第９回：研究集会プログラム

期　日　昭和63年７月25日(月)～26日(火)

会　場　山形市　中央公民館ホール(アズ七日町ビル６階)

テーマ：特殊土壌地帯における地力保全

１．研究発表会　　７月25日(月)

１）部会長あいさつ	９：30～９：35	山形大学教授	東　山　　勇
２）来賓あいさつ	９：35～９：40	東北農政局計画部長	風　間　　彰
	９：40～９：45	農用地開発公団理事	北　村　純　一
３）歓迎のあいさつ	９：45～９：50	山形県農林水産部長	長谷川　謹　六
４）東北の地質、山形の地質	９：50～10：40	山形大学教養部	山　形　　理
５）国営藤沢開拓地区の事例、風化粘板岩地帯における農地造成工法について	10：40～11：30	東北農政局藤沢開拓建設事業所	竹　原　昭　雄
６）沼の倉地区県営農地開発事業について、新第三系強酸性硫酸塩土壌地帯の開畑	11：40～12：30	山形平野土地改良事務所	丸　山　　修
７）昼食、休憩	12：30～13：30		
８）特殊土と地力	13：30～14：20	農業土木試験場	岩　田　進　午
９）第５回国際農地保全会議にみられた世界の動向	14：20～15：10	農業環境技術研究所	久保田　　徹
10）総合討論	15：20～17：00	各講師	

２．懇　親　会　　17：30～19：30　　於　ホテルキャッスル

３．現地見学会　　７月26日(火)８：30～13：10

コース　山形駅前集合(８：20) 出発(８：30)→最上川中流小水力発電所(８：40～９：20)
→沼の倉地区県営農地開発事業(10：00～10：30)→山寺立石寺(11：20～13：00)

解　散　山寺駅（13：00）天童駅（13：30）山形空港（13：50）山形駅（14：00）

目　　次

あ　い　さ　つ

農地保全研究部会長　東　山　　勇…… 1

1．東北の地質、山形の地質

山形大学教養部　山　形　　理…… 3

2．国営藤沢開拓地区の事例

風化粘板岩地帯における農地造成工法について

東北農政局藤沢開拓建設事業所　竹　原　昭　雄…… 13

3．沼の倉地区県営農地開発事業について

新第三系強酸性硫酸塩土壌地帯の開畑

山形県山形平野土地改良事務所　丸　山　　修…… 31

4．特殊土と地力

農業土木試験場　岩　田　進　午…… 47

5．第5回国際農地保全会議にみられた世界の動向

農業環境技術研究所　久保田　　撤…… 61

あいさつ

農業土木学会　　農地保全研究部会
会　長　　東　山　　勇

農地保全研究部会の研究集会を、ここ山形市において多数の参加者をえて開催することができますことは、私どもにとりまして真に大きな喜びとするところであります。

顧みますと、昭和５４年７月に本部会が発足してより、今年でちょうど１０年になりますが、研究集会も「農地保全と水食」をテーマに開いた第１回から、すでに９回を重ね、いろいろな問題を取り上げて参りました。特に第７回は「土地生産力と農地保全」がメインテーマとなり、そして前回、即ち第８回は東北が初めて開催地に選ばれ、農地造成現場に直結した「農地造成における設計施工と保全」の問題が取り上げられました。ご承知のように東北には、火山灰土、マサ土など一般に特殊土とよばれるいろいろなタイプの土があります。また、いわゆる特殊土でなくても、例えば火山礫を多数含むとか、特殊な土壌条件を持った現場がいろいろとあります。そして、今日の厳しい農業事情を生き抜くためには、必要とあれば、そうしたところにも、農地を造成していかなければなりません。そこで今回は、たいへん難しい問題ではありますが、「特殊土壌地帯における地力保全」の問題を取り上げてみました。

このテーマは、こうした土を抱える現場的課題を考えるという直接の目的があることは勿論のことですが、また一方では「地力とは何か」といった根元的な問いかけを、どこかで一度は整理しておくことが、これからの農地保全の問題をグローバルに考える上で極めて大切なことではないかと考えたからであります。

今日、農業問題が大変なのはわが国だけではありません。米国ＥＣ諸国を初め世界の多くの国々が、それぞれの事情で困難な問題を抱えています。それだけに、それぞれの国が農地保全にかける期待も大きいものと思われます。そして農地保全の国際会議も発足して既に５回を迎えました。今回は、その報告と、そこにみられる世界の動きについても深く考えてみたいと思います。

また、百聞は一見にしかずと申しますが、現地見学会はそのコースのなかに、御講演の一つにある強酸性土壌地帯を実際に歩くことにしています。この集会の討論が、よりいっそう、実りあるものになるものと期待しております。

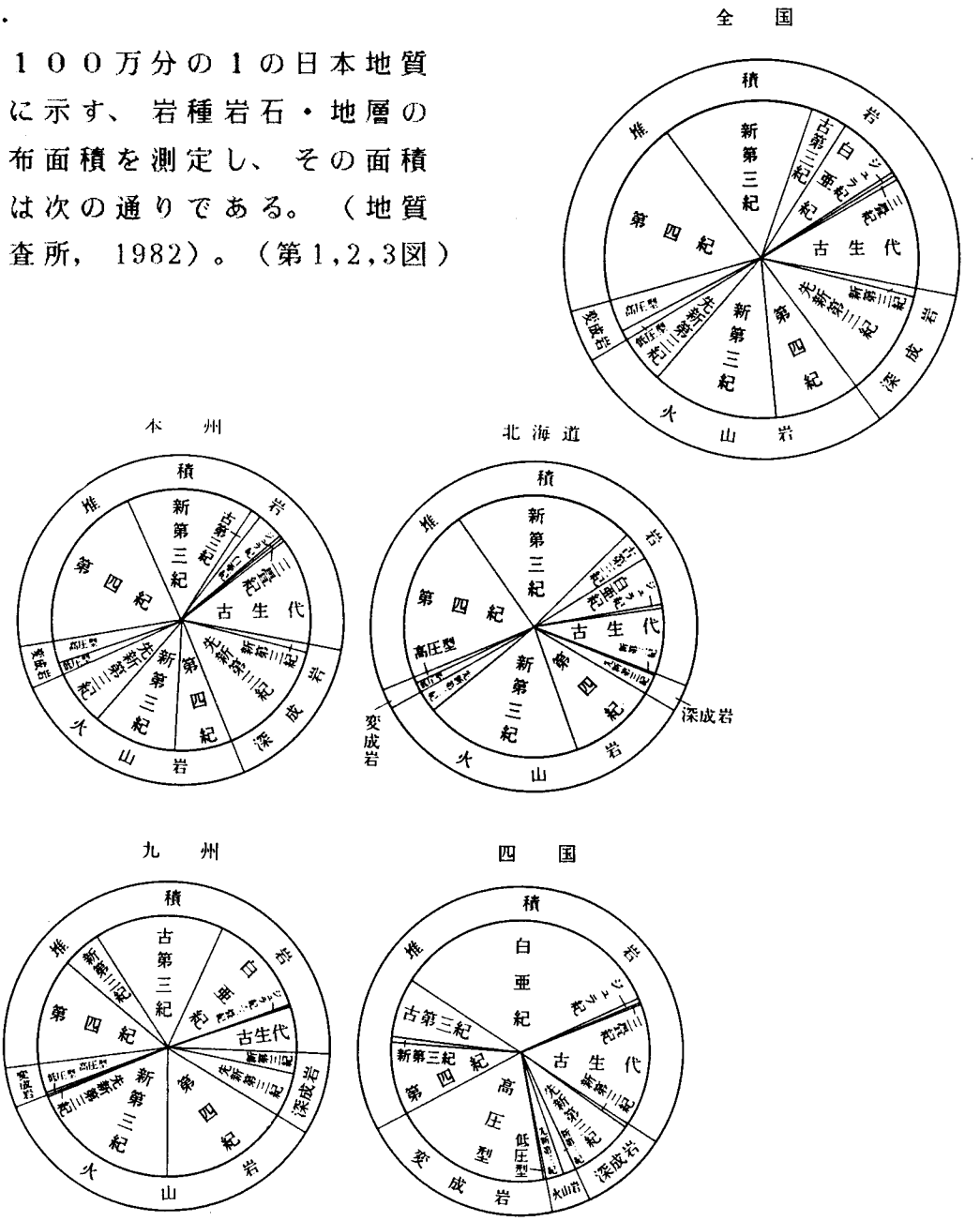
最後に、この研究集会、および現地見学会開催につきましては山形県農林水産部の方々には、並々ならぬお世話を頂きました。さらにまた、東北農政局の方々からもご協力頂きました。ここに記して、厚く御礼申し上げる次第でございます。

東北の地質・山形の地質

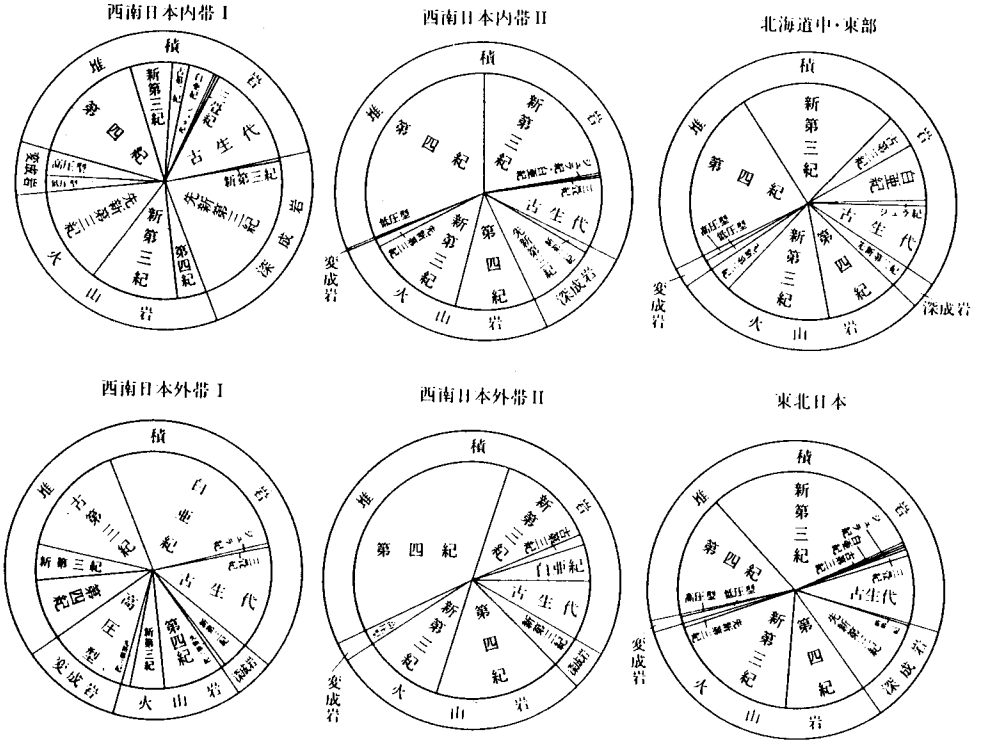
山形大学教養部
山形　理

1.

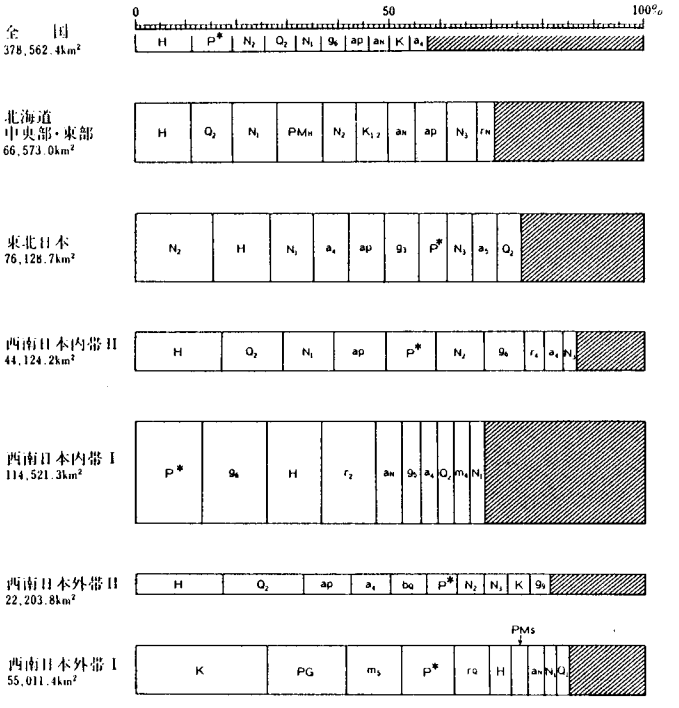
100万分の1の日本地質図に示す、岩種岩石・地層の分布面積を測定し、その面積比は次の通りである。（地質調査所，1982）。（第1,2,3図）



第1図　　全国及び各地方における岩種・時代別分布面積比



第２図　　各地質構造区における岩種・時代別分布面積比



H　：完新世の堆積物（主に沖積層）
rq　：更新世後期－完新世のデイサイト・流紋岩
ap　：更新世後期－完新世の輝石安山岩
bq　：更新世後期－完新世のソレアイト質玄武岩・高アルミナ玄武岩
Q_2　：更新世後期の堆積岩
r_N　：鮮新世－更新世前期のデイサイト・流紋岩
an　：鮮新世－更新世前期の安山岩
N_3　：鮮新世の堆積岩
g_9　：新第三紀の石英閃緑岩－花崗岩
a_5　：中新世後期－鮮新世前期の安山岩・玄武岩
N_2　：中新世後期－鮮新世前期の堆積岩
r_4　：中新世前－中期のデイサイト・流紋岩
a_4　：中新世前－中期の安山岩・玄武岩
N_1　：中新世前－中期の堆積岩
PG　：四万十累層群上部（古第三紀－中新世前期）
g_6　：白亜紀後期の花崗岩類
r_2　：白亜紀後期の流紋岩・デイサイト
K_{1-2}　：蝦夷・函淵層群（白亜紀中－後期）
K　：四万十累層群下部（白亜紀）
g_3　：阿武隈花崗岩類（主に白亜紀前期）
PM_H：日高層群（玄武岩を除く）
PM_S：三宝山・岩泉層群（厚い石灰岩層を除く）
P*：非石灰岩相の三畳系（本州地向斜の三畳系・ジュラ系を含む）
m_5　：三波川変成岩
m_4　：三都変成岩・飛騨外縁帯変成岩

□：1,000km²

第３図　　全国及び各地質構造区における主要地質単元の分布面積（１位から１０位まで）

2・

東北の地質区は次のように区分される（半沢 正四郎 1954）

1） 北上山地

2） 阿武隈山地

3） 羽越山地

4） 背梁山地

5） 西津軽山地

6） 下北半島・夏泊半島

7） 津軽半島

8） 男鹿半島

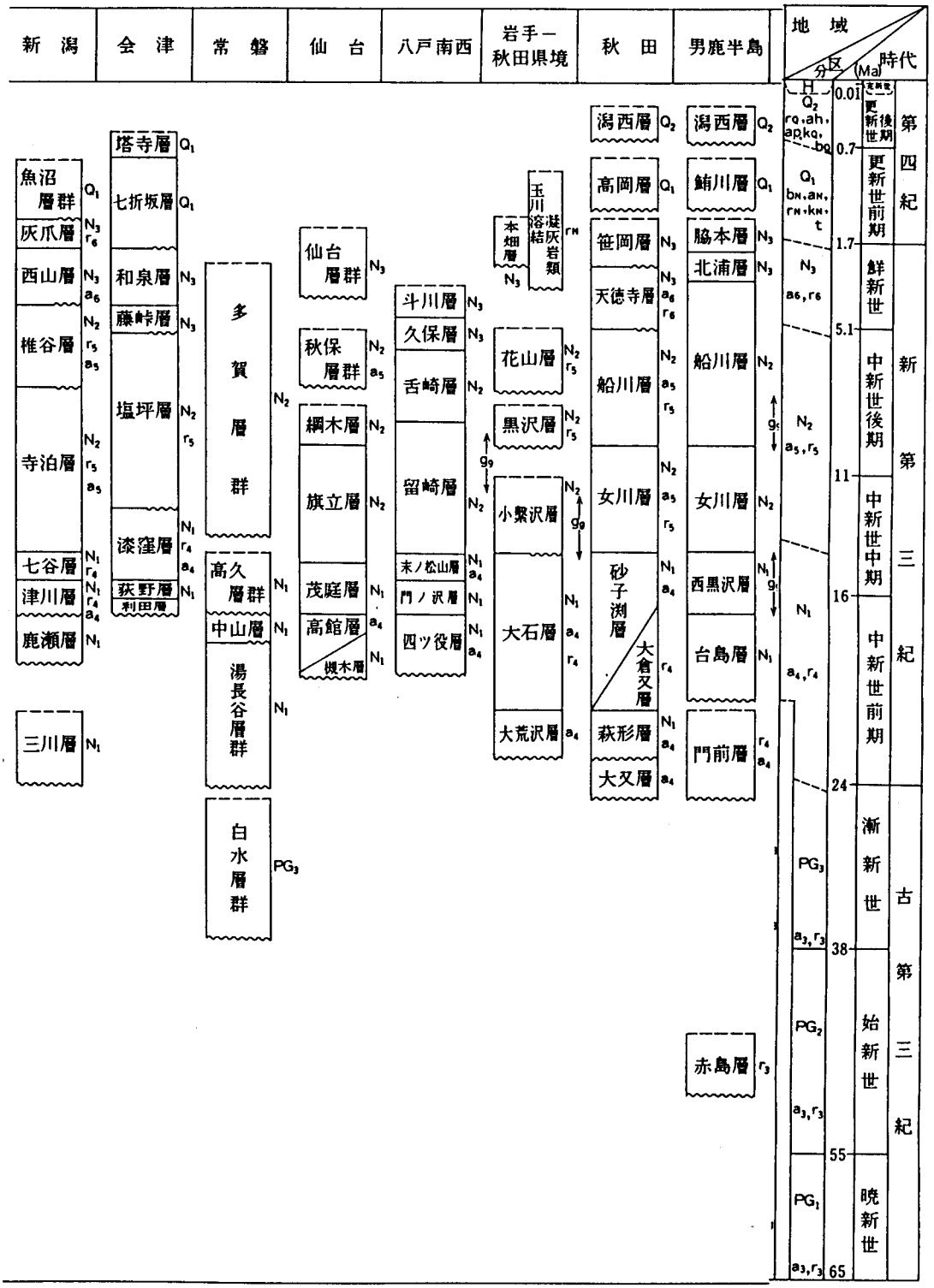
9） 山形・秋田県下の出羽丘陵

10）仙台盆地及び北上河谷

11）常磐炭田

東北地方とくに、山形・秋田県下の地質については新生代の地層が対照となる。右頁に新生代対比表を示す。

第 1 表　新 生 界 対 比 表


新潟
会津
常磐
仙台
八戸南西
岩手－秋田県境
秋田
男鹿半島
地域
区分
時代
(Ma)
魚沼層群
灰爪層
西山層
椎谷層
寺泊層
七谷層
津川層
鹿瀬層
三川層
塔寺層
七折坂層
和泉層
藤峠層
塩坪層
漆窪層
荻野層
利田層
多賀層群
高久層群
中山層
湯長谷層群
白水層群
仙台層群
秋保層群
綱木層
旗立層
茂庭層
高館層
槻木層
斗川層
久保層
舌崎層
留崎層
末ノ松山層
門ノ沢層
四ツ役層
本畑層
玉川溶結凝灰岩類
花山層
黒沢層
小繋沢層
大石層
大荒沢層
潟西層
高岡層
笹岡層
天徳寺層
船川層
女川層
砂子渕層
大倉又層
萩形層
大又層
鮪川層
脇本層
北浦層
西黒沢層
台島層
門前層
赤島層
Q2
Q1
N3
N2
N1
PG3
PG2
PG1
rq, ah, aq, kq, bq
bN, aN, rN, kN, t
a6, r6
a5, r5
a4, r4
a3, r3
g9
gc
0.01
0.7
1.7
5.1
11
16
24
38
55
65
更新世
後期
更新世前期
鮮新世
中新世後期
中新世中期
中新世前期
漸新世
始新世
暁新世
第四紀
新第三紀
古第三紀

