——— (1962): スギの花芽分化期および花芽の発育経過について. 日林誌, 44: 312~319.
- 45) ——— (1963a): ヒノキの花芽分化期および花芽の発育経過. 日林誌, 45: 135~141.
- 46) ——— (1963b): コウヨウザンの花芽分化期および花芽の発育経過. 日林誌, 45: 181~185.
- 47) ——— (1965a): マツの胚軸切片によるオーキシンの測定法について. 日林誌, 47: 304~312.
- 48) ——— (1965b): マツ胚軸試験法によるマツのオーキシンおよび抑制物質の測定. 日林誌, 47: 421~425.
- 49) 橋詰隼人 (1965c): カラマツの新条に存在するジベレリン様物質について(予報). 鳥取農学会報, 18: 53~60.
- 50) ——— (1966): ジベレリン処理によって着生したメタセコイアおよびセコイアの花芽の発育経過について. 鳥取大演報, 3: 1~8.
- 51) ——— (1967): カラマツ幼齡木の着花促進試験. 日林誌, 49: 405~408.
- 52) ——— (1968): 針葉樹の花芽分化の化学調節. 日林誌, 50: 14~16.
- 53) Hashizume, H. (1969): Auxins and gibberellin-like substances existing in the shoots of conifers and their roles in flower bud formation and flower sex differentiation. *Bull. Tottori Univ. For.*, 4: 1~46.
- 54) 橋詰隼人 (1970): 機械的処理による針葉樹の花芽分化の促進と花芽分化に関連しておこる樹体内養料の変化. 鳥取大農研報, 22: 25~33.
- 55) 橋詰隼人・今井元政 (1966): カラマツの花芽の発育経過について. 日林誌, 48: 425~435.
- 56) 橋詰隼人ら (1970): 環状剥皮とジベレリン処理によるヒノキ精英樹クロウンの着花促進. 日林誌, 52: 191~197.
- 57) 林 武・村上 浩 (1960): 植物ホルモン, 作物生理学講座 1, 111~169, 朝倉書店.
- 58) Heitmüller, H. H. & Melchior, G. H. (1960): Über die blühhördernde Wirkung des Würzelschnitts des Zweigkrümmens und der Strangulation an japanischer Lärche. *Sil. Gen.*, 9: 65~72.
- 59) Heslop-Harrison, J. (1957): The experimental modification of sex expression in flowering plants. *Biol. Rev.*, 32: 38.
- 60) Hoekstra, P. E. & Mergen, F. (1957): Experimental induction of female flowers on young slash pine. *J. For.*, 55: 827~831.
- 61) Holmes, G. D. & Matthews, J. D. (1951): Girdling or banding as a means of increasing cone production in pine plantations. *For. Rec.*, 12: 1~8.
- 62) 市河三次・四手井綱英 (1961): GB 処理によって開花したスギの交配種子よりの当年生稚苗 (GB F, 稚苗) の GB 処理による開花について. 71回日林講, 153~155.
- 63) 板垣富泰ら (1971): ジベレリン剥皮処理によるヒノキの着花促進. 林木の育種, 66: 20~21.

- 64) Ito, H. & Saito, T. (1960): Factors responsible for the sex expression of the cucumber plant. XII. Physiological factors associated with the sex expression of flowers. *Tohoku J. Agr. Res.*, 11: 287~308.
- 65) 伊東秀夫・斎藤 隆(1964): キュウリの雌雄花の分化. 植物生理, 4: 141~152.
- 66) 伊東秀夫(1969): 植物における性の表現. 植物の化学調節, 4: 10~19.
- 67) Kato, J. et al. (1962): Gibberellin-like substances in plants. *Nature*, 196: 687~688.
- 68) 加藤 徹(1965): ハナヤサイの花雷の分化発育について(第2報). 花雷の分化発育に関する生理学的研究. 園芸雑, 34: 49~56.
- 69) 加藤善忠ら(1958): ジベレリンによるスギ花芽分化の促進. 日林誌, 40: 35~36.
- 70) 加藤善忠(1959): ジベレリンによるスギの花芽分化の促進(第2報). 日林誌, 41: 138~141.
