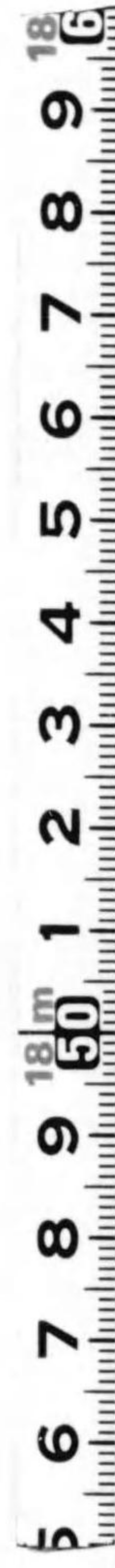


始



土壤の利用と其の管理法



市川親文 著



東京  
西ヶ原刊行會

395  
130

時 232  
685

土壤の利用と其の管理法

市川親文 著



東京  
西ヶ原刊行會

## 自 序

農業の母體は土壤である。農業を有利に經營する爲には、土壤學の智識に俟つ所が多い。土壤に就いて通俗的の書物は數多く出版されて居るが、其の要點を把握するに困難なもの或は徒らに膨大に過ぎて最も平易に記載された土壤の書物が少ない事を筆者は常に遺憾としてゐた。元來農業を經營するに於て土壤の性質と其の管理法を知る事が最も必要なものであるから、それを一般に知つて貰ひたいと思ふて筆者は、不肖をも顧りみず、小さな實驗成績を基礎として必要と認めた事柄のみに就いて「土壤の利用と其の管理法」と題して本書は特に土壤の酸性問題、石灰と土壤及び植物との關係、開墾に至るまで一般農家の實際の上に利用して土壤學の一般に通曉せしめんがため公にしたるものにして、理論を簡明に説述し實際に重きを置き、而して説述法の平明に努めた。

昭和十四年五月

著 者 識 寸

# 土壌の利用と其の管理法

## 目 次

### 緒 言

第一章 土壌は何うして出来るか.....1	
第一節 温熱の作用.....2	
第二節 空気的作用.....4	
第三節 水的作用.....5	
(1)溶解作用 (2)酸化作用 (3)加水作用	
第四節 生物的作用.....7	
(1)動物の作用 (2)植物の作用 (3)微生物の作用	
第五節 眞の土壌.....10	
第二章 風化生成物の分類.....10	
第一節 定積土.....11	
第二節 運積土.....12	
(1)崩積土 (2)扇狀堆土 (3)水積土 (4)風積土	
(5)火山性土	
第三節 定積土と運積土の見分け方.....15	
(1)定積土の特徴 (2)運積土の特徴 (3)沖積土の特徴	
(4)火山灰土の特徴 (5)風積土の特徴	
第三章 農業土質と土層.....16	

第一節 花崗岩と石英粗面岩	17
第二節 安山岩と玄武岩	17
第三節 火山灰	18
第四節 土 層	18
(1)表土と下層土 (2)作土と心土	
第五節 作土の深淺と作物生育との關係	20
第四章 土壤と氣候	21
第一節 土壤の氣候的分類	21
第二節 土壤帶	22
第三節 氣候と土質との關係	23
第五章 土壤の理學的組成	24
第一節 土壤の理學的成分	24
(1)礫 (2)砂 (3)粘土	
第二節 土壤の膠質成分	26
第三節 土壤の機械的分析法	29
(1)沈底法又は沈澱法 (2)洗滌法	
第四節 土壤の理學的成分に基く分類	32
第五節 土壤の分類と農業上の意義	33
(1)礫土 (2)砂土 (3)壤土 (4)粘土	
第六節 土壤分類の簡易法	34
第六章 土壤の理學的性質	35
第一節 土壤の色	35

第二節 土壤粒子の配列と組織	36
第三節 土壤の重量と孔隙	38
(1)假比重の測定法 (2)眞比重の測定法 (3)孔隙性	
第四節 土壤の保水力(容水量)	40
第五節 土壤の毛細管引力	42
第六節 土壤の透水力と蒸發力	44
(1)透水力 (2)蒸發力	
第七節 土壤の透氣性	45
第八節 土壤の溫熱(地溫)	46
(1)土壤の色と溫度 (2)地面の方向及び角度と土溫	
(3)土壤の比熱 (4)傾斜度と土地利用の範圍	
第九節 土壤の凝集力及び粘着力	49
(1)凝集力(剛性) (2)粘着力	
第七章 土壤の水及び空氣	50
第一節 土壤水	50
(1)吸濕水 (2)化合水 (3)毛管水 (4)重力水 (5)土壤	
水と植物生育との關係	
第二節 土壤中の空氣	52
第八章 土壤の化學的組成	55
第一節 土壤の化學的成分	55
第二節 土壤無機成分の由來	56
第三節 土壤の無機成分	57

(1) 硅酸( $\text{SiO}_2$ ) (2) 酸化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 及び $\text{FeO}$ ) (3) 礬土( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	
(4) 石灰( $\text{CaO}$ ) (5) 苦土( $\text{MgO}$ ) (6) 加里( $\text{K}_2\text{O}$ ) (7) 曹達( $\text{Na}_2\text{O}$ )	
(8) 磷酸( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) (9) 硫酸( $\text{SO}_3$ ) (10) 滿俺( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ) (11) 鹽素( $\text{Cl}$ )	
(12) 炭酸( $\text{CO}_2$ ) (13) 窒素(硝酸 $\text{N}_2\text{O}_5$ 及びアンモニア $\text{NH}_3$ )	
第四節 土壤の有機成分	62
(1) 腐植の生成 (2) 腐植の種類と性状 (3) 腐植の定量法	
(4) 腐植の特性 (5) 腐植の理化學的効果	
第五節 土壤の可給態養分	67
第九章 土壤中の植物養分と其の生理的作用	68
第一節 植物體の組成	68
第二節 各種作物反當標準施肥量	72
第三節 植物各榮養分の生理的作用	73
(1) 窒素の効能 (2) 磷酸の効能 (3) 加里の効能 (4) 石灰の効能 (5) 鐵の効能 (6) 苦土の効能 (7) 硫黃(硫酸)の効能 (8) 硅素(硅酸) (9) 礬土 (10) 鹽素	
第四節 刺戟物と其の生理的作用	79
(1) 滿俺 (2) 硼素 (3) 曹達 (4) 亞鉛 (5) 沃度	
第十章 土壤の化學的性質	80
第一節 土壤の植物養分吸收作用	80
第二節 アンモニア及び加里の作用	81
第三節 磷酸の吸收	82

(1) 石灰の少量の場合 (2) 石灰の多量の場合	
(3) 鐵及び礬土の場合	
第四節 土壤の養分吸收作用の效果	83
第五節 土壤の養分吸收率と吸收力の檢定	84
第六節 土壤の反應	85
第十一章 土壤及び植物と石灰との關係	85
第一節 石灰の概念	86
第二節 土壤中の石灰と其の作用	87
(1) 石灰の性質 (2) 土壤中の石灰と其の効用	
第三節 土壤より石灰の消耗とその要求量	90
第四節 石灰と植物との關係	91
第五節 嫌石灰植物	91
第六節 好石灰植物	93
第七節 蔬菜栽培と石灰	93
(1) 西瓜と石灰 (2) 茄子と石灰 (3) 大根と石灰 (4) 甘藷及び里芋と石灰 (5) ホーレン草と石灰 (6) 土壤の反應と蔬菜	
第八節 果樹類と石灰	96
第九節 土壤と石灰の化學	97
(1) 石灰の減少する理由 (2) 石灰の化學的性質	
(3) 土壤中の鑛毒を防ぐ石灰	
第十節 石灰濫用の害と鹽害地の改良	100

第十二章 酸性土壌及びアルカリ土壌	101
第一節 酸性土壌の原因	101
第二節 土壌反應と農作物	105
第三節 土壌酸度の檢定法	107
(1)リトマス試験紙法 (2)アルバート(Albert)氏法 (3)バウマン及びゲレイ(Baumann and Gally)氏法 (4)ロイブ(Loew)氏法 (5)ロダン加里法 (6)亞硝酸加里法 (7)タツケ(Tacke)氏法 (8)ホブキンス氏法(米國公定法) (9)ハッチンソン及びマツクレイン(Hutchinson and MacLenan)氏法 (10)ギレスピー(Gillespie)氏法 (11)コクラス及びホツクツアイト(Niklas and Hoekzeit)氏法 (12)ヨーネス(Jones)氏法 (13)モルガン(Morgan)氏法 (14)ハーデ及びレビス(Hardy and Lewis)氏法 (15)カッペン(Kappen)氏法 (16)鹽化加里法(大工原氏法) (17)ブロム、クレゾール、グリーン(Bromu-cresol green)に依る法	
第四節 石灰要求量の計算法	117
(1)酸度よりの計算法 (2)水素イオン濃度による計算法 (3)ヨーネス氏法よりの計算法 (4)筆者の實驗成績よりの計算法	
第五節 アルカリ土壌	120
(1)白色アルカリ土壌 (2)黒色アルカリ土壌 (3)褐色アルカリ土壌 (4)アルカリ土壌と作物 (5)アルカリ土壌の改良法	

第十三章 土壌中の微生物	121
第一節 土壌微生物の種類	122
第二節 土壌中の細菌	123
第三節 窒素化合物の微生物による變化	125
(1)アンモニア化成作用 (2)硝化作用 (3)脱窒作用又は硝酸還元作用	
第四節 遊離窒素固定作用	128
(1)單獨遊離窒素固定細菌 (2)共棲遊離窒素固定細菌(根瘤菌)	
第五節 土壌細菌の實驗と分離法	130
(1)アンモニア化成作用の實驗 (2)硝化作用の試驗 (3)アゾトバクター分離法	
第十四章 土壌の生産力	132
第一節 土壌中の窒素	132
第二節 土壌の養分吸収力	133
第三節 土壌の炭素率	134
第四節 土壌中の有効成分と檢定法	135
(1)1%クエン酸浸出法(ダイヤー氏法) (2)五分之一規定鹽酸浸出法 (3)蓚酸可溶性窒素の定量法 (4)ノイバエル(Neubauer)幼植物法 (5)栽培試驗法	
第五節 土壌中の石灰と苦土との比例(石灰率)	139
第十五章 土壌の改良法	140

第一節 鹽害地の改良	141
• 第二節 鑛毒地の改良	142
第三節 酸性土壤の改良	143
第四節 耕耘に就いて	143
(1)耕耘の効用 (2)耕耘の時期 (3)耕耘の回数と深さ	
第五節 客土に就いて	145
第六節 焼土に就いて	146
(1)焼土する方法 (2)焼土法を行ふ上の注意	
第七節 排水に就いて	147
(1)地下排水と地上排水 (2)暗渠排水法	
第八節 灌漑に就いて	149
(1)灌漑の効果 (2)灌漑用の水 (3)灌漑に要する水量	
第九節 休閑に就いて	150
第十六章 土壤と作物及び肥料	151
第一節 土壤と作物	151
(1)砂質壤土に適するもの (2)壤土に適するもの (3)粘質壤土に適するもの (4)石灰質壤土に適するもの (5)礫質壤土に適するもの (6)腐植質土に適するもの (7)粘土質に適するもの	
第二節 土壤と肥料	152
(1)土質と肥料の種類 (2)砂土と肥料 (3)粘土と肥料 (4)腐植質土と肥料	

第三節 土壤の肥沃なる要件	153
第四節 土壤の瘠薄となる原因	154
第五節 石灰の連用と土壤の變化	154
第六節 連作の害	155
第七節 土壤の肥沃度に關する二三の事項	156
(1)滿俺に就いて (2)土壤の接觸作用と測定法 (3)土壤の交換性酸度と交換性物質 (4)交換性酸度と交換性物質の定量法 (5)供試土壤 (6)實驗成績	
第八節 開墾の仕方	161
(1)開墾の時期 (2)土地の見立 (3)開墾用の道具 (4)打ち起し及び整地 (5)開墾地に適する作物	
第十七章 土壤の化學的分析法	164
第一節 水分の定量法	164
第二節 灼熱の際に於ける損失の定量法	164
第三節 炭酸の定量法	164
第四節 腐植質の定量法	164
第五節 全窒素の定量法	165
第六節 鹽素の定量法	165
第七節 熱強鹽酸に可溶物の定量法	165
(1)鹽酸浸出液の調製及び硅酸の定量法 (2)礬土酸化鐵・磷酸・チタンの定量法 (3)石灰の定量法 (4)苦土の定量法 (5)加里及び曹達の定量法	



第八節 硫酸の定量法	171
第九節 酸化満俺の定量法	171
第十節 熱強鹽酸に不溶物の處理	172
(1)乾物及び礦物質の定量 (2)炭酸曹達に溶解する硅酸の定量 (3)硫酸に溶解する粘土成分の定量	
第十一節 土壤化學分析成績記載法	173

—終り—

## 土壤の利用と其の管理法

### 緒言

土壤は植物の生育する土地の實質で、土地に基礎を置く農林業の生産を高めんには先づ土壤の特性を研め、適切の方法を講じなくてはならない。

土壤研究の目的は土壤の成因・組成・性質を詳かにし、之と植物生育との關係を究め、尙土性の改良、地力の増進等の方法を研究し、依つて土壤の状態を察知し以て生産の増進を圖ることは銃後國民の使命である。

### 第一章 土壤は何うして出来るか

吾々が到る處で見受ける岩石、それには随分澤山の種類がある。中には質の軟かいものもあるが大體に於ていづれも堅牢と見てよい。ところが岩や石がどんなに硬いものでも、永い間風雨に曝されてゐるときは、次第に破壊され粉末となつて、原の形を止めぬ様になる。先づ注意して先祖の墳墓に詣づる時、或は古社寺・舊跡・名勝を探ねた時、堅い筈の花崗岩の土臺石に、石碑に、石垣に、或は岩壁に、それぞれ稜角の失なはれてゐる事實を認むるだらう。これを岩石が分解したと云ふ。

そこで土壤とは岩石の崩壊分解して生じた物質で、地球の表

面に疎鬆の層を成して堆積したものであつて、植物に居所を與へ且つ植物の生育に適し、之に水分と養分とを供給する植物の臺所である。

農業は直接間接、植物を土壤に栽培して生産を営むものであるから、土壤の沃瘠の原因を究め、瘠薄な土壤は之を改良して肥沃ならしめ、又永く其の生産力を維持させる方法を講ずる等、土壤に關する智識を習得することは農業に従事する者にとつて最も肝要なことである。

ところで土壤は何うして出来たか、既述の如く岩石が長年月間風雨に曝されて漸次崩壊分解して細微の粒子と變る作用にして、斯様な岩石の變化を風化作用と稱へる。これには種々の原因があるが、主なるものは温度の變化、空氣の作用、水の作用、生物の作用等であつて、其の作用は複雑なるもので機械的及び化學的風化の二大別にする。この二つの作用は別々に行はれるものでなく常に相伴つて行はれる。

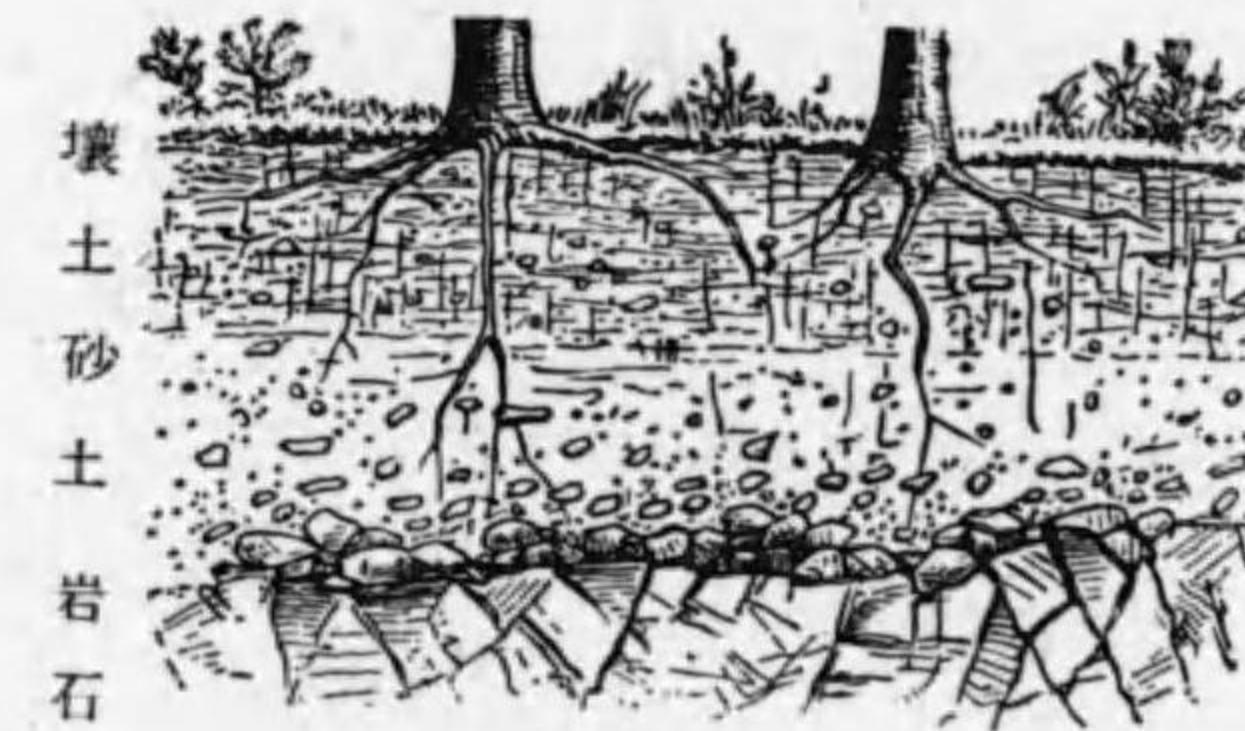
土壤學では普通機械的風化に因るものを崩壊、化學的風化に因るものを分解と呼んでゐる。

### 第一節 温熱の作用

凡ての物體は水を除くの外何れも熱を受ければ膨脹する。反對に熱を失へば縮少する。地上の岩石も晝間熱を受くる間は膨脹し、夜間になると熱を失つて縮少する。岩石がこんなふう膨脹したり縮少したりする度合は、岩石を組み立つてゐる礦物の種類によつて夫々一様ではない。又四季の温度の變化

は3)米の深さに達し、晝夜の變化は1~3米位であつて、一般に岩石の熱の傳導度は弱く其の影響は表面に止まる。従つて表面と内部とは温度の影響を受くること異り、造岩礦物は夫々冷熱に對する收縮膨脹の割合一ならず、爲に岩石に龜裂を生じ崩壊の原因となる。

第一圖 土壤の生成



立體膨脹率	膨脹係數
石英	0.0000360
正長石	0.0000170
角閃石	0.0000284
柘目石	0.0000250
方解石	0.0000200
白雲石	0.0000350
	石英 { 主軸 0.00006769
	{ 副軸 0.000061385
	角閃石 { 短軸 0.0000081
	{ 中軸 0.00000084
	{ 長軸 0.0000095

又大氣の作用によつて崩壊分解を促進される場合が多い。大氣の機械的作用は風力に因つて砂礫を飛ばすこと多く、之が岩石に絶へず削磨を及ぼし、沙漠地方にては此の風蝕作用は殊に激しい。

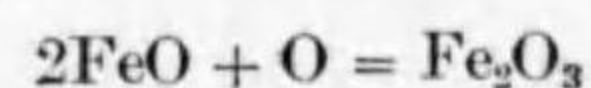
大氣の化學的作用は主として空氣の成分たる酸素及び炭酸

瓦斯に因る。此の作用は水分の存在に於て起るものであるが、温度の變化が度々重なれば岩石は遂にその結合の鈎合を失ふことになるから、全體の組織に弛みを生じて岩石を崩壊させるに至るのである。

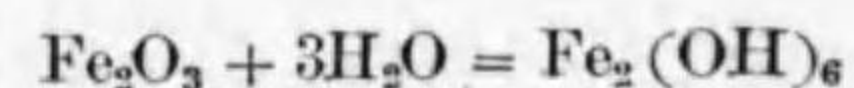
### 第二節 空氣の作用

空氣の中には非常に澤山の成分が含まれてゐるけれども、岩石に最も影響を及ぼすものは、その中の遊離酸素と炭酸瓦斯である。尙空氣の作用を大別すれば機械的及び化學的の二つとし、空氣の機械的作用は風の作用によつて見られ、空氣の化學的作用に關係を有するは酸素にして、この酸素は水に溶けて岩石中の或成分と勝手に結合するが特に酸化と云ふ。

岩石を構成する何れの礦物も空氣中の酸素によつて酸化され、容積外形を變じ風化作用を受ける。その最も簡單なる例は亞酸化鐵が酸化せられて酸化鐵となることである。



尙此の場合水が存在すると之と化合して水酸化鐵を生ずる。

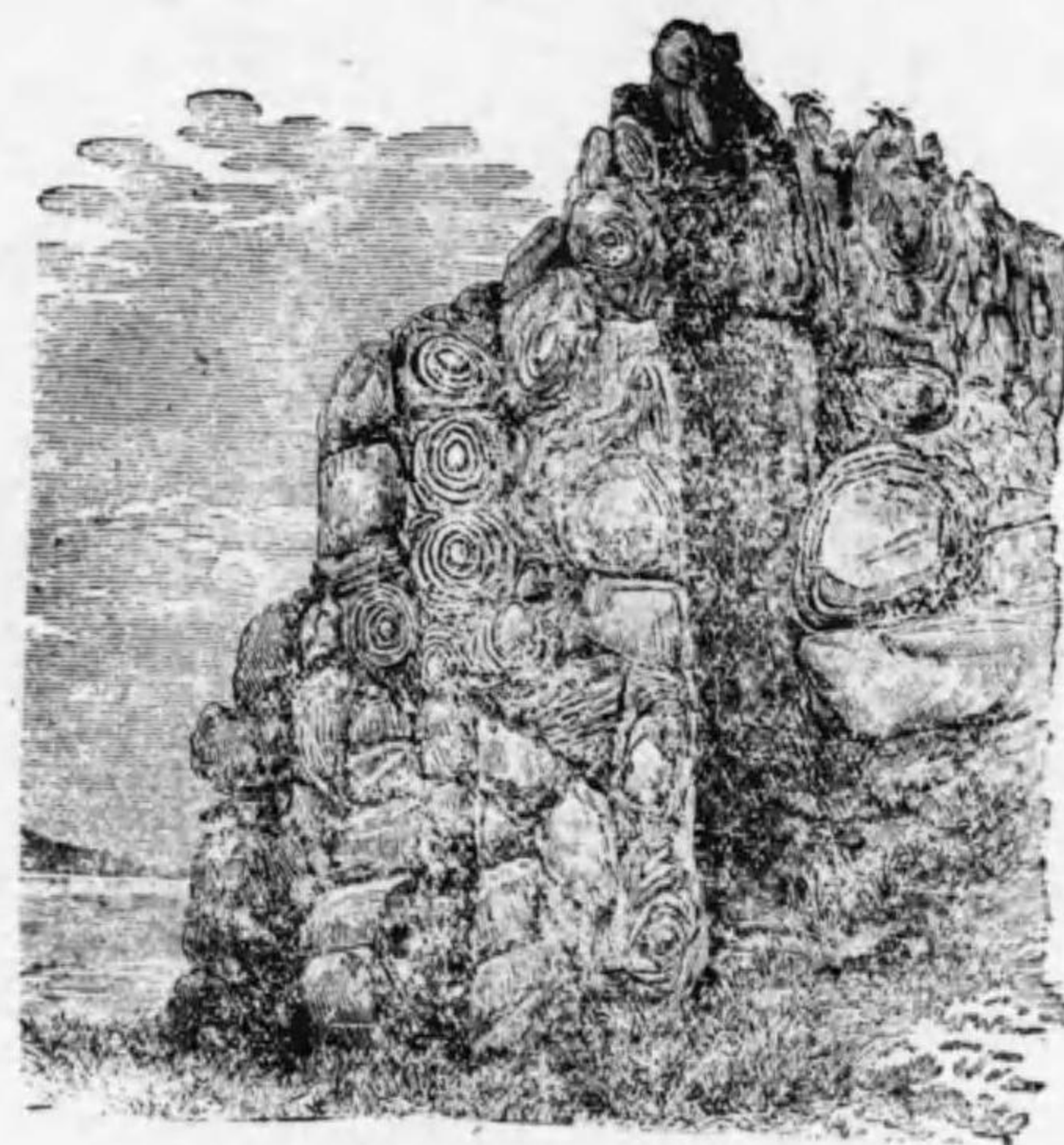


よく岩石の表面や水田の表面が赤錆状になつてゐるのを見るであらうが、あれは皆この酸化作用が起つた爲に表はれるのである。

又炭酸は炭酸で岩石中の諸成分と化合して水に溶け易くなる。其の他アンモニア酸化窒素等を含有するが、此等の化合物は雨水或は雪等に溶解して岩石の風化に多大の影響を及ぼし、

次の水の作用によつて岩石を崩壊させるに至るのである。

第二圖 玄武岩の球狀風化



### 第三節 水の作用

既に述べたるが如く雨垂れが石を凹ませることや、水は更に岩石を幾分溶解する力を持つてゐる。集つた水の力は恐しい程大きい。大雨の際には可成り大きな岩石を上流から押し流して之を碎き、或は之を溶かし、砂礫として下流に運び堆積する。

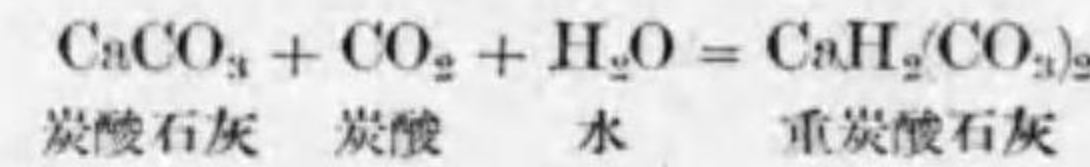
海水の如き礦物質を含有する水は、特に岩石を破壊し且つ溶解する力がある。又冬季温度が氷點以下に降ると、岩石の割れ目に浸水した水は凍結し、その際急激に膨脹するから岩石を破壊することが珍しくない。

以上述べた様に水の作用を分けて理學的及び化學的作用と

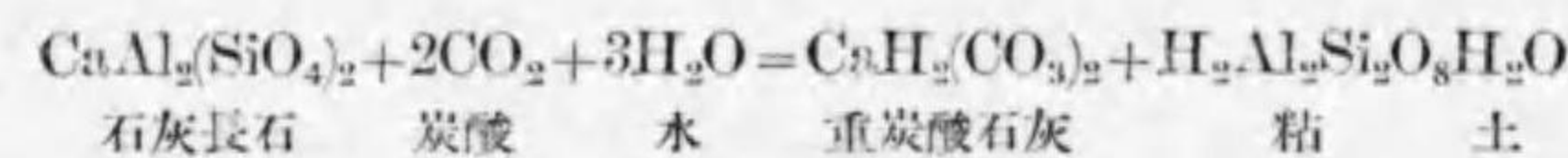
することが出来る。即ち理學的作用には雨水の作用、河流の作用、水河の作用等があり、化學的作用には溶解作用、酸化作用、加水作用等がある。

(1) 溶解作用 純粹の水は岩石の成分に作用すること比較的弱い、天然水には種々の物質が溶解して居り、これが岩石に作用して其の成分との間に化學的變化を起し、可溶性にすることは尠くない。岩石を構成する礦物は、大抵炭酸瓦斯を溶解せる炭酸水、各種鹽類を溶解せる水、或は有機酸を含有する水には比較的少量に溶解され、風化作用を促進することが大である。

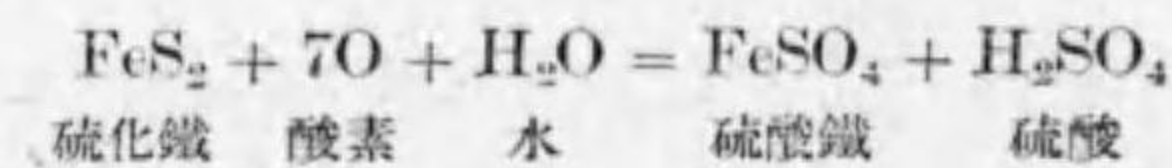
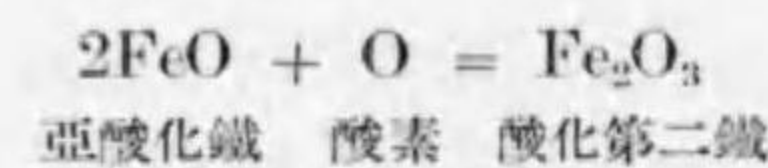
例へば炭酸水は炭酸石灰に作用し重炭酸石灰を生じ水に可溶性となる。



又正長石或は石灰長石に作用し粘土を形成するものにして、土壤の主要成分となる。

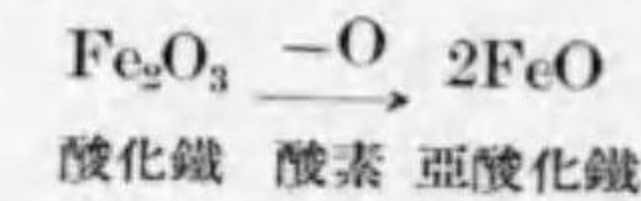


(2) 酸化作用 水は空氣中の酸素を溶解してゐるから、諸種の岩石礦物に作用してこれを酸化する。特に岩石成分中鐵化合物は容易に分解される。

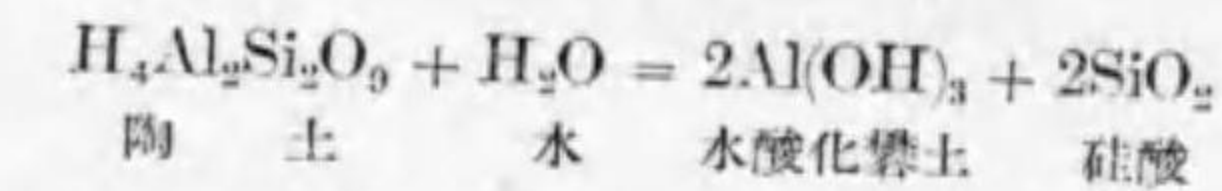
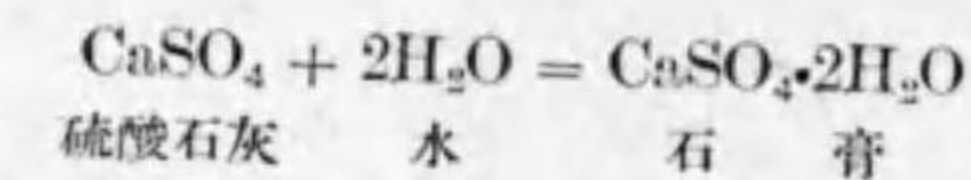
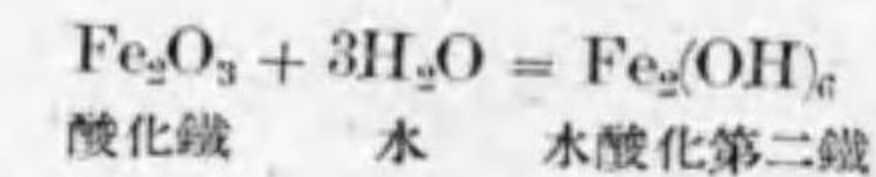


ここに生じたる硫酸鐵は水分少きときは、更に酸化して赤鐵礦となり、水を吸収して褐鐵礦を生ずる。

ところが水に有機物を溶解してゐる場合は、反つて岩石成分より酸素を奪ひ還元作用を惹起する。例へば酸化鐵の化合物より酸素を奪ひ亞酸化鐵化合物に變ずる。



(3) 加水作用 岩石が水を吸収して分解する作用を云ひ、硅酸鹽類が加水作用を受くるときは鹽基と遊離硅酸とに分離し、硅酸は膠狀質となり水によりて流失し、水酸化鐵、水酸化礬土等の鹽基を残留する。



#### 第四節 生物の作用

土壤中には小動物或は無数の微生物棲息し、此等生物の生活體及び屍體が岩石の崩壊を助けることはよく観るところである。

(1) 動物の作用 人類は直接耕耘、開墾、土木事業等により風化を助長し、一見したところたかが蚯蚓であり、モグラであり、蟻であり、土龍であるが、彼等は地を穿ち崩壊の原因となり間接に空氣の流通をよくする。蚯蚓は心土を表上に運び土池を輕鬆に

し、排泄物中に0.018%のアンモニアを含有し、年一英加10噸の腐植を増す。ダルウイン氏に依ると、或耕地には一ヘクタールに約64000匹の蚯蚓が棲息して年に25噸の排泄物を堆積し、その中に約4.5疋のアンモニアを含有してゐたと報告してゐる。

又モグラも共に土中に孔を穿つて下層にまで空氣(主に酸素や炭素)や濕氣や溫度を通ぜしむ。又此等生物の屍體は腐敗分解してアンモニア・炭酸瓦斯・有機酸等を生じ、未だ充分に崩壊してゐない礦物は、以上の化學的作用によつて更に風化される。



第三圖 植物根株の破壊力

(2)植物の作用 植物の作用は動物の作用よ

(2)植物の作用

植物の作用は動物の作用よ

第四圖 植物の土壤化

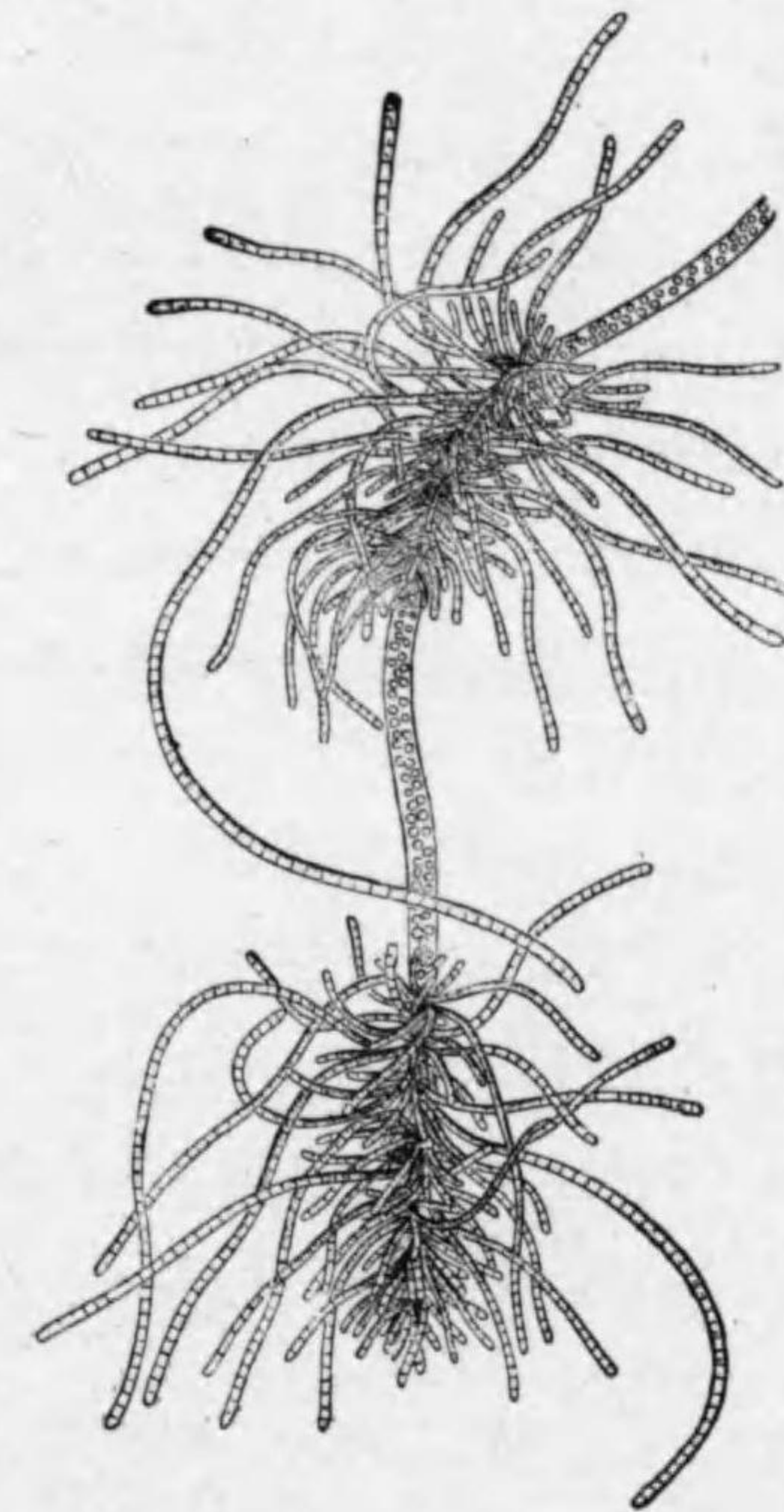


りも著しきものがあり、大樹の根は岩石の破目に侵入し成長して之を割る。例へば盛岡市にある石割櫻は良く知られてゐる。又化學的には植物が土壤中の不溶解性養分を吸収利用する場合に、根毛より分泌する所謂根酸は岩石を溶解分解する。