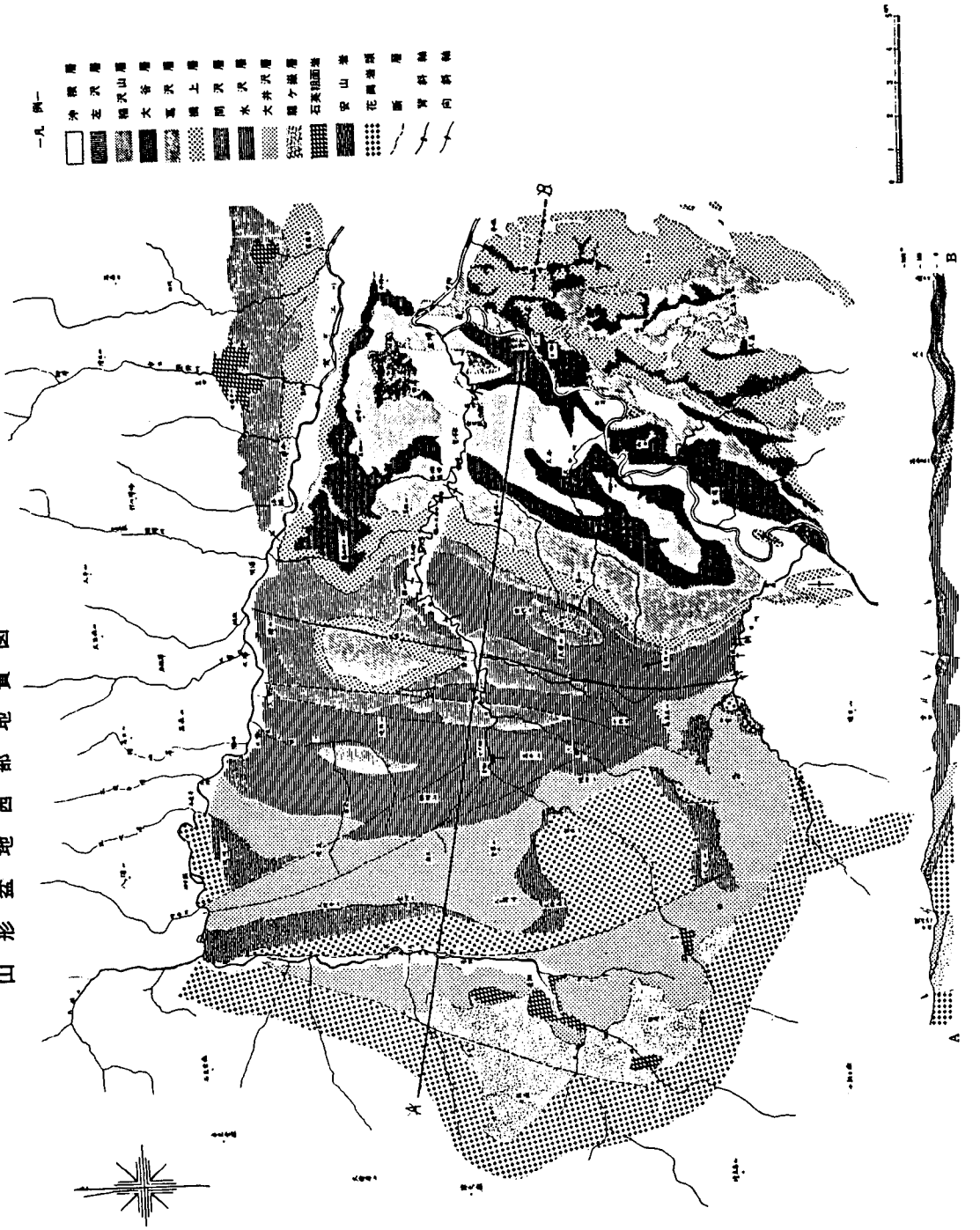
山形の地質については、神保　慈（1961）により２０万分の１の地質図が完成されている。その対比表を示す。

第２表　対　比　表

	男鹿半島 秋田大学	庄内平野 神保(1961)	新庄盆地 半沢・田口・青田(1958)	山形盆地 神保・山形(1961)	米沢盆地 神保(1961)	仙台附近 畑井(1960)
洪積世	寒風山安山岩	鳥海火山噴出物	月山・葉山火山噴出物	蔵王・白鷹火山噴出物	吾妻火山噴出物	青葉山層
鮮新世	鮪川層	寺内層	舟形層	葉山層		大年寺層
						八木山層
						広瀬川凝灰岩
						北山層
	潟西層					
	脇本層	常禅寺層	柴倉山層			龍ノ口層
			本合海層	中山層		
		観音寺層	八向層	左沢層	中ノ原層	亀岡層
		丸山層	鮭川層	稲沢山層	手ノ子層	三滝安山岩
中新世	北浦層	栖山層	中渡層	大谷層	高峯層	白沢層
			野口層	葛沢層	宇津峠層	
				橋上層		
	船川層	北俣層	古口層	間沢層	湯小屋層	葉山凝灰岩 / 秋保凝灰岩 / 網木層
	女川層	草薙層	草薙層	水沢層	間瀬層	旗立層
	西黒沢層	大山層	金山層	大井沢層	小国層 沼沢層 明沢橋層	茂庭部層
	台島層	善宝寺層			眼鏡橋層	
		平畑沢層				
	西男鹿層群	小菅野代層	及位層	龍ヶ岳層	北小国層 不動沢層	高舘安山岩
		温海岳層				
		山五十川層				
		一霞層				
先第三系	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	箱ノ口層 花崗岩類	三畳紀層・花崗岩類

（神保真　1961）

山形盆地の地質図・対比表・化石リストを次に示す。



山形盆地西部地質図

第3表　山形盆地西部新第三系対比表

地質時代			時階	左沢図幅 1970	荒砥図幅 西部・北部	荒砥図幅 東南部	神保・山形 1961	山形 1957	広域調査 1966	舟山 1963
新第三紀	鮮新世		鮎川階							
			脇本階	左沢層：左沢夾炭部層 左沢層：屈沢山砂岩部層			左沢層 屈沢山層	左沢層 屈沢山層		左沢層
	中新世	後期	北浦階		大谷層		大谷層 高沢層 橋上層	本郷層：大谷凝灰岩質砂岩部層 本郷層：高沢シルト岩部層 本郷層：橋上砂岩部層		大谷層
			船川階	本郷層：大谷火砂岩部層 本郷層：高沢シルト岩部層 本郷層：橋上砂岩部層	本郷層：高沢シルト岩部層 本郷層：橋上砂岩部層 本郷層：十八才火砂岩部層	出塩層	間沢層	間沢層：海味砂岩部層 間沢層：横取凝灰岩部層		宮宿シルト岩部層 大郷山層 橋上砂岩部層 沢口凝灰岩 送橋シルト岩 平塩各部層
		中期	女川階	間沢層：十八才火砂岩部層 間沢層：間沢泥岩部層 間沢層：八木沢火砂岩部層	杉山層：杉山泥岩部層		水沢層	水沢層：石倉凝灰岩部層 水沢層：月岡凝灰岩部層	長谷堂層	杉山層 高倉凝灰岩部層 大郷凝灰岩質砂岩部層 本沢川層 蛭井沢凝灰岩部層
			西黒沢階	水沢層：月布泥岩部層 水沢層：幸生火砂岩部層 水沢層：水沢泥岩部層／海味川火砂岩部層 水沢層：石倉火砂岩部層 本道寺層：本道寺泥岩部層 本道寺層：月山沢砂岩部層 金瓶山層	杉山層：石倉火砂岩部層 本道寺層：本道寺泥岩部層 本道寺層：一ッ沢火砂岩部層 本道寺層：月山沢砂岩部層	吉野層：小白府泥岩部層 吉野層：吉野上部火砂岩部層 吉野層：下山泥岩部層 吉野層：吉野下部火砂岩部層	大井沢層	大井沢層：本道寺凝岩部層	吉野層：上部層 吉野層：下部層	褐黒緑色 硬質火山性 凝灰岩 下山層 間沢川層 吉野川層
			台島階	竜が岳層	竜が岳層	太郎層			太郎層	島沢シルト岩部層 一ッ沢層 大明寺山 安山岩
		前期	西川原階				竜が岳層			
先第三紀			先第三系	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	基盤岩類	基盤岩類	花崗岩質岩石

第4表　山形盆地西部新第三系産化石

層名＼種類	Mollusca	Foraminifera	Echinoidea	Vertebrata	Plant (Leaf)	Plant (pollen)
左沢層					*Glyptstrobus europaeus* *Quercus* sp. *Carpinus* sp.	*Sequoia* type *Taxodium* type *Liquidambar* *Alnus*
稲沢山層	*Lncinoma amtilineatum*					
大谷層	*Clinocardium* cf. *californiense* (Deshayes) *Glycymeris* cf. *yessoensis* (Sowerby) *Macoma calcalea* (Gmelin) *Serripes groenlandica* (Bruguiere) *Dentalium weinkauffi* Dunker *Turritella saishuensis* Yokoyama		*Linthia nipponica* Tokunaga	*Cetacea*	*Fagus paleocrenata* Suzuki	
葛沢層	*Conchocele disjuucta* Gabb *Macoma* cf. *izuruensis* (Yokoyama) *Thyasira bisecta* Conrad					
橋上層	*Chlamys* (*suiltopecten*) *heteroglyptus* Yokoyama *Patinopecten* cf. *yessoensis* Jay					
間沢層	*Neptunea intersculpta* Sowerpy	*Haprophragmoides* sp. *Martinottiella* sp.				
水沢層	*Gloriopallium crassivenius* (Yokoyama) *Propeamussium transnipponica* (Mochizuki)	*Cyclammina incisa* (Stache) *Haplophragmoides* sp. *Martinottiella communis* (d'Orbigny) *Trcchammina* sp.		fish scale	*Quercus* sp.	*Pinus* *Sequoia* type *Taxodium* type
大井沢層 (2)	*Propeamussium* sp. *Polyneamussiim* sp.	*Ammodiscus incertus* (d'Orbigny) *Bulimina marginata* d'Orbigny *Cassidulina laevigata* Cushman *Globulina gibba* d'Orbigny *Lagenodosaria scalaris* (Batsch) *Marginulina aculeata* Neugeboren *Nonion pompiloides* (Fichtel and Moll) *Robulus pseudorotulatus* Asano	*Echinolampas* sp.			
大井沢層 (1)	*Barbatia* n. sp. *Ostrea* sp.	*Operculina complanata japonica* Hanzawa *Miogypsina kotoi* Hanzawa			*Liquidambar formosana* Hance *Styrax obassia* Sieb. et Zuce.	*Pinus*, *Sequoia* type *Juglans*, *Pterocarya* *Ulmus*, *Betula* *Celtis*

西村山郡朝日町において、果樹栽培にあたり、大谷層の地質が問題になった。そのボーリング資料を示す。

調査名・調査地点　大谷地区農地造成工事地質調査　　標高 ＿＿＿ m

ボーリング孔：No. 1　　孔内水位 GL－4.00 m

標尺 m	標高 m	深さ m	層厚 m	土質記号	土質名	色調	記事	深さ m	打撃回数／貫入量 cm	10cm ごとの打撃回数 10cm	20cm	30cm	0
		0.50	0.50		表土	暗茶灰色	工事現況盛土。						
1							砂の粒子は、細粒子である。深度6.0m付近までは、岩結度の硬軟互層状を示す。水に溶ける。層状：15.0mm	1.50	50/7				
								1.37					
2													
3								3.00	50/13	34	16		
								3.13			3		
4								4.50	50/19	18	32		
								4.69			9		
5													
6						黄茶灰色		6.00	50/19	21	29		
								6.19			9		
7							コア層状に50mm程度崩壊	7.50	50/7				
						暗青灰色		7.57					
8						黄茶灰色	クラック比較的多い。岩結度、若干硬い。						
9								9.00	50/9				
								9.09					
10								10.50	50/5				
								10.55					
11		11.50	11.00		凝灰質砂岩	暗青灰色							
12							比較的風化している。コア層状に30mm程度崩壊。クラック比較的多い。水に溶ける。	12.00	50/8				
								12.08					
13								13.50	50/3				
		13.70	2.20		泥岩	暗緑灰色		13.53					
14						暗青灰色	風化著しい。砂の粒子は、細～中粒子である。水に溶ける。	15.00	50/12	39	11		
15						青茶灰色		15.12			2		
16							岩結度が硬い。層状に20mm程度崩壊。クラック比較的多い。	16.50	50/6				
								16.56					
17													
18		18.00	4.30		凝灰質砂岩	暗緑灰色		18.00					

大谷層の地質ボーリングの中、凝灰質砂岩とされている地層が問題の岩石である。

当地において、地山を削り果樹園を造成し、林檎の苗を植え、数年すると枯死するという。かつて、理学部地球科学科の大町教授らと現地調査をした。

その折、この岩石がかなり酸性の強いことが判明し、対策を講じたので、現在では支障がないと報告を受けている。

参考文献

半沢 正四郎 ： 東北地方（日本地質誌） 朝倉書店（1954）

地質調査所 ： 1/100 万地質図アトラス、 地質調査所（1982）

山形 理 ： 山形盆地の地史学ならびに花粉学的研究、
山形大学紀要、Ｖ-4，（1963）

山形地学会 ： 左沢図幅、山形県（1970）

〃 ： 荒砥図幅、山形県（1972）

神保 悳 ： 山形県の第三系、山形県（1961）

風化粘板岩地帯における農地造成工法について

——国営藤沢地区の事例——

東北農政局　藤沢開拓建設事業所

竹　原　昭　雄

1．はじめに

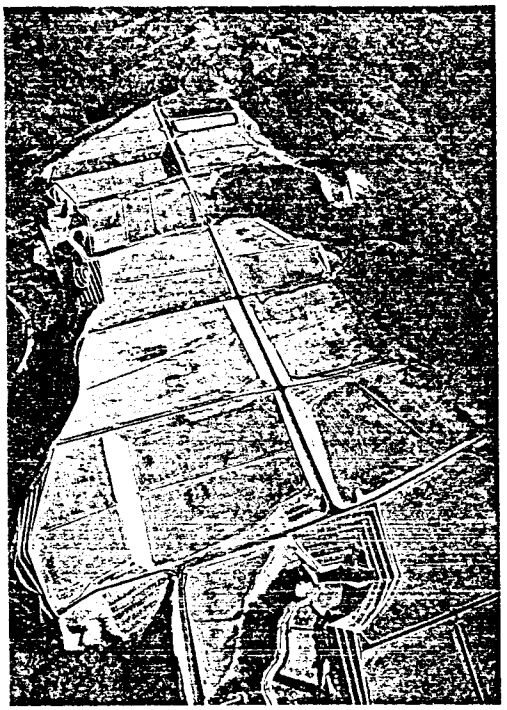
本地区は北上山系最南部に連なる標高１００ｍ～４６０ｍの丘陵地帯で、耕地は分散し経営面積も零細であるうえ、年間降水量が少なく水利条件にも恵まれていないことから、タバコ、桑、畜産を中心とした山間畑作農業地帯である。

