

台風8719号による東郷町舎人川流域における
果樹園の崩壊

奥村武信*・竹内善一**・大谷誠一***

(昭和63年5月31日受付)

**Slope Slips among Orchards in Toneri Basin,
Togo, Tottori Created by Typhoon 8719**

Takenobu OKUMURA*, Zenichi TAKEUCHI** and Seiichi OHTANI***

In the heavy rain zone created by Typhoon 8719 in the Tottori Prefecture area, many hillside slopes slipped off. In Togo Town especially, there were numerous slips among orchards presenting interesting characteristics.

In this paper, the features of slope slips among the orchards in the Toneri basin are reported, and the characteristics of the soil layers in one orchard and in a neighboring forest are discussed in order to interpret the magnitude of slips in the orchards.

In orchards of 125 hectares in total area, 332 slippages of over 10 m² each were found. Their features are summarized as follows: 1) Most slips were shallow and small scaled, 2) Slips in machine-made orchards were likely to be steeper and smaller than those in hand-made orchards, 3) The depth of most slippages corresponded to the root zone depth, 4) Many slippages concerned the stumps of fruit tree or the orchard managing facilities.

Investigation into the soil layers clarified that upper soil layers nearby the stumps of fruit tree were disturbed causing high permeability but low shear strength. The combination of upper soil layers at midtrees of low permeability and soil nearby trees of low shear strength is likely to promote slippage.

* 農林総合科学科生存環境科学講座

Department of Environmental Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

** 鳥取県立倉吉農業高等学校

Kurayoshi Agricultural High School, Tottori Prefecture

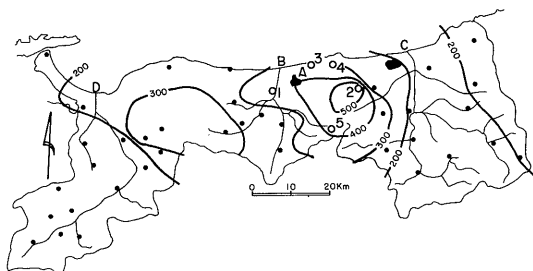
*** 国土防災技術株式会社

Japan Conservation Engineers

緒 言

1987年10月17日午前0時に室戸岬に上陸した台風19号の通過に伴い、鳥取県内では気高郡鹿野町での586mmを最高に、ほぼ全域で200mmを越す記録的な豪雨をもたらした。農林業関係に「激甚災害特別事業」が認定されるほどの被害をもたらした。

筆者らは、東郷町において林地の崩壊が比較的に少ないのに対して果樹園内の崩壊が極めて多いことに着目し、果樹園は崩壊し易いのかという疑問を抱き、果樹園の崩壊の原因を究明するために、特に被害の大きかった舎人川流域の果樹園における実態調査を行ない、また果樹園と林地の土層を比較するための調査を行なった。果樹園は集落後背山地に造成されることが多く、その崩壊を防止することは土砂災害防止を考える上で重要な意義をもつと考える。死者5人の県内での人的被害のうち3人は、本研究対象とした流域で発生した果樹園の崩壊によるものであった。



第1図 総雨量分布図

1：倉吉，2：鹿野，3：石脇，4：青谷，5：中津，A：東郷湖，B：天神川，C：千代川，D：日野川

ここで、台風19号による鳥取県中部における降雨特性について述べておく。台風19号の通過に伴う10月16日及び17日の県内の総雨量分布を第1図に、また県中部の幾つかの雨量観測所における降雨特性を第1表に示す。⁶⁾

総雨量は、気高郡鹿野町での586mmを最高に、三朝町中津で449mm、倉吉市大塚で357mmが観測され、県中部の殆どが300mm以上の降雨域となっている。最大時間雨量は倉吉市大塚で78mm、泊村石脇で64mm、青谷町青谷で60mm等である。倉吉市で観測された1893年から1986年までの94年間の年最大雨量^{4,5)}からHazen法を用いて確率雨量を計算すると、倉吉市で観測された最大24時間雨量の超過確率は0.04%、中津での24時間雨量442mmで評価すると0.01

第1表 台風19号通過に伴う鳥取県中部における時間雨量 (mm)

