

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

# 土 壌 の 物 理 性

第 7 号

「土壌改良剤とその利用」特集号

昭和38年1月

---

御挨拶を兼ねて.....	川口桂三郎.....	1
ベントナイトの土壌改良への利用とその効果.....	沼尾林一郎.....	2
土壌侵食と土壌改良剤.....	国分欣一.....	12
土壌改良剤の性状(1) 合成高分子を除く.....	美園 繁.....	19
土壌改良剤の性状(2) 合成高分子.....	川口桂三郎.....	29
日本農業と土壌改良剤.....	奥田 東.....	42
土壌改良剤による水田および砂丘畑の改良.....	富士岡義一.....	44
Soil conditioner の園芸の利用に関する研究 ——とくにPVAの団粒形成に対する諸条件について——.....	志高 榎中 佐野 山 山 泰春 誠吉 三俊	55
自 由 討 論.....		66

---

土 壌 物 理 研 究 会

京都市左京区北白川 京都大学農学部土壌学研究室内

## 土壤物理研究会会則

- 第1条 本会は土壤物理研究会と称する。
- 第2条 本会は土壤の物理性を中心とする試験研究の発展と農業技術への貢献を図ることを目的とする。
- 第3条 本会はその目的を達成するため次の事業を行なう。
- 1 研究発表会、討論会及び見学会などの開催
  - 2 土壤の物理性 (Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan 会誌という) 並びにその他の印刷物の発行
  - 3 内外の研究、技術の交流及び他の学会、諸団体との協力
  - 4 その他本会の目的を達成するため必要な事業
- 第4条 本会の会員は正会員及び賛助会員の2種とする。
- 第5条 会員は次の会費を所定の期日までに納めるものとする。
- 正会員 年額 300円
- 賛助会員 1口年額 5000円
- 第6条 本会に次の役員をおく。
- 会長1名、副会長1名、評議員若干名及び幹事若干名。役員を選出は総会において行ない、その任期は1年とする。但し再任をきまたげない。
- 第7条 会長は毎年1回以上総会並びに評議員会を召集する。
- 第8条 本会の経費は会費その他の収入をもつてあてる。
- 第9条 本会の会務執行に必要な規定は別に定める。
- 附 本会の事務局は当分の間下記におく(昭和37年6月現在)
- 京都市左京区北白川  
京都大学農学部 土壤学研究室内

## 「土壤の物理性」投稿規定

- (1) 投稿は本会会員に限る。ただし共著者の場合または編集委員会が依頼した場合はこの限りでない。
- (2) 原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は要すれば文章の加除修正を行なう。ただし内容についてはこれを著者に依頼することがある。
- (3) 投稿には400字詰横書きの原稿用紙を用い、用紙図表等は関係学術雑誌の規定にならつて執筆すること。枚数は16枚程度(刷上り4頁)を一応の規準とする。
- (4) 投稿は以下に示す種別にしたがい、その内容は土壤の物理性に主体をおくものとする。
- 〔報文〕 他誌に未発表のものに限る。書き方は方法、結果、考察ならびに総括(摘要)の体裁をとり、引用文献を明らかにすること。
- 〔論説・綜説〕 土壤の物理性に主眼をおき、広い視野に立つて記述したもの。
- 〔資料〕 既に発表した報文または発表予定の内容を各分野の参考資料となるよう書き改めたもの。
- 〔解説〕 物理性に関する諸事項の理解を計るための平易な解説ならびに研究技術の普及交換を進めるための紹介を含む。
- (5) 原稿には下記形式の送状をつける。報文のみ別刷りは著者校正とし、印刷ずみの原稿は返さない。

發送年月日	受付年月日		
種別	原稿枚数	図表枚数	図表枚数
表題	写真数	別刷	葉
著者名			30部+
所属			部

- (6) 別刷は30部を著者に贈呈する。それ以上希望する場合は実費を申し受ける。

付記：投稿及び会誌編集に関する通信は下記あてのこと

京都市左京区北白川 京都大学農学部内

土壤物理研究会編集委員会

# 御挨拶を兼ねて

会長 川口桂三郎（京都大学農学部）

昭和33年4月に発足したわが「土壌物理研究会」は以来4か年の間前会長、役員をはじめおそくは少なからぬ会員各位の御努力により順調な歩みを続けてきた。ここに順調というのは遠くにあつて形に現われた姿だけをながめていた者の感想であつて、責任の衝に当たつた人達にはいいしれぬ多くの創業の苦しみがあつたに相違ない。しかも見る者にただ順風満帆の印象だけを与えてきたことには一層並ならぬ御苦心があつたはずで、この機会に厚く謝意を表するしだいである。

さて日本の土壌の化学性に関する研究は多く、化学的性質上の欠陥は土壌生成学的な裏付けをもつて系統的、組織的に指摘され、それらの改善に関する多くの研究や事業がなされてきたことは周知されているところである。一方わが国土壌の物理性はいかがであらうか。台風、梅雨前線など多くの原因がしばしば豪雨を降らせ、水は急傾斜地をけずり、平地に移ると直ちに砂礫を沈積し、一方はげしく攪拌・分散された微粒子はやがて塩基に乏しい条件の下できわめて緊密に沈降する。これらの母材から生成される大部分の沖積土壌の物理性がよいはずはない。一方わが国の既耕地の洪積土壌の物理性はしばしば対比される沖積土壌に劣つている。土壌の化学的退化が進みしかもいわゆるラテライト風化の起つていない条件が土壌の可塑流動を大にしているのもあろうか。第三紀系の重粘土は、乾けば飛散しやすく一方わずかに過剰の水にも流される火山灰土とともに母材的な物理性の不良土壌の代表的なものである。土層の浅さもわが国土壌の普遍的な欠陥とみられるだろうし、国内の果樹園で土壌の物理性の不良を訴えない園は果して幾パーセントあるだろうか。農業構造の改善はまさしく土壌構造の改善に始まらなければならない。

一方耕地の整備は水田に対しては相当の進展をみせてきたとはいえ未だきわめて不十分であり、現在振興を叫ばれている畑作の立地に対してはほとんど全く手がつけられていない。農林業立地の合理的な整備こそ土壌物理学の最大の使命である。

さらに第三の面として農林立地以外に一般住宅地、団地などをはじめとする生活環境の整備、改善も工業立地学、道路工学の進歩も土壌物理学に負はねばならぬところがきわめて多い。土壌物理学の使命と重要性はいまや無限の拡がりをもっている。

このときに当たりたまたま土壌物理研究会は事務局を京都に移し、はからずも私が会長をお引き受けした。申すまでもなくできるだけの努力をし、会の発展に尽したい。この種の研究会の進む道として、高度に専門化した研究会とし、活動の場も国内的よりむしろ国際的に求める如きことはきわめて有意義なことである。しかしながら本会においては少なくとも当分はこの道を選ばず、広く各方面の人達の御参加を得て、互いに啓もうしあい、知識を交換し、もつぱら国内において土壌物理学の活動の分野を広める方向に進みたいと思う。幸いこの方針は役員会においても全面的な賛成が得られ心強いしだいである。このような方針の下に昨秋京都で開催した土壌改良剤に関する討論会は非常な盛会であつた。ここにその内容を「土壌の物理性」第7号としてお送りします。

今後の積極的な御支援をお願いします。

# ベントナイトの土壤改良への利用と効果

沼尾 林 一 郎 (群馬県農業試験場)

土壤生産力増強の重要手段の一つとして、従来客土が行われてきた。しかし乍ら、客土を必要とする農地の近傍に適切な客土材料を求めることは多くの場合至難であり、かつその操作には多大の労力経費を要するために、客土事業はあまり普及をみていないのが現実の姿である。

近時、土壤粘土鉱物についての研究が急速に発展し、粘土鉱物と土壤生産力との関係について新たな知見が得られつつある。他方、従来の多量客土にかわる土壤生産力の積極的な増進方策として、優良粘土鉱物の利用について注目が払われつつあるが、ベントナイトはその代表的なものであつて、農業面への利用は年々急速な増大を示している。著者は1953年以来ベントナイトの土壤改良への利用について試験研究を実施し続けているが、今日までに得られた結果を中心として解説を加える。

## 1. ベントナイトの来歴と特性

ベントナイトは1888年にアメリカのTaylor W.が“Taylorite”と称して市販したのが始まりである。その後約10年をへて、Knight W.C.が同名の他の鉱物のあることに気付き、これと区別するために、この粘土の賦存していた地層名(中生界白亜系に属するFort Benton)にちなんで“Bentonite”と改名した。ベントナイトはモンモリロナイトを主成分とする粘土であるが、モンモリロナイト発見の歴史は更に古く、1847年フランスのSalvetat G.がMontmorillon地方で発見した粘土中のバラ色の粘土鉱物に対して命名したのが始まりである。

ベントナイトは火山灰、凝灰岩、粗面岩等が特殊の変質作用を受けて生成されたものであると考えられ、その鉱床は主として第三紀層や中生界の地層中に見出されているが、時には古生界の岩層内からも発見されている。その分布は世界の各地に亘っており、アメリカ、カナダ、メキシコ、日本、中国、フランス、オランダ、ポーランド、ソビエト、イタリー及び南アフリカ等にその埋蔵が報告されている。日本に於ては、北海道、秋田、山形、福島、新潟、長野、群馬及び島根等の諸県にその産出がみられる。

ベントナイトは既述の如く膨脹格子型の粘土鉱物モンモリロナイトを主構成成分とする粘土であるが、このほかに副成分として、石英、クリストバライト、イライト、沸石及び種々の炭酸塩鉱物等を混入していることが知られている。ベントナイトを水中に投ずると、すみやかに水を吸収してその容積を著しく増大するが、このような性質は膨潤性と呼ばれている。また、更に多量の水を吸収すると、ついには崩壊して水中に分散する。粘土粒子の表面における水の吸着を外部膨潤、層間への水の吸着を内部膨潤と呼んでいるが、ベントナイトは以上のような両種の膨潤が起るために膨潤性がきわめて大きい。ベントナイトの膨潤性は吸着陽イオンの種類、媒質の反応等によつて変化する。著者及び山田が吸着陽イオンと膨潤性との関係について調べた結果は第1表のとおりである。

粘土や腐植のようなコロイド物質は種々の陽イオンを吸着する性質をもっているが、このような性質の大小または強弱はその質的な内容に支配される。次に、粘土に例をとり、これを構成している種々の

第1表 吸着陽イオンがベントナイトの膨潤性に及ぼす影響

(沼尾、山田、1958)

陽イオンの種類	Na	K	Ca	Mg	Fe	Al
膨潤度 (g/g)	7.44	2.60	2.80	2.56	2.32	2.14

粘土鉱物の塩基置換容量を示せば第2表のとおりである。即ち、モンモリロナイトは塩基置換容量がき

第2表 主な粘土鉱物の塩基置換容量

(Gr im, 1942)

粘土鉱物	C.E.C. (me/100g)
モンモリロナイト	60~100
イライト	20~40
カオリナイト	3~15
ハロイサイト	6~10

わめて大であるが、これに対してカオリナイトやハロイサイトでは小さい。但し、粘土鉱物の塩基吸着の機構はきわめて複雑であり、粘土鉱物の構造によつて異なるものである。単に特定の条件下で測定した塩基置換容量の大きさのみでは不充分であつて、更に塩基の吸着強度との関連において比較検討する必要がある。このような観点からしても、モンモリロナイトはカオリン系鉱物やアロフェンなどに比べてきわめて優れた特徴をもっている。

次に、ベントナイトの化学的組成につき群馬県産のものを例にとつて示せば第3表のとおりである。これら成分のうち、珪素とアルミニウム(1部マグネシウムまたは鉄)

第3表 群馬産ベントナイトの化学的組成 (沼尾、齊藤、1960)

試料番号	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O (+)	H <sub>2</sub> O (-)	計
	1	64.72	13.78	2.67	tr.	0.57	0.78	0.43	1.03	5.92	
2	69.20	13.76	0.16	"	0.45	0.60	0.29	0.90	5.52	9.40	100.28
3	67.64	14.54	0.13	"	0.55	1.13	0.51	1.66	4.58	10.55	101.29

は主としてモンモリロナイトの結晶構造中に含まれており、その他の成分は主として置換性塩基として粘土に吸着されているが、ベントナイトが置換性塩基に著しく富んでいることも重要な特徴の一つである。水懸濁液の反応は一般にかなり強い塩基性を呈する。

## 2. 水田土壌の改良効果

現在、全国的に広く実施されている施肥改善調査事業の結果によれば、水田土壌の基幹の類型区分として11土壌群51土壌種が設定されている。これら土壌群のうち、礫層土壌や礫質土壌、砂土型の灰色及び灰褐色土壌等は漏水または秋落型の水田に属するものとみられる。これらの水田は粘土分に乏し

く、かつ粘土は主として1:1型の粘土鉱物から成っているものが多いと考えられ、塩基の吸収保持力が弱い。また、黒色土壌や黄褐色土壌は火山灰質のもので大半を占めているとみられ、前者は腐植に富んでいるが何れも粘土鉱物はアロフェンまたはこれに近い非晶質物質が主体をなしているものと思われる。従つて、塩基の吸収保持力がきわめて弱く、かつばん土性を示すものが多いと考えられる。特に、近年火山灰台地地帯の水田化が増加しつつあるが、これらの水田は火山灰質畑土壌の不良性を多分に保有しており、かつ漏水が大である。

以上のような不良水田の改良については、各種の対策が既に明らかにされているが、基本的には優良粘土を客入施用することが最も望ましいことであると考えられる。著者は群馬県下の各種の水田に於てベントナイトの施用試験を行なつてきたが、沖積砂質水田及び黒色火山灰土水田における結果の一例を示せば第4及び5表のとおりである。次に、これら水田に対するベントナイトの効果について考察を加えてみよう。

第4表 沖積砂質水田に対するベントナイトの効果

(沼尾、山田、1954)

区名	水 稻 収 量 (10 a 当り)		
	藁 重	玄 米 重	同 指 数
対 照 区	573.4 <sup>Kg</sup>	422.3 <sup>Kg</sup>	100
ベントナイト1.9トン区	729.4	507.8	120

試験地：群馬県伊勢崎市、灰褐色土壌砂土型

第5表 黒色火山灰土水田に対するベントナイトの効果

(沼尾、山田、1958)

区名	水 稻 収 量 (10 a 当り)		
	藁 重	玄 米 重	同 指 数
対 照 区	283.6 <sup>Kg</sup>	255.8 <sup>Kg</sup>	100
ベントナイト1.9トン区	349.7	327.3	128

試験地：群馬県吾妻郡中之条町、冷水流入田、黒色土壌壤土腐植型

(1) 滲透能抑制と水温上昇

水田は適度の排水のあることが稲作に対して好ましいと考えられるが、土壌の滲透能が過大であると、

水温地温の低下を招き、更に土壌及び施肥成分の流亡が促進されるので、水稻生育にとって好ましい条件ではない。また、水利経済の面からも不利である。水稻生育に対する最適水温は30~32℃とされており、低水温下に於て水稻生育が阻害され、稔実不良におちいることは一般に知られているところである。また作物根の養分吸収が呼吸に基くエネルギーによつて積極的に行われることはHoagland<sup>1)</sup>以来知られているところであり、呼吸作用に密接な関係のある温度が養分吸収に対して重要因子であることは多言を要しないところである。低水温下に於て、水稻の無機成分吸収が著しく阻害されることは高橋<sup>2)</sup>、馬場<sup>3)</sup>等によつて既に明らかにされている。

漏水性水田に対してベントナイトを施用すると、土壌の滲透能が著しく抑制され、水温地温の上昇がみられるが、特に水温上昇の効果は気温の低い水稻生育の初期に大であり、かつ冷水流入田に於て顕著である。

## (2) 塩基吸着能の改善

塩基吸着能は土壌生産力を規定する重要な因子であると考えられるが、土壌中に含まれる塩基吸着母体としては種々の結晶性粘土鉱物、非晶質物質及び腐植等があげられる。既述の如く、漏水秋落型の水田や火山灰水田土壌の塩基吸着母体は主として1:1型粘土鉱物またはアロフエン及びこれに近い不定形鉱物質並びに腐植等から成つているものとみられる。従つて、塩基吸着基は概して質的に劣るものが多く、かつ腐植質の土壌を除けば何れも量的にも少ないものが大部分を占めていると考えられる。

以上のような水田にベントナイトを施用すると、土壌の塩基吸着基の量的質的な改善が同時に行われ、加うるに土壌の滲透能が抑制されるので、肥料成分の流亡が抑制され、水稻に対する養分供給が合理的

第6表 ベントナイトの添加が水田土壌の滲透能及びNH<sub>4</sub>-N溶脱量に及ぼす影響

(沼尾、山田、1955)

区名	* 7日目		* 17日目		* 7日目		* 17日目	
	滲透速度	同指数	滲透速度	同指数	溶脱NH <sub>4</sub> -N	同指数	溶脱NH <sub>4</sub> -N	同指数
対照区	cc/hr 197	200	cc/hr 104	100	mg/hr 16.98	100.0	mg/hr 15.2	100.0
ベントナイト 1% 添加区	104	53	59	54	2.89	17.0	0.40	26.3
ベントナイト 2% 添加区	29	15	23	22	0.29	1.7	0.07	4.6

(注) \* 施肥後日数を示す。

に行われるものと思われる。著者は、ベントナイトの施用によつて、アモニアの流亡が著しく減少し水稻の窒素吸収率が高まることを確認している。

ベントナイトは種々の塩基を豊富に含んでいるので、その施用によつて土壌中の置換性塩基が増加するが、このような直接的な効果のほか、塩基吸着能や滲透能を改善し、灌漑による土壌中への塩基の集積富化を助長することも見逃し得ない重要な効果であると考えられる。

第7表 ベントナイトの施用が水稻の窒素吸収に及ぼす影響

(沼尾、山田、1956)

区	名	水稻収量 (Kg/10a)			水稻のN 吸収量 (Kg/10a)	水稻の N吸収率 (%)
		藁重	精収重	同指数		
対 照 区	無 N 区	676.1	565.5	89	9.83	—
	N 68 Kg区	769.9	634.9	100	12.71	42.7
	N 9.0 Kg区	788.6	697.5	109	14.22	48.9
	N 11.3 Kg区	859.1	706.9	111	15.81	53.1
ベントナイト施用区 (1.1トン/10a)	N 68 Kg区	841.5	703.1	111	14.31	66.4
	N 9.0 Kg区	895.5	736.9	116	16.19	70.7
	N 11.3 Kg区	995.7	714.8	113	17.68	69.8

試験地：群馬県桐生市、灰褐色土壌砂土型

### (3) 火山灰土壌のばん土性改良

既に述べたように、火山灰土壌の粘土は大部分アロフェン及びこれに近い不定形鉱物質から成っているものとみられる。而して、来歴の古い火山灰土水田においては、長年月に亘る灌漑水による珪酸及び塩基の供給並びに人為的な肥培等の結果、ばん土性は軽減されているものと思われるが、新規造成の開田においては、ばん土性が強く、火山灰質畑土壌の性格を多分に保有しているものが多い。開田当初、漏水がかなり大であり、かつ磷酸増施の必要性が高いのもこの点を示す一証左であろう。著者は、火山灰質新開田土壌にベントナイトを施用した結果、土壌コロイドの陽性荷電が弱化し、活性アルミニウムが減少し、磷酸吸収係数が低下する事実を認めている。また、水稻栽培試験の結果、水稻体の磷酸濃度が高まり、その吸収量はかなり増大することを明らかにしている。

以上のような効果は、ベントナイトが土壌アロフェンから遊離されるアルミニウムイオンを容易にかつ強く吸着してその活性化を抑制するためであると考えられる。

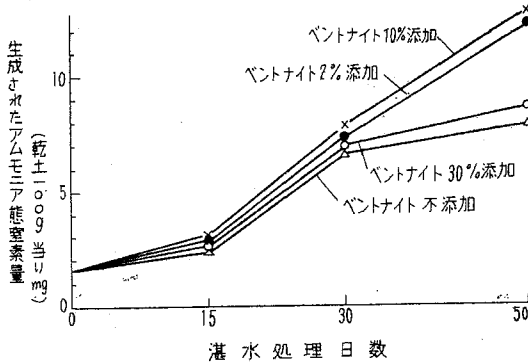
### (4) 有機態窒素の無機化促進

Ensminger及びGieseking<sup>4)</sup>; Pinck Dyal及びAllison<sup>5)</sup>等は2:1型粘土鉱物が土壌有機物のStabilityを増大すると報じている。永田<sup>6)</sup>は砂丘土にベントナイトを客入した結果、有機物の分解が抑制されたと報じている。また、原田<sup>7)</sup>はアルブミンにベントナイトを添加してその影響について実験を行い、ベントナイトの割合が多量の場合にはアルブミンの無機化が抑制されるが、少ない場合にはむしろ無機化が促進されると述べている。前記の諸実験においては、原田の実験を除いては何れもベントナイトがきわめて多量に用いられており、実際の圃場における施用量とは著しく異なる条件下における結果である。

著者<sup>8)</sup>は、ベントナイト施用田と不施用田における土壌有機物の推移を比較検討した結果、前者にお



いては後者に比べてその含量がかなりの低下を示していること、またこのような傾向が特に腐植に富む黒色土壌において著しいことを認めた。そこで、ベントナイトが土壌有機物の無機化を促進するのではないかと考え、種々の土壌を用い、ベントナイトの添加割合と土壌有機物の無機化との関係について実験を行った。その結果、ベントナイトの添加割合が少ない場合には明らかに無機化が促進され、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生成増加がみられたが、その添加量を増して土壌：ベントナイト=100：30になると無機化促進作用はかなり減退することを認めた。第1図は実験結果の一部を例示したものである。以上の諸点から



第1図 ベントナイトの添加が土壌中の有機態窒素の無機化に及ぼす影響

(沼尾、齊藤、1960)

考察して、圃場における実用的な施用量程度(通常土壌の1~3%)に少量のベントナイトが施される場合には、土壌中の易分解性有機物は無機化が促進されるものとみられる。従つて、かくして放出された窒素は水稻体への供給に関与するものと思われる。

(5) ベントナイト珪酸の有効性

著者は、現地試験に供した水稻収穫物の化学分析結果から、ベントナイトの施用により水稻体の珪酸濃度が高まり、かつその吸収量がかなり増大する事実を認めた。ベントナイトの施用によつて、土壌条件が改善され水稻生育が旺盛になるので、このために土壌中の珪酸をより多量に吸収したのではないかと考えられるが、一部はベントナイト自体からの直接供給もあつたものと推定される。そこで、このような点を確認するために、砂耕法(石英砂)により、ベントナイト添加区と不添加区とを設けて水稻を栽培し、水稻による珪酸の吸収状況を比較検討した。その結果、ベントナイト不添加区では水稻がきわめて軟弱な生育を示し、試料採集期には殆ど倒伏して珪酸欠乏の徴候を示したが、これに対して、ベントナイト添加区では直立して明らかに生育が優り、乾物収量も高い値を示した。また、水稻体について珪酸の分析を行った結果は第8表のとおりである。以上の結果から、ベントナイトの珪酸が水稻によつて直接吸収利用されることが明らかである。

第8表 ベントナイト中の珪酸の有効性に関する実験 (沼尾、山田、1955)

試験区名	鉢当水稻苗株数	同左乾物重	水稻体中 $\text{SiO}_2$ 含量(乾物中)	水稻体の $\text{SiO}_2$ 吸収量	ベントナイトから吸収された $\text{SiO}_2$ 量
対照区	50	1.34g	1.52%	0.020g	—g
1%相当量のベントナイト添加区	50	4.40	5.45	0.240	0.220
3%相当量のベントナイト添加区	50	6.87	7.94	0.547	0.527

但し、本実験は水稻を密に栽植して行つたものであるから、実際の圃場における水稻によるベントナイト中の珪酸の吸収がこのようにはげしく行われるものとは考えられないが、土壤に施用されたベントナイトが作物の珪酸供給源になり得ることは明らかであると思われる。

著者は、更に供試ベントナイトの分析結果からベントナイト中には少量の不定形のゲル状珪酸の存在を認めたと、前記の実験において水稻による珪酸吸収率の推計並びに砂耕培地中（水稻栽培を2ヶ年間継続実施した）から回収したベントナイトの粘土鉱物の同定結果等から、モンモリロナイトの結晶格子をなす珪素も水稻に吸収されることを明らかにした。また、同様の実験から、水稻栽培によつてベントナイトの変質が促進されることを証明したが、これらの諸結果については別の機会に報告<sup>8,9)</sup>を行つていたので、ここでは省略したい。

以上、水田土壤に対するベントナイトの効果について総括的に要因の解析を行つたが、これらの要因は灌溉水の温度、漏水の程度及び土壤のタイプ等種々の条件によつてその主動的な発現の内容、程度を異にするものと考えられる。