- 71) 加藤善忠ら(1959): ジベレリンによる針葉樹の花芽分化の促進(第1報). 日林誌, 41: 309~311.
- 72) 加藤善忠ら(1960): ジベレリンによるスギの花芽分化の促進(第4報). 種子の発芽. 日林誌, 42: 323.
- 73) 加藤善忠・福原植勝(1962): ジベレリンに対する針葉樹の花芽分化の促進. 5回ジベレリン研究発表会抄録, 19~21.
- 74) 川名 明・八谷昶克(1960): 窒素肥料とジベレリン処理とが当年生スギ稚苗に及ぼす影響. 70回日林講, 218~221.
- 75) 榎谷金治・吉野 豊(1972): ヒノキのジベレリン時期別剥皮処理について. 日林関西支部講集, 23: 117~119.
- 76) 河野耕蔵ら(1971): スギ大径高木に対するジベレリン処理法. 林木の育種, 66: 8~11.
- 77) 小山良之助・岩田善三(1950): スギ, ヒノキの人為結実に関する研究(第1報). 日林誌, 32: 104~105.
- 78) Kraus, E. J. & Kraybill, H. R. (1918): Vegetation and reproduction with special reference to the tomato. *Oregon Agr. Exp. Sta. Bull.* 149.
- 79) Kurgman, S. L. (1967): A gibberellin-like substance in immature pine seed. *For. Sci.*, 13: 29~37.
- 80) Laibach, F. & Kribben, F. J. (1950): Der Einfluss von Wuchsstoff auf die Bildung männlicher und weiblicher Blüten bei einer monözischen Pflanze. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, 62: 53~55.
- 81) Laibach, F. & Kribben, F. J. (1951a): Der Einfluss von Wuchsstoff auf die Blütenbildung der Gurke. *Naturwiss.*, 37: 114~115.
- 82) ——— & ——— (1951b): Die Bedeutung des Wuchsstoffs für die Bildung und Geschlechtsbestimmung der Blüten. *Beitr. Biol. Pflanz.*, 28: 131~144.
- 83) Lang, A. (1959): *Proc. Intern. Congr. Biochem.*, 4th Congr., Vienna, 1958, 126~140. (文献123による)
- 84) Leopold, A. C. (1955): Auxins and Plant Growth, 63, Univ. of California Press.
- 85) 前田千秋ら(1964): スギ採種園育成試験. 第1報 ジベレリン処理による着花促進について. 兵庫県林試報告, 9: 1~6.
- 86) 松浦 堯(1961): トドマツ雌花の分化と発達における形態ならびに生理的変遷. (1)外部形態の発達について. 林試北海道支場年報, 34~41.
- 87) Melchior, G. H. (1960): Ringelungsversuche zur Steigerung der Blühwilligkeit an japanischer Lärche und an europäischer Lärche. *Sil. Gen.*, 9: 105~111.
- 88) ——— (1961a): Versuche zur Förderung der Blühwilligkeit an japanischen Lärchenpfropflingen. *Sil. Gen.*, 10: 20~27.
- 89) ——— (1961b): Versuche zur Ringelungsmethodik an Pfropflingen der europäischen Lärche und der japanischen Lärche. *Sil. Gen.*, 10: 107~109.
- 90) ——— (1962): Weitere Untersuchungen zur Förderung der Blütenbildung an Kiefern durch Rückschnitt. *Sil. Gen.*, 11: 11~15.
- 91) Melchior, G. H. & Heitmüller, H. H. (1961): Erhöhung der Zahl der männlichen Blüten an *Pinus silvestris*-Pfropflingen durch Rückschnitt. *Sil. Gen.*, 10: 180~186.
- 92) Mergen, F. & Koerting, L. E. (1957): Initiation and development of flower primordia in slash pine. *For. Sci.*, 3: 145~155.
- 93) 右田一雄(1958): 水に漬けたスギ苗木の開花促進の一例. 日林誌, 40: 126~127.
- 94) ——— (1960a): 尿素の施肥とスギ苗の花芽着生. 日林誌, 42: 27~28.
- 95) ——— (1960b): 遮光および日長がスギ苗の花芽着生におよぼす影響. 日林誌, 42: 49~51.