このような立地条件にある地域農業を発展させ、経営の安定化を図るため、山林原野４８９ｈａの農地造成と既耕地１２５ｈａの区画整理を一体的に実施し、経営規模拡大と農地の集団化及び相川、千松両ダムの築造により水源の確保を行ない、農業経営の近代化と生産性の向上を図ることとし昭和５７年度に事業着工、これ迄表－１のとおりの進捗を見ている。

表－１　農地造成等実施状況　　単位：ｈａ

区　分	計画全量	年度58	59	60	61	62	小計	63以降
農地造成	489.1	5.4	33.3	50.6	60.9	85.1	235.3	253.8
区画整理	125.3	0.2	4.0	9.0	10.8	10.3	34.3	91.0
計	614.4	5.6	37.3	59.6	71.7	95.4	269.6	344.8
進捗率(%)		0.9	7.0	16.7	28.4	43.9		

造成工事が完了し営農を
開始する天ヶ沢工区



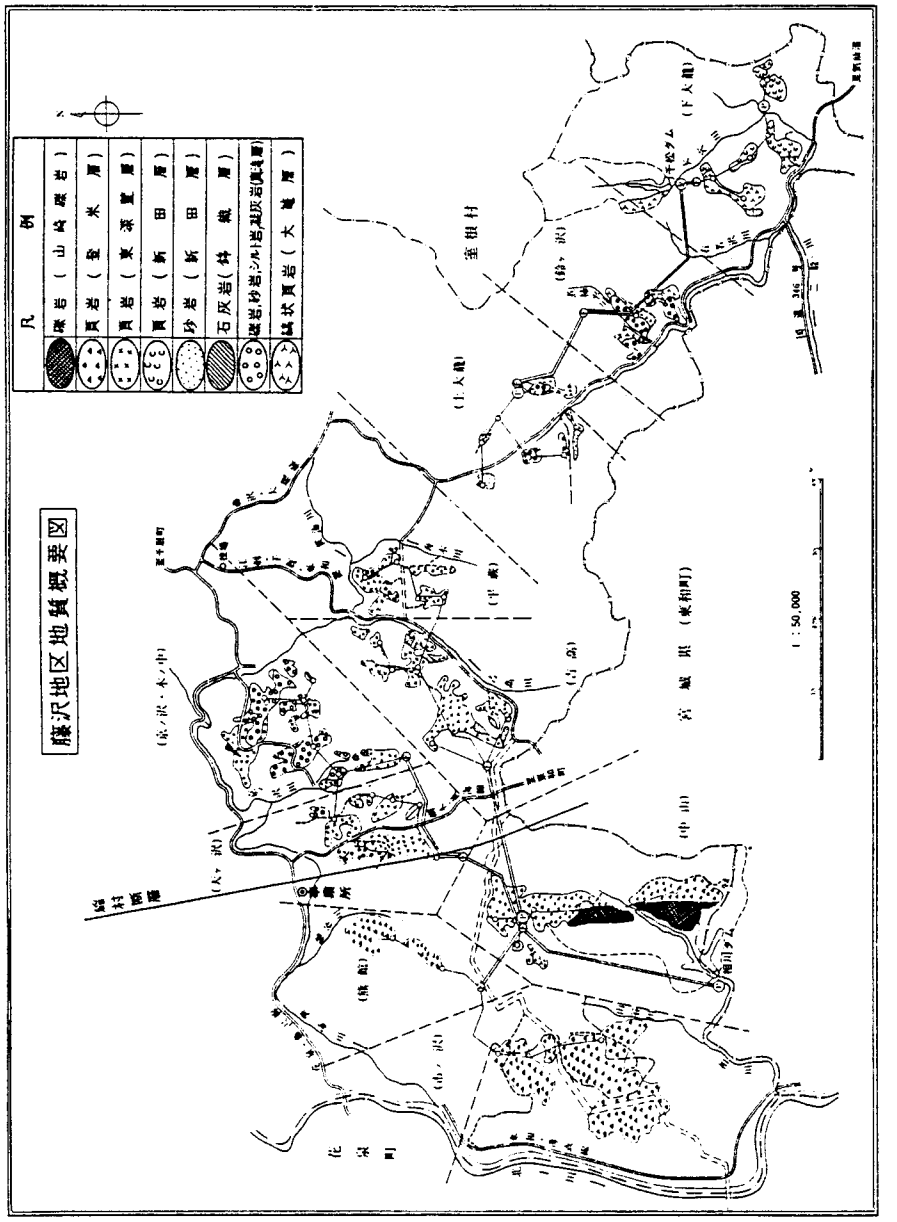
本地区の農地造成地の地質は、粘板岩系と礫岩及び砂岩系に大別される。そのうちの大部分は粘板岩を母岩としており、表土はきわめて薄い。その下層は風化粘板岩（灰褐色系）、粘板岩（黒色及び黒褐色系）となっている。基盤造成工事に当たっては、運土工程の中で粘板岩等は下位の盛土材として、風化粘板岩及び表土は耕土とするよう配慮して造成している。このため圃場面に風化粘板岩の石礫が多く、営農作業上、支障となっている事例が多く、本地区の農地造成の最大の課題となっている。当地区の粘土岩は千枚岩質粘板岩で、冬期の積雪がなく内陸型の気候で気温の寒暖の差が大きく、凍結、融解のくりかえしによる細粒化効果が大きいことに着目し、この自然力を利用した細粒化の効果の調査を実施すると共に、機械力との組合せによる、細粒化促進の経済的工法を検討するため昭和６１年１２月農地造成工事完成後の熊館工区に試験区を設置して調査を進めている。本調査は昭和６３年度迄継続実施することとしており、その中間報告として紹介するものである。

２．造成地の地質概要

本地区の地質は古生代二畳紀の堆積岩からなり、二日町付近（事

業所付近）を通る南北性の稲村断層を境として、東西で層序が異っている。西部では錦織層を最下層として天神ノ木層、山崎礫岩層、登米層の分布する地域である。東部の二畳紀は小規模な褶曲をくり返しているが、大局的には北西部に下位層が、南東部に上位層が分布する傾向にある。下位は錦織層、東深萱層、新田層、大龍層、千松層に区分される。

図－1　藤沢地区地質概要図



３．試験計画と試験区設定

（１）試験区位置

昭和６１年度熊館工区（その３）農地造成工事

（２）試験区の概要

各試験区の概要は以下のとおりである。

① リッパー施工区

冬季、土層が凍結中にリッパーを十字がけする。これによる礫の直接的破砕、礫の拾い上げの効果があるかどうかを調査する。

② レーキ施工区

上記①と同様の試験をレーキドーザにより行い、調査する。

③ １年次ハロー施工区

現在藤沢地区で行われている標準工法であり、１次造成終了後の春期にブラウイングハローをかける。

④ ２年次ハロー施工区

石礫が多く、凍結・融解による細粒化が一冬では十分行われない場所では、受益者への引渡しを１年延ばし、２冬１夏経過させた後とすることも考えられる。この場合、ハローがけは２年目の春期に行うことになるが、その効果を明らかにする。

⑤ １年次ロッドコンベアー施工区

凍結融解等による細粒化は地表面に近いほど進行が早い。従って、一次造成終了後、厳冬期に入る前に、ロッドコンベアーにより上、下層中の礫を拾い上げ、地表面に暴露し、その効果を調べる。

⑥ １年次ロッドコンベアー＋ストンクラッシャー施工区

上記⑤によってもなお礫が細粒化されずに残るような場所では、秋期にロッドコンベアー施工し、さらに一冬経過後の春に残留する礫をストンクラッシャーにより機械的に破砕する。

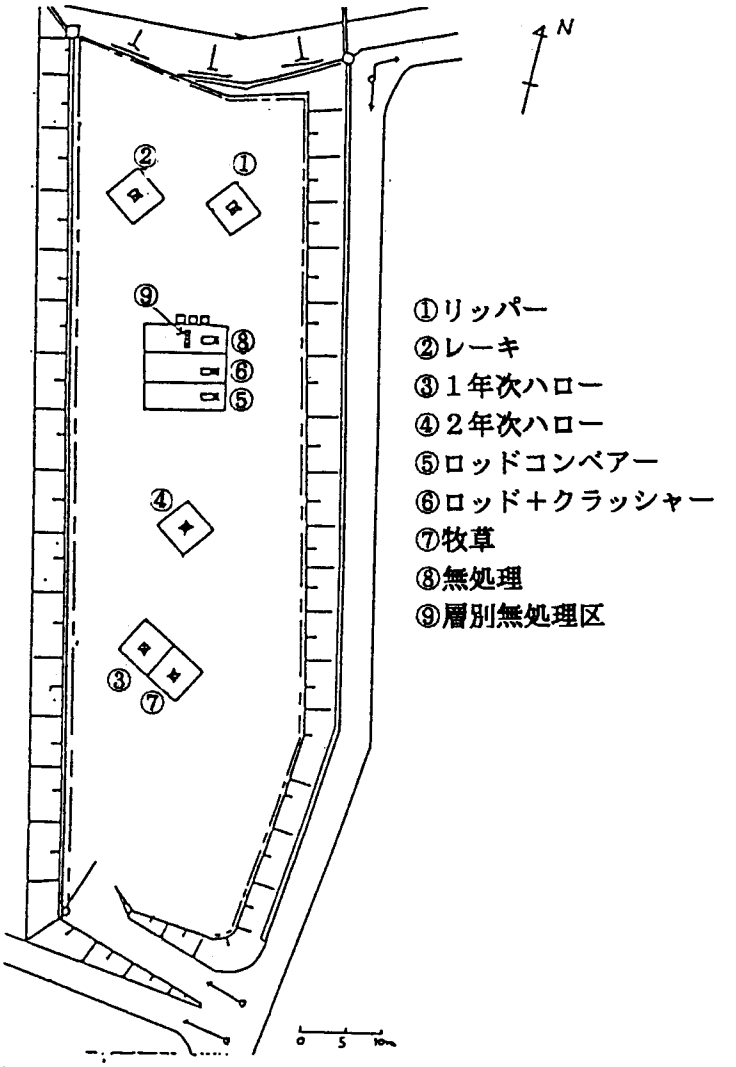


図 2 熊館地区凍結・融解，風化試験区
平面配置図

⑦ 牧草播種区

2次造成終了後、直ちに普通畑耕作を行わずに牧草を播種する。牧草根の作用により軟岩の細粒化が進行するかどうか、凍結融解等の風化に対して草地被がどの様な影響をもたらすか調査する。

⑧ 無処理区

全く無処理の対照区であり、自然力のみの細粒化効果を調べる。

⑨ 層別無処理区

⑧と同様の無処理区であり、凍結融解のみの細粒化効果を調べる。ただし、0，10，20，30㎝の各深さに予め秤量した礫を敷並

べ、そのなかに地温計を埋設する。地温と細粒化の関係を明らかにするための精密観測区である。

註）⑦牧草播種区以外の試験区は土改材散布および作付を行わない。

（３）試験日程

調査の日程を表－２に示した。

表２．藤沢地区凍結・融解による石砕試験　日程表

年月 試験区	61年12月	62年1月	2月	3月	4月	5月	
①リッパー	粒 (1.5a×1.5a)		リッパー施工 ⟷			粒 (75ca×1.5a)	
②レーキ	粒 (1.5a×1.5a)		レーキ施工 ⟷			粒 (75ca×1.5a)	
③1年次 ハロー	粒 (1.5a×1.5a)				(75ca×1.5a)	粒 ⟷ 粒 ハロー施工	(75ca×1.5a)
④2年次 ハロー	粒 (1.5a×1.5a)						
⑤1年次 (ロッドコンベアー)	R施工 粒 ⟷(1a×2.25a)					粒 (1a×75ca)	
⑥1年次R +クラッシャラー	R施工 粒 ⟷(1a×2.25a)				(1a×1.125a)	粒 ⟷ 粒 C施工(1a×1.125a)	
⑦牧草						土壌 粒 播種 ハロー施工⟷(1.5a×1.5a)	
⑧無処理	粒 (1a×2.5a)					粒 (1a×75ca)	
⑨層別 無処理区						粒 (50ca×50ca)	×4
気象観測	⟵ 気温・降水量・地温（0，－10，－20，－30㎝）						

年月 試験区	11月	12月	63年1月	2月	3月	4月	
①リッパー						粒 (75ca×1.5a)	
②レーキ						粒 (75ca×1.5a)	
③1年次 ハロー							
④2年次 ハロー					(75ca×1.5a)	粒 ⟷ 粒 ハロー施工	(75ca×1.5a)
⑤1年次 (ロッドコンベアー)	粒 (1a×75ca)					粒 (1a×75ca)	
⑥1年次R +クラッシャラー							
⑦牧草	粒 (75ca×1.5a)					粒 (75ca×1.5a)	
⑧無処理	粒 (1a×75ca)					粒 (1a×75ca)	
⑨層別 無処理区	粒 (50ca×50ca)	×4				粒 (50ca×50ca)	×4
気象観測	気温・降水量・地温（0，－10，－20，－30㎝）　⟶						

粒：当該地区において粒度試験を行う。

※施工方法
①　リッパー　十字がけ
②　レーキ　十字がけ
③④⑦　ハロー　十字がけ
⑤⑥　ロッドコンベアー　縦２回がけ
⑥　ストンクラッシャー　縦１回がけ

４．試験結果

（１）気象観測結果

昭和６１年１２月の熊館試験区設置以来、自然力による礫の細粒化メカニズムを明らかにするために、地表温度、深度３０㎝まで１０㎝ごとの地中温度あるいは気温さらには降水量を測定した。

図３は、各月の総日最低地温と総日最高地温を算出し、それら値から月平均地温日較差を求め、月別にプロットしたものである。深度２０㎝と３０㎝については、日較差が非常に小さいのでこれらは省略し、地表面と深度１０㎝のみを考察の対象とした。４月から６月までの期間が深度による日較差の相違は最も顕著である。

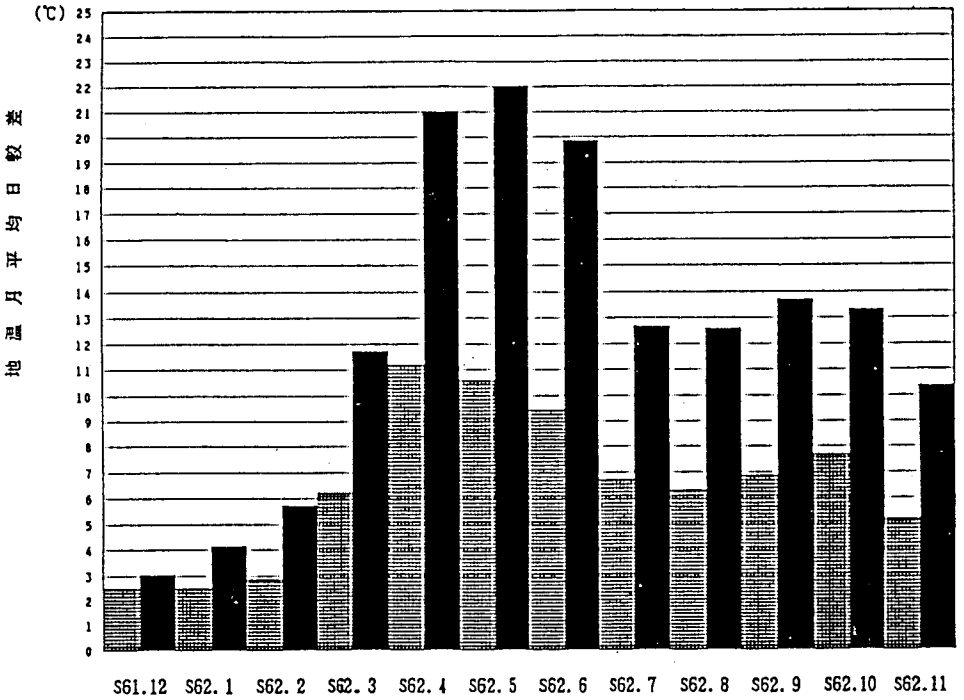


図 3 月別の地温月平均日較差

（凡例） ▦ ：－10㎝ ■ ：0㎝

しかし、冬期については、単なる日較差ではなく、日較差に伴う凍結・融解が礫の細粒化に大きな意味を持つものと考えられる。そこで、深度別に凍結・融解回数を図示した。なお、凍結・融解の回数は、地温が地温観測用紙上で０℃を通過した回数と定義した。図－４は、昭和６１年１２月１３日から昭和６２年４月１６日までの

期間における凍結・融解回数を示した。両期間ともに、深度が増すにつれて、凍結・融解回数は減少する傾向を示す。ただし、深度２０㎝と３０㎝においては、ほとんど有意な相違は認められない。