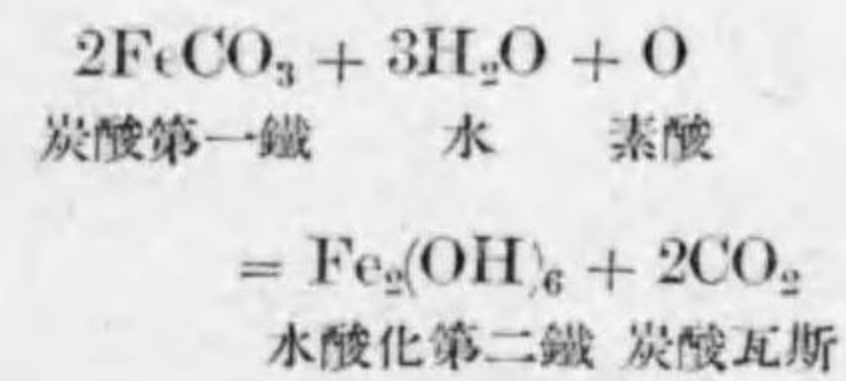
其の他地衣類及び蘚苔類は岩石の上に生育して風化を助ける。又植物の枯死するときは動物と同じ様に有機酸類・炭酸瓦斯・アンモニア等を生じ岩石の化學的風化を助ける。

(3)微生物の作用 岩石の表面や土壤中には無数の微生物棲息して居り、生物の腐敗分解に與かり、又有機酸及び低級脂肪酸類・無機酸を生成する。殊に硝化菌の如きは亞硝酸・硝酸の如き無機酸を生成し岩石の化學的風化を助ける。例へば安山岩分解菌が安山岩を膨軟粗狀に分解するが如く、又鐵を酸化する鐵バクテリヤ、硫黄化合物に作用する硫黄菌等がある。

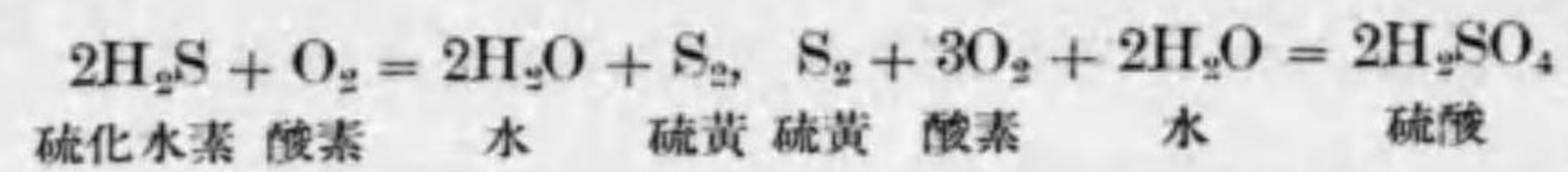
第五圖 鐵バクテリヤ



鐵バクテリヤの酸化



硫黄菌の酸化



以上の如く鐵バククリヤの爲に水酸化第二鐵となりて濕田等に赤褐色の沈積物として現はるるが如きは、何れも微生物の作用中知られてゐる事實である。

### 第五節 眞の土壌

今迄述べた諸作用によつて土壌は生成されるのであるが、岩石の崩壊・風化したばかりの土壌は未だ有機物特に窒素質養分を缺いてゐるから高等植物はそこに生育することが出来ない。土壌新生の當初には地衣類とか、蘚苔類の如き極めて下等な雨露中の窒素化合物に満足する程度の植物が僅かに生育するだけである。かく此等の生物が生育すると、炭酸や有機酸を分泌して自體の接觸する部分の礦物を徐々に溶解する。そこへ温度の變化も加はれば、水や空氣の作用も加はるであらうから、これらの諸作用と相俟つて岩石の崩壊分解が一層促進される。

一方には新生物は枯死した生物の上に生じ、遺骸や排泄物は直接間接に岩石崩壊の一因となる。これを幾度も世代を重ねて行くうちには、何時しか腐植質も集積してくるから、自然高等植物の生育に適する様になる。

ここに於て初めて農果業上密接なる關係ある眞の土壌と云ふものが成立するのである。

## 第二章 風化生成物の分類

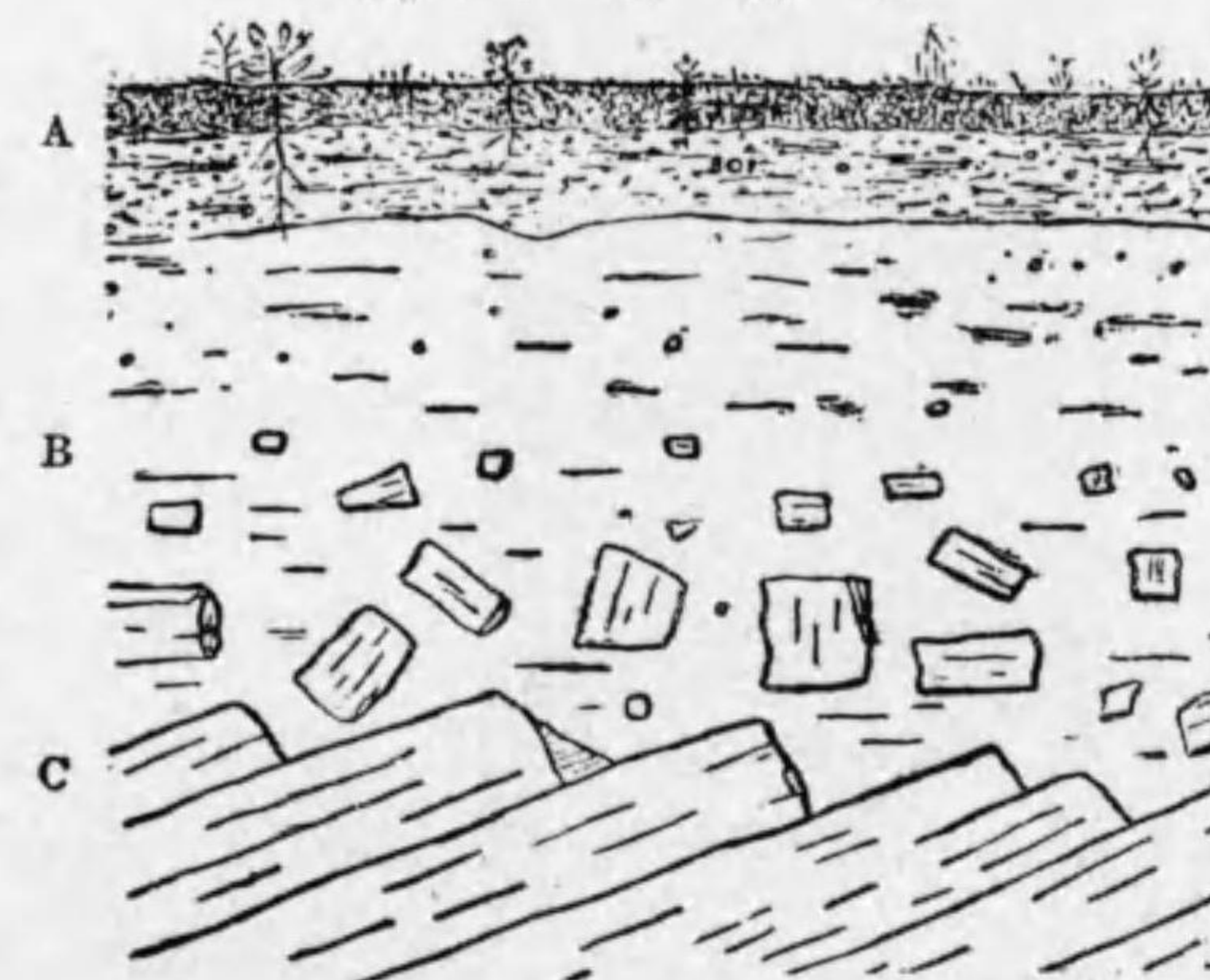
岩石が風化して生ずる風化物には、水に溶ける可溶性のものと水に溶けない不溶性のものがある。可溶性のものは大抵水に溶けて流去するけれども、不溶性のものはそのもとの位置即ち母岩の上に止まつて堆積するか、又は流水や水河や風などのために他處へ運搬せられて堆積するものが多い。吾々は風化生成物が母岩の附近に堆積して生じたる土壌を定積土又は原生土と云ひ、他處へ運搬せられて堆積したものを運積土と云ひ、濕地又は浅い湖沼に於て植物體の腐敗により生じた物質を多量に混合し、且つ植物の形態が残存して居るものを泥岩土と呼んでゐる。

### 第一節 定積土(原生土)

定積土はその下層にある岩石即ち母岩の風化によつて出来たものであるから、これが含有してゐる礦物は母岩と略同じもの許りである。

又定積土の土層は概して浅く成分及び肥沃度は母岩によつて異なり性質偏頗なものが多い。しかも定積土では母岩の風化

第六圖 定積土



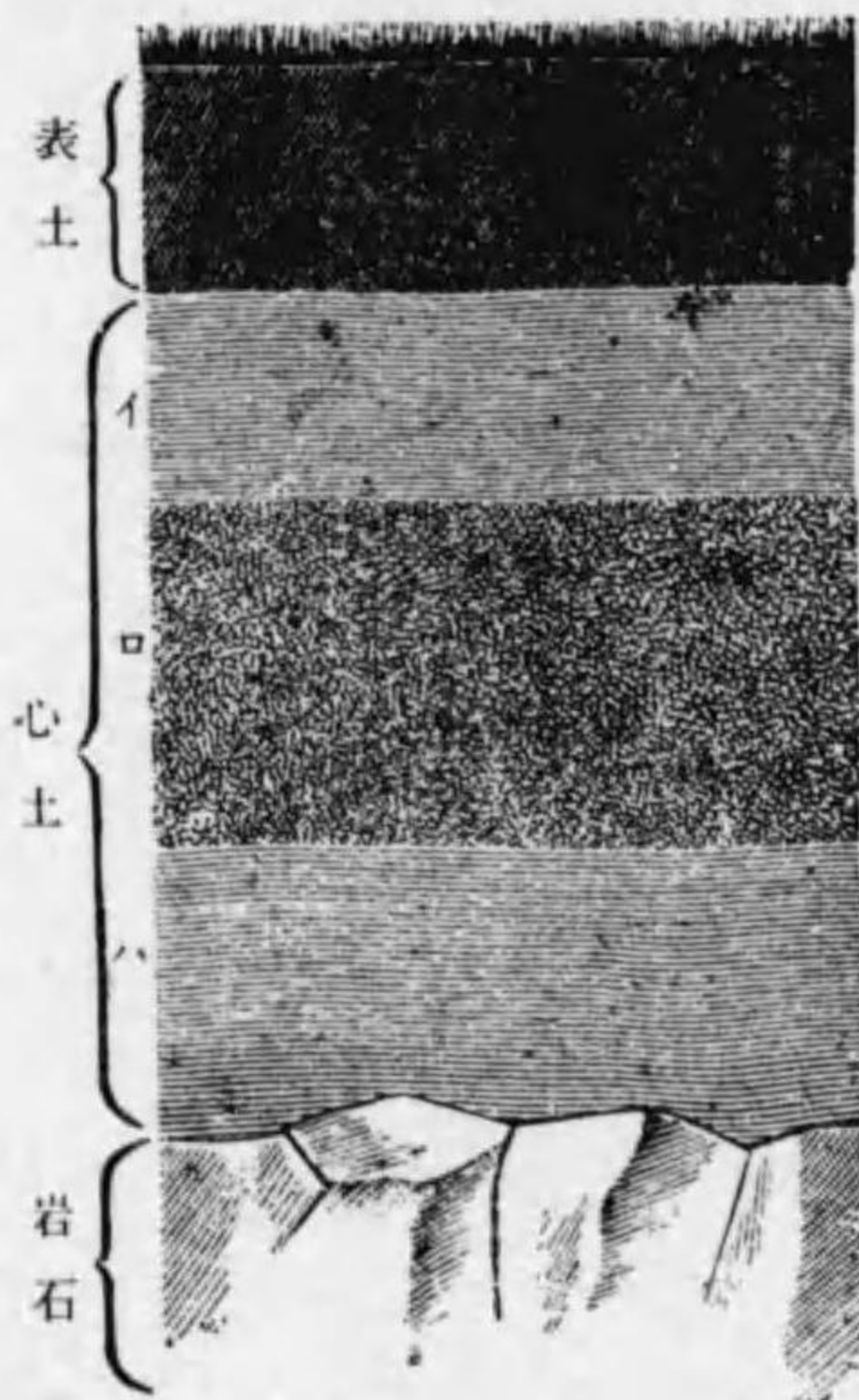
物を全部含むことは殆んどなく、多くの例を見ると、單にその一部を含むに過ぎない。特に急傾斜地ではさうである。これは母岩の風化中に可溶性のものや微細なものが流水のために洗ひ流されるためである。従つて同種の母岩から出来た定積土でも、山麓にある土壤の方がよく肥えてゐる。

定積土は特徴として急斜地のものは可溶性物及び粘土を一部流出し、瘠薄な礫質土を形成し、緩斜地又は平坦なれば養分に富める粘質土を形成する。

### 第二節 運積土

運積土とは岩石の崩解物が重力・風力・水力等の作用で母岩の

第七圖 運積土



位置から他に運ばれ、他の岩石の風化生成物と混合した土壤であつて下層に母岩がない。礫は圓磨され各種岩石の混在し、粒子概ね細粉して同大のもの層状に堆積し、可溶性物及び膠質物の一部は洗ひ去られて粘質適度である。平坦地に露出し地層一般に深く、地味は概して定積土より肥沃である。

運積土は成因により次の如く大別する。

(1) 崩積土 岩石の碎屑片や

風化作用によつて生じた土砂が、主として重力の作用によつて滑落若しくは崩落して生じた土壤である。従つて急斜した山麓や断崖のもとに斜面状或は半圓錐状をなして堆積するのが特徴で、これを構成する土粒は區々で内部の構造は頗る亂雑である。

(2) 扇状堆土 大雨洪水により山間の急斜した谿谷から、平地又は河川の主流に向つて多量の岩屑や土砂を押し出された爲に出来た土壤

第八圖 扇状堆土

で、この土壤は多く緩傾斜をなし扇状をなしてゐる。内部の構造は崩積土に類似する。



(3) 水積土 水により運搬・淘汰され堆積した土壤を總稱して水積土と云ふ。これをその成因によつて河水により生じたものを河成水積土、海水によるものを海成水積土、湖水によるものを湖成水積土の三つに分け、又は地質年代によつて沖積土と洪積土との二種に分ける。

洪積土とは第四紀前期に運積せられたもので表層は普通腐植質に富み、下層は赤黄色の粘土層で其の下に砂礫層あり、その各層の深淺は一様でない。窒素の含量多く、吸水力大で肥料吸収力に於ても第一で磷酸肥料の効果特に著しいものである。

又洪積土より來る土壌は有効性磷酸及び石灰の含量乏しく、且つ酸性強きを以て作物の生育良好でないために不毛地として放棄せられたるものが少くない。近時石灰及び磷酸肥料の施用に依り漸時開墾改良せらるる様になつた。

沖積土とは現時の河川によりて運搬せられたもので土性は一定せず、概して壤質及び砂質土壌で養分含量豊富なものが多い。比較的石灰や苦土の兩成分に富み理學的性質良好である。この種の土壌は何れの作物を栽培するも成績良好で、他種土壌の遠く及ぶところでない、缺點としては肥料窒素吸収力の弱いものが多く、故に可溶性肥料は之を分施することが肝要である。

(4)風積土 風力により運搬堆積して出來た土壌で、北支那の

第九圖 黄土



黄土はその著例である。又砂丘は風のために砂の堆積したもので特に日本海岸に多い。風積土の特徴は土層が深く、その質は均一で、水積土の如き層をつくらず地味は一般に肥えて居る。

(5)火山性土 火山の噴火、爆

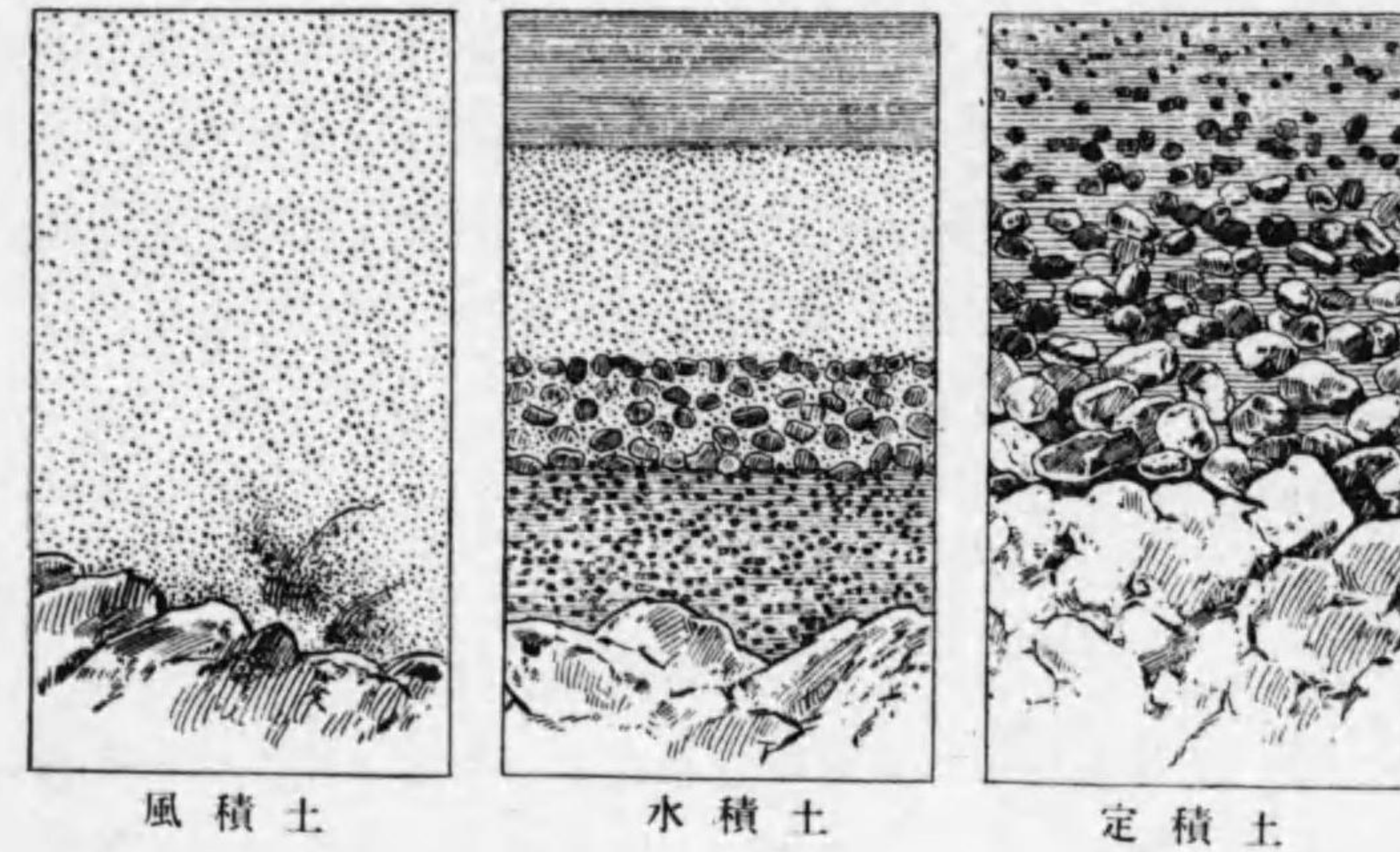
發に際し流出又は抛出せられ陸上や水底に堆積して出來た土壌である。その中粗大な粒子から成るものを火山屑土、火山灰又は火山砂の如く細かな粒子から成るものを火山灰土、火山爆發に當り押し出された泥流から成るものを火山泥流土と稱する。

### 第三節 定積土と運積土の見分け方

#### (1)定積土の特徴

1. 上層にある礫は下層にある岩石と同質である。
2. 總て礫には形の圓きもの少なく、常に多少の角礫をもつてゐる。
3. 母岩に接近するに従つて礫の大きさを増し、且つ數も多くなる。

第十圖 定積土と運積土



風積土

水積土

定積土

(2)運積土の特徴 これはその種類によつて各々特徴が異なるから、我が國に於けるものに就いて述べやう。

#### (3)沖積土の特徴

1. 上層にある礫は必ずしも下層にある岩石と同質ではない。
2. 礫には多少角をもつものもあるが、その多くは運搬中に摩



擦されるから圓礫が多い。

3. 母岩に接近するとも必ずしも礫の大きさを増さず、且つその量も多くなるとは限らぬ。
4. 土砂は一般に定積土よりも細微である。
5. 必ず層状を認めることが出来る。(第七圖参照)

#### (4) 火山灰土の特徴

1. 概して細微の土粒から成り、殆んど礫を混へない。
2. 水分を得れば膨脹して空氣の流通が悪くなり、乾けば粉末となつて微風に遇つても飛散する。
3. 冬季嚴寒時には屢々霜柱を生じ、植物の發育は沖積土に及ばない。

#### (5) 風積土の特徴

1. 礫を混へることが少ない。
2. 土砂が非常に多い。
3. 層状を作らない。

### 第三章 農業土質と土層

土壤の生産力は母岩の地質と生成の状態による土性と堆積状態即ち土層とによつて異なるもので、此等を総合して土質と稱へる。

土壤は岩石が分解して出来たもので、土壤を作つた岩石のことを母岩と呼び、土壤はその母岩の種類によつて相違を致すものであるから、母岩と土壤とは密接に關係してゐる。今次にその性質と作土及び心土の知識を學ぶことにする。

#### 第一節 花崗岩と石英粗面岩

花崗岩は俗に御影石とも云ひ、色が淡く黒雲母又は角閃石と、白又は淡紅色の長石と、淡灰色又は無色で玻璃光澤をもつ石英とが混つてゐる。この長石と雲母とは天然に分解して粘土に變り、石英は海濱或は河原の砂となる。この花崗岩が分解して出来た土壤は壤土又は砂質壤土等で生産力に富んでゐる。

花崗岩に似てゐる岩石は、石英粗面岩・石英斑岩・片麻岩などであるが、何れも石英・長石・雲母などから出来、分解して形成されたる土壤は花崗岩に相似てゐる。此等の岩石を母岩としてゐる土壤は一般に良質の土壤で、時に良質の米は多くはこの花崗岩又はその類似の岩石を母岩とする土壤から生産され、肥後の菊地米・周防の佐波川米・越後の加治川米などはその著しい例である。

#### 第二節 安山岩と玄武岩

安山岩は灰色・暗灰色の火山岩で緻密且つ多孔質の長石及び輝石又は角閃石などの斑晶が散點してゐる。玄武岩は暗灰色又は黒色の石目の緻密なるが普通であるが、時に多孔質のものもある。長石・輝石・橄欖石などから成立つ火山岩で我が國に最も多き岩石なれば、この種の岩石を母岩とする土壤は頗る廣く分布してゐる。これは主として長石から出来てゐるから分解して幾分粘重の土壤を生成してゐる。往々鐵分を多く含む關係から土壤に赤味を帯ぶるものがあるが、概して養分に富める。

肥沃の土壤が多い。

### 第三節 火山灰

我が國は火山多く火山附近及び可成り遠方に火山灰を降す、この火山灰土は軽く水分吸収力大にして乾燥すれば直ちに飛散する。無機膠質物多く重粘にて耕耘困難、作物の生育には不適當であるが、加里分に富む關係から煙草の栽培に適する土壤が多く、湘州の秦野薩摩の國分などはその適例である。

關東平野の大部分は凝灰岩質壤土よりなり、所謂關東ロームと云はれ火山灰が一時水底に沈澱して出来たものであつて、一見して赤黄色の粘土質ロームで養分に乏しい壤土である。

以上の外岩石の種類は澤山あるが、土壤の母岩は同一であれば略ぼ相似たる土壤が出来上る。然し母岩が分解して土壤を作る場合に、土壤がその母岩の上に原生土をなしてゐるとは限つてゐない。新に現在作物を栽培されてゐるものから見れば、甲州葡萄は花崗岩の分解地を好むとか、煙草は火山灰土に適するとか、米の良品は花崗岩の分解地に産すると云ふことは一助ともなる。

### 第四節 土層

岩石風化物の堆積を土層と云ひ、其の生成様式により層位が天然自然の状態にあるものと、人爲的に生成されたものとに區別される。

(1)表土と下層土 表土と同じ状態の部分を表土と云ひ、それ

以下を下層土と稱へる。殘積土に於ては兩者の區別不明瞭なれども、運積土は下層土全く異質で時に數種の土層を交ふるものである。

表土と下層土の性質を比較して見るに、表土は空氣の流通可良で風化作用進行し、粒子細かく然も膠質分等は下層に流亡し、理學的性質良好であるに反し、下層土は空氣の流通不良なるを以て有害な亞酸化物等の集積多く、又表土より成分の流入を受け固結し往々鐵分等の盤層を生ずることがあるが、よく本邦水田土壤に見受けられる。盤層は之を破碎し根の發育を良好にすることが必要である。

表土は耕耘を行ひ且つ施肥すれば微生物の繁殖盛んとなり有機物を増し作物根の生育可良となる。斯く人工的によつた土層を作土と云ひ、作土以下を心土と稱へ、耕具に觸れぬ土層であるから作土より質緻密である。

(2)作土と心土 土層の分け方には今一つの方法がある。人爲的に耕作器具によりて耕耘され、組織膨軟となり植物根の蔓延し得る部分を作土又は耕土と稱へ、其の下位にある土壤を心土と稱へる。であるからこの場合は作土必ずしも前の表土に當り、心土と必ずしも前の下層土と一致するとは限らない。即ち作土と表土とは必ずしも一致しない、表土が浅い場合には作土は下層土の一部にも及び、之に反し表土が深いときは作土は表土の一部で足りる、作土の深さは普通 15—30 輦であるが作土は深い程生産力が大である。

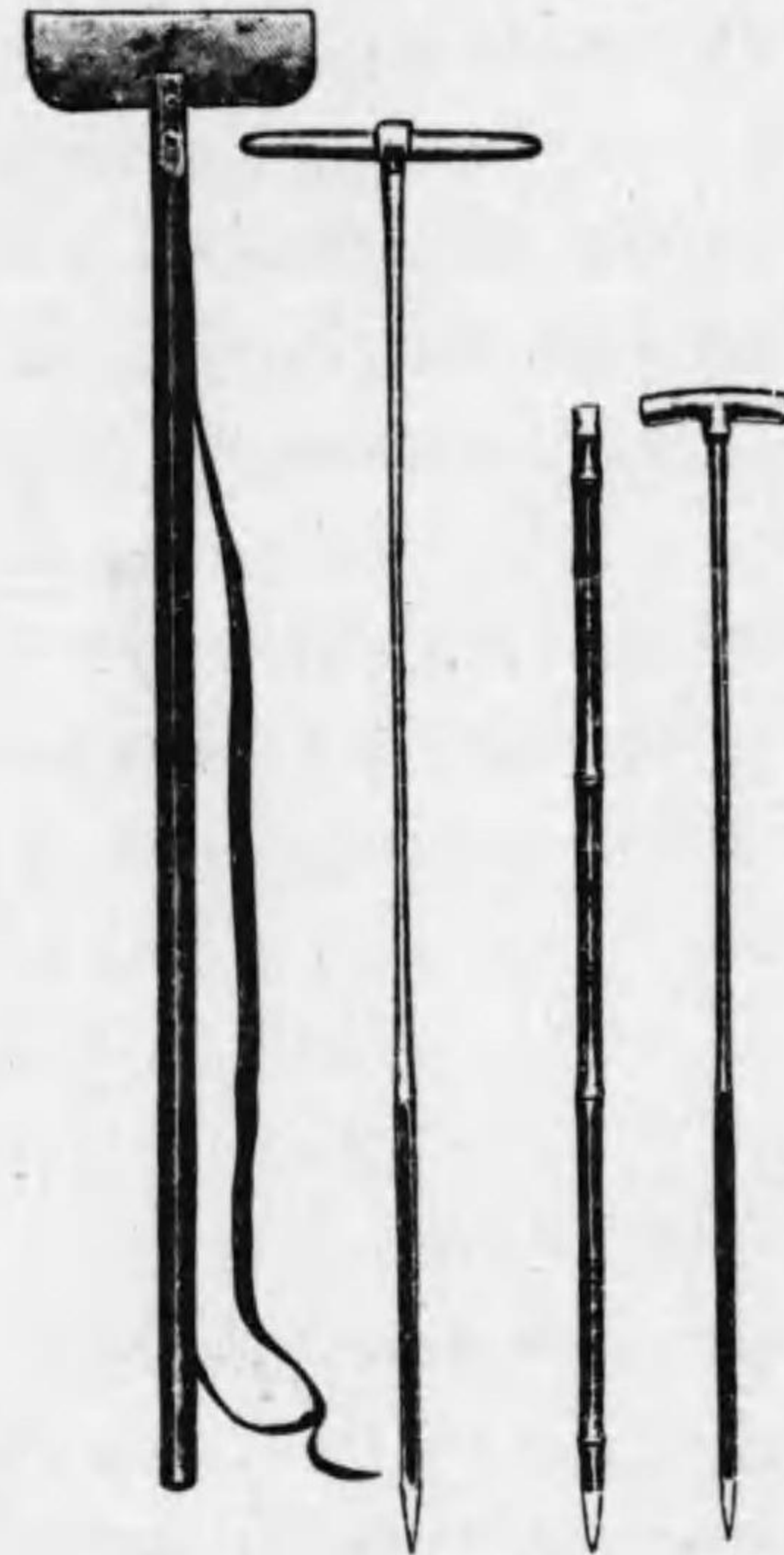
通常作土の深さと云ふものは作物によつて略一定してゐる。

米・麦類・粟・黍・豆類・甘藍や葱や白菜等の葉菜類。茄子・胡瓜・苺等の果菜類。草花類等の栽培では作土の深さは20~30 匁である。50 匁以上の深さは三尺牛蒡とか桑などの如き特殊の作物を栽培する所で見受ける位のものである。

### 第五節 作土の深淺と作物生育との關係

凡そ作物の根は専ら作土の部分に生育するもので作土の淺

第十一圖 檢土器



いものは概して瘠地であるが若し心土が作土と同様の土質である場合又は作土は砂や礫などと混するも心土が粘土質なる場合は心土を耕して作土とすることが出来るから比較的好的土層であり、これに反して心土が砂又は礫を混する場合には如何に良質であつても好的耕地と云ふ事が出来ない。

作土の深い土壤は概して生産力大なるを常とするがこれもその土質によるもので粘土や砂土の多い土質では必ずしも好的耕地とは云ひ難い。耕地の性状の良否

を判別するには、單に作土の性質のみならず心土の性質をも調査する必要を生ずる。この目的で檢土器を使用するが、元來作物の生育の良否は單に作土の状態如何のみならず、心土の性質によりても亦影響を受けるからである。

## 第四章 土壌と氣候

土壤は地球外殻の表部に位する部分の風化産物であつて、粒狀固形粒子・水及び空氣の混合物よりなり、植物に必要な養分を供給し、且つ植物を支持するものであつて、多量の溫熱と濕度とによつて漸次物理化學的の變化を受けるものである。即ち水によりて濕潤となり、風により乾燥するものである。その程度により植物の生育並に栽培に適當なるものと然らざるものを生ずる。

土壤の性質は氣候・母岩・植物及び風化生成の年代等種々の作用により變化するものであつて、新しき土壤は氣温や植物動物等の外部的影響よりも母岩の影響が特に大であり、古き土壤はこれら母岩の影響よりも外部的の影響が大であつて、漸次母岩の性質と關係なく外部の影響によりて特殊の土壤を生成するものである。

### 第一節 土壤の氣候的分類

既に述べたるが如く土性は地質より氣候に左右される場合が多く、溫和な氣候の下では母岩の種類によつて異なる土壤が出来るが、極端になると同一氣候の下に於ては母岩の種類に關

係なく同一型の土壌が出来る。乾燥・濕潤又は熱帯地方に於て土壌型が略々一定してゐるのは此の爲に外ならない。試みに氣候作用の諸因子を物理的基礎の下に簡明な氣候的分類を述べると

1. 濕潤氣候……降水量 - 蒸發量 = 濕度 > 0
2. 乾燥氣候……降水量 - 蒸發量 = 濕度 < 0
3. 雪線氣候……降雪 - 融解 = 水河の移動 > 0

の如く、又寒帯及び乾燥氣候は物理的風化作用多く行はれ、濕潤氣候では化學的風化作用が多く行はれる。他に土壌と温度との關係から

1. 紅土……冬期平均温度 20°C
2. 赤色土…… " 15~20°C
3. 黄色土…… " 15°C 以下

の様に、更に温度低下すれば褐色土若くは灰白土(漂白土)を生ずると述べてゐる。

### 第二節 土壌帯

土壌生成に影響する氣象諸因子の主要のものは

- (1) 温度……最高・最低・平均温度・一日一年中の温度の變化
- (2) 降水量……雨雪量・一年中の分布・一時の降雨の強さ
- (3) 蒸發量……降雨量と蒸發量との差

