

静大農 村井 宏・岩大農 井上克弘

1. はじめに

ギリシャにおける山地荒廃の実態を明らかにし、その早期復旧対策を検討するために、日本学術振興会の助成により、同国のアリストテレス大学や国立森林研究所等と国際共同研究を行う機会を得た。研究期間は昭和59年度から2~3カ年の予定であり、昨年10月に第1回の予備的な現地調査を行なった。ここでは現地の実態調査結果と受食性に関する土壌分析結果を主体に報告する。

2. 調査地点と自然立地概況

調査地点は図-1に示した。

Table 1: The locality and natural condition of the measurement site

Site No.	Locality	Cover type	Vegetation	Coverage (%)	D.b.h. (cm)	Tree height (m)	Elevation (m)	Inclination angle (°)	-bearing	Litter coverage (%)	Geological structure	Country rock
1	Agios Athanasios Hill (Central Greece)	Forest	Pinus halepensis (Planting)	75	10-18	6-7	150	22	SSW	65	Paleozoic	Lime stone
2	Averion (Euboea)	Bruna	Juniperus sp. (Natural)	50	-	1-2	30	25	S	-	Paleozoic	Lime stone
3	Zellion (Central Greece)	Forest	Quercus coccifera (Natural)	100	30-40	15-20	600	20	E	100	Tertiary	Sand stone
4	Phthiotida (Central Greece)	Bruna	Quercus coccifera (Natural)	65	-	1-2	600	25	SSW	-	Tertiary	Sand stone
5	Magalos (Thessaly)	Forest	Abies cephalonica (Natural)	85	20-60	7-20	1100	12	N	90	Tertiary	Sand stone
6	Bardana (Macedonia)	Bruna	Juniperus sp. (Natural)	60	-	1-2	600	30	S	-	Tertiary	Shale
7	Blisa Karikas (Central Greece)	Forest	Quercus ilex (Natural)	60	20-40	13-18	700	25	NW	80	Tertiary	Shale
8	Ligourion (Peloponnese)	Bruna	Anthylla hermannica (Natural)	50	3-5	2-3	500	30	S	-	Paleozoic	Lime stone
9	Ligourion (Peloponnese)	Orchard	Olea europaea (Planting)	60	-	1-2	500	30	S	-	Paleozoic	Lime stone
10	Serrai (Macedonia)	Forest	Pinus brutia (Planting)	85	18-26	11-15	700	15	S	100	Tertiary	Sand stone

また、各調査地点の自然立地概況を表-1に示した。調査地点は全体で10カ所で、この中には過放牧等による荒廃地のほかマッキー(Maquis)やガリク(Garrigue)のような低木疎林地、モミ(Abies)やカシ(Oak)などの

天然生高木林地も含まれている。雨量の分布図を図-2に示したが、この中には年総量と日最大量を表現している。ピンドス(Pindhos)山脈の西部は年雨量1000mmを越す場所もあるが、首都アテネを中心とする中央ギリシャ地方は少なく300-400mm程度に過ぎない。地質は主に古生代の石灰岩と第3紀の砂岩、頁岩類からなっている。

3. 結果と考察

3.1 山地荒廃の実態

史書によれば古代ギリシャの山野は、立派な森林によって広く覆われていたとされる。事実、著名なミケーネ(Mycenae)遺跡の周辺は現在荒山状態であるが、近年花粉分析などによって高木類が発達していたことが推定されている。わが国と同様に山地に富む国でありながら、現在の森林面積は国土面積の約5分の一に過ぎない。林被が少なく裸地の多い要因は、少雨で土地条件がわるいため、一度失なわれた植生が容易に回復しないことによる。