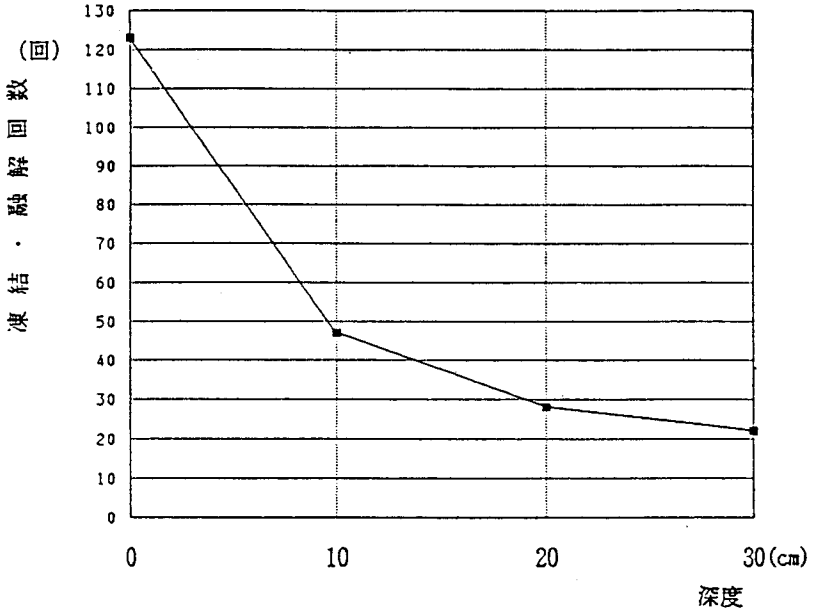


図４　深度別の凍結・融解履歴回数

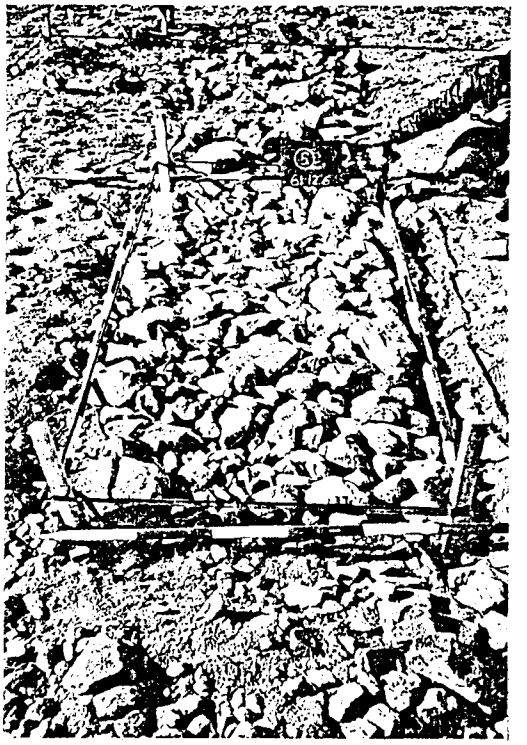
(S61.12 13 ～S62.4.12の期間の地温データより作成)

（２）①～⑧区の試験結果と考察

土地改良事業計画設計基準（土層改良）では土層の改良目標を、小礫（３０～５０㎜）または中礫（５０～１００㎜）が５％（容積比）以下としている。従って本報告でも、検討の対象とする礫の粒径を３０㎜または５０㎜、主として３０㎜以上とする。

前述したように、現地で実施した粒度試験では３５，５０，１００㎜ふるいを用いたので、結果は３５㎜以上などの礫含量として得られる。そこで、これらのデータを粒度加積グラフにプロットし、これを用いて３０ｍ以上の礫含量を求めた。

ﾛｯﾄﾞｺﾝﾍﾞｱによる礫の拾い上げ作業



⑤試験区の造成（S11.12.6）

１）冬季間の礫含量変化

昭和６１年１２月から昭和６２年５月の冬季間の礫含量（３０㎜および５０㎜以上）の変化を図５にまとめた。

⑤試験区　礫の細粒化状況（S62.5.6）

同図によれば、昭和６１年１２月の重量礫含量は中礫以上（５０㎜以上）が１８～３２％、

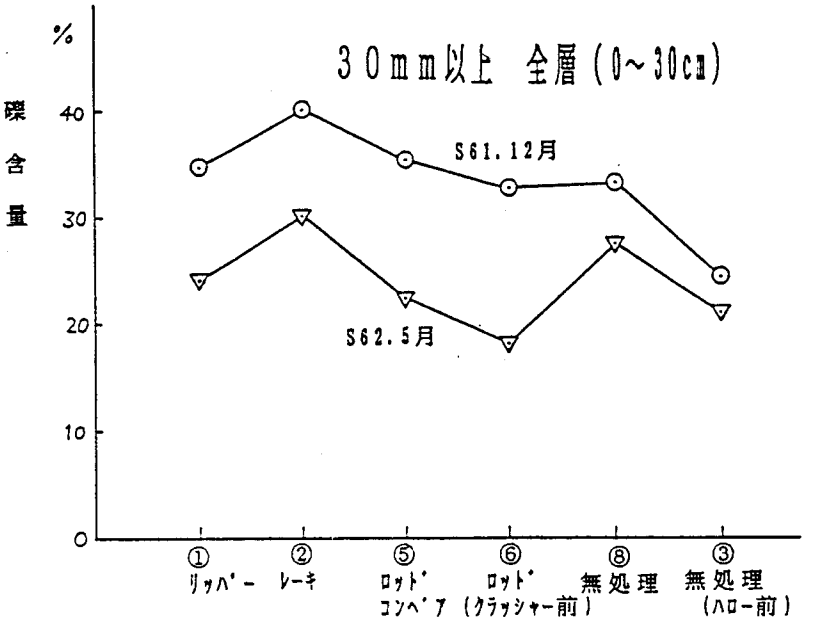
小礫以上（３０㎜以上）が２４～４０％あり、本地区内では比較的大きな値であった。しかし、一冬の凍結・融解により、６２年５月には中礫以上が１３～２２％、小礫以上が１８～３０％に減少した。

試験区別に礫含量の減少量を比較すると図６のようになる。ここで③１年次ハロー区はハロー施工前の測定結果をプロットしてあるので、内容的には無処理区と同じである。まず全層（●印）について比較すると、無処理区の⑧・③に比べて①・②・⑤・⑥の処理区はいずれも減少量が大きかった。⑧区全層の減少量が小さい理由は下層（△印）の減少量が小さいためであることがわかる。③区は上、下層ともに減少量が小さい。これは上述の理由に加えて試験区造成時点の礫含量がもともと少なかったこと（図５参照）も影響していると思われる。ロッドコンベアー区⑤・⑥表石層は特に減少量が大きく、全層の減少に寄与している。なお、⑤・⑥の下層は昭和６１年１２月の時点で容積礫含量が５％以下になっており、既に改良目標に達しているので、図６の減少量のプロットは省いてある。

以上のように礫減少量は⑤・⑥＞①・②＞⑧・③の順となった。しかし、図５でわかるように試験開始時に試験区毎の礫含量のばらつきがあるので、これを考慮した指標「礫減率」で比較したのが図７である。礫減率は次式で計算した。

$$\text{礫減率} = \frac{\text{S61.12～S62.5期間中の礫減少量}}{\text{S61.12月の礫含量}} \times 100\%$$

すなわち、もともと存在した礫の何パーセントが減少したかを表す。



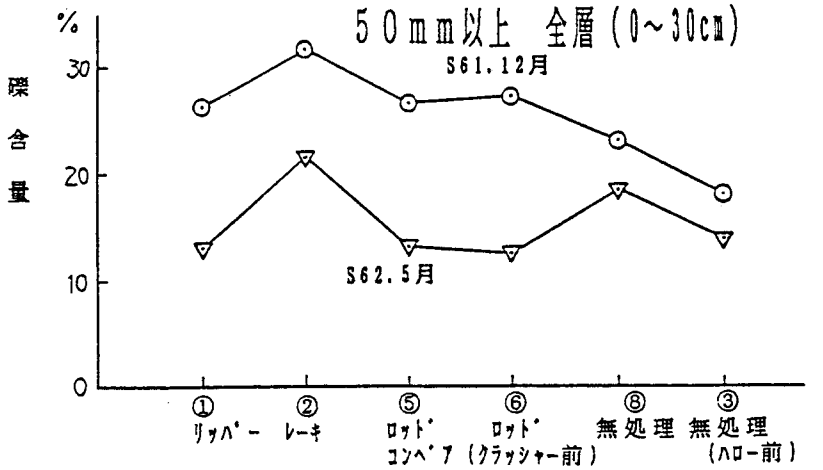
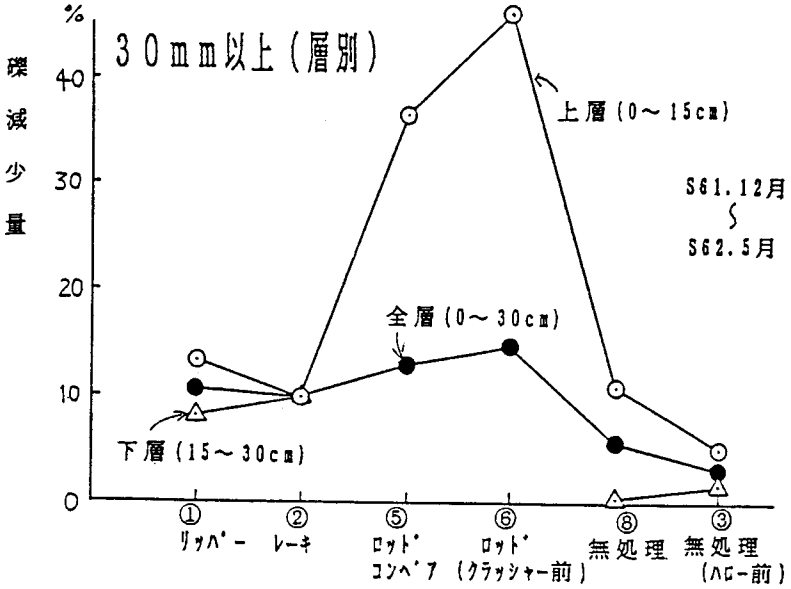


図5 礫含量の変化

藤沢町熊館地区
凍結・融解試験区
注: 礫含量はすべて重量率



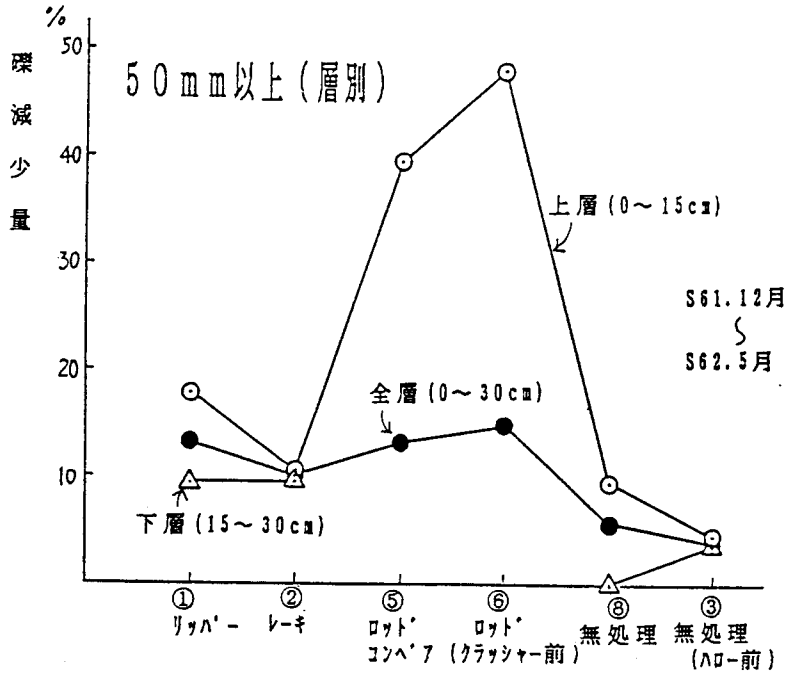
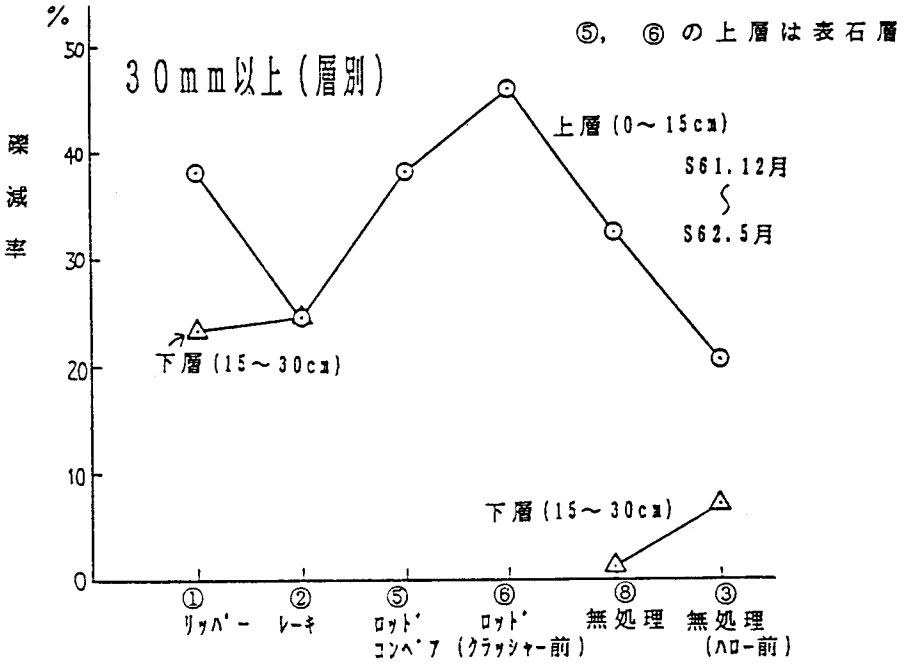


図 6　礫含量の減少量　　藤沢町熊館地区
凍結・融解試験区

※　礫減少量＝S61.12月の礫含量－S62.5月の礫含量
礫含量が5%未満の土層を除く
⑤，⑥の上層は表石層



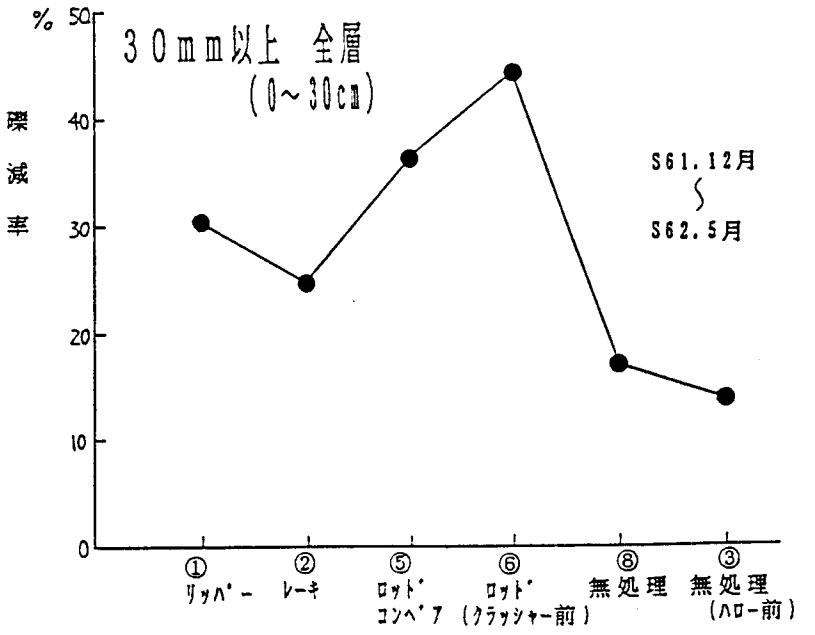


図 7　礫減率

藤沢町熊館地区
凍結・融解試験区

※　礫減率＝（礫減少量÷S61.12月の礫含量）×100
礫含量が5%未満の土層を除く

図７により全層の礫減率で各工区を比較すれば、⑥＞⑤＞①＞②＞⑧＞③の順である。

同図で上層と下層を比較すれば、上層の礫減率がいずれも大きかった。一方下層の礫減率は小さく、特に自然放置であった⑧・③区の下層の礫減率は１０％以下と極めて小さい。しかし、同じ下層でも寒中に重機で土層を攪乱した①・②区の礫減率は２０％以上の結果が得られた。

以上のように上層の礫減率が下層より大きかったことは、冬期における地温の日変動が上層ほど激しく、凍結・融解のサイクルが多かったことに対応している。すなわち、－２０㎝、－３０㎝の日変動が極めて小さいのに対し、０㎝、－１０㎝の地温は０℃をまたいで大きく変動していることによる。この期間中の凍結・融解回数を深度毎に数えてみると表３のようになる。ここで凍結・融解回数とは地温観測記録紙上で０℃を通過した回数をいう。同表から凍結・融解の作用は上層ほど激しかったことが明らかである。

表　3　　深度別凍結・融解回数

（昭和61.12.13～62.4.12，⑧試験区）

深さ（cm）	0	10	20	30
凍結・融解回数	123	47	28	22

⑤・⑥区上層の礫減率は各々３８％、４６％と大きかった。これらの区では、予め礫のほとんどを上層に拾い上げ、礫のみの層（表石層）となっていたため土壌による保温効果が少ないので、凍結・融解の作用が最も大きかったものと推定される。全層の礫減率が前

述のような順番になったのは、⑤・⑥区の礫のほとんど全てが上層に存在するため、上層の大きな礫減率がそのまま全層の礫減率とほぼ等しくなったためである。

以上のように、冬季間の細粒化は上層ほど著しいこと、上層に礫を暴露する工法ほどその効果が高いことが明らとなった。しかし、最も礫減率が大きい⑤、⑥区においても５月の重量礫含量（３０㎜以上）は１８．４～２２．６％、容積礫含量に換算して１５～１８％であり、一冬の凍結・融解のみでは改良目標に到達していない。

２）１年次ハロー区の礫含量変化

③１年次ハロー区は当事業所の標準施工法である。昭和６２年５月にブラウイングハローを施工した直後に行った粒度試験の結果を６１年１２月、６２年５月ハロー施工前の結果とあわせて表４に示した。