土壌の生成に當りては斯かる大氣の氣象因子が影響するばかりでなく、土壌内の氣象因子が關係する。之は大氣の其れとは異り、濕帯地方では地下約70cmでは一日の温度の變化なく、

10~20米の深所では一年の温度の變化を及ぼさない。赤道地方では5米以下で最早一年の變化がなく、一年の變化なきところの地温は其地の平均氣温と一致する。

土壌學者ヒルガード氏は氣象の相異によつて土壌を次の如く分けた。

- (1) 乾燥土壌……蒸發量 > 雨量
- (2) 濕潤土壌……蒸發量 < 雨量

然し年中氣象一定せるは稀で雨期・乾燥期の如く季節的變化がある。半年乾燥・半年濕潤な地方では乾燥・濕潤兩土壌の性質を具備する。

- (3) 半乾性土壌……乾燥性 > 濕潤性
- (4) 半濕性土壌……乾燥性 < 濕潤性

以上の四種に分たれ、之が寒・温・熱の諸帯より各特徴ある土壌を作り、此處に土壌帯を生ずる。試みに乾地及び濕地土壌の成分を見ると

右表に見られるが如く、乾地に於ては濕潤地より植物營養分に富み特に加里及び石灰の量多きことが了解される。

成分と記號	濕潤土壌	乾燥土壌
磷酸 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.12	0.16
加里 (K <sub>2</sub> O)	0.21	0.67
石灰 (CaO)	0.13	1.43
苦土 (MgO)	0.29	1.27
硫酸 (SO <sub>3</sub> )	0.05	0.06
礬土 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.66	7.21
鐵 (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.88	5.48
有機物	4.40	5.15

### 第三節 氣候と土質との關係

風化生成の年代新しきものを内成土壌と、古きものを外成土

壤と稱へることとする。例へば濕潤なる地方では玄武岩から灰色の粘土を生ずるが、濕潤なる熱帯では類似の玄武岩又は花崗岩から同一型のラテライト土壤を生ずる。即述の如く土壤の生成と外部の影響殊に氣象要素とは至大の關係を有するものであつて、同一氣候の地方では漸次同一型の土壤を生成するものである。

又中庸の濕度と温度とを有する地方では有機質は分解して漸次其の量を減少し、礦物質及び有機質の分解によりて生ずる水酸化礬土及び膠狀硅酸は複合體を形成して、鹽基を吸収し中性土壤を生ずるが、更に濕潤なる場合は鹽基に對し未飽和の礦質酸性土壤を形成し、又時に乾燥するときは鹽基で飽和せらるるばかりでなく、鹽類の集積を果してアルカリ土壤を生ずるものである。

氣候寒冷で多濕なる場合は有機質の分解作用緩漫なるがために、有機質の増加を來し、低濕地で鹽基に對し未飽和の場合は酸性腐植質土壤又は泥炭土壤を生ずるが、高地の森林地帯にて洗滌の甚しき場合は漂白土壤を生じ、稍々乾燥する場合は種々の黒土を生ずるものである。

氣温高く多濕なる地方では有機質は分解して僅少となり、土壤中の膠狀硅酸は漸次流失するが、水酸化鐵及び礬土の増加を來して赤土又はラテライト土壤を生ずるのである。

### 第五章 土壤の理學的組成

#### 第一節 土壤の理學的成分

土壤を構成する主成分は礫・砂・粘土分又は腐植質であつて、この三つを土壤の理學的成分と云ひ、土壤は大小種々の粒子からなつてゐるが、土壤中の理學的成分は其の大きさに従つて次の如く分類せらる。

土 壤	礫	直 徑	2.00mm以上	}	細 土	
			粗 砂			2.00~0.25m.m
			細 砂			0.25~0.05m.m
			微 砂			0.05~0.01m.m
	粘 土		0.01m.m以下			

(1) 礫 礫は岩石風化の中間生成物と認むべきで、未だ風化が十分でないが行く行くは砂や粘土分などになる可きもので直徑2耗以上の粒子にして、角礫と普通に礫と稱する圓礫とがある。角礫はどちらかと云ふと沖積土には少なく、定積土に多い。之に反して圓礫は定積土に少なく沖積土に甚だ多いので兩者の判別にもなるが、角礫は一般に圓礫よりも風化し難い。又礫の存在は土壤の排水を可良にし、殊に埴質土の場合に効果がある。

第十二圖 土粒の鏡檢

(2) 砂 砂は直徑0.01~2耗の大きさを有する粒子にして、其の存在は土壤の理學的性質に影響する。これには永久的のものと一時的のものとがあり、前者はそれ以上風化しない石英を主成分とする砂によく見る例で、後者は



風化の中間生成物と見做して差支へないもので、早晚更に風化して粘上分となり、或は植物養分となるものである。

砂は土壤を粗鬆膨軟にし粘着性を減少するが故に、水及び空氣の流通を良好にする。

(3) 粘土 粘土は直径 0.01 耗以下の粒子で、其の中極微粒のものは膠質状をなして居る。粘土は水分養分の保持力強く且つ植物根の發育竝に植物の支持に好適であるから土壤には必要缺くべからざるもので、その量が多いほど空氣や水分の流通が不良となり易く、濕潤のときは著しく粘稠性を帯び、乾燥すれば收縮固結して龜裂を生ずる。

然しこれを實際の土壤に就いて調べてみると、粘土分中には眞の粘土分の外に腐植質とか、火山灰とか、各種の細菌その他種々のものを含んであるから、その含量によつて同じ筈の粘土分でも粘性に著しい相違がある。

## 第二節 土壤の膠質成分

土壤の理學的組成分には礫砂等の粒子の比較的大なるもの他に、粘土又は腐植質などの如き微細な粒形を有し精巧なる顯微鏡によつても尙見ることの出来ない程の粒子で特にこれを膠質物と云ふ。無定形硅酸・硅酸鹽・抱水硅酸・礬土・腐植質・水酸化鐵及び水酸化礬土等多く此の状態にて土壤中に有す。尙土壤膠質物の微粒子の性状を検するには限外顯微鏡による。

無機性土壤膠質物の化學的成分は、普通原土中に含むものと同様であるが、主なるものは硅酸・礬土及び鐵である。筆者が本

邦土壤の16種に就いて土壤膠質物の百分組成を検したる結果次の如し。

組成分 膠質含有量	硅酸(%)	礬土(%)	酸化鐵(%)	差 (不足量%)
0.1%以下	38.89	36.60	16.87	4.64
0.101~0.200	38.24	40.54	14.85	6.37
0.201~0.400	34.43	42.45	15.61	7.44
0.401%以上	14.95	61.19	14.60	9.26

土壤膠質物の一部は、土壤水中に個々に分散して存する状態をゾルと云ひ、又一部は數多の粒子凝着して粒團を作り、互に凝固沈下の状態にあるときをゲルと稱する。

次に土壤膠質分の主なる性質を述べると

(1) 土壤の膠質物は地水の濃度を調節する、植物の根に對する溶液の濃度は0.1~0.5内外が適當で、地水の濃度が一定度を超へると根の機能に害する。今蒸發によつて地水が濃厚になると、土壤の膠質物が多量に地水中の溶液を吸着するから地水は比較的稀薄となり、又雨水などにより地水が稀薄となれば土壤中に保持されてゐる物質を抽出をしめ、従つて地水は比較的濃厚となる。斯く地水の濃度は絶へず調節され、概して極端なる濃淡無きを得せしめる。

(2) 土壤の膠質物は土壤水の反應を緩和する。此の緩和の原因には多々あるが、土壤膠質の吸收機能が重要な一大原因をなすものである。即ち土壤に添加した溶液の酸及びアルカリ度を緩和する効があり、此の作用は緩衝作用と稱する。

(3) 土壤水の空氣及び水の運動は膠質物により支配される

所が甚だ多い。細微なる粒子の土壌に於ては土中の空気及び水の運動は膠質物によつて妨害され、殊に粘質土に於て然りである。膠質土壌の如き粘重なるのは申すまでもなく凝聚力に歸因するものである。

(4) 土壌の膠質物の増加は概して可塑性を大とする。即ち容易に捏土の状態になると云ふのである。故に時には膠質物質の多量は必ずしも好ましくないことがある。粘土は礦物質の膠質が多量に存在するために生ずるもので、従つて粘土に於ては膠質物の影響を減するのが得策である。一般に土壌の可塑性が大なれば大なる程土壌が乾いた場合非常に凝緊せんとする。故にかかる場合には土壌粒子は相寄り、塊を形成し、土壌の凝緊、或は可塑性は土壌の構造又は耕耘と關聯して考ふべきである。

(5) 膠質物は土壌に吸収力を與へる、土壌は瓦斯體・水及び溶液中の物質を吸収する力がある。之は土壌中の膠質物に歸因するもので、今日まで種々の實驗が行はれて極めて重要な事柄である。

土 壤 の 種 類	粘土含有量(%)	吸濕水分(%)
壇 土(15種平均)	31.97	10.45
壇質粘土(7種平均)	17.15	9.06
壇 土(9種平均)	12.06	2.50
砂質壤土(4種平均)	7.39	2.50
砂 土(4種平均)	2.93	2.21

左表の如く土壌粒子細微となるに従ひ吸濕度益々大となる、然し粒子細微となることは粘土含有量多いこと

で、従つて膠質物含量多く又肥料の吸収作用とも關聯する。

(6) 土壌の膠質物は良い結果を與へるけれども、膠質粘土並に膠質酸化鐵及び膠質礬土に富んでゐる土壌に於ては化學肥料として施す窒素・磷酸・加里成分を非常に強く吸着し、植物根に分與しない。即ち根の吸収力が土壌の吸収力に敗れる場合で、かやうな土壌に於て土壌が飽和するまで養分を施すことは經濟上不可能であるから常に注意し、斯かる土壌は適當に處理する必要がある。要するに肥料の經濟的使用及び植物養分の土壌より消失することに對して考慮すべきである。

### 第三節 土壌の機械的分析法

土壌の機械的分析とは物理的手段により土壌を礫・粗砂・細砂・微砂・粘土の各成分に分離定量する操作であつて、其の成績は土壌を分類し、また土壌の理學性を推知するの基本となるのである。

土壌の機械的分析を行ふには先づ採取土壌を日光の直射せぬ所で充分乾燥せしめる。之を風乾土と稱へ、此の風乾土一定量を探りて土塊を碎き、後直徑2耗の圓孔を有する篩で篩別し、殘留したものは礫篩孔を通つた部分を細土と云ひ、細土は更に水を用ひて砂分と粘土分に分ける、之を淘汰分析法と稱へる、

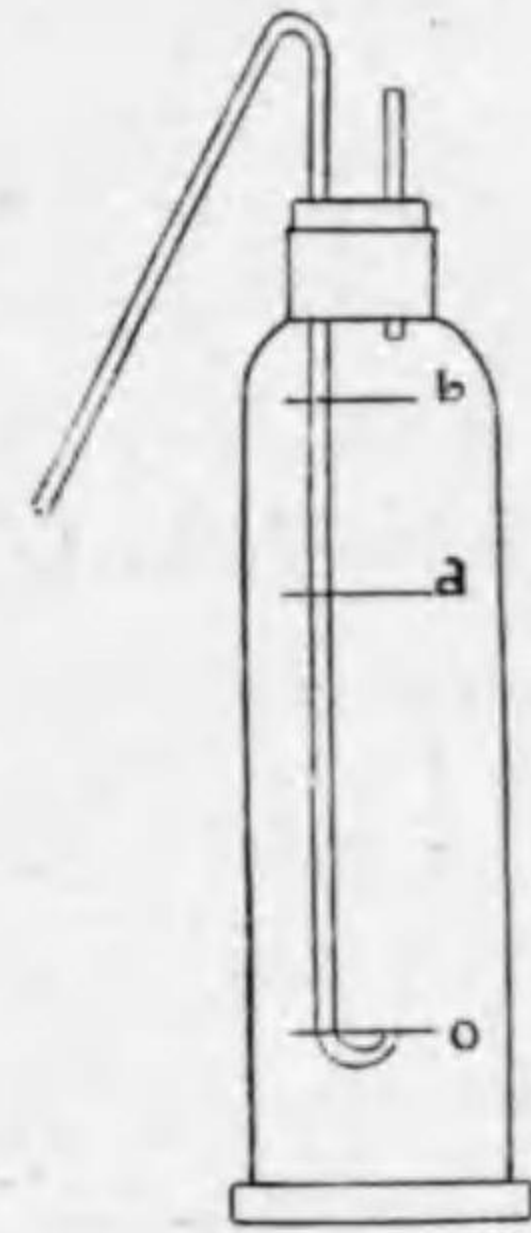
土壌の淘汰分析をするに二法ある。一つは流水の運搬力を利用する法であつて洗滌法と呼ばれ、他は靜水の浮力を利用する法であつて沈底法又は沈澱法と呼ばれる。

(1) 沈底法又は沈澱法 土粒が比重同一の場合沈降速度は大きさに比例する。故に此の沈降速度を種々に變更するときは

粒子の大小を分別することが出来る。これ沈底法の原理であつて種々なる方法あるも、實用的にして稍々精密なる簡法にはキューン法アツターベルヒ法オーデン法等あれども一例としてキューン法を述べる。

キューン法で用ひられる装置は口径80耗の硝子製圓筒であつて、下部標線は下底より5耗の高さのところに口径1.5耗のサイフオンの口が置かれてゐる。中部標線は底より2~3耗の高さに上部標線は底より27.5耗の個所に夫れ夫れ劃されてゐる。

第十三圖 キューン法の装置



本装置により分析するには風乾細土20瓦を採り、水と数滴のアンモニアを加へ盡め、土塊を軽く碎いて放冷せしめた後、全部を圓筒に移し水を加へて其面を中部標線に一致せしめ、振盪後三十分静置する。後サイフオンで濁水を出し水を加へて同操作を繰り返

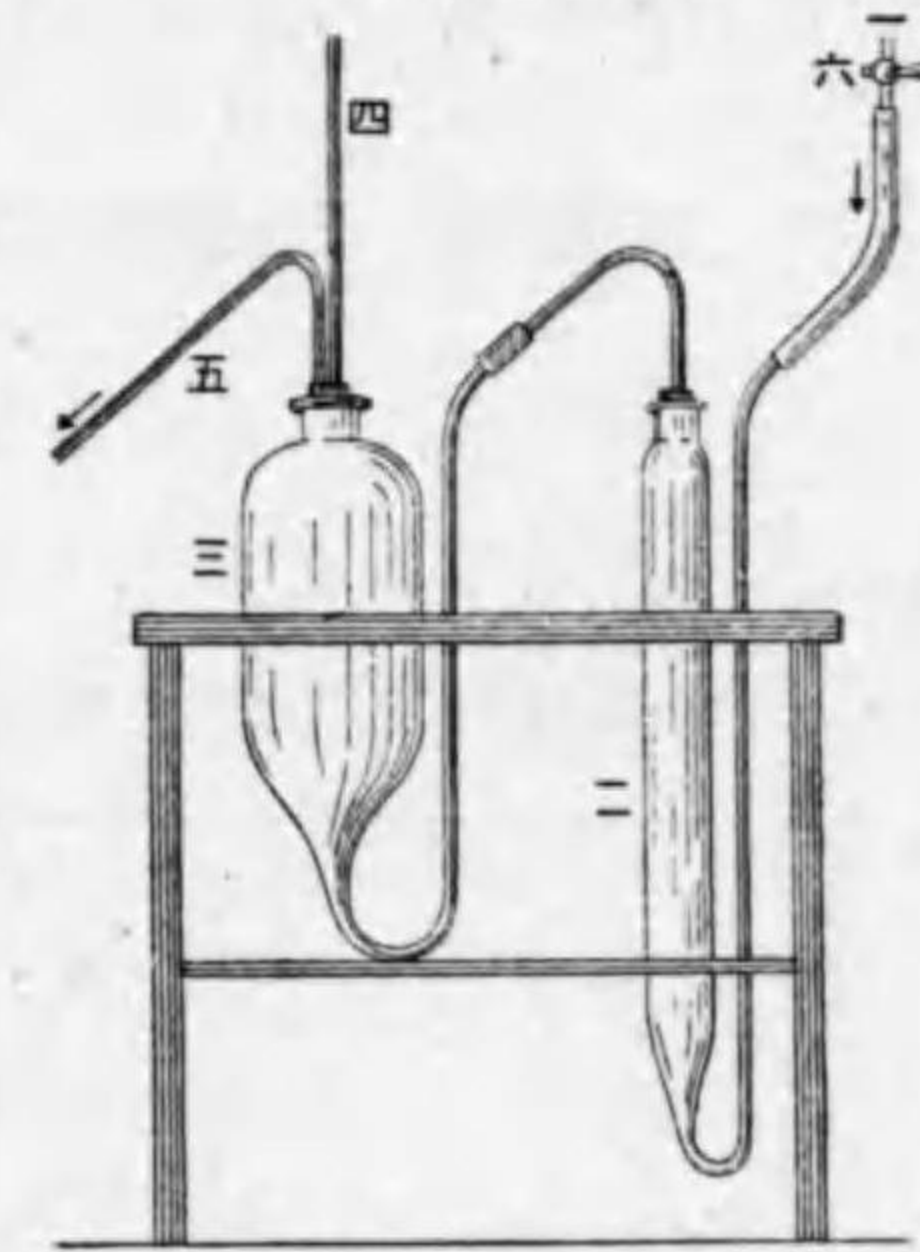
し透明になるまで行ひ粘土分を求める。次は上部標線まで水を加へ振盪後二分静置し水を流出せしめ、液部が透明になる迄繰り返すときは微砂が得られる。器底には細砂粗砂が残るから乾燥後に篩過分別する。

(2)洗滌法 洗滌分析には我國では従來公定法としてシエーネ法を用ひて居たが、大正十五年以來は關豊太郎博士により改良せられたユベツキー氏淘汰器はA.S.K淘汰器を使用するが便利である。本淘汰器は大小二個の淘汰管を連結せる装置を

用ひ、其の大管は内徑11.7耗、小管は内徑3.7耗より成り、大管は側管によりて小管に連絡し、小管は側管によりて水槽の導水管に連絡する。そして大管の頸部には流出管と上部に一線を劃せる流速計とを具へて居る。水槽は床面より6尺位のところに備付けるを可とす。

土粒の流される速度は次記の如くである。

第十四圖 コベツキーの土壤淘汰分析装置



土粒の直徑	流 速	土粒の直徑	流 速
0.01mm以下	0.20mm/秒	0.05~0.01mm	7.00mm/秒
0.01~0.05	2.00	0.10~0.02	20.0

一、水槽の位置  
二、小圓筒管  
三、大圓筒管  
四、流速計管  
五、放水  
六、活栓

この實驗には細土20~80瓦を豫め水及びアンモニア水にて處理し得たる粥狀の液を小管に移し、小管を導水管と大管とに連絡せしめ、導水管の活栓を開きて水を通せしめ、流速計中の水柱の頭を標線に達せしむるときは、小管の管内部の洗滌速度は二秒耗となり、直徑0.05耗以下の土粒を大管内に送出し、大管内部の洗滌速度は〇・二秒耗となり直徑0.01耗以下の土粒(粘土)を流出管より射出する。流出水が清澄となるに至りて、大管内に残留せる土粒を集め乾かして微砂として之を定量し、小管中に残留せる砂上を孔径0.25耗の篩により水中で細砂と粗砂とに



分け各々を定量し、先に用ひたる原土の量より砂の含量を減じて粘土の量を求むるのである。

#### 第四節 土壌の理學的成分に基づく分類

(1) 土壌は細土の分析結果により粘土の分量によりて之を分類し、左の如く命名する。そして機械的組成成分及び腐植の含量によりて分類したる土壌の種類を土性と呼ぶ。

土性名	粘土の含量	土性名	粘土の含量
砂土	12.5%以下	埴壤土	37.5~50.0%
砂壤土	12.5~25.0	埴土	50.0%以上
壤土	25.0~37.5		

(2) 細砂及び微砂の含量が砂の含量の三分の二以上から成る場合は、土性名の上に特に細なる語を冠する。例へば細砂土・細壤土の如し。

(3) 埴壤土及び埴土が火山灰土に見られるが如く、頗る輕鬆である場合にはそれ等の名稱の上に特に輕なる語を冠する。例へば輕埴壤土・輕埴土の如し。

(4) 礫及び腐植の含量の多少によつて次の用語を用ふ。

礫又は角礫の含量	用語	腐植の含量	用語
5~10%	含む	2~5%	含む
10~30%	富む	5~10%	富む
30~50%	頗る富む	10~20%	頗る富む
50%以上	礫土又角礫土	20%以上	腐植土

礫及び角礫を等分に混在するときは複礫土と稱し、腐植及び

礫を含める細砂土、腐植に富み角礫を含める埴壤土、礫に富める埴土、腐植を含める砂土と稱する。

#### 第五節 土壌の分類と農業上の意義

(1) 礫土 礫土は普通60%以上の礫あるものを云ひ、石礫多きに過ぐるものは農業上用ひ難いけれども、風化分解し易きものは森林地として用ひらる。又礫土は微細なる土粒を含有すること多きもの程可なり。

(2) 砂土 砂土は普通80%以上の砂ある物を云ひ、常に幾分の石礫及び粘土を混じり65~70%の砂分にて、20~30%の礫土分を混するものを壤質粘土と云ふ。70%以上の砂分にて10~30%の礫を混するものを礫質砂土と云ひ、砂土は氣水の流通良好なれども、養分の吸収並に保水力弱き故に、速効性可溶肥料を一時に多量用ふれば流失の虞れあり、然れども有機物の分解速かなるが故に有機質肥料を用ふるに適し、又砂土に有機質肥料を施用せば大いに其性質を改良す。

(3) 壤土 壤土は粘土と砂土の中間の性質を有するものにして、粘土30~60%を含有する。砂分と粘土分の混する割合により砂質壤土及び粘質壤土の別あり、即ち40~60%の砂と30~50%の粘土分を混するものは砂質壤土にして、30~40%の砂分と60~65%の粘土分を混するものは粘質壤土なり。壤土は適宜の砂分と粘土分を混有するが故に氣水の流通中庸にして、相當なる養分吸収力を有し最も植物の成育に適す。

(4) 粘土 60%以上の粘土分を含み砂分40%以下のものを粘

土と云ふ。粘土は氣水の流通悪く還元作用を起し易く、有機物の分解甚だ遅緩なるが故に斯かる土質には速効性肥料を施すに適す。

今試みに本邦土壤の淘汰分析平均成績を示せば次の如し。

土壤の種類	(有機物%)	粗砂(%)	細砂(%)	微砂(%)	粘土(%)
重粘埴土	6.8	2.1	16.7	45.4	35.8
埴土	6.2	10.4	27.2	29.9	32.5
壤質埴土	11.3	9.1	28.1	42.1	20.1
埴質壤土	6.7	4.5	35.8	33.0	26.7
壤土	13.5	12.2	34.0	38.7	15.1
砂質壤土	4.2	15.1	48.2	26.2	10.5
腐質植壤土	31.2	23.8	25.2	37.7	23.3
埴質砂土	4.2	48.6	26.7	15.4	9.3
細砂土	5.3	4.8	71.4	13.8	10.0
粗砂土	5.5	66.5	9.8	12.9	10.7
砂土	13.5	45.8	32.7	10.2	6.3

### 第六節 土壤分類の簡易法

#### 1. 土壤の乾燥して居る場合の土性決定法(握力法)

- 埴土……乾燥した土壤を握碎することは不可能である。
- 埴壤土……乾燥した土壤を非常に力を要するが握碎することは出来る。
- 壤土……乾燥した土壤は少々力を要する程度にて握碎することが出来る。
- 砂壤土……乾燥した土壤を容易に握碎することが出来る。
- 砂土……土壤を生ずる事がない故他の土壤とは直に區別し得られる。

#### 2. 土壤の濕潤なる場合の土性決定法(指紋法)

- 埴土……土壤が濕潤なる場合には、完全に指紋を取ることが出来る。
- 埴壤土……土壤が濕潤なる場合には、少々完全に指紋を取ることが出来る。
- 壤土……土壤が濕潤なる場合には、不完全ではあるが指紋を取ることが出来る。
- 砂壤土……土壤が濕潤なる場合には、殆ど指紋を取る事が出来ない。
- 砂土……全く指紋を取る事が出来ない。

## 第六章 土壤の理學的性質

### 第一節 土壤の色

土壤を構成する主要成分たる石英・長石・陶土等は元來無色のものなれども、腐植質及び鐵化合物は最も普通に土壤を着色する成分にして、黒色は腐植質の含量多いもの程強く、その含量の程度に因つて暗灰色その他種々の色を呈し、赤色は鐵の酸化物に基くもので殊に有機物を殆んど含まぬ場合は色相が濃厚である。又土壤の色は鐵と之に混合する腐植の程度によつて、淡色・褐色・黄色に變ずる。

第十五圖 土壤の色



腐植質の土壤を着色する度は

土壤の成分により一様ならざれども、砂は0.2~0.5%の腐植質を混ずるときは明かに褐色を呈し、2~6%を混ずるものの濕ふときは黒灰色を呈するに到り、10%に及べば黒色を與ふ。壤土及び粘土は腐植質のために着色せらるることは砂土に於けるよりも少ない。

土壤の色は多少其の成分を示すもので、一般に黒色を帯ぶる土壤は肥沃なりと稱せらる。土壤の色は濕熱の吸収と大なる關係を有するものにして、黒色なるものは最も多く濕熱も吸収するを以て、寒冷なる地方に於て早く耕耘せんには炭粉又は泥炭粉の如きものを用ひ、又園藝土壤を溫暖ならしめんが爲炭粉等を土壤の表面に撒布するのはそれが爲である。

土壤の色と温度との關係に就いて八鍬氏の研究を示せば次の如し。

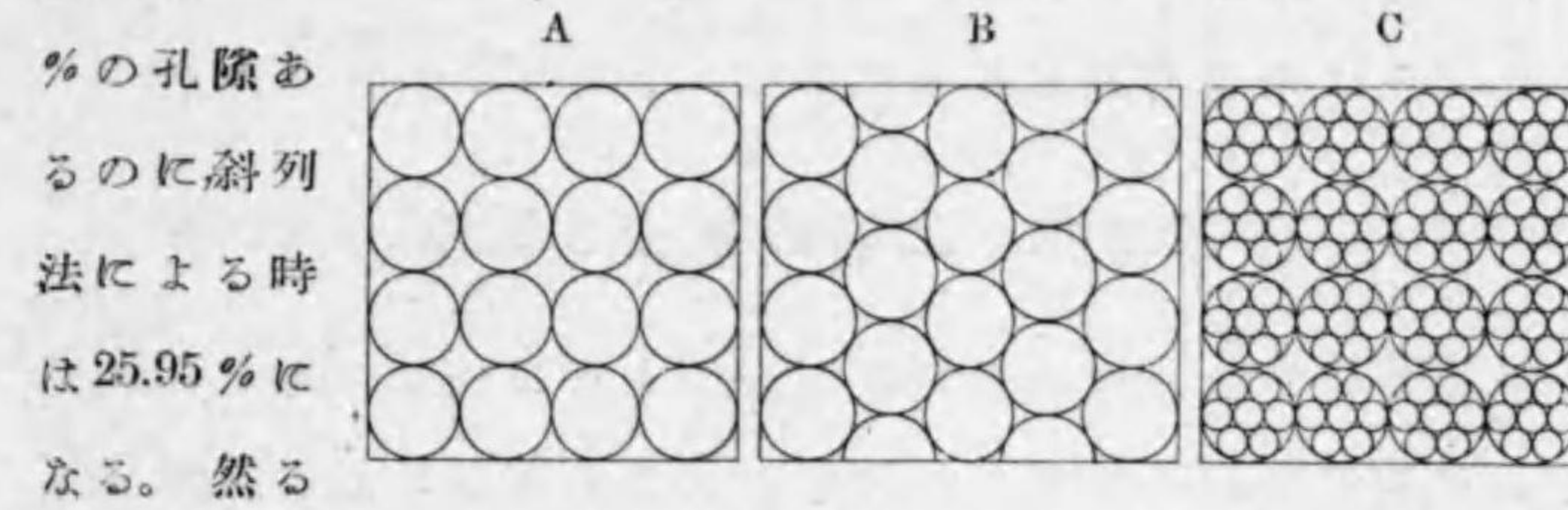
深  さ (米)	最高温度(攝氏)		最低温度(攝氏)	
	黒色區	白色區	黒色區	白色區
0.00	20.4°C	11.9°C	0.9°C	0.1°C
0.05	15.9	9.1	2.6	2.3
0.10	12.3	8.5	5.4	4.1
0.02	11.2	8.8	8.2	7.0
0.03	11.0	9.3	10.0	8.8

### 第二節 土壤粒子の配列と組織

土壤粒子相互の結合状態は土壤の理學的性質を支配する重要な因子である。土粒子の精粗状態を其の土壤の構造或は組織と呼ぶ。

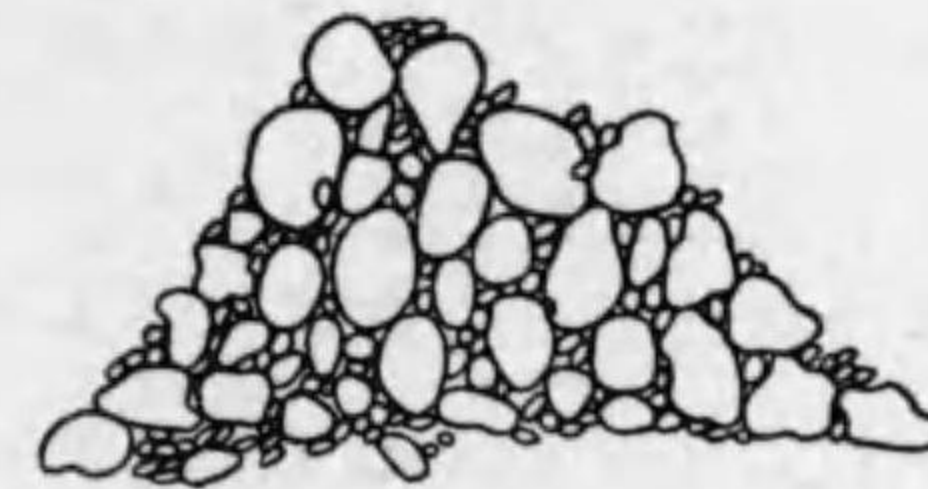
一定の大きさの球状のものを配列すれば正列法と斜破法の二種がある。之は土粒間の空隙に差を來すことになり、例へば正列法は47.64

第十六圖 土粒の配列



に更にC圖の如く小なる粒子が集つて團粒を造り配列する場合には61.23%の空隙量になる。

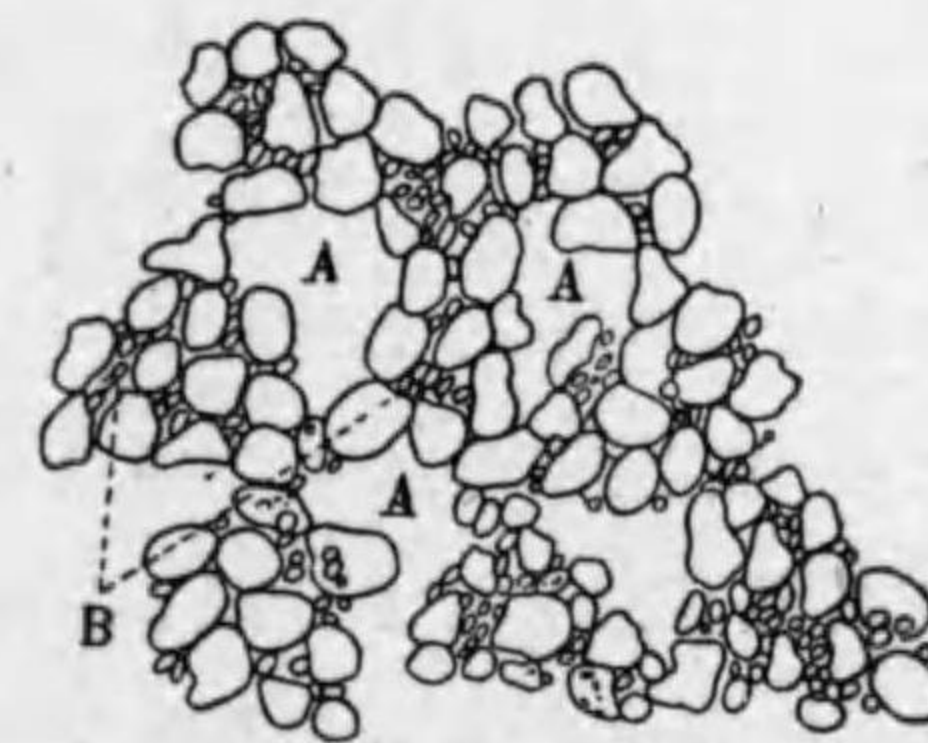
第十七圖 單粒組織



土壤は單一粒子が集合して團粒を作り、單粒組織をなす。

更に團粒が集つて一體の土壤を構成する團粒組織をなすが、之の配列にも正列と斜列とがある。

第十八圖 團粒組織



團粒組織は農耕地及び森林地等の土壤にあり、團粒を組織する各粒子間に細隙があり水を保ち、又氣水の流通がよく植物生育上適當な状態にある。

砂土は間隙粗に過ぎ水分を保つ力弱く、埴土は之に反し水分

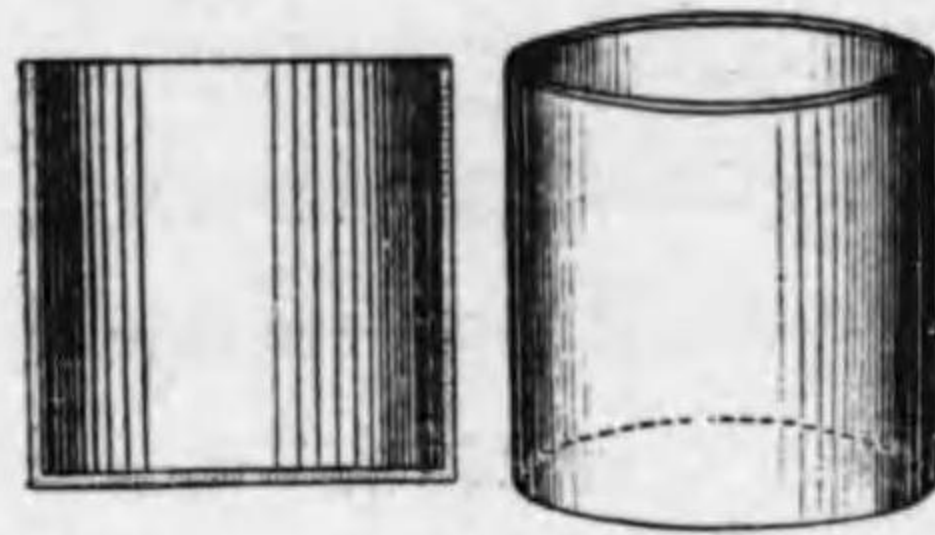
をよく保つが通氣悪し、耕耘によつて土粒の團粒化を圖る。粘

重な土壌を團粒化するには鋤起し嚴寒に曝らし根系の強く發達する植物の栽植、綠肥を鋤込み、生石灰加用等が考へらる。尙團粒組織は大雨により腐植の減耗、石灰の溶出等により單粒化され、耕土は必要期間常に團粒化する様注意すべきである。