### 3. 鉍毒土壤の改良効果

鉍山、温泉、工場等の近傍並びにその下流域においては、排水や鉍滓等の流入沈積により鉍毒の惨禍を蒙る場合が屢々あり、農林水産業上大きな問題になつている。また、古い果樹園等においては永年に亘る薬剤散布の結果、種々の金属イオンが土壤中に多量に集積し、このために作物に鉍毒を与えている例が屢々認められる。これらの鉍毒土壤の改良については、客土、深耕、石灰の投入、有機物及び磷酸質肥料の増施など種々の対策が明らかにされているが、著者は群馬県下に広く分布する銅及び亜鉛に基因する鉍毒土壤にベントナイトを施用し、顕著な効果のあることを明らかにした。

ベントナイトは金属イオンを強く吸着する特性をもつているので、鉍毒土壤中の金属イオンを不活性化し、そのために作物による過剰の吸収を抑制する。作物体に吸収された金属イオンは主として根部に多量に沈積し、地上部への移行はかなり制限されるが、他方根群の生理的機能特に養分吸収作用が著しく阻害されることが知られている。ベントナイトの施用によつて、過剰の金属イオンの吸収が抑制されれば、作物根の生理的機能は回復する筈であるから、種々の養分吸収が正常に近づくものと考えられる。

第9表 銅鉍毒土壤に対するベントナイトの添加が水稻苗の銅及びその他の無機成分吸収に及ぼす影響（沼尾、高橋、1960）

区名	銅含有率(乾物中) PPM	その他の無機成分含有率(乾物中%)						水稻苗 100株の同指数 生体重	
		窒素	リン	酸加里	珪酸	石灰	苦土	g	
対照区	42.3	1.97	0.45	2.40	3.76	0.08	0.06	47.3	100
ベントナイト添加区	18.1	2.08	0.55	2.85	4.60	0.15	0.07	70.0	148
CaCO <sub>3</sub> 添加区	37.2	1.93	0.51	2.75	3.80	0.23	0.06	61.0	128

(注) ポット試験により水稻苗を播種後45日間栽培して実験に供した。

第9表はこれらの関係を明らかにするために行なつた実験結果の一例を示したものである。ベントナイトはこのように鉍毒土壌の改良効果が大であるが、既に述べたような種々の対策を併せ行うことにより一層その効果を高め得るものと予想される。

#### 4. 砂質及び火山性畑土壌の改良効果

永田<sup>10)</sup>は砂丘地土壌において試験を行い、ベントナイトの客入により大麦が増収し窒素の吸収率が高まつたと報じている。国分等<sup>11)</sup>は火山灰土壌において試験を行い、ベントナイトの施用によりばん土性が改良され、小麦及び大豆が増収したと報告している。また土塊の機械的安定性及び固結度が増し、耐蝕性が増大したと述べている。著者<sup>12)</sup>及び高橋、鈴木は群馬県下に広く分布する浮石質火山灰土壌畑において試験を行い、ベントナイトの施用により、土壌の保水力が増大し、塩基吸着能及びばん土質の性質が改善され、小麦及び陸稲が増収することを認めている。また、畑地におけるベントナイトの施用方法について検討し、作条施用が効率的な施用方法であること及びこの場合肥料との混合施用によりその効果を一層高め得ることを明かにした。

第10表 浮石質火山灰土畑に対するベントナイトの効果

(群馬農試、1954)

区名	成熟期における			小麦収量(10a当り)		
	稈長	穂長	穂数	稈重	子実重	同指数
対照区	93.6 <i>cm</i>	10.1 <i>cm</i>	109	472.5 <i>Kg</i>	301.5 <i>Kg</i>	100
ベントナイト0.5 トン作条施用区	104.8	10.6	123	502.5	357.8	119
ベントナイト0.5 トン堆肥無機肥混 合作条施用区	104.4	10.5	128	581.3	382.5	127

試験地：群馬県利根郡昭和村、浮石質火山灰土壌

#### 5. ベントナイトの施用方法と施用上の注意

ベントナイトの施用に当つては、いくつかの方法が考えられるので、その利点と欠点を述べ、更にベントナイトの施用に当つての注意事項について少しく解説する。

##### (1) 水田

水田におけるベントナイトの施用方法は原則的には次の二つの場合があげられる。

##### (i) 作土全層に混和する方法

耕起または代掻前に全面散布し、作土全層に混和する方法であるが、既に述べた如く、ベントナイトの土壌改良または肥効増進剤的な効果を十二分に發揮せしめることが可能であり、かつその操作が比較的

に簡便である。しかし乍ら、漏水防止の効果は次に述べる(ロ)の方法に比べて幾分劣る。著者はこの場合、ベントナイトを単独に施用するよりも、予め無機質肥料または更に堆厩肥と混合して施用すると、一層効果が高まることを明らかにしている。その結果、群馬県においては、ベントナイトを母体にした複合肥料が製造され、好成績をあげている。

#### (ロ) 作土の直下または鋤床層に施用する方法

作土をはねのけて、その下層に散布または混合して床締を行なつてから作土を埋め戻す方法である。この方法は、漏水防止効果は前者に比べて遙かに高いが、ベントナイトの機能を十分に活用した方法であるとはいえない。また、その操作には多大の労力を要するので、一般的には行われていない。但し、極度の漏水田では採用される場合があり、また(イ)及び(ロ)の併用により一層その効果を高めることができる。

ベントナイトの施用量は土壌のタイプ及び漏水程度等によつて異なるものと考えられるが、一般的には1~1.5トン(10a当り)が適量であろうと思われる。

著者は種々の水田土壌において試験を実施した結果、ベントナイトの残効持続の様相が沖積土壌と火山灰土壌とは異なるという事を見出した。即ち、沖積土壌においては残効持続性が高く、3年を経過しても初年度と殆ど同程度に効果がみられるが、これに対して火山灰土壌においては残効持続性が比較的に低く、初年度には顕著な効果を示すにも拘わらず、その後年次の経過と共にかなり速かに効果の減退することが特異的に認められた。従つて、火山灰土水田においては、2年度以降毎年少量ずつ補給するのがよいと考えている。火山灰土水田における残効低下の原因については数年来研究を続行中であるが、土壌中に優勢に存在する活性アルミニウムに基くものであると考えている。

ベントナイトによる土壌改良の必要な水田は、既述の如く肥料成分の流亡が大であるので、農家の慣行施肥量は一般に普通水田に比べてかなり多量であり、更に分施方式がとられている。ベントナイトの施用によつて土壌条件が改善されるので、この点を考慮して施肥量(特に窒素質肥料)の調節を行なうことが必要である。

#### (2) 畑地

畑地におけるベントナイトの施用法には次の二つが考えられる。

##### (イ) 畑全面に散布し作土に混和する方法

耕起前に全面に散布し、作土に混和する方法である。この場合の施用量は一般的には1.5~2.0トン(10a当り)が適量とみられ、水田に比べて幾分多目に施す必要がある。

##### (ロ) 作条に施用する方法

作条に帯状に施用する方法であるが、この方法はベントナイトの集中効果を發揮し得るので、1回の施用量が少量(10a当り0.3~0.5トン)で済むという利点がある。但し、数年間継続施用しなければ畑全面の改良ができないことは当然である。著者はベントナイトの作条施用法について更に試験を行ない、ベントナイトは単独に施用するよりも、無機質肥料または更に堆厩肥と混合施用する方が一層効果の高いことを明らかにしている。

ベントナイトは、従来粉末度の高い工業用品がそのまま農業用に使用されていた。しかし乍ら、これらはかなり高価であり、実際的な利用普及上問題が残されていた。そして、著者は、これらの問題の解決に資するため、種々の粒度のベントナイトについて検討を重ねた結果、農業的な利用の目的には粒状

ベントナイト（粒径5～10 $\mu$ の粗砕物）が最も適していることを提唱した。現在、群馬県においては、粒状ベントナイトが耕土培養事業に使用されているが、安価なためにかかなりの普及をみている。

以上、ベントナイトの特性と土壤改良への利用及びその効果について大要を述べたが、ベントナイトのより効率的な利用普及にいくらかでも貢献し得るならば、著者の喜びこれに過ぐるものはないと考えている。

### 主 な 参 考 文 献

- (1) Hoagland, D.R. and Arnon, D.I.: Soil Sci., 51, 431 (1941)
- (2) 高橋, 柳沢, 河野: 土肥学会誌, 22, 358 (講演要旨) (1952)
- (3) 馬場: 農技研報告, D7, 57 (1958)
- (4) Ensminger, L.E. and Giesecking, J.E.: Soil Sci., 53, 205 (1942)
- (5) Pinck, L.A., Dyal, R.S. and Allison, F.E.: Soil Sci., 78, 109 (1954)
- (6) 永田: 土肥学会誌, 30, 15 (1959)
- (7) 原田: 農技研報告, 139, 169 (1959)
- (8) 沼尾: 群馬農試研究報告 Ⅱ3 (ベントナイトの土壤改良への利用及びその効果に関する研究) (1961)
- (9) 沼尾, 山田, 齊藤: 粘土科学, 2, 1, 33 (1962)
- (10) 永田, 村松: 土肥学会誌, 28, 311 (1957)
- (11) 国分, 板川, 根本: 土肥学会講演要旨, 昭31, 6 (1956); 昭32, 4 (1957)
- (12) 沼尾: 低位生産地調査事業10周年記念論文集, 409 (1957)

# 土 壤 侵 蝕 と 土 壤 改 良 剤

国 分 欣 一

(農林省 農事試験場)

## 1. は じ め に

土壌侵蝕はその原因によつて水蝕と風蝕とに大別される。水蝕は傾斜地はもとより平地においても全国各地で問題になるが、風蝕は地域的にも季節的にも限定されている。このうち風蝕と土壌改良剤との関係について現象的な面を主として述べる。

最初に土壌改良の必要性を明らかにするために風蝕の実態と土壌の性質との関係について簡単に触れてみよう。

## 2. 風蝕の実態と土壌の性質

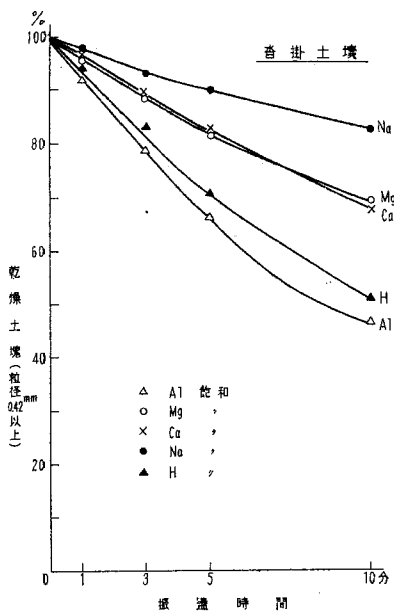
風蝕は冬季の季節風によつて土壌の乾燥したときに起る。風蝕地帯は地域的に大体決まつており、内陸では火山灰土壌、海岸では砂質地である。海岸では砂丘をはじめとして太平洋岸、日本海岸到るところに点在しているが小面積である。内陸で広範囲に問題となつてゐるのは北海道及び関東地方であつて畑面積も多く畑地率も高い所なのでこれらの地方では問題は重要である。風蝕のおこる時期は北海道、東北地方では雪どけ後の4月から6月にかけて夏作物の播付時期にあたり、関東地方では雪が少いので12月～3月位までであつて冬作物、主として麦類の越冬期間中である。関東地方の風蝕と土壌の性質との関係について述べると、先ず乾燥時の表土の構造によつて風蝕を受ける程度が異なる。那須野ヶ原の例をあげると受蝕性の高い佐野（腐植質火山灰土）では冬期の表土は乾燥に従つて細粉化しているが、これに近接した沓掛（沖積土）では大土塊多く乾燥しても砕けにくい性質を持つてゐる。

二次的因子として土壌の理化学性が関係し、(1)土性、(2)腐植、(3)膠質物の性質、(4)置換性塩基などがその主なるものである。

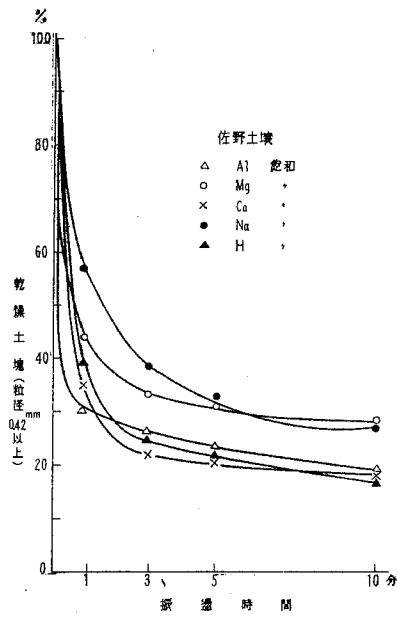
耐蝕性土壌と受蝕性土壌との差異を沓掛と佐野について比較してみることにする。第1図は夫々の塩基飽和土壌をつくり、1cm角に成型風乾した後、土塊（粒径5.16mm以上）を下面に車をつけた台に固定した組篩上にとり、篩は振幅9cm、毎分80回転の水平振盪機の箱内で移動範囲を5.5cmに限定した篩別を行い、土塊の衝撃（impact）と摩滅（abrasion）に対する抵抗性即ち機械的安定性を測定した結果である。

沓掛は各塩基飽和土壌についてかなり安定性が大きく特にNa-蝕和土壌が最も砕けにくい。その順位は $Na > Mg \approx Ca > H \approx Al$ である。これはA. N. PURI<sup>1)</sup>らがイオンの解離度の大きい順に乾燥土壌の凝集力が大きくなると云つてゐることと一致している。即ち水中で分散し易いほど乾燥した場合に強く固まることになる。それに比較して第2図の佐野の場合は極めて砕け易く、各塩基の差も僅かである。

これより見ても置換性塩基以上に土壌の基本的性質が土塊の安定性に深く関係していることを示しており、それは土性の外にコロイドの質（腐植及び粘土）が重要な意義を持つてゐることを示しているも



第1図 置換性塩基を異にする場合の土塊の安定性



第2図 置換性塩基を異にする場合の土塊の安定性

のと思われる。

### 3. 風蝕防止対策としての土壌改良剤の利用

風蝕に土壌の性質が関係し、乾燥時の土壌凝集力を高めることが土壌改良の方向として打出されたので対策としての客土及び土壌改良剤の効果について若干の例をあげる。

#### 1) 客土による土壌改良

##### a) 客土による土壌凝集力の変化

佐野土壌（腐植質火山灰土）に対して原土の3分の1（乾土当り）の割合にベントナイト（山形県）熊川沖積土、白色凝灰岩粉末（福島県安積郡）を混和して2万分の1反ワグネルポットに填充した。原土の理化学性及び機械的組成は第1表及び第2表のとおりであつて、腐植含量多く、輕鬆である。

第1表 佐野土壌の理化学性

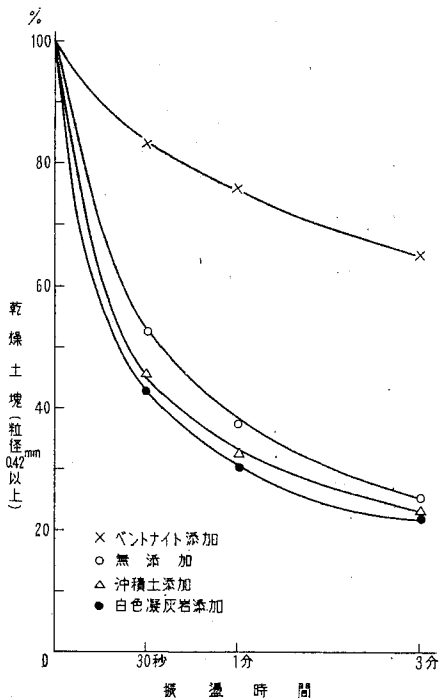
真比重	仮比重		最大容水量 (%)	水当分量 (%)	T-C (%)	T-N (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	塩基置換容量 (me / 100 g)	置換性塩基 (me / 100 g)		磷酸吸収係数
	粗	密							Ca	Mg	
2.36	0.52	0.57	16.77	4.22	12.68	0.63	5.1	43.2	11.2	1.2	2660

第2表 機械的組成 (無機物%)

土 壤	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	土 性
	2~0.2mm	0.2~0.02mm	0.02~0.002mm	<0.002mm	
佐 野	9.4	28.2	29.5	32.8	LiC
沖 積 土	11.6	69.9	11.0	7.5	FSL

土性は佐野はLiCであるが、沖積土は粘土含量少くFSLである。

これを野外に放置してときどき表土を移植小手でくずし、冬に表土の土塊を採集して風乾後乾式篩別を行つた結果は第3図のとおりである。ベントナイト添加により顕著に土塊の安定性を増大しているが、



第3図 客土による土塊の安定性の変化

沖積土及び白色凝灰岩粉末添加の効果は見られていない。夫々の粘土の珩礬比及び示差熱分析曲線は第3表及び第4図の通りであつて原土の佐野は珩礬比小さく、示差熱分析の結果からもAllophane及びGibbsiteを主体とするものと思われる。熊川沖積土は土性粗く粘土の珩礬比は約2であつて示差熱分析の結果からもKaolin 鉱物及びGibbsiteを主体としていると推定される。この沖積土添加が効果のないのは粘土含量の少ないこととその質がKaolin 鉱物であることに起因するようである。山中<sup>2)</sup>は砂質土に対して客土材料として一般粘土客入の効果少なく、ベントナイトなどの特殊材料によるべきことを示唆しているが火山灰土においても同様のことがいえそうである。

白色凝灰岩粉末の珩礬比はベントナイトに近い値を示しているにも拘らず土塊

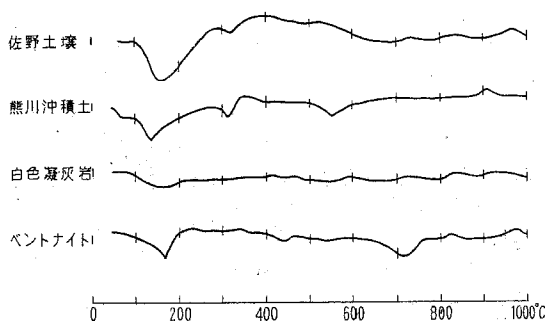
の安定性の増大には役立つていない。この粘土鉱物は示差熱分析では明瞭なピークが認められず、X線分析の結果から総合してZeoliteを主体とするものと推定される。F.HARDY<sup>3)</sup>によるとラテライトよりも珩酸質土塊の方がSilt及びClayの含量が同じでも乾燥状態において圧碎に対して大きい抵抗力を示すと云っているが、客入材料としては珩礬比だけでなく粘土の結晶構造が重要な意味を持つていると考えられる。

ベントナイトは示差熱分析曲線からもモンモリンを主体とするものと推定される。これは膨張格子型

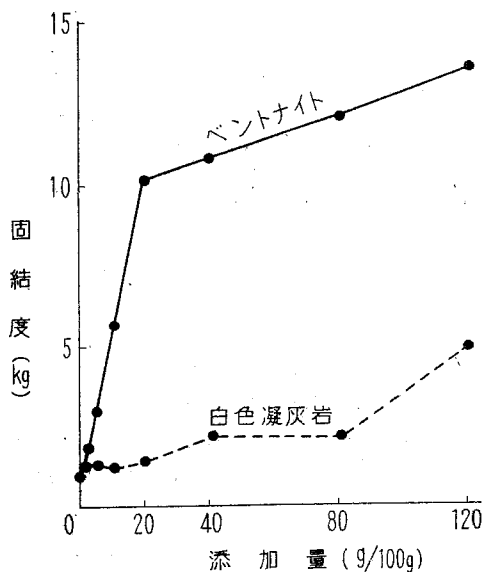


第3表 粘土の珪鉄礬比

試料	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
佐野土壤	29.49	38.69	13.79	1.29	1.05
熊川沖積土	43.92	28.04	9.65	2.66	2.18
白色凝灰岩	69.66	15.74	2.26	6.57	6.08
ベントナイト	73.29	15.47	2.10	7.08	6.58



第4図 示差熱分析曲線



第5図 添加量の差異による固結度の変化

であつて、一旦水分を吸つて膨潤したものが乾燥に伴つて再び強く収縮することにより土塊の機械的安定性を増すものと考えられる。従つて客入材料としてベントナイトは適當であるが、水蝕を伴うところにおいては流亡を助長する恐れもあり矛盾を感じる訳である。

次に同じ佐野土壤に対して風乾土100g当りのベントナイト、白色凝灰岩粉末の添加量を変えて畑状態で30°Cに保ち1ヶ月間 incubate した場合の固結度の変化は第5図の通りである。測定法は山中<sup>4)</sup>の方法に準じて行つた。その概要は可塑上限界に近い水分を加えてよく練り、一晚放置した後真鍮の鑄形(6×2×1cm)に填充して成型風乾後、楔形の鉄の刃による切断抵抗を求めて固結度とした。

白色凝灰岩の場合は添加量を増しても僅かしか固結度が增大しないのに対してベントナイトの場合は当初顕著に増大している。その上昇カーブは風乾土100gに対して20g附近までは急激に増大しており、それ以後は緩慢であつて20g附近でカーブの折れが見られる。この量は表土の1~2割とすると火山灰土では10a当り5,000kg~10,000kgに相当する。これは水田の漏水防止の所要量に比べても甚だ多量であつて少量では殆んど効果がないところに問題があり、経済的に米麦農業では実施困難であつて少量で効果を

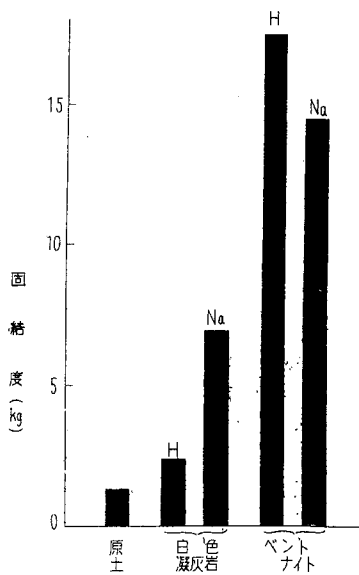
現わす形態のものが出現することが望まれる。

先に述べたように粘土の種類の外に置換性塩基の種類によつても乾燥土壤の凝集力に差があり、ベントナイト、白色凝灰岩の保持する塩基は異なるので単一塩基にした場合の固結度を比較したのが第6図である。原土に対してベントナイト、白色凝灰岩共に固結度が高まっているが、塩基の種類に拘らず、ベントナイトは白色凝灰岩よりも大きい。又白色凝灰岩ではHよりもNaはかなり増大しているが、

ベントナイトではその差は少い。これは置換性塩基以上に粘土の種類が固結度に関係していることを示すものと思われる。

田中<sup>5)</sup>らは圃場においてベントナイトを少量表層撒布をして風蝕防止の一時的な効果のあることを確めた。即ち反当り100<sup>x</sup>施用した場合、無処理に比較して飛土量は1割に減少している。この程度の量でも短期間表層の状態が維持されている間は有効である。

場内圃場におけるベントナイトの施用年次の差による固結度の変化は第4表の通りである。施用後3年の圃場A及び6年の圃場B共に水中沈定容量はベントナイト施用区が大きい。固結度は施用後3年の圃場Aでは石灰、無石灰区に比較してベントナイト施用区が明かに大きい、施用後6年を経過した圃場Bではその差が殆んどなくなっている。これは粘土の質的变化と下層への流亡とが考えられ、客入効果の持続性の長短は実用上の問題である。



第6図 添加物の塩基による固結度の差異

第4表 圃場における固結度

	処理年次	試験区名	固結度	沈定容積
圃場A	1959	石灰区	3.63 <sup>Kg</sup>	1.60 <sup>cc</sup>
		無石灰区	2.72	1.60
		ベントナイト区	6.50	1.78
圃場B	1956	石灰区	2.44	1.75
		無石灰区	2.22	1.75
		ベントナイト区	2.50	1.88

1962年10月測定

b) ベントナイト施用による土壌水分の変化

場内圃場におけるベントナイト施用による表土の水分の変化は第5表のとおりである。ベントナイト施用区の表層は極めて乾燥早く、収縮して下層と毛細管が切れているようである。そのために表面は水

第5表 ベントナイト施用による土壌水分の変化

深さ (cm)	1957年12月17日		1958年 1月7日		1958年 3月6日	
	無処理	ベントナイト区	無処理	ベントナイト区	無処理	ベントナイト区
0~1	36.6%	29.4%	39.8%	17.0%	33.2%	12.4%
4~6	37.4	40.0	36.7	38.2	36.5	39.3
9~11	37.6	40.2	36.7	40.7	—	—

分が少ないがその下はむしろ保持されている。

又冬期の霜柱の発生は無処理区特に無石灰区が甚しく、土塊を破壊して風蝕の被害を増大しているが、ベントナイト施用区は凍結はするが霜柱は立たない。

2) 土壌改良剤添加の影響

場内圃場において1953年5月、1坪当たり450gのKrilium (#6), A-22 (東亜合成化学K.K.試製品, 比重1.18)を施用し表土に混和した。土壌に対する割合は約0.2%である。

耐水性団粒の変化は第6表の通りであつてA-22, Krilium の添加により増加の傾向が見られる。

第6表 土壌改良剤添加後の耐水性団粒 (粒径mm)