表　４　　ハロー施工区の粒度試験結果

（30㎜以上，重量％）　③１年次ハロー区

土層	61年12月 開始	62月５月 ハロー施工前		62年５月 ハロー施工後	
	礫含量	礫含量	礫減率	礫含量	礫減率
上層	24.6	19.5	20.7	11.7	52.4
下層	24.6	22.9	6.9	22.9	6.9
全層	24.6	21.2	13.9	17.3	29.7
計算式	A	B	$\frac{A-B}{A}\times 100$	C	$\frac{A-C}{A}\times 100$

ハロー施工後の重量礫含量（３０㎜以上）は上層で１１．７％、下層で２２．９％、全層で１７．３％となった。これを昭和６１年１２月当初の２４．６％（上・下層均一）に対する礫減率に換算すると上層で５２．４％、下層で６．９％、全層で２９．７％である。これらは施工前（図７）と比べると改善されており、ハローによる

機械的破砕が上層に対して有効に作用した結果と判断される。しかし、全層で１７．３％（容積比で１３．８％）の礫が残存し、下層の礫が減少していないという問題が残る。

３）夏期の礫含量変化

⑤、⑦、⑧区について行った昭和６２年度第２回粒度試験（１１月実施）の結果を、６１年１２月および６２年５月の結果と対照させて表５に示した。

表　５　　夏期の礫含量変化（30mm以上，重量％）

（藤沢地区　凍結・融解試験区）

試験区	土層	61年12月 礫含量	62年５月 礫含量	62年11月 礫含量
⑤１年次 ﾛｯﾄﾞｺﾝﾍﾞｱ区	表石層	95.7	59.0	43.8
	上の下	2.7	0.0	4.3
	下層	6.1	5.8	4.4
	全層	35.6	22.6	18.6
⑦牧草区	上層		13.7	14.8
	下層		27.3	26.8
	全層		20.5	20.9
⑧無処理区	上層	33.4	22.5	26.5
	下層	33.4	33.0	32.8
	全層	33.4	27.7	29.7

⑤ロッドコンベアー区表石層の礫含量は小礫で９５．７％→５９．０％→４３．８％となり、夏期の風化による細粒化は認められているものの冬季間と比較するとベースダウンしている。

⑦牧草区では上層、下層とも有意な変化は認められなかった。

⑧無処理区では１１月の礫含量は５月と比べてむしろ若干の増加を示している。これは試験区造成（１．５ｍ×１．５ｍ）の際に極力均等に礫を埋め戻したものの、５月と１１月では発掘の位置が異なるため、埋め戻しのむらが結果に現れたものと考えられる。したがって、礫の細粒化がおきていたとしても、その減少量は埋め戻しのむらに隠されてしまうほど小さかったものと推察される。この点は⑦区でも同様である。

以上のように夏期の風化による細粒化は冬季と比べてかなり少なかったものと考えられる。

4）施工方法の検討

施工方法は一次造成後の耕土層の礫含量、礫質、作付計画と整備水準の目標、工事費など諸般の要素を考慮して検討する必要がある。

第1年目の試験結果から、農家への引渡しを一冬越冬後の春に行う場合について以下に検討する。

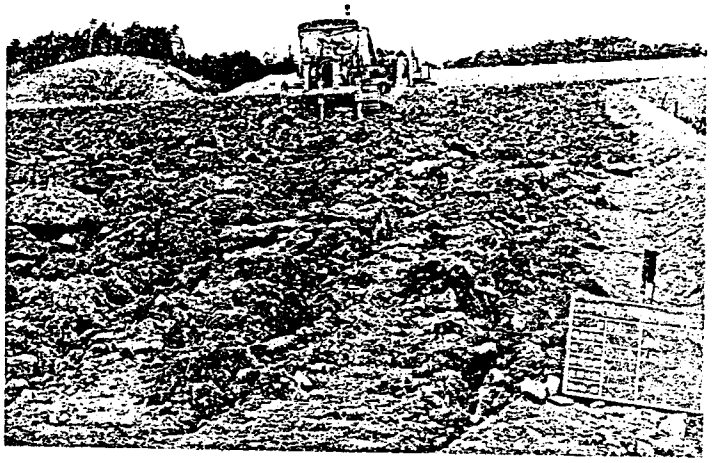
まず、礫含量がもともと少ない場合は現工法（③ハロー）で対応できよう。この場合、仮に引渡し時点の目標礫含量を重量比で１０％（容積比で８％）程度とし、③区の礫減率３０％を参考に越冬前の礫含量を逆算すると１４～１５％となる。

次に、礫含量がより多い場合は冬季にリッパー、レーキを攪乱し、引渡し直前にハローがけする方法が有効と考えられる。

さらに礫含量が多い場合は、ロッドコンベア（ストンアッパー）によって礫を地表面に徹出し、凍結・融解の作用を最大限活用する。春期の状況にって、そのまま目標に達する場合も考えられるが、不十分な場合はストンクラッシャーまたはハローによって石砕する方法が考えられる。

上記の各工法はロッドコンベアー方式を除けば、耕土下層中にどうしても礫が残りこれが細粒化しにくいという問題が残る。これら各種の施工法については、二冬越冬後に行われる調査結果を踏まえてさらに検討を深めることとしている。

風化促進のため耕起作業（吉高工区）



本事業所としては、中間報告の結果を受けて、昭和６２年度農地造成工事に工法を採用し、工費の面から基盤造成後リッパードーザーにより耕起を行ない石礫を表面に露出させて風化の促進を図っており、その結果を注目しているところである。

沼の倉地区県営農地開発事業について

新第三系強酸性硫酸塩土壌地帯の開畑

山形県山形平野土地改良事務所
丸山　修

§1. はじめに

沼の倉地区農地開発事業は県営事業として、昭和56年度から昭和62年度まで総事業費9億4千万円と7年の歳月をへて完成した事業である。

近年重土木機械の発達に伴い、従前は利用されなかった比較的かたい岩層の直接破砕や大規模な運土が可能となり、農地開発工法においても改良山成が一般的工法となっている。また開発の奥地化も進み、中山間地帯の開発も盛んに行なわれるようになった。

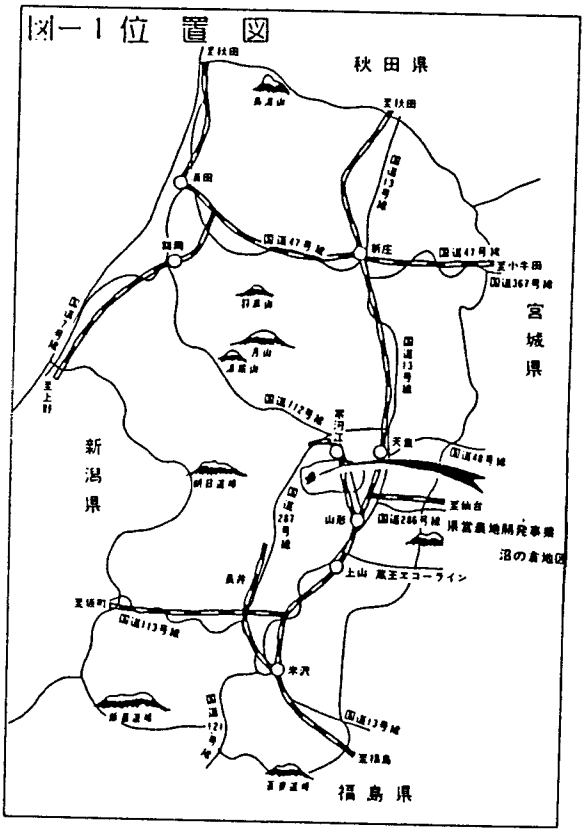
沼の倉地区も典形的な中山間地帯であり、こうした農業土木の技術の進歩が開発を可能にしたと考えられる。

一方こうした開発の中で従来は長期の自然風化により作物生育の場となる土壌が、短時間の中でその役割をはたさざるを得なくなってきている。このため未熟土壌として母材の持つ理化学的特性が直接作物に反映し、作物生育の劣勢等の問題が発生している。

沼の倉においても造成された農地の一部に新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌の被害が発生した。私たち現場担当者はもとより、受益者にとってもこの問題の処理は大変重要な事であった。本報においては現場担当者の立場から沼の倉地区の概要並びに問題解決に向けての事例を報告する。

§2、沼の倉地区の概況

沼の倉地区は山形県のほぼ中央部中山町西部に位置し出羽丘陵地帯の一角にあり、標高300m前後の中山間地帯である。



図－1 位置図

中山町の農業形態は水田はもとより、畑地も多く県下でも集約型栽培が多く行われている地域である。特に果樹の生産では県を代表する地帯である。しかし、一方では山形市に隣接するため都市的開発が進み、優良農地の減少や農地の資産的保有傾向が強まり、農家の経営規模拡大を進めることが困難な状況にあった。

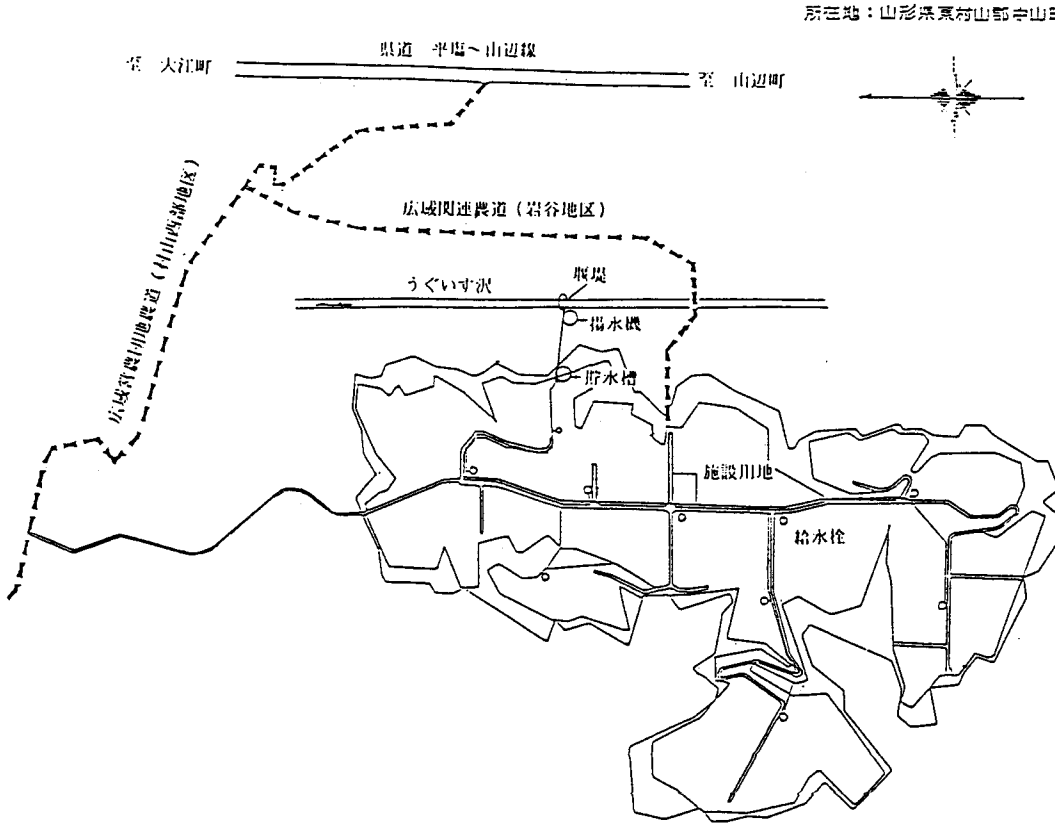
このような時期に農林水産省直轄事業として、広域農業開発基本調査事業（奥羽中部地域）、国営総合農地開発調査事業（山形西部地区）があいついで実施され、地域農業の振興方策として農地開発事業の重要性が認識された。

中山町においても地域農業の振興策として農業経営の規模拡大安定した自立農業経営の確立は重要な施策であり、これらの諸情勢があいまって沼の倉地区農地開発事業が実現した。

§3、事業の概要

本事業は上記の目的とする、地区面積６４、４ha・造成面積４４、４ha・受益戸数１４戸、１戸当り平均配分面積３、２haの農地開発事業である。

図－２県営農地開発事業　沼の倉地区



主要工事としては、開畑工（改良山成）４４．４ha・土壌改良（炭カル２、８２t/ha・重焼燐０、６６t/ha・堆肥４０、０t/ha）３８、１ha・道路工５９１８m（幹線道路９８２m・支線道路３１９８m・取付道路１０１８m）・排水路工（BF）８９８２m（支線排水路１５３４m・承排水路７４４８m）・防除用水工（揚水機１台×４０m/m×１１KW・パイプライン２６３２m・貯水槽１基）・防災施設工（ネット柵工．法面保護工）である．

開畑工においては造成後の傾斜６度程度、１区画約２、０haで

あり、切土量は1,200,000㎥に及んでいる。又防除用水は地区東側のうぐいす沢よりポンプアップし、貯水槽より自然流下方式で各団地へ配水される。

2）用地概要

中山町の山間地帯は昭和51年度までに全て国土調査事業（地籍調査）が完了し、所有形態・面積・地形等が一定の精度で把握出来る状況にあった。

表－1

地区面積 A	Aの事業前土地所有内訳 （ha）					Aの土地調達方法 （ha）			
	個人	開拓財産	国有林	公有地	共有地	個人	公社	相対売買	権利設定
64.4	58.8			2.1	3.5	1.9	51.8	6.8	1.8

沼の倉地区の従前の土地所有形態は表－1に示すとおり大部分が個人所有の水田・原野・山林であるが、受益者所有地はわずか1.9haである。個人所有地の内51.8haについては、山形県農地管理公社による農地所有合理化促進特別事業として昭和56年に1億7千8百万円で取得し、また沼の倉りんご組合においても同年未墾地取得資金により6.8haを3千5百万円で取得している。

§4．営農計画

農地開発事業において導入作物の決定は事業成否の大きな要因を構成すると考えられる。収益性の高い作物を導入することは所得の向上と経営改善に結びつき、ひいては地域農業並びに地域経済の発展に大きく寄与するものである。しかし、単に収益性が高

いからとして、地域の気候・特性を無視した作物を導入することは危険である。

表－2　中山町における農作物の作付面積・収穫量

年次	稲		いも類		豆類		野菜		果樹		工芸農作物		計	
	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量
昭和60年	ha 682	t 4,140	ha 4	t 96	ha 30	t 48	ha 72	t 1,589	ha 370	t 6,458	ha 8	t 20	ha 1,166	t 12,351

表－3　中山町における果樹の作付面積・収穫量

年次	りんご		もも		おうとう		すもも		ぶどう		その他		計	
	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量	作付面積	収穫量
昭和60年	ha 188	t 4,140	ha 34	t 570	ha 41	t 440	ha 28	t 350	ha 29	t 320	ha 50	t 638	ha 370	t 6,458

表－4　中山町における農業粗生産額

年次	米	麦・雑穀 豆類	いも類	野菜	果実	花き・工芸種苗	畜産	計
昭和60年	百万円 1,359	百万円 20	百万円 5	百万円 148	百万円 1,455	百万円 139	百万円 693	百万円 3,819

中山町は果樹生産の盛んな地域であり昭和52年度に果樹濃密生産団地に指定されている。昭和60年を例にとると表－2～表－4に示すとおり、果樹作付面積は総作付面積の32%・生産量は52%を占めている。特にりんごは果樹の中でも大きな割合を占めている。このように中山町は果樹、特にりんごの生産が非常に盛んであり、中山町農業振興計画の拡大品物に指定されている。

また、沼の倉地区を含む出羽丘陵一帯の気候も内陸性気候を有し、寒暖の差が適度にあり、土壌的にもりんごの栽培に適しており、良質なりんごが生産されている。

以上のような条件を考慮し導入作物は「りんご」に決定された。

2）土地利用状況と生産計画

造成地は全てりんご畑として昭和52年より計画的に植栽が行

なわれた。植栽されたりんごの収穫は昭和62年より始まるが、生産量のピーク時（昭和79年）には12247もの生産量が見込まれ、この生産量は昭和60年の生産量（表－3）の30%にあたり、大巾な生産増につながることになる。

表－5 土地利用計画（地目別） (ha)

現況＼計画	未墾地	水田	普通畑	開墾地	飼料畑	その他	計	植栽面積
水田								
普通畑								
開墾地	42.1	1.0				1.3	44.4	38.1
飼料畑								
道水路	3.7						3.7	
防風林								
附帯地	16.3						16.3	
計	62.1	1.0				1.3	64.4	38.1

表－6 植栽計画

果樹	植栽面積	内訳			比率
		普通	ワイ化	計	
	ha	ha	ha	ha	%
ふじ	12.00	9.40	2.60	12.00	31
つがる	10.00	10.00		10.00	26
千秋	1.75	1.75		1.75	5
王林	5.00	5.00		5.00	13
ジョナゴールド	1.75	1.75		1.75	5
その他	7.60	7.60		7.60	20
計	38.10	35.50	2.60	38.10	

3）他事業との一体化

沼の倉地区は単に農地開発事業のみならず他事業とも一体となった開発事業である。図－2に示すとおり生産物の流通に欠くことの出来ない道路網は、広域営農団地農道整備事業や関連農道整備事業と有機的に配置されている。また構造改善事業も積極的に取込み大型機械・防除機の導入や農機具格納庫・管理休養施設の整備など、経営の近代化・労働力の省力化に取込み生産性の向上を図っている。