- 96) 右田一雄 (1960c) : 土壌水分がスギ苗の花芽着生に及ぼす影響. 日林誌, 42 : 441~444.
- 97) ——— (1961) : 1年間日長処理した後のスギ苗の花芽着生. 日林誌, 43 : 29~30.
- 98) ——— (1962) : 施肥がスギ苗の花芽着生におよぼす影響. 日林誌, 44 : 87~91.
- 99) 南沢吉三郎 (1963) : 桑の雌雄性分化に関する実験的研究. 東京農工大農学部学術報告, 7 : 1~47.
- 100) 三宅 登・沖部 明 (1967) : アカマツ, クロマツ採種園に関する基礎的研究. 第5報アカマツクロンの生長および着果におよぼす施肥の影響. 高根農大研報, 15 : 101~112.
- 101) 百瀬行男 (1964a) : カラマツの結実性促進について. 林業技術, 267 : 12~15.
- 102) ——— (1964b) : カラマツの結実習性. 北海道の林木育種, 7 : 5~9.
- 103) ——— (1969) : シベレリンの簡便な処理法. 林木の育種, 58 : 18~20.
- 104) Murakami, Y. (1957) : The effect of the extract of immature bean seeds on the growth of coleoptile and leaf of rice plant. *Bot. Mag. Tokyo*, 70 : 376~382.
- 105) ——— (1959a) : A paper chromatographic survey of gibberellins and auxins in immature seeds of leguminous plants. *Bot. Mag. Tokyo*, 72 : 36~43.
- 106) ——— (1959b) : The occurrence of gibberellins in mature dry seeds. *Bot. Mag. Tokyo*, 72 : 438~442.
- 107) ——— (1961) : Formation of gibberellin A₃ glucoside in plant tissues. *Bot. Mag. Tokyo*, 74 : 424~425.
- 108) 村上 浩 (1966) : イネの胚乳を用いるシベレリンの定量法およびその適用に関する考察. 植物雑, 79 : 315~327.
- 109) Nitsch, J. P. et al. (1952) : The development of sex expression in cucurbit flowers. *Amer. J. Bot.*, 39 : 32~43.
- 110) Nitsch, J. P. & Nitsch, C. (1965) : The induction of flowering in *Nicotiana*. III. Variations in the level of endogenous growth substances. *Amer. J. Bot.*, 52 : 591~598.
- 111) 小笠原隆三 (1961a) : クロマツの生長物質および抑制物質について. 日林誌, 43 : 50~54.
- 112) ——— (1961b) : ストローブマツの芽に存在する生長物質および抑制物質. 日林誌, 43 : 307~310.
- 113) 小笠原隆三 (1962) : クロマツの生長物質および抑制物質について(第II報). インドール酢酸の存在. 鳥取農学会報, 14 : 102~106.
- 114) Ogasawara, R. & Kondo, Y. (1963) : Studies on auxins and inhibitors in *Pinus taeda* and *Pinus pinaster*. *Trans. Tottori Soc. Agr. Sci.*, 15 : 35~45.
- 115) Ogawa, Y. (1963) : Studies on the conditions for gibberellin assay using rice seedling. *Plant and Cell Physiol.*, 4 : 227~237.
- 116) 小沢準二郎 (1952) : 採種林の造成, 函館営林局. (柳沢聡雄 (1961) : 採種林施業の基礎と方法, 北海道林木育種協会による)
- 117) Pharis, R. P. et al. (1965) : Precocious flowering of Arizona cypress with gibberellin. *Can. J. Bot.*, 43 : 923~927.
- 118) Pharis, R. P. & Morf, W. (1967) : Experiments on the precocious flowering of western red cedar and four species of *Cupressus* with gibberellin A₃ and A₄/A₇ mixture. *Can. J. Bot.*, 45 : 1519~1524.
- 119) ——— & ——— (1968) : Physiology of gibberellin-induced flowering in conifers. In "Biochemistry and Physiology of Plant Growth Substances" ed. by Wightman and Setterfield, 1341~1356.
- 120) ——— & ——— (1969) : Precocious flowering of coastal and giant redwood with gibberellins A₃, A₄/A₇, and A₁₃. *BioScience*, 19 : 719~720.