区名	>2.5	2.5~ 1.0	1.0~ 0.5	0.5~ 0.28	0.28~ 0.1	計
A-22	11.7%	16.5%	13.3%	9.4%	6.7%	57.6%
Krilium	11.3	16.0	10.9	7.8	9.2	55.2
無処理	8.0	13.8	10.1	10.2	3.9	46.0
石灰	8.5	17.3	10.5	8.0	7.1	51.4

1954年7月

風蝕との関係を見るために測定した冬期の表土の状態は第7表の通りである。地表約3cmから土塊を破壊しないようにして採集して風乾後乾式篩別した土塊の粒径分布は土壌改良剤添加による差は殆んどなく、無処理に比較して大土塊はむしろ少なくなっている。又現地の自然状態の仮比重は団粒を生成し

第7表 土壤改良剤添加後の表土状態 (1954年3月)

区 名	乾燥土塊の粒径分布 (mm)					仮比重 (現地)	土塊の比重 パラフィン 被 覆
	> 5.16	5.16~ 1.49	1.49~ 0.86	0.86~ 0.50	計		
A - 2 2	15.4 %	13.7 %	7.7 %	6.0 %	42.8 %	0.57	1.27
Krilium	18.6	13.8	7.1	5.5	45.0	0.58	1.22
無 処 理	25.3	12.4	5.1	3.6	46.4	0.62	1.16
石 灰	18.9	13.0	6.9	5.4	44.2	0.59	1.28

ているために僅かに小さくなり、土塊の仮比重は大きくなっている。この比重の増大は風蝕防止にも役立つ可能性があるが、乾燥した場合土塊の形成に寄与するか否かによつて効果は異なるであろう。

#### 4. む す び

風蝕は風によつておこる災害であるが、同程度の風に対しても土壤によつて被害が異つていることから土壤改良によつて被害を軽減することが可能である。対策としてベントナイト等の土壤改良資材の客入が考えられるが、その効果の持続性、経済性など解決すべき問題は多い。

#### 文 献

- 1) A.N. PURI, A.G. ASGHAR, and A.N. DUA : Soil Sci., 49, 239~249 (1940)
- 2) 山中 : 農技研報告B6号, 133 (1955)
- 3) F. HARDY : F. Agr. Sci., 15, 420~433 (1925)
- 4) 山中 : 農技研報告B6号, 59~60 (1955)
- 5) 田中、佐野、谷沢、柿沼 : 農業気象, 13, 34~36 (1957)
- 6) 沼尾 : 群馬県農業試験場研究報告第3号, 37~45 (1961)

# 土 壤 改 良 剤 の 性 状

## — 合 成 高 分 子 を 除 く —

美 園 繁 (農林省農業技術研究所)

### 1. ま え が き

まえもつてお断りいたしますが、私がこのテーマを担当するのは必ずしも適切ではありません。合成高分子を除く土壌改良剤の範囲は、あとで述べるようになり広範囲に亘っております。それぞれの性状も多様であり、その効果や使用目的も土壌の物理性の改良だけに限られているわけではありません。土壌の化学的性質やコロイドあるいは鉱物学的性質などに関連する諸性質の改良に、かなりの効果を生じ、あるいは期待されるものも少なくないからです。

しかし、土壌中の物質の運動とその法則を追究するという点では、それが添加された土壌改良剤そのものであつても、またその添加によつてひき起される他の物質の運動であつても、土壌物理学の分野からも他の分野とともに参加できるし、また参加しなければ問題の十分な解決は得られなくなるでしょう。さらに、土壌改良剤に関しては、製造、試験研究などの現状からみて、たとえばそのコロイド化学的性質とか、土壌の団粒化作用とかのように、狭い分野に重点をおくことのみは、必ずしも妥当なものとしていく点があります。土壌改良剤は、これまでの知識や経験と産業の発展とが結びついて生れて参りましたが、その歴史はきわめて若く、せいぜい10年位にしかなっておりません。今後の発展がどのように展開されるか予測に困難な面がありますので、これまでの知識や経験のみから出発して、試験研究分野を制限することは必ずしも妥当でないと考えられるのです。

このような事情を考え合せまして、私はこのテーマを担当することにいたしました。

### 2. テーマのとりあげ方

広範な種類と性状をもつている土壌改良剤の全般について、限られた時間内にもれなくふれようとしても、ほとんど不可能なことです。したがつて、土壌改良剤の1つ1つについて詳しく述べることはいたしません。土壌改良剤を大きく区分して、それぞれのグループの一般的な特性とその目的あるいは利用法について述べることにいたします。たゞ、問題点の具体的な理解を促すために、市販されている製品名にもふれていきますが、あげられている名前のものでそのグループの代表的な改良剤であるという意味ではありません。

また、土壌改良剤は、その名の示すように土壌を改良してその肥沃性を高め、結局は作物の生産性を高めることを目的にしております。したがつて、作物栽培と組合した試験研究成績は重要なものとなります。

けれども、私の報告ではとりあげないことにいたします。実際の農業上の効果や土壌の諸性質におよぼす効果については、別の報告と討論に期待することとし、こゝでは土壌改良剤の目的とそれに関連する諸性質を明らかにすることを主にしたいと考えます。

さいごに、土壌改良と合成高分子を含む土壌改良剤全般との関係について、考え方をはつきりさせておいた方がよいと思います。

土壌改良剤さえあれば、土壌改良はできるものであるとか、あるいはそのようなものでなければ意味がないとか、というような考え方でこの問題をとりあげているのではありません。また、土壌改良剤は資本主義工業の生産物であるからということと不当に否定的、消極的な態度をとろうとしているのでもありません。

土壌改良あるいは土地改良の事業は、土壌改良剤の優秀なものが生産されなかつた時代から、実際におこなわれ効果を発揮して参りました。水田について、明治時代から今日までの土地改良についてみただけでも明らかです。また、開墾後数百年を経た“熟畑”の性質をみただけでも明らかです。

こゝでは、結論的なことを急ぐのではなく、現在の問題点を出し合つて、事実を共通に認識していく、そのための問題提起をしたいと考えているのです。

### 3. 土壌改良剤の分類

土壌改良剤を原料と製品の性質にもとづいて分類しますと表1のようになります。

表1 土 壌 改 良 剤 の 分 類

区 分	製 品 名
有 機 質 系	テンポロン、アヅミン、テルナイト、フミゾールなど
無 機 質 系	ベントナイト、ゼオライト、ベルミライト、パーライトなど
合 成 高 分 子 系	クリリウム、ソイラック、ポパール、ドロゲンなど

分類のし方が適切であるかどうかは検討されるとしても、このテーマで担当する合成高分子以外の土壌改良剤の範囲が、どんなに広般なものを含んでいるか、またその性状がどんなに多様なものを含んでいるかは、表1を見れば明らかになります。

### 4. 有機質系の土壌改良剤

#### 1) 土壌有機物の作用

実際の農耕上の経験は別として、試験研究の分野では、堆肥の効果について今日でも十分明確な結論を得ているとはいえません。けれども、土壌中の有機物は、土壌の重要な構成物質であるとともに、有機物の参加によつて土壌の性質が複雑多岐になつていることは明らかにされています。

有機質系の土壌改良剤は、有機物の土壌に対する諸作用の中で、とくにその“生産性”あるいは“肥沃性”におよぼす積極的な作用を工業的に作り出そうとしております。

土壌有機物に関する試験研究は、有機物の土壌の肥沃性におよぼす作用として、多面的に明らかにして参りましたが、その主要なものをあげますと表2のようになります。表2にあげられた諸性質あるいは諸作用が十分明確にされているというわけでもありませんが、有機質系の土壌改良剤もまた主として表2に述べた諸性質の改善を目的にしているといえます。

表2 土壤有機物と土壤の性質との関係

—とくに、肥沃性と関連して—

項 目	諸 性 質, 作 用
一 般 的 な 性 質	“易耕性”(Soil tilth), 構造(Soil structure) 組成(Soil texture), 緩衝作用などの改善
水, 空 気	保水性, 通水通気性の改善
光, 熱	光熱の吸収, 保持を改善
養 分	塩基および養分の保持力, 供給力を増大
微 生 物	微生物活性を高める

土壤中の有機物の分解過程で生ずる腐植酸(フミン酸)は、一定の化学的組成を有する化合物ではないが、土壤有機物の中で土壤の特長をもっともよくしめす部分であるとされ、研究も最もよく行われてきました。

有機質系の土壤改良剤の場合にも、表2の諸作用を追求する場合、フミン酸の役割が最も基本的なものであると考え、それを中心にしております。

## 2) 有機質系土壤改良剤の歴史

今日市販されているものの原料は、泥炭(または草炭)、亜炭、褐炭であるといつて差支えありません。要するに泥炭と“若年炭”(適切な呼び方であるかどうかは問題があるかも知れないが、C含量80%以下の石炭を意味します)とが使用されています。

泥炭および若年炭に関する研究は、石炭化学の分野で比較的早くから研究されておりましたので、その分野の知識と技術にもとづいて土壤改良剤の工業的な生産も始められたのです。

もつとも、石炭化学の分野における研究あるいは工業化が、はじめから土壤改良剤の製造を目的にしたものではありません。土壤改良剤への企画は、むしろずっと遅れてはじめられました。歴史的な経過を詳しく述べることもできませんが、年代でいえば戦後、それも1950年代に入ってからです。したがって、土壤改良剤としての歴史は、その研究分野をも含めて、まだきわめて若く、せいぜい10年位のものであります。製造についても同じ位に考えてよいと思います。しかも、農業および農学の分野からの積極的な要請によつて工業化されたものではなく、フミン酸系工業生産物が農業の分野に販路を求め、持ちこまれてきたといえます。この事情が、農学の分野に若干の複雑な問題をも生じております。

フミン酸あるいは有機物の腐植化過程については、前にも述べましたように、多くの土壤学者によつて早くから研究が行われ、その重要性が指摘されておりました。今日、土壤学のどの本を見ても、腐植あるいは腐植酸について重要な記述が含まれております。土壤学あるいは農学分野におけるこれらの研究成果は、有機質系土壤改良剤の製造過程に利用されてはおりますが、積極的な要請が行われたものではありません。それは、わが国だけでなく世界的にみてもそうです。

このような事情から、私は農業および農学の消極的傾向あるいは受動性を一面的に強調しようとしていたわけではありません。この分野は、その歴史の中で、いつでも消極的であつたという見方は誤つております。基本的には、つねに積極的な発展をつづけて参りました。

有機質系土壌改良剤の発生の歴史の中で問題となる点は、前述の事情を反映して、土壌改良剤の狙いをフミン酸のみに集中しすぎてはいないだろうか？ 土壌有機物の腐植化過程では、フミン酸が重要であることを、すべての土壌学者は認めております。けれども、フミン酸のみが重要であるといっているのではないと思います。この知識と経験が十分に生かされてきているかどうか、ということに関連しております。そして、土壌改良剤についての試験研究を行う場合に、この歴史的事情を知つた上で、その中から教訓をひき出す必要があるだろう、ということです。

有機質系土壌改良剤の場合にも、そのみで土壌改良ができると考えたり、そのようなものでないと意味がないと考えるのは間違つていると同時に、試験研究をも拒否するセクツ的傾向も賛成できません。

土壌改良剤についての試験研究は、今日では全国的に、各大学、農試、会社の研究所などで行われております。歴史の若さと経験交流の不足が、問題点を明確にしていけないということもいえますが、基本的には土地改良あるいは土壌改良の他の手段、方法とともに、体系的にどのように組合されていくべきかについて、私達の知識と経験はきわめて不十分であります。

したがつて、土壌改良剤の発展の歴史もしめしているように、試験研究を効果的に進めるためには、土壌改良剤そのものについての研究と同時に、土壌学の基礎的な研究、有機化学その他の分野の広い知識の吸収、試験研究者の経験の交流などが重要になつて参ります。

### 3) 有機質系土壌改良剤の製法

泥炭、亜炭、褐炭を原料とする土壌改良剤の製法を、簡単に図式的にしめしますと表3のようになります。

表3 有機質系土壌改良剤の製法

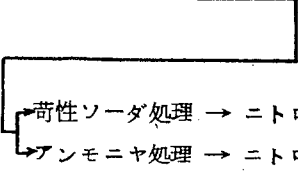
- a. 泥炭+消石灰 → 加圧, 加熱 → フミン酸カルシウム=テンポロン  
(4atm) (150°C)
- b. 亜炭+苛性ソーダ → 空気酸化 → 塩酸で中和 → フミン酸=テルミン  
(1~2%) (90~100°C, 6~8h) (2~3%)
- c. 亜炭+硝酸 → ニトロ・フミン酸+苦土, 珪酸含有鉱石 → ニトロ・フミン酸  
マグネシウム=アゾミン
- d. 亜炭+硝酸 → ニトロ・フミン酸=テルナイトA  

  - 苛性ソーダ処理 → ニトロ・フミン酸ソーダ=テルナイトB
  - アンモニヤ処理 → ニトロ・フミン酸アンモニウム=テルナイトC
- e. 褐炭+硝酸 → ニトロ・フミン酸+アンモニヤ → ニトロ・フミン酸アンモニウム  
=フミゾール



表3からわかるように、泥炭および若年炭から出発しますが、最終的にはいずれもフミン酸に到達しております。

なお、表3には土壌改良剤の呼び名を引用しておきましたが、これらの呼び名のすべてが登録されたのであるというわけではありません。また、呼び名ははじめから表3のようになっていたのでもありません。たとえば、テンポロンはS・C・Pという名前を使っていた時期がありました。さらに、アヅミについては、ニトロ・フミン酸マグネシウムとなつておりますが、メーカー側の発表（研究討論会）によりますと、必ずしもニトロ化されたフミン酸というのではなく、硝酸を使用して酸化および加水分を行つているという意味であるとのことです。

#### 4) 有機質系土壌改良剤の性質

有機質系の土壌改良剤は、表3からもわかるようにいずれもフミン酸を中心においていますが、フミンは一定の化学組成をもつ化合物ではなく、複雑な組成と構造をもつております。同じ亜炭を原料とし抽出されるフミン酸でも、原料の違いによつて表4のような違いをしめしています。

表4 亜炭フミン酸の示性式

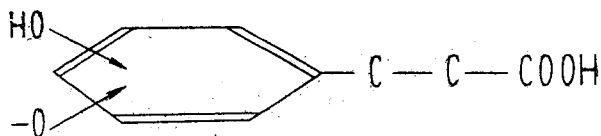
原料亜炭	示性式	分子量
高山	$C_{106}H_{155}O_{16}(COOH)_9(OH)_7(CO)_4(OCH_3)$	2280
金ヶ崎	$C_{98}H_{61}O_8(COOH)_8(OH)_6(CO)_4(OCH_3)$	1970
落合	$C_{84}H_{73}O_5(COOH)_8(OH)_5(CO)_2(OCH_3)$	1717
高蔵寺	$C_{134}H_{107}O_{15}(COOH)_9(OH)_9(CO)_5(OCH_3)_5$	2791
照越	$C_{80}H_{55}(COOH)_{11}(OH)_7(CO)_4(OCH_3)$	1772

けれども、共通なことは活性基としてカルボキシル基(-COOH)、フェノール基(-OH)、カルボニル基(>CO)、メトキシ基(-OCH<sub>3</sub>)が見出されることです。亜炭フミン酸の中で最も天然の状態に近い形をもつていると考えられるフムス酸は、C<sub>204</sub>H<sub>161</sub>O<sub>16</sub>N<sub>3</sub>、分子量4200あります。また前述の活性基のほかにラクトン基(-COO-)をもつものも報告されております。示性式中の活性基を水素の置換基と考えてHでおきかえ、母核の様式を推定すると表5のようになります。

表5 亜炭フミン酸の母核様式

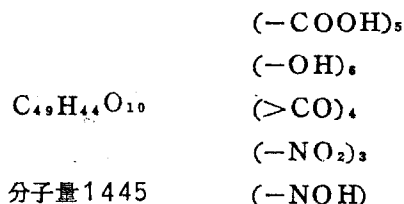
原料亜炭	母核様式	C : H
高山	$C_{106}H_{156}O_{16}$	1 : 1.00
金ヶ崎	$C_{98}H_{80}O_8$	1 : 0.82
落合	$C_{84}H_{89}O_5$	1 : 1.06
高蔵寺	$C_{134}H_{134}O_{15}$	1 : 1.00
照越	$C_{80}H_{78}$	1 : 0.98

フミン酸の構造単位については、若干の実証をともなつて、つぎのように推定されています。



フミン酸の構造単位

天然のフミン酸に硝酸を加え、酸化、加水分解をおこないますと、ニトロ・フミン酸が得られます。ニトロ・フミン酸の場合にも、原料として用いた天然フミン酸の種類や酸化、加水分解の方法および程度などによつて、生成物の性状にも差異を生じます。天然フミン酸よりも分子量の小さなもの（数分の一以下）に変わりますが、それでも分子量は数千の程度のものから、有機酸の程度のもので得られております。その構造単位間の結合は、C—C, C—O—Cなどの単結合に近い形となり、全体の分子形としても線状に近い形になっていると考えられております。1例をあげますと、つぎのようなものが報告されております。

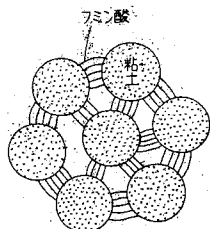


有機質系土壌改良剤は、フミン酸が中心になっておりますから、フミン酸の前述の基本的な性質をうけついでいるわけです。

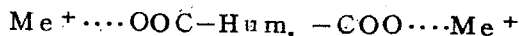
#### 5) 土壌ならびに粘土に対する作用

フミン酸（あるいはニトロ・フミン酸）のもつている性質の中で、とくに土壌ならびに粘土に対する作用については、つぎのように報告されております。

フミン酸は酸基をもつておりますから、粘土コロイド表面の陽荷電部位に結合します。フミン酸と粘土との結合を1：1の対応と考えると、重量で0.001倍程度となる筈ですが、実際には、100～1000倍になっておりますので、1：1ではなくて1箇の粘土粒子に多数のフミン酸が結合していると考えられております。模式的には、つぎの図のように考えられております。



フミン酸と粘土との結合（想像図）



このような結合によつて、粘土の解膠を促進し、粘土質土壌の膨潤性、収縮性をよわめます。また、酸基のみでなく活性基を多数もち、塩基置換容量をもつておりますから、土壌への施用はそれを大きくするとされております。さらに、土壌粒子の結合を促進し、構成粒子の粗大化を促しますから、とくに重粘な土壌では、通水通気性の改善が期待され、そのような報告もされております。この作用がさらに促進されますと、土壌の団粒化を期待できるわけです。砂土あるいは砂質土壌に施用すると、肥料養分の溶脱を防止し、その保肥力保水力を高めることも期待されております。

土壌の肥沃性に關連する直接的な作用の主なもの、以上のものでありますが、実際の圃場に施用する量は、作土の全量に比較してきわめて少量であるということも考慮にいれなければなりません。

土壌の肥沃性と直接關連する問題ではありませんが、農業工学上きわめて重要な特性があります。粘土粒子とフミン酸の結合は、粘土の粘性を低下させ、膨潤性をよわめますので、ポンプを使用する客土の能率を高めることができます。

たとえば、土の濃度45%の場合には、0.1%のニトロ・フミン酸アンモニウムを添加しますと、ポンプの容積効率50%のものを、ほとんど100%近くまで回復することが報告されております。このことは、セメント原料の調整、コンクリートへの利用、ボーリング用泥水調整などへの利用とともに、フミン酸の重要な特長になつております。

#### 6) 磷酸塩との反応

ニトロ・フミン酸またはそのアルカリ塩は、磷酸塩を水溶性または拘溶性にかえるといわれております。

不溶性磷酸塩  $\rightleftharpoons$  ニトロ・フミン酸一磷酸複合体  $\rightleftharpoons$  可溶性磷酸塩、の変化をたどり可溶化するといわれております。このことから、フミン酸の土壌中への施用は作物の磷酸吸収を促進するという事実を説明してあります。

#### 7) フミン酸の浸透性、拡散性

フミン酸の分子量は数千の程度で、かなり大きいものですが、いわゆる高分子ではありません。そのため、土壌に施用しますと、土層内への浸透あるいは拡散が比較的容易におこなわれる条件をもつております。この条件を利用して、土層改良への利用が期待され、部分的にはその効果を確認した報告もなされております。しかしまた、土壌に施用することによつて水に不溶な形のものに変るために、浸透性拡散性を期待し得ないとの意見もあります。したがつて、今後の研究課題となつて参ります。

#### 8) その他の効果

有機質系土壌改良剤の基本的な性質と土壌に対するその作用は、前述の通りであります。共通な基本的な性質は、フミン酸を中心にしてゐるからです。

しかし、個々の改良剤の特性、あるいはその効果——実証されているもののみではなく、期待されてゐるものをも含めて——は、それぞれに若干の違いをもつております。こゝではとりあげませんが、それは前の表るにせしめましたように、テンボロンはフミン酸カルシウム、アヅミンはニトロ・フミン酸マグネシウム、テルナイトBはニトロ・フミン酸ソーダ、テルナイトCとフミゾールはニトロ・フミン酸アンモニウムというように、それぞれのより所を異にしてゐることに關連してあります。

## 5. 無機質系の土壌改良剤

無機質系の土壌改良剤として知られているものも、かなり多数に上ります。表1には、その1部がわが国にもかなりよく知られているものをしめました。

原料としては、第三紀の鉱物が用いられ、その組成は珪酸とアルミナを主とし、その他の塩基に富むものが用いられております。土壌改良剤としての効果、あるいはその期待はその豊富な塩基の作用——土壌酸性の緩和、塩基の添加など——、養分および水分に対する吸着性、置換性などを利用しております。もちろん、個々の製品には、それぞれの特長をもっておりますので、若干の報告をいたします。

ベントナイト：

加水アルミナシリケート、 $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$  (モンモリロナイト) の主要構成物であります。ベントナイトについては、沼尾さんが報告されますので、こゝでは省略いたします。

ゼオライト：

加水アルカリ、アルミナ、シリケート (Hydrated alkali-aluminum silicate) で  $Na_2O, Al_2O_3, (SiO_2)_x(H_2O)_x$  となつています。人工的な合成品が多く、実際に産出されているものには、Ca, Mg, Feを含んでいます。

わが国では、秋田県横手市附近にゼオライトが発見されてから、その利用は急速に拡大され、土壌改良剤としても利用されるようになりました。

第三紀の凝灰岩、凝灰質頁岩が温泉作用により変質して生成されたもので、その主成分は沸石、モンモリロナイト、蛋白石、石英、ガラスなどであります。組成の分析結果は、表6のようになっております。

表6 ゼオライトの組成 (秋田県)

組 成	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
%	72.96	9.92	3.27	4.95	tr.	4.98	0.13	3.81

ゼオライトは吸着性がつよく、1例によりますと、NH<sub>4</sub>-N:85.5%、有機-N:90%、P:90%、K:80%の吸着をしめすと報告されています。

強い吸着性を利用して、石油、揮発油などの精製、製紙廃液の処理、温泉利用の加里肥料の製造、糞尿汚水中の肥料部分の吸着、脱臭悪臭除去、硬水軟化などに利用されています。

土壌改良剤としては、強い吸着性のために肥料分の流亡が防止され、保肥力、供給力を高めることができるし、水分の吸着によつて凍結温度を降下させ冷害防止の効果があるとされています。また、水蒸気および水分の吸着は、干害の緩和に効果があるとされています。組成成分中の塩基の作用によつて、土壌の酸性化を緩和し、中性を維持するといわれ、実際に使用して効果をあげている例も報告されています。

パーミキュライト：

加水マグネシウム、アルミニウム、鉄、シリケート (Hydrated magnesium-aluminum-iron silicate) で、単斜結晶、擬六方晶系、軟質、弾力性があり、熱濃硫酸に溶解し、

塩基置換容量をもっています。

福島県に産出される蛭石を900℃で焼成加工したものを、ベルミライトの名前で市販するようになってから、土壌改良剤としても利用されるようになりました。組成分は表7のようになっています。

表7 ベルミライトの組成

組成	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
%	39.82	2.74	18.59	19.23	7.24 ~8.16	0.98 ~1.04	5.2	5.8

焼成加工されたものは90%の気孔を有するきわめて多孔質の軽い物質で、断熱性を利用して建築材料として用いられますが、土壌に施用しますと、重粘土を粒状化し、通水通気性を増し、砂質土に施用すると保肥力、保水力を増加し、肥料の流亡を防ぎその供給力を増大することになります。酸性土壌に施用すると塩基の作用で酸性を緩和し、土壌の中性化を促します。

パーライト：

わが国にも各地に産する火山岩の一種であるパーライト・ロツク（真珠岩）を粉碎して、急激に900～1200℃で処理したものであります。この処理によつて原石の10倍の容積に膨脹します。きわめて多孔質の軽い雪白色の物質で、建築材料のほかボイラーなどの断熱材、研磨材、窯業およびペンキなどの添加材などに用いられています。