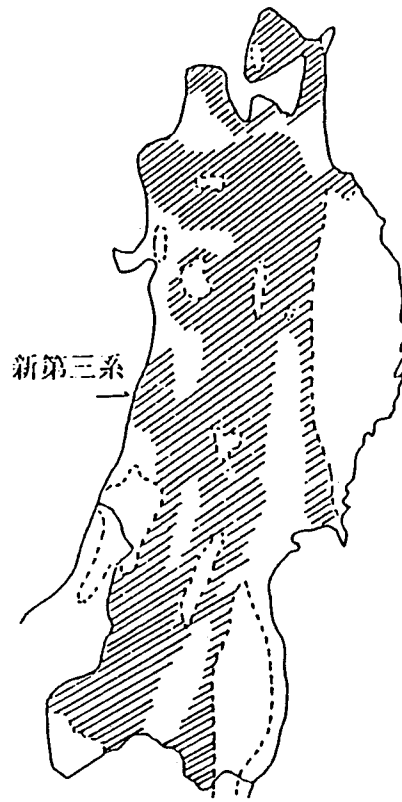
§5．新第三系強酸性硫酸塩土壌地帯の開畑

1）沼の倉地区の地質及び土壌

「山形県の土地分類」によれば山形県の地質構成は、古生界並びに中生界を基盤とし新第三系および第四系を主体としている。新第三系は半固結・固結堆積物および火山性岩石より構成され、

出羽丘陵・奥羽脊梁山脈の周縁等に厚く発達し分布している。第四系は那須火山帯・鳥海火山帯に含まれ火山山麓を構成し広く新第三系を覆っている一方、未固結・固結堆積物は庄内平野・内陸盆地の平野等に広く分布している。

図－3　東北地方における新第三系の分布



沼の倉地区は出羽丘陵の一角にあり新第三系の地層に属し、固結堆積物として砂岩・珪質泥岩，火山性岩石として塊状軽石凝灰岩より構成され，第四系未固結堆積物が一部分を覆っている。本地区周辺の地質層序を示すと表－7のとおりであり，これらの地層が整合に重っている。

表－7　沼の倉地区周辺の地質層序

時代		地層名	岩質	備考
第四紀		段丘堆積物	礫・砂および粘土	洪積堆積物
新第三紀	鮮新世	稲沢山累層	砂岩	
	中新世	大谷累層	塊状軽石凝灰岩	
		葛沢累層	珪質泥岩	
白亜紀		基層岩盤	花崗岩	

土壌分類としては淡色黒ボク土壌・褐色森林土壌・乾性褐色森林土壌が分布している。これら土壌網説は表－8に示すとおりで

表－8　沼の倉地区土壌細説

土壌群	土壌統群	田岩	時代	備考
黒ボク土	淡色黒ボク土壌	非固結火成岩	洪積紀	出羽丘陵北東部の一部に分布
褐色森林土	乾性褐色森林土壌	泥岩・砂岩	新第三紀	
	褐色森林土壌			

2）新第三系堆積岩と強酸性硫酸塩土壌

酸性土壌を形成する主因は、母材の中にある硫黄の酸化により発生する硫酸によることが考えられるが、その硫黄の存在形態としての硫化鉱物はパイライト（黄鉄鉱FeS_2）であることは確認されている。

元来新第三系堆積岩は、長期の自然風化の過程を経て土壌化し植物生育の場になっている。この土壌は林野等の土壌として広く分布し、農耕地としては果樹地等で一部利用されているにすぎない。新第三系は自然風化速度がおそく、かつ浅耕土をなしているのが通例であり、作土直下にややかたい新第三系岩が存在することが多い。この岩は堅硬性なため人力中心の稼働力では直接破砕は困難である。

しかし、近年の重土木機械の発達に伴い、機械による直接破砕が可能となり、耕地化が容易になった。このことは自然風化の過程を経ない未熟土壌が作物生育の場となり、理化学的に劣悪な特性が作物に直接反映することになる。

新第三系堆積岩の直接破砕土壌化による酸性硫酸塩土壌の酸性度は非常に大きく、農作物への被害も極めて大きいことが確認さ

れている。

酸性土壌とは国際土壌分類によれば、相当量の硫黄化合物を含み，充分な酸化後、土壌1：水1の懸濁液のPH値が通常3・5以下を示すものを称している。

このことをH_2O_2によるPH測定に置き換えてみると、H_2O_2酸化後1：10懸濁液のPH値が3・5以下を示すものも酸性硫酸塩土壌となりうる対材と考えられる。

3）強酸性硫酸塩土壌の被害状況

沼の倉地区の開畑工事は昭和61年度で完了したが、酸性土壌による被害は昭和61年秋に発生した。

昭和59・60年度に開畑工・昭和61年春に土壌改良を施工した地区の一部に、畑面保全として播種した牧草の生育不良（一部枯死）が生じた。このため山形農業改良普及所の協力を得、付近一帯の土壌調査を行った。この結果は表－9に示すとおりである。

表－9　酸性土壌試料に伴うP・H測定値　9圃地（クローバー等の生育不良の調査）

資料番号	1		2		3		4		5		6		
採取深度	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	
P・H値 (H_2O)	3.05	3.38	3.27	3.55	3.89	4.45	3.73	4.56	6.07	6.73	5.51	4.74	1～2：草の生育不良地の試料 3～4：草の生育良・不良地境の試料 5～6：草の生育良好地の試料
P・H値 (H_2O_2)	2.55	2.79	2.69	3.20	2.99	4.07	3.00	4.39	5.25	5.50	4.62	4.24	

牧草生育不良地における土壌PH（H_2O_2）値は3・5以下と極めて低い値を示している。

これと平行して岩石試料の構成元素の分析を山形県工業試験所に依頼した。分析結果は表－10に示すとおりであり、Fe並びに

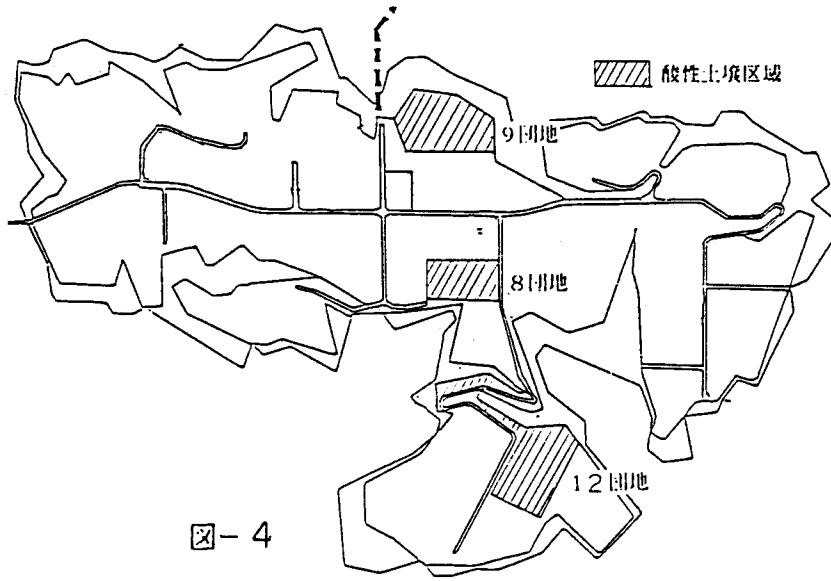
Sの存在が判明した（量的分析は行なわなかった）。

表－10　岩石定性分析結果

	多　量	少　量	微　量
1	Al, Si, S, K, Ca, Zr, Fe,	Mg, Ba, Y, Sr, Rb, Zn, Ti,	Na, P, Cl, Nb, Pb, Ga, Cu, Ni, Ma
2	Al, Si, S, K, Ca, Zr, Fe,	Na, Mg, Ba, Y, Sr, Rb, Zn, Ti,	P, Cl, Pb, Ga, cu, Ni, Mn,
3	Al, Si, S, K, Ca, zr, Fe,	Mg, Y, Sr, Rb, Ti,	Na, P, Cl, Ba, pb, Ga, Cu, Ni, Mn,
	10KCPS以上 （約1%以上）	1～10KCPS （約0.1 ～1%程度）	1KCPS未満

以上の調査結果より，牧草の生育不良がパイライトに由来する強酸性硫酸塩土壌が原因であると判断した。

パイライトの存在が確認されたことにより地区全体の調査・点検の必要が生じ、再度普及所の協力を求め実施した。実施方法は全地区PH測定を行なうには云く時間もかかるため、土壌改良未施工地域についてはPH測定を実施し、植栽並びに牧草播種地域については苗木の生育・牧草の生育状態並びに畑地・法面の土質等を目視により調査した。



図－4

この調査結果を整理すると図－4に示すとおり，パイライトを含む母岩が本地区中央部を東西にかつ帯状に分布し、切土畑面地域では畑面下に母岩が存在すると考えられる．

次にこの調査を基にパイライト母岩の分布状態並に酸性土壌汚染の広がりを調査した。この調査方法は各団地を0、6～1、0m程度掘削し地層断面並びに試料採取によるPH値の調査である．これらの調査結果を整理すると次のとおりとなる。

○地層断面調査

(1)畑面下にパイライトの母岩が露出し層状に分布している。（9団地）

(2)畑面下深部にパイライトの母岩が層状に存在するらしいが、パイライトを含む母岩が土量移動時に礫状に混在した状態。（8・12団地）

○PH測定値

PH測定値は表－11に示すとおりである．（但し9団地においては掘削断面によりパイライトの存在が明らかな地点については試料採取によるPH測定は行なわなかった。）

表－11
（1）8団地（掘削による調査）

試料番号	1		2		3		4	
採取深cm	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60
P・H値 (H,O)	4.90	3.85	5.10	4.10	4.90	5.65	5.00	4.30
P・H値 (H,O,)	3.30	3.35	3.65	3.00	4.05	6.50	5.10	4.75

（2）9団地（掘削による調査，周辺部のみ調査）

試料番号	1			2			4			5			6			7		
採取深cm	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	40～60	90～100
P・H値 (H, O)	5.35	5.05	5.15	4.80	4.90	5.45	6.45	6.85	6.90	4.05	4.00	4.15	3.60	4.55	5.30	5.15	5.70	5.80
P・H値 (H, O,)	5.30	5.55	4.95	4.35	4.65	5.60	6.15	5.50	5.55	3.50	3.25	3.40	2.60	3.80	5.45	3.25	2.90	5.00
試料番号	8			9			10			11			12					
採取深cm	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	45～60	90～100	0～15	40～60	90～100
P・H値 (H, O)	5.65	6.30	6.25	4.15	4.90	5.40	5.75	6.65	6.60	4.75	5.00	4.85	5.10	5.05	5.60			
P・H値 (H, O,)	5.55	7.70	5.82	3.75	6.25	7.05	7.00	5.60	8.05	4.20	3.80	4.15	4.15	3.35	4.85			

（3）12団地（掘削による調査）

試料番号	1		2		3		4		5		6	
採取深cm	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60
P・H値 (H, O)	4.20	4.60	4.40	4.90	4.45	5.50	6.50	5.90	4.00	5.95	5.85	5.05
P・H値 (H, O,)	3.20	3.70	3.30	6.00	3.40	5.90	6.10	6.75	3.60	3.00	3.40	3.10
試料番号	7		8		9		10		11		12	
採取深cm	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60	0～15	45～60
P・H値 (H, O)	4.60	4.90	4.35	5.10	4.05	4.45	4.00	4.90	6.30	5.75	4.30	4.70
P・H値 (H, O,)	3.60	4.40	3.65	5.45	3.20	3.20	3.20	3.25	3.50	3.70	3.60	3.60

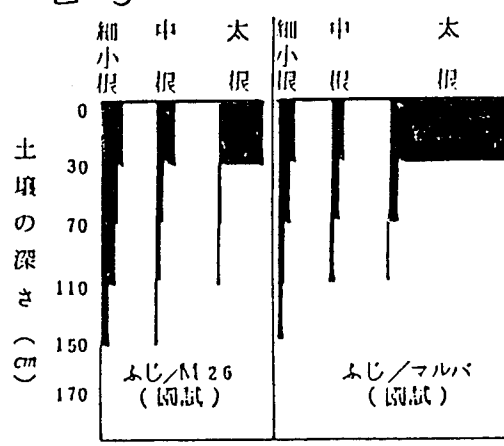
PH値で判断すれば，各団地のH₂O₂PH値が3．5以下を示す地点があり、この地点は地層断面によるパイライトの存在とある程度一致するものであった。

以上の調査結果より、強酸性硫酸塩土壌の改良面積を2、4haとした。

4）改良計画

酸性土壌の改良を計画するにあたり一番苦慮した点は、導入作物と工事費の関係である。健全な土壌におけるりんご根群は図－5でも分るように1、0m以上におよび、か

図－5



りんごの根群分布調査（山形園試）

つりんごの生産力を支えるのは下層まで分布する細根である。このことはりんごの生育を考慮した場合1.0m程度の改良が必要となり、これに伴い多額の工事費が必要となる。先に述べたとおり本地区の受益戸数は14戸と少なく、工事費の増に伴う多額の負担を強いるのは困難であり、まして汚染団地の所有者3戸への負担増はさらに困難である。

この問題は単に工事上の問題だけでなく、今後の営農とも深く関係する問題であり、工事、営農の両面より解決すべき事である。このため受益者を含め関係機関（中山町・県農業技術課・山形農業改良普及所・農協）と協議を行った。その中で合意された点は次のとおりである。

(1)受益者にとって経済的であり、かつ生産基盤としてある程度良質な畑に改良する。

(2)受益者は土づくりの一環として、今後も継続的に土壌改良を施す。

(3)普及所・農協ともりんご栽培については十分な指導を行う。

これらの合意を踏えて具体的な改良計画を検討した。

○工法の決定

改良工法としては次の工法が考えられる。

(i)石灰投入　(ii)置換工法　(iii)覆土工法　である。

(i)については酸性土壌PHをりんご生育に適した改良目標値PH（6.0）に引上げるためには、多量の石灰を

投入することとなり、石灰過剰症など新たな問題が発生するおそれがあり現実的ではない。

(ii)については(iii)に比べ扱い土量が多く、また酸性土壌の捨場にも制約を受ける。

以上の事より覆土工法を採用することとした。

○覆土厚の決定

りんご根群より1m程度の盛土が必要とされるが、受益者自体の営農努力としての土壌改良の実施並びに工事費の抑制を考慮し有効土層厚を0、8mとした。

○現況表層処理

各団地におけるPH値を検討し炭カルによる表層処理を施工し改良深は20cmとした。投入量はH2OPH値を基に決定した。またパイライトの分布状態よりパイライトが混在した団地については、表層処理厚も有効土層に加えることとした。

○土取場

覆土に伴う土取場は地区内付帯地を利用し工事費の軽減を図る。

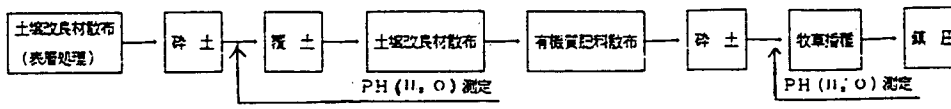
以上のような改良計画を立てた。これらの改良計画を整理すると表ー12のようになる。

表－１２　強酸性硫酸塩土壌改良計画

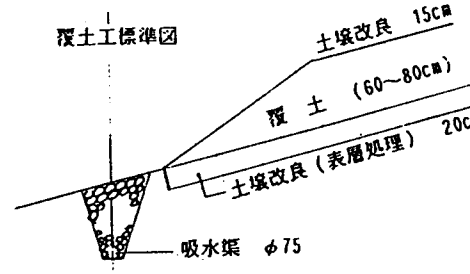
団地名	面　積	分布状態	改良計画 表層処理厚	客土厚	有効土層厚	覆　土　量	備　考
8団地	ha 0.5	点　在	cm 20	cm 60	cm 80	m³ 3,000	
9団地	ha 1.1	厚　層	cm 20	cm 80	cm 80	m³ 8,800	
12団地	ha 0.8	点　在	cm 20	cm 60	cm 80	m³ 4,800	

5）施工

施工工程は次に示すとおりである。



表層処理後のPH値は表－13に示すとおり若干のバラツキはあるものの所定の改良目標値PH6をほぼ満足している。また表－14は覆土完了後のPH値でありこちらの値も同様である。



表－１３　表層処理後PH（H₂O）値と炭カル投入量

団地名	表層処理後 PH（H₂O）	炭カル投入量	備　考
8団地	5.81～6.22	350 kg/10a	
9団地	5.87～6.28	1,510 kg/10a	
12団地	5.76～6.24	940 kg/10a	

表－１４　覆土完了後PH（H₂O）値

	PH（H₂O）	備　考
8団地	5.86～6.10	
9団地	5.91～6.13	
12団地	5.85～6.10	

施工において一番危惧した点は地区内に土取場を設けたため地山の中にパイライトを含む母岩が出現することであった。法面における地層断面およびPH

値の測定の調査は行っていたが、多量の土を切出すためパイライト母岩の出現の可能性は多分にあると考えられた。施工あたりこの点については、施工業者とも充分な打ち合わせを行い工事に着手した。土取場からも一部転石状のパイライト母岩が発生する事態となったが、これらについては排除し所定の土量の確保を図ることが出来た。

§6．おわりに

沼の倉地区における強酸性硫酸塩土壌の発生から処理までの経過を報告しましたが、本地区で行なわれた解決方法はかならずしも完全な方法ではなく、多くの問題を残しつつ事業が完了した面もあります。

ただ新第三系堆積岩の地域を開発する場合、パイライトに由来する強酸性硫酸塩土壌の発生が起り得る可能性が多分にあり、今回の報告が皆様方のお役に立てば幸いです。

〈参考文献〉

1）佐々木信夫；新第三系強酸性硫酸塩土壌に関する研究－岩手県立農業試験場研究報告第20号 P23～P54（1977）

2）松本聰　；酸性硫酸塩土壌－農業土木学会誌56（10）（1988）

3）土地改良事業設計基準　計画　農地開発（開畑）

4）山形県農林水産統計年報－（昭和60～61年）

5）土地分類図（山形県）－（昭和48年）

6）土地分類基本調査（荒砥－（1984年）

特殊土と地力

農業土木試験場
岩田　進午

"土壌の肥沃度（地力）とは，作物が必要とするときに，養分と水を満足するだけ与えることのできる能力である（ウイリヤムス）"