月 日	時	倉吉	鹿野	青谷	石脇	中津
10. 16.	5					1
	6		1			
	7					1
	8					
	9	1	1	1	1	
	10	1	1			1
	11	2	1	2	1	2
	12	2	1	1	1	1
	13	3	3	2	2	2
	14	5	5	5	4	5
	15	4	2	3	3	1
	16	1	1			2
	17	1	5	2	1	3
18	2	10	6	4	7	
19	9	23	18	16	14	
20	9	17	13	12	14	
21	15	23	18	17	17	
22	18	30	20	24	21	
23	35	45	28	33	36	
24	58	51	53	64	37	
10. 17.	1	78	41	60	58	31
	2	42	39	23	24	29
	3	19	52	17	16	33
	4	15	45	16	15	33
	5	18	45	5	8	25
	6	10	52	1	1	25
	7	4	25	2	3	26
	8	3	20	3	1	22
	9		16		1	21
	10	1	15			22
	11	1	13	1	1	13
	12		2			3
	13		1			1
16 日	雨量	166	220	173	183	165
17 日	雨量	191	366	128	128	284
	総雨量	357	586	301	311	449
	最大時雨量	78	52	60	64	37
	最大24時間雨量	355	579	299	309	442

%であり、気高郡鹿野町での統計値によるそれは0.02% (日雨量で0.4%) である。

調査方法

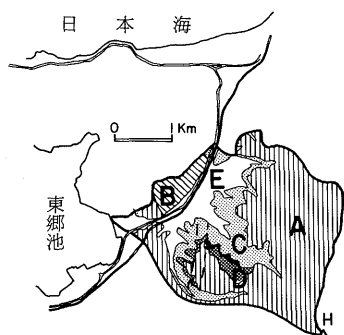
1. 崩壊実態調査地区の概要と調査項目

舎人川は、鳥取県のほぼ中央東伯郡東郷町に位置する東郷池 (周囲12km, 湖面積417ha) の東岸に流入する流域

面積10.4km²の2級河川である。南の流域界には中国山脈に続く鉢伏山(513.9m)が立つが、北側はせいぜい標高180mの低山を介して約1~2kmで日本海になる。舎人川本流沿いの低地には、内陸に位置する倉吉市と海岸部を走る国道9号を結ぶ主要地方道や山陰線が通過する。

5千分の1地形図で計測した流域の土地利用状況は、水田134ha、畑15ha、集落等17haに対して果樹園173haであり、県内でも有数のナシ産地となっている。

第2図は流域の表層地質図³⁾であるが、流域を界する山群は比較的新しい時代の安山岩類に広く覆われ、板状節理の発達が著しい。その基盤をなし山麓部に広く露出する黒雲母花崗岩は粗粒で、風化してマサ化しやすい種類のものである。火砕岩層や玄武岩の分布も見られる。



第2図 流域地質図

- | | |
|-----------|-----------|
| A: 御冠山安山岩 | E: 沖積層 |
| B: 鉢伏山安山岩 | 黒: 小鹿川火砕層 |
| C: 鳥取花崗岩 | H: 鉢伏山 |
| D: 玄武岩 | |

125haの果樹園について崩壊実態調査を行った。調査項目は、規模・形態、地質・土質・地形条件のほか、果樹の種類・品種・樹齢、植栽間隔、崩壊面に根群が露出している時にはその太さ・長さ・深さ、および果樹園の造成方法(人力・機械造成の別)や管理のための設備施設の状況等である。なお崩壊面積10m²以下の小規模なものは除外した。

2. 果樹園と林地の土層の比較

後述するように、実態調査の結果崩壊発生が果樹の根の深さ・位置と強く関係することが判った。そこで、果樹の根株の近辺と根株から離れた位置及び果樹園に隣接する混交林内で試孔を掘り(以下これらをそれぞれA, B, Cと呼ぶ)、各試孔・各深さの土層について、山中式土壤硬度計による硬度測定、簡易土壌抵抗測定器(大起

理化製SR-2型)によるペーン・セン断試験、森林土壌調査の慣用となっている400mm採土円筒による孔隙解析・透水試験²⁾JIS1204-70に準ずる粒度試験を実施し、それぞれの土層の差異から果樹園の土層と崩壊との関連性を検討した。