農業（園芸を含む）では、パーライトの有孔物質の特性を利用し、土壌面蒸発の抑制を含む保水性の改善、通気性の改善を目的として使用されます。養分に対する保持力および供給力は、吸着あるいは結合の形ではなく、水に溶解した形で保水力との関連で考えられます。

化学的組成分は表8のようになります。

表8 パーライトの組成

組成	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	その他
%	76.27	13.87	0.67	0.81	4.32	0.42	3.32	0.26

分析結果によりますと、K<sub>2</sub>O がかなり含まれておりますが可給態でないために肥料的な価値は期待できないようです。

## 6. 問題点の要約

合成高分子を除く有機質系および無機質系土壌改良剤について、主としてその性状を中心に報告いたしました。

有機質系土壌改良剤は、いずれもフミン酸を中心にしております。フミン酸は一定の組成をもつ化合物ではなく複雑な性質をもっているが、カルボキシル基、フェノール基をはじめ多数の活性基をもっております。この活性基の作用によつて土壌改良の効果が期待されているのです。

さて、土壌学の今日の到達水準では、一般的には団粒構造の土壌が単粒構造の土壌よりも優れていることを明らかにいたしました。また、土壌の団粒化には諸種の要因が作用しますが、有機物の分解過程の生産物およびフミン酸あるいはフミン酸カルシウムが重要な作用をもっていることを明らかにいたしました。

このことから、土壌改良剤（有機質）のすべてのものが、例外なく団粒形成についての試験研究に供用されております。

無機質系土壌改良剤は、その豊富な塩基と大きな吸着性、置換性などを利用して、養分と塩基についての土壌の性質を改善しようとしております。また、焼成加工によつて、きわめて孔隙に富む物質となることを利用して、土壌の水分、空気に関する性質の改善をはかろうとしております。

このような方向、方法は恐らく妥当なものであると考えられますが、具体的にはさらに検討を必要とするかと思ひます。

その他にも討論すべき問題は多いと思ひますが、限られた時間内には多くを望めないと思ひますので、基本的な問題点をあげてみました。

## 7. お わ り に

最後に、この報告は、燃料研究所報告第67号、亜炭の化学と其の利用（第一報）、樋口耕三、1952の外に、土壌学の普通の教科書を参考にいたしました。それと同時に土壌改良剤を作つておられる各社に資料の御提出を願つて参考にいたしました。各社の御名前をあげるのは省かせて頂きますが、熱心な御協力に厚く御礼申し上げます。

報告の内容はきわめて不十分であつたかと思ひますが、討論によつて補足し、今後の試験研究と改良剤の発展を促したいと思ひます。

## 土壤改良剤の性状(2) 合成高分子

川 口 桂 三 郎 (京都大学農学部)

### I は し が き

土壤改良剤としての合成高分子の性状を考察するまえに、もつとも広い意味での土壤改良剤の分類と  
その中における合成高分子の位置をみてみたいとおもう。

土壤改良剤の分類：いろいろの分類法があるが、ここでは次のように行なつてみる。

#### (A) 不活性改良剤

これは土壤の粒団形成を目的とせず、自身が持つている化学的ないし物理的性質を土壤中に持ち込む  
ものである。

1. 化学的性質の改良剤 一部の肥料、たとえばアルミナ質土壤の改良に用いられるリン酸肥  
料や含鉄資材、石灰などである。
2. 物理化学的性質の改良剤 ベントナイトの他、オーヤダイト(大谷石の粉末、鉱物学的には流  
紋岩質凝灰岩)ゼオライトなど
3. 物理的性質の改良剤 パーライト(真珠岩焙焼物)、ペルミライト(蛭石焙焼物)など

#### (B) 活性改良剤(粒団形成剤)

それ自身の持つている性質を土壤に付加することよりも、主として土壤中における粒団形成剤として  
作用することを目的としている。

1. 堆肥、稲わら、麦かん、野草など これらの天然物は肥料としての効果の他に土壤微生物  
の栄養源となり、微生物の増殖を促し従つて微生物の分泌するポリサツカライド類の増加をきたす。  
これらのポリサツカライドは天然における有力な粒団形成剤であるが土壤中では合成高分子に比べ、はる  
かに容易に微生物的な分解をうける。

2. 天然物加工品 泥炭や亜炭の加工品で、テンポロン(旧称 SCP、泥炭の石灰処理物)、  
フミゾール、テルナイト(ともに亜炭の硝酸処理物)などが市販されている。これらのものの性状は美  
園氏がよく整理されて本誌に記述されている。

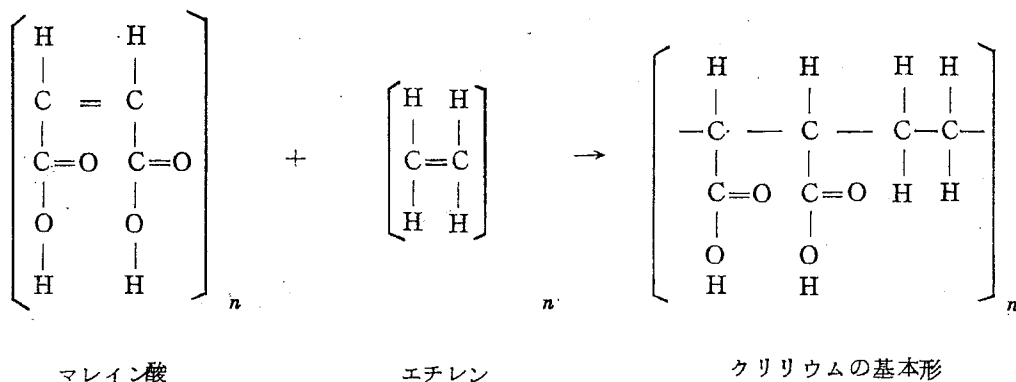
以上の2種がいわば生物的な活性改良剤であるのに対して、次の2種は非生物的な活性改良剤とい  
うことができる。

3. 無機コロイド コロイド酸化鉄、ケイ酸、マンガンなどであつて、自然の土壤中で粒団の  
形成には重要な役割りを果している。従つてこれらのものを、粒団の生成を促進し、土壤の物理性を改  
良する目的で土壤に施用することも考えられてきているが、いままでのところでは実用的には成功して  
いない。

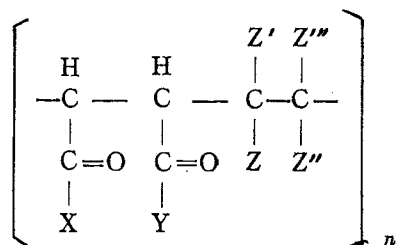
4. 合成高分子 これが狭義の土壤改良剤(Soil conditioner)であり、人工的な土  
壤改良剤の主流をなすものと考えられ、もつとも大きな夢を託しうるものである。

## II 合成高分子土壌改良剤の歴史と現状

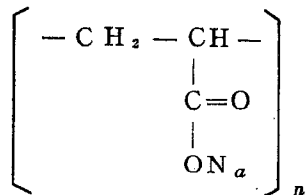
最初に世に現われた合成高分子土壌改良剤は1951年(昭和26年)末に米国モンサント社がクリリウム(Krilium)という商品名で発表した一連の水溶性高分子化合物である。これらの化合物はすべて、マレイン酸またはその誘導体とエチレン系(オレフィン系)の物質を共重合させたもので、マレイン酸の持っている—COOH基のため生成物が高分子でありながら水溶性でありまた多価陰荷電を有することとなり、エチレン系物質はマレイン酸の重合を助ける役目を果している。基本的には下のようになっている。



ただし上記の基本形の中のHの代りに多くの官能基などが代入しており、一般的には次のように示される。



そしてX, Y, Z, Z', Z'', Z''' の位置に種々の基の代入しているものが何れも粒団形成能のあることが知られている。また上記の反応から誘導生成される下記のポリアクリル酸塩~それに近い形態



のもの(HPANと略称されるもの)も代表的なクリリウムの一種である。その後石灰、窒素を分子中に含ませたものも作成されている。

いずれにせよクリリウムの特徴は高分子でありながら水溶性でありかつ陰荷電を持っている点にある。今日の知識からすれば必ずしもクリリウム形のものでなくても相当の線状高分子であり、かつ水溶性であるならば(このことがそう容易ではないが)粒団形成能を持つはずである。

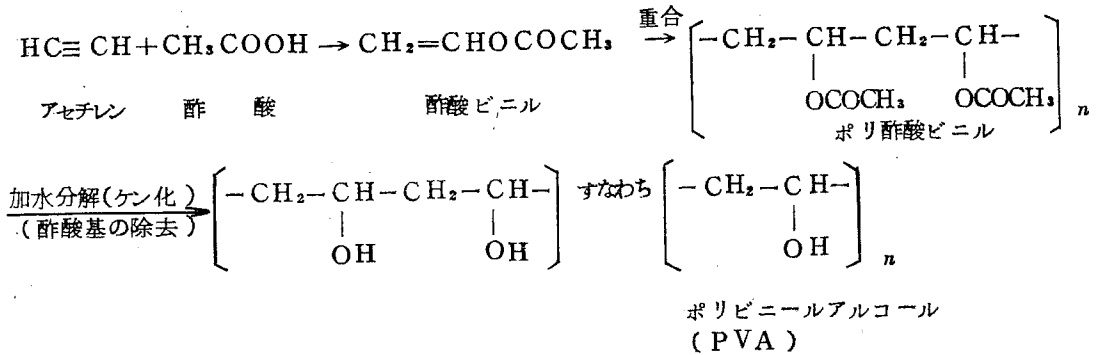
クリリウムがすぐれた粒団形成能を有しながら実用化さ



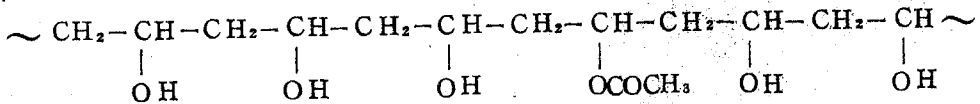
れるに至らなかつた経緯は奥田氏らが別項に述べているとおりである。

次に今日わが国の合成高分子土壌改良剤の主流をなしているポリビニールアルコール (Polyvinyl alcohol, ポバールあるいはPVAと略称される) はわが国で独特の合成法が研究されたもので、原料のアセチレンが石灰石とコークスと電気で作られるカーバイドであり、純国産品であるためクリリウムに比べてはるかに安く、その粒団形成能もクリリウムと大した相違はない。このものの効果はクリリウムが発売された当時から知られていたが米国では比較的高価であつたため改良剤としては開発されなかつた。( \*最近では石油化学工業から得られるアセチレンの方がより経済的となつている。)

さてポリビニールアルコールは次のようにして合成される。



このポリビニールアルコールから繊維をつくり、熱処理した後さらにホルマリンを作用させたものがビニロンである。また土壌改良剤として用いるポリビニールアルコール(以下PVAと書く)は繊維用のものとやや異なりポリ酢酸ビニルを完全に(100%)ケン化してしまわず、水に対する易溶性その他を考慮して85~90%程度のケン化度とし10~15%程度の酢酸基を残している。従つて式で表わすと次のようになる。



このものの重合度は1700~2000ぐらいのものが普通である。重合度が高くなると一般に粒団生成能は増すが溶解度が低下し取り扱いがむずかしくなる。PVAのもつとも大きな特徴は荷電を有しない、すなわちnon-ionicなことである。

なおPVA系以外のものとしてドロゲン(メラミン樹脂系)があるが、筆者は今日までこのものに関する研究を全く行なつていない。

また天然のセルロースを原料としたメチルセルロース(MC)やカルボキシメチルセルロース(CMC)などを土壌改良剤として使用することも考えられるが、改良剤としては分子が小さくまた土壌中で微生物による分解を受けやすいので実用化は困難であろう。

### Ⅲ 合成高分子（線状高分子）による粒団形成機構の概略

高分子が土壌を団粒化（または粒団化）する機構あるいは高分子と土粒子との相互の反応を知ることは、改良剤そのものの開発、改良や使用法の合理化のため是非必要な事柄であり、また学問的にも興味深い問題である。さて天然の高分子を含めた高分子と土壌粒子との結合様式については、ここ10年余りの間に数種の説が出されているが、いずれも十分な実験的証明が得られておらず、仮説か推論の域を出ていないが、簡単にこれらを紹介する。

1. 静電説 ポリアニオンの高分子が土壌粒子表面の置換態多価カチオン（たとえば $\text{Ca}^{+2}$ ）を仲介として粒子と結びつくとする説である。この説は土壌の置換態カチオンを $\text{Na}^+$ や $\text{H}^+$ のような1価のもの、従つて粘土と高分子の両方に結びつくことができないカチオンにした場合にも粒団がよく生成することから否定されている。しかしこの説はポリアニオンの高分子が置換態カチオンと結合すると考えるから不合理を生ずるので、粒子表面にあるアルミナの沈積、結晶の端その他の陽荷電部位に結合すると考えればよいのである。この種の結合様式は確実に存在するとみてよいだろう。

2. アニオン置換説 ポリアニオンである高分子が小分子のアニオンと全様に置換態で土壌粒子に吸着されるとするものである。ポリアニオン性のものであればこの種の機構も存在するかも知れない。

3. 水素結合 粘土表面の酸素原子と高分子の持つ $-\text{COOH}$ 、 $-\text{OH}$ 、 $-\text{NH}_2$ などの水素原子との間に水素結合が起るとする説である。この種の水素結合は確かに起るが、ただ水素結合の結合エネルギーは低く（結合力が弱く）粒団形成の直接の要因とはなりにくい。

4. カチオン置換説 これはポリカチオンである高分子の場合に適用される。

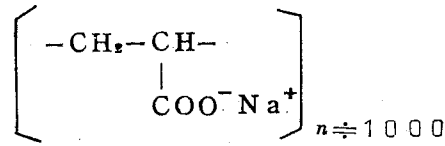
5. 共有結合水層説 これは上記の諸説とは全然異なり高分子と粘土とが直接結合せず両者の間に水の数分子層が介在し、これが接着作用をするというのであるが、その後X線回折による研究の結果この種の水の介在が全く無いことが明らかにされた。

さて以上の諸仮説を通じての共通の欠陥は単一の機構によつてすべての高分子と粘土との結合や高分子の粒団生成機構を説明しようとした点にある。著者の見解では少なくともポリカチオン性なものとクリリウムのようなポリアニオン性なものとPVAのような荷電を持たないもの3者では全く異なつた機構を考えるべきである。また高分子中に導入された側鎖の種類によつてもこれらの機構の変化が起りうるものであつて、詳細に論ずるならば高分子の種類毎に多少ともその作用機構が異なるといつても大した過言ではない。

### Ⅳ 合成高分子と土粒子との反応 — 懸濁系における —

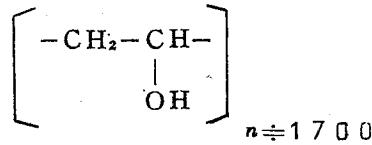
合成高分子と土粒子との相互の反応をみるために、まず懸濁系について考察してみよう。試料や測定法としては次のものを用いている。

高分子： ポリアニオン性なものとして重合度約1000のポリアクリル酸ソーダ（ $\text{NaPA}$ と略記）



ポリアクリル酸ソーダ

ノンイオン性なものとしてポバール (PVA、重合度約1700ケン化度約88%のもの)



粘土 : 局方カオリン (鉱物的には石英とパイロフィライト) これに粘土の酸性カチオンの主体である  $\text{Al}$  との関連づけの意味で  $\text{AlCl}_3$  の所定量を加えている場合がある。

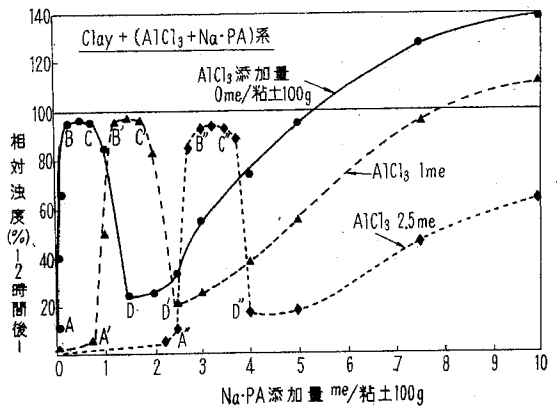
相対濁度の測定法 : 粘土 300mg を 30 ml に懸濁し、所定の処置をしたのち 30°C に保ち、所定時間後 5cm の深さから 5 ml を採取し、ピロリン酸ソーダを加えてよく分散させて比濁する。

安定フロク量 の測定 : 水中で 0.05mm (50μ) のフルイ上で静かに 50 回ふるい、フルイ上に残つたものを比濁法で定量する。

ポリアクリル酸ソーダ (ポリアニオン性) の場合

まず第1図は  $\text{NaPA}$  (ポリアクリル酸ソーダ、以下全様) の添加による粘土粒子の懸濁状態の変化であつて、粘土 (局方カオリン) に  $\text{AlCl}_3$  を加えた2つの場合の結果も示しているが、図の中の3つの曲線は互いに酷似している。また曲線上の A, B, C, D の4つの折点における pH は次のようである。

- A, A', A' の pH は 4.6
- B, B', B' " 4.70 ~ 4.85
- C, C', C' " 5.38 ~ 5.45
- D, D', D' " 5.60 ~ 5.70



第1図 ポリアクリル酸ソーダによる土粒子懸濁系 (塩化アルミニウム添加) の相対濁度の変化

この曲線の性質はポリアニオン性高分子の特徴をよく示しているので十分検討してみる価値がある。

さて pH 4.6 以下 (曲線の A より左側) では相対濁度の値がきわめて小さく粘土は凝集していることを示しているが、これはこの pH では粘土粒子表面のアルミニウムの活性が強く、PA (ポリアクリル酸) は  $\text{Al}$  と静電的にまたはコンプレックスを形成してイオン固定をし、糸まり状にかたまつた疎水性

のコロイドとなっており、粘土は凝集する。

次にpH 4.7~5.5すなわちBCの間では粘土は部分分散しているが、これはNaPAの量がまし凝集剤として作用しているAlを抑え、また粘土に吸着されたPAによつて粘土の陰荷電が増加したこととなり、粒子が反ばつ分散するためである。PAはまだ凝固しており粒子間の架橋能力はない。

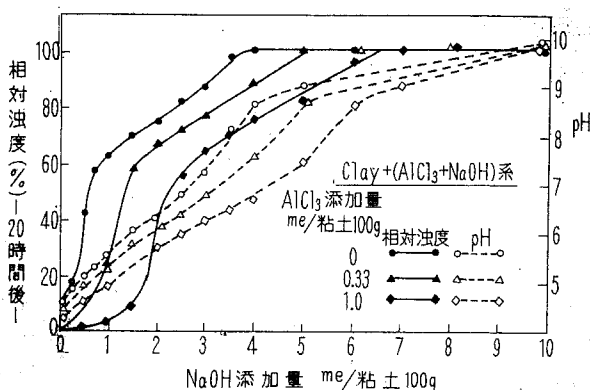
Cより右側すなわちpH 5.6~7.0程度になると、はじめてPAは線状に伸び粒子間の架橋が起こり、粘土は再び凝集する。この際PAは主として粘土表面のAlと静電的にも配位的にも結合すると考えられる。この粘土粒子間の結合は、後述の水中フルイ分けによつても確認できる。

Dより右の分散は i) pHの上昇により粘土もPAも陰荷電が増加し互いに吸着しにくくなる、ii) また粘土とPA間の吸着が起つても粒子相互の反ばつ力が増しているため架橋がしにくくなる、iii) 未吸着のPAによつて液の粘度が高くなっていることなどによつている。

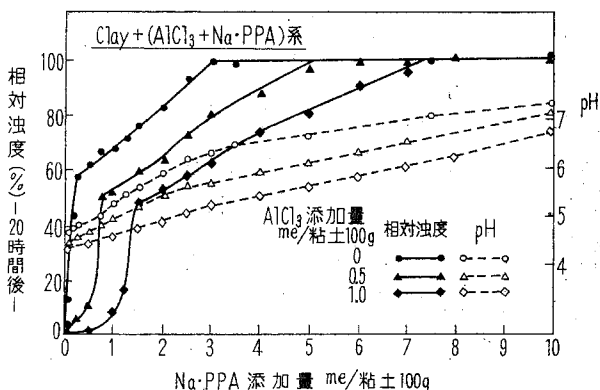
このようにポリアニオン性高分子の働きは系の反応(pH)によつて著るしく異なりまた粘土表面のアルミニウムの影響を強くうける。

第2図と第3図は、全じ実験条件下で添加剤としてNaPAの代りに小分子のNaOHとNaPPA(ピロリン酸ソーダ)とをそれぞれ加えた場合である。第2図ではAlがアルミン酸ソーダとして溶けるpH 8.6以上で、はじめて完全分散がおこり、またpH 5~6に変曲点がある。第3図のNaPPAの場合はNaPPAによるAlのマスクング、Alのキレート溶出およびNaPPAの粘土への吸着による負荷電の増加などによつて、NaOHの場合に比べてはるかに低いpH(6.1~6.4)で完全分散がおこっているが、曲線の形は高分子のNaPAの場合とは全然異なっている。

また第4図と第5図とはやはり全様の条件で粘土(局方カオリン)に(AlCl<sub>3</sub>とNaPA)および(HClとNaPA)をそれぞれ添加した場合の相対濁度、安定フロク量、pHを示している。(NaPAの添加量が一定で、AlCl<sub>3</sub>とHClとの添加量が増加している)第4図がAlCl<sub>3</sub>の添加量を多くした場合に粘土が凝集



第2図 カセイソーダによる粘土粒子懸濁系(AlCl<sub>3</sub>添加)の相対濁度とpHの変化



第3図 ピロリン酸ソーダによる粘土粒子懸濁系(AlCl<sub>3</sub>添加)の相対濁度とpHの変化

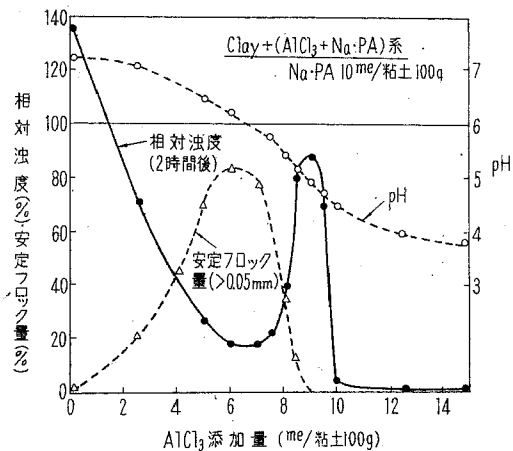
はしているが、水中でふるうとフルイの目を通り、結合がおこっていないことを示しているのに対して、第5図のHClを加えた場合は、すなわち多量のAlによってNaPAの働きが妨げられないときは、粘土とNaPAとの間に安定な結合があることがわかる。この後の場合も、HCl添加後長くおくと置換性Alがふえてくるため、粘土とNaPAとの結合は困難となってくる。

なおNaPAの代りに荷電のないPVAを用いると如何なる条件の下でも安定フロクは得られず(曲線が横軸に重なり図示できない)、PVAと粘土との間に強い結合のおこらないことを示している。PVAと粘土との直接の結合は水素結合だけに限られ、水中でのフルイ分けに耐えられないものと考えられる。このようにPVAと粘土との直接の結合力は非常に弱い。しかし粒団形成能はきわめて著しいのである。こうした点からも高分子の種類によって粘土との反応機構が異なることが示されている。

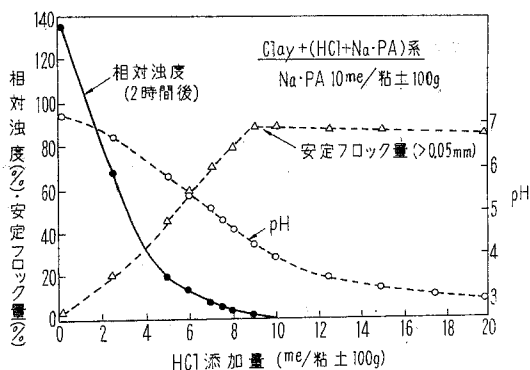
### PVA(ノンアイオニック)の場合

第6図は局方カオリンにあらかじめNaOHを加えてpHをつぎのとおり変えた場合について、PVAの添加量を変えた場合の相対濁度を示している

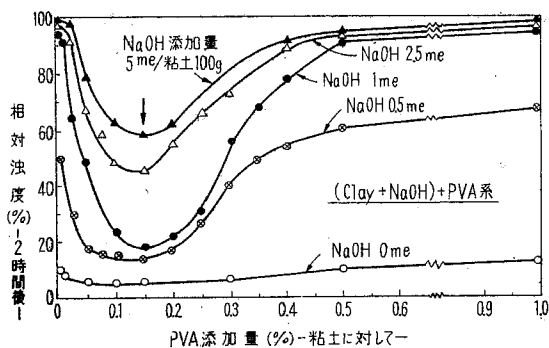
- pH=4.63 (NaOH=0 me)  
 =5.11 ( " =0.5 me)  
 =5.60 ( " =1 me)  
 =6.83 ( " =2.5 me)  
 =9.06 ( " =5 me)