山地荒廃の誘因としては、いろいろ指摘されているが、戦争や内乱等に起因する乱伐、山火事のほかに過放牧があげられる。

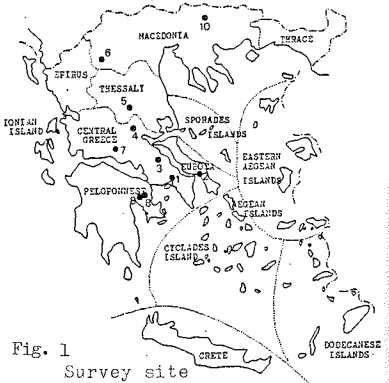


Fig. 1 Survey site

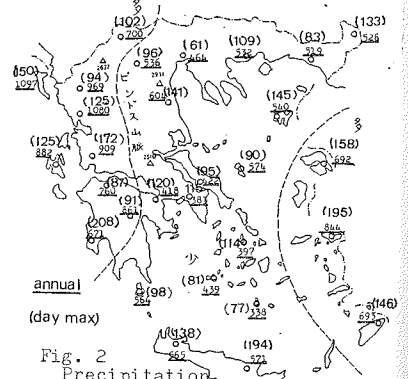


Fig. 2 Precipitation

とくに山羊の被害は著しく、地表の踏圧の他植生を根こそぎに食い荒す。一部に戦中戦後の山地傾斜地の農地開墾が、その後の不十分な管理によって荒廢地化している場所もみられる。植生をそう失して裸地化した区域は、激しい乾燥のために表土が分散し風食を受けたり、家畜の通路や水飲み場、休息のためのたまり場等が著しく踏圧され、この部分から水食を発生させている。水食が深刻化したところには大規模なガリーが発生し、その下部には巨大な砂礫円錐も形成されている所も認められた。

Landsat 写真から事前に判読解析し、また、現地調査によって確認されたことは、雨量のとくに少ない中央ギリシヤ地方で、流域面積 11,000km² の約35% が著しく荒廢していることである。この流域からの侵食土砂量は、2,500m³/km²/year に達するとみられる。これに起因する流出土砂は下流域に被害をあたえ、新しく作ったダムを急速に埋没させている。とくに Mornos川 (流域面積1,100km²) の土砂生産量は約 2,200m³/km²/yearを越えると推定されている。

(しかし、このような山地荒廢現象はギリシヤ全土にわたるものではない。雨量の多いピンドス山脈寄りおよび北部のブルガリヤ国境周辺等には、優良な天然生林が残されており、このような場所は恵まれた立地条件からして、一時的に植生が破壊されても比較的容易に回復している。また、南部の荒廢山地にも近年アレポマツ (Aleppo pine) の造林が急速に拡大されつつある。

3. 2 現地における土地の受食性判定

土地の受食性を現地で単純にはあくする目的で、植被、地被の調査と地表硬度、浸透能の測定を行った。植被、地被の調査は一定区域内の被度を目測し、地表硬度は山中式土壤硬度計を用い、浸透能は小型冠水式の円筒浸透計を用いて測定した。地表硬度は指標目盛 (mm) で求め、浸透能は自然状態と十分に湿潤化させた後での浸透レート (mm/hr) を求めた。これらの測定結果は、表-2 に要約される。

Table 2. Cover condition on ground surface, soil hardness and infiltration capacity

Site No.	Litter cover (%)	Soil (mm) hardness	Infiltration capacity (mm/hr)		Stability index	Cover type
			Initial rate	Final rate		
3	70	14.3	611	575	0.76	Natural broad-leaved trees
7	45	15.1	451	437	0.81	Natural broad-leaved trees
5	85	18.5	406	361	0.68	Natural conifer
1	75	17.3	211	129	0.55	Planted conifer
10	85	16.7	111	57	0.53	Planted conifer
2	-	26.5	251	186	0.50	Magnis or Garrigue
6	-	18.0	150	91	0.47	Magnis or Garrigue
4	-	15.0	515	462	0.69	Magnis or Garrigue
8	-	17.0	305	318	0.71	Magnis or Garrigue
9	-	12.0	455	400	0.65	Orchard (cultivation)
1-2	-	31.3	166	51	0.43	Foot path
4-2	-	32.5	144	57	0.45	Foot trail
6-2	-	21.5	165	73	0.49	Logging road
7-2	-	20.3	118	62	0.43	Foot trail
8-2	-	27.0	161	85	0.64	Orchard road

表土を十分に湿潤化させたあとの浸透レートは、別途に行なった連続給水実験の結果から、概ね最終浸透能に近似することがわかったので、この値を地被別にまとめて示したのが図-3である。これによると踏圧裸地(羊道、歩道、伐出路)の浸透能は小さく30-70 mm/hr 程度であるのに対し、かく乱されない広葉樹天然林地は500mm/hrを越えている。しかし、裸地が多い低