### 第三節 土壌の重量と孔隙

土壌の重量は一定容積の粗膨なる状態に於ける重量と緻密なる状態に於ける重量とは大いに異なるが故に通常粗密二様の状態に於て重量を求むるのが常である。

第十九圖 容積重測定器



土壌の重さを表すには比重及び容量を以てする。比重には假比重と眞比重とある。假比重とは土粒間に空氣を含んだものの比重で、眞比重とは空氣を含まざる土粒の比重を云ふ。眞比重から土壌の孔隙性が知られる。

(1) 假比重の測定法 風乾土 100 匁の容積の重量を 100 で除したものを云ふので、測定には黄銅製 100 匁内容の圓筒を用ひ、之に風乾土を入れ粗及び密なる状態に於て目方を測る。

粗なる場合は土壌を充し机上で三度軽く叩き、密なる場合は机上を叩きて充分土壌を入れ上を掻き落し目方を測る。尙水分を別に定量して計算上から除去するのであるが、粗なる状態は耕耘されし時の土壌の状態に擬し、密なる状態は耕耘後數日を経た状態と見做す。

$$\text{假氏重} = \frac{\text{容積重} - \text{含水量}}{\text{同容積の水の重量}}$$

我が國土壌の假比重は通常粗状態で 0.6~1.0 にして、密状態は 0.8~1.5 であるが、土壌の種類によつて異り、石英砂は 1.112、石灰砂は 1.136、壤埴土は 0.885、鼠色粘土は 0.752、腐植は 0.348 とされてゐる。

(2) 眞比重の測定法 土壌の眞比重とは土壌實質の比重にして大體 2.5~2.7 にして砂土は大にして埴土及び腐植土は小である。

土壌の眞比重を測定するには比重瓶を用ふ。其の方法は先づ瓶に蒸溜水を充たし、これを 17.5°C にて採り次に其の水を半量位にし、風乾細土 5~10 瓦を入れ徐々に煮沸すること數分間にして冷却し水を加へ瓶を充たしつつ 17.5°C の水槽に置くこと四分間にして取り出し外部の水分を減除して、その重量を秤量し次の如く比重を算出するのである。

第二十圖 比重瓶



- (1) 風乾細土 5 瓦の乾物量(瓦)
- (2) 比重瓶及び水の重量(瓦)
- (3) (1) + (2)
- (4) 土壌及び水を入れたる比重瓶の重量(瓦)
- (5) (3) - (4)

$$\text{比重} = \frac{\text{土壌の乾物量}}{\text{同容積の水重}} = \frac{(1)}{(5)}$$

眞比重は土壌を構成する礦物の比重に關係があり、土壌の種

類によつて相違する。

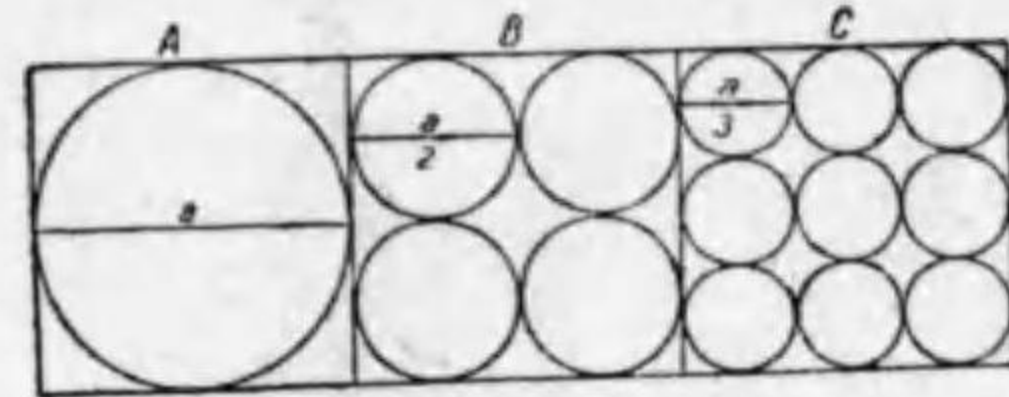
腐植に富める砂土	壤砂土	砂壤土	重粘土
2.45	2.62	2.64	2.70

(3)孔隙性 土壌の孔隙は土壌粒子によつて充たされない部を土壌の孔隙と云ふ。100 耗土壌の孔隙は其幾割を占めるか、此の量を孔隙量と云ふ。

$$\text{孔隙量} = \frac{\text{真比重} - \text{假比重}}{\text{真比重}} \times 100$$

第二十一圖

土粒と空隙



本邦土壌の孔隙量は通常粗状態で70%,密状態にして60%にして、土壌孔隙は以上の外に土壌の積類・土粒の大小等によつて相違があり、其の大小は土

壌の肥瘠と關係を有す。

何れの場合も容積と空隙は等しい。

$$\begin{cases} a=1 & \text{土粒體積} = \frac{4}{3}\pi r^3 \\ a=\frac{1}{2} & \text{"} = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{1}{2}r\right)^3 \times 8 \\ a=\frac{1}{4} & \text{"} = \frac{4}{3}\pi r^3 \\ a=\frac{1}{4} & \text{"} = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{1}{4}r\right)^3 \times 64 \\ & = \frac{4}{3}\pi r^3 \end{cases}$$

第四節 土壌の保水力(容水量)

土壌に降下せる水の一部は地表に沿ふて流去し、一部は蒸發し去ると雖もその殘餘は必ず地中に浸透するものにして、土壌は斯かる水の幾分を吸收保持する性質あり、之を土壌の保水力と稱する。

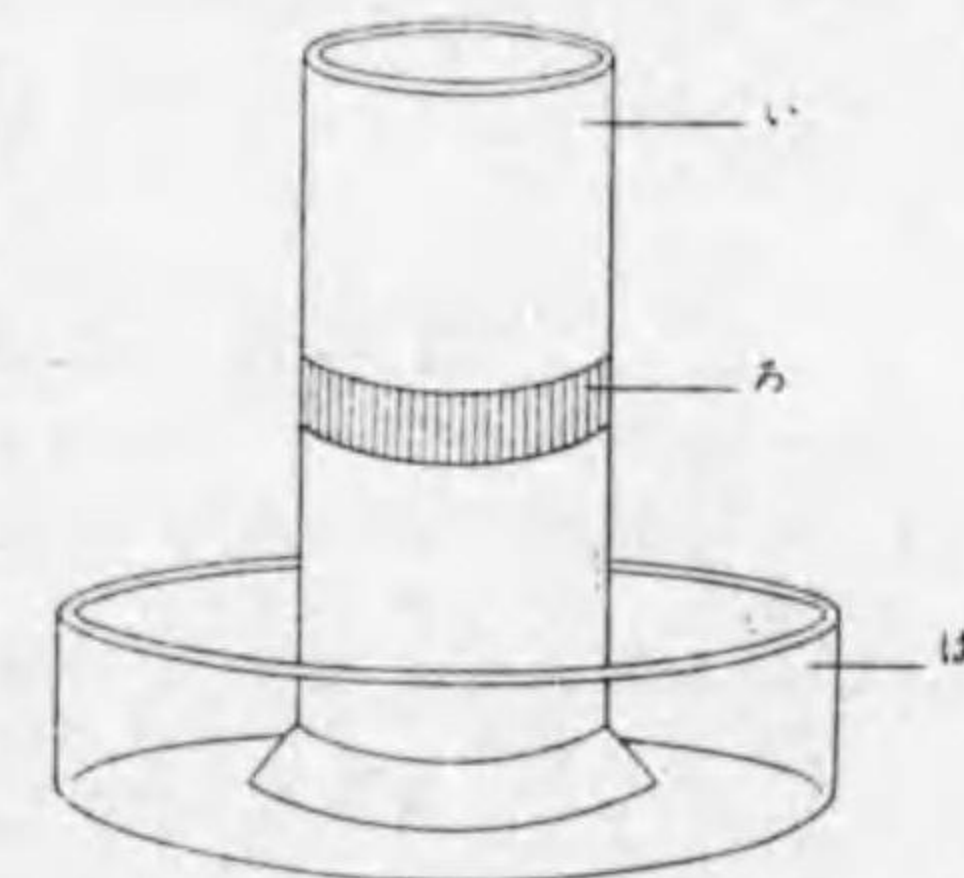
保水力の大なるものは、旱害に耐へる力は強いが、濕害を蒙る虞れがある、保水力小なる土壌は此の反對である。

保水力の水量を容水量と云ひ、容水量は重量百分率又は容量百分率を以て表はされるが、前者は100 瓦の土壌が保つ水量で、後者は100 耗土壌が保持する水の容量を示す。

容水量の測定法 高さ5 種の圓筒二個を重ね密着せしめ、下底を布にて被ひ、土壌を填充し水を5 耗深さに入れたる皿内に置き、土壌に吸收せしめ一晝夜の後接合部を離して、土壌10 瓦を採り乾燥して減じたる重量(水分量)と乾土との比を容水量と云ふ。重量百分率から容量百分率による容水量を求むるには該土壌の假比重を乗する。

第二十二圖

容水量の測定装置



土壌の保水力に二種あり、其の一つは最小の保水力と稱し、他は最大の保水力と云ふ。最小保水力とは土壌が毛細管引力により重力に反して水を保有する力にして、最大保水力とは土壌が水を以て飽和せられたる状態に於て水を含有し得る力である。

各種の土壌の最大保水量を示すと次の様で

土 壤 名	最大保水量 (%)	土 壤 名	最大保水量 (%)
粘 土	50	石 灰 土	54.9
壤 土	60.1	砂土(82%の砂)	54.5
腐植質土	70.3	砂土(64%の砂)	65.2
泥 炭 土	63.7	石 英 砂	46.4

い、土壌を入れる圓筒、ろ、兩圓筒を接合する紙帶、は、水を入れる容器

ある。

最小の保水力は最大保水力に比すれば小なるものにして、同

土壤名	最大保水力(%)	最小保水力(%)
石英砂	49.0	13.7
粘土	46.0	24.5
重土	39.2	11.7

一土壤に於て兩者を比較すると

土壤の保水力は土壤の成分・土粒の精粗・組織の粗密・温度の高低・土壤の位置其の他植物の有無及び種類によりて相違するものである。

土壤構成分中粘土・腐植質等は保水力大にして、砂質土は其の力乏し、其の他傾斜土壤に於ては其の含水量は平坦なる地に於けるものよりも少なく、植物の生育する土壤にありては土表より蒸發する外、莖葉等を通じて水分を蒸發するを以て、其の生育せざる土壤に比して水を含有する事少くない。

### 第五節 土壤の毛細管引力

地下水面上の土壤の微細間隙は水を含む、これが地面又は植物體を通じ蒸發減少すれば更に下層より上昇し其の欠乏を補ふ。此の力を毛管引力と稱し、此の水を毛管水と呼ぶ。

此の作用は地下水を上昇し下層に流亡せる肥料分は上層に復歸し、土壤液は流動して栄養分等は各部分一様に分布せらる。

時間	砂(%)	微砂(%)	粘土(%)
1時間目	9.8	6.4	1.3
10時間目	12.7	14.5	36.8
2日目	15.0	22.6	52.3
3日目	17.3	27.7	61.5
4日目	17.3	31.0	66.5
5日目	17.5	33.8	69.5

土壤の毛管引力の大小は土壤の種類・土粒の精粗・構造・位置及び成分等に關係するものにして粘土は最も強く、腐植質之に次ぎ、石英砂に至れば其の力大いに減少す。

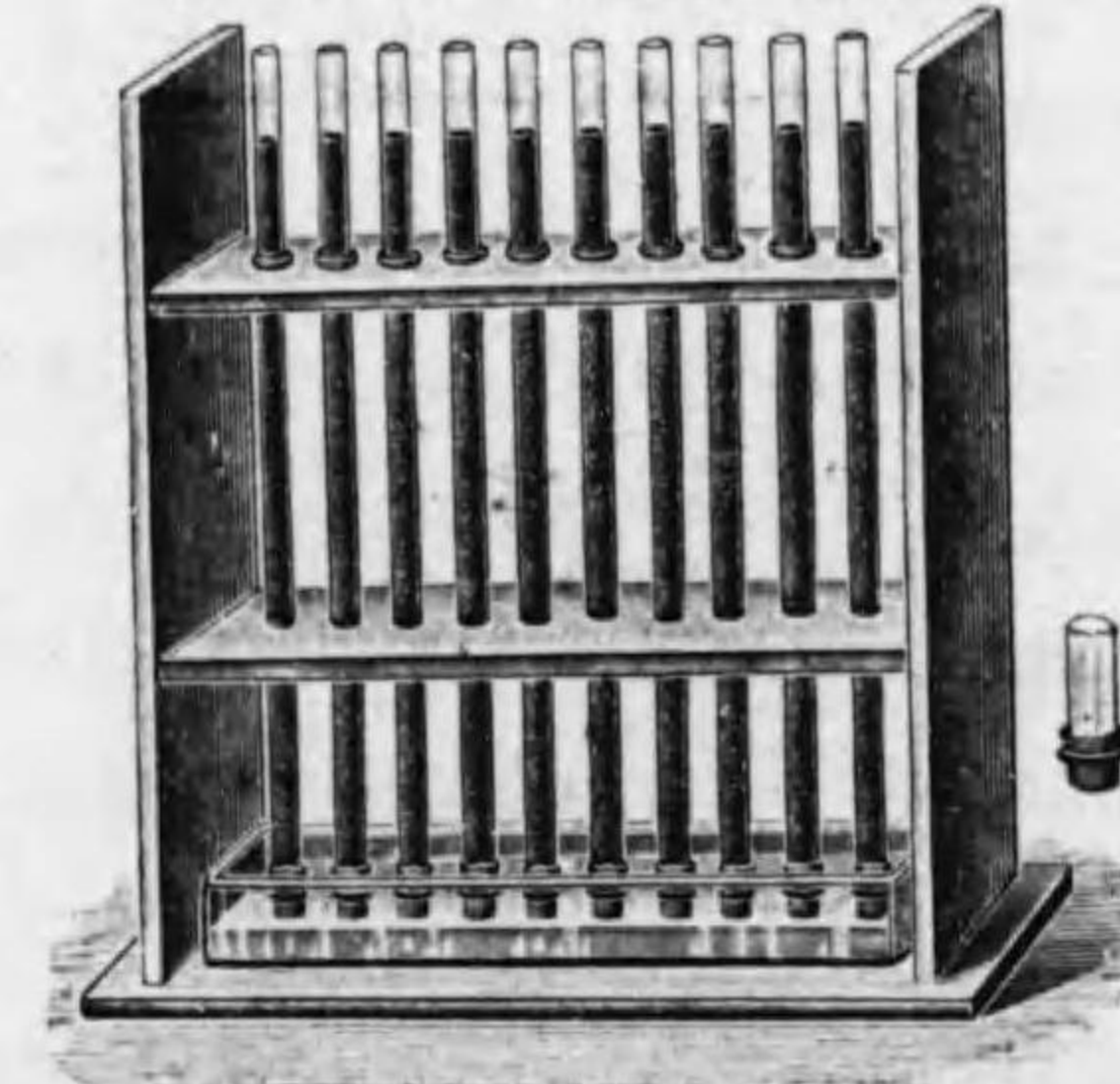
時間	石英砂(%)	腐植(%)	粘土(%)
1時間目	16.4	9.2	3.0
6時間目	37.4	19.0	7.2
1日目	63.5	27.8	15.0
2日目	82.8	35.4	19.0
4日目	—	37.0	31.0
8日目	—	45.4	39.0

上表に見るが如く粒子の小なる程上昇は大であつて、それは土粒小なる程毛管の直徑が小となり、上昇の高さが毛管半徑の大きさに反比例するに因る。

管の直徑	水の上昇する高さ	土粒の直徑	水の上昇する高さ
1.00mm	15.336mm	0.500~0.250mm	0.03mm
0.10	153.360	0.250~0.100	0.52
0.01	1533.600	0.001~0.050	1.24
		0.050~0.005	3.05
		0.005以下	8.70

毛細管力の測定法 毛細管力を檢するには長さ1米、内徑2厘の硝子管の下に濾紙を蓋し、金巾で外側を押へ車にて縛り、管中に風乾細土を入れ水槽中に下底を2厘内外の深さに浸らし、水の上昇割合を檢するものである。観測

第二十三圖 毛細管力の測定装置



は時間を定めて行ひ、水が最高位に昇るに要せし時間と、其の高さが毛細管力を決定する。

### 第六節 土壤の透水力と蒸發力

(1) 透水力 地表に達したる雨水は蒸發・蒸騰作用等によりて發散したるものの外は、滲透作用によりて不透水層に達し地下水となり、溝渠・溪川を経て終に海に達する。この地下に滲透させる力を透水力と云ふ。

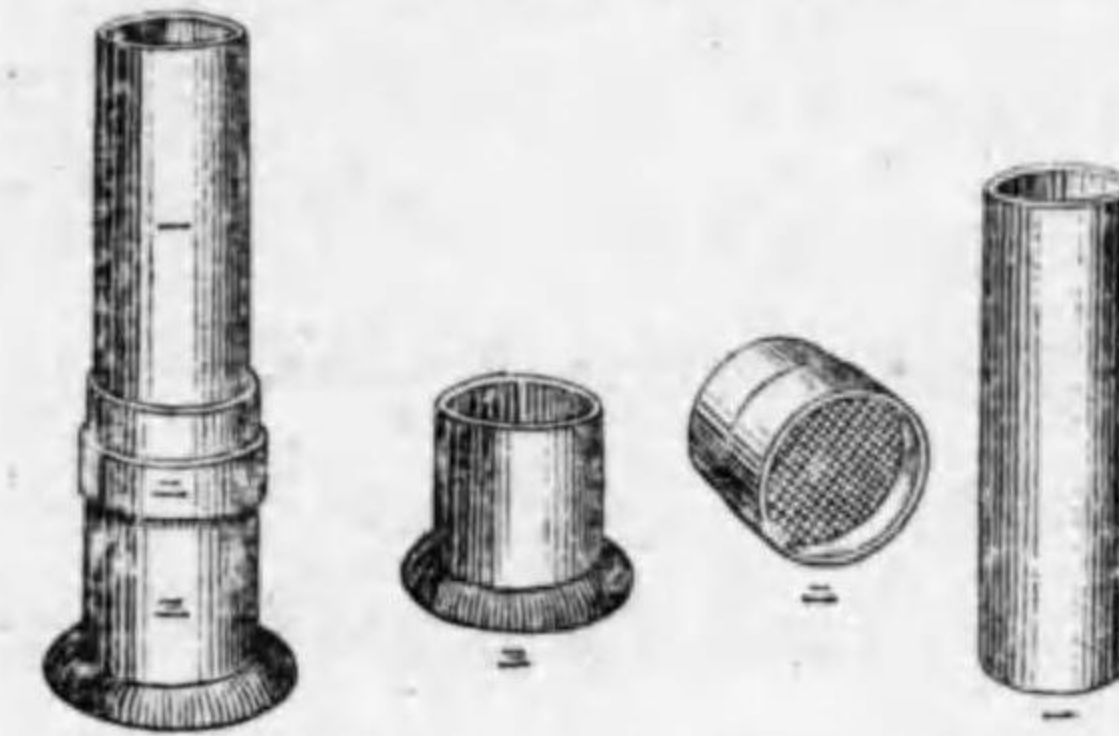
地下水面が地表上より4尺以内なるときは米穀類には不良なりとされてゐるが、禾本科・牧草の如き植物に對しては地下水面高きも差支ない。水稻・藨くわゐ等の如き水生植物は沼澤地にても差支へない。

透水力に關係ある事項は、土壤の組織即ち土粒間隙の大きさに比例し、溫度昇ると空氣膨脹するため壓力を増大し、毛管水が動き易くなるに従つて透水力が大となる。又土壤に有機物の存在する時は、有機物の分解の際に生ずる瓦斯の爲に、水の透過を容易にするが、砂土に於ては却つて妨げられる。粘土に腐植のある場合には、團粒組織となるから透過をよくする。更に膠質物或は植物の根株に根の蒸發水分を考へぬ時には、水の透過大である。

透水力の測定法 透水力を測るには第二十四圖の如き装置を用ゐる。一は土壤を容れる圓筒、二は底に金網を張り、その上に濾紙を置いた圓筒、三は透過した水を受ける圓筒である。一の圓筒内に18厘の深さに風乾態細土を容れ、上から一定量の水

を注ぎ、土層を通過した水の量をその速度とを檢する。

第二十四圖  
透水力を檢定する装置



(2) 蒸發力 土壤の表面から水分の蒸發する力を蒸發力と稱へる。此の作用は土壤の種類・組織・傾斜の方向・空氣の

溫度並に濕度・風の強弱・土壤の含水量・蒸發面の大小・被覆物の有無並に種類等によつて相違する。故に農業上注意すべき點は、降雨が少くて土地の乾燥する處のあるときは、雜草を除いて植物體からする蒸散を防ぎ、土地を淺耕して地表面の毛管力を弱め、地上に藁・刈草等を覆つて蒸發を減ずるの手段を講じ、また降雨が多くて土壤の濕潤に過ぎるときは、高畦に整地して蒸發面を大きくする工夫を要す。

### 第七節 土壤の透氣性

土壤の透氣性は通氣性又は容氣性とも稱し、土壤中に空氣を通過せしむる性質にして、土壤中の空氣は大氣中に於けるものと稍々其の成分を異にし、炭酸瓦斯に富み酸素に乏し、植物は絶えず根に於て呼吸作用を營むが故に、其の生育上酸素の必要なことは勿論なれども、若し土壤と大氣の間に永く換氣作用起らざるときは、植物の根は充分なる呼吸をなし得ざるのみならず、土壤中に於て有機物の分解するに乗じて還元作用を惹起し、

又酸性腐植質を生成し大いに植物の生育を害する。

土壌の透氣性は粒子の精粗・組織の粗密・含水量等により影響せらるるものにして、粗疎の土壌にありては空氣の流通容易にして、壓力に正比例す。耕耘を行ひ、土壌の組織を粗疎ならしむれば土壌の透氣性に著しき影響を及ぼす所以は之によつて明かである。

土壌中に存在する空氣の量を容氣量と云ひ、容氣量に二種あり、一つは風乾態の土壌の容氣量で、これを最大容氣量と云ひ、他は十分に濕つた土壌の容氣量で、これを最小容氣量と云ふ。

最大容氣量 = 孔隙量 - 風乾態土壌の含水量

最小容氣量 = 孔隙量 - 容量含水量

### 第八節 土壌の温熱

土壌の保有する温度と稱へ、その殆んど全部が太陽熱によつて供給せられる。其の熱量はラングレイ氏によると晴天の日に直射する太陽より土壌表面1平方メートル毎に、毎時百萬カロリーの熱を受ける。此の熱量全部が耕土1平方呎深さ6吋の所に吸収せらるることとすれば、温度は1時間に24.5°C上昇することになるが、土壌は熱を放射して失ふ故に、實際は斯くの如く上昇しない。

土壌の温度は植物成育上重大なる關係を有し、土壌温度が0°Cに降るときは植物の成育作用は休止せるものにして、多くの農作物にありては5°C以上に至らざれば成長作用なきものとし、又土壌温度20~25°Cに達する迄は成長作用は盛んなるを

得ず、其の他土壌中に於ける生物の作用・化學的變化等も地温と密接なる關係を有す。

(1) **土壌の色と温度** 土壌の色は大いに土壌の温度と密接なる關係を有するものにして、殊に土壌の乾燥せる時に於て其の影響大にして、黒色の物は能く太陽熱を吸収し、赤色及び黄色之に次ぎ、白色のものは熱を吸収すること少なし。地温を高める目的で木灰粉或は煤を散布するのは之が爲である。

(2) **地面の方向及び角度と土温** 土壌の受熱は傾斜の方向及び角度によつて差異あり、同一條件の下に於て地面が單位時間に受ける熱量は、地面の日射の方向と交はる角度が直角に近い程大きい。同一の方向及び勾配を有する斜面に於ても夏冬により受熱を異にする。

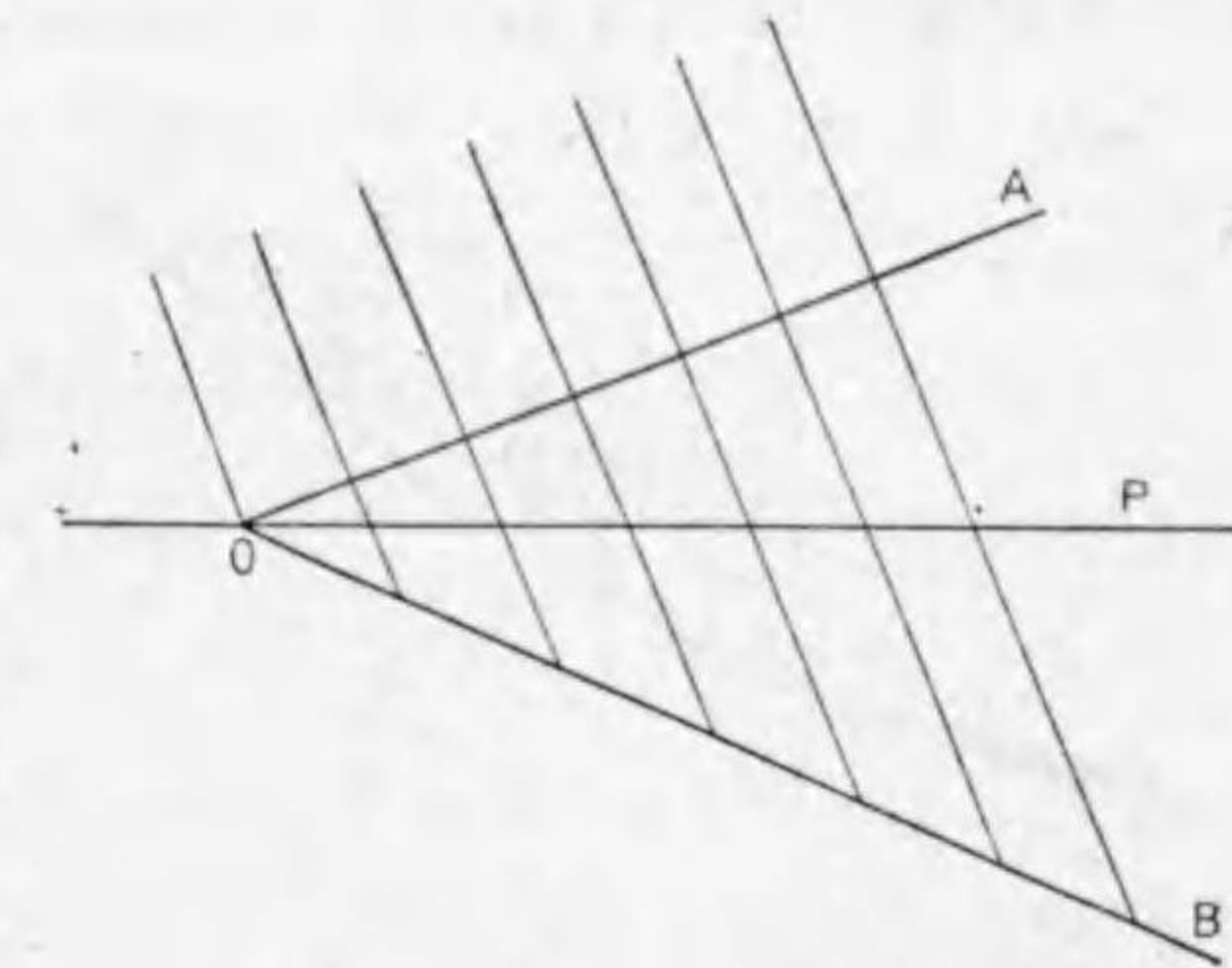
第二十五圖 角度と受熱

それで斜面を利用する場合には角度に注意を要する。

(3) **土壌の比熱** 比熱とは1瓦の物質を温度攝氏1度上昇せしむるに要する熱量を水の場合に比較した數字であ

る。水(14.5°C)の1瓦を攝氏1度上昇せしめるに要する熱量を1カロリーとする。水は各種物質中比熱最も高く、土壌の比熱は次の如く計算されてゐる。

土壌粒子の比熱は其の性質により異なるも、大體に於て無機





成分は水の5分の1即ち0.2、有機成分は其の2倍0.4と見做してよい。但し容積比熱に於ては、無機及び有機大差なく、大約水の半

物質の種類	重量比熱	容積比熱
石灰	0.196	0.517
炭酸石灰	0.241	0.582
粘土	0.223	0.576
乾燥泥炭	0.477	0.601

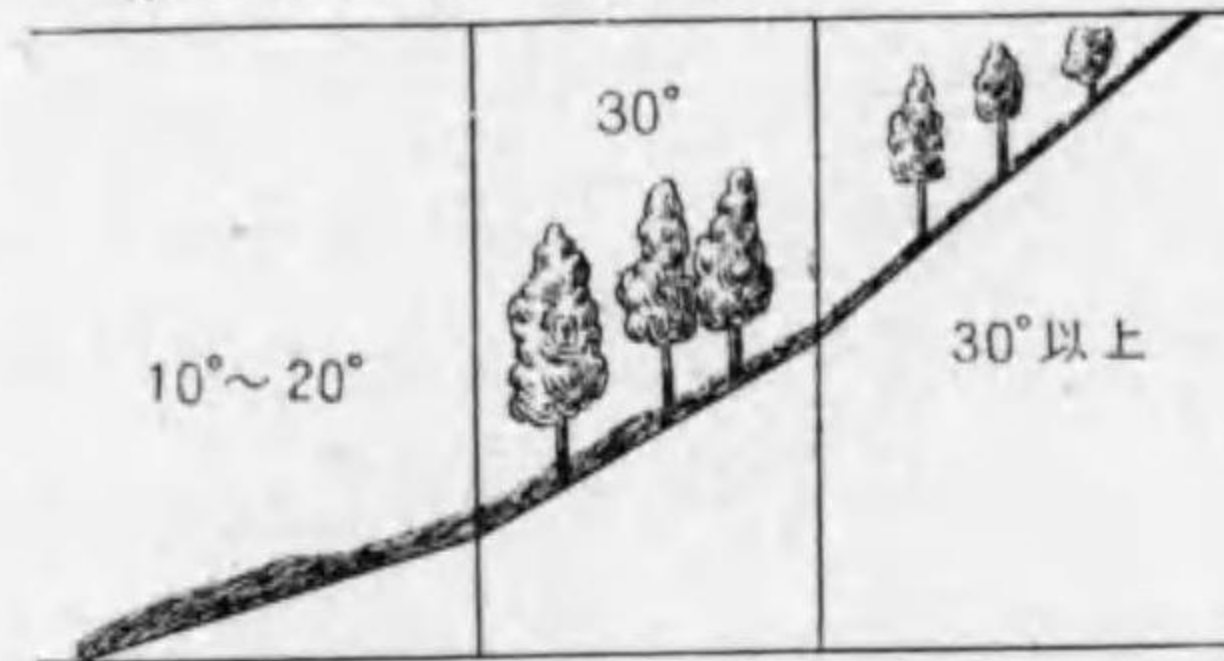
分即ち0.5~0.6である。又土壤固形成分の比熱は水に比し低い故、水の含量によつて著るしい影響がある。即ち含水量大なるものは温まり難く冷め易い。又腐植は比較的高いから含有量が地温に影響を與へる。試みに10珦の土壤に對する水分と熱量との比を示すと

含水量	0	10	50	100
砂	0.302	0.344	0.510	0.717
腐植	0.148	0.223	0.525	0.902
粘土	0.240	0.298	0.535	0.823

次の如し。

(4) 傾斜度と土地利用の範圍 畑地

第二十六圖 傾斜度と土地利用



とし最大35度迄である。

傾斜度	農業	林業	傾斜度	農業	林業
0°~5°	平地或は緩傾斜	水平或は殆水平	20°~30°	險	峻
5°~10°	傾斜	少しく或は弱く傾斜	30°~45°	甚しく險	峻
10°~20°	急勾配	傾斜	45°以上	絶壁	岩石絶壁

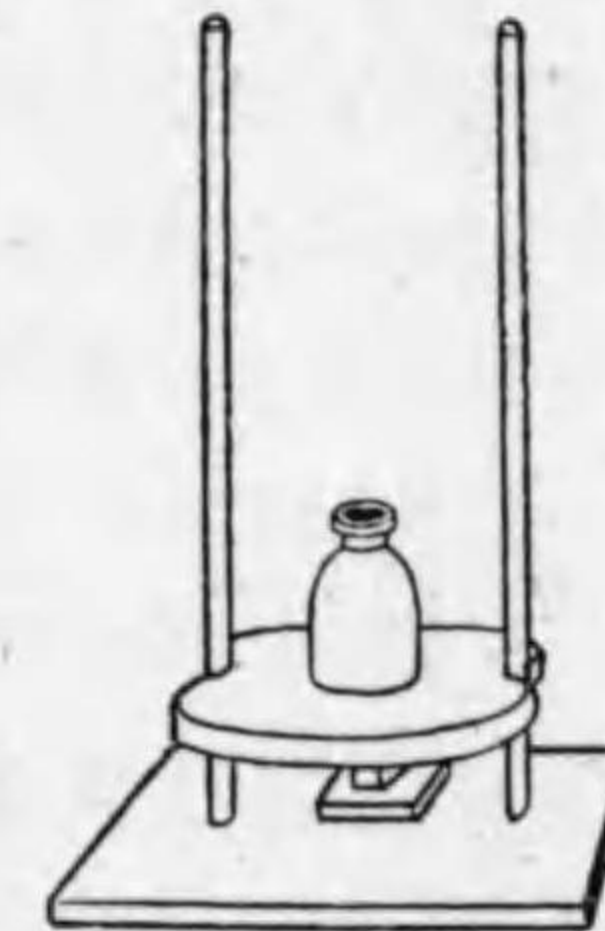
としての傾斜は10~15度迄にて、15度以上は階段式とする必要がある。20度迄は牧草地或は牧場に利用し得べく、林業にあつては30度を限界

第九節 土壤の凝集力及び粘着力

(1) 凝集力(剛性) 凝集力とは同一物體を分離せんとする際に起る抵抗力にして、土壤にありては土粒の相互索引する力を凝集力と云ふ。此の力は之を構成する分子の大小・化學的成分・水分の多少及び組織の粗密等によりて異なり、土壤中でも粘土は凝集力最も強く、腐植質及び砂は最も弱い。

土粒は小なるに従つて凝集力を増加するものにして、石英砂粒の大なるものより構成する土壤は、其の凝集力極めて弱いけれども之を破碎して細粉とせば、其の凝集力は漸次増加するものである。

第二十七圖 凝集力の測定



(2) 粘着力 粘着力とは相異なる物體の間に起る分子間引力にて、土壤が農具に附着する力を粘着力(附着力)と云ふ。土壤と耕墾器との間に起る粘着力は大いに耕耘の難易と關係を有し、重土とは耕耘に際し農具に對する摩擦力が大なる土塊を云ひ、輕土とは其の反對に作業上の操作容易な土塊を稱するもので單位容積の重量を標準としたものではない。