第4図 ポリアクリル酸の土粒子連結作用におよぼすアルミニウム添加の影響



第5図 ポリアクリル酸の粘土粒子連結作用におよぼす塩酸添加の影響



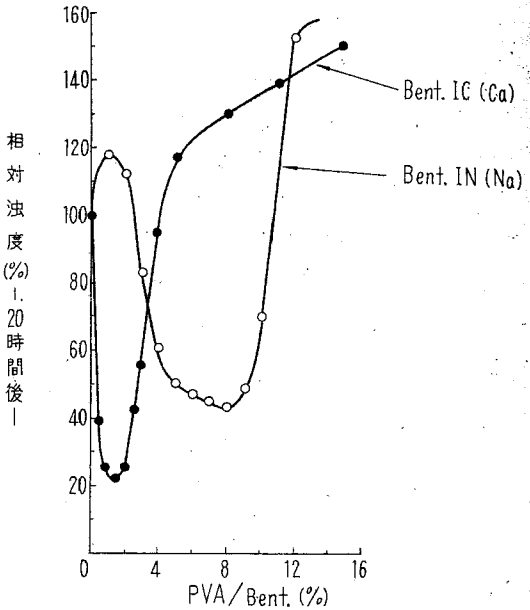
第6図 pHの異なる1%局方カオリン懸濁系におけるPVAの分散・凝集作用

が、NaPAを加えた場合と比較して、もつとも著しい差は最大の凝集を示す場合のPVA添加量が、系のpHに無関係である点にある。このPVA添加量は粘土の量(局方カオリン)に対して0.15%に当たる。次に第7図はNa型ベントナイトおよびCa型ベントナイトを用いた場合であるが、最大凝集はNa型のときにはベントナイトに対しPVAが8%の場合に、Ca型では1.5%のときに、それぞれ最大凝集がおこっている。

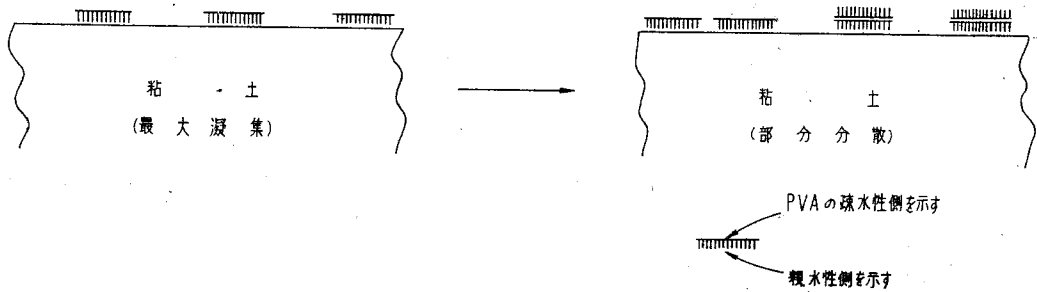
局方カオリンの場合の0.15%というPVAの量は単分子膜としてカオリンの全表面の $\frac{1}{3}$ をおおう量であり、またNa型ベントナイトの8%はベントナイトの全表面積(実測値275m<sup>2</sup>/g、外表面109m<sup>2</sup>、内表面166

m<sup>2</sup>)の約 $\frac{1}{2}$ をカバーする量である。PVAはそのOH基で粘土表面のO原子と水素結合し疎水性の炭化水素鎖を外側に向けるだけであり、この程度の吸着で粘土は凝集する。さらにPVAの添加量が増すと、粘土の全表面をPVAがカバーする前に、一部において、第8図に示すような炭化水素鎖側同士のフワンデルワールス結合がおこり、親水性のOH基が外側に向い、分散性をますものと考えられる。

また局方カオリンで0.4%、Na型ベントナイトで1.4%以上のPVAの添加ではじめて「あわ立ち」が認められるが、このことはそれぞれより以下のPVAの添加量では、ほとんどすべて粘土に吸着されていることやベントナイトの内表面(大部分はモンモリロナイトの層間と考えてよい)に相当量の吸着のあることを示している。



第7図 PVAによるBentonite suspensionの分散、凝集



第8図

高分子と粘土との複合体の生成 — 特にPVA・ベントナイト複合体 —

Ruehrwein & Ward (1952)が polyanionであるNa-polymethacrylate (NaMA) と polycationである poly  $\beta$ -dimethyl amino ethyl methacrylate droacetate (DMAEM) とを、それぞれ加えたNa-モンモリロナイトの(OOI)面間距離を定めた結果は第1表のとおりである。

ポリアニオンの場合には面間距離は変わらず、一方別の方法でこの高分子がモンモリロナイトに吸着していること窺われているので、この高分子は土の外表面の陽荷電部位に吸着していると考えなければならない。またポカチオンであるDMAEMの場合は(OOI)面間距離が広がっており、おそらくカチオン置換によつて面間に吸着していると推定されている。

さて荷電の無いPVAの場合はどうだろうか。

第2表は重合度、ケン化度をいろいろとしたPVAをベントナイト(豊順行のシリカライトA)に加えたのち乾した試料についての(OOI)面間距離であるが、4種のPVAのすべてに於て等しい面間距離の広がりが認められる。ポリアニオンのNaPAについてはこの場合も面間距離の変化は認められない。この面間距離の広がりは当然ベントナイトの主成分であるNa-モンモリロナイトの(OOI)面の広がりであつて種々検討の結果、次の事を確実に結論できる。

i) この面間距離 17.5~17.6 Åは、9図に示すようなモンモリロナイト層間に2分子層のPVAが入つた(1つの面に1分子層吸着されている) 合の値である。

ii) 粘土に対するPVAの添加量を

第 1 表

高分子電解質で処理したNa-Montmorilloniteの(OOI)面間距離

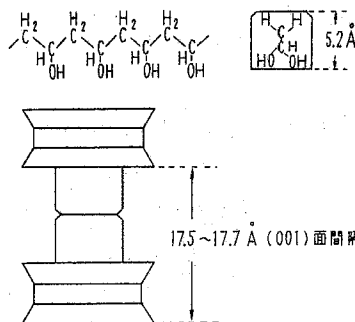
高分子	高分子/粘土	(OOI)面間距離
0	0%	9.7~10.1 Å
Na-PMA	5.4	9.9
DMAEM	7.4	11.4
DMAEM	20.2	12.8
DMAEM	66.5	14.4

第 2 表

PVA, Na-PAで処理したNa型ベントナイトの(OOI)面間距離

高分子	高分子/粘土	面間距離
無処理	0%	12.3 Å
PVA(重合度500,ケン化度99mol%)	15	17.5
"( " 1725, " 99 " )	15	17.7
"( " 1725, " 88 " )	15	17.6
"( " 2125, " 80 " )	15	17.5
NaPA(重合度1000)	15	12.5

PVA (ポリビニルアルコール)



第9図

15%以上になると層間に3分子層や4分子層の吸着が認められる。

(iii) ただし3分子層、4分子層の吸着エネルギーは低く、たとえば水洗などによつてその1部が洗い出される。

(iv) ベントナイトの層間に吸着された水は110℃の乾燥によつてほぼ完全に抜けるが、PVAを層間に吸着している場合は110℃の乾燥によつて(OOI)面間隔の変化は認められない。

(v) Ca型、Mg型モンモリロナイトの層間にはPVAは入り得ない。Na型とK型の場合に入る。

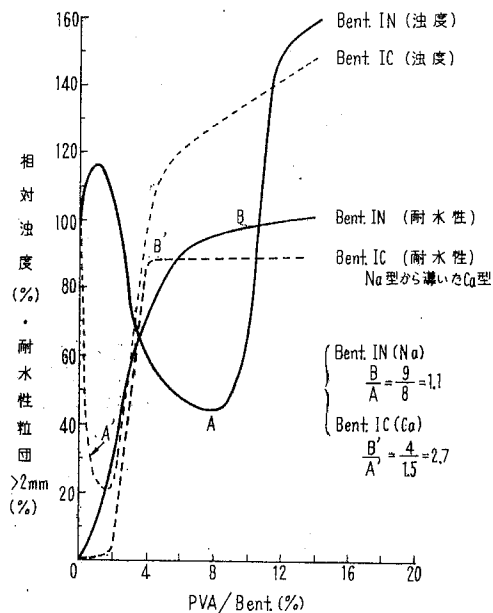
かくしてPVAはベントナイト(モンモリロナイト)の層間に入り安定な複合体をつくるとともに、その理論的な解析はまだ十分できていないが、この複合体自身がきわめて安定な耐水性粒団をつくる。このことはPVAの土壌改良剤としての性質の一層の向上のためにも使用法の改良のためにも非常に重要である。

たとえば第10図はその一例を示すものである。図のグラフの中の実線は十分に精製したNa型のベントナイト(INで示す)について、破線はそれから調製したCa型ベントナイト(ICで示す)について、1つは懸濁状態において種々のPVA/Bentonite比にPVAを添加した場合の相対濁度を、他は粘土が辛うじて流動する程度の水分状態で全じく種々の割合のPVAを加へたのち乾燥した場合の耐水性粒団の生成量(ベントナイトとPVAとだけからなる粒団)を、表わしたものである。この図から次のことが推察される。

(i) Na型ベントナイトでは9%以上のPVAの添加で全部のベントナイトが2mm以上の耐水性の粒団になっている。

(ii) Ca型では4%のPVAの添加でベントナイトの約88%が耐水性粒団になるがそれ以上にPVAをふやしても耐水性粒団は増加しない。このことはモンモリロナイトの層間にPVAの入った複合体(Na型)と、層間には入らず外表面にだけ結合している複合体(Ca型)との、それら自身の粒団化の能力の差を示すものであつて、これらの複合体が土壌そのものの粒団形成剤として用いられた場合には両者の差は一層大きくなるものと考えられる。

(iii) PVAとBent.だけの混合物の耐水性粒団量が最高値をとるのに必要なPVAの最少量(PVA/Bentの%)と懸濁液で最大凝集をおこす際のPVAの最少量との比(B/AおよびB'/A')がCa型で大きいのは層間複合体形成の困難さが主因になっているものと考えられる。このこと



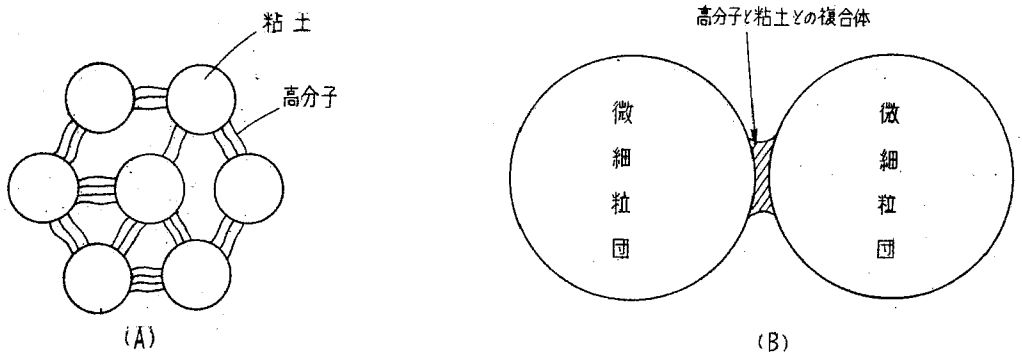
第10図 PVAによるBentonite suspensionの分散・凝集と複合体の耐水性



も下記のような粒団形成機構を考えるとCa型粘土がNa型に比べて粒団生成剤としては劣ることの理由になっているであろう。

## VI PVAによる粒団生成の機構

推論の過程を詳細に追う煩わしさを避け、結論を述べる。第11図の(A)に示すのはきわめて常識的な粒団生成の機構であるが、このような機構はイオン性的高分子であればあるいは多少ともおこり得るかも知れないが、PVAのような無荷電のものでは、粘土とは直接的には低い結合エネルギーの水素結



第11図 (相対的にみて、Bの大きさはAに比べて図に示されるよりもはるかに大きい)

合によるだけであり、(A)のような機構で安定な粒団はつくり得ない。そして著者らは(B)の如き様式を考えている。土壌中の粘土はファンデルワールスカ、無機ならびに有機のコロイドによつて多少とも微細な粒団をつくっており、この粒団の接触部に高分子と粘土との複合体が、メニスカスをつくるて接合作用を行なっている。このためこの複合体が耐水性であることが必要となり、またメニスカスをつくるために粘土の分散性なども大きな影響を持っているはずである。粘土は結合されるとともに粘土自体が結合剤の一部として作用している。

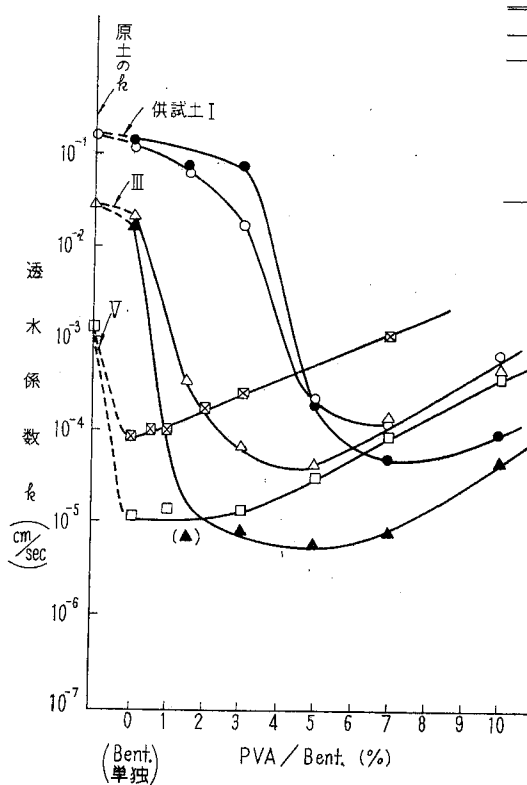
## VII 実用的応用例とむすび

以上高分子化合物の性状として、主として懸濁系における高分子の添加による粘土の分散・凝集現象とベントナイトとPVAの複合物についての研究結果の一部を述べた。前者は乾燥を伴わぬ土壌における粘土の行動の解明に寄与するものであるが、その応用例の1つを下記のa)に記す。後者は粒団の形成に直接関与するものであり、その応用例の1つをb)に記す。

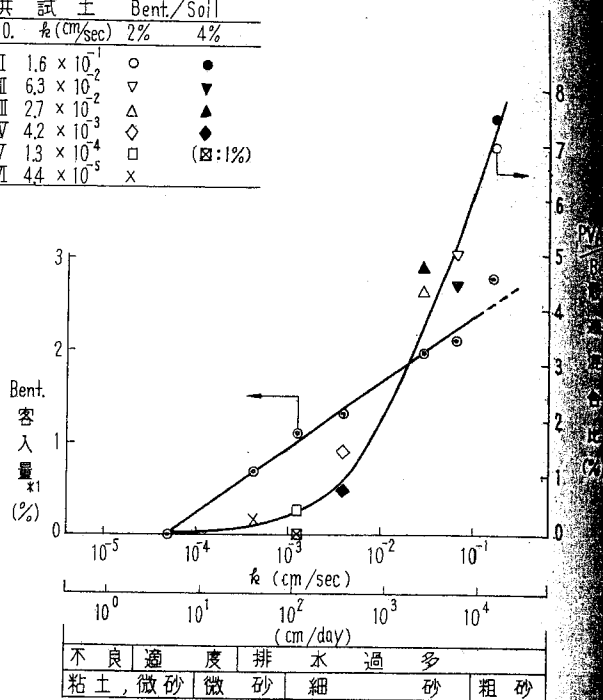
### a) 透水抑制剤としての利用

漏水田の透水抑制にベントナイト(Bent.)はすぐれた効果を示し、土地改良資材として実用に供

されている。しかし、透水性の大きい漏水田、砂地ではBent. が流亡し、その透水抑制効果はいちぢるしく低下する。この場合、PVAによつてBent. 粒子を連結することによつて、Bent. の流亡を阻止し、その効果を高めることができる。しかも先に述べたPVAの分散・凝集の機構によつて、Bent. に混合すべきPVAの最適量が存在し、このPVA/Bent. 比は、原土の透水係数と密接に関連していることを実験的に証明したが、その結果の一部を第12, 13図に示す。



供試土 NO.	k (cm/sec)	Bent./Soil	
		2%	4%
I	$1.6 \times 10^{-1}$	○	●
II	$6.3 \times 10^{-2}$	△	▲
III	$2.7 \times 10^{-2}$	▽	▼
IV	$4.2 \times 10^{-3}$	◇	◆
V	$1.3 \times 10^{-4}$	□	(⊗:1%)
VI	$4.4 \times 10^{-5}$	×	



第12図 PVA/Bent.比と土の透水係数との関係

\* 1. 最適PVA/Bent.比において、水田の減水深を 5cm/dayにするに要するBent. 添加量

第13図 原土の透水係数と最適PVA/Bent.比ならびに適正透水係数にするに要するBent. 客入量の関係

本実験では、6種の透水係数(k)の異なつた砂土を供試している。PVAを用いずBent. だけを客入したときはV, VI以外の砂ではBent. はすべて流亡する。そして第12図では、砂に対し一定量(1, 2, または4%)のBent. (豊順洋行、シリカライトA)を混入し、このBent. に異なつた比率でPVAを配合した場合の透水係数の変化を示している。Bent. が流亡するI, IIIではPVA配合によつてBent. の流亡は著しくおさえられ、kは顕著に低下している。すなわちBent. の透水抑制効果が大いに発揮される。そして各曲線の最小のkをあたえるPVA/Bent. 比以上では、Bent. の流亡は認められない。しかしkは増大しているが、これはPVAの凝集作用による。

第13図は第12図の結果から、原土(砂)のkと最適PVA/Bent. 比の関係をプロットしたものであり、さらに処理土のkが水田の最適減水深(ここでは5cm/day)になるために必要なBent. の

客入量を求めて図示した。原土のkを測定すれば、この図から客入すべきBent.量およびPVA量を推定することができる。すなわち、原土のkが大きくなるにつれて、Bent.量もPVA/Bent.比も大きくしなければならない。

本実験結果は、またBent.の透水抑制作用はBent.の膨潤によるだけでなく、そのすぐれた分散性にもとづく配向沈積に大いに影響されるとの著者らの説を確証づけるものである。なお、本改良剤は水田に層状施用した場合にも、また砂丘地などの砂質畑に客入した場合にも大いに有効である。

b) 火山性土（アロフェン質土壌）における粒団形成剤としての利用

既知のすべての線状有機高分子は非火山性土（結晶性粘土を主要粘土鉱物とする土）の粒団形成に対し、有効であるが火山性土では効果がない。PVAも例外ではない。

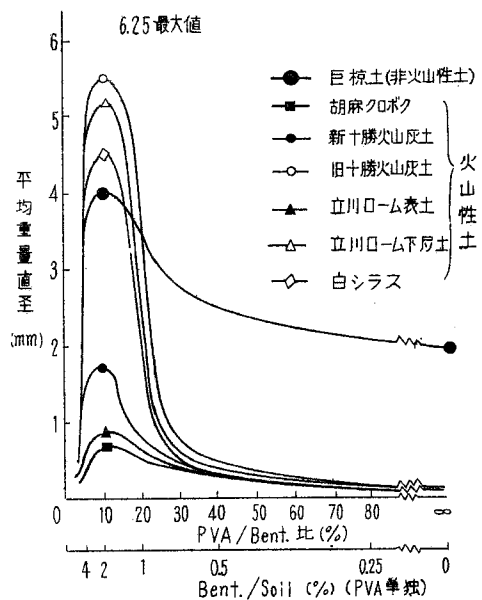
ところが、前述の高分子による粒団生成機構に関する基礎研究から、PVAとBent.の混合物は、この火山性土に対し顕著な粒団形成能を有していることを明らかにした。

第14図は数種の腐植質および無機質の火山性土に、PVA 0.2%を一様に添加し、これにBent.の添加量を変えて加えた場合の耐水性粒団量を平均重量直径で表示したものである。図の曲線の右端はPVA単独使用の場合で、非火山性土の巨椋土では効果が認められるが、他の火山性土ではすべて全然無効である。曲線が左に向うに従い（PVA/Bent.比が下がるにつれ）粒団量は増し、PVA/Bent.比が約10%付近で最大の結合力が得られた。

以上の結果は分散性粘土が火山性土壌に吸着されるという既知の事実と、分散性粘土と非イオン性高分子とが耐水性粒団をつくるという新しくみつけた事実の組合せによつてゐる。すなわち、土粒子相互はPVAとBent.の複合体から成る連結橋によつて結びつけられているのである。なお、PVAとBent.の最適混合比は土壌の性状にあまり影響されることなく、主として

両者の品質によつて変わることを、また最適混合比の存在する機構なども明らかにしているが省略する。

以上、本研究室において高分子の基礎的研究に基づいて新しい改良剤をつくり出した応用例の一部を紹介した。なお、実地への施用効果例については別の機会に譲る。



第14図 PVA 0.2%一定添加におけるPVA/Bent.比と平均重量直径との関係

# 日本農業と土壌改良剤\*

奥田 東（京大農）

御承知のように、土壌改良剤特に合成高分子系改良剤は10年位前にアメリカのモンサント社から“クリリウム”という商品名で販売され、その後他社からもいろいろの製品が紹介されました。そして、その当時アメリカばかりでなくわが国の学界、業界をもにぎわせました。ところが、その後アメリカでは改良剤ブームも次第に下火になりました。そこで日本でもそのようになるのではないかとのご意見も一部あるようですが、私はそうであるとは考えません。

と申しますのは、アメリカの農業と日本の農業とは根本的に違っているからです。したがって土壌改良剤がアメリカで問題にならなくても日本では問題になると思います。

その理由を申しあげますと、まずアメリカは御承知のように土地が非常に広く土壌条件の比較的良いところを耕地としています。日本ではそのようなわけにはゆきませんから重粘な土地も、傾斜地も、交通の便さえあれば全部耕地にしています。つぎに、アメリカでは特殊な地域を除いて一般に輪作の中に緑肥作物をとり入れ、それによつて土壌に有機物を補給しています。それでもなお有機物が足りないという問題があるようです。一方日本では輪作をとり入れるだけの農地はそうありません。先般北海道へ行きましたが、北海道では輪作も可能でしょうが、内地特に近畿地方では不可能かと思ひます。またアメリカは雨量が少なく、耕地は概して平坦ですが、先に申しあげたように、日本では可成りの傾斜地も耕地として利用し、その上雨が多いので当然土壌侵食がおこります。したがって土壌の物理性の改良が問題になります。さらにもう一つの理由は収量の問題です。アメリカの農業では単位面積当りの収量が少なくとも面積でおぎなつてゆけますが、日本では面積でおぎなうことができませんから、土壌を改良して単位面積当りの収量を極力あげてゆかなければなりません。

以上の理由から、アメリカで問題にならなくても、日本では土壌改良、そういう意味において土壌改良剤が大切になると思います。

さて“クリリウム”が紹介された当時、農林省では試験研究の結果、日本農業は“クリリウム”などを問題としないで、どこまでも自給肥料でゆくべきであると一応結論づけられたようであります。しかし当時の農業に比べ現在の農業は変つてきており、これからの農業は更に変つてゆくと思ひます。当時農村では過剰労働力、二・三男対策ということが重要な問題になっていました。したがって、資材を購入して土壌改良をするよりは、山草を刈つてでも自給肥料を増産して土壌改良をすべきだと考えたので、これは当然のことと思ひます。現在は農村においても深刻な労働力不足ということで農業事情は非常に變つてきています。

またこれからの農業の推移は、誰にもはつきり予測できませんが、私なりに予想しますと土壌改良剤はやはり重要になると考えます。かつて土壌改良剤は成功しませんでした。これから説明しますように、これからの農業では改良剤が成功する公算が非常に大きいと思ひます。

---

\* 本文の土壌改良剤は合成線状有機高分子系改良剤をさす。（編集者注）

(1) 特許 “クリリウム”が入った当時、日本でも二、三のメーカーが試作品を作りました。しかしモンサント社が広範な特許を取っており特許料を支払わなければなりません。そこでメーカー特許料を払ってまで製品化することに踏みきれなかつたと思います。しかし最近の改良剤は外国に特許料を払う必要はありません。

(2) 価格 “クリリウム”は土壌改良上たしかに効果をもつていましたが値段が高くて、とても経済的になりませんでした。当初1Kg 1,500円で、その後1,000円まで値下げしましたが、これは何としても高すぎます。最近の合成高分子系改良剤は1Kg 750円から550円程度までになつて、将来更に値下げできる見通しのようです。

(3) 作付体系 土壌の物理性の改良は水田でも大切ですが、畑地において特に重要な問題です。現、畑作振興が叫ばれています。蔬菜園芸作物はもちろんのこと、家畜飼料も自給しなければなりませんから飼料作物の増産も必要です。このように畑作が増加しますと、畑地土壌の物理性の改良が必要で、また水稲も将来直播栽培になれば、やはり水田土壌の物理性改良が問題になります。

