

論文

クロマツ枯損木の葉内における無機元素の集積

足立 亘*・古川 郁夫**

Accumulation of Mineral Elements in the Needles of Wilt-Diseased Trees of Kuromatsu (*Pinus thunbergii* Parlat.)

Wataru ADACHI * and Ikuo FURUKAWA **

Summary

For the purpose of erosion control and sea-water salt arrest, Kuromatsu (*Pinus thunbergii* Parlat.) has been afforested in the coastal area of Tottori Prefecture. In recent years, a large number of Kuromatsu have been wilting and declining rapidly.

In this study, mineral elements in the needles of wilt-diseased Kuromatsu trees in the coastal area were determined by inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry. The purpose was to consider the factors which caused wilting of Kuromatsu. As a result, it was found that there is an accumulation of excess Na in the needles of wilt-diseased trees of Kuromatsu growing in the coastal area. It was concluded that the accumulation of excess Na is a factor which has accelerated wilt-disease of Kuromatsu trees in the coastal area.

I 緒言

鳥取県は日本海に面して東西に細長くのび、沿岸地帯に鳥取砂丘や北条砂丘をはじめとする砂地が分布している。この海岸砂地では海からの強い季節風によって、多くの塩や砂が内陸へと運ばれている。この砂の移動を防ぎ、飛塩の減少させるために海岸保安林（飛砂、飛塩防止用）の設置が行われ、そこでは砂地農業が発達してきた。海岸保安林には潮風と乾燥に強い樹種としてクロマツを多く利用してきた。

この海岸クロマツ林が1970年頃から急激に枯損しはじめ、近年大きな問題になっている。その原因として、マツノマダラカミキリを主要な媒介者とするマツノザイセンチュウが挙げられ、薬剤散布などの防除対策がとられてきたが、枯損の進行防止にあまり効果がみられていない。そのため大気汚染や土壌汚染による影響もその一因として注目されるようになってきた(2,3)。また鳥取県下の国道9号沿線におけるクロマツ林の枯衰に関して研究した竹下(5)は、自動車排気ガスによる大気汚染の影響よりも、冬期の潮風が最大の要因であると報告している。

*鳥取大学大学院 農学研究科 農林環境科学専攻
Department of Environmental Science, Graduate School Agriculture, Tottori University

**鳥取大学農学部 農林総合科学科 生存環境科学講座
Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

そこで本研究では、現在進行している鳥取砂丘の枯損の要因について考察するために、海岸地域に生育するクロマツの健全木、衰弱木、枯損木の針葉の無機元素含有量を調べ、クロマツの枯衰に伴う含有量の変化について検討した。

II 材料と方法

1. 供試材料

試料は鳥取砂丘と北条砂丘から、1996年11月と1997年6月、7月、8月に採取した。また海岸地域のクロマツと比較するために、海岸から2 km離れた鳥取大学の構内からも試料を採取した(図1)。一般にクロマツの針葉は2年または3年で落葉することが知られているため、周囲の影響を最も受けている2年目の針葉を採取した。また試料は海からの風にさらされている北西方向の部位から採取した。

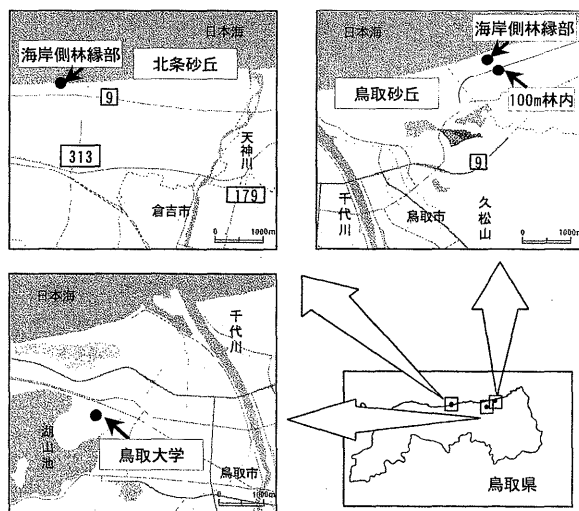


図1 試料採取場所

鳥取砂丘では1917年から海岸砂地造林事業としてクロマツの植林が行われてきた。しかし、1970年頃からクロマツが急激に枯損しはじめ、毎年多くのクロマツが枯死している。この鳥取砂丘の保安林において、海岸側林縁部と100m林内の健全木、衰弱木、枯損木から試料を採取した。また北条砂丘でも農耕地を飛砂や飛塩から護るために、海岸地域にクロマツの植林が行われてきた。この地域では海岸線に沿ってクロマツ林が東西にのびており、現在でも健全な海岸クロマツ林が広がっている。この北条砂丘のクロマツ林において、海岸側林縁部の健全木から試料を採取した。また鳥取大学構内の健全木からも試料を採取した。