粘着力の大小は土壤の種類及び其の含水量並に農具の種類等によりて異なるものにして、粘土は粘着力最も大に砂は最も小である。

### 第七章 土壤の水及び空気

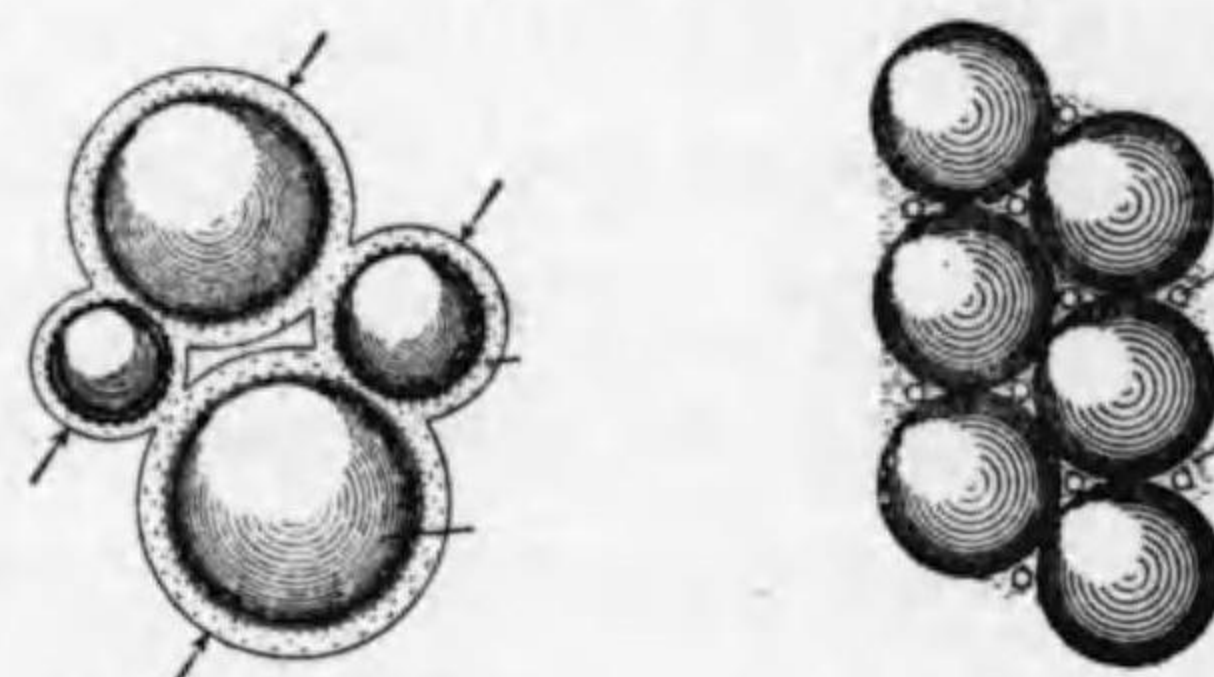
#### 第一節 土壤水

新鮮植物の 65~90% は水分なる故、土壤中の水は植物の成育に缺くことの出来ない成分であることが了解される。土壤の水は植物に水分を供給するばかりでなく、土壤中の植物栄養分を溶解し其の吸収を便にし、更に之を運搬する等の働きをする。

土壤水はその存在する状態によつて吸濕水・化合水・毛管水・重力水に類別する。

(1)吸濕水 吸濕水とは土粒表面で水と土粒分子間の引力で結合した風乾土壤の含む水である。

乾燥土壤が濕氣ある空气中で分子間引力によつて、土粒の表面に濕氣が凝縮する、之が吸濕水である。此の凝縮力は實に甚大なもので乃至二萬氣壓に達すると云はれ、108°C に乾して求める。



第二十八圖 吸濕水と毛管水

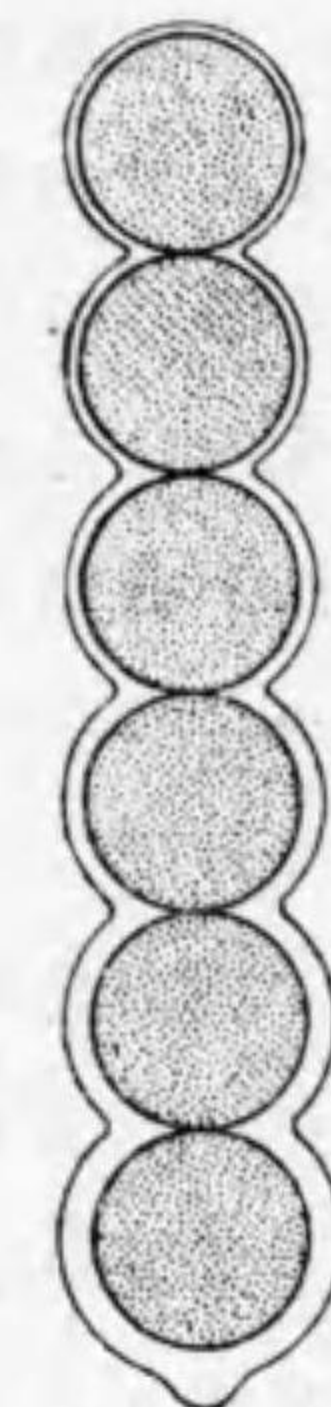
(2)化合水 化合水は化學的に結合して、土壤固形分中に存在する水で、100°-110°C に熱しても蒸發しないものである。化合水は泥炭土壤の時は 300°C、礦質土壤の時は 800°C に熱して求められ、植物には殆んど利用し得られない水である。

(3)毛管水 毛管水は表面張力によつて吸収保持せられた水分で、土壤の周圍に膜狀をなして居る。毛管水の一部は土粒を包圍密着して吸濕水に近い状態にあるも尙液狀をなし、他の部分は土粒の表面に膜狀をなして土壤が重力に反對して保ち得る水分で、互に移動し得るものである。之は植物成育上最も重要な水分である。

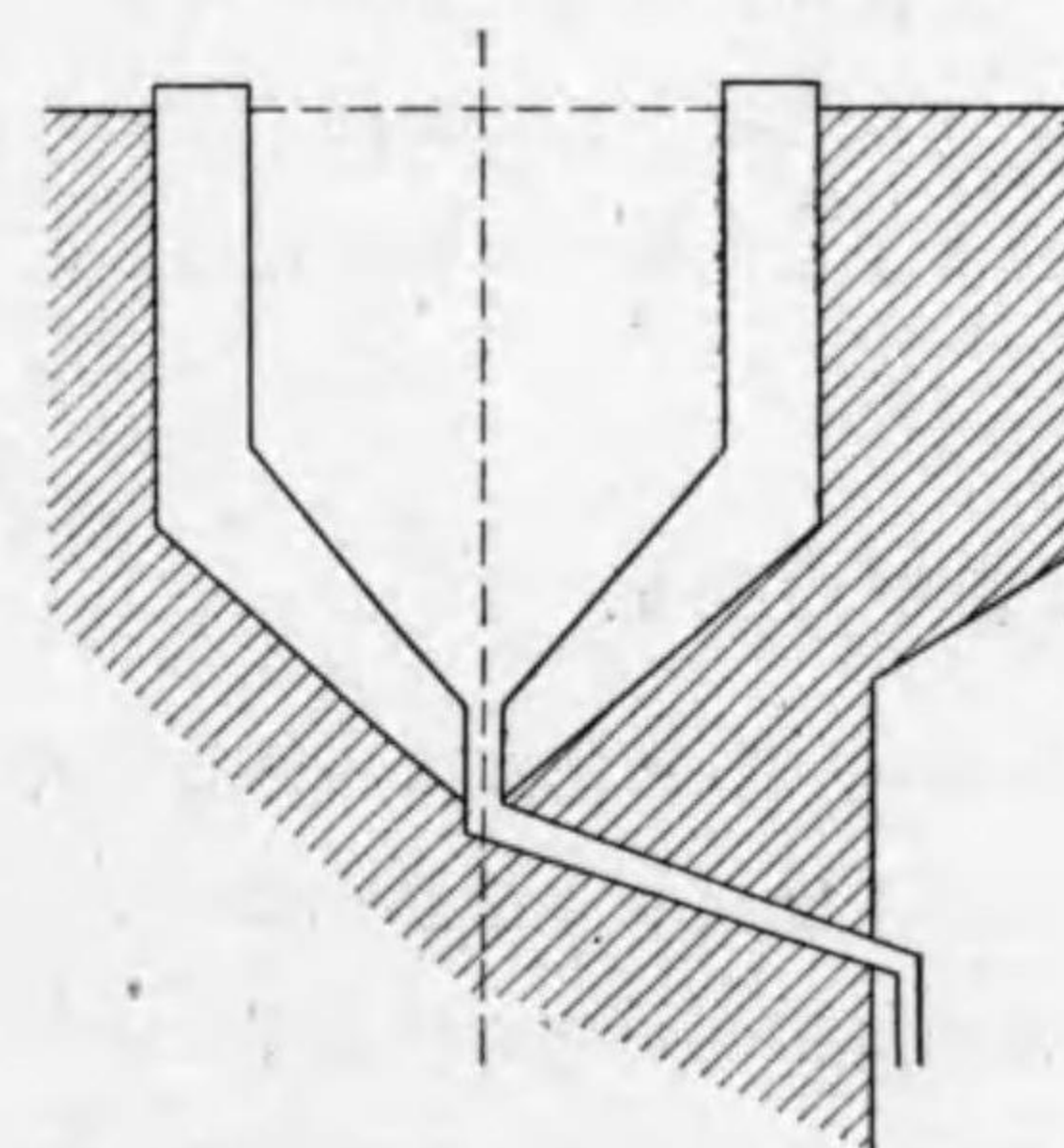
毛管水量は土壤の構造・土粒の粗密・有機物の含量によつて異なり、植物によつて利用される水は毛管水が大部分であるから、之を有効水分と云ふ。

(4)重力水 重力水とは重力の作用で土粒から離れ、其の間を自由に移行し得る水で、かの地下水や滲透水は之に屬する。

第二十九圖 毛管水の上昇する理



第三十圖 ライシメーターの縦斷面



滲透水はライシメーター

によつて其の量及び化學的組成等が知られ、植物栄養分の研究上必要である。

地下水は降水が地層を滲透し、例へば粘土層の如き不透水層上に達し、其處に停滯して存在するもので、其の水面を地下水面と云ふ。

毛管水は専ら地下水から

供給せられるもので、地下水面の高低は農作物の成育と密接な関係があり、その面の餘り高いときは表土常に濕潤に過ぎ、低く過ぎるときは却つて水分の缺乏を來すことになり、高低何れに過ぐるも植生に宜しくない。

(5) **土壌水と植物成育との關係** 土壌中に含まれたる前記の水分中、植物が吸収利用し得るものを可給態水分と云ひ、其の利用し得ざるものを不可給態水分と稱へる。

土壌は降雨・灌水等によつて、多量の水分を含むことが出來、其の飽和量は土質によつて異なり、砂土にありては其の重量の凡そ40%、壤土は50%、埴土は60%、腐植土は70%内外で、畑地にあつて作物の成育に對し最も適當する含水量は、作物の種類によつて多少異なるも、普通は土壌最大容水量の40-80%にして平均60%であり、此の水の大部分は毛管水に屬する。

土壌中の水は決して純粹なるものではなく、養分は勿論酸素並に種々なる有機物質を溶かし、又植物體に吸収される外他の物質と化合して植物體と形成するなど、植生に必要缺くべからざるものである。植物の水分要求量は、作物の種類又は地方により異なる。

## 第二節 土壌中の空氣

土壌はその孔隙間に空氣を通過せしむる性質あり、よつて土壌空氣は土粒と水の間を介在し、又土壌水中に存して居る。土壌空氣は植物根の發育及び土壌微生物の生活並に土壌成分の化學的變化に密接なる關係がある。又土中では絶へず微生物

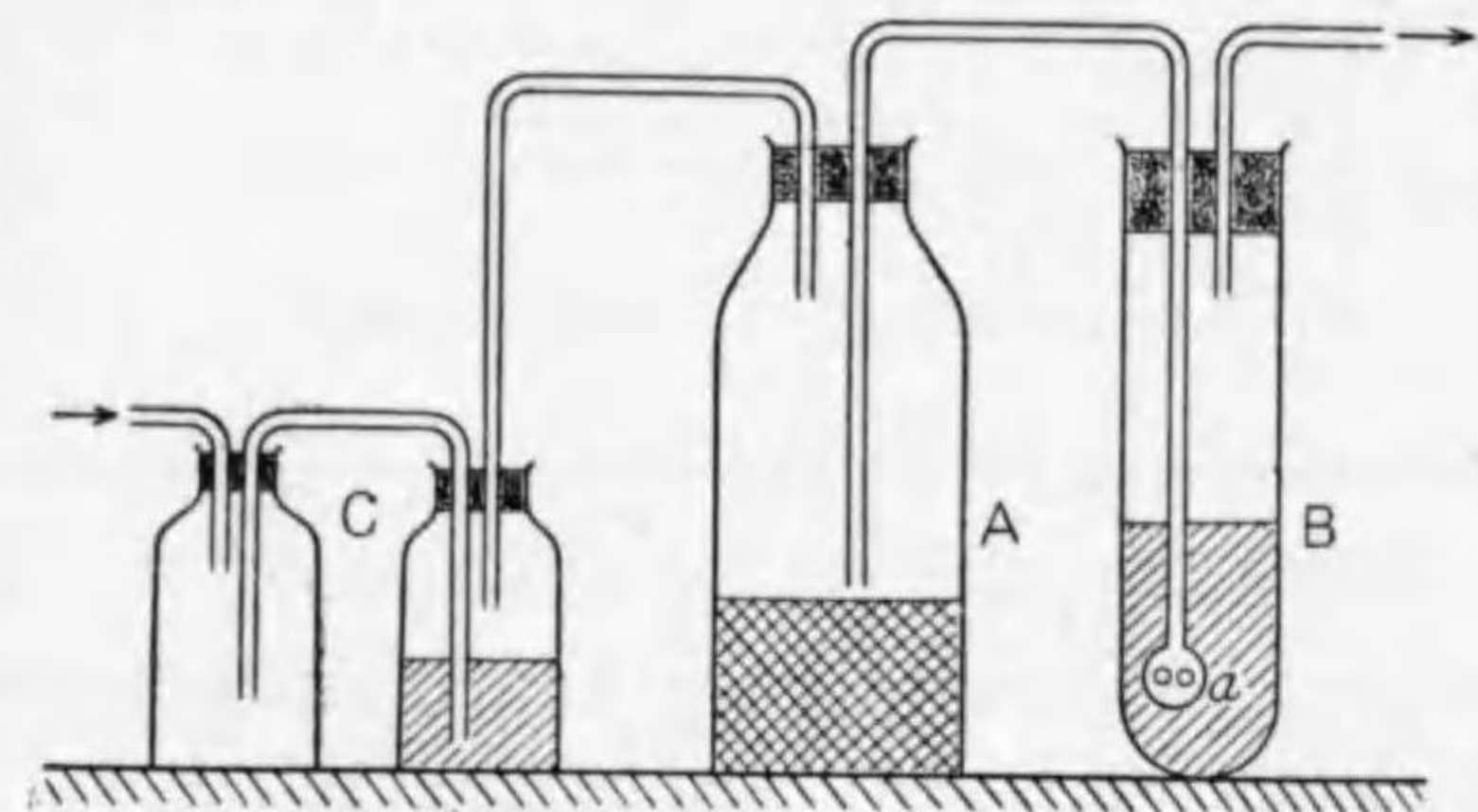
や植物根の呼吸作用、並に有機物の分解の際炭酸瓦斯が生成され、地上の空氣に比べると一般に酸素に乏しく、土壌空氣の百分組成は炭酸瓦斯0.87-9.74%、酸素10.35-19.72%、窒素78.80-79.90%とされてゐる。

土壌空氣の炭酸瓦斯は主に厩肥・綠肥又は植物の根・刈株より生ずる有機物が土壌微生物の作用によりて分解すること即ち、土壌の炭酸瓦斯發生力は屢々土壌全微生物の活動的尺度を示す。又土壌空氣中の炭酸瓦斯量は或程度迄は深さと共に増加し、土壌水分の増加に關係する、夏季に増し冬季に減少し、又土壌中に於ける炭酸瓦斯の生成と、排水中の磷酸含量は土壌中磷酸鹽の肥料的價値に關係を有するものである。

### 土壌の炭酸 第三十一圖 土壌中の炭酸瓦斯測定裝置圖

#### 瓦斯定量裝置

風乾土壌100瓦を内容600瓦の瓶に入れて包水量約50%となし28°Cに保温し3日目、



5日目、10日目、15日目の四回に分ち土壌空氣中より發生する炭酸瓦斯と30分間ポンプにて吸引し、バリタ水に吸収せしめ、吸収された炭酸を蔞酸で滴定する。

- A. 内容約600瓦の土壌を入れる瓶。
- B. 内容約600瓦のバリタ水50瓦を入れるもの。

## C. 10% 硫酸を入れるもの。

## a. 瓦斯発生管。

上記の装置を用ひ、水田及び圃場土壌の毎月15日に採集したものに就いて炭酸瓦斯発生量を測定した。

## 水田土壌の部

月 別	N/30 蔞酸 滴定 数 (耗)				
	3 日 日	5 日 日	10 日 日	15 日 日	合 計
1 月	0.5	5.0	2.3	2.7	10.5
2 "	1.1	5.7	3.5	4.5	15.8
3 "	1.2	2.5	5.7	7.6	17.0
4 "	5.0	4.8	1.9	2.4	14.1
5 "	3.9	2.7	1.1	8.6	16.3
6 "	1.3	2.4	8.4	2.8	14.9
7 "	2.8	1.4	1.0	2.7	7.9
8 "	1.0	2.8	3.7	1.3	8.8
9 "	0.5	1.7	1.5	2.3	6.0
10 "	1.4	2.0	3.4	3.3	10.1
11 "	2.2	1.5	2.0	1.5	7.2
12 "	2.9	1.2	0.4	1.3	5.8

## 圃場土壌の部

月 別	N/30 蔞酸 滴定 数 (耗)				
	3 日 日	5 日 日	10 日 日	15 日 日	合 計
1 月	5.4	0.3	3.8	1.8	11.3
2 "	5.1	0.2	4.0	5.2	14.5
3 "	1.4	5.1	3.8	4.4	14.7
4 "	0.9	2.0	0.7	4.1	7.7
5 "	7.8	1.9	3.5	4.5	17.7
6 "	1.8	3.8	3.8	3.2	12.6

7 "	1.8	3.0	1.3	1.6	7.7
8 "	1.2	3.3	2.3	2.1	8.9
9 "	0.9	1.8	1.3	1.8	5.8
10 "	1.3	3.0	3.5	3.1	8.2
11 "	2.1	1.6	2.1	1.3	7.1
12 "	2.8	1.9	0.5	1.6	6.8

即ち炭酸瓦斯発生量は、土壌の状態・種類及び微生物の活動、春夏秋冬によつて差異を示し、水田及び圃場土壌共に九月に少なく、水田に於ては3月圃場に於ては5月に最も多く発生してゐる。

尙土壌が通氣力弱くして換氣作用充分でないことは、養分其の他生育要素が如何に十分なるも、植物は健全なる生育を遂ぐる事が出来ない。又土壌中に空氣の供給不十分なときは、酸素の缺乏は有害なる還元分解を惹き起し、且つ農業上有用なる好氣性菌の繁殖を阻害し却つて有害なる嫌氣性菌の繁殖を盛んならしめ、農業上の不利益大となり之に反し通氣力過度なときは土壌は乾燥に失する。されば土壌をして適當の通氣性を保有せしめ、植物の呼吸及び肥料の分解有用微生物の繁殖等を適當ならしむるは非常に肝要なことである。

## 第八章 土壌の化學的組成

## 第一節 土壌の化學的成分

土壌は既に述べた様に、岩石の風化によつて出来上つたものであるから、その成分は主に岩石の破片や分解物から成るとこ

るの無機物である。このほかに動植物の遺體から來る多少の有機物と水分を含んでゐる。土壤の無機成分を構成する主要なる物質は硅酸(SiO<sub>2</sub>)・鐵(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>及びFeO)・礬土(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)・石灰(CaO)・苦土(MgO)・加里(K<sub>2</sub>O)・曹達(Na<sub>2</sub>O)・滿俺Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>又はMn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・磷酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)・硫酸(SO<sub>3</sub>)・鹽素(Cl)・炭酸(CO<sub>3</sub>)等で、此等の酸及び鹽基は化合して鹽類を形成し、有機成分の主なるものは腐植である。

其の他土壤中にはチタニウム・沃素・弗素・硼素の存在する事あり、鑛山附近には鉛・銅・亞鉛化合物、又は極めて微量のトリウム・バナチウム等を含有する事がある。土壤成分中6割は硅酸・礬土及び鐵は2割、其他は1割

餘である。尙土壤中の無機成分の種類・性質並に變化は土壤の生産力と密接な關係がある。

今試みに主要無機成分の名稱並に我が國土壤の各成分平均含量を示すと次の通りである。

上表成分%は窒素を除く、他は比重1.15熱鹽酸可溶成分である。

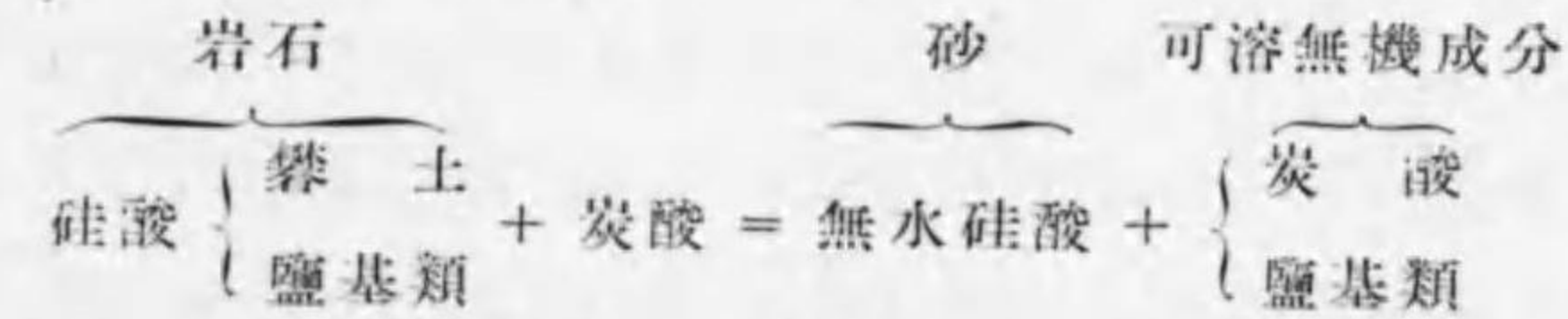
名稱	附號	平均成分(%)
硅酸	SiO <sub>2</sub>	12.61
礬土	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.75
酸化鐵	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.25
亞酸化鐵	FeO	2.51
酸化滿俺	Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0.32
石灰	CaO	0.63
苦土	MgO	0.87
加里	K <sub>2</sub> O	0.19
曹達	Na <sub>2</sub> O	0.20
磷酸	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11
硫酸	SO <sub>3</sub>	0.13
窒素	N	0.23

### 第二節 土壤無機成分の由來

土壤の無機成分は母岩を構成せる造岩鑛物の成分より來り、既述の如く硅酸・礬土・鐵・石灰・苦土・加里・曹達・磷酸・硫酸等で、其の内

硅酸は最も變化し難く礬土・鐵之に次ぎ、石灰及び若土は稍、變化流亡し易く、加里及び曹達は最も流亡性大である。

岩石が風化すると鹽基類は分離し炭酸と化合する。此の内炭酸石灰・苦土等は稍、多く土壤中に残り、炭酸加里及び曹達は大部分流亡する。又硅酸の一部は分離し無水硅酸(砂)となり、殘餘の硅酸は土壤と化合して粘土となつて殘留する。而して岩石から土壤が生成される式は次の様である。



の如く分解の際、硅酸(砂)・礬土・粘土・鐵等の小部分は極めて微細となり膠狀物を形成し、一部は流亡するも、一部は殘留し土壤の粘性及び吸着力を強からしむるものである。

### 第三節 土壤の無機成分

土壤の無機成分は岩石の種類又は生成の事情並に耕地に於ては施肥に因つて異なるものである。以下此等の無機諸成分に就いて詳述して置かう。

(1) 硅酸(SiO<sub>2</sub>) 硅酸は砂の大部分を占むる硅砂又は硅岩の礫は、硅酸の器械的風化産物であるが、無水硅酸又は硅酸鹽となりて多量に土壤中に存在し、實に地殼の約60%を占めてゐる。此等は土壤の理學的性質に密接なる關係がある。

硅酸は土壤を粗鬆にし氣水流通を良くする。又硫酸は膠質状態としても存し、化合物としては礬土と共に硅酸礬土として

粘土の主なる成分をなし、水分及び養分を吸収すると共に、其の粘性に依り土粒を固結せしむる作用もある。本邦土壌中鹽酸に溶解する珪酸の量は平均0.2%内外にして、珪酸は植物の栄養に關係を有し、稻・麥の如き禾本科植物の成育には極めて必要なものである。

(2)酸化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 及び $\text{FeO}$ ) 鐵は土壌中に酸化物・水酸化物・珪酸鹽・磷酸鹽・炭酸鹽等となりて存在するが、その大部分は酸化第二鐵として存する。但し酸素の供給乏しき處では還元作用のため亞酸化鐵( $\text{FeO}$ )の鹽類として存し、殊に埴質の水田に於ける有機物の分解の際生じて膠状態をなしてゐる。之が空氣に觸れるときは酸化されて赤色に變じ水田の表面に沈澱する。錆田と稱へられるに至るは此の爲である。

鐵の含量は土壌の種類によりて大差あり、酸化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )としては5%以上を含む土壌は鐵分に富める土壌にして、0.5%以下の土壌は稀で本邦土壌の平均含量は酸化鐵3.68%及び亞酸化鐵( $\text{FeO}$ )は3%である。

又鐵化合物は土壌を着色する主なる成分にして、亞酸化鐵は青綠色を呈し、有機物に乏しい山の赤く見えるのは此の爲である。尙有機物多量に存するときは其の腐植質の黒色の爲に鐵化合物に由來する赤褐色は塗抹せられ見えなくなつた場合である。

(3)礬土( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 礬土は土壌中に於て珪酸鹽・水酸化物等となりて存在してゐるが、主として珪酸と結合して粘土を形成し、或は膠狀水酸化物として存在し、加里・アンモニア及び磷酸等を吸収

する作用あり、土壌の生産力と大なる關係がある。本邦土壌中の平均含量は9.37%である。

(4)石灰( $\text{CaO}$ ) 石灰は何れの土壌にも含まれ、多きは30%以上に達するものがあり、本邦土壌は其の氣候溫暖多雨であつて、且つ耕地の大部分が水田なるがため、一般に石灰に乏しく平均含量0.64%である。

石灰は主として炭酸鹽として存し、之を含んだ土壌は良好である。尙此の外磷酸鹽・硫酸鹽・珪酸鹽等として存し、或は腐植質に吸収されて腐植酸石灰となりて存する。その中硫酸鹽を除きては、何れも水に溶解せず、併し炭酸を含む水には溶解する。石灰は植物の必要養分ばかりではなく、天然に石灰を割合多く含んでゐる位の土地では大抵磷酸その他の植物養分の含量も亦多い。従つてこんな土地は一般に肥沃である。これと反對に天然に石灰の含量少なき土地は概して瘠薄であつて、降雨の多い地方にこの瘠薄地が多いと云ふことが出来るのである。

又石灰が土壌中にあれば、土地を膨軟にし且つ瓦斯や鹽類を吸収する性質が強くなる。尙その上に有機物の分解を促進して硝酸やアンモニアをこしらへ、不溶解性の磷酸及び加里を可溶性に變じ、夫々植物が吸収し易い様になさしめる効がある。

(5)苦土( $\text{MgO}$ ) 苦土は土壌中には常に石灰を伴ひ、珪酸や炭酸や磷酸などと化合して珪酸鹽・炭酸鹽・磷酸鹽などとなつて存在してゐる。この中炭酸鹽は炭酸を含む水に溶解し、本邦土壌の苦土の平均含量は0.82%である。

(6)加里( $\text{K}_2\text{O}$ ) 加里は多くは珪酸鹽として存するが、尙炭酸鹽・

硝酸鹽・磷酸鹽等となり又腐植質中に吸収されて腐植酸加里としても存在する。

本邦土壌の平均加里含量は 0.19% であるが、凡て酸性岩より生成した土壌は、鹽基性岩より生成したものよりも加里の含量多きを常とし、花崗岩地方の土壌には加里多く、一般に埴土及び壤土には砂土及び礫土よりも多く含めるが、作物の需要を充たし得る程の量は含んでゐない。

(7) 曹達 ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 曹達は硅酸鹽・炭酸鹽・硫酸鹽・硝酸鹽となり、又腐植質中に吸収されて腐植酸曹達としても存在する。

曹達鹽は加里鹽に比し土壌に吸収されること弱く、雨水によりて流亡し易く曹達の含量は加里の量よりも少ない。本邦土壌の平均含量は 0.17% であつて、地水にありて曹達が加里よりも多く、海水に曹達鹽多きはそれがためである。

(8) 磷酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) 磷酸は無機化合物として、石灰・苦土・鐵・礬土等の各鹽基と結合して存し、肥料としての重要成分である。土壌中の磷酸化合物の多くは水に溶けないが、何れも炭酸を含む水には僅に溶解する。磷酸鹽中石灰との化合物は植物によつて利用される度が大で、又水に不溶性の磷酸二石灰も根酸によつて徐々に溶解利用される。併し鐵及び礬土との化合物は難溶性である。従つて鐵・礬土に富む土壌に磷酸肥料を施さんとする時、豫め石灰を施して置くのは此の理に基くものである。

磷酸の有機化合物としてフィチン・ニユークレイン・レシチン等があり、此等のものは分解後利用される。本邦土壌の磷酸含量は一般に乏しく 0.5% 以上は稀で、平均 0.09% であつて、花崗石

の風化土・火山灰土に例較的多い。

(9) 硫酸 ( $\text{SO}_4$ ) 硫酸は石灰・苦土・鐵・加里・曹達等の硫酸鹽として存する。此の中農業上重要なものは石灰鹽である。又有機化合物となりて存し、土壌中で還元作用を受ければ、硫酸鹽は硫化物となり植生を害する。

硫酸は植物の栄養上必要なものであるが、本邦土壌の硫酸含量は平均 0.14% にして、植物の生育に要する量は極めて少量にて特に施用する必要はないが、葱頭には特に必要にして、硫酸鹽の適量は効果著しいものと云はれてゐる。

(10) 滿俺 ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ) 滿俺は土壌中に水酸化物の形態をなし、含水酸化鐵と溶合して存在する。滿俺の含水酸化物も其の種類多く、其の形は不明である。滿俺の含水酸化物は土壌中の含水酸化鐵より酸化力が強いと想像されてゐる。又稀れに多量の滿俺を土壌に含むことがあるが、植物生育に不良にして、樹や草では葉の尖端部に赤紫色を呈することがある。

(11) 鹽素 ( $\text{Cl}$ ) 鹽素は土壌中にて曹達・加里・石灰等の鹽化物となりて廣く存在し、何れも水に可溶性である。海岸地方の土壌に殊に多く、鹽素は其の量微量なるときは、植物の成育上有効であるが、普通土壌中の鹽素量 0.001% 以上に及ぶと植生を害すると云はれる。

(12) 炭酸 ( $\text{CO}_2$ ) 炭酸は遊離し、又は土壌中の水に溶解して存在する外、石灰・苦土・鐵・礬土等と化合して存し、アルカリ鹽の他は水に溶けない。植物は空氣中から炭酸瓦斯を攝取するものであるから、土壌中の炭酸は植物の栄養に直接關係はないが、土壌の

風化を促進し、肥料の分解を助け、土壌の粘重性を軽減する効がある。

(13)窒素(硝酸  $N_2O_5$  及びアンモニア  $NH_3$ ) 窒素は其の形態を分けて、アンモニア態・亜硝酸態・硝酸態及び有機態とする。アンモニア態及び硝酸態の窒素は直接植物の養分として重要なもので、普通の土壌中に存在する量は極めて僅少である。亜硝酸態は土壌の普通成分形態ではない。此等の窒素化合物は土壌中の酸又は鹽基と化合して存在し、又膠狀腐植に吸着せられて存在する。

土壌中のアンモニアは諸種の鹽酸となつて存在するが、其の含量極めて少く通常 0.0014—0.01% にして平均 0.005% とされ、一部は空氣中より來るものであるが、大部分は有機物が土壌中にて腐敗分解する際に生成せらるるものにして、炭酸及び腐植酸等と結合して存し、植物に吸収せられ、或は漸次硝化作用を受けて硝酸に變化して後利用せらるるものである。

土壌中の硝酸は一部は雨水と共に降下するが、大部分は硝化作用によりてアンモニアより化成せられたるものにして、加里・曹達・石灰・苦土等の鹽となりて存在する。

#### 第四節 土壌の有機成分

(1)腐植の生成 乾燥土壌が燃焼によりて失ふものは、有機物と化合水である。之を灼熱損失量と稱し、有機物と化合水とを別々に定量する方法未だ知られざるが故に、灼熱損失量を有機成分と看做すことがある。

土壌有機物は動植物組織に由來するものであるが、成分は著しく異なるものである。土壌中の有機物は普通腐植とするが、腐植の意味は一定して居ない。土壌に黒褐色を與へるのは大抵腐植質を含んでゐるためである。

腐植は無定形な諸種の有機物の複雑な混合物で土壌中膠質狀となつて存在する。又土壌中にあつて成分は一定せず常に量的にも絶へざる變化があり、腐植質は更に分解すれば終に一部は炭酸瓦斯及びアンモニアとなつて植物に吸収され、その他の無機物を殘留する。それ故に腐植質は新鮮なる有機物が分解して無機物に移る中間の物質であるとも云はれ、土壌學の上では土壌中に於て、有機物が分解して腐植質を生成する作用を腐植化作用と稱へる。

この腐植化作用は土壌中に存する一種のバクテリアの作用によるものであるが、このバクテリアは土壌中致る所に存在し、その作用が働いてゐる。然しこのバクテリアも温度の高低・濕氣の多少・空氣の流通の良否、その他の事情如何によつて異なる。

1. 空氣の流通よき土壌中にある有機物は分解し、炭酸瓦斯及びアンモニアを生ずる外に尙植物の攝取し易い無機養分を生成する。これに反して空氣の流通悪しき土壌中にある有機物が分解すれば、惡臭をもつ種々の瓦斯を發生し、且つ黑色の分解し難い腐植質を生成する。このものは青色リトマス試験紙を赤變する。即ち酸性反變を呈するから通常酸性腐植質と云ひ、植物生理上に有害である。