(4) 機械化 日本農業が機械化されてゆくことは間違いありません。その際、機械の能率を考える土壌の物理性が問題になります。たとえば重粘土壌では機械化しにくいですが、それを団粒構造にすれば機械化を容易にし、また機械の作業能率を高めることができます。

(5) 自給肥料の減少 先ほど申しましたが農村では労力不足をきたしています。それだけでなく、家の生活向上を考えなければなりません。昔のように、また今日も残っていますが、朝早くから山野出かけ、草を集めて自給肥料(堆肥)を作るような農業に対しては、若い人は魅力を失つてきています。この傾向は更に強くなると思います。また緑肥を輪作に採り入れるだけの余裕もありません。さら厩肥について考えてみましょう。一方では畜産振興の声もあり、それにともなつて厩肥は増産されるでしょう。しかし今までのように多角化経営として各農家が少数の家畜をもつことはむずかしくなつて、頭飼育、主産地形成という方向をとるでありましょう。そうなりますと厩肥は増産されても、それは、る地域に偏在し、厩肥の捨て場に困るところと、厩肥が欲しくても無いところとができるでしょう。

(6) 作物選択性の拡大 種々の作物を作りうる圃場を造らなければなりません。すなわち、作物に對し不適地を適地に変えてゆくことが農業経営を安定させるために必要です。従来ある作物の適地でその作物に對する土壌改良試験をしていたから、その成果が出にくい面もありました。今後は、ある作物に對して不適地をも土壌改良して適地に変えてゆかなければならぬし、そうすることによつて土壌改良剤の効果がたかめられると思います。

(7) 栽培の省力化 土壌改良しても従来の栽培法をそのまま採用して、それで増収が得られないから、土壌改良の効果がないように判断される場合がありますが、それは間違っています。土壌改良すれば、それにともなつて栽培法を変えてゆくことが必要です。

土壌改良剤を使つて中耕を省くことができるようになったという試験成績もありますが、このような結果も、栽培の省力化という面から、これからの農業にとつて大切な問題だと思ひます。

# 土壤改良剤による水田及び砂質畑の改良

富士岡 義一 (京都大学農学部)

## I ま え が き

土壤改良剤は主として土壤の物理性の改良を目的としたものと考えられる。耕地土壤の物理的な性質については、従来土壤の化学的な性質が優先されなごりにされてきたのであるが、近年物理性の重要性が一般に認識されるようになってきた。耕地土壤の物理的改良の目標は言うまでもなく、それぞれの作物の生育に最適の状態にならしめることである。この物理性の改良は骨組的な改良と部分的、あるいは微細な改良とに分けられる。すなわち、前者は土地改良(かんがい排水、床締め客土などによる改良)であつて、先ずこれが先行し、後者の土壤改良剤による部分的あるいは微細な改良が前者の改良に引き続いて行なわれるのが合理的である。しかし場所によつては骨組的な改良の必要がなく直接細部の土壤改良剤による改良が必要な場合もある。耕地土壤の物理性を考える場合にはその対象を一応水田と畑に分けて考えるべきである。

水田土壤において水稻の生育に最適な状態と言へば、多数の物理性が総合されたものとして透水性がその代表的指標と考えられるので、適正浸透量(5~10<sup>mm</sup>/day)にならしめることとなる。従つて透水過多田は床締め客土、土壤改良剤などにより透水抑制を行ない、一方透水過少の場合には暗渠排水により、また土壤改良剤による団粒化などによつて適正浸透にできるだけ接近させることが必要である。

畑地土壤においては、保水性並びに通気性がその代表的指標となり、適正な保水性通気性にならしめるために客土、土壤改良剤及び暗渠排水、土壤改良剤が有効になつてくる。これらを一覧表にすれば(表-1)の通りである。

(表-1) 耕地土壤の物理性改良と土壤改良剤

### I 水 田

透水性(水量、水温、肥料成分)

- (1) 透水過多 → 透水抑制 → 客土
  - (a) 砂質土 { 一般砂質土(沖積土) → ベントナイト  
砂丘砂 → ベントナイト+PVA
  - (b) 火山灰土 ベントナイト+PVA
- (2) 透水適正(適正浸透量)
- (3) 透水過少 → 透水促進 → { 暗渠排水  
土壤改良剤

### II 畑 地

保水性、通気性(水量、地温、肥料成分)

- (1) 保水性過少、通気性過多 → 保水力増強 → 客土  
砂丘砂 → ベントナイト+PVA
- (2) 保水性、通気性、適正
- (3) 過湿、通気不良 → 透水促進 → { 暗渠排水  
土壤改良剤

わが国は耕地面積が狭小なため、可なり不良な土地をも利用しなければならないのであるが、土壌の物理性の改良で最も効果のあがるのは、適正な物理性から最もかけ離れているそれらの不良地の土壌である。また一面、経済性の高い作物栽培の場合には高度の改良を行なつても充分その効果を発揮することができるものであるが、ここでは主として極端に物理性の悪い漏水田及び砂丘砂などの改良について述べる。

## II 沖積砂質透水過多田の改良

透水過多田に対しては、床締め客土を行なうのが一般であるが、現在要客土水田付近に適当な客土用土を求めることが困難な場合が多い。そこで戦後脚光をあびてきたのがベントナイト客土である。以下ベントナイト（群馬産3.25メッシュ、膨潤度4.6）による透水抑制について述べる。

### (1) ベントナイトの特性<sup>(1)(2)</sup>

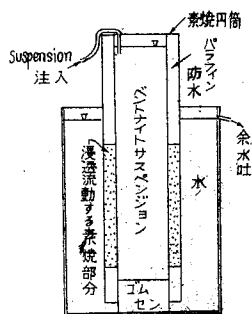
ベントナイトが著しい透水抑制効果を発揮するのは、その顕著な膨潤性によるものと考え、先ず第1にベントナイトの膨潤性について詳細な実験的研究を行なつた。ベントナイトの主成分は三層構造をもつモンモリロナイトであつてこの特性がベントナイトの特性として現われている。従つて二層構造のカオリナイトと対照しながら、イオンの解離と膨潤量、イオンの水和能と膨潤量、電解質溶液と膨潤量などの関係を明らかにすると同時に外部膨潤量（inter-miceller swelling）は内部膨潤量（intra-miceller swelling）より5～6倍大きいこと及び溶液濃度によつて影響を受けるのは外部膨潤量であつて、きわめて濃い溶液以外は内部膨潤には影響を与えないことなどを見出した。

それらの結果からすれば実際水田内の水中土壌中の溶液の種類及び濃度ではベントナイトの膨潤性はほとんど影響されないものと言える。

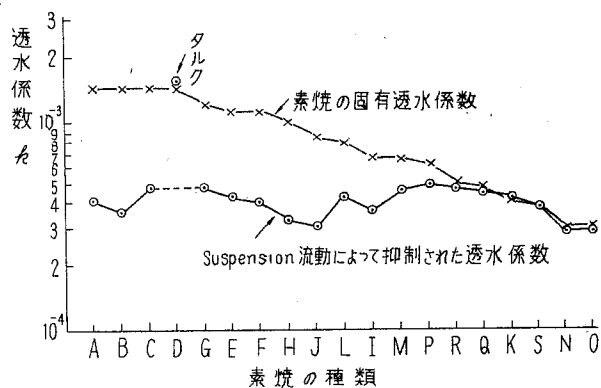
### (2) ベントナイトの透水抑制機構

ベントナイトの顕著な透水抑制は如何なる機構によつて起るかを分解的に究明すると以下のようになる。

(a) 完全に膨潤したベントナイトが浸透水中に分散し、これが土壌の有効間隙を閉塞、透水を抑制する。<sup>(3)</sup>



(図-1) 素焼円筒透水試験装置



(図-2) 素焼板の固有透水係数と suspension 浸透による抑制透水係数

これについては間隙構造の変化しない素焼円筒による横浸透によって実験を行なった。(図-1)参照、その結果は(図-2)の通りである。

またベントナイトは一般に非常に分散性に富み、分散度の大きいものほど構造粘性が大きく、それらの値の大きいsuspension (ベントナイト0.5% suspension 最大)ほど素焼円筒の透水を抑制することを明らかに示した。それらの結果を要約すると(表-2)のようになる。

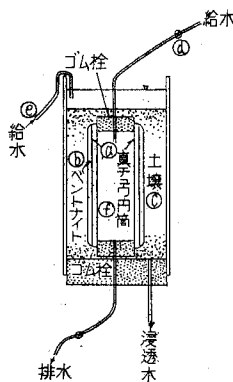
表-2

透水係数	←—————	$k = 3.5 \times 10^{-3} \sim k = 2 \times 10^{-4}$	—————→
減水深	←—————	$d = 3,024 \sim d = 173 \text{mm/day}$	—————→
客入ベントナイト完全浸透流亡	> 間ゲキ内流動並びに一時的閉塞 >		非浸透流動

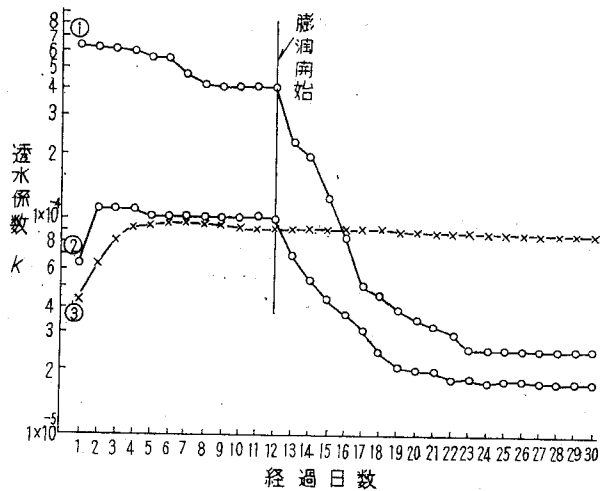
このようなsuspensionの浸透流動による透水抑制は不安定なものであるが、実際の土壌間隙内に封入されたsuspensionがその間隙の狭隘部を閉塞して透水を抑制する効果は大きくしかも安定しているものと考えられる。また以上の結果からすれば、土壌の透水係数が $k = 3.5 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$  ( $200 \sim 300 \text{ mm/day}$ )程度になれば浸透流亡しなくなることが確かめられた。

(b) ベントナイトを乾燥状態で土壌中に客入し、後浸透水による膨潤現象によりおこるベントナイトの容積増加と膨潤圧によつて有効間隙を閉塞圧縮することによる透水抑制<sup>(4)</sup>

先ず膨潤圧による透水抑制については(図-3)のような装置によつて純物理的に抑制される状態を定性的に検討するため模型実験を行なった。その結果は(図-4)の通りである。



(図-3) 模型実験装置

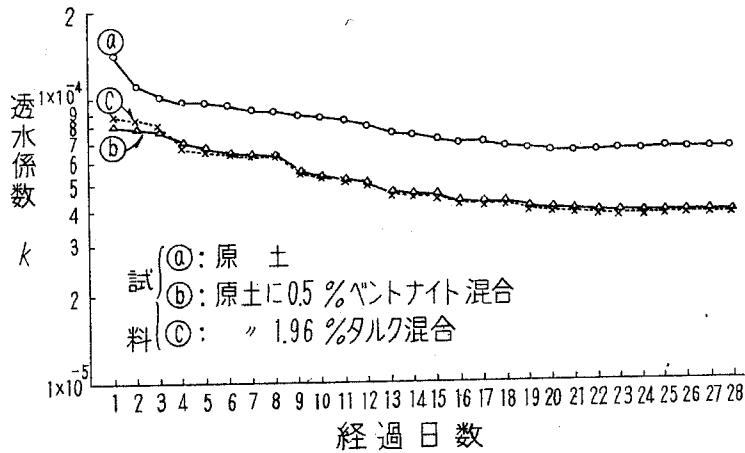


(図-4) 膨潤圧による透水抑制

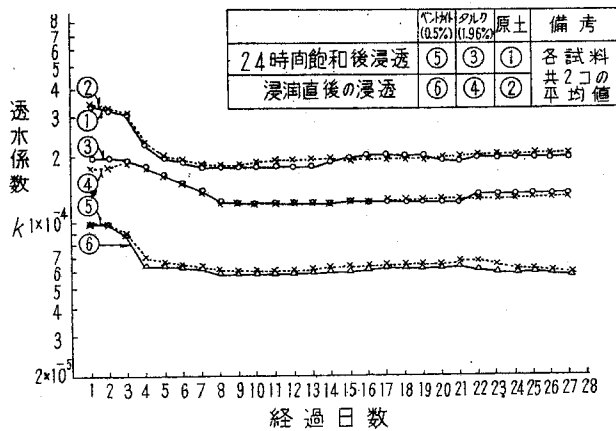


(図-3)は、②が多孔真テウ円筒でこれにガーゼを巻き、その上をきわめて薄い弾力性に富んだゴムをかぶせ、その間に0.3cmの厚さにベントナイトを詰めて透水試験器中央に挿入したもの。

次に客入土の容積と透水抑制との関係を見るために、完全に膨潤完了後のベントナイトとタルクの容積が同一となるように原土に混合し、土壌を飽水させて後透水試験器(内径5cm,長さ25cmのガラス円筒の定水頭透水試験器で以下透水試験はこれによった。)に詰めて行なった結果は(図-5)の通りであつて、全膨潤容積量が等しければベントナイトとタルクの透水抑制効果は等しい結果を示し、客入粘土の性質如何にかかわらず全膨潤容積量だけに支配されることが明らかとなつた。(このような試験においては土壌の練りの効果が大きく作用しているのは勿論である。)



(図-5) 試料飽和後透水試験器にそれをてん充した場合の浸透



(図-6) 浸透抑制の経時的変化

更に全膨潤量を等しくなるようにベントナイト及びタルクを混入乾燥状態で透水試験器に詰めて行なった試験結果は(図-6)の通りである。

これは膨潤圧による効果の差が現われているものと考えられる。

以上の各試験の結果をまとめると、(表-3)のようになる。

(表-3)

供試体の種類 \ 実験項目	乾燥状態からの浸透における安定透水係数 $k_1$ 〔(2)項の実験〕	飽和後、てん充した浸透における安定透水係数 $k_2$ 〔(3)項の実験〕	(2)項の $k_1$ に対する(3)項の抑制率 (練り効果による)
(N) 原土のみ	$k_{2N} = 2 \times 10^{-4}$	$k_{3N} = 6.7 \times 10^{-5}$	67%
(T) タルク客土	$k_{2T} = 1.2 \times 10^{-4}$	$k_{3T} = 3.9 \times 10^{-5}$	67%
(B) ベントナイト客土	$k_{2B} = 5.6 \times 10^{-5}$	$k_{3B} = 3.9 \times 10^{-5}$	30%
原土(N)の $k_1$ に対する(B), (T)の抑制率	(T): 40% (全膨潤容積量による)	(T): 42% (全膨潤容積量による)	
	(B): 72% (全膨潤容積量+膨潤圧による)	(B): 42% (全膨潤容積量による)	

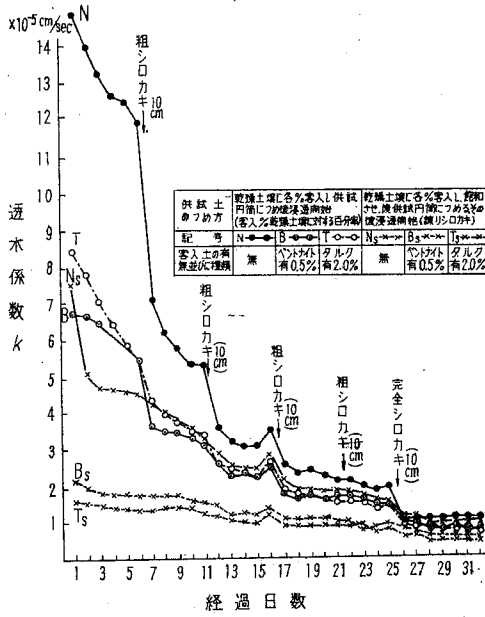
上表で明らかなように、結局これらの透水抑制の効果は原土に対して全膨潤容積量によるものは約40%、膨潤圧によるものは約30%、練りの効果は約67% (ベントナイト混入の場合は約30%) となっているが、要するに膨潤度の高いものほどよく透水抑制効果を発揮していることがわかる。従つて結論的には、ベントナイトによる透水抑制の機構は主としてその全膨潤容積量と膨潤圧によるものであつて、練りの効果がそれを更に大きくしていることを明らかにすることができた。

### (c) 代播における透水抑制<sup>(5)</sup>

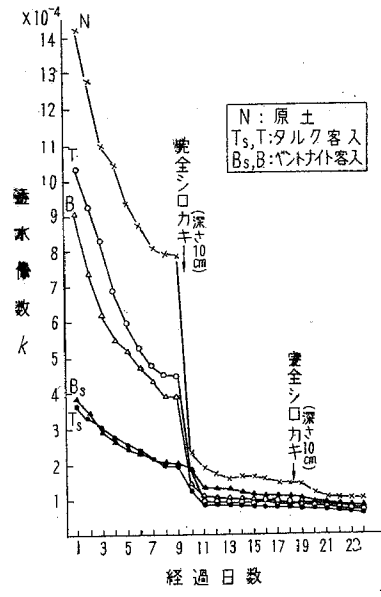
以上の試験からも明らかなように代播による透水抑制は土壌を練ることにより土壌粒子の配列を任意配列から平行配列に変えて密度を増し有効間隙を減少させるいわゆる練りの効果が現われるのである。代播における場合のベントナイトの透水抑制の状況を知るためにベントナイト及びタルクを客入した場合としない場合について、粗代播、完全代播、練り代播、などの方法により室内及び圃場で行なつた試験の結果は(図-7)、(図-8)、(図-9)、に示す通りである。

以上の結果によれば、代播方法別による透水抑制効果の大きさは、練り代播、完全代播、粗代播の順となるが、ベントナイトを客入すれば粗代播でも練り代播とほぼ同様な効果が現われること及びこの供試土(粘土含量23~28%)では練り代播を行なえばベントナイト客入の必要がないことが知られる。

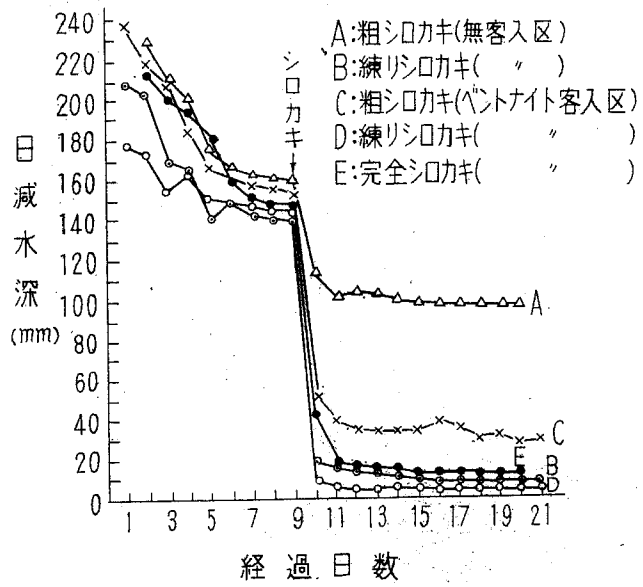
更にこれらの関係につき、粘土含量を異にした土壌について練り代播を行なつた状態で透水試験を行なつた結果は(図-10)の通りである。



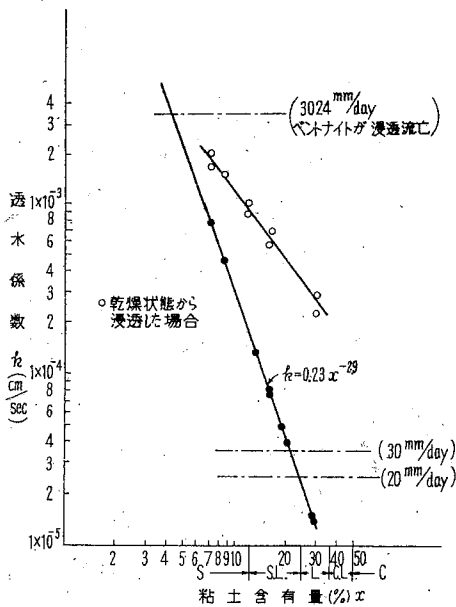
(図-7) シロカキ方法別による透水抑制現象



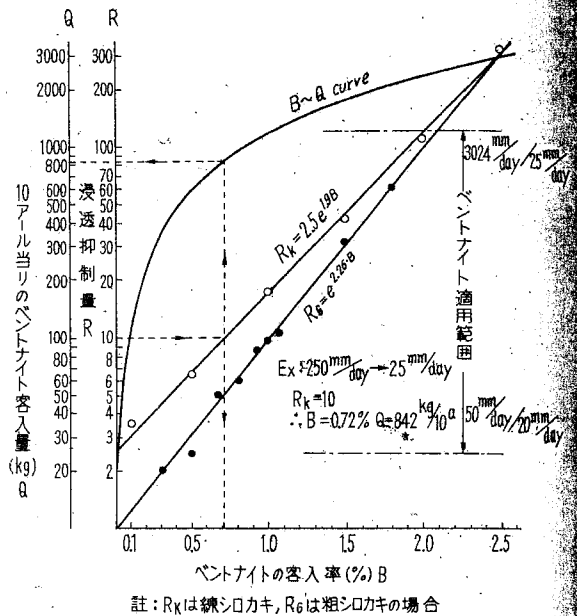
(図-8) シロカキによる透水抑制の状況



(図-9) シロカキ方法と減水深との関係



(図-10) 粘土含有量と練シロカキによる透水抑制との関係

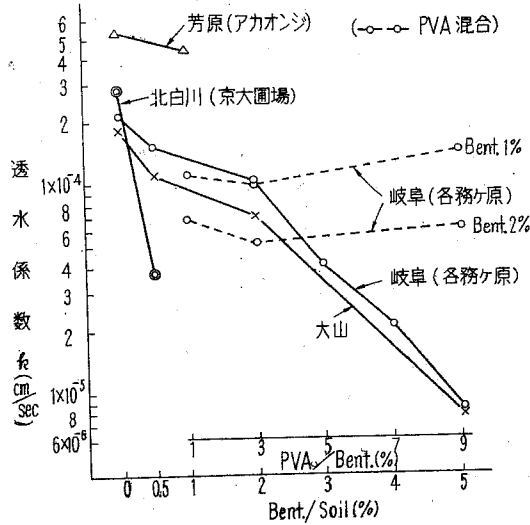


(図-11) ベントナイトの客入量と浸透抑制量との関係

この結果からすれば、粘土含量が20%以上あればベントナイト客入の必要はないことがわかる。従って結局ベントナイト客入の必要なのは、ベントナイトが浸透流亡しない ( $k = 3.3 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ) 粘土含量約5%と20%との間の土壌であることが明らかとなり、それらの土壌について粘土含量(x)とその固有の安定透水係数( $k_0$ )とR関係は  $k_0 = 0.23 x^{-2.9}$  となる。従って過剰な ( $k_0$ ) を適正な透水係数 ( $k_c$ ) に抑制するために必要なベントナイトは、抑制率を(R)とすれば ( $R = k_0/k_c$ )  $R = 25 e^{1.9B}$  となりベントナイト量(B)が合理的に求められる。この関係を図式化したのが(図-11)であつて、Rを見出せばベントナイト客入量は簡便に決定できる。

### III 火山灰透水過多田の改良

一般の沖積砂質漏水田であれば(図-10)、(図-11)に示したように土壌重量の0.5~10.0%のベントナイトを客入するとその目的が達せられるのであるが、火山灰土の場合には(図-12)に示すように最初から2~3%以上の多量のベントナイトを客入しないと抑制効果を発揮しない。この原因については恐らく火山灰中に含まれている活性アルミナがベントナイトの外部膨潤をさまたげているのではなからうかと考えられる。(表-4)参照、更にベントナイトにPVA (Polyvinyl alcohol) を混合したものを客入すると可なり抑制効果が促進される。これらの関係については目下詳細な実験的研究を続行中である。



(図-12) ベントナイト客入量と透水抑制

表-4  $Al_2O_3$  ( $mg/100g$ ) 含量

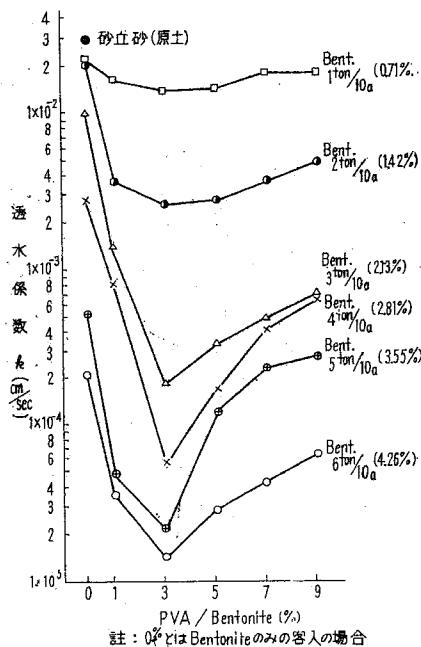
供試土	処理法				
	NKCl	$H_2O_2$ N-KCl	$Na_2S_2O_4$ Na-Citrate	acidic K-Oxalate	0.5N NaOH
芳原 火山灰土	6	48	2165	13280	625
岐阜 " "	194	1945	1580	1381	2278
大山 " "	tr.	681	2360	325	1832
北白川京大圃場	19	187	452	956	720