試孔の概略は、次のとおりである。

果樹園は舎人地区から西に約5km離れた、標高60~90m、平均傾斜37°の南西向き斜面の尾根部に人力で造成された、筆者の一人竹内の実家のナシ園である。0.4haの園地には「新世紀」「二十世紀」「新水」「晩三吉」の4品種が栽培されている。地質は、実態調査をした崩壊地の37%を占めた鳥取花崗岩の残積土である。

試孔Aは根株から1.3m離れた場所に掘った。土層は深さ90cmまでに5層確認され、肥料孔の跡も見られ、太根、中根、腐根が点在し、細根も多数見られた。試孔Bは周囲の根株からそれぞれ3.5m離れた位置に掘った。土層は4つ数えられ、根量は試孔Aよりかなり少ない。試孔Cは、園地から10m離れたアカマツ、ヤマモミジ、ヒサカキ等の混交する林縁部で、林床にはシダが密生する。30cm以深はかなり新鮮な基岩もみられるが、節理沿いにはかなり深くまでアカマツ等の根が多く出現し、腐根痕も多く見られる。各試孔の土層状況を、末尾の写真に示す。

調査結果および考察

1. 果樹園崩壊の特性

125haの果樹園について調査した結果、崩壊(斜)面積10m²以上の崩壊332か所が見出された。カキ、ビワ、リンゴ等の果樹も見られるが、それらはナシ園の一部に植栽されているだけで、調査果樹園は全てナシ園と言って差しかえない。

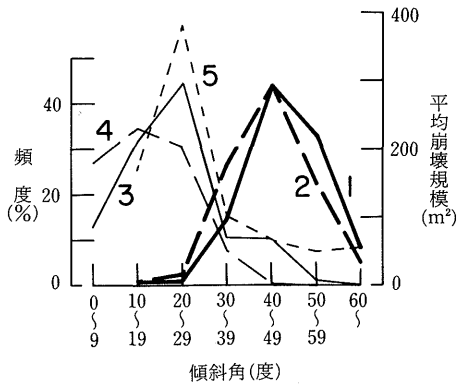
果樹園の造成方式で分けると、人力造成果樹園内196か所、機械造成果樹園内136か所であり、前者で若干多い。しかし、調査した果樹園面積は、人力造成果樹園96.7ha、機械造成果樹園28.7haであり、面積当り崩壊数は後者で抜群に多い。

機械造成果樹園でなぜ高い崩壊発生率になったのかといった問題を含めて、調査崩壊地の特性を述べ、多発原因を考察する。

規模・形態

鳥取地方で“みそ土”・“みず土”と呼ばれる浮石質火山灰土層を挟む緩斜面で大規模で深い崩壊が発生したが、その外の多くの崩壊は小規模で浅かった。

第3図には、機械造成・人力造成果樹園での崩壊面の傾斜頻度及び5千分の1地形図から読み取った調査果樹



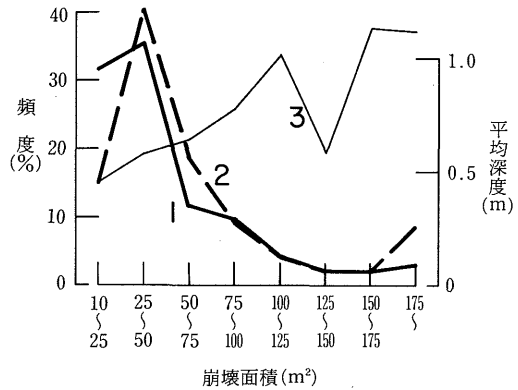
第3図 崩壊面の傾斜度及び地形図から読み取った果樹園の傾斜度分布
1：機械造成果樹園内崩壊，2：人力造成果樹園内崩壊，3：機械造成果樹園傾斜度，4：人力造成果樹園傾斜度，5：平均崩壊規模