この害を防ぐには草木灰とか、石灰の如き鹽基性の物質を施



して酸性を中和すれば宜しい。

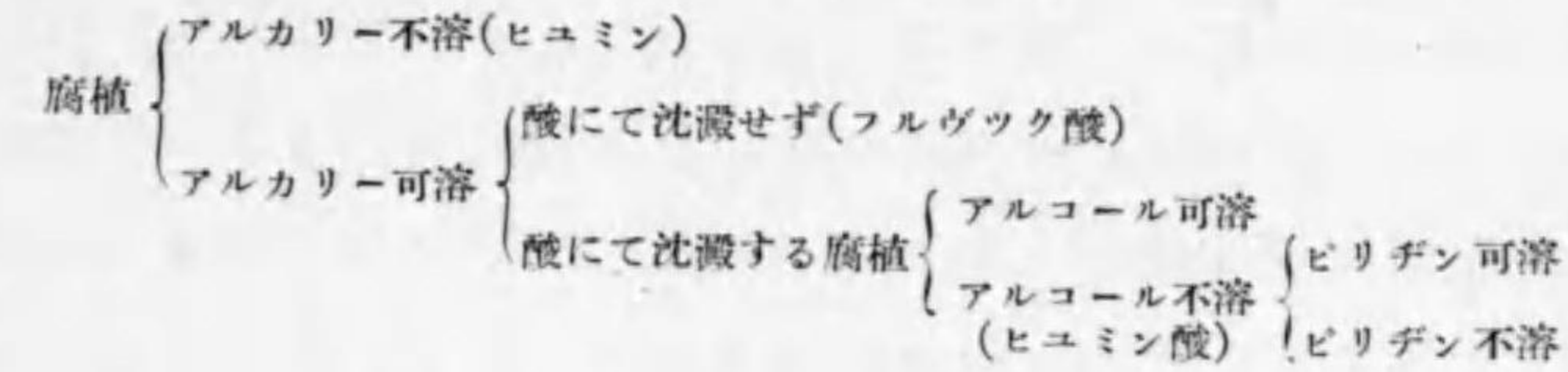
2. 有機物が分解するには適當なる温度と濕氣が必要である。若し乾燥し過ぎれば腐植化作用は全く止むものであるが、又反對に濕氣の量が多過ぎれば、分解に必要な酸素が缺乏し腐植化作用は衰へて了ふ。

3. 一般に無機酸類は有機物の分解を妨げる。中でも硝酸は最も甚しく、磷酸は最も少ない。苛性加里・炭酸加里などの如きアルカリ性の物質は、その量少なければ腐植化作用を促進するの効がある。これは腐植化作用を営むバクテリアが酸性を嫌ひ、アルカリ性を好む性質があるために外ならぬ。

4. 一般に窒素分に富む有機物、例へば荳科植物の莖葉の如きは分解し易く、禾穀類の藁稈の如く割合に窒素の含量少なきものは分解が稍、困難である。然し常とは限らないが、彼の角質物の如きものは非常に窒素分の含量は多いけれども、その性質上分解が甚だ困難である。又蛋白質その他溶解し易い窒素分を含んだ有機物に富むものは、バクテリアの繁殖に適當であるから、腐植化作用も容易なのである。

5. 窒素分を全然含まない有機物、例へば纖維素樹脂等の多いものは分解し難く、一般に動物質は植物質よりも分解し易い。動物質の中で最も分解の容易なのは尿や糞で、植物質の中では新鮮なものが分解し易く、古いものほど分解が困難である。

(2) 腐植の種類と性状 腐植質が單一の化合物でなく、種々の化合物が集つて成つてゐることは分離した各物質の化學的成分は明らかではないことから知られる。



腐植の種類は有機物の腐敗分解の程度により、泥炭質と腐植質との二種に大別す。前者は分解の程度比較的進まずして原形を多少認められ、後者は著しく分解して泥状を呈し、多くはアルカリ液に溶解する。

腐植質は分解の難易及び反應によつて、中性腐植と酸性腐植との二種に大別す。中性腐植とは酸性腐植が鹽基を吸収飽和したもので、中性反應を呈し植物の生育に適する。酸性腐植とは腐植中還元分解によつて生じたもので、鹽基類乏しく酸性を呈し植生に適さない。尙各腐植質の性状を述べると次の如し。

1. ウルミン及びウルミン酸 この二つは腐植質に褐色を帯びしむる主成分であつて、有機物が分解すると同時にこれらの化合物が形成せられるため、腐植質は褐色に變ずるのである。

2. ヒュミン及びヒュミン酸 この二つは腐植に黑色を帯びしむる主成分である。褐色に變ぜし有機物が更に黑色に化する理由はウルミン及びウルミン酸が變じてヒュミン及びヒュミン酸となるためである。

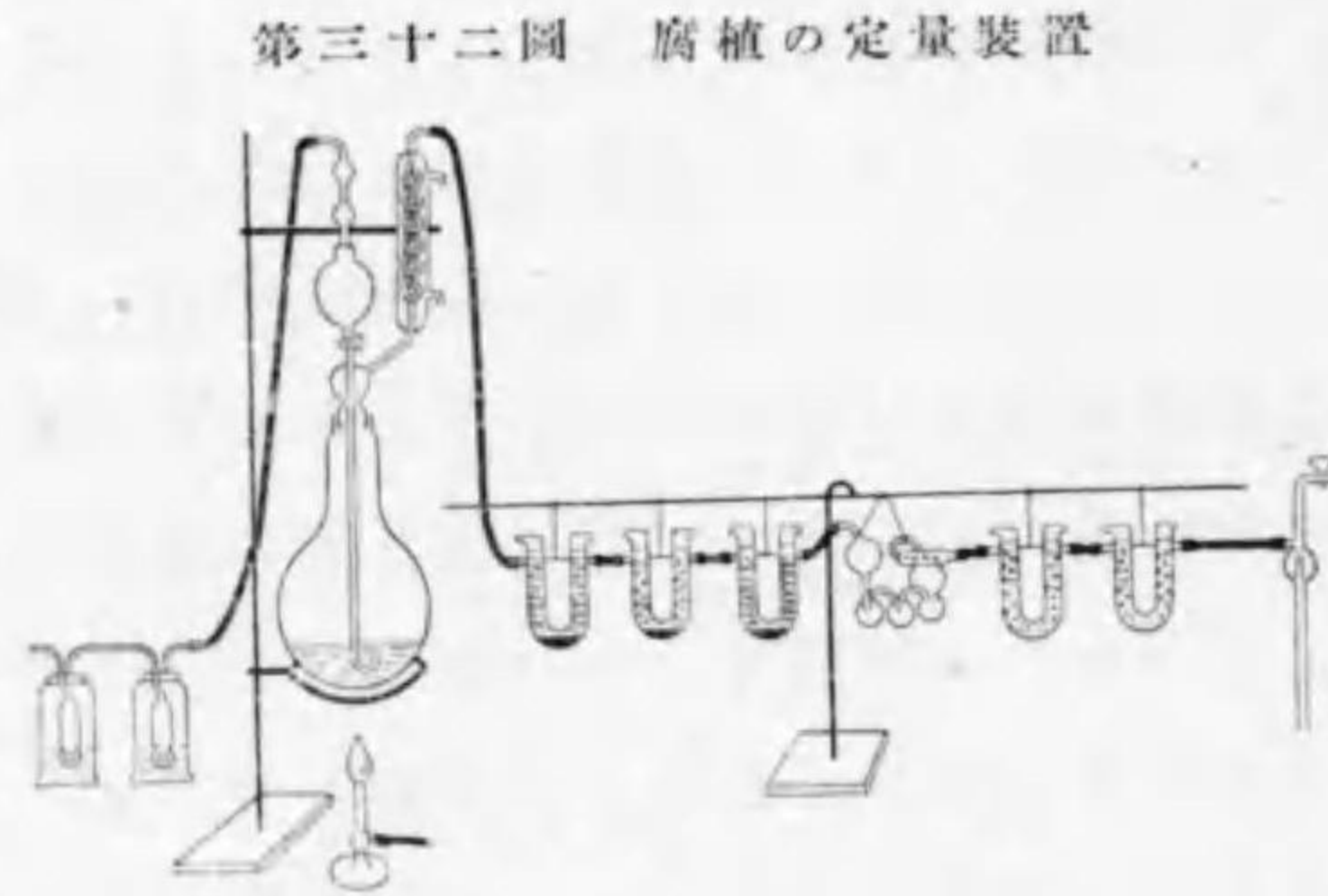
3. クレン酸及びアボクレン酸 この二つは前者が更に一段の分解作用を受けたものであつて、クレン酸の如きは殆んど無色である。これらのものは直ちに無機物に變化して了ふ。

以上の中でウルミン及びヒュミン等の有機物は種々の溶解

剤に作用されても容易に溶けないがウルミン酸及びピュミン酸等の腐植酸は何れも容易にアルカリ液に溶解する。

腐植質は炭素・酸素・水素の三元素のほか常に窒素を含有してゐる。この窒素の化合状態は未だ不明であるけれども、腐植質中の窒素の大部分が直接植物に吸収され難い形態、即ち種々の有機化合態をなし、徐々に分解してアンモニアとなり、植物根に吸収せられるのである。

**(3) 腐植の定量法** 供試土壌を入れた定量装置内を炭酸瓦斯を含ませぬ空氣で置換した後、土壌に重クロム酸液と濃硫酸液とを徐々に注加する。加熱して生ずる炭酸瓦斯による増量から炭素を求め、之に係數1.724を乗じて腐植とする。



**(4) 腐植の特性** 腐植質は褐色乃至黒色の膠質物にして、複雑な有機化合物の集合體で次の如き特性を有する。

1. 水を吸収する力強きこと
1. 水を含めば膨脹すること
1. 電解質によりて凝結すること
1. 吸收的化合物を生ずること

**(5) 腐植の理化學的効果** 植物の生育に必要な土壌中の窒素

は、主として有機態として腐植中に存在する。腐植の分解によつて漸次アンモニア・硝酸等に變り植物に吸収利用せらる。腐植は斯く窒素の給源であるのみでなく、又土壌の理學的性質を良くすることは既に述べたが、多量に存在するときは土壌を過濕にし、空氣の流通を悪くし還元作用を惹き起す等、植物の成育に對して有害な作用を呈する。尙土壌の成分として次の如き効果を有す。

1. 褐色及び黒色を與ふること
1. 容水量(保水力)を増加すること
1. 肥料の要素たるアンモニア・加里・磷酸を吸収する力を増すこと
1. 粘土の凝集力を減少して土壌を膨軟にすること

### 第五節 土壌の可給態養分

土壌を構成する化學的成分中、植物の養料となり得るものを土壌の可給態養分と稱へる。土壌中には養分が多量に存在するも、植物が之を利用し得ない養料を不可給態養分と云ふ。

そこで土壌の可給態養分量を知る事は土地肥培上肝要な事柄であつて、之が檢出の方法は(1)稀薄酸で土壌を浸出し可溶性となつた養分を求むる法、(2)供試土壌に作物の種子を播種し、或は幼植物を移植して其の成育結果より知る法等がある。(第十四章に詳述)

今参考の爲め窒素・磷酸・加里・石灰の含有量を示すと次の様である。

沃瘠度	窒素(%)	磷酸(%)	加里(%)	石灰(%)
A. 瘠薄土	0.03~0.06	0.04~0.07	0.08~0.12	0.10~0.25
B. 瘠土	0.06~0.10	0.07~0.10	0.12~0.20	0.25~0.50
C. 沃土	0.10~0.20	0.10~0.15	0.20~0.40	0.50~1.50
D. 肥沃土	0.20~0.30	0.15~0.25	0.40~0.50	1.50~3.00
E. 豊沃土	0.30 以上	0.25 以上	0.50 以上	3.00 以上

Aの様な瘠薄土には各成分を施す必要あり、Bの様な瘠土には磷酸及び加里を施す必要あり、Cの様な沃土には磷酸を施す必要あり、Dの様な肥沃土には少量の磷酸を施す必要あり、Eの様な豊沃土には無肥料で可なるものである。尙本邦の土壤が含んである磷酸・加里・石灰・苦土の平均量を歐米のものと比べてみると次の様である。

國名	磷酸	加里	石灰	苦土
日本	0.12	0.20	0.63	0.87
英國	0.25	0.44	3.83	0.39
米國	0.17	0.41	1.31	0.62
獨逸	0.10	0.18	1.35	0.25
佛國	0.11	0.26	4.10	0.10

## 第九章 土壤中の植物養分と其の生理的作用

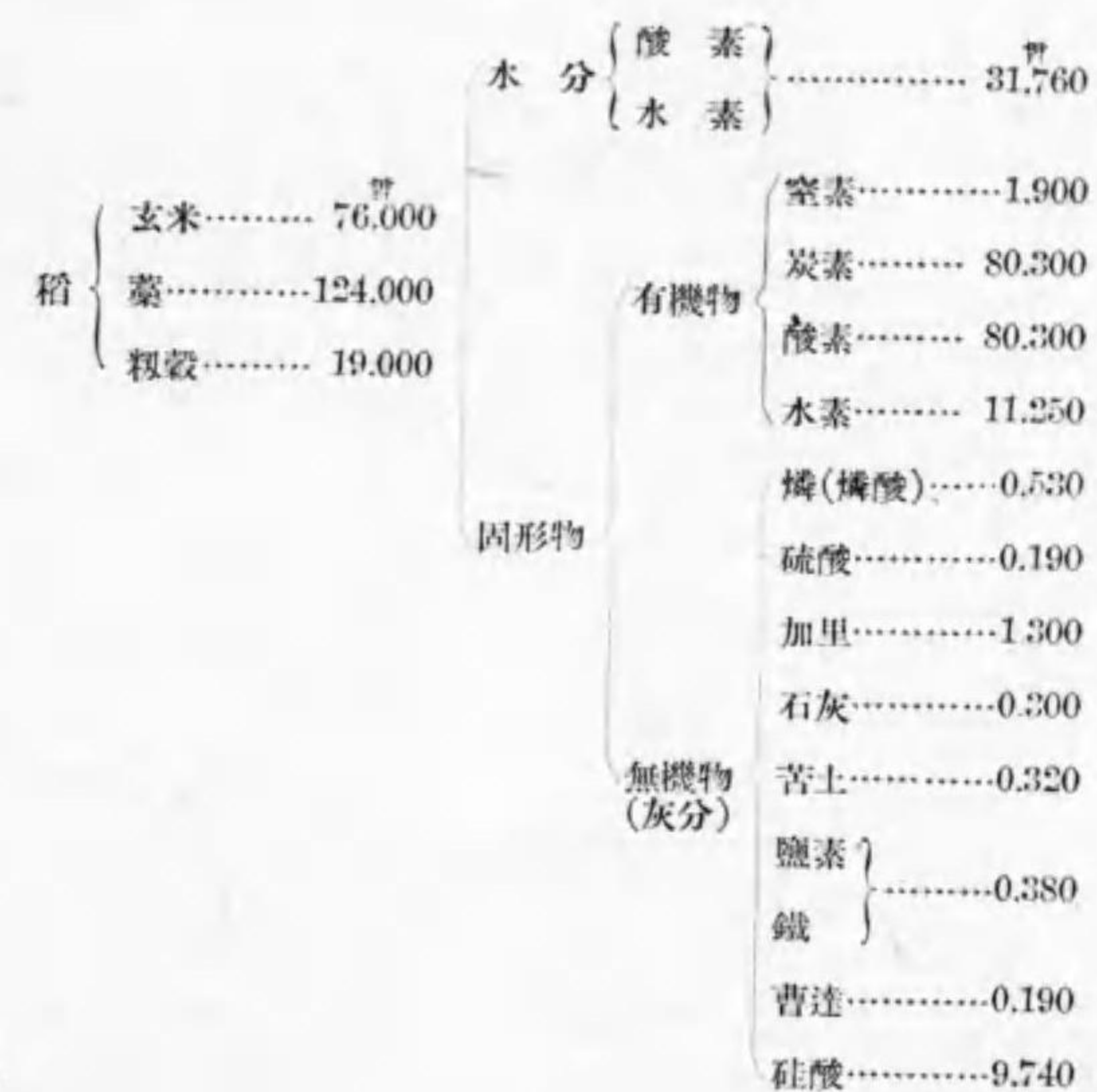
### 第一節 植物體の組成

作物が土壤中より吸収する養分は水分の外、窒素・磷酸・加里・石灰・苦土・硫黄・鐵・鹽素・滿俺・珪素・曹達等であるが、其の内窒素・磷酸・加里・苦土・硫黄・鐵の七成分は作物の成育上特に必要なもので、其の一つを缺くも作物は完全に成育する事が出来ない。

然し窒素・磷酸・加里・石灰以外の成分は通常土壤中に含まれて

ゐるばかりでなく、作物の要求する分量も少なく特に肥料として施す必要は殆んどない。窒素・磷酸・加里・石灰の四成分は作物の要求する分量が前者に比して多く、土壤中に含まれてゐる分量だけでは不足する場合が多い。この四成分を肥料として施さなければ完全の收穫を期し難い。

今試みに稻作に就いて一反歩より玄米二石を收穫したる場合に、一反歩の土壤より吸収せられたる各養分の分量を示せば次の様である。



又作物に施用すべき要素の要不要を定めるには先づ作物が土壤から何程の養分を吸収し去るかを調べ、その量丈けを肥料として補給して行くと、土地の生産力は永久に維持せられる筈

である。其の分量を決定するには困難であるが、今主要作物が一反歩の土壤から吸収し去る養分量、即ち三要素量を示すと次の様である。

作物名	生産物 假定量	同上生産物中所含三要素量		
		窒素(貫)	磷酸(貫)	加里(貫)
水稻 { 玄米 籾	107 159	2.446	0.667	1.566
稗麥 { 玄麥 稗	51 43	0.962	0.480	0.600
大麥 { 玄麥 稗	69 53	1.443	0.487	0.760
小麥 { 小麥 稗	51 98	1.531	0.619	0.882
粟 { 實稈 稈	30 200	2.177	0.682	2.629
蕎麥 { 實稈 稈	60 80	1.904	0.830	2.098
菜種 { 實莖 莖	30 100	1.496	0.748	1.418
大豆 { 實莖 莖	60 120	4.776	1.376	1.356
小豆 { 實莖 莖	35 100	2.041	0.647	2.710
蠶豆 { 實莖 莖	50 80	3.254	0.733	2.157
豌豆 { 實莖 莖	50 60	2.772	0.714	1.200
落花生 { 生實莖 生莖	60 40	3.506	0.410	0.960
甘藷 { 落莖 莖	350 300	4.485	1.705	5.065
大根 { 根莖 莖	1,000 300	3.940	0.750	2.880
燕苔 { 根莖 莖	600 300	2.700	0.810	2.520
人參 { 根莖 莖	400 150	2.805	0.550	1.595
西瓜 { 實莖 莖	500 80	0.750	0.200	1.500

南瓜 { 實莖 莖	500 100	1.600	1.000	0.750
胡瓜 { 實莖 莖	1,000 200	1.400	0.600	2.500
茄子 { 實莖 莖	1,000 100	1.200	0.500	1.900
蕃茄 { 實莖 莖	1,000 150	1.600	2.500	3.000
葱頭 { 球莖 莖	600	1.620	0.780	1.500
胡麻 { 實莖 莖	30 30	0.945	0.396	0.186
玉蜀黍 { 實莖 莖	40 50	0.880	0.419	0.230
桑 { 葉莖 莖	250 100	2.680	0.405	1.710
煙草 { 葉莖 莖	50 100	2.865	1.250	4.865
藍 { 葉莖 莖	60 60	2.926	0.750	2.184
里芋	400	1.240	0.200	2.980
薯蕷	300	1.080	0.210	1.200
牛蒡	300	1.800	0.270	1.290
百合	150	0.756	0.165	0.641
薔薇	400	0.640	0.080	0.720
蓮根	300	0.540	0.300	0.900
慈姑	200	2.260	0.420	1.780
葱	800	2.610	1.040	2.000
甘藍	1,000	3.000	1.100	4.200
菜類	1,000	3.000	0.900	2.800
蒺藜	300	1.470	0.480	0.810
蒿	200	0.440	0.140	0.740
アスパラガス	300	0.096	0.036	0.026
筍	300	1.050	0.240	1.350
和梨	800	0.576	0.264	1.424
桃 (實)	500	0.750	0.425	1.970
柿 (實)	700	0.889	—	—
蜜柑 (實)	600	1.080	1.800	3.600

### 第二節 各種作物反當標準施肥量

前節には主要作物が一反歩の土壤から吸収し去る養分量を示したが、然らばどの程度に三要素を施すべきか、全国各地方農事試験場標準施肥量の平均を示すと次の様である。

作物名	窒素	磷酸	加里
水 稻	2.735	2.279	2.493
稈 麥	2.942	2.530	2.789
粟	2.374	1.650	1.999
菜 種	2.684	1.889	2.958
大 豆	0.414	1.957	1.404
蠶 豆	0.759	1.513	2.302
豌豆	0.602	1.856	2.369
甘 藷	1.488	1.670	1.810
里 芋	4.064	2.920	3.816
薯 蕷	5.785	3.834	4.286
牛 蒡	3.622	1.982	3.019
百 合	2.010	2.520	2.800
蒟 蒻	3.310	1.610	4.340
大 根	5.244	3.389	4.109
蕪 菁	4.467	2.820	3.822
人 參	4.459	3.284	3.598
西 瓜	4.765	3.959	4.330
南 瓜	3.620	3.024	3.316
胡 瓜	5.462	3.343	4.519
茄 子	6.661	4.063	5.629
蕃 茄	4.286	3.268	3.378
葱 頭	5.066	3.094	4.003
葱	4.991	3.023	4.225
甘 藍	6.356	2.902	4.178
菜 類	6.688	3.793	5.088

菝 菝 草	3.532	2.653	4.305
茶	5.984	2.658	2.818
桑	4.889	2.643	3.034
和 梨	5.120	5.070	5.179
桃	3.385	3.825	3.962
柿	3.353	3.825	4.008
葡 萄	4.904	5.751	5.839
枇 杷	4.049	4.405	4.300
蜜 柑	5.092	5.475	5.507

### 第三節 植物各養分の生理的作用

(1) 窒素の効能 窒素は大氣中に瓦斯體となりて多量に存在してゐるが、其の儘にては作物の養分とはならない。窒素は硝酸態又はアンモニア態となりて初めて作物に吸収利用せられるものである。電光によりて空中の水素窒素酸素が化合して生じたる硝酸及び有機物の燃焼腐敗によつて生ずるアンモニア瓦斯は水に溶けて土壤中に入るものであるが、此等の量は極めて少なく、普通作物の吸収する分量に比して極めて微量である。

作物は根によつて土壤中に溶解せる硝酸又はアンモニア態の窒素を吸収し、自己の體質を形成する蛋白質に變ずる。蛋白質は生物の生活には必要缺くべからざるもので、蛋白質が形成されて初めて作物が成長するものである。作物は窒素養分に不足する時は成育する事が出来ず、収量を減ずる。然しながら、餘り過多に及ぶ時は急激に莖葉の繁茂を來たし、組織が軟弱となつて病蟲害にかかり易く、且つ成熟が遅れ、子實の量が減ずる。

のが常である。斯くの如く窒素の量の過不足は直ちに作物の収穫に多大の影響を及ぼすものであり特に穀類は窒素の少量なる時も過多なる時と同じく収量を減ずるものである。窒素が土酸中に缺乏する時は莖葉の色が薄く淡緑或は黄色となり、成熟不完全になるものである。

窒素の形態には、普通の農作物に對しては肥料として効能なく、獨り荳科植物の根病菌に依り利用される遊離形態窒素と、水に溶解し易く、容易に作物に吸収利用されるが、土壌に吸収保持せらるること少くない智利硝石・硝酸加里・硝酸石灰中に含まれる硝酸形態窒素と、水に溶解し易く且つ土壌によく吸収せられるが土壌中にて消化菌の爲に硝酸性の窒素に變じて作物に攝取せらるる硫酸アンモニア・鹽化アンモニア・アンモニア中に含まれるアンモニア形態窒素と、動植物質中に含有せらるるもので、土壌に施すときは濕氣空氣細菌の作用によりて漸次腐敗分解されて始めて作物に利用せられる有機形態窒素と、直接には植物に有害なるものなれども、土壌に施すときはアンモニア態又は硝酸態に變化して作物の榮養となる石灰窒素中に含まれるシヤナミツド形態窒素の五つがある。

(2) 磷酸の効能 土壌中に存在するも其の含量僅少にして、且つ大部分は不溶解の形である。耕耘其の他により風化して少量づつ溶解し作物に吸収利用せらるるも、普通は作物の必要を満たすに足らぬものである。

磷酸は莖葉の繁茂を抑制し、成熟を促進せしむる効あり、其の最適なる時は作物は鮮綠色を呈し、節の間は適度に伸長して健

全なる發育をなす。然し過多に及ぶ時は作物は萎縮し節の間は短かくなる。又磷酸の缺乏は病蟲害に羅り易く、青米腹白米が多く、収量を減少する。

磷酸の形態には、土壌によく吸着保留せらるるも稍、流失する恐れある過磷酸石灰中に含まれる磷酸一石灰、即ち水に溶解する水溶性磷酸と、水に溶けないが、植物の根酸によりて容易に溶かされ、又は炭酸を含む水に溶けて作物に吸収利用せられる、磷酸アルミナ・沈澱磷酸石灰・トーマス磷肥中に含まれる磷酸二石灰・磷酸四石灰の如きクエン酸可溶磷酸と、殆んど作物に利用性のない磷礦中に含まれる磷酸三石灰の如き不溶性磷酸と、骨粉・米糠・大豆粕・魚肥等の動植物質中に含まれるものにして、腐敗分解し植物に吸収利用せられる有機態磷酸の四つがある。

(3) 加里的効能 加里は磷酸と同じく土壌中に存在してゐるが、主に不溶解性であつて、耕耘其の他によりて可溶性に變じ、作物に吸収される。又水田に於いては灌漑水中にも多少含まれ土壌中に含まれてゐる加里的量は窒素及び磷酸の量に比し割合に多い。

加里は植物體内で澱粉の生成を助け、又根・莖の發育を良好ならしめる。加里的過不足は窒素及び磷酸の場合程作物の外見上大なる特徴を望めざるも、其の量不足する時は成育不良となり子實は軽く、病蟲害に羅り易くなる虞れがあり、又根菜類にありては腐敗し易くなるものである。作物の葉が淡緑にして先端黄色を帯ぶるに至るは加里不足の徴である。

加里鹽類は帶綠植物にありては炭水化物の合成に關係があ

り、尙蛋白質の生成にも重要な役目をなすもので、加里を缺くと同化作用によつて生ずる澱粉の量が著しく減じ、澱粉の貯蔵堆積が見られなくなる。更に加里は葉緑素の生成にも関係のあるもので、加里の多い所に葉緑素も多く、植物體中でも花粉は加里を多量に含み、松の花粉の灰分中に50%以上を検出され、筆者もヒデノキの花粉を分析して加里40%以上に及ぶを見た。又加里鹽は少しく放射性があるから植物の健康及び栄養上に何等かの効果がある様に言はれてゐる。

加里の形態には、水に溶け易く且つ土壤によく吸収される硫酸加里・鹽化加里・草木灰・カイニット中に含まれる無機態加里と、厩肥・綠肥・堆肥・油粕類中に含まれる加里で、腐敗分解されて後作物に吸収利用される有機態加里の二つがある。

(4)石灰の効能 石灰は植物栄養分として必要なるもので、若し此の成分に不足すれば植物は完全なる發育が出来ない。植物は石灰を土壤からでも、硝酸石灰或は硫酸石灰からでも攝取することが出来る。又石灰は根及び葉の候全なる發育に必要で、葉は石灰に富み、綠葉は白葉よりも石灰に富む。石灰は澱粉の消化を容易ならしめ、且つ其の移動を助けるものであるが、石灰を必要とせざるバクテリア・下等菌類・下等の水藻等もある。

(5)鐵の効能 鐵は植物體中の重要元素中最も少ないが、あらゆる生活細胞に必要である。鐵の化合物は植物の葉緑素の生成に必要である事は衆知の如く、然しながら鐵は葉緑素の成分ではない。植物の成育に必要な鐵分は土壤に多いから、施す程のものでない。

(6)苦土の効能 苦土は直接に葉緑素の成分であつて、之が生成には重大なる關係がある。又蛋白質の生成及び移動にも重大な關係があり、苦土は植物の絶えず生成する部分に多く含まれてゐる。石灰が植物の莖葉部に多く含まれてゐるのに反し、苦土は種實中に多量に含まれてゐるもので特に澱粉質の種子よりも脂肪質の種子中に多く含まれてゐる。

尙苦土は磷の移動に必要である様で、而も磷は油脂を形成する上に必要であることは前に述べた通りで、苦土は油脂の形成上間接的に働くものであらう。又苦土鹽類は菌類に必要缺くべからざるものである。

(7)硫黄(硫酸)の効能 硫黄は植物に對しては必要成分であつて、少量ながらも蛋白質の構成元素として缺くことが出来ない。蛋白質中には0.24乃至1.5%の硫黄を含み、植物汁液中には硫酸鹽として存在する。

硫黄の化合物即ち硫酸・亞硫酸・亞酸化物・酸性鹽等は有害であつて、植物には正鹽の形で施與するのが適當である。尙硫黄は根瘤の發達にも必要であり、特に荳科植物は硫黄の缺乏に對して敏感である。然しながら土壤には普通十分に含まれてゐるから肥料として度々施す必要がない。

(8)硅素(硅酸) 硅素は植物體中莖葉の中に多量含まれてゐる。禾本科植物の莖は特にこの元素を多く含み、灰分中の60%以上に及ぶことがある。硅素は細長い莖を支へる上に役立ち特にイモチ病と硅素との間に密接なる關係あることが明かにせられた。硅素の生理的作用は、成熟作用中早く葉を枯死させ莖中

の磷酸其他の礦物質を種子の方に移轉せしむる効果があると云はれる。

硅素の給源としては膠狀硅酸が効果があり、促肥素なるものがある。又硅素は禾本科植物ばかりに効あるのみならず、豆科植物にも効果がある。

(9) 礬土 アルミニウムは元來植物には不必要なる成分とされてゐるが、植物は土壌中より之を吸収して其の僅かを體中に保有してゐる。或る植物には灰分中 22~27% を含有するものもあり、又僅に痕跡を止むるに過ぎざるものもある。莢豆・草・樹木・灌木等に就いて分析の結果を見るに其の何れの植物にも發見せられ、其の形態に就いては尙不明に屬するも、植物體中に於て酒石酸や琥珀酸の様な有機酸と結合して存する如く考へられてゐる。

アルミニウムの効能は、他の元素の存在に於て著しく作用し、澱粉の生成に關係し、或る場合には有害作用を呈するが、アルミニウムの害作用は濃度の問題にして 0.005% の時には成育を妨げられるも、0.0001% の場合には却つて刺戟作用を呈する様に云はれる。

(10) 鹽素 鹽素は動物の榮養としては必要缺くべからざるもので、植物にとつては左程必要なものでない。然し鹽素があると成長が非常に盛んとなるもので、一般に鹽化物は澱粉の纖維に變化する作用を促進するものであつて、纖維植物には効果があるものである。

#### 第四節 刺戟物と其の生理的作用

植物の榮養素は何れも成育上缺くべからざるものであるが、或る種類の物質を植物に與ふれば其の生活作用に變調を來たし、早晩死を招くに至ることがある。又植物成育上極めて少量或は全然必要はないが、之を施用することに依つて植物の成育を促進せしむる物質を刺戟物と言ひ、其の作用を刺戟作用と云ふ。

然し刺戟物の作用に就いては未だ決定して居らぬが、微量の刺戟物に依つて植物の成長を促進せしめたり、收量を増加せしめたりする。それにはマンガン鹽類・弗化物・沃化物・ウラニウム化合物・ルビヂウム化合物は其の効果著しく、其の主なるものに就いて述べて置かう。

(1) 滿俺 滿俺は何れの植物にも微量なりと雖も廣く分布されてゐる。筆者は 60 有餘の種子・葉、その他の部分の灰分中の滿俺を檢定したことがあるが、灰分 100 分中少なきは痕跡より 1.363% に及ぶを見た。尙本邦土壌耕土 80 餘を檢定したるに痕跡より 1.5% に及ぶを見たことがある。

滿俺は一般に種子及びその他の部分に於ても多肉質の部分に特に多量に含まれてゐるが、滿俺の効果と云ふものは用法・分量・土壌・共用肥料の種類に依つて大差がある。滿俺は普通成育期間の短かい蔬菜類・禾穀類等に効果がある様である。

(2) 硼素 硼素を非常に稀薄な溶液として植物に與へると刺戟作用を呈し、特に煙草・茄子・トマト・豆科植物に對して効果があ



るとされてゐる。

(3) 曹達 曹達は動物の栄養としては極めて必要なものであることは言ふまでもないが植物の栄養としては左程必要なものではなく植物の生理的の上から必要の如く考へる。

(4) 亜鉛 亜鉛は植物中に含まれてゐることが稀であるが最近微類に對しては特効を有すると云はれてゐる。

(5) 沃度 沃度は本邦の蔬菜類に極めて微量ではあるが含まれてゐる。之も植物に對して刺戟性を有し植物の成育上必要な元素とされてゐる。天然智利硝石は合成硝石よりも肥効が大であると云はれてゐたが天然硝石中には沃度化合物を含むためだとされてゐるが、この問題は今後尙研究を要する。

## 第十章 土壌の化學的性質

### 第一節 土壌の植物養分吸収作用

土壌中に存する水は諸種の物質を溶存する。故に一種の溶液である。植物はこの溶液を吸収して成育するもので、土壌中に存する溶液の性質、即ち溶質の種類及び分量は植物の發育・生産に少なからざる影響を及ぼすものである。

土壌は溶液中より溶質たる諸種の物質を吸収する性質を有し、この性質あるが爲めに土壌中の可溶性養分は勿論、肥料として施したるものも吸収保持せられ、以て植物を養ひ得るのである。斯かる關係よりこの性質を養分吸収力と稱する。

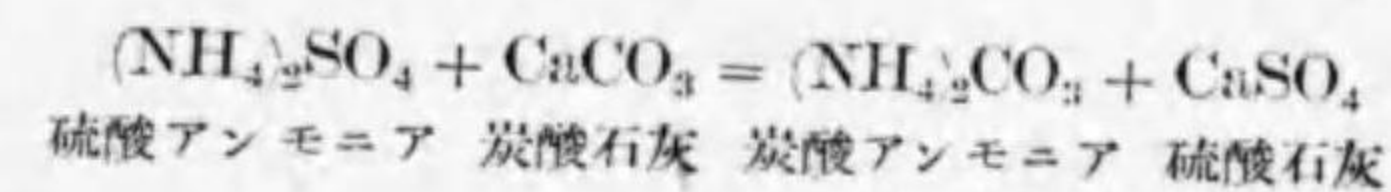
土壌の養分吸収力は化學的作用と機械的作用とより成る。

化學的作用とは土壌成分と溶質との間に起る作用を云ひ、機械的作用とは土壌の表面に溶質を附着又は吸着する作用を云ふ。

### 第二節 アンモニア及び加里の作用

アンモニアの遊離して瓦斯状態にあるもの、或は雨水等に溶解せるものは、一部或は全部は土壌によりて吸収せらるるものにして其の作物は理學的及び化學的の二つあり。

一般に溶液中の植物の養分たる鹽基はカリウム・アンモニア・カルシウム・マグネシウム等のイオンが土壌に吸収せらるるは土壌の成分たる陽イオンと溶液の成分たる陰イオンとの交換にして主として質量作用に基因するのである。アンモニアの硫酸鹽・鹽化物・硝酸鹽等の溶液を土壌中に加ふる時は鹽基は吸収せらるるも、酸基は土壌中の石灰等の如きものと化合して溶液中に保有せらるるものにして、其の化學的變化は、硫酸アンモニアの場合には次の如し。