- 121) ——— & ——— (1970a) : Sexuality in conifers: Effects of photoperiod and gibberellin concentration on the sex of gibberellin-induced strobili of western red cedar (*Thuja plicata* Donn.). *Biologia*, 13 : 85~89.
- 122) Pharis, R. P. et al. (1970b) : A quantitative requirement for long day in the induction of staminate strobili by gibberellin in the conifer *Cupressus arizonica*. *Can. J. Bot.*, 48 : 653~658.
- 123) Phinney, B. O. & West, C. A. (1960) : Gibberellins as native plant growth regulators. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 11 : 411~436.
- 124) Resende, F. & Viana, M. J. (1959) : Gibberellin and sex expression. *Portug. Acta Biol.* 6 : 77.
- 125) 齊藤 隆・伊東秀夫 (1963) : キュウリの雌花・両性花の分化を支配する条件の研究(第13報). 花の性の

- 分化に関する生理学的研究, とくに Gibberellin に対する反応を通じての研究. 園芸雑, 32: 278~290.
- 126) 齊藤 隆(1970): 中性植物トマトの花成生理. 植物の化学調節, 5: 27~40.
- 127) Saito, T. & Ito, H. (1963): Factors responsible for the sex expression of the cucumber plant. XIV. Auxin and gibberellin content in the stem apex and the sex expression of flowers. *Tohoku J. Agr. Res.*, 14: 227~239.
- 128) 齊藤雄一・近藤芳五郎・橋詰隼人(1953): アカマツ花性分化の人工管理(第I報). 62回日林講集, 98~100.
- 129) ——— (1954): アカマツ花性分化の人工管理(第II報). 性分化におよぼす光の影響について. 63回日林講, 128~129.
- 130) 齊藤雄一・橋詰隼人(1954): アカマツ花性分化とその林業上への応用. アカマツに関する研究論文集, 91~94.
- 131) Saito, Y. (1957): Artificial control of sex differentiation in Japanese red pine and black pine strobiles. *J. Fac. Agr. Tottori Univ.*, 3: 1~29.
- 132) 齊藤雄一・橋詰隼人(1959): ジベレリンの散布がメタセコイアの花芽分化ならびに生長におよぼす影響. 69回日林講, 306~308.
- 133) 齊藤雄一・柴草良悦(1964): 開蕾期におけるトマツの芽の生長物質の変化. 日林北海道支部講集, 13: 79~84.
- 134) 佐藤敬二(1959): 造林とジベレリン. *グリーン・エージ*, 9: 5~7.
- 135) 佐藤敬二(1960): 実用化の見込みある造林関係の試験研究. 暖帯林, 15: 10~18.
- 136) 佐藤敬二・宮島 寛(1960): 二・三の針葉樹苗木の生長, 花芽形成および挿木に及ぼすジベレリンの影響. 3回ジベレリン研究発表会抄録, 137.
- 137) 佐藤敬二・須崎民雄・新谷安則(1962): 種子の発芽および林木の花芽形成に及ぼすジベレリンの影響. 九大演集報, 16: 137~144.
- 138) 佐藤敬二・須崎民雄(1963): ジベレリンの施用試験結果報告. 6回ジベレリン研究発表会抄録, 30~31.
- 139) 柴田 勝・児玉重信(1968): 採種園の仕立て方に関する基礎的研究(I). 亀山におけるクロマツの剪定適期. 79回日林講, 176~177.
- 140) 四手井綱英ら(1959): ジベレリンによるメタセコイア, スギの開花について. 日林誌, 41: 312~315.
- 141) 四手井綱英ら(1960): ジベレリンによるメタセコイア, スギの開花について(第II, III報). 日林誌, 42: 363~368.
- 142) 四手井綱英・吉川勝好(1963): マツ屋, スギ科植物のジベレリン処理による花芽分化の促進試験. 6回ジベレリン研究発表会抄録, 22~25.
- 143) Shifriss, O. (1961): Gibberellin as sex regulator in *Ricinus communis*. *Science*, 133: 2061.
- 144) 白川 正(1972): ヒノキ成木のジベレリン処理による着果. 日林関西支部講集, 23: 115~116.