1．はじめに

私たち農業に関係するものにとって，地力（肥沃度）はごく耳なれた言葉である。一般に，地力とは，よい品質の作物を多量に生産しうる土の能力とされている。では，"どのようにして地力を測定するのか？"と問われると，はたと回答につまってしまう。品質の良い作物の多量の生産を保証する条件は，多様であるからである。"水はけがよい"，"水もちがよい"，"養分を保持する能力が高い"などは，その条件の一つである。以下，まず，地力を支配する主要な要因を簡単に説明し，ついで，その条件に照らして，特殊土―火山灰土，マサ土，重粘土―の地力の評価を試みてみよう。

2．高収量を保証する条件

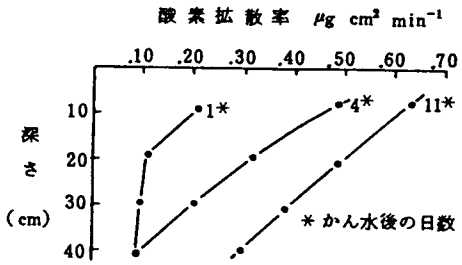
ここでは，高収量を保証する条件についてのみ触れる。好品質を保証する条件は，まだ十分に明らかにされていない部分が多いからである。高収量を保証する土とは，換言すれば，その作物の

必要なときに水，空気，養分を与えうるとともに，旱ばつ：冷害・病気などに強い植物を育てる能力をも兼ね備える土である。これらの条件は，物理的・化学的・微生物的条件に大別される。

(1) 植物にとって物理的によい土とは？

1) 畑における作物と水のかかわり

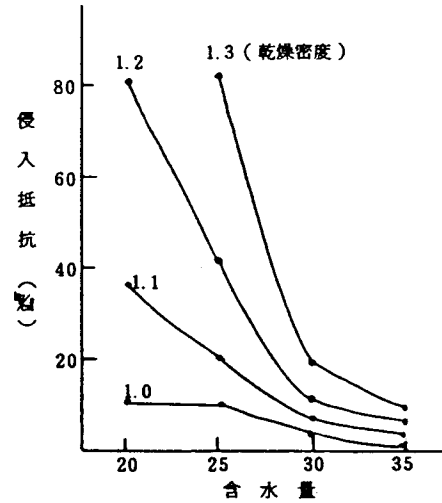
水は，植物にとって光合成反応の材料であるとともに，植物体の重要な組成分でもある。加えて，水は植物体の温度調節，体内での物質輸送をもつかさどる。そのような意味で，水は植物にとって不可欠な要素である。一方，呼吸をいとなむ植物の根にとって，酸素も必須な物質である。しかし，土中に水が豊かにあることと，酸素の供給とは相反する面をもっている。水が多量に存在するときには，空気間隙の連続性が断ち切られるからである。図－1をみていただきたい。この図は，かん水後の日数とその深さごとの酸素拡散率との関係を示したものである（Stolzy and Letey，1964）。一般に根の呼吸にとって必要な酸素拡散率は，0.2 μg/cm²·min 以上であることが知られている。かん水後4日たっても，20cm以下の深さの酸素拡散率は，そこに存在する植物の根にとって十分なものでない。水が多量に存在しすぎるためである。



図－1 かん水後の日数と深さごとの酸素拡散率
（Stolzy and Letey, 1964）

一方，土の力学的抵抗性も植物にとって重要な物理的要因である。それは，発芽率や根の伸長の難易を規定する。図－2に示さ

れているように，土の貫入抵抗は，乾燥密度が大きいほど，そして同一の乾燥密度をもつ土では水分量が減少するにつれて急速に増加する。一般に，山中式硬度計による硬度が，20～22 mm になると根の生育が疎害されると言われている（三好，1972）。表－1は，ミカン根の伸長の難易と土の物理性の関係を示す。土によっては，乾燥密度が1.2前後でも，根の伸長が抑制されることを示している（古賀，1972）。



図－2 含水量と侵入抵抗の関係（長谷川，1978）

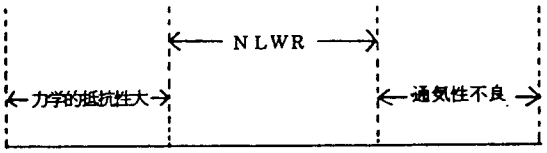
表－1 ミカン根の伸長の難易と土の物理性（古賀，1972）

地質母岩（土性）	根の伸長の抑制限界			根の伸長の絶対限界		
	仮比重	固相率(%)	透水係数(cm/sec)	仮比重	固相率(%)	透水係数(cm/sec)
花崗岩（SL）	1.5	55	2×10^{-3}	1.7	65	9×10^{-5}
和泉砂岩（SL～SCL）	1.2	45	2×10^{-3}	1.4	52	9×10^{-5}
安山岩（SiC～LiC）	1.3	48	2×10^{-3}	1.5	55	7×10^{-5}

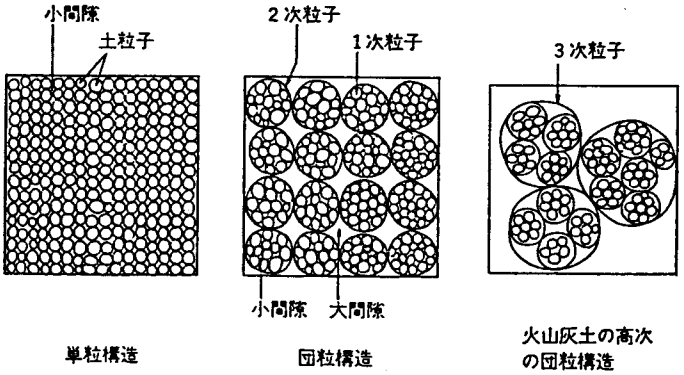
2）植物にとって理想的な土，団粒土

上述のように，植物にとって物理的によい土とは，水もち・水はけがよく，かつ，硬度あるいは乾燥密度が大きくない土と言える。そこで，物理的良い土の指標として，"Non－limiting water range（NLWR）"なる概念が提出されている（Letey，1985）。こ

の概念は，図－３に示すように，植物生育にとって通気性（酸素拡散率）および力学的抵抗性が阻害要因として働く水分領域を除いた水分領域の幅を示す。この幅の大きい土ほど水管理が容易であるということもできる。この条件を十分に満すことのできる土は，団粒構造をもつ土である。図－４に示されている図を見れば容易に理解できるように，団粒土は，水を容易に排水し，かつ根の伸長通路となる比較的大きい径をもつ団粒間間隙と，水の保持に有利な比較的小さい径の団粒間間隙をあわせもつからである。もちろん，団粒土の乾燥密度や硬さは，一般にごく小さい。なお，団粒構造の土をつくりあげるためには，堆厩肥の投入や牧草の導入が効果的である。



図－３　NLWRの模式的説明図



図－４　単粒構造と団粒構造

(2)　植物にとって化学的によい土とは？

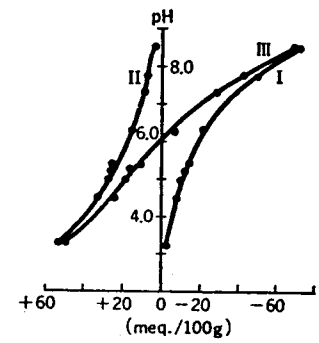
化学肥料の普及と作物生理学の発展により，戦後追肥技術が大きく進歩した。作物が要求する時期に，必要な養分を与えることが，かなりの程度できるようになったのである。水耕栽培において，この技術が最も有効に発揮される。しかし，ここでは，この

問題には触れずに，土自身がもつ養分保持能力・養分供給力を中心に話を進める。

1）養分保持能力の高い土

砂に大量の肥料を施用しても，降雨があると容易に下方に流亡してしまう。砂には，養分保持能力がないからである。これに反して，粘土や腐植を多量に含む土の養分保持能力は高い。植物の養分は，水の中ではイオンとして存在している（例えば，K^+，NH_4^+，PO_4^{-3}）。粘土や腐植が養分保持能力をもつのは，これらの物質が荷電をもつためである。

粘土は，2ミクロン（ミクロンは10^{-4}cm）以下の土中の無機物質に名づけられた名前で，結晶性のものと非晶質のものがある。結晶性の粘土鉱物は，2−1型と1−1型に大きく分類される。前者の代表は，水田の浸透抑制に用いられるベントナイト（モンモリロナイト），後者のそれは，陶器の材料であるカオリナイトである。これらの結晶性粘土鉱物では，負の荷電が卓越している。換言すれば，K^+やNH_4^+などの陽イオンの養分を，その表面に保持する。一方，非晶質粘土としては，火山灰土下層土の主要粘土鉱物であるアロフェンがある。アロフェンは，正・負の荷電をもつが，その荷電量は土中水のpHとともに変化する。図−5に示されるように，pHが高くなると負の荷電量が増加し，pHが低下すると正の荷電量が増加する（飯村，1966）。



図−5 アロフェンのpH−荷電曲線.
I：負荷電，II：正荷電，III：I＋II.
（飯村(1966)による）

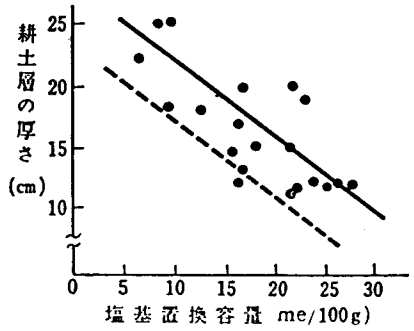
土の荷電量が多いほど，その土の養分保持能力は大きくなる。土の養分保持能力は，土100g中に存在する正または負の荷電数（一価のイオンの電気量を単位としてmeqで示す。$meq = 6 \times 10^{20}$）であらわされ，それぞれ，陰イオン置換容量（AEC），陽イオン置換容量（CEC）と呼ばれている。pH7.0における代表的粘土のCECを表－2に示しておく。これらの荷電によって保持された養分は，土中水中に存在する養分が根によって吸収されると，再び土中水内に放出される。

表－2　粘土のCEC

粘土鉱物	CEC (me/100g)
カオリナイト	2 ～ 10
モンモリロナイト	60 ～ 100
アロフェン	30 ～ 135

CECの高い土ほど，潜在的に，高い化学的肥沃性をもっている。しかし，植物にとって問題なのは，根圏層全体の養分保持能力である。どんなに高いCECをもつ土でも，作土層の厚さがごく薄ければ，植物にとって肥沃な土とは言えない。図－6は，その1例である（青峰，1954）。10アール当り600Kg以上の高収量をうるためには，CECの低い土では，深い作土層の存在が必要である。

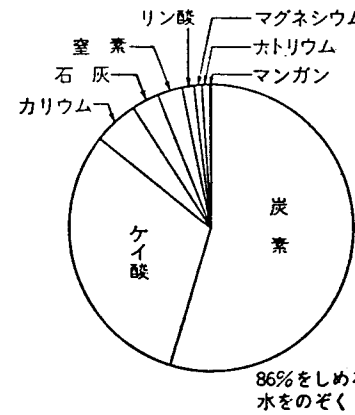
図－6　多収穫水田の耕土の厚さと塩基置換容量（CEC）（青峰）
（玄米収量600kg以上の水田）



2）養分の供給源としての有機物

有機物は，土中の微生物によって分解され，作物の養分を生成する。図－7に，堆厩肥の成分の1例を示す（橋元，1977）。養分の供給源としての有機物が，化学肥料と異なる

ところは，微生物に分解されて除々に養分を放出するところにある。有機物の分解は，土が過湿・過乾な状態では抑制され，土中温度が高くなるにつれてはげしくなる。当然，土の養分保持能力の高い土では，分解によって生じる養分の保持率も高い。なお，有機物は，養分供給のみでなく，CECを高め（腐植は負の荷電をもつ），団粒の形成・土中微生物の数および種の増大をもたらす点で，農業上極めて重要である。



図－7 堆厩肥の成分の1例
（橋元ら，1977）

(3) 病気に強い土とは？

作物の病気を抑制する土の基本的条件の1つは，元気な根・健康な植物を育てることのできる土であることは言うまでもない。上述の物理的・化学的諸条件を満足する土も，この条件をみたしている。そこで，ここでは，今まで触れなかった微生物的条件について述べる。

1）微生物の数と地力

表－3に無肥料区と（三要素＋石灰＋堆厩肥）区の微生物組成を示す。もちろん，作物収量は，無肥料区の方が低い。微生物数も，無肥料区の方が少ない。といって，微生物数が多いほど，その土の地力が高まると断言はできない。地力が高まると，微生物数が増大することも確かであるからである。ただ，微生物数の増大が，地力に何等かのプラスの寄与をなすと考えてもよいのでは

ないだろうか。

表-3 施肥来歴を異にした土壌の微生物構成
(石沢・豊田, 1964)

土名	施肥来歴	pH	細菌 (×10⁵)	放線菌 (×10⁵)	セルローズ分解菌 (×10²)
火山灰土	無肥料	4.3	35.2 (6.5)☆	78.2	13
	三要素+石灰+堆厩肥	5.4	207 (4.6)	128	359
赤黄色土	無肥料	5.4	46.6 (8.6)	14.7	13
	三要素+石灰+堆厩肥	7.1	171 (1.14)	27.5	258

☆( )は嫌気性細菌数

2) 病気を抑制する微生物種の多様性

理由はまだ十分解明されていないが，単純な生態系ほど，爆発的な変化をおこすことが多い。自然の森林の樹木が一度に枯れてしまうことはめったにないのに反し，ある畑の作物が病虫害によって全滅する例は，よく見かけられる。自然の森林は，さまざまな植物からなっているからである。これと同じように，土中にいろいろな微生物が数多く存在することが，病気のまん延をおさえる原因と考えられている。ヘルミントスポリュウムという糸状菌を与えるとコムギは枯れる。殺菌土と無殺菌土の割合を変えてこの菌を加えてやると，発病の程度が変化する。殺菌していない土の量がふえるにしたがって，感染率が低くなる（図-8)。これは，殺菌していない土に存在する微生物が加えた病源菌に対抗するためと考えられる。土中の微生物の社会では多くの種類の微生物が生活しており，それぞれの種のあいだに，助け合い，競争，対抗

などの諸関係が復雑にからみあって存在し，一定のバランスが保たれている。このため，外からの働きかけがないならば，ある特定の生物のみが大繁殖するような事態が生ずることはまれなのである。種の多様性を保証してこそ，生物的な制御の糸が働きうるのである。農薬の多用は，非選択的に病害虫はいうにおよばず，他の昆虫・微生物をも死滅させる。あるレタスの特産地では，くり返し行なわれる土の消毒により，一匹のミミズも発見できないという。ミミズは，ダーウィンも強調しているように土の改良家―団粒土をつくる―である。いずれにしても，土中生物・微生物の単純化は，病気にたいする土の抵抗性を弱める。

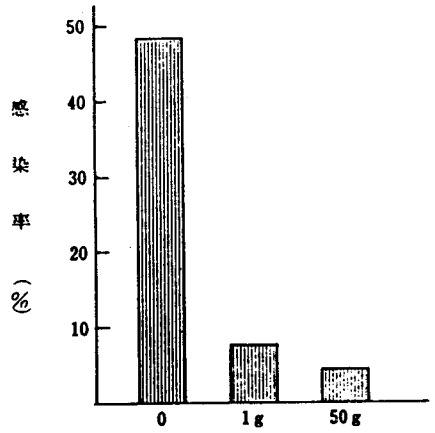


図-8 無殺菌土添加による病原感染率の低下
（Henry，1931の一部を図化）

ここで強調しておかなければならないことは，団粒土こそが，微生物の多様性を保証する土であることである。それは，団粒土が，水はけがよく水もちがよいことに起因している。酸化的な環境と還元的な環境を，微生物にバランスよく提供することのできる土だからである。

3．特殊土とその地力

以上，地力の高い土が持たねばならない諸条件を述べてきた。この基準にもとづいて，特殊土―火山灰土，マサ土，重粘土―の地力を考察してみよう。なお，これらの土の主要な物理・化学性

を表－4に示しておく。

表－4　特殊土の物理・化学性（古賀，1972；川村ら，1972；岩間，1988；庄子，1983より）

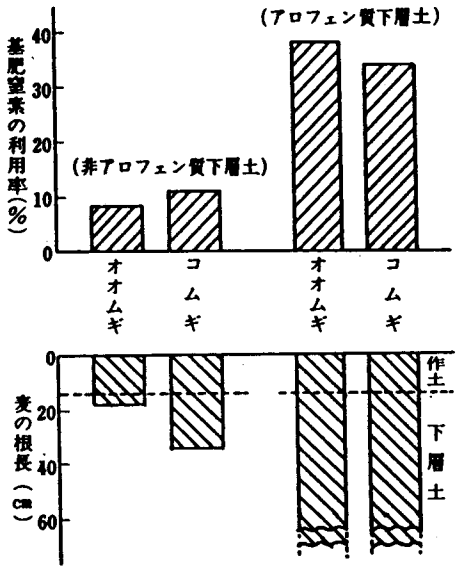
性質＼土名		火山灰土	マサ土	重粘土
主要な粘土鉱物		アロフェン，イモゴライト（年代古いとバイサイト）ただし，東北地方の火山灰土は，2-1型のもの多い。	カオリン鉱物，イライト，バーミュキライト	カオリン鉱物，イライト，バーミュキライト
物理性	仮比重	0.6 ～ 0.8	1.3 ～ 1.8（下層ほど高い）	1.4 ～ 1.8（下層ほど大きい）
	透水係数（cm/sec）	10^{-2} ～ 10^{-3}	10^{-3} ～ 10^{-4}（表層） 10^{-5} ～ 10^{-6}（下層）	10^{-3} ～ 10^{-4}（表層） 10^{-5} ～ 10^{-7}（下層）
	有効水分量（厚さ10cm当り）	30 ～ 50mm	15mm 前後（風化度に依存）	10mm 前後
化学性	CEC（meq/100g）	30 前後	10 ～ 20	15 ～ 30
	有機物含量	極めて大きい（表層） 2 ～ 5％（下層土）	1 ～ 3％（表層土）（下層土極めて少ない）	かなり多量（表層土）（下層土1％以下）
	pH	5 ～ 6 ただし，東北地方の火山灰土は，5以下のもの多い。	5 前後	5 前後