#### IV 砂丘砂の透水抑制

II項で明らかにしたように、透水係数がほぼ $3.5 \times 10^{-2} cm/sec$ より大きい透水性をもつ土壤においてはベントナイトは浸透流亡するのであるが、このような過度の透水性の土壤に対してはベントナイトに少量のPVAを混合することによつて、高分子であるPVAがベントナイトとよく結合連鎖して透水抑制効果を促進することに着目し、鳥取砂丘砂(透水係数 $k = 2.8 \times 10^{-2} cm/sec$ )に対してベントナイト客入量並びにベントナイトに対するPVA混合比と透水係数との関係について行つた試験の結果は(図-13)の通りである。

以上の結果によれば、同一ベントナイト量でもPVAの混合割合によつて抑制の程度が異なり、PVA/Bent.比3%のものが最も透水抑制効果が大きく、それより混合割合が増加すると逆に減少する傾向を示している。

砂丘の水田化の立場からすれば、ベントナイト $4 ton/10a$ 、PVA 3%を客入すればよいこと



(図-13) ベントナイト・PVA混合比と透水系數との関係

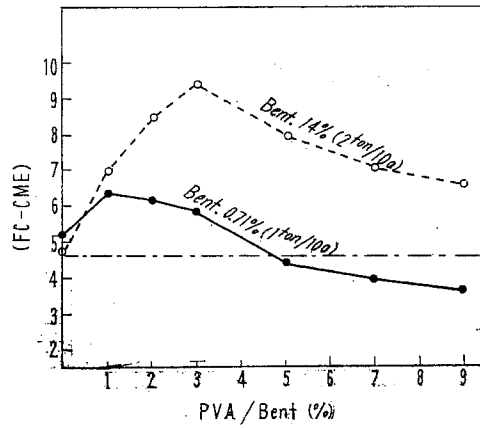
になるが、経済的な面から未だ問題は残っており、一方現在のわが国の食糧事情を考えれば砂丘は水田化するよりむしろ以下で述べる畑地として改良する方が得策のように考えられる。

## V 砂丘砂の畑地としての改良

鳥取の砂丘砂は粘土をほとんど含んでいなくて保水力がきわめて少ない土壌である。良好な畑地土壌とするためには保水性を増すことが必要である。この目的のためにベントナイトの客入試験を行なったのであるが、最終目的である有効土壌水分(圃場含水量—遠心水分当量)はほとんど増加しなく、ベントナイト2%以上客入するとかえって減少する傾向を示した。従ってベントナイトだけでは保水性を増加することはできなかつたのである。ところがベントナイトにPVAを色々な割合に客入すると有効土壌水分が顕著に増加することが明らかとなった。これらの結果は(図-14)の通りである。

ベントナイト1.4%でPVA/Bent3%のものが有効土壌水分最大で原土の約2倍となる。この有効水分量は砂壌土に匹敵するかあるいはそれ以上の値であつて顕著な改良効果と言わねばならない。

次に鳥取砂丘研究所の無底コンクリート枠(1.8×1.8m)において、ベントナイト1.4%にPVA/Bent1%,3%を混合したものを砂丘砂に客入して露地メロンを栽培した結果は(表-5)の通りである。(この現地試験は鳥取佐藤氏等によるものである。)



(図-14) ベントナイト・PVA客入と有効土壌水分との関係

(表-5) ベントナイト・PVA客入と露地メロンの収量(4株合計)

客入区別	項目	収穫8月日			計・平均
		6~10	11~15	16~20	
PVA/Bent1% 耕土20cmに混合	個数	2	17	4	23
	重量(g)	2,250	14,870	2,730	19,850
	平均1個重量(g)	1,125	874	707	863
PVA/Bent3% 耕土20cmに混合	個数	3	9	10	22
	重量(g)	3,330	9,400	7,260	19,990
	平均1個重量(g)	1,110	1,044	726	908
PVA/Bent1% 20cm下に層状に 施用	個数	—	7	7	14
	重量(g)	—	8,530	6,770	15,300
	平均1個重量(g)	—	1,218	967	1,092
標準区 (無施用)	個数	1	1	6	8
	重量(g)	1,050	1,030	6,130	8,210
	平均1個重量(g)	1,050	1,030	1,021	1,021

以上の試験は20 cmの土層に混合したために PVA/Bent. 1%, 2% 区の差が現われなく、むしろ混入深さを10 cm内外にすれば3% 区の優位性が現われるのではないかと思われる。いずれにしてもこれらの室内並びに圃場試験によつてベントナイト及びPVAにより砂丘地の畑地改良に非常に明るい見透しを得ることができたと言える。

## VI む す び

以上は耕地土壌の物理性の極端に悪いものについての改良を土壌改良剤として、ベントナイト及びPVAを用いて行なつた実験的研究の概要について述べたのであるが、現在これら以外に数多くの土壌改良剤が市販されている。従つてそれぞれの土壌改良剤の特性を解明して適正な適用方法を明らかにする必要がある。またそれらの土壌改良剤は天然産のものか、合成高分子のものであつて後者はいずれも他の主目的のために製造され、それを土壌改良に応用したに過ぎないものがほとんどであるが、今後現存の土壌改良剤で目的が達成できない場合には土壌改良の目的に合致した土壌改良剤の製造をも考えるべきである。そのためには土壌の物理性と植生との関係について更に広範詳細な研究が必要であるように思われる。

(本稿の水田土壌の透水抑制に関するものは長堀金造君との共同研究であり、砂丘砂改良については西出勤君との共同研究である。)

## 参 考 文 献

- (1) 富士岡、長堀 : ベントナイトの透水抑制機構に関する研究 (I)  
農業土木研究、別冊1号、1960
- (2) " " (II)  
農業土木研究、別冊1号、1960
- (3) " " (III)  
農業土木研究、別冊2号、1961
- (4) " " (IV)  
農業土木研究、別冊3号、1962
- (5) " " (V)  
農業土木研究、別冊4号、1962
- (6) 喜田大三 : 土壌構造と結合物質の作用  
及び改良剤の利用に関する研究 1961,  
(学位論文, 京都大学農学部土壌学研究室)



# Soil conditionerの園芸的利用に関する研究

—とくにPVAの団粒形成に対する諸条件について\*—

志佐 誠、高野泰吉、樋口春三、中山 俊

(名古屋大学農学部)

土壌改良剤の使用の基礎問題について、これまでVAMA系のクリリユーム6, HPAN系のA-22を用いて研究を行ってきた。これらの結果は志佐誠編著「土壌改良剤の園芸利用」(1960)に詳述した。本研究は上述した従来の改良剤と異なつた非電解質のポリビニールアルコール(PVA)についてsoil conditionerとしての性能を検討しようとした。まず土壌の団粒形成に直接関与する諸条件の影響をしらべ、ついで団粒の効果に関与する作物生育要因について若干の問題点を指摘した。

団粒の分析は、採取した土壌を風乾後Rothamsted法により水中で安定な団粒を篩別した。結果の表示はAlderfer及びMerkleの方法によりProbable Permeability(P.P.) =  $\Sigma a$ 、但し50 mesh又は0.25 mmより大きい団粒から算出した。また団粒化の尺度としてStability Index(S.I.) =  $\Sigma(a-m)$ 、但し $a > m$ の部分、通常50 mesh又は0.25 mm以上について算出した。また比較の便宜上0.5 mm以上の団粒分析値の累計もしばしば用いた。こゝにaは団粒分析値、mは機械分析値である。

## 1. 処理時の土壌水分

洪積埴壤土(以下ことわりがない限りこの土壌を供試)を用い、対乾土重20%、30%、40%の土壌水分量となるよう調整した。この土壌にPVAを対風乾土重0.05%の割合で散布し、小型のクワですきこんだ。対照区はすきこみ操作のみ行つた。30℃のファイトロンに3日放置後24時間風乾し、団粒を篩別した。

### 結果と考察

処理区各土壌水分区間には、はっきりした差が認められなかつたが、対照区では水分の多いときにクワで攪拌したものほど団粒の崩壊が大きかつた。すなわち水分20%区では処理区と対照区間の差が5.1%であるが、水分40%区ではその差が15.6%となり、土壌水分の多少とすきこみ操作にともな

---

\* Soil conditionerの園芸的利用に関する研究(第9報) (Studies on the utilization of synthetic soil conditioners in horticulture. IX. Factors influencing aggregate formation.)

表1 処理時の土壌水分と団粒形成

処理時の 土壌水分	0.5mm以上の団粒(%)		
	処理区	対照区	差
20%	44.2	39.1	5.1
30%	46.8	33.6	13.2
40%	45.8	30.2	15.6

う団粒崩壊の関係が明かにみとめられた。本実験の範囲では最大含水量(約50%)ないし水分当量(2.0%)の土壌水分下におけるPVAの団粒形成作用は大差ないものと思われる。志佐、万豆らの研究では、クリリユームの処理効果は最大含水量に近い水分状態で最大であった。またMartinら(1952)は水分当量附近で処理されると耕耘による混和が十分に行われるからこの程度の水分が望ましいとのべている。

## 2. 土 壤 温 度

土壌改良剤の団粒形成効果は季節とくに温度によつて異なることと思われるが、これまで土壌温度と団粒化との関係をしらべたものがほとんどなかった。本実験はPVA処理2日前に10°, 20°, 30°のフアイトロンに入室した鉢土にPVA0.05%となるよう施用し、実験1では3ヶ月後、実験2では3週間後において団粒化の程度を比較した。

### 結果と考察

実験1では10°の温度下ではほとんど団粒化促進がみとめられなかった。温度の上昇につれて明かに団粒化が促進されている。この傾向はPVAの働き方の相違によるか温度条件のみの相違によるのか不明なので、各温度下に対照区を設けて、PVAと温度の交互作用の存在を明かにするため実験2を行つた。この結果から温度の影響によつて自然団粒の増加が認められるとともにPVAの団粒形成作用

表2 団粒形成におよぼす温度の影響

温 度		10°	20°	30°
(1) PVA区	P.P.	67.5	76.2	79.5
	S.I.	32.2	39.3	45.6
(2) 対照区	P.P.	75.0	77.2	81.1
	PVA区 P.P.	87.1	89.7	91.6

註 実験(1) 10°の対照区S.I.=31.5%

はさらに著しいことがわかつた。すなわち、PVAの主効果が大き、温度の主効果は弱いが存在し、両者の交互作用は著しくない。実験1と実験2とでは温度の影響の仕方に相違がみとめられるが、前者は冬の実験であり、後者は夏の実験であるため、土壌微生物相の相違が間接に団粒形成に影響したものである。したがって冬期においては実験1のようにPVAの団粒形成作用は弱いものと思われる。なおフレイムの床土において地温と団粒化との関係をしらべ実験2と同様の結果を得た。これも、腐植の多い条件にある土壌であるから夏の実験と同様に考えられる。

志佐、万豆(1960)はクリリユームおよびA-22の水溶液を処理する際20°以上の水温にして処理すると団粒形成が増加するとのべていることから、処理時の温度が団粒化に敏感に影響していることがわかる。

## 3. 施 用 濃 度

まずPVAが植物に害をもたらずかどうかを明かにするために常法によりハクサイの発芽試験を行つた。ついで施用濃度と団粒形成との関係をしらべ、さらに同一濃度でも分施することにより団粒化の程度が

増加するかどうかを明かにした。

### 結果と考察

#### I ハクサイの発芽試験

PVAの水溶液濃度0~5%の間では発芽勢99%を示し、処理濃度間に差は認められなかった。根の伸長は5%の濃度でやゝ抑制されたが、毒作用ではなく、溶液の粘度が高かったためと思われる。

#### II PVA濃度と団粒化との関係

洪積填壤土に対して対風乾土重割合として0.04, 0.08, 0.16%のPVAを施用した結果、表3のような安定団粒指数S. I. がえられた。施用濃度の増加とともに団粒化の促進がみられ、填壤土では0.08%では最高になるようである。この傾向は土性や土質により異なってくる。これについては後述する。

表3 PVA濃度と安定団粒指数との関係

PVA濃度%	0	0.02	0.04	0.08	0.16
団粒指数%	30.2	32.7	35.1	37.7	37.9

上記の土壌を用いてハツカダイコンの栽培を行ったところ、団粒形成が多いほど根の重量が増加しており、成熟が促進されるので、早期収穫ができることがわかった。

#### III 改良剤の分施による効果

表4 PVAの分施と団粒形成

処理区	無処理	0.03%(I)	0.03%(II)	0.06%
団粒(P.P.)%	67.9	77.0	88.5	82.5

註 0.03%(II)は0.03%PVAを2回分施し、総量0.06%  
 べた結果が表4のようである。この表からわかるように同一施用濃度でも分施すれば団粒形成は一層促進される。この結果は2回施用にともなう混合攪拌の影響でないことは、すべての区がPVAを施用しない場合も同一操作がなされたことでわかる。

PVAの所定濃度たとえば0.06%を施用するとき、これを半量の0.03%ずつ、6日の間をおいて分施した場合、団粒が増加するかどうかをしら

## 4. PVAと石灰の併用効果

PVAと石灰を併用した場合、ラバフオーム様のgummingしたものがつくられ団粒形成に預らないことが現地試験で観察されたので、本実験を行った。同時施用以外の石灰、PVAの前後関係は6日間隔で施用されたものである。PVAは1㎡あたり深さ10cmに対し100g、消石灰は同じく200g施用した。

### 結果と考察

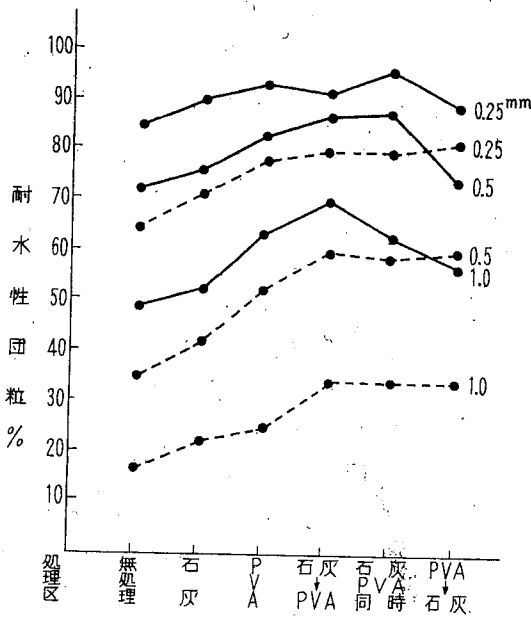
図1において実験1ではPVA施用後石灰を供給した区では大きい団粒の形成が少なかったが、実験2ではその傾向が認められなかった。実験2では石灰の併用効果は施用するPVAの前後関係を問はず団粒の形成が促進されていた。石灰の団粒化促進作用は弱いが1.0mm以上の団粒形成に預ったことが認

められ、PVA単用によりさらに団粒化がすすむ。0.25mm以上の有効団粒を比較すると石灰併用区と大差がなかった。これらのことから石灰の併用によつても団粒形成は阻害されず、むしろ大きい団粒を増加することに役立つように思われる。しかし、実験1の場合PVA→Ca区がどうして大きい団粒を作りえなかつたかはわからない。

さて、PVAと石灰とを同時施用して団粒形成がおこらないのは、PVAを散布し、石灰をその上にまいたまゝ、1日以上放任した場合 gummyingをおこすことが観察され、このことは団粒分析の結果も無処理区とPVA及び石灰併用区とで有意な差がなかったことで裏付けられる。したがつて、PVA施用にあつて石灰との結合を行わせないようにすぐ耕耘し、土壌と混合されることが望ましい。

### 5. 改良剤の経年的残効調査

改良剤を一度施用して何年位その効果が維持されるかは実際の使用にあつて問題となる。クリリウムを施用して3年後の圃場においても耕耘に対する機械的抵抗が著しく少ないことが経験されているので、団粒形成とその維持効果をさらに検討しようとした。供試した改良剤はポパール1号、ソイラックおよびクリリウムの3種で、それぞれ0.1%および0.05%になるよう施用した。



(図-1) PVAと石灰との併用効果

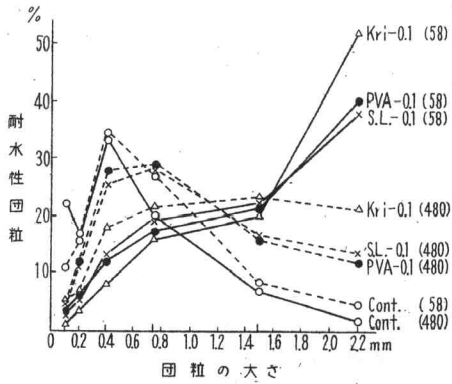
註 — 実験1.....実験2.

1.0, 0.5, 0.25mmの数字はそれ以上の粒子の累積値を示す。

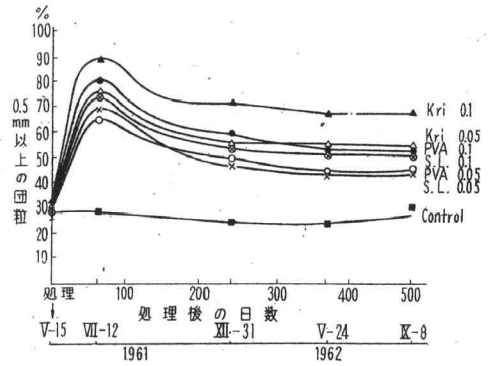
### 結果と考察

図2から明かなように、無処理区は0.5~0.25mmの間に団粒分布の最大を示し、これは480日後になつても比較的安定である(図3参照)。これに対し、改良剤処理区は1mm以上の大きい団粒が増加するが、処理後230日を経過すると大きい団粒の崩壊がかなりみとめられその後安定期にはいゝ無処理より0.5mm以上の団粒が1.3~3.54倍多い状態を維持する。ポパール1号およびソイラックはほぼ同様の効果を示すが、クリリウムはこれら2者に比べて、団粒形成効果がやや大きく、崩壊の程度も少ないようである。Martinら(1952)もクリリウムの残効調査を行い、本実験と類似の結果をえている。

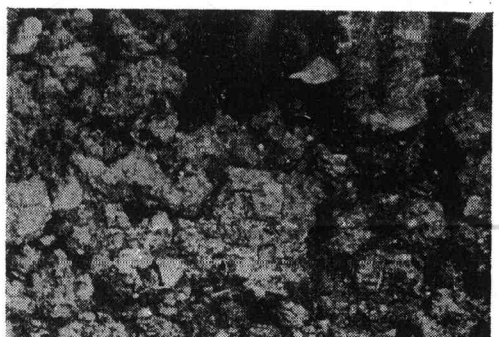
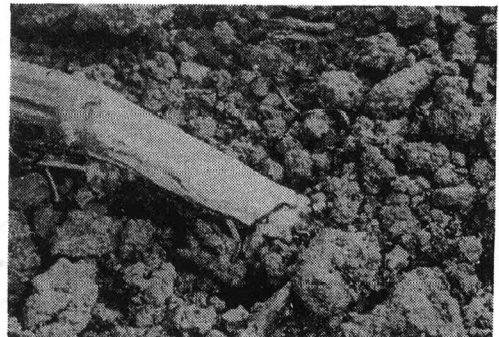
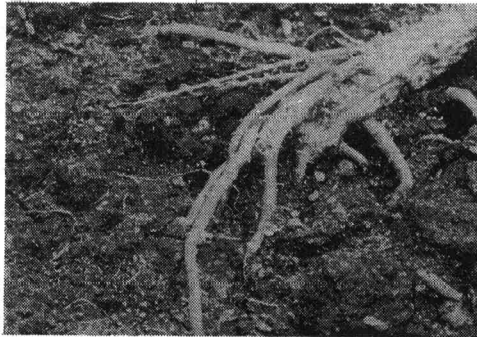
なお本実験開始後1ヶ月余りたつてから、600ミリにおよぶ集中豪雨にあつたが、作付けられていたトマトおよびキュウリの畦における表土の流亡は写真のようであつた。すなわち無処理区は甚だしい表土の流亡をおこし、根が露出されたが、改良剤処理区はほとんど元のまゝの状態に被害をまぬがれた。



(図-2) 改良剤処理後58日(—)と480日(---)目の団粒分布



(図-3) 団粒構造の経年的維持効果



(図-4) 改良剤処理による表土流亡の防止効果

上段左：無処理区のキュウリ圃 同右：PVA 0.1%処理区のキュウリ圃

下段左：無処理区のトマト圃 同右：PVA 0.1%処理区のトマト圃

1961年5月15日処理、6月24日より28日までの間に約600mmに及ぶ集中豪雨があつた。

(撮影 1961年7月1日)

## 6. 土性との関係

土壤の種類によって粘土の量や質が異なるため、改良剤の効き方の違いがあることはすでに志佐、万豆および位田（志佐編著（1980））によって明かにされている。土壤の種類を扱うにあたり、地質系統や土性の違いを無視して改良剤の団粒形成作用をしらべることは効果の比較や判定が複雑となるので、本研究では同一地質系統に属する洪積土について人為的に土性の異なった試料を調製し、改良剤の濃度試験を実施した。

この試料の調製は洪積壇壤土を風乾し、木片で粉碎し、0.25 mm以下の粒子を篩い分ける。0.25 mm以上の砂礫は4 mm以下のものについて0.25, 0.5, 1.0, 2.0 mmの分割に篩で水中篩別を行い、乾燥した。これを表5のような割合で調合した。その結果、目的とする土性がえられた。調合した土壤は一度最大容水量以上の水を加えて一週間放置し、その後それぞれの土性を示す土壤に0, 0.04, 0.08, 0.16%（対乾土重）のPVAを施してその団粒化の程度をしらべた。

表5 土壤粒子の調合割合とその土性

粒子の大きさ 土性番号	2 mm以上	2.0-1.0 mm	1.0-0.5 mm	0.5-0.25 mm	0.25 mm以下	粘土*	土性
1	2	5	8	10	75	69.0	壇土
2	5	10	10	15	60	44.0	壇壤土
3	10	10	15	15	45	32.5	壤土
4	15	15	20	20	30	20.0	砂壤土
5	15	15	20	30	20	14.0	砂壤土

\* 柳田式ピタテスターの比重計法による。

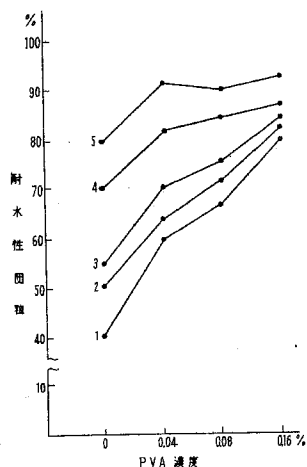
### 結果と考察

土性が異なる場合には団粒分析値から直ちに団粒化の比較はできない。すなわち砂壤土では水中で篩別された分割のうち大きい一次粒子が相対的に多いので、probable permeability は80%~90%となるが、壇土では一次粒子が小さいため、その値が40~80%で低く表示される。(図5) それゆえ団粒化の比較をするためにPVAの施用濃度への影響を団粒の増加率によってしらべてみよう。壇土ではPVA濃度0と0.16%の間では41.05%の団粒増加による差がみとめられ、壤土では28.05%、砂壤土では11.6~14.15%となり、粘土の多い土壤ほどPVA濃度の増加につれて団粒増加が著しい。すなわち、図でみると濃度に対する団粒形成の勾配の大小で各土性に対するPVAの効果判定される。したがって砂壤土では0.04%まではPVAの効果は著しいが、それ以上の濃度を施用しても団粒化はさして促進されない。これに対し、壇土や壇土では0.16%の濃度まで急勾配で団粒化が進むから、これ以上の濃度でもまだ団粒化の余地がある。このことは次の結果によって裏付けられる。

すなわちPVA濃度0.08%施用において各土性の安定団粒指数を測定した結果を表6に示す。この表から粘土の多い土性ほど団粒化率の高いことが明かで、前述の団粒増加率による解釈と一致する。

表6 PVA0.08%施用の場合における  
各土性の団粒指数

土性	1(埴土)	2(埴壤土)	3(壤土)	4(砂壤土)
S. I. (%)	50.8	43.6	33.6	29.6



(図-5) PVA濃度と団粒形成  
図表中1~5は表5に示す土性番号

## 7. 土壌の種類

沖積ならびに洪積土に属する安城市内の土壌7点を採取し、PVA処理による団粒のでき方と植生の相違をしらべた。植生が物理性改善の結果かえって不良になった場合があったので、これらについてはさらに要素欠乏の見地から分析を試み、改良剤の有効な利用について検討しようとした。