今回の実験に供した試料は、健全木は針葉全体が緑色を呈しているもの、衰弱木は針葉の一部が黄褐色から赤褐色に変色しているもの、枯損木は針葉が完全に赤褐色に変色しているものを対象にしている。

2. 実験方法

採取した二年葉は超音波洗浄機を用いて蒸留水で5分間洗浄した。気乾後、ブレンダーで粉

状にし、105℃のオーブンで全乾状態にした。この粉末試料0.5gに硝酸7mlを加え、テフロン容器付きステンレス製高圧分解容器を用いて、150℃のオーブンで8時間加圧分解を行った。そして室温まで自然冷却した後、0.1N塩酸で100mlに希釈し、これを分析用試料とした。

この分析用試料について、ICP（誘導結合プラズマ）発光分析装置（島津製作所製ICP S-5000）を用いて、各試料中の無機元素含有量を測定した。分析対象元素は海水中に多く含まれ、植物の呼吸に必要であるナトリウム（Na）、必須多量元素であり光合成に参与しているマグネシウム（Mg）、必須多量元素であり炭水化物生成に参与しているカルシウム（Ca）、酸性土壌では高濃度で含まれ植物に有害であるアルミニウム（Al）、必須微量元素であり鳥取砂丘の砂に多く含まれている鉄（Fe）、必須微量元素であり葉緑体の構造保持に重要な役割をもち、またFeとの拮抗作用が見られるマンガン（Mn）の6元素である。

Ⅲ 結果と考察

1. クロマツ健全木葉内の元素含有量について

(1) 季節的変動

鳥取砂丘の保安林の海岸側林縁部に生育するクロマツ健全木について、季節に伴う葉内元素含有量の変動を調べた。健全木葉内のNa含有量を図2に示した。1996年の11月から1997年の6、7、8月の期間において、葉内のNa含有量は多少の変動はみられるが、ほぼ3000~4000ppmの値を示し、問題視するほどではなかった。その他のMg, Ca, Al, Fe, Mnにおいても大きな変動はみられなかった。

樹木の葉内元素含有量について、樹種間の違いは大きいけれども季節や部位による変動は比較的小さいとの報告もあり(1)、今回の実験結果からも、クロマツ健全木葉内の無機元素含有量は季節による大きな変動を示さないことが認められた。

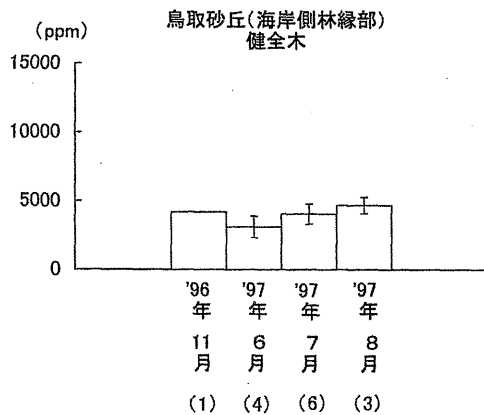


図2 葉内Na含有量の季節的変動
()は測定試料数

(2) 生育場所による違い

鳥取砂丘の保安林の海岸側林縁部と100m林内、そして海岸から2km離れた鳥取大学構内において健全木葉内の元素含有量の比較を行った。Na含有量の対比を図3に示した。海岸側林縁部のクロマツ健全木では100m林内の健全木に比べて、5倍も多くNaが含まれていた。また大学構内の健全なクロマツは、海岸側林縁部の健全木の1/9、100m林内の健全木の1/2しか含まれていなかった。このことから海岸に近いクロマツほど、海からの飛塩の影響を大きく受け、葉内にNaを多量に吸収するものと考えられる。しかし、同様に海水に含まれるMg, Caでは生育場所によって有意な差はみられなかった。これはクロマツ葉内におけるMg, Ca含有量が海水中の濃度よりも高いため、海岸に近い地域においてもクロマツに対する影響は少ないものと考えられる。またAl, Fe, Mnにおいても有意な差はみられなかった。Alは根に局在し、Fe, Mnは互い