斯くの如くして生成せられたる炭酸アンモニアは粘土・腐植質・膠質物等によつて吸収せらるるものである。

加里の吸収はアンモニアに於ける場合と同様にして、苛性加里及び炭酸加里は直接に吸収せらるるも、其の硫酸鹽・硝酸鹽・鹽化物等は土壌中の炭酸石灰と交換分解をなし、加里は炭酸鹽となつて土壌中に止まつて後吸収せられ、硫酸石灰及び硝酸石灰は水に溶解して流去するが、實驗によれば加里の炭酸鹽は硫酸

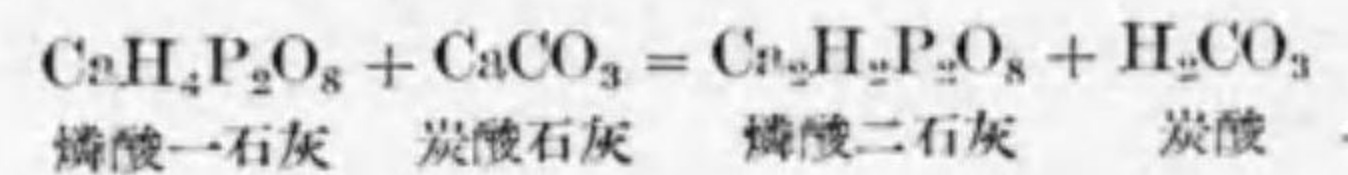
鹽よりも吸収せられ易く、粘土・泥炭土・牧草地等の土壌は砂質土に於けるよりも加里吸収力大にして、その他土壌の吸収力は溶液の濃度及び鹽の種類等によつて異なるものである。

### 第三節 磷酸の吸収

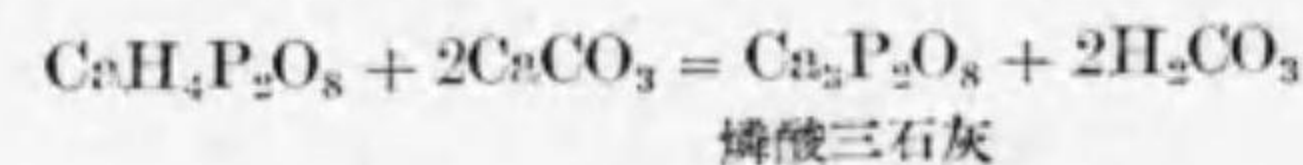
溶解性磷酸鹽が能く土壌によつて吸収せらるるは、其の中に不溶解性磷酸化合物の生成せらるるに依るものにして、土壌中に含有せらるる酸化鐵・礬土・石灰・苦土等は皆不溶解性磷酸鹽を形成する。

例へば土壌に過磷酸石灰を施す時は、土壌中の炭酸石灰は之に作用して磷酸二石灰或は三石灰を生ずること次の如し。

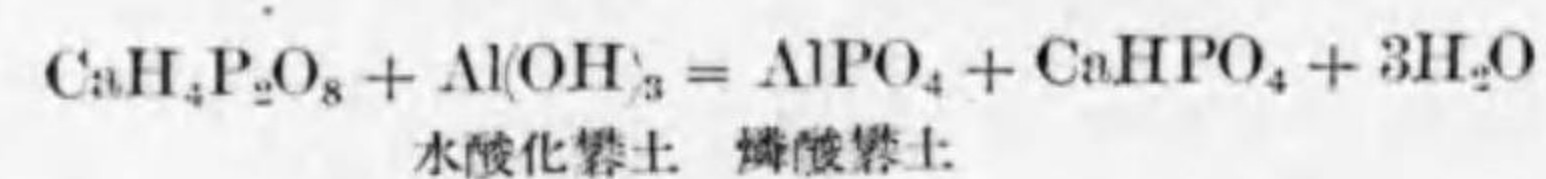
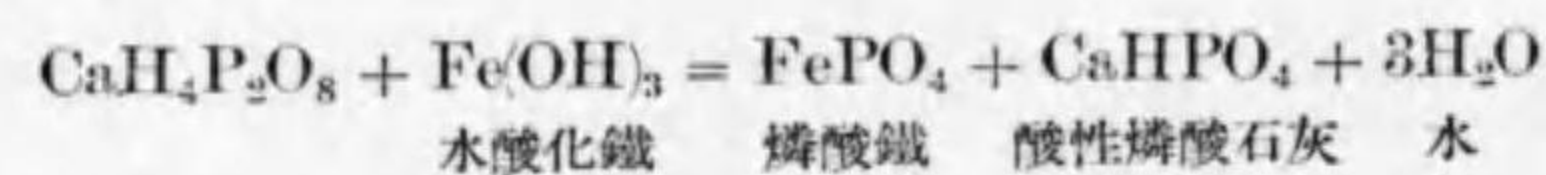
(1) 石灰の少量の場合



(2) 石灰の多量の場合

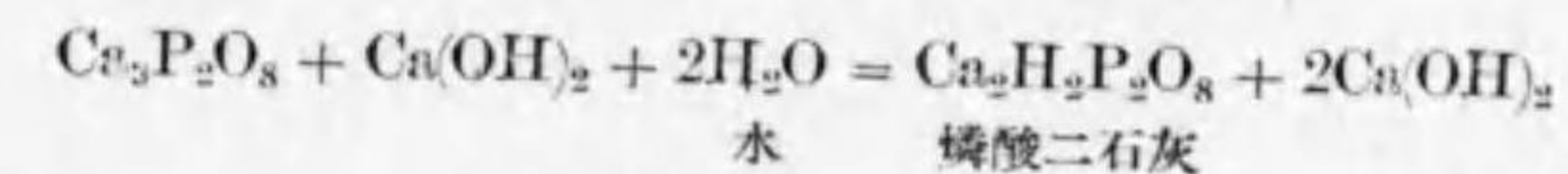
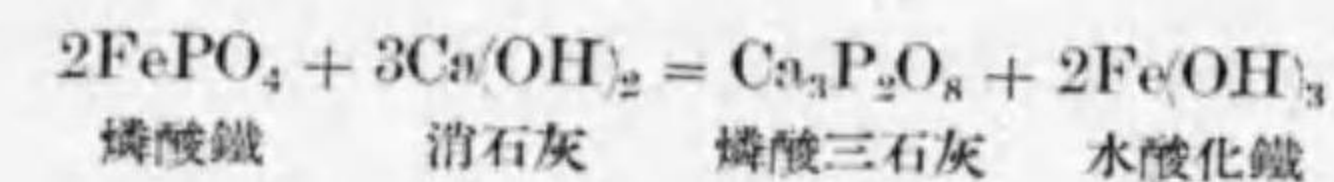


(3) 鐵及び礬土の場合



斯くの如く形成せられたる磷酸二石灰・磷酸三石灰・磷酸鐵及び磷酸礬土等は水に不溶性なれども、磷酸二石灰のみは弱き有機酸或は炭酸瓦斯を含有する水に溶解する。故に石灰を多量に含有する土壌に過磷酸石灰を産する時は溶解性の磷酸は土

壤中によく分布して固定せらるると雖も、炭酸石灰を含有する事少なき土壌にありては鐵及び礬土の水酸化物と化合し、炭酸及び弱き有機酸に殆んど溶解し得ざる化合物に變化する。斯かる土壌に過磷酸石灰を施すも利用せらるることが少ない。之が爲豫め適量の石灰を施す時は、置換作用によつて鐵の一部はカルシウムに置換せられ、其の一部は溶解性に變ぜしむることが出来る。



斯くして一度生じた不溶性の磷酸鐵を石灰の加用によつて再び炭酸に可溶の磷酸二石灰となし得る。

### 第四節 土壌の養分吸収作用の效果

土壌が植物の栄養分を吸収する力の強大なるは、農業上極めて重要な現象にして、肥料として施されたる溶解性植物養分は此の力によりて土壌に保有せらるることを得るものである。若し土壌が此の吸収力を缺く時は、土壌に施された肥料の有効性成分は徒らに雨水等の爲に流失せられるに至る。

元來植物の根は一定濃度以上の植物養分を含める溶液の存在する所に於ては、正常の發育をなし得ざるものにして、土壌中に施したる肥料成分は土壌に吸収せられるが故に斯くの如き害を免れるものである。又土壌に吸収せられたる養分は植物の爲に攝取せられ、従つて吸収された養分は溶出され、土壌中に

於ける溶液は能く一定濃度を保ち得るものである。

故に砂土の如く吸収力の弱き土壌に対しては、一時に多量の可溶性養分を與ふれば土壌中の溶液濃厚となり、植物根の養分吸収力を害し、或は徒らに降雨に際しても流失せられるが故に、一時に多量の肥料を施さずして數回に分與すべきである。

### 第五節 土壌の養分吸収率と吸収力の檢定

土壌の吸収力の強弱は吸収率又は吸収係数を以て表はされる。即ち土壌の吸収率とは 100 瓦の風乾細微土に吸収せらるる窒素及び磷酸の飽和量を厩にて表はしたる數にして、この吸収率は土壌の吸収力の大小を示すと同時に土壌の養分吸収に限度あることを表はすものである。

本邦土壌の窒素の吸収率は 100~250 にして、磷酸の吸収率は 250~1000 を普通とし、土壌の吸収作用に關係ある事項は時間・温度・溶液の濃度・溶液の量・液の反應・土壌の種類等によつて異なる。

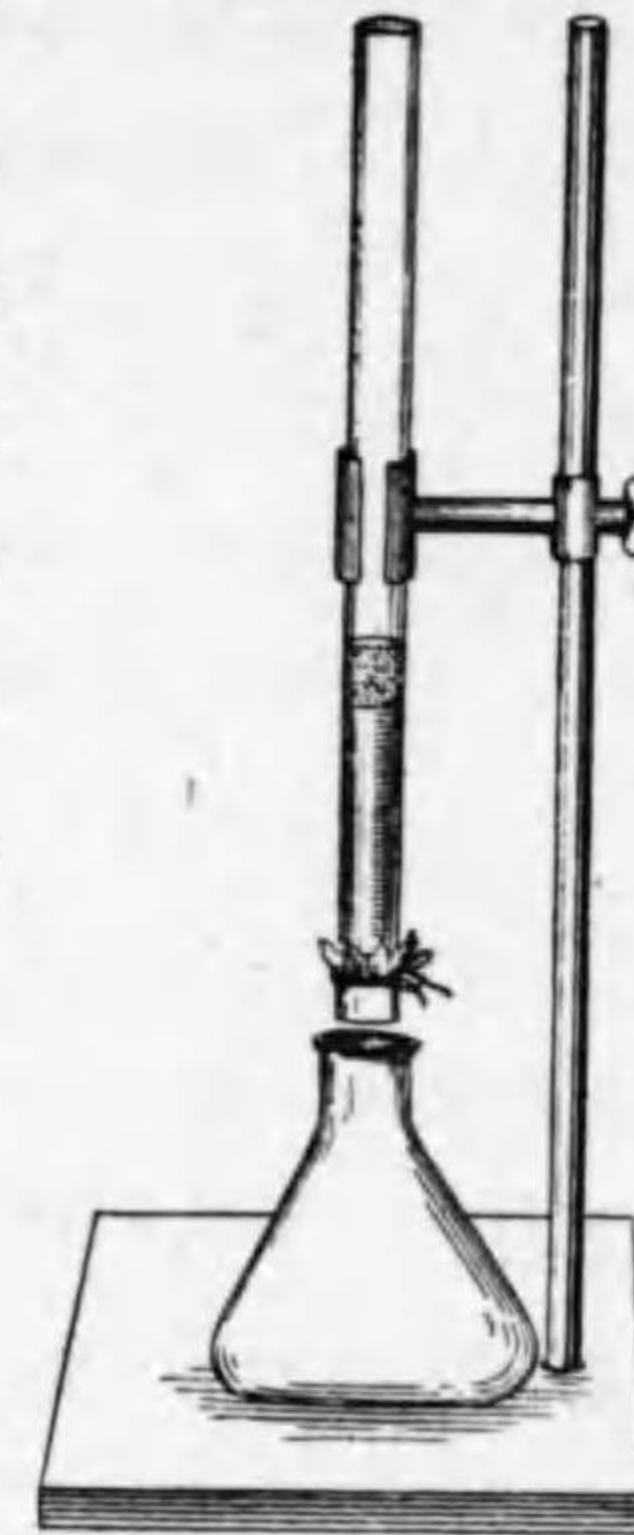
吸収を完了するには或る時間を要するが、肥料三要素の吸収作用の早いものから記載すると、アンモニア・磷酸・加里の順で、温度上るに従ひ吸収を促進し、濃度に比例して吸収量を増す。又施肥に際し過度に稀釋することは避くべきである。

更に濃度が同一であれば液量大なる程増加し、アルカリ性であれば鹽基の吸収が多く、火山灰土は著しく磷酸の吸収力大であるが、砂質土は弱きを通例とす。

土壌の吸収力を檢定するには、風乾細微土 50 瓦を秤量し、之に 2.5% の磷酸アンモニア液(此の中に含む磷酸及び窒素は豫め定

量し置くこと) 100 瓦を加へ時々振盪し 24 時間後乾燥濾紙にて濾過し、濾液一定量中にある窒素と磷酸とを定量して其の差より風乾細微土 100 瓦に吸収せられたる量を求むるのである。此の吸収量を厩單位で表はしたものを吸収係數と稱へる。加里・アンモニアの吸収は實驗によると其の當量に略比例するから、窒素を知れば加里を算定し得る。

第三十三圖  
土壌の吸収力實驗圖



### 第六節 土壌の反應

土壌は通常中性であるが往々酸性若しくはアルカリ性反應を呈することがある。作物は普通中性の土壌を好み、酸性又はアルカリ性の強いときは順調の成育を遂げることが出来ない。

通常酸性土壌と呼ばれるものには種々あるが我が國に廣く分布するものは所謂鏽質酸性土壌である。此の土壌は主に無機物より成り、水溶性酸性物質を殆んど含まないが、鹽基未飽和の無機膠質複分體を含み、中性鹽に遭ふときは酸性物質を遊離する。石灰を加へると斯かる作用消滅して其の生産力を増加する。

## 第十一章 土壌及び植物と石灰との關係

石灰の性質・作用・用途を知悉して之を有効に扱ふ事は、作物の

増収品質の向上を圖り、又土壌の悪變化を防止するに極めて重要な事で、古來多様に論議され西洋の諺に「石灰國は豊饒國なり」とあるかと思へば、「石灰は親を富まし子を貧しくす」とある。

我が國耕土の如く石灰の缺乏して居る地方では、其の禁止令は一つの挿話として終つたが、石灰は植物養分として必要なことは既に述べたるが如く、若し此の成分に不足すれば植物は完全なる發育が出来ない。然るに石灰は土壌中に最も普通に存在するもので、其の量は痕跡より30%に達する事あり、本邦土壌は一般に石灰に乏しく平均含量は0.64%なるも、作物の栽培上特に石灰を施す必要がある場合は稀で、石灰を肥料として施肥する目的は植物の養分を給するものでなく、他の二次的作用を利せんとするものである。

土壌反應の中和を目的とする場合には、稲作よりもむしろ其の裏作たる麥作に施す方が合理的である。それは水稻は酸性に對し抵抗力強きに反し、大麥・裸麥は弱いからである。此等の關係から考察する時は、石灰の土壌並に作物に對する直接間接の作用は功罪相半ばし、結局使用法の如何に依ると云ふことになるが、斯様な疑問の内にたゞの石灰と土壌と農作物其の他の關係を本章に述べて置かう。

### 第一節 石灰の概念

石灰は既に述べたるが如く主として炭酸鹽となり存するも、硫酸鹽・腐植酸鹽・硅酸鹽の形態でも存する。普通農業上に利用せられる石灰は白堊又は石灰石から作られ、之を焼けば炭酸瓦

斯を放出し殊に生石灰即ち酸化石灰(CaO)が残る。此のものは水及び炭酸瓦斯を吸収する力の強いもので、空氣中に於ても吸濕し、水を注ぐときは發熱する。それは水酸化石灰(Ca(OH)<sub>2</sub>)即ち消石灰に變る。又空氣中の炭酸瓦斯を吸収し遂に炭酸石灰(CaCO<sub>3</sub>)即ち石灰石に戻る。故に農業上の石灰中には常に消石灰及び炭酸石灰の幾分を含むもので、消石灰中には炭酸石灰が含まれるのを普通とする。

農業者が石灰石又は白堊を使用せんとする時、生石灰と同量の石灰分を使用するためには生石灰より重量に於て多くを使用しなければならぬ。100貫の石灰石は56貫の生石灰分を含んでゐる。故に生石灰と同量の石灰分を施すに要する石灰石の量を決定するためには100分の56即ち1.785を乗せねばならぬ。炭酸石灰の%を生石灰の%に直すにす前者の%に0.56を乗じ、反對に生石灰の%を炭酸石灰の%に直すには1.785を乗ずればよい。

### 第二節 土壌中の石灰と其の作用

(1)石灰の性質 生石灰及び消石灰の水に溶解せるものは腐朽性を有し、鹽基性にして酸を中和し、又他物を酸化する力あるに對し、炭酸石灰はこの作用前二者に比して緩和であつて施用上安全なものと云へよう。

以上三者には作用の強弱があるが、化學上の性質は略、相似て、例へばアンモニア鹽(NH<sub>4</sub>Cl, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)に觸れるとアンモニア(NH<sub>3</sub>)を揮散せしめ、酸に觸れるときは中和する。又硫酸石灰

( $\text{CaSO}_4$ ) は普通石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) であつて石灰鹽ではあるがその性質は生石灰・消石灰・炭酸石灰と異り揮散性アンモニアに接するもアンモニアを揮散せしめることなく吸収する。又酸を中和することなく植物の作用を受けると鹽基を中和する性質がある。

(2) 土壌中の石灰と其の効用 石灰に上記の如く種々の性質のあることは農業上に多くの効用を有するが又他方には有害なる場合がある。土壌中に幾何程の石灰又は石灰石が強理的農業經營をする場合に含まれてゐなければならぬかは屢問はれる所であるが、之は石灰含有の價値を左右する土壌の化學的組成に原因があるので明確には答へ得ない。

石灰の効用を分けて植物生理的關係・土壌理學的關係・土壌化學的關係及び土壌微生物學的關係の四つとする。此の四つの關係を圓滑なるや否かによつて土壌の肥沃性に影響するもので土壌中に適當な石灰の存在が必要で、以下之を順に記述すれば次の如し。

1. 消毒的作用・酸性土壌の中和の目的・酸性土壌に於ける細菌活動力増進としての少量の炭酸石灰の使用は多量の場合に比し比較的其の効果大なり。
2. 重粘土地を改良する場合石灰は土壌中の空隙を多くせしめ植物の成育に適當ならしめる。
3. 石灰は他物を酸化する力大で植物成育に害ある亞酸化物及び硫化物等を酸化してその害を除く。
4. 土壌中有機物特に腐植質に作用して腐植成分中の窒素を

有効性に變ぜしめる他、不可給態養分を分解して可給態に變ぜしめる。

5. 石灰を施すことによつて加里を遊離せしめ、又土壌中に存在する苦土量との割合を適當ならしめ、土壌中の理學的性質を改良せしめる。

6. 石灰は土壌中の不可給態の磷酸鐵及び磷酸礬土に作用して植物の根酸可溶の磷酸二石灰に變ぜしめる。

7. 土壌中の石灰によつて過磷酸石灰・可溶性骨粉・硫酸アンモニア等の如き水溶性の酸性肥料を最もよく利用し得るもので、これら肥料の酸性より來る有害性を防止する。

8. 土壌中に石灰が缺乏すれば水溶性磷酸鹽は鐵及び礬土と化合し、容易に可給態とならない化合物を生じ、水溶性磷酸鹽の有利な點の失はれない。

以上の様な効果あるが、石灰濫用の結果は害を受けること甚だ多い事を忘れてはならない。石灰の効果は適當に施された場合に於ての事で、「過ぎたるは及ぼざるが如し」とである。然らば適當の石灰を施す方法は如何と云ふ問題であるが、今日未だその正確の定量法がない。次に石灰の施用法であるが、土壌の種類によりて異なるは勿論なれども、普通一反歩 20~30 貫を可とし毎年施すことなく、少なくとも二・三年間に 1 回位で十分で、最初の量よりも少なくその目的に適する。

又石灰によつて地力を減退したる土地には石灰の施用を禁ずる他、綠肥・堆肥等の有機物に富める肥料を施して土壌中に不足せる有機物の補給と、石灰率の矯正を計る意味に於て炭酸苦

土其の他苦土鹽類を施肥すべきであり、又土地の客土法も効果大なるものである。

### 第三節 土壤より石灰の消耗とその要求量

土壤構成々分中石灰程消耗し易いものはない。植物構成々分として重要な石灰は作物に依つて其の土壤から吸収せられるが、その量は少量に過ぎない。反對に排水に依る土壤からの石灰の流出量は可成りの量に達し、年々1エーカー當り數百封度に達すると計算されてゐる。

土壤に滲透する水は炭酸瓦斯を含む様になり、それが石灰を溶出する。斯かる排水により石灰が消耗するのである。又硫酸アンモニア・鹽化加里の連用も土壤の石灰含量を減少せしめる原因となり、これに反し硝酸曹達の使用は土壤の石灰溶出を緩和する傾向がある。

次に土壤の石灰要求量に就いて見ると、土壤の化學的分析が其の酸度、從つてこの酸性を補正するに要する量を以て一般的概念を知り得るに過ぎないもので、正確に其の量を知ることは出来ない。故に正確な石灰要求量を決定するため種々方法が試みられてゐるが未だ完全な方法がない。最近新しい方法が試みられつつあるが、土壤酸性を中和するに要する石灰量を知るのではなく、酸性の活性的強度を求むるのである。農藝化學者に於ては水素イオン濃度で表はされてゐるが、イオン濃度7は中性を表はし、酸性土壤は7以下で、アルカリ土壤は7以上である。非常に低いイオン價例へばイオン價4は強酸性で殆ん

ど作物は出来ない。

筆者は本邦耕土の肥沃土と然らざる土壤の交換性石灰含量との間に於て、肥沃なる土壤に於ては瘠薄なる土壤に於けるものより交換性酸度は一般に低く、交換性石灰量多く、瘠薄なる土壤に於ては交換性石灰量少なく、交換性酸度の高いのを知つた。

### 第四節 石灰と植物との關係

既述の如く一般に葉綠素を有する植物は、之を有せざる植物よりも石灰を多量に必要とし、同一個體にありても葉綠素を多く生ずる部分には石灰も亦多量に要求せられる。又石灰は葉綠體中にて蛋白質と結合し、所謂カルシウム蛋白となつて存在するものと考へらる。

植物の細胞膜は石灰とペクチンの結合したペクチン石灰を含有するから石灰は細胞膜の形成に必要である。これがため石灰が缺乏する時は植物體が虚弱になると考へられ、植物體の若い部分には加里が多いが、老成した組織には石灰が多い。石灰は原形質の膠状態を安定させる作用がある。又石灰は植物體内に生ずる有機酸類を中和し、其の害を除くに役立つ。尙諸種の無機鹽類間の拮抗作用を調節する等の重要な役割を演じ、植物體内に生ずる澱粉の消化と移動に役立つと云はれてゐる。

### 第五節 嫌石灰植物

古來石灰に關しては二種の正反對な植物が研究の對照とな

つてある。一方は石灰なき土地に生ずる嫌石灰植物であり、他方は石灰多き土地に生ずる好石灰植物である。

嫌石灰植物に属するものとして第一にミゾゴケが挙げられる。これは比較的高地の濕地に生ずるのであるが石灰を甚しく嫌ひ、石灰水をかけると忽ち死んでしまふ。0.03~0.008%の石灰にも堪へ得ない。併し他の鹽類に對しては遙に高い濃度にも堪へ、且つ硝酸カルシウム・硫酸カルシウムに對しては飽和溶液にも尙冷淡である。のみならずアルカリ性を呈する鹽類は石灰と同じやうな毒性をミゾゴケに對して現はす。これらの事實から石灰の毒性はカルシウムそのものの働きでなく、冰素イオン濃度の働きであることが了解せられる。

一體ミゾゴケの成育する土壌は著しく酸性を呈し、ミゾゴケはこれに適應し酸性の土地を好む植物となつてゐるのである。その酸性が石灰の添加に依つて中和せられ中性或は更に進んでアルカリ性となり、ミゾゴケの成育に適しなくなることが毒性の原因である。そこで石灰がミゾゴケにとつて不必要な栄養料ではなく、炭酸石灰がアルカリとして土壌の性質を變へる事が嫌石灰の原因である。これらの生理的作用を考へると、カルシウムの原形質に對する作用に原因を求めることが出来る。即ちカルシウムは細胞の成分に對して凝固作用を有する。例へばフオスファチッド・ペクチン質はカルシウムで凝固せしめられる。斯くカルシウムのために原形質の表面が固くなり、鐵イオンの細胞内に入ることを妨げると云ふことが考へられるからである。

## 第六節 好石灰植物

嫌石灰植物が成育し態はざる程の石灰含有量大なる土地にも成育し得る植物を好石灰植物と稱する。斯くの如き植物の問題は植物の土壌の化學的特性への適應、土地の物理的特性への適應との兩個の見地から取扱はなければならぬ。現在までの研究によれば石灰地の理學的因子が、この種植物の成育に大なる關係を有してゐるやうである。例へば氣候的條件がその好石灰性を左右することが報告されてゐる。佛國の北部地方では石灰地上に成育し得る植物が南の地方では石岩上に成育する。又英蘭土の南部では石灰地上に生じ、東部では嫌石灰的に成育する數種の雜草がある。

好石灰植物は乾性植物で、嫌石灰植物は好水植物であること、又好石灰植物が乾燥する硅酸質の土地に生ずる所がある。又一般に石灰地に於ては日中日光の直射のために、土地の温度と共に地表に近き空氣層の温度が著しく上昇し、周圍の氣温上より異ること4月に於て已に15°Cに達する。それと同時に石灰地は土壌の構造上水の保持が不完全で乾燥が速かである。斯くの如き乾燥と高温度に抵抗して成育する植物は餘程特殊のものでなければならず、所謂石灰植物は斯くの如き狀況に適應したものである。

## 第七節 蔬菜栽培と石灰

元來葉面積の廣い植物は石灰を多く要するものである。例

へば小麦は1町歩につき3貫匁の石灰を要するに對し、甜菜は7貫500匁、煙草は實に39貫匁を要する等葉の發育の盛んなるもの程多くの石灰を必要とすることになつてゐる。又石灰は種實よりも莖葉に多く含有されて居る。

今從來分析された各種農作物の石灰含量と他の二・三の成分との比較を見ると次の様である。

成分 作物名	灰分 %	加里 %	曹達 %	石灰 %	苦土 %	鐵 %	磷酸 %	硫酸 %	硅酸 %
小麦	1.96	—	3.07	3.25	12.06	1.58	47.22	0.39	1.96
米	1.47	22.47	4.55	2.92	12.60	1.63	48.31	0.23	6.53
大麦	2.61	20.92	2.39	2.64	8.83	1.19	35.10	1.86	25.91
燕麥	3.12	5.60	0.50	1.10	2.20	—	8.00	0.60	9.40
玉蜀黍	1.45	29.78	1.10	2.17	15.52	0.76	45.61	0.78	2.09
高粱	1.55	18.45	6.23	3.29	6.58	6.30	37.48	2.13	7.07
黍	3.48	9.95	1.95	0.86	9.84	1.32	18.56	0.31	56.02
蕎麥	1.37	23.07	6.12	4.42	12.42	1.74	48.76	2.41	0.23
粟	1.11	20.57	3.34	2.36	14.12	0.44	39.59	3.32	11.59
小豆	2.90	45.14	2.72	3.49	9.98	1.09	33.05	0.55	2.36
豌豆	2.73	41.79	0.96	4.99	7.96	0.86	36.43	3.49	0.86
大豆粕	5.00	41.01	0.58	7.11	8.63	1.56	27.18	2.59	5.77
米糠	12.49	19.44	1.51	1.10	12.28	6.82	32.21	0.89	25.07
蠶豆	3.63	41.48	1.06	4.99	7.15	0.46	38.86	3.39	0.65
甘藍	0.82	26.37	10.24	18.68	2.30	0.36	13.68	11.41	12.84
大根葉	—	10.19	21.23	15.89	2.28	2.36	4.55	5.01	5.56
アルファ アルファ	8.60	34.20	3.57	24.80	11.91	1.14	6.21	6.05	1.12
鰯粕	13.77	9.03	23.19	10.66	3.31	2.55	29.00	—	1.50
牛乳	0.77	18.57	6.62	15.58	1.56	—	—	—	—

蔬菜栽培上所含成分のみで論ずることは早計であるかも知れぬ、何故かと言へば土壌反應竝に生理的性質の良否に及ぼす石灰の影響を考へねばならぬ。

(1)西瓜と石灰 西瓜は酸性に對しては相當抵抗力の強い作物であり、又石灰の餘り多過ぎることを好まないものである。西瓜の中に含まれてゐる石灰量は約 0.02% で1反歩當 1000貫の收穫を得る場合大凡 200匁を土壌中から攝取するわけで他の作物に比し少ない方である。

西瓜栽培に當り石灰を使用せず化學的酸性肥料のみを使用するときは蔓の伸長悪しく、年を経るに従つて收量を減じ、果皮厚く甘酸共に少なく、蛋白質の含量著しく少なき多汁なる果肉を生産するに至り好結果を得難い。

(2)茄子と石灰 茄子は他の蔬菜に比して比較的石灰の含有量少なく、百分中 0.02% 内外である。従つて土壌中から吸収する石灰量は多い方ではないが酸性に對する抵抗力の弱い作物であるから、西瓜の場合の如く化學的肥料のみを運用するときは自ら收量に影響を及ぼすことと考へられる。

(3)大根と石灰 大根の中には普通 0.16% の石灰が含まれて居り、大根を反當 1000貫收穫した場合には1貫600匁の石灰が土壌中から攝取されるわけである。

(4)甘藷及び里芋と石灰 甘藷中の石灰含量は 0.11% にして、里芋中には 0.42% ある。即ち里芋は甘藷に比し多量の石灰を含有して居る。甘藷及び里芋に對して石灰の効果を見ると、石灰の効果少なく擧る用ひない方が多收を得、其の成分に於ても石灰施用により著しい變化を來さないとされてゐる。従つて此等根・莖塊類に對しては餘り多量の石灰を用ふる要はない様である。



(5) **ホーレン草と石灰** ホーレン草に石灰の効果大なることは一般周知の事實である。石灰を用ひずホーレン草を栽培する事は殆んど不可能と言つてもよい位である。

(6) **土壌の反應と蔬菜** 酸性に對する抵抗力の強弱は既に多くの試験があり、蔬菜の内でも小松菜・大根・トマトなどは稍、強く、菜豆・ホーレン草・チンヤ・茄子などは弱いことになつて居る。作物別に見れば葱類・里芋・甘藷は酸性に抵抗力強く石灰の缺乏に堪へ、西瓜・體菜・大根の如きは稍、弱く、ホーレン草・茄子は酸性に最も弱い作物とされ、之等酸性に弱い作物に對しては石灰の施用によつて土壌の酸性を中和する事を忘れてはならぬ。

**第八節 果樹類と石灰**

果樹に對する石灰問題は果樹類肥料問題中特に重要な課題である。獨り果樹類のみならず普通の畑地作物に對しても石灰問題は強調すべきは既述の通りである。近頃酸性土壌問題が世人の注意を喚起するに至り、酸性土壌改良法として石灰施用を勧めた結果、追々酸性の畑地に石灰を施す様になり特に桑園に著しい。

先づ果樹類の生活器管の各部に含有せらるる諸種の營養成分中、石灰分と他の成分との關係を知らんがため、次にコルマル及びステーグリツヒ兩氏が獨逸國に於て分析研究せる平均成績を示すと次の如し。

前表の示す處によれば漿果類及び核果類共に果實は最も加里に富んでゐるが、他の生活器管には何れも石灰が最も多く含

まれてゐる。

斯くの如く果樹類は一般に三要素よりも多量の石灰分を要する。而して本邦土壌は一般に氣候の關係上石灰分の缺乏するは事實であるから石灰施用の必要があ

成分 部分別	窒素 (%)	磷酸 (%)	加里 (%)	石灰 (%)	苦土 (%)	
漿果類	根 部	0.35	0.11	0.28	0.60	0.07
	幹及小枝	0.60	0.12	0.31	1.27	0.10
	果 枝	0.89	0.23	0.52	2.90	0.20
	葉 部	0.72	0.21	1.19	2.91	0.48
核果類	果 實	0.41	0.08	1.06	0.41	0.12
	根 部	0.37	0.12	0.21	0.59	0.05
	幹及小枝	0.31	0.09	0.19	0.59	0.06
	果 枝	1.02	0.30	0.46	2.19	0.20
	葉 部	1.73	0.37	2.58	4.14	0.41
	果 實	—	0.25	0.90	0.14	0.10

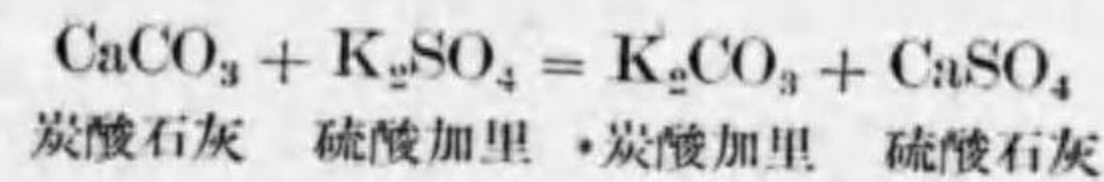
ると言ひ得る。歐米に於ける園藝家は果樹の肥料には三要素以外必ず石灰分を施してゐる。本邦果樹園土壌中には酸性を呈するものが尠くないから、この種果樹園には是非石灰を施用してその酸性を中和すると同時に石灰分の供給を計らねばならぬ。

**第九節 土壌と石灰の化學**

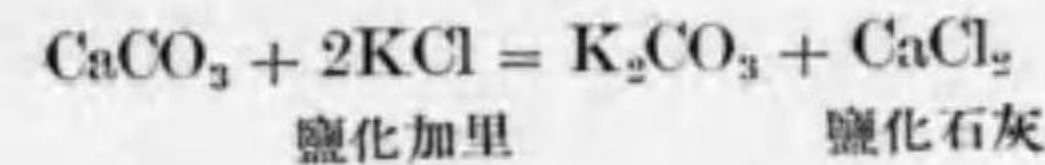
既に土壌中所含石灰の減少する理由、性質及び石灰を施用する効果を述べたが、尙化學的見地から述べるならば次の様である。