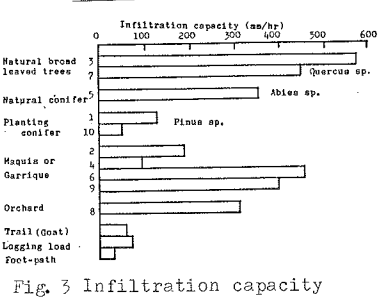


Fig. 3 Infiltration capacity

木疎林地でも家畜によって踏み荒らされない場所では大きく反面、せき悪な立地条件に植栽されたマツ林地は踏圧裸地並みに小さい。

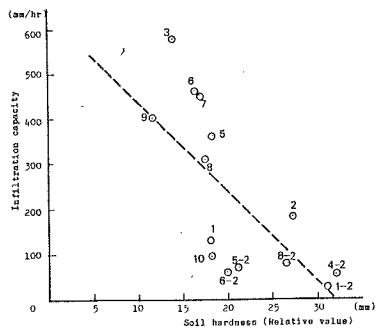


Fig. 4 Relation to infiltration capacity and soil hardness

地表の土壌硬度は予想されたように、踏圧裸地では著しく高い値を示し 30mm を越えている。(しかし、他の場所は裸地化した低木疎林地も含め意外に地表面は硬化していない。地表硬度と土壌浸透能(終期)との間の関係は、図-3に示すように高い負の相関々係を示していない。地表硬度、浸透能の測定値と現況の植生の発達状態の優劣と必ずしも一致した傾向を示していないが、これは既往の土地の取扱いや利用のされ方、土壌母材の差等が関連しているものと推察される。

前掲の表-2に示した安定指標(Stability index)とは、時間-浸透量の関係式 $I = bT^a$ の指数 a のことで、難波らが自然状態下の現場土壌について測定し得る受食性指標として提案したものである。同氏らは a が >0.6 を 1, $0.6-0.4$ を 2, <0.4 を 3 とするようにより、受食度を3段階に区分している。つまり、受食度3が最も耐水食性が弱いことを示すが、当該調査地点の受食度はほとんどが2-3であって、全般に受食性が高いことが理解できる。過放牧されたSite NO.4や踏圧裸地の安定指標はとくに小さいが、落葉地被物を有し土壌中の有機物含量の多いSite NO.3のような優良林地では、かなり大きい値を示している。

3. 3 採取土壌の組成および受食性

各調査地点の地表部(A₀層を除去した0-5 cm)から土壌を、100 ccの採土円筒を不かく乱状態で、また、別途かく乱状態のものをポリビンに採取し、実験室においてその理化学性や土性等を測定分析した。まず、表-3に土壌の粒径組成と化学的・粘土鉱物的性質等を示した。土性は全体的にみて砂質壤土~埴質壤土の範ちゅうにあり、粘土鉱物的組成はVermiculiteかKaolinite, Smectite (Montmorillonite) が主要部分を占めていることがわかる。

供試細土(2 mm 以下)の中央粒径は5-63 μm)と若干の幅がみられ、最も細いのはSite NO.2の低木林地で、最も粗いのはSite NO.3の羊道であった。後者においては浸透能が小さいため、降雨時に地表部の微粒子が流去したものと推測される。表中には記載しなかったが、2mm以上の礫の含有率(重量率)は2.0-21.5%で、かなりの差異が認められた。これは主に母材とその風化、堆積過程に関連するとみられるが、最小はSite NO.8のオリーブ園、最大はSite NO.5のモミ天然林地であった。なお、透水係数は概ね浸透能の測定結果と同一の傾向を呈している。

Table 3. Mineralogical properties and some erodibilities.

Site NO.	Coarse sand (%)	Fine sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	Median diameter (μm)	Clay mineral composition*	Dispersion ratio (Dr 1/50)(Dr 1/20)		Erosion ratio (Er 1/50)(Er 1/20)		Clay ratio	Coefficient percolation $\times 10^{-3}$
3	8.0	30.2	18.3	43.5	LtC	5.5	Sm>Qz>Ill,Kl	22.5	36.6	22.1	35.9	60	44.0
7	11.3	58.1	17.5	13.1	SL	62	Ver,Ver>Chl,	35.8	53.9	71.4	107.9	220	41.3
5	19.1	48.6	16.8	15.6	SL	54	Ver, Ill, Kl, Qz	28.3	43.7	69.0	106.6	274	4.0
1	29.9	31.6	20.5	18.1	SCL	39	Kl, Ill, Qz>> Chl	12.0	25.6	23.8	51.0	278	7.3
10	24.6	42.8	13.5	19.1	SCL	50	Sm>> Ill, Kl, Qz	13.3	23.5	16.0	28.3	199	0.39
2	1.1	19.4	48.1	31.4	SIC	4.8	Kl, Ill, Qz, Ver	12.8	29.2	11.4	25.9	157	6.0
4	4.1	64.7	18.7	12.6	SL	45	Ver>Sm>Ill, Qz	39.1	55.8	56.8	81.7	181	13.5
6	28.8	47.1	24.8	19.4	CL	27	Ver, Ill, Ill/Ver>	30.8	48.8	38.5	60.0	173	17.6
8	15.0	39.1	21.4	24.5	CL	27	Ver, Ill, Qz	19.6	37.4	14.4	27.5	149	2.3
9	16.9	34.0	30.7	18.4	CL	21	Ver, Ill, Qz	30.6	51.5	31.5	53.1	259	59.0
Trail	7.2	69.1	13.9	9.8	SL	63	Sm>Ver>> Ill, Qz	41.0	70.6	64.1	110.3	215	0.64

* Abbreviations : Ver;vermiculite, Sm;smectite(montmorillonite), Ill;illite, Kl;kaolinite, Qz;quartz, Chl;chlorite.