園の傾斜度分布と、造成方法に無関係に各傾斜階ごとの平均崩壊面積を示す。自然傾斜度が 20° 以下あるいは比較的容易にこの程度の傾斜に修正できる斜面が果樹園造成に都合が良いとされる⁷⁾が、それ以上の傾斜面にも多くの果樹園を造成していることをこの図は示している。そして、人力造成地は人家に近い比較的緩傾斜の山麓や平坦地に多く分布するが、機械造成地は奥地の稜線近くの若干急傾斜の部分に大規模に造成されている。このことが、何よりも崩壊率の高くなった原因である。図に現われる機械造成の緩傾斜は、尾根線・稜線近傍でのそれである。

ところで、調査果樹園の傾斜分布と崩壊地のそれはまったく異なるパターンになっている。果樹園面積では低い頻度にすぎない $30\sim 60^\circ$ の傾斜の崩壊面が多く、崩壊面の最頻傾斜は果樹園面積での最頻傾斜より2階級も高い $40\sim 49^\circ$ の範囲にある。地形図に忠実に表現することが出来ない、その多くは人工的に創出された微地形がこれらの崩壊に強く関与している。そして機械造成地の方が若干急傾斜の方に分布するのは、創出された急斜面の多さを示すものであると考える。

第4図は、崩壊面の斜面積の頻度分布と各面積階での平均深度を示す。面積は崩壊最大長とこれに直角方向の平均幅の積で評価した。

人力造成果樹園よりも機械造成地でとりわけ小規模な崩壊の多いことが読める。機械造成地で、 50m^2 以下の崩壊地が60%以上も数えられることに注目する必要がある



第4図 崩壊面積の頻度分布
1：機械造成果樹園，2：人力造成果樹園，3：平均崩壊深度

う。

人力造成果樹園の場合クワ等の農具で開墾されたもので、人工的な階段は少なく低い。そして果樹の枝は斜面方向に伸ばされ、至る所に竹や鉄の支柱が配置される。そのため崩壊が発生すれば、傾斜が緩くなる個所まで比較的大きく崩れる傾向がある。これに対して、機械造成地では斜面は等高線状にかなり細かい階級が、しかも高い段差で切られ、植栽された果樹の枝は最大傾斜に直角の方向に延ばされる。段差は高く急であるから崩壊発生機会は多くなる。しかし浅い崩壊であればこの段差で停止してしまうであろう。多発した規模の崩壊の平均深度は 0.7m 程度までのものが多く、機械造成された段差はその拡大を阻止できる。

際立った谷型でなくとも表流水を集めやすい横断形をもち、局部的な、その多くは人工で創出された凸型縦断形の個所での崩壊が多かった。したがって、表面侵食型あるいは浅い中間流型の崩壊である。とくに、急傾斜のものはすべて前者であり、 70mm/hr に近い時間雨量の強雨に伴う表流水による洗掘と考えてもいいたろう。基盤が露出するほどの崩壊は全個所数の12.5%あったが、土層の薄さを示すに他ならない。

果樹園地特有の問題

山地域に果樹園を造成することが降雨時の崩壊を多発させる可能性を内包していることは、上述の崩壊地の特性からも抽出されるが、この問題は果樹園に特徴的なものとは言えない。山体を人工的に改変することの影響を述べたに過ぎない。そこで次に、果樹の根株や営農施設と崩壊との関係を考察する。

崩壊箇所と果樹の根株や営農施設との位置関係を第2表にまとめたが、果樹根株、枝の支柱その他営農のために施される設備に関わる崩壊の多いことがわかる。もっとも筆者らは、支柱や根株が崩壊面に多く見られるからと言って、すべてこれらが崩壊の原因とは考えない。樹園地で崩壊が発生すれば何か人工的な物にぶつかる。それだけ高密度に支柱を施さなければ樹体は保持できず、大量の設備を施さなければ合理的な営農が不可能であることを示すことでもありと考える。

それにしても、果樹の株元付近や根域での崩壊が多数見られた。樹木の根系は一般に表層すべり型の崩壊に対して抵抗力を増す作用があるといわれる。すなわち、すべり面の深さまで根系が存在することは、みかけの粘着力を増し土層のせん断抵抗力は大きくなる。根系の分布量は地表面近くほど多いため、根量が少なくなる深さまで崩壊面を押し下げる働きをもつ。