に吸収量を抑制し合う拮抗作用が働いているため、葉内の含有量に変化がみられなかったものと考えられる。

次に海岸側林縁部に生育するクロマツ健全木葉内のNa, Mg含有量について、鳥取砂丘と北条砂丘を比較した結果を図4に示した。Naは同じ海岸側林縁部に生育する健全木であっても、枯損が進行している鳥取砂丘の方が健全な地域である北条砂丘に比べて2倍も多く含まれていた。Mgは両地域においてほとんど差はみられず、他の測定元素についても有意な差はみられなかった。

高橋(4)よれば、作物は土壤溶液中の塩分濃度が0.1% (1000ppmに相当) 近くになると生育が抑制され、0.3%を超えると著しく生育が阻害されるものが多いと報告している。

また海岸地域のような塩類濃度の高い環境に自生している植物は、高濃度のNaClに対して耐性があり、植物内のNa含有量が高く、Na塩がある程度存在した方が生育を促進するとも報告している。今回の実験では健全な地域である北条砂丘において、クロマツ健全木葉内のNa含有量は、約2500ppmを示していたことから、クロマツはかなり高濃度のNaを葉内に含んでも成長できることが考えられる。しかし、枯損が進行している鳥取砂丘では、健全木葉内のNa含有量は約5000ppmを示しており、この値は上記の報告に比べると高い値である。このことから枯損が進行している鳥取砂丘のクロマツは、海水に由来するNaを葉内により多く含んでおり、そのことがクロマツの枯損に影響を与えている可能性があると考えられる。

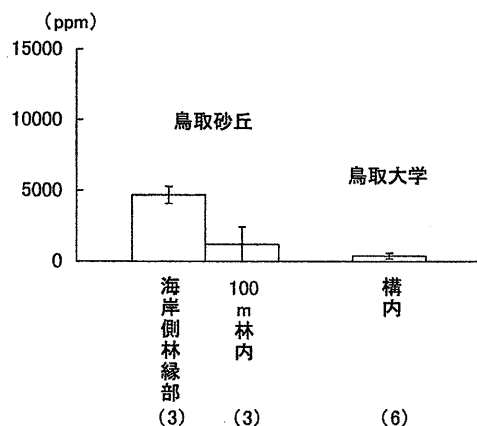


図3 健全木葉内のNa含有量 ()は測定試料数

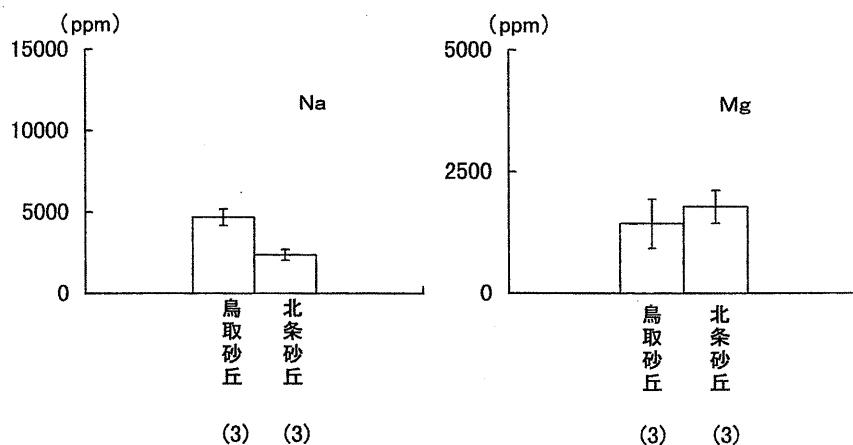


図4 海岸側林縁部(健全木)の生育場所による葉内元素含有量の比較 ()は測定試料数

2. クロマツの健全木と枯損木葉内の元素含有量の比較

鳥取砂丘は山陰海岸国立公園に指定されており、景観保持のためにクロマツ枯損木を伐倒しており、1997年の6月にも枯損木の一斉伐倒が行われた。そのため6月には、海岸側林縁部で葉先が潮風のために赤褐色に変色しているものもみられたが、ほとんどの針葉は健全と思われる緑色を呈したクロマツ林が広がっていた。しかし、8月になるとそれらの多くが赤褐色に変色し枯衰していた。この8月にみられた衰弱木および枯損木は6月以降に枯衰したものであるため、6月の健全木と比較することにより、2か月間の葉内元素含有量の変化を知ることができる。