土壌の受食性指標については、多数の研究者によって種々な提案がなされている。ここでは表-4に示したように、分散率(Dispersion ratio = Dr), 侵食率(Erosion ratio = Er), 粘土(Clays ratio = Cr)などをとりあげた。これらの指標は、いずれも水の浸透能に関する土壌の物理性であるが、採

取土壌の耐水食性もある程度表現できるものと考えられる。

因みに、分散率は Middleton が提案したもので $Dr = \frac{\text{静水状態で分散させた場合の0.05mm以下の粒子含量}}{\text{完全分散させた場合の0.05mm以下の粒子含量}} \times 100$ によって示される。菅野は静置時間が比較的短かく測定誤差が生じやすいため、0.02 mmを採用することを提案しているが、ここでは両者について Dr を求め、前者を Dr(1/50)、後者を Dr(1/20) として表現した。侵食率も Middleton の提案したものであるが、 $Er = \frac{\text{分散率}(Dr)}{\text{コロイド含量}(CoI)}$ で示され、コロイドは粒径 0.002mm 以下としている。粘土比は Bouyoucos の提案したもので $Cr = \frac{\text{砂}(0.2-2.0\text{mm}) + \text{微砂}(0.002-0.02\text{mm})}{\text{粘土}(0.002\text{mm})} \times 100$ で示され、砂や微砂が粘土にくらべて多い場合には、耐水性団粒の形成されることが少ないので、侵食されやすいということが基礎になっている。

上記の受食性指標をどのような限界値をもって受食性、耐食性に区分するかについては、いくつかの提案があるが、ここでは Middleton や難波らの提案を参考に、表-4のような基準を作成し前掲の表-3の結果を照合してみる。粘土比については、各測定の土壌はほとんど砂質土のために、すべて50を越え、受食度3に該当し受食性が著しく高いことを示す。また、分散率 (Dr 1/50) についてみると、Site NO.1 のマツ造林地、NO.2の低木林地、NO.10のオリーブ園など以外はすべて15以上であって、受食性が高いことを示している。侵食率 (Er 1/50) についても Site NO.2の低木林地を除いて、すべて12以上で受食性が高いことを示している。分散率、侵食率ともに Dr 1/20の数値でみた場合、これらはさらに高い値を示している。また、両者の1/20と1/50との数値の相関々係は著しい高い傾向が認められたことを確かめられている。なお、採取土壌の受食性をみた場合、現況の植生の良否と受食度の高低とは必ずしも一致した傾向が認められなかった。

Table 4 Erodibility degree of each index

Erodibility index	Erodibility degree		
	1	2	3
Dispersion ratio	<15	15-30	>30
Erosion ratio	<12	12-25	>25
Clay ratio	<25	25-50	>50

4. おわりに

短期間の限られた地域の調査結果に過ぎないが、中央ギリシヤ地方を中心にギリシヤ国内に山地荒廃地がかなり存在することがわかった。これは少雨と乾燥という気候条件に支配されているが、過放牧等土地利用のあり方に問題があると思われる。山地土壌は有林地といえども潜在的に高い受食性をもっており、植被が失われた場合には急速に侵食が加速化する可能性がある。急傾斜地でも山羊の放牧が容認され、また、山火事に対し延焼しやすいマツの一斉造林がなされているが、山地荒廃防止の面からは検討を必要とする。おわりに、このような調査の機会を与えられた日本学術振興会と本研究の研究代表者佐賀大学教授岸信義博士に、また、調査に協力された各値に感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Bouyoucos, C.J. : The clay ratio as criterion of susceptibility of soil to erosion. Jour. Amer. Agron., 27, F.738, (1935) (2) 菅野一郎：土壌の侵食率について、土壌侵食に関する研究集録 1, 41-44, (1951) (3) 難波宮土・並次倭子：山地土壌侵蝕の研究 (第2報) 土壌の受食性指標, 林試研報, 70, 33-46, (1954) (4) 土壌物理性測定法委員会編：土壌物理性測定法, 308-313, 426-429, 養賢堂, (1980)