### 1 PVAの団粒分布に及ぼす影響

供試土壌の物理性の一部を表7に示す。これらの土壌に対し風乾土重あたり0.1%となるようPVAを施し、団粒形成ならびに植生の比較を行った。

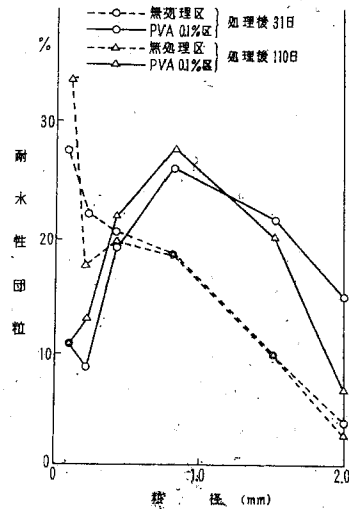
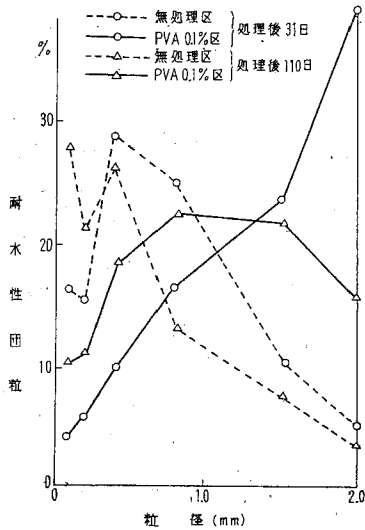
表7 供試土壌の土性

土 壤 名	器 械 的 組 成*				
	礫	粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土
	%	%	%	%	%
宮西砂壤土	3.3	46.8	14.8	16.2	18.9
東尾砂壤土	2.6	37.7	17.7	22.6	19.5
上条砂壤土	5.8	46.8	13.9	13.7	19.9
河野砂壤土	1.5	29.1	23.1	22.4	23.8
赤松 壤 土	2.8	48.5	8.7	11.4	28.6
百々目木壤土	2.2	49.5	6.1	10.8	31.4
新田埴壤土	0.4	27.8	10.7	16.7	44.4

\* 日本農学会法によつた。

## 結果と考察

いずれの土壌もPVA処理により団粒が増加した。その分布については砂壤土に属する宮西、東尾、上条、河野の土壌の処理では分布の最大が2.0mm以上の団粒にあらわれ、埴壤土に属する赤松、百々目木、新田のそれでは0.8~1.5mmにあらわれた。代表的例として、河野および赤松の土壌における分析結果をそれぞれ図6ならびに図7に示した。前述のように埴壤土の赤松や新田の土壌では粘土含量が多いので、さらにPVAを増量すれば、分布の最大がより大きい団粒側に移りうる事がわかる。



(図-6) 河野砂壤土における耐水性団粒の分布 (図-7) 赤松壤土における耐水性団粒の分布

## II 作物の生育に及ぼす影響

トマト(大型福寿)を鉢植し、7種の土壌についてPVAの植生に及ぼす影響をみた。この場合PVAの施用量は湿土重に対して0.1%となるようにした。

### 結果と考察

表8から、PVA処理で団粒の大きさが2mm以上において分布の最大を示した宮西、東尾、上条および河野の土壌では地上部重の増加が著しかった。分布の山が0.8~1.5mmの間にあつた百々目木土壌では生育に対する処理効果が認められず、さらに赤松および新田土壌ではPVA処理によってかえつて生育が抑制された。同一の土壌を用いて栽培したカブの生育についても同様な傾向がみとめられた。これはpHや腐植含量の影響とも思われないう、団粒の大きさもこれまでの実験では生育の抑制に影響するようなことは全くなかつたので、何か他に負の要因が存在するものと思われた。たまたま赤松土壌で圃場試験を行つたダイコンの葉に要素欠乏の徴候が著しく、恐らくマグネシウムの欠乏ではないかと思われるものを見出したので、次の実験を行つた。

### III 微量要素供給とPVA施用との交互作用

PVAによって団粒形成は促進されても、生育が抑制される原因として、安城地方で欠乏し易い要素Mg, Mn, Bの問題が考えられるので、これらの要素の施用試験を行つた。要素施用量は $\frac{1}{5}$ 万ワグナーポットあたりMgSO<sub>4</sub>: 200mg, MnSO<sub>4</sub>: 60mg, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>: 30mgである。



表8 トマトの初期生育に及ぼす影響

土 壤 名	PVA (%)	地上部重		草 丈		pH (原土)	腐植 (原土)
宮西砂壤土	0	42.5 <sup>g</sup>	38.6 <sup>cm</sup>	6.6	1.77 <sup>%</sup>		
	0.1	67.4**	45.3**				
東尾砂壤土	0	40.4	39.4	5.0	2.99		
	0.1	51.4*	44.6*				
上条砂壤土	0	51.9	47.4	6.2	2.16		
	0.1	59.9*	48.2*				
河野砂壤土	0	52.5	48.7	6.2	2.22		
	0.1	65.3**	53.2				
赤松壤土	0	34.9	38.8	5.9	1.31		
	0.1	25.3**	34.9**				
百々目木壤土	0	48.4	47.6	5.7	2.31		
	0.1	44.5	49.6				
新田埴壤土	0	37.9	38.4	6.4	1.13		
	0.1	27.0**	32.2**				

註 \*5%水準で有意 \*\*1%水準で有意  
草丈は地表より生長点までの高さ

表9 トマトの生育に対するMg, Mn, Bの効果

試 験 区	地上部重 (新鮮重)		草 丈		地下部重 (乾物重)		
	PVA 0%	PVA 0.1%	PVA 0%	PVA 0.1%	PVA 0%	PVA 0.1%	
Mg — —	33.9 <sup>g</sup>	42.0* <sup>g</sup>	32.1 <sup>cm</sup>	36.3 <sup>cm</sup>	0.75 <sup>g</sup>	1.20 <sup>g</sup>	
— Mn —	31.1	40.4*	34.0	36.5	0.93	1.19	
— — B	31.2	39.4	32.2	35.2	0.73	1.06	
Mg Mn —	29.4	38.3*	33.4	33.7	0.76	1.16	
Mg — B	30.1	44.4*	33.5	38.3	0.72	1.01	
— Mn B	38.0	38.9	37.5	37.0	1.05	0.99	
Mg Mn B	24.5	35.5	27.2	30.1	0.64	1.15	
— — —	23.9	23.5	27.9	26.0	0.63	0.68	
L.S.D.	5%	4.8	9.6	5.8	4.6		
	1%	6.5	12.9	6.6	6.2		

註 草丈は地表より生長点までの高さ  
\*印はPVA処理、無処理における有意差 (P=0.05)

## 結果と考察

表9によると、PVAを施さない場合、要素施用の区間に著しい差異は認められなかったが、PVAを施した場合は要素施用区は何れも生育が良好となった。またPVAの施用区と無施用区の間では\*印のついたMg, Mnの施用区がPVA処理によって著しく生育が良好となった。この意義を明かにするために栽培跡地の土壌分析を行った。ここでは置換性のCa, Mg, Mnおよび水溶性のBについてのみ示す。

表10 トマトの栽培跡地の土壌分析結果

試験区		置換性 Ca	置換性 Mg	置換性 Mn	水溶性 B
試験土壌	PVA(%)				
赤松壤土	0	387 ppm	55 ppm	9.0 ppm	0.66 ppm
	0.1	438	58	8.1	0.62
新田埴壤土	0	423	71	5.3	0.82
	0.1	389	67	5.0	0.60
河野砂壤土	0	1669	188	10.3	0.52
	0.1	1493	184	10.6	0.28

表10から生育不良の土壌では置換性のCa, Mgが著しく少ない。したがって要素施用の試験の結果もMgの供給がトマトの生育を良好にし、PVAの施用によってさらに重量の増加をもたらしたことも、この分析値によって裏づけられる。

2価の塩基と土壌改良剤の併用効果については尾張砂壤土で行ったエンドウの試験成績があり、本研究と同様な結果を得ている(藤本, 1960, 志佐編著より)。

要するに団粒形成が促進されても、作物の生育がよくならない場合があり、その要因として要素欠乏の事例が見出され、改良剤の効果をあげるために考慮が必要であることを指摘したい。

本実験を行なうにあたり、援助を与えられた倉敷レイオン株式会社研究部ならびに研究部長大杉鉄郎氏に謝意を表す。

## 要 約

本研究はPVAの団粒形成におよぼす諸条件の影響を明かにし、土壌改良剤としての使用法に対する基礎資料を得るために行った。

1. 土壌水分が水分当量から最大含水量の範囲内では、PVAの団粒形成作用に差異が認められなかった。しかし、無処理区では土壌水分が多いほど耕耘による団粒の崩壊がみられた。
2. 団粒形成におよぼす温度の影響は明かに存在するが、PVAの主効果の方が著しい。
3. PVAの施用濃度を増すとともに団粒化の促進がみられ、砂壤土では0.04%で最高になるが、粘質土ではさらに高濃度で最高となる。また団粒の大きさ別分布をみると、無処理では団粒分布の山は小粒側にあるが、PVA処理により大粒側に移動し、とくに1mm以上の団粒が多くなる。

また同一施用濃度でも分施すれば団粒が増加する。

4. PVAと石灰を併用した場合、直ちにすきこみ、土壌とよく混合すれば団粒は増加するが、混合せずに1~2日放置したり、また混合前に吸湿したりすると不溶性のものに変化し、団粒形成に関与しなくなる。

5. 土壌改良剤による団粒の維持効果はかなり強い。処理後240日位までは一旦形成された団粒の崩壊がかなり認められるが、以後安定期にはいり、処理後480日現在でも一定の団粒が維持されている。

クリリウムは団粒形成能力が大で、480日目においても0.5mm以上の団粒がKri, 0.05%およびKri, 0.1%についてはそれぞれ22%および36%で対照区より多い。ポパール1号およびソイラックのPVA系の改良剤はクリリウムより効果は弱かったが、対照区よりPVA 0.05%およびPVA 0.1%についてはそれぞれ13%および21%多く、物理性は著しく改善されている。

なお豪雨に対する表土の防止効果が大きい。

6. PVAによって団粒化が促進されたが、植生はかえって不良となった場合が見出された。MgやMn及び両要素を施用すると、無処理区では植生に影響がみられなかったが、PVA処理区では作物の生育を著しく促進することができた。さらに生育不良の土壌について置換性塩基や水溶性酸素を分析したところ、置換性塩基とくにCa, Mgが極めて少なかった。これらの点から、欠乏要素を供給すればPVAの植生に対する好影響をさらに強化しうることが裏づけられた。

#### REFERENCES

1. Alderfer, R.B. and Merkle, F.G. (1941) : The measurement of structural stability and permeability and influence of soil treatments upon these properties. Soil Sci. 51:201-212.
2. Martin, W.P., Talyor, G.S., Engibous, J.C., and Burnett, E. (1952) : Soil and crop responses from field applications of soil conditioners. Soil Sci. 73:455-471.
3. 中山俊 (1962) : 土壌改良剤の園芸的利用に関する研究。名古屋大学農学部卒業論文
4. 志佐誠編著 (1960) : 土壌改良剤の園芸利用, 82pp. 誠文堂新光社. 東京

その他の文献は志佐誠編著を参照されたい。

## 自由討論

講演会のあと、川口桂三郎先生の司会によつて、約2時間にわたつて自由討論が行なわれた。

はじめに、無機系および有機系の土壌改良剤メーカー10社から製品の紹介をしていただいた。

つづいて大学、農試の関係者から発言をたまわつたが、その概要はつぎのとおりでした。なお、記録は、速記をとらなかつたため、要点と思われるところを整理編集したものです。また本文中の土壌改良剤とは合成高分子系改良剤を意味するものと判断いたしました。(文責 喜田大三)

川口(京大農学部)：改良剤使用の経験談、改良剤への希望などに対する御発言をお願いします。まず園芸作物に対する御経験をお持ちの中原先生にお願いします。

中原(千葉大園芸学部)：果樹園土壌の侵食防止に信越化学のソイソックを使用して良好な結果を得ています。本日の討論会で各種の改良剤が紹介されましたから、今後これら改良剤についても実験したいと考えています。

川口：合成高分子系改良剤が土壌微生物によつて分解されるか否かは改良剤使用上重要な問題の一つです。従来、合成高分子を分解する微生物はいないといわれてきましたが、最近京大化学研究所の山本教授は合成高分子を食う微生物が存在するという興味ある研究を報告されています。しかし私は高分子を食うという問題は実際の土壌中ではそう心配した問題ではないと思いますが、山本先生に御意見をお願いします。

山本(京大化研)：土壌を含まない実験法によつて、水溶性PVA(ポリビニルアルコール)を唯一の炭素源とする微生物のいることを知りました。土壌中に改良剤としてPVAを入れた場合にも、PVAは微生物によつて分解されるのではないかと推察されます。しかしさきほど川口先生が御指摘されたように、現実の土壌中では微生物による高分子の分解はさして心配する必要はないと考えます。

川口：土壌改良剤について早くから研究されている東久保先生に御意見をお願いします。

東久保(京大教養部)：土壌改良剤の使用にあたって、根本的に重要な問題は、改良剤によつてただちに増収すると考えてはならないということです。いいかえれば、改良剤による土壌の物理性改良はすべてのはじまりであり、この改良された土壌に適応した栽培技術が結びつけられなければならないと思います。たとえば、改良剤による土壌保水力の増大も畑地灌漑と直結して、はじめにその効果を大いに発揮することができるわけです。かゝる見地から今後の開発を望む次第です。

川口：経験の豊かな青木先生の御意見をお願いします。

青木(京都工繊大繊維学部)：今後日本農業において土壌改良剤がどれだけのびるか、また現在は高価につきが技術的にどの程度までコストダウンできるか、関係者から御説明をお願いします。

川口：この場で具体的な説明はむづかしいと思います。ただ、できるかどうかということではなくして、これは是非ともやらなければならない課題だと思います。

つぎに三重大学の位田先生に御発言をお願いします。

位田(三重大学農学部)：そ菜栽培の立場からみれば、土壌通気性の必要度は作物の種類および生育の時期などによつて違つています。したがつて、改良剤の使用もこのような作物の栄養生理面からも検討されなければならないと思います。

川口：その他御意見はございませんか。最後に朝からこの討論会をお聞きいただいた北大の石塚先

生の御感想をお願いします。

石塚(北大農学部):さきほど、東久保さんがおっしゃったように、土壌改良剤は土壌の条件をかえるものであつて、増収とは別問題であると思います。多くの人はsoil conditioner と増収とを一次函数的に結びつけておられるようですが、これでは改良剤の発展は望めないと思います。また多くの人々からsoil conditionerはのびるでしょうかと問われますが、その答にとまどう次第です。ただ、私は今後の日本農業は改良剤を使用する方向に発展していくと思います。

現在の改良剤は高価であり、あたかもデオールの衣装のようなもので、一般農家のお嬢さんには買えません。メーカーに要望したい点ですが、販売のみを急ぐことなく、農家の娘さんが着られるデザインのものをできるだけ安く作っていただきたいと思います。一方、日本農業の技術もこれら改良剤を使いこなせるように進歩させなければならないと思います。

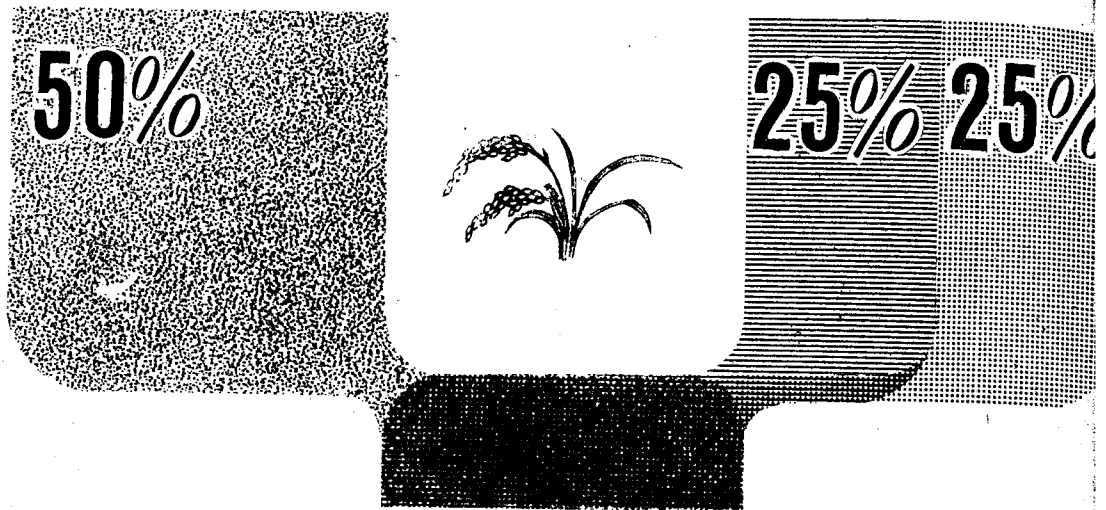
川口:なおいろいろ御意見もあろうかと思いますが、このあたりで討論会を終らせていただきます。

### 討論会後記

昭和37年11月14日(水)晴天あたたかい。会場(京都大学楽友会館講堂)には午前8時半頃に第1番の参加者があられ、午前10時の開会時には講堂の椅子150はふさがつてしまつて、あわてて椅子を追加するといった次第であり、会場は満員でした。そして参加者名簿から討論会参加者200余名という、まったく予想外の盛会でありました。先着会員120名に進呈するため用意しておいた土壌改良剤のカタログ集はまたたく間になくなり、約半数の参加者へカタログ集を進呈することができず、世話役一同深くおわび申し上げます。

富士岡義一先生の開会の辞にはじまつて、諸先生の講演が行なわれ、自由討論にはいりました。討論時間がすくなくて残念でしたが、川口桂三郎会長から閉会の辞をたまわり、午後4時30分盛況のうちに討論会を終了いたしました。このあと、午後5時から紅葉たけなわの嵯峨天龍寺の“花の家”で懇親会がもたれました。

終りに有意義な御講演をお引き受け下さいました諸先生方、ならびに本討論会にあれこれ御援助をいただきましたメーカー各位に厚くお礼を申しあげると共に、討論会に御参加して下さつた諸氏、色々と準備、世話をして下さいました各位に謝意を表します。(事務局)



信越化学が生んだ新しい土壤改良剤

# ソイラック

## ●作物生育に適した土壤とは

一般に作物生育に適した土壤は 土の部分が50%、すきまが50%、といわれています。ソイラックはこの理論を実現すべく、当社に於て開発された土壤改良剤です。

## ●ソイラックによる土壤改良法

土壤改良剤ソイラックは、この理論に基づいて土・水・空気の三相を総合的に改善するもので農業技術に新しい方向を与えるものです。つまりソイラックは人為的に土の粒子を適当な大きさの「耐水性団粒構造」に変えるのです。このために土壤の空気の流通がよくなり、水もちもよく作物生育に適した土壤になります。さらにソイラックでできた団粒は耐水性のため、風雨などの自然条件でも比較的安定で持続期間が長いという特長をもっています。

## ●ソイラックの特長

- 土壤団粒形成剤として最も代表的なものです。
- 効果が高い。少量で効果が高いのが特長です。
- 効果が持続します。堆肥による団粒構造と比べて、ソイラックによる団粒構造は安定で大巾な持続期間をもっています。
- 手間がはぶけます。多量の資材と大きな労力が必要な堆肥と比べて、ソイラックがきわめて少量で土壤改良に

役立つことは、今後の省力経営に最も適した農業資材といえましょう

## ●ソイラックの効果

- 通気性改善から
- ①発芽率がよくなります。
- ②初期生育がよくなります。
- ③根の伸び方がよくなります。

従って、苗作り、葉やくきが商品になる作物、根が商品になる作物に適します

## ●透水性改善から

団粒化土壤は、透水性がよいので湿害に弱い作物が適作です。耕作者の都合で砂質土壤以外、とくに重粘土壤で栽培せざるを得ない場合には、ソイラックの効果が明確に発揮されます

## ●収益性から

高収益の作物は、いづれも堆肥を多量に使用しています。ソイラックを堆肥と併用するとより一層の収益が期待できます

★ソイラックの使用方法、御使用の土壤にソイラックがふさわしいかどうか、作物別の詳しいデータ、などについてのお問合せは下記までお申し越してください

# — お 知 ら せ —

## 土壤物理研究会の役員 (昭和37年11月)

既に御通知申しあげましたように、昭和37年4月2日の評議員会の主旨にしたがつて、昭和37年度から本会の事務局は京都大学農学部に移転しました。

6月30日に京都で役員会(川口、富士岡、手島、喜田)が開かれ、さらに11月14日に京都で評議員会、総会が開かれました。そして会の運営上東京にも副会長、幹事をそれぞれ1名おくことになりました。

会 長 川 口 桂 三 郎 (京大農)

副会長 美 園 繁 (農技研)

評議員 (改選なく、前年度のまま)

錦木豪夫 (農業機械化研究所)、川口桂三郎 (京大農)、川村秋男 (四国農試)、吉良芳夫 (東京農大)、竹原秀雄 (農林省林試)、藤堂誠 (北海道農試)、富士岡義一 (京大農)、松尾英俊 (農技研)、美園繁 (農技研)、山崎不二夫 (東大農)、山中金次郎 (農技研)

幹 事

喜田大三 (京大農)、手島三二 (京大農)、

寺沢四郎 (農技研)

編集委員

川口桂三郎、富士岡義一、手島三二、喜田大三

## 研究会だより

会員各位には、益々御健勝にてご活躍のこととお喜び申し上げます。

さて、この度京都へ事務局が移転いたしましたので、この機会に本会の創立以来の経過をふりかえつてみます。昭和33年春に本会は「土壤の物理性を中心とする試験研究の発展と農業技術への貢献を図ること」を目的として発足しました。そして、東京の農林省農業技術研究所本部をおき、山中金次郎氏 (農技研) を初代会長に選ばれました。その後、会員の御声援とご協力、在京の事関係者の奉仕のもとに、本会は着実に発展し、確固たる基盤を築きあげました。

そして毎年、有意義な討論会が開かれ、本会の重要な例行事のひとつとなっています。

第1回討論会 (昭和34年4月9日、東京 農技研)

「土壤の物理性の測定法について」

第2回討論会 (昭和35年9月30日・東京 農技研)

「水田の透水性について」

第3回討論会 (昭和36年4月8日、東京 農技研)

「土壤侵食について」

また会誌「土壤の物理性」をNo.6まで発刊し、会員相互の啓蒙に大いに役だつています。これらの会誌には、山中初代会長の「あいさつ」のほか、論説11篇、総説3篇、資料23篇、解説1篇、報文11篇、随想3篇が掲載されています。ただ残念なことは、現在手持ちの余分がなく、新入会員の方々のご要望にそうすることができないことです。

一方、会員数も漸次増加し、京都へ事務引きつき時 (昭和37年5月末) には、正会員510名、賛助会員10社になり、その後もひきつづき会員数は増加し、現在 (昭和37年11月末) 正会員 600名、賛助会員22社に達し、次号No.8には会員名簿を掲載することにしています。したがって、昭和37年2月以降入会された新会員のご紹介は、この名簿をもつてかえさせていただきます。

それと共に、本会の財政面も次第に好転しつつあり、また去る11月14日、第4回討論会「土壤改良剤とその利用」は予想以上の盛況のうちに開かれ、本会の将来にとって誠に喜ばしいことです。

いまや本会は飛躍の発展を期しています。会員各位には、本会の主旨に賛同される方々へ入会を誘いかけいただき、また本会への建設的なご意見を事務局へお寄せ下さい。

## 土壤物理研究会 会計報告

(昭和37年2月1日～昭和37年5月31日)

収 入 の 部		支 出 の 部	
会 費	68,300円	5号、6号印刷代	141,000円
広 告 料	42,000	通信発送費	10,235
賛助会費	22,000	編集委員会費	1,000
寄 付	12,000	評議員会費	2,280
雑 収 入	600	幹事会費	3,240
繰 越 金	65,304	幹事手当	3,000
合 計	210,204	雑 費	4,500
		合 計	165,255
		差引残高	44,949

## 編集後記

ここに第4回討論会の特集号をお送りします。何分事務局移転後はじめてのことであるため、会誌の発行が非常におくれたことを深くお詫びいたします。次号8は早く発刊されるよう努めています。本誌の発展のため、原稿（投稿規定を別記）、会誌の内容についての御意見、感想、注文などをどしどし事務局へお寄せ下さるようお願いいたします。

### 土壌の物理性 第7号

(会員配布)

1963年1月31日 発行

発行 土壌物理研究会

京都市左京区北白川

京都大学農学部 土壌学研究室内

電話京都(77)4111 (京大) 学内723

振替貯金番号京都2295

印刷 昭和堂印刷

京都市左京区田中飛鳥井町1

電話 ☎ 6635 番