鳥取砂丘の保安林の海岸側林縁部に生育するNa, Mg含有量を比較した結果を図5に示した。8月の衰弱木および枯損木と6月の健全木を比較すると、衰弱木および枯損木葉内のNa含有量は2～3倍に増加しており、Mgにおいても1.5～2倍に増加していた。このNaの9000～10000 ppmという値は、海水中のNa濃度とほぼ等しい値である(7)。Naは植物内でFe, Mnと同様に微量元素であり、イネやコムギ等の多くの作物ではNa含有量は1000ppm以下であると報告されている(6)。また海岸から2 km離れた鳥取大学構内のクロマツ健全木と比較すると約20倍の値を示しており、このことから、衰弱木および枯損木葉内には過剰にNaを集積していることが分かる。

8月の衰弱木葉内のNa, Mg含有量は6月の健全木と比べてすでに増加しており、枯損木葉内の含有量とほぼ同じ値を示していたことから、クロマツは枯損していく過程において海水に由来するNa, Mgを葉内に過剰に集積することが分かった。その他の元素については、Mnで枯損木に多少の含有量の増加がみられたが、全体として有意な差はみられなかった。

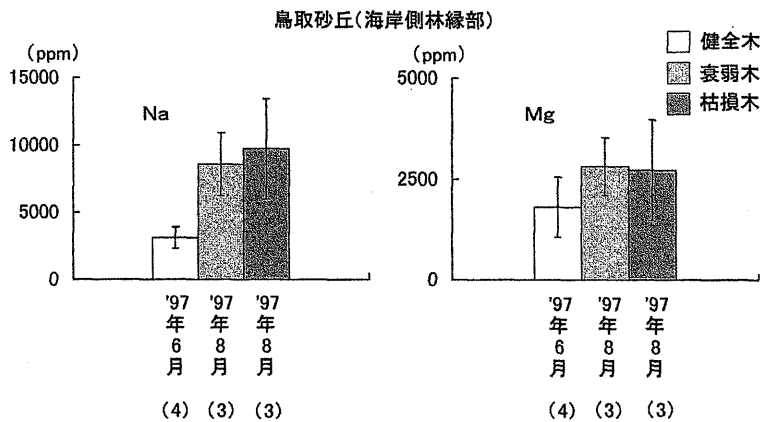


図5 葉内元素含有量の比較
()は測定試料数

IV 結 言

海岸地域のクロマツでは、枯損していく過程において葉内にNaの異常な集積がみられた。海岸地域におけるクロマツは、海岸から離れた地域に生育するクロマツに比べて、健全木でさえ葉内にNaを多量に含んでおり、枯損木にはさらに過剰な集積がみられた。一般的に塩害は葉に付着した塩分が気孔を塞ぎ、呼吸作用などを阻害したり、塩分が土壤中に多く含まれることに

よって根からの養分吸収が抑制されて起こるものであると言われている。鳥取砂丘や北条砂丘では、クロマツの葉先が赤褐色に変色しているものも見られたため、ある程度の塩害は常に生じているものと考えられる。しかし、鳥取砂丘にみられる最近の急激な枯損はこの従来の塩害だけでなく、クロマツを衰弱させるマツノザイセンチュウや自動車排気ガスなどによる大気汚染、土壌養分の低下などの複数の要因が重なり合った結果生じているものと推測される。それによってクロマツは根からの無機元素の吸収に異常をきたし、葉内にNaの過剰な集積がみられたものと考えられる。これがクロマツの急激な枯損を助長しているものと考えられる。

文 献

- (1) Langille, M.W. and MacLean, K.S (1976) Some Essential Nutrient Elements in Forest Plants as Related to Species, Plant Part, Season and Location. *Plants Soil*. 45 : 17-26.
- (2) 坂上寛一・宮田千春・梶田初美・菅原十一・浜田竜之介 (1981) 降下ばいじんによる重金属の土壌への付与. *日本土壌肥科学雑誌*52 : 181-186.
- (3) 四手井綱英 (1994) 森林保護学—改訂版—. 230pp, 68-69, 99, 129, 159, 朝倉書店, 東京.
- (4) 高橋英一 (1987) 塩と生命. (環境応答. 新免輝男編, 朝倉書店). 133-136.
- (5) 竹下努 (1977) 鳥取県下の国道9号沿線クロマツの枯衰原因について. *鳥取県林業試験場研究報告*20 : 38-46
- (6) 田中明 (1985) 作物種間の養分要素の吸収量および収穫指数の比較. *日本土壌肥科学雑誌*56 : 212~219
- (7) 山県登 (1977) 微量元素—環境科学特論—. 277pp, 産業図書, 東京.