- 145) Skene, K. G. M. & Lang, A. (1964): Native gibberellins and flower formation in *Bryophyllum daigremontianum*. *Plant Physiol.*, 39 (Suppl.): 37.
- 146) Srivastava, B. I. S. (1963): Ether-soluble and ether-insoluble auxins from immature corn kernels. *Plant Physiol.*, 38: 473~478.
- 147) Stephens, G. R. Jr. (1964): Stimulation of flowering in eastern white pine. *For. Sci.*, 10: 28~34.
- 148) Talley, P. J. (1934): Carbohydrate-nitrogen ratio with respect to sex expression of hemp. *Plant Physiol.*, 9: 731~748.
- 149) 高橋信孝(1972): ジベレリン化学の最近の進歩. 植物の化学調節, 7: 1~14.
- 150) 滝本 敦(1972): 花芽の分化. 植物生理学講座4 生活環の制御, 124~144, 朝倉書店.
- 151) 玉利長三郎・西岡利忠(1965): カラマツの機械的処理による着花促進試験. I. 剥皮処理による着花結実促進試験. 北海道の林木育種, 8: 20~25.
- 152) 寺田貴美雄(1967): ジベレリンによるスギの着花促進. 樹幹注入処理法について. 林木の育種, 45: 12~14.
- 153) 得居 修(1968): スギの根から吸収させたジベレリンの着花促進効果. 日林関西支部講集, 18: 130~132.
- 154) 網田良夫ら(1971): 環状剥皮とジベレリン処理によるヒノキ精英樹クロウンの着花促進. 関西林木育種場山陰支場業務記録, 10: 73~83.
- 155) 網田良夫(1972): 環状剥皮及びジベレリン処理によるヒノキ着花促進. 関西林木育種場山陰支場業務記録, 11: 54~59.
- 156) 内田 勉・藤谷光紀(1967): 江部乙カラマツ採種園の着花促進試験. 北海道の林木育種, 10: 5~10.
- 157) 上田弘一郎(1950): スギの開花結実. 佐藤彌太郎: スギの研究, 63~73. 養賢堂.

- 158) 上田弘一郎・斉藤達夫(1953) : Paper partition chromatography による針葉樹および竹の生長素と生長抑制物質の分離. 日林関西支部講集, 2 : 13~14.
- 159) Wareing, P. F. (1958) : Reproductive development in *Pinus sylvestris*. The Physiology of Forest Trees, 643~654, Ronald Press.
- 160) Wenger, K. F. (1953) : The effect of fertilization and injury on the cone and seed production of loblolly pine seed trees. *J. For.*, 51 : 570~573.
- 161) Witsch, H. (1965) : Die Entwicklung männlicher und weiblicher Infloreszenzen bei *Xantium* unter dem Einfluss von Tageslänge und Gibberellin. *Planta* 57 : 357.
- 162) 八木喜徳郎(1962) : ジベレリンによるスギの花芽分化の品種および処理時期によるちがい(予報). 73回日林講, 101~104.
- 163) 柳原利夫(1958) : カラマツの花芽分化期について. 日林誌, 40 : 343~344.
- 164) —— (1959) : カラマツの花芽分化期について (II). 日林誌, 41 : 164~166.
- 165) 柳原利夫ら(1960) : カラマツ結実の豊凶と気象の関係について. 日林誌, 42 : 347~351.
- 166) Yim, K. B. (1962) : Physiological studies on rooting of pitch pine (*Pinus rigida* Mill.) cuttings. *Res. Rep. Inst. For. Gen. Korea*, 2 : 22~56.
- 167) 吉川勝好(1957) : メタセコイアの開花について. 日林誌, 39 : 357~360.
- 168) 吉川勝好ら(1961) : ジベレリン処理によるスギのクローンおよび地方品種の花芽の着生状況と花粉の機能について. 71回日林講, 155~158.
- 169) 全 尚根・宮島 寛(1970) : スギの花芽形成におよぼす温度の影響 I, 花芽分化期間の恒温処理の影響について. 日林九州支部論集, 24 : 83~85.
- 170) 陣内 巖・海上道雄(1959) : シラカンバの環状剥皮と結実・着花. 日林誌, 41 : 404~405.