(1)　火山灰土

火山灰土は，岩大工法からも容易に理解されるように，破砕・転圧を行なわない限り，物理的には極めて良好な土である。しかし，化学性についてみると，わが国の多雨条件によってもたらされるpHの低さに加えて，燐酸を強く固定するという劣悪な性質をもっている。これは，火山灰土の主要粘土鉱物がアロフェンであるという事実に加えて，火山灰土は鉄およびアルミニウムの酸化物・水酸化物に富んでいることに起因している。これらの物質は，ともに，pHの低下にともない多量の正荷電を誘発する。この荷電と陰荷電である燐酸との間に静電的結合が生じ，ついで，両者の

間に化学的結合が形成され，燐酸が固く保持されてしまうのである。しかし，酸性や燐酸の固定などの化学的不良要因は，化学肥料の普及により，比較的容易に改善することができるようになった。その意味で，火山灰土は，適切な管理を行なえば，極めて地力の高い土になりうる。

なお，東北地方に広く分布する非アロフェン質火山灰土では，かなり事態が異なるので，特別な配慮が必要とされる。この土は，アロフェン質火山灰土と異なり，酸性障害をひきおこす交換性アルミニウムを多量に含むからである（図－9）。

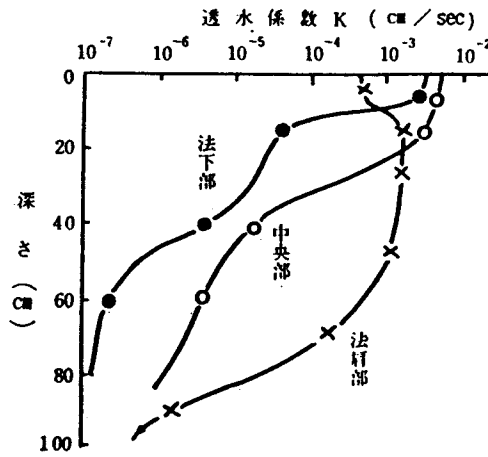


図－9　火山灰土下層の粘土鉱物組成とムギ類の根の伸長および基肥窒素利用率の関係(三枝・庄子未発表)
アロフェン質下層はアロフェン・イモゴライトを多く含み，弱酸性。非アロフェン質下層は2：1型粘土鉱物を多く含み，塩基飽和度が低く，強酸性。

(2)　マサ土

マサ土の最大の問題点は，その物理性にある。仮比重が大きく，根の伸長の阻害要因となる。ことに，下層土のそれは1.8にも達するものもあり，根が全く伸長できない。当然，透水係数も極めて低く，過乾・過湿の原因となる。加えて，粒子は，物理的作用に対し極めて不安定であるため，機械の走行などにより，粒子が容易に破砕され，仮比重および透水性が著しく低下する。この点，造成時には，とくに十分な配慮が必要である。造成にともなう透

水係数の変化の1例を，図－10に示す。なお，マサ土の微細粒子は，土が飽和に近いと，流れにともなって流亡し特定の場所に集積し，不透水層を形成することが多い。



図－10　テラス畑の部位と土壌の透水性

マサ土のCECは，10～20 me/100gと，あまり大きくない。そのため，有機物の投入などにより，CECを高めることが必要である。もちろん，石灰などを投与して，pHを高めることも行なわねばならない。

(3)　重粘土

重粘土の最大の問題も，その物理性にある。仮比重が大きく，しかも，下層に行くほどその値が増加する。したがって，深さ1m以内の浅い位置に不透水層が形成されている。その結果，根の伸長が抑制されるだけでなく，乾害と湿害が生じ易い土でもある。降雨があると膨軟になり地耐力の低下が著しい。乾燥すると固結する。有効水分量も極めて小さい。また，保水機能の大部分が表土に集中しているので，過剰水が発生し易い。発生した過剰水は，縦の亀裂を伝って不透水層に達し停滞もしくは勾配に沿って側方移動する。そのため，平坦面あるいは斜面下半部に過湿地を形成しがちである。いうなれば，極めて取り扱いが難かしい土である。これらの劣悪な物理性を改良するため，一般に，明・暗渠の設置，

心土破砕などの補助暗渠，深耕，有機物の投入，砂客土などが行なわれている。

重粘土は，耕作や造成時の踏圧や粘り直しにより，その物理性が著しく悪化される。下層土の表層土への混入は，この傾向をさらに強める。物理性の悪化を生じさせないためには，適当な水分状態で，耕作や造成を行なう必要がある。その水分状態は，塑性限界より多水分側の塑性流動を示す水分量と一軸圧縮試験の強度が，4～5 Kg/cm² の値を示す水分量の間の領域であるとされている。なお，造成や深耕などにより，乾燥履歴をうけたことのない下層土が表面に顔を出して乾燥させられると，降雨などによりはげしいスレーキングをおこすので注意をする必要がある。

4. おわりに

農業土木技術者は，一般に，地力に関心をもたない人が多い。しかし，わたしたちが造成するのは農地であり，作物生育の場である。つねにこの点を留意することが，わたしたちにとって極めて大切なことでないだろうか。

引用文献

1) 青峰重範，土肥誌 25（1954）.

2) 橋元秀教，有機物施用の理論と応用，農文協（1977）.

3) 飯村康二，農技研報 B 17（1968）.

4) 石沢修一・豊田広三，農技研報告 B 14（1964）.

5) 岩間秀矩，北農試報告 150（1988）.

6) 川村秋男・古賀汎・山崎清功・氏家勉，四国農試報告26 (1973).

7) 古賀汎，四国農試報告25 (1972).

8) 三好洋，土肥誌43 (1972).

9) 庄子貞雄，火山灰土，博友社 (1983).

10) Stolzy and Letey, Advances in Soil Science 1, Spring-Verlag (1984).

第5回国際農地保全会議にみられた世界の動向

農林水産省農業環境技術研究所
久保田　徹

1. はじめに

1988年1月18日から29日までの2週間、タイ国において第5回国際土壌保全会議（国際土壌保全機構ISCOおよびタイ国農業協同組合省農地開発局主催）が開かれた。参加国はアメリカ合衆国、日本、西独、英国、カナダ、豪州、伊、蘭、中国およびアジア、アフリカ開発途上国の計41ケ国、参加者数240名、論文発表数144題という大規模なものであった。主に、世界の指導的土壌学者、土壌保全専門家、各国の農地開発・保全技術者および行政官、大学関係者、農業技術・開発の国際援助機関関係者が集い、「次世代のために農地を如何に保全するか」をめぐってノウハウの交換と討議が行われた。演者はJICA派遣団の一員として参加する機会に恵まれた。以下に会議の内容と農地保全をめぐる最近の動向について述べさせて頂くが、あくまでも個人的感想であり、不十分であることをおことわりしたい。

2. 会議の内容

タイ国チャクリ・シリドーン王女の祝辞によって開会され、5日の会期を11セッションに分けて口頭およびポスターによる発表が行われ、最終日に次期開催国（エチオピア、1989）を決議して

開会した。その後6日間で東北・北タイの土壌侵蝕・農地保全の現況や関係事業を視察するエクスカーションがもたれた。概略は以下の通りである。

セッション I　環境劣化と社会経済的インパクト（土壌資源劣化の現状および対策に関するカントリーレポート）

〃 II　侵蝕評価のためのシステムアナリシス（侵蝕予測式、侵蝕による損失の評価法、国際侵蝕予測式の適用性等）

〃 III　土壌保全と侵蝕データベース（セッション II とほぼ同じ）

〃 IV　土壌水蝕の研究と対策の進歩（営農および事業レベルでの土壌保全試験成果の紹介）

〃 V　土壌風蝕の研究と対策の進歩（風蝕予測法、各国の風蝕の実態と対策）

〃 VI　土壌保全戦略と技術移転［国、地域］（水供給安定化の重要性、農地保全技術移転での土地固有性の考慮）

〃 VII　土壌保全戦略と技術移転［水集成］（アグロフォレストリー等による集水域管理など）

〃 VIII　土壌保全戦略と技術移転［農家圃場レベル］（土地生産力向上の重要性、侵蝕防止のための営農体系など）

〃 IX　土壌保全実施における障害と解決法（土壌保全遂行の手順、土壌保全実施者農民の収益向上と、そのための技術提供の必要性など）

〃 X　土壌保全における土壌調査情報の利用（リモートセ

ンシング利用、図化情報など）

〃 XI "次世代のための"パネルディスカッション（国際農地保全研究所設立の提唱）

エクスカーション視察個所.

イ サラブリ県、酪農振興センター（牧草による農地保全）

ロ ナコンラチャシマ県、農地開発局支所の活動状況（天水農業の改良）.

ハ コンケン県、流去水の小規模溜池による生活・農業利用.

ニ ナムナオ国立公園の維持管理の現況，果樹・花卉・蔬菜農園の農地管理の実態.

ホ タイ中央山地、傾斜地乱開畑の状況とマツ植林の試み

ヘ ピサヌローク県、灌漑局支所、河川分水工による水稲2毛作化事業.

ト ランパン県、チーク植林事業

チ チェンライ県、ブーンラド農園の大規模テラス耕によるビール麦栽培.

リ チェンマイ県、ロイヤルプロジェクト 水源枯渇防止と山岳民族の定着化のための営農法の開発

第5回ISCOの特徴は、①農家または国家として土壌保全を実践せしめるために働きかける有効な手段は何か、 および、②きびしい農業立地条件下の発展途上国において、土壌保全を如何に実践するかを提示することに主眼が置かれた点にある。

①については、土壌侵蝕による損失を科学的、経済的に評価することの重要性，農家から国レベルに至る土壌保全実践プログラムの構築の必要性，土地利用計画への積極的働きかけなどの問題が論議され、また国際農地保全研究所設立についての提案がなされた。　②については、発展途上国の土壌保全の担い手は農民であるとの認識に立って、農民が自から土壌を保全することが収益向上をもたらすことを科学的に示すと同時に農民の収益に寄与できる営農技術を提供することが、とりもなおさず、最も効果的な土壌保全につながるという共通の基調が会議をリードした。

3．土壌・農地保全の最近の動向

1）土壌侵蝕の予測法をめぐって

降雨による土壌侵蝕の予測法としては、これまで米農務省により作成されたUSLE（Universal Soil Loss Equation）があり、世界の各国で使用されて来た。今回の会議では以下の2点でこの予測式の評価がなされた。

USLEは米国で長年に亘って実測された侵蝕のデータを基に統計学的に導かれた経験式であり、土砂流亡 A＝RKSLCP（R降雨係数、K土壌受蝕性係数、S傾斜角度、L斜面長、C作物係数、P保全管理係数）で表わされる。米国で実測された各パラメータの数値が農業立地条件の異なる他地域に移転できるか否かは農地保全関係者の最大の関心事といえる。

第5回ISCOでは、HARPERによってタイでの適用性の

検討結果が報告されたが、R、LS、Cの適用性が悪く、対象地での実測による修正が必要であり、熱帯土壌の侵蝕の予測には不適であった。

一方、ROSEを中心とするオーストラリア・グリフィス大チームの報告はUSLEを支持する内容を含み、注目された。ROSEらは先に侵蝕の物理的過程に立脚したモデル（水蝕を土粒子の土面からの遊離過程と土砂流輸送過程にわけて仕事次元で記述する），GUESSを提唱したが，今回の会議でGUESSのKがUSLEのKとよく一致することが報告された。熱帯主要土壌5目10土壌統（ハワイ）に即して検討されているので、USLEが熱帯圏にも良く適用できることを示唆するものであった。

このような背景もあって、また後に述べるように、侵蝕の土地固有性の問題があるため、第5回ISCOでは侵蝕の物理的過程に焦点を当てた理論的予測式の創出の重要性が多々論議された。関連する報告としては、FOSTERらの土壌硬度パラメータの導入（液性限界での土壌硬度を土壌受蝕性Kの評価に用いる）や、矢沢によるリル侵蝕のモデル化などがあった。

2) 土壌侵蝕の経済的評価

農地保全の施策のためにも、土壌保全に対する国民や全人類の関心を喚起させるためにも、侵蝕が農業内外にもたらす損失を科学的、経済的に評価する意義は大きい。

今回は、侵蝕による地力低減のモデル化に関する報告が3題あった。また、侵蝕評価は単に土砂流亡量にとどまらず、窒素、リ

ンなど養分損失量として数量化されている例が多かった。例えばジムバブエでは年間に農地から窒素160万トン、リン24万トンが消失し、肥料価格で15億ドルの損失に相当する。

FAOの報告（STOCKING，1984）では、1cmの土壌流亡は米国ではトウモロコシ250kg/haの損失であるが、ナイジェリアのある土壌では5800kg/haの損失にもなる。このように、侵蝕の損失は生産力や金額で評価して行く方向にあるが保全技術についてもコストの試算が要請されつゝある。今回は環境汚染等農業外への影響の評価は報告がなかったが、これらも含めて信頼できる評価手法の開発が強く望まれている。

3) 土壌水改善の重要性

天水に依存する熱帯畑作では、干魃に脅かされるので農地管理が粗放になり、侵蝕の素地が作られる。従って土壌水の改善は土壌保全上最も重要であることが中国熱帯・亜熱帯の畑作地帯の事例その他数多く報告された。

スーダンのサバンナ（IITA）では流去水を畝間に溜める方法（tied ridge）によって、トウモロコシ，ミレット，綿が顕著に増収した。また、東北タイでは流去水を小規模な溜池に溜めて乾季の生活用水や野菜園などの灌水に用いることによって農家収益が著しく向上している。作物残渣のマルチは侵蝕防止と土壌水改善に著効をもつが、マレイシアの油ヤシ園，南アフリカ連邦のパイナップル園で，現場で得られる限られた作物残渣資源を如何に有効に使うか，効率的土面被覆法が検討されていた。また、ザンビ

アでは不耕起栽培が土壌水改善を通してトウモロコシ圃の蒸発散を増大させた。オーストラリア・亜熱帯のサトウキビでは刈取残渣のマルチにより土壌水改善によって18%増収し、ヘクタール当り235ドルのトラクター燃費と農薬代の節減できた。

これら営農技術の研究の多くはコストの試算に至っていないが、長期試験で実証されたものであり、農家に無理なく採り入れられる On site technology として高く評価された。

4) 土壌図の活用（図化情報）

国土利用計画や農地開発の行政部局に役立つと思われる侵蝕特性地図が日本とオーストラリアから数題報告された。オーストラリアのものは急速に都市化が進行している3つの都市近郊を対象とした精密土壌地形図であり、気候・土壌・地質・現土地利用の情報が盛り込まれた土地利用分級図である。侵蝕予措の目的の他，居住地域の選定、レクレーション施設・緑地帯の配置など混住地域環境整備計画に資するように、土壌の堆積状態，侵蝕状況、都市化適性、植生適性などが図化情報されているようであった。
我国では徳留により、四国地域の精度の高い土壌侵蝕予察図およびその作成のプロセスが発表されて関心を集めた。

5). 侵蝕の土地固有性と国際土壌保全研究所設立の提唱

土壌侵蝕は気候・土地条件はもとより、営農レベル，教育など社会経済条件にも依存する。従って侵蝕の評価手法や保全対策技術は土地によって固有のものである（Site speciphic）との見方が会議の随所に登場した。例えば、米国の経験式USLEの熱

帯への適用はサイト・スペシフィシティと相容れないものであるし、また、土壌侵蝕の物理的原理に立脚した予測モデルを志向する動きは、サイト・スペシフィシティの障害を克服する努力とも見なされる。

侵蝕評価や保全技術は農業分野の中でも、とりわけ"土地固有性"を認識した上で移転する必要がある。場合によっては土地固有性に根ざした独自のものでなければならない。

一方、同時に、国際共通の侵蝕、保全の原理が存在するのは事実である。発展途上国の要請・支援の面からも国際共通の手法を確立することが必要である。また、専門家の養成や情報交換，普及活動を容易にするために国際用語を整備することも必要である。パネルディスカッションでは、このような機能を果すための国際農地保全研究所の設立の要望が強く打ち出された。

6) その他

個別の成果で注目されたのは、法面の植被定着素材として天然麻と合成高分子網の特性比較試験成績（英），携帯用簡易降雨シミュレータ（蘭）があり、いずれも現場で活用できると思われた。

4. おわりに

本会議には日本から17名が参加し、米国に次ぐ多数参加がなされ、10題の発表により我国の農地保全研究技術が世界に示された。今後我国への関心と期待が高まるものと思われ、ISCOの活動に積極的に関与して行くことが望まれる。

農地保全研究集会　第９回研究集会資料

農地保全の研究　第９号

昭和63年７月25日

編　集・発行者　　農業土木学会農地保全研究部会

〒 997　山形県鶴岡市若葉町１－23

山形大学農学部　農業工学科

ＴＥＬ　0235－23－1521(代表)