崩壊面に根系が見られる崩壊について、太さ1cm程度の側根が確認される最大の深さを調査した結果と斜面に

垂直方向の崩壊の平均深度との関係を第3表にまとめた。20~40cmの深さまで確認されるものが多く、側根は斜面に沿って浅く延びるだけで細根はあまり見られなかった。

第2表 崩壊場所による分類

	個所数	%
果樹の株元	79	23.8
支柱の基礎	64	19.3
株元・支柱	48	14.5
作業道の下	15	4.5
農道の下	13	3.9
モノレール支柱の下	9	2.7
株元・支柱・農道の下	10	3.0
株元・支柱・作業道の下	3	0.9
果樹と果樹の間	21	6.3
その他	70	2.1

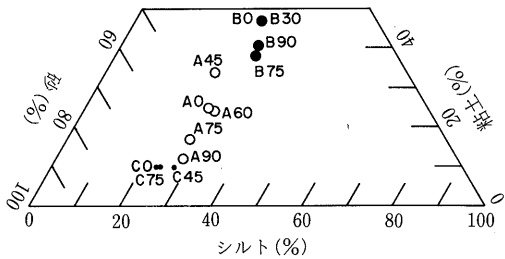
第3表 根の深さと崩壊深度の関係

	崩 壊 深 度 m										Σ*)
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	
0	5	10	5	4	—	1	1	1	—	—	27
0.2	6	34	13	15	4	6	3	3	—	2	88
0.4	4	14	4	4	3	2	4	1	1	1	39
0.6	2	8	1	1	4	1	—	—	—	—	17
0.8	—	2	—	2	3	1	—	2	—	—	10
1.0	—	—	1	2	2	2	—	—	—	—	7
1.2	—	3	1	—	1	—	—	—	—	—	6
1.4	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
1.8	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1
2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Σ	17	71	25	28	18	14	8	7	1	3	197

*) 崩壊深度2.0m以上のものを含む

棚作りのナシは、その根量の70%が深さ30cm迄に分布するといわれる⁷⁾ことに対応する。そして、果樹の生産性を維持するのに、根株から1.5m位離れた所で剪根したり施肥のためにピットやトレンチを穿ったりするが、このためその深さまでは孔隙も多く固結度の低い層になる。というよりも、ナシ農家はそのような土層状態を作ることにより努力している⁷⁾側根もこの深さから深くへはあまり侵入しない。このことが浅い崩壊を多く発生させた理由である。

総体的には側根の深さの分布と崩壊深度の分布はよく似ているが、崩壊深度の方が大きいことが多い。このことから、根を抱えたまま崩壊するものが多いことがわかる。もっとも、ナシの枝は架線や支柱に繋がっているから、樹体全体が落ちることは稀であり、反って架線・支柱さらには薬剤散布のためのスプリンクラー用配管を引きずる形で崩壊が大きくなる傾向がある。今回の豪雨は台風によるものであるが、風に大きく揺さ振られた枝につながるこれら支柱が土層を緩めたことも樹園地での崩壊数を増加させることになったことを、第3表の数字は



第5図 土性図
(記号・数字は、試孔・深度を示す)

示唆する。

農道や作業道のための斜面の切り取りが崩壊を多くしていることは既に述べた。収穫物運搬のために作設されるモノレール支架に起因した崩壊も幾つかあった。樹園地まわりの谷側の勾配変換線や農道の切取法面の肩部に作設されたモノレール支架によるものである。作設箇所によっては、単に規格どおり以上の深さの基礎をもつものにする必要がある。

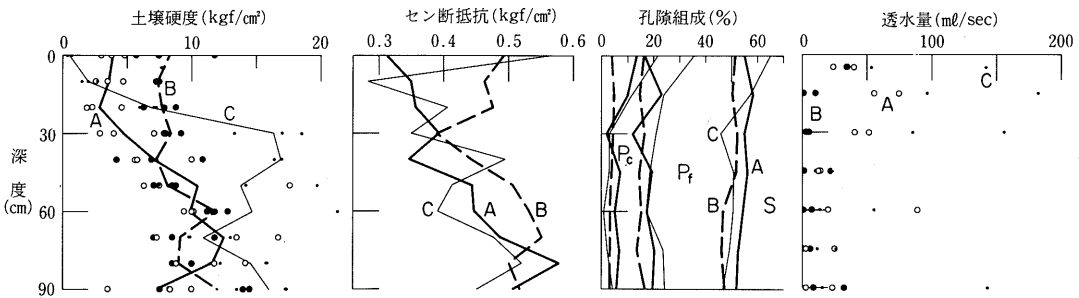
2. 試孔調査の結果と考察

各試孔・各層の土性を三角座標にまとめたものが、第5図である。いずれの層でもシルト成分の比率は20~30%であり変わらない。試孔Cや試孔Aの下層で砂分50%以上の砂質ロームであるのに対して、試孔Bの全層及び試孔Aの中層で粘土質となっている。

各種の試験結果を、第6図にまとめて示す。

まず、土壌硬度について考察する。図には、3回の測定値とその平均値の変動を示した。林地の試孔Cでは、浅層は低木・林床植物の根系が多く腐植も多いので硬度は小さいが、30cm層迄に急激に硬度を増し、他の試孔での値を大きく凌ぐ。果樹園地では40cm以深では試孔AもBも差はないが、上層部では果樹の細根発達を促すための剪根作業や坪を掘っての施肥作業のために攪乱されることの多い位置の試孔Aと種々の作業に際して通路となり踏み固められる部分の試孔Bでは明らかな差がある。

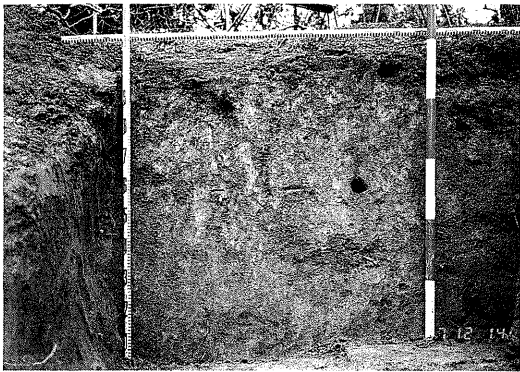
つぎに、土層のセン断抵抗をみる。簡易ペーンセン断試験で得た強度定数から計算した、圧力0.66kgf/cm²の時のセン断抵抗値の各土層における変動を示した。硬度が高かった試孔Cの深層で小さい値で変動が大きくなっているが、これは固い土層に差し込んだペーンが試験中に土層から浮き上がったためであり、試孔AやBのいわゆる



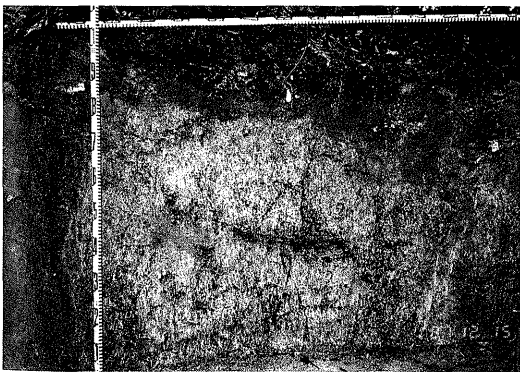
第6図 各試孔・土層の物理性の変動
A, B, C : 試孔の記号
孔隙組成図における Pc : 粗孔隙, Pf : 細孔隙, S : 固相



試孔A



試孔B



試孔C

C層でも同様の現象があった。また試孔Cの最上層で高い値になったのは地表を覆うシダ類の根系群の影響である。

さて、土層のせん断抵抗は深くなるほど増加するのが一般的であるが、試孔Aでは40cm層で若干低下し、試孔Bでは地表での高い値から30~40cm層まで漸次低下し、その後増加傾向に移行する。このようにせん断抵抗値の小さい層が30~40cmに存在することは、崩壊実態調査での最頻崩壊深度がこの深さであったことと対応する。林地では、測定法の不適切さによる若干の変動を含むが、果樹園地の土層に見られるような特異な層はなく、土層深度の増加に対してせん断抵抗値は増大しており、果樹園地に比較して安定であるといえる。

孔隙組成図は、縦座標軸から最初の曲線までが最小容気量を示し、それから右へ順次粗孔隙(Pc)、細孔隙(Pf)及び固相(S)の組成を示す。

図にプロットした透水量は、飽水状態の採土円筒試料に冠水深2cmで透水した¹時の、透水開始後5分および15分からそれぞれ1分間の透過水量の平均値である。

今回の台風による豪雨のような場合、雨水がまず浸透するのは最小容気量で示される大きな孔隙である²。試孔Aでは、深さ30cmに最小容気量の小さい層があり、透水試験では深さ45cmに透水性の悪い層があるという結果を得た。透水性は最小容気量に左右されるので両者は似かよった変動をするはずであるが、15cmのずれがある。これは試料採取間隔の粗さによるものであって、この間隔が細かければずれも小さかっただろう。それはともかく、深さ30~45cmまでは最小容気量・透水性ともに急激に小さくなるといえる。浸透水はこの層の上で傾斜に沿って横方向に移動するはずである。この流れが崩壊を惹起する可能性は高い。試孔Cでも、最小容気量は深さ30cmから小さくなり、深さ45cmから透水性が悪くなる。しかし、試孔Cは試孔Aに比べ粗孔隙量が多いから疏水・貯留機能は高く、果樹園地の土層に比較して横方向の流れは発生しにくいと思われる。試孔Bは、各深さとも最小容気量が小さく透水性も悪い。豪雨の際の雨水は表面流になり、表面水型崩壊の原因となる。あるいは、表層で最小容気量の大きい根株近くへ流れを集中させることになる。

総 括

筆者らは、東伯郡東郷町における1987年19号台風に伴う豪雨による崩壊が林地で少ないのに対し果樹園で極めて多いことに注目し、その原因を究明するために舎人川流域の果樹園における実態調査と果樹園地と林地の土層

を比較するための幾つかの試験を行った。

現地を踏査して、林地に比較して果樹園の崩壊の多さに驚いた。そのほとんどは表面侵食型で、崩壊深度は果樹の根が多く分布する深さ20~40cmのものが多かった。土質試験の結果からもこの深さにすべりの生ずる可能性の高いことが明らかになった。また、果樹園内では果樹の根元で崩壊しているケースが多かったが、土質試験の結果からも、根株から離れた地点よりも根株の近辺の土層が、力学的に弱くまた表流水が集中し、崩壊し易い傾向のあることが示唆された。果樹の生産力を向上・維持するために行われる土壌改良作業は、とりもおさず表土層の耐食性を減退させることであることに留意する必要がある。

また、急斜面の山林を開墾して無理な造成を行ったこと、段畑造成に際して無効面積を少なくするために急な人工法面を作り出すことや、濃密度で種々の施設があることが果樹園での崩壊を多くする要因にもなっている。あまり急傾斜の山林での果樹園造成をしないこと、急な法面を作らないことなどの配慮が必要である。急傾斜な果樹園、急な法面をもつ果樹園では、今回の台風による豪雨ほど高強度の雨でなくとも、崩壊の危険性は高い。果樹園経営の採算性からみて、高価な予防工事は困難であろうが、有効な崩壊防止策を講じることが必要である。

さらに、果樹園の多くが人家に近く分布することから、早急な崩壊危険斜面の適正な抽出、公私を問わない警戒避難体制の確立と、危険性の認識高揚が望まれる。

最後になったが、調査手法について討議願った田中一夫教授、現地調査・試験に助力していただいた砂防工学講座専攻生諸君に謝辞を送りたい。

文 献

- 1) 河田 弘, 小島俊郎: 生態学研究法講座30環境測定法IV—森林土壌—(新訂版). 共立出版, 東京(1979) pp.105—106
- 2) 竹下敬司: 森林土壌の水源かん養機能とその保全. 第2回水資源に関するシンポジウム前刷集, 604—611, (1982)
- 3) 東郷町誌編さん委員会: 東郷町誌. 鳥取(1987) 付図
- 4) 鳥取県: 台風第19号による災害の概要. (1987)
- 5) 鳥取地方气象台, 日本気象協会鳥取支部: 鳥取県防災気象要覧. (1967)
- 6) 鳥取地方气象台, 日本気象協会鳥取支部: 鳥取県気象月報. (1968~1987)
- 7) 米山寛一: ナシ栽培の実際—多品種時代の新技術—. 農山漁村文化協会, 東京(1987)