(1) **石灰の減少する理由** 石灰の減少する理由は作物に依つて攝取される他無機質肥料施用による石灰の流亡。

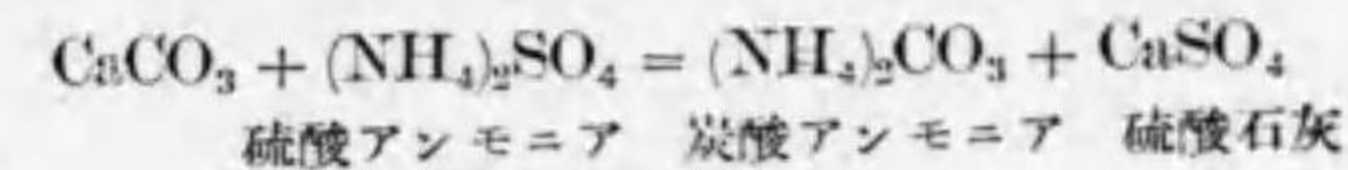
**1. 硫酸加里の場合**



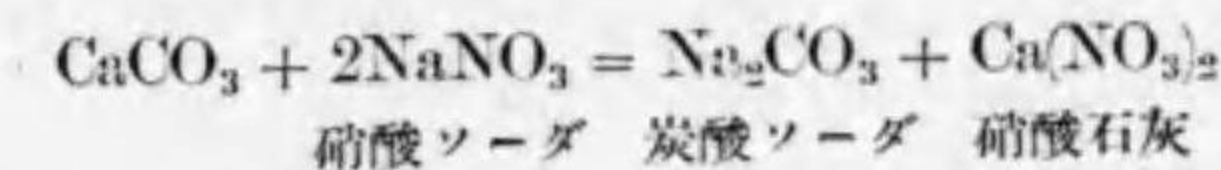
## 2. 鹽化加里の場合



## 3. 硫酸アンモニアの場合

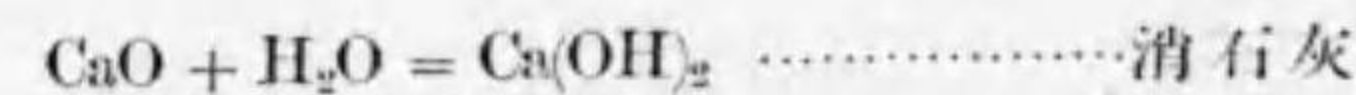


## 4. 智利硝石の場合

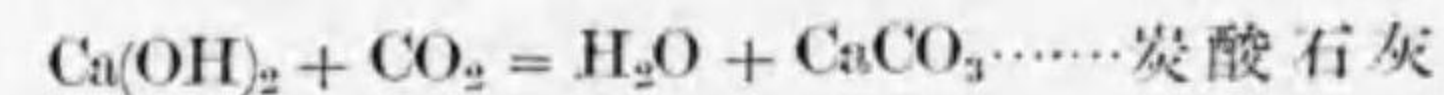


斯くして有効性石灰は土壤に吸収され難く流れ易い硫酸石灰・鹽化石灰・硝酸石灰の形態となる。

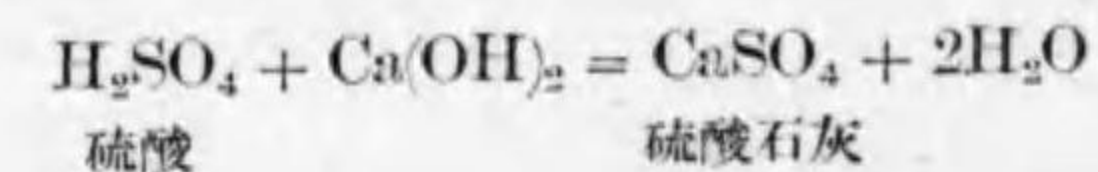
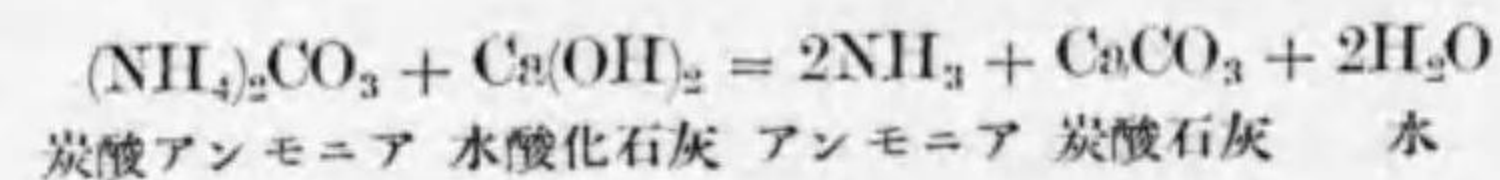
(2)石灰の化學的性質 生石灰を施すと水を吸収し消石灰となる。



尙炭酸瓦斯を吸収して炭酸石灰となる。

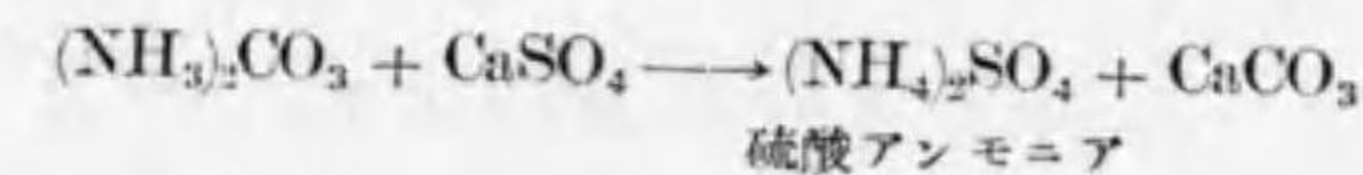
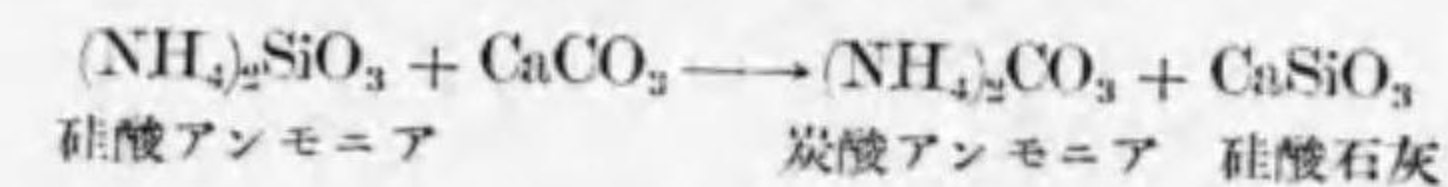
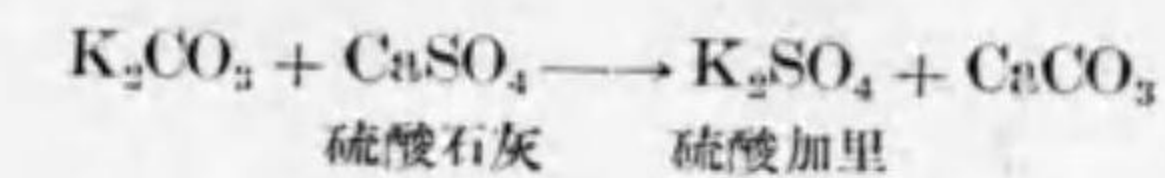
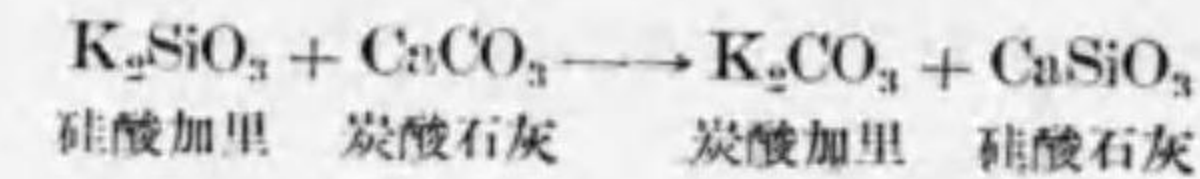


生石灰・消石灰及び炭酸石灰は何れもアルカリ性でアンモニアに觸れると之を驅逐し、酸あれば之を中和す。



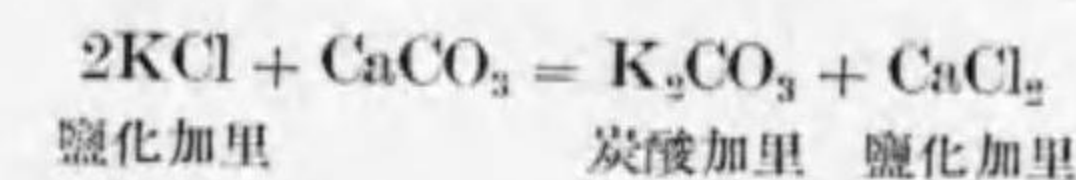
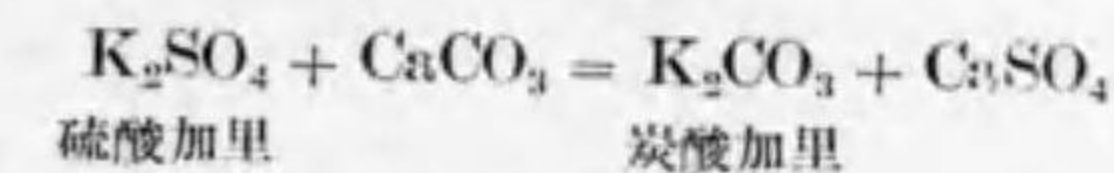
又石灰は土壤中にて水に溶解・瀾散し懸濁質其の他膠狀質に作用して土壤粒子の表面を縮少せしめる。此の陽電荷を有する石灰は陰電荷を有する土壤膠質を凝固する爲である。尙土壤粒子に吸収されてゐる加里・アンモニアの如き鹽基が石灰と

置換し加里及びアンモニアは溶出し石灰が吸収される。

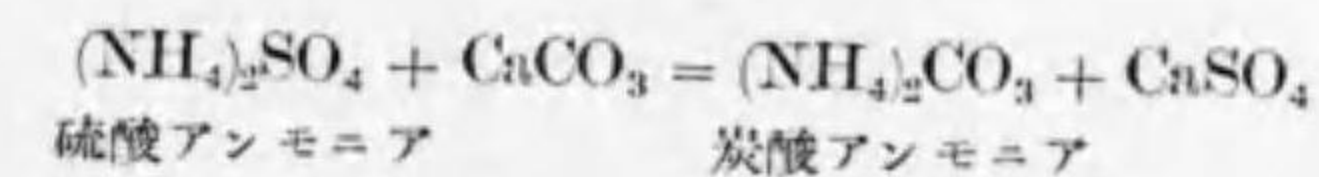


以上の如く土壤中の不溶解性珪酸鹽類を分解する作用があり、斯くして珪酸を作物に給與し、肥料と作用とし之を吸収保着せしむ。

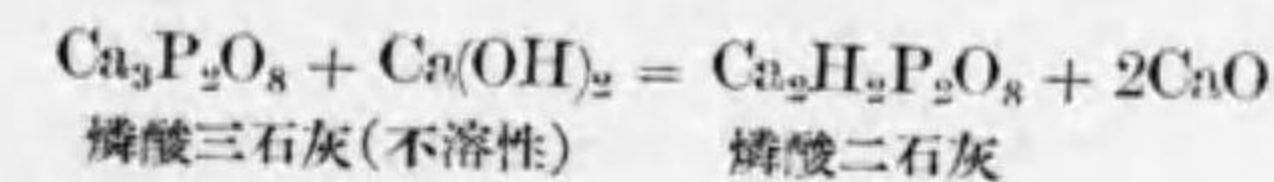
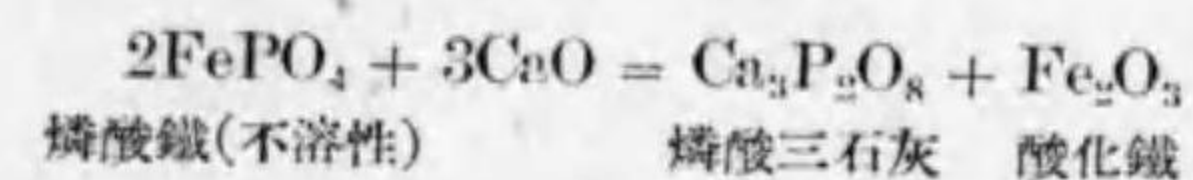
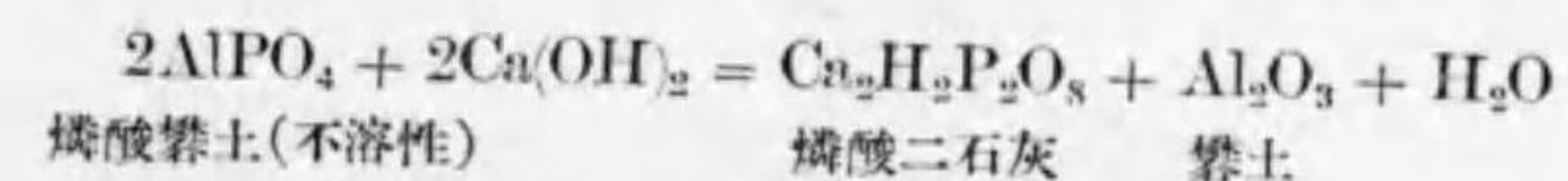
## 1. 炭酸加里を生ずる場合



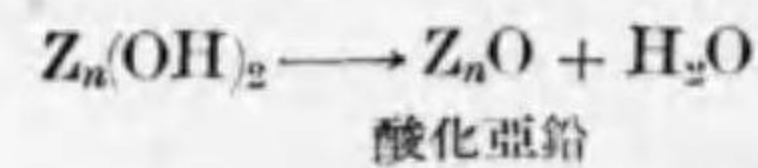
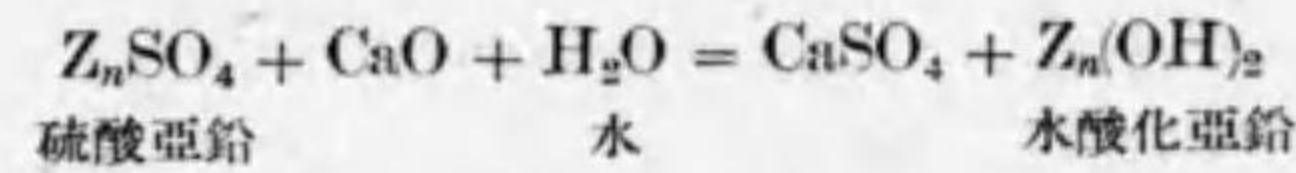
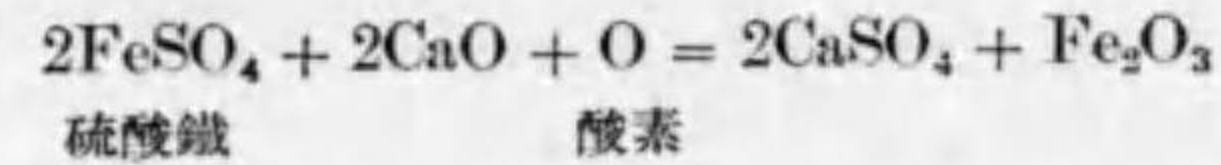
## 2. 炭酸アンモニアを生ずる場合



この炭酸鹽は土壤に吸収され易い形態で、又土壤に吸収された不溶性磷酸鹽を溶解し易い形態となす。次の如し。



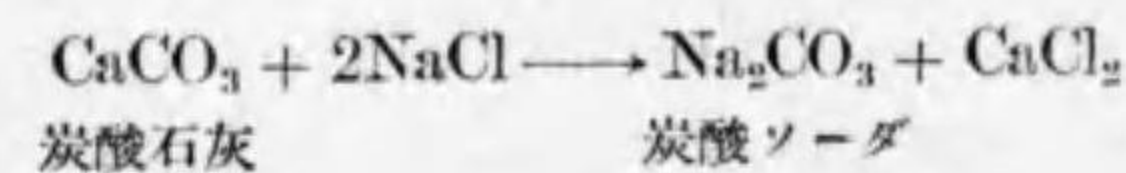
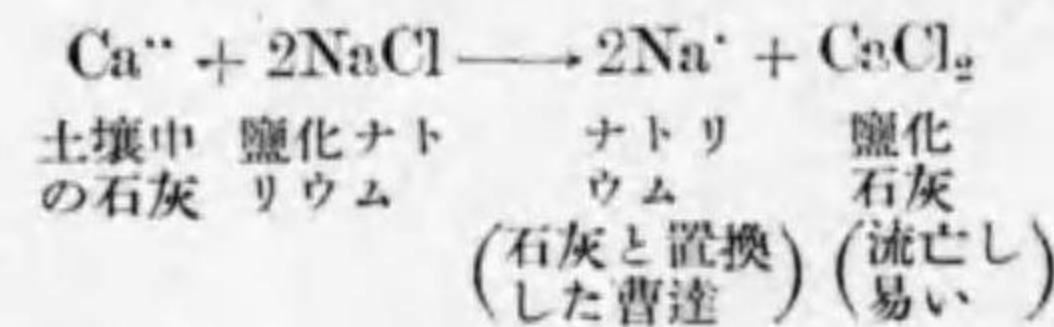
## 3. 土壌中の毒を防ぐ石灰



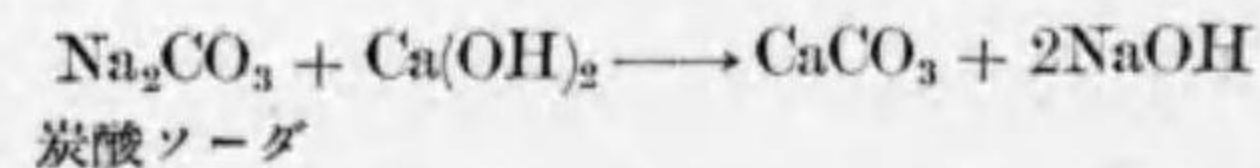
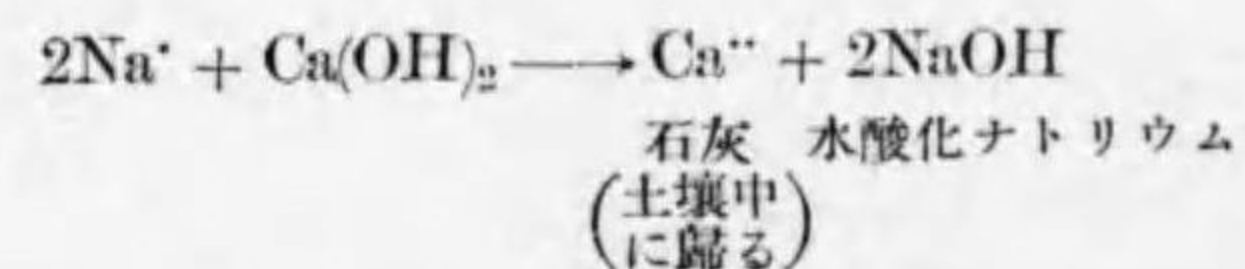
## 第十節 石灰濫用の害と鹽害地の改良

石灰濫用は地力を消耗する、これ有機物の分解を促し土壌に吸収したアンモニア・燐酸・加里を一時に速効性にする。又土壌を濕潤ならしめ通氣を防ぎ、腐植質・亞酸化物・硫化物を生じ植生に有害で、下層に石灰の盤を作り地下水の移動を防ぐに至る。

鹽害地は食鹽が直接植生を妨ぐるのみでなく、食鹽中の曹達は鹽基の交換作用により土壌中の石灰を驅逐す。



この場合石灰を施せば



土壌膠質の凝固作用により粒子團組織を形成し、従つて凝集力を減少し耕耘に便となり又同時に水分の滲透性を増加する。

## 第十二章 酸性土壌及びアルカリ土壌

土壌は全く中性のものは稀で酸性又はアルカリ性である。土壌の酸度を正確に定量して之を中和するに要する石灰量を決定する事は農業上に甚だ必要な事である。

酸性土壌の研究に就いては古くから行はれてゐたが此の酸度測定法は各國の土壌學者に依つて異り、從來の研究成績から見るとジョンソン氏は農耕に適する土壌は、炭酸その他遊離酸を含まないで試験紙には往々アルカリ性を呈するのがよい。ストラー氏は耕地は一般に微酸性を有するものが多くて、水耕法から弱酸性液が植物の成育に適することを明かにし、フェルケル氏は良好なる沃土は赤色若しくは青色試験紙に反應しないか、或は弱鹽基性を可とし、ムルター氏も良好なる土壌はアルカリ性で酸性ではならぬ。又土壌の反應は微酸性か中性を良好とするのを述べてゐる。

## 第一節 酸性土壌の原因

本邦に於て酸性土壌に就いて精細研究せられたるは大工原銀太郎博士を嚆矢とす。次いで關豊太郎博士及び大杉繁博士等あり、從來より知られて居た酸性土壌の原因に就いて見るに、耕土・未耕土共に土壌中に青色リトマス試験紙を赤變し酸性反應を呈するものあり、又は青色リトマス試験紙を赤變する程度に達せざるも、之に中性鹽化加里溶液を加へて浸出するときは

その液は酸性を呈するものあり、一般に土壌中の酸は腐植質有機酸のみなるが如く思惟せられしも、本邦耕地の大部分を占めて居る酸性土壌は無機質の酸性鹽であること、此の無機質の酸性物質の本體は果して如何なるものなりや、此等本體を明らかにし適當なる酸度測定法を撰定し、その土壌を中和して中性ならしめ以て農作物の收穫を大ならしめ耕地を改良せんとするにある。今此の酸性土壌の原因に就いての現今までの學説を述べると次の如くである。

1. 土壌中の遊離状腐植酸は土壌を酸性にする唯一の原因、又窒素及び燐酸に豊富なる腐植質を含有する土壌は酸性化合物のため酸性反應を呈すること。

2. 花崗岩中に含有せる硫化鐵の細粒は漸次酸化せられて酸性の硫酸鐵となり、其の溶液が流れ來りて土壌を酸性とする。

3. 火山は亞硫酸瓦斯硫酸及び鹽酸瓦斯を噴出する。又鑛山附近に就ては色々の硫化物が土壌に混入し、之が空氣及び水の作用を受けて硫酸鹽及び硫酸を生成する。或は製鍊所附近では亞硫酸瓦斯を出し、之が空氣と水のため硫酸となり、土壌が酸性に變化する。

4. 酸性肥料の連用即ち硫酸アンモニア・鹽化アンモニア・硫酸加里・鹽化加里等の如き生理的酸性肥料及び過燐酸石灰の様な化學的酸性肥料を同一の圃場に連用し土壌が酸性反應を呈する。

5. 有機質肥料若しくは綠肥の施用・油粕類・堆肥・糞等を施用すると、其の酸酵の際に醋酸・蟻酸・乳酸・酪酸等諸種の有機酸を生成

して酸性反應を呈するばかりでなく、此等の酸が鹽基を奪取して漸次土壌を酸性とするもので、本邦の水田は此の作用のため酸性となつて居る處が多い様に考へる。

6. 鹽基を缺く膠狀硅酸、一般に硅酸は微弱なる酸性反應を呈するが、今茲に硅酸鹽類に就いて詳述すると同時に最近の本邦土壌化學の傾向を述べると次の如し。

諸種の硅酸鹽類の反應は鹽基性であると云ふことは多くの土壤學者に依つて研究されてゐる。中にはホフマン(Hoffmann)氏の如く總ての硅酸鹽類は中性であるが、ただマグネシヤに豊富なるもののみ例外であると述べ、又コンナー(Conner)氏は諸種の硅酸鹽類を研究し、同氏は  $H_4CaAl_2Si_2O_{16}$  の組成を有する包水硅酸化合物は明かに酸性反應を呈し、之を灼熱すると鹽基性に變化することを實驗し、又陶土類の或る種類及び雲母類中の或る鑛物はリトマス試験紙に對して酸性反應を呈する事を實驗して、最も著しきものは  $H_4Fe_2Si_2O_9$  なる組成を有つてゐる硅酸化合物であると述べてゐる。

Ortho-clase .....  $Al_2O_3, K_2O, 6SiO_2$

Albite .....  $Al_2O_3, Na_2O, 6SiO_2$

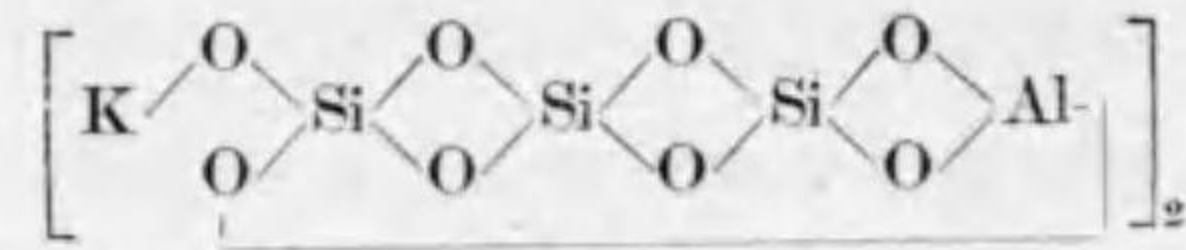
Anorthite .....  $Al_2O_3, CaO, 6SiO_2$

Kaoline .....  $Al_2O_3, 2SiO_2, nH_2O$

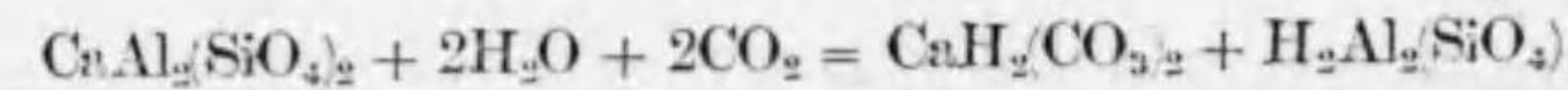
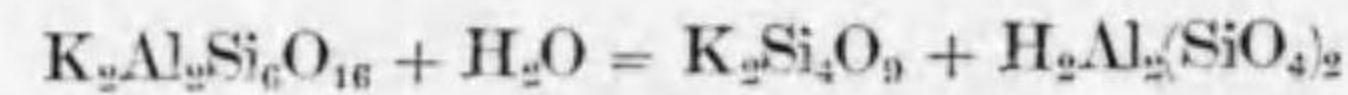
Halloysite .....  $Al_2O_3, 2SiO_2, nH_2O$

Allophan .....  $Al_2O_3, SiO_2, 5H_2O$

$n = 3 \sim 4$ , 今試みに正長石の構造式を示すと



大工原博士が各種の硅酸鹽類を水で浸出し之に炭酸瓦斯を處理して、陶土即ち包水硅酸アルミニウムを生成すること。



即ち酸性の原因は風化作用により生成せられたる酸性硅酸鹽類の存在に基因するものとされ、然し此の時大杉博士は諸種の礦物質酸性土壌を研究せられ、その原因はラーマン (Lamann) 氏の様に吸収的未飽和の土壌膠質物が鹽基に對して撰擇的吸収作用を持つてゐるためとなし、土壌膠質物が礬土鐵鹽類を吸収してその後に酸性反應を呈するものであると云はれ、故に酸性の原因は土壌膠質物に吸着せられた礬土及び鐵の化合物であると云ふことに歸し、無機酸・中性鹽類溶液を添加すると鹽基交換作用のために此等溶液中の鹽基は吸着せられた礬土鐵と置換せられて溶液に溶存し、その解離のために液に酸性を付與するものであることが明らかにされた。

7. 水素イオン濃度、從來土壌の酸性反應の原因に關して種々の學說あり、シアープ (Sharp) 及びホーランド (Hoagland) 兩氏は  $\text{H}^+$  Ion が  $\text{OH}^-$  Ion より過剰に存在するためであると説明し、強酸性土壌と強アルカリ土壌との間には PH 3.7~9.7 とを認め、其の後キレスビー (Gillespie) 氏は  $\text{H}^+$  Ion 濃度指數が 4.4~8.6 であると明かにした。

以上各種の酸性土壌の原因を綜合して考へるときは

1. 土壌の酸性反應は理學的現象であると云ふ説
2. 土壌の酸性反應は化學的現象であると云ふ説
3. 即ち後者は(イ)鹽基交換説(ロ)可溶性鹽類及び酸性硅酸鹽類存在説

と云ふことになる。

## 第二節 土壌反應と農作物

土壌反應即ち酸性の強弱を知ることは、作物栽培上及び合理的施肥を行ふ上に於て必要である。殊に本邦に於ては氣候及び雨量の關係上酸性土壌の分布廣く、耕土の70%以上が酸性土壌であると言はれてゐる。今板野・荒川兩氏によつて本邦土壌320餘の水素イオン濃度(水素イオン濃度とは酸度を示す上に7を以て中性とし、7以下の數の小さいもの程酸性が強、7以上の數が大きくなる程アルカリ性が強いことを表す)を檢定した結果を示すと次の如し。

本邦 320 種の土壌の水素イオン濃度

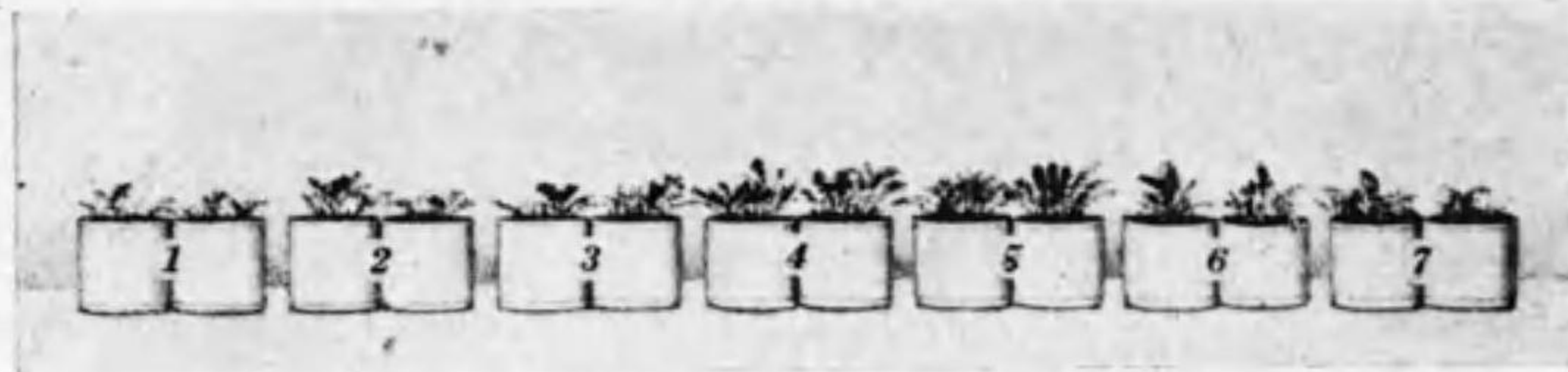
以上の成績から見れば、水素イオン濃度7以下、即ち酸性土壌の分布は90%以上に達してゐることは特に注意すべきである。

又多くの農作物の成育は土壌の酸性によつて大いに影響を受けるものであることが研究せられてゐる。併し土壌の酸性のみ

水素イオン濃度	百分率 (%)
7.50 以上	1.30
7.49 ~ 7.00	4.76
6.99 ~ 6.50	10.39
6.49 ~ 6.00	46.32
5.99 ~ 5.50	35.93
5.49 ~ 5.00	1.30
4.99 ~ 4.50	0
4.49 以下	0

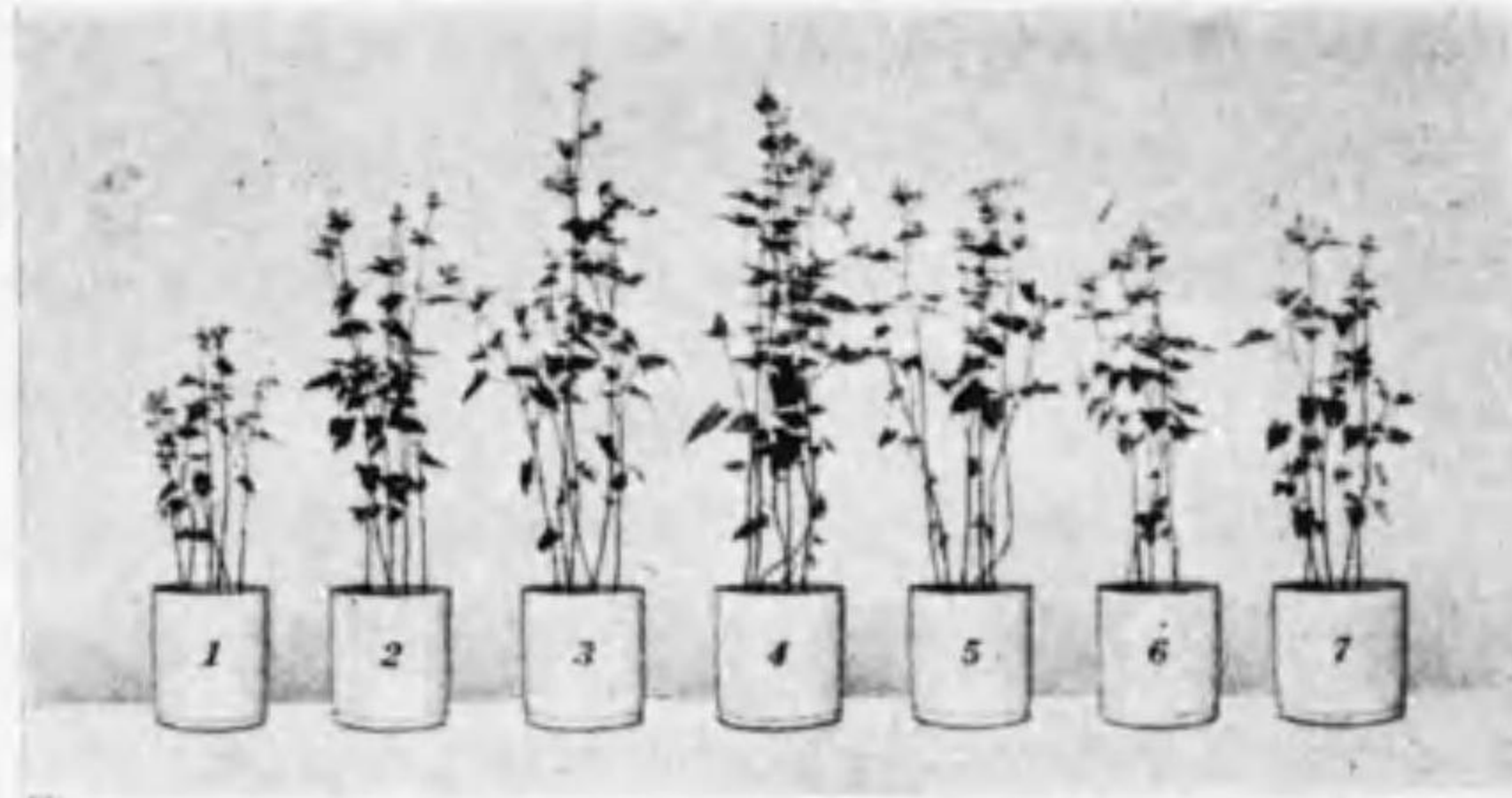
93.54

第三十四圖 二十日大根(滋賀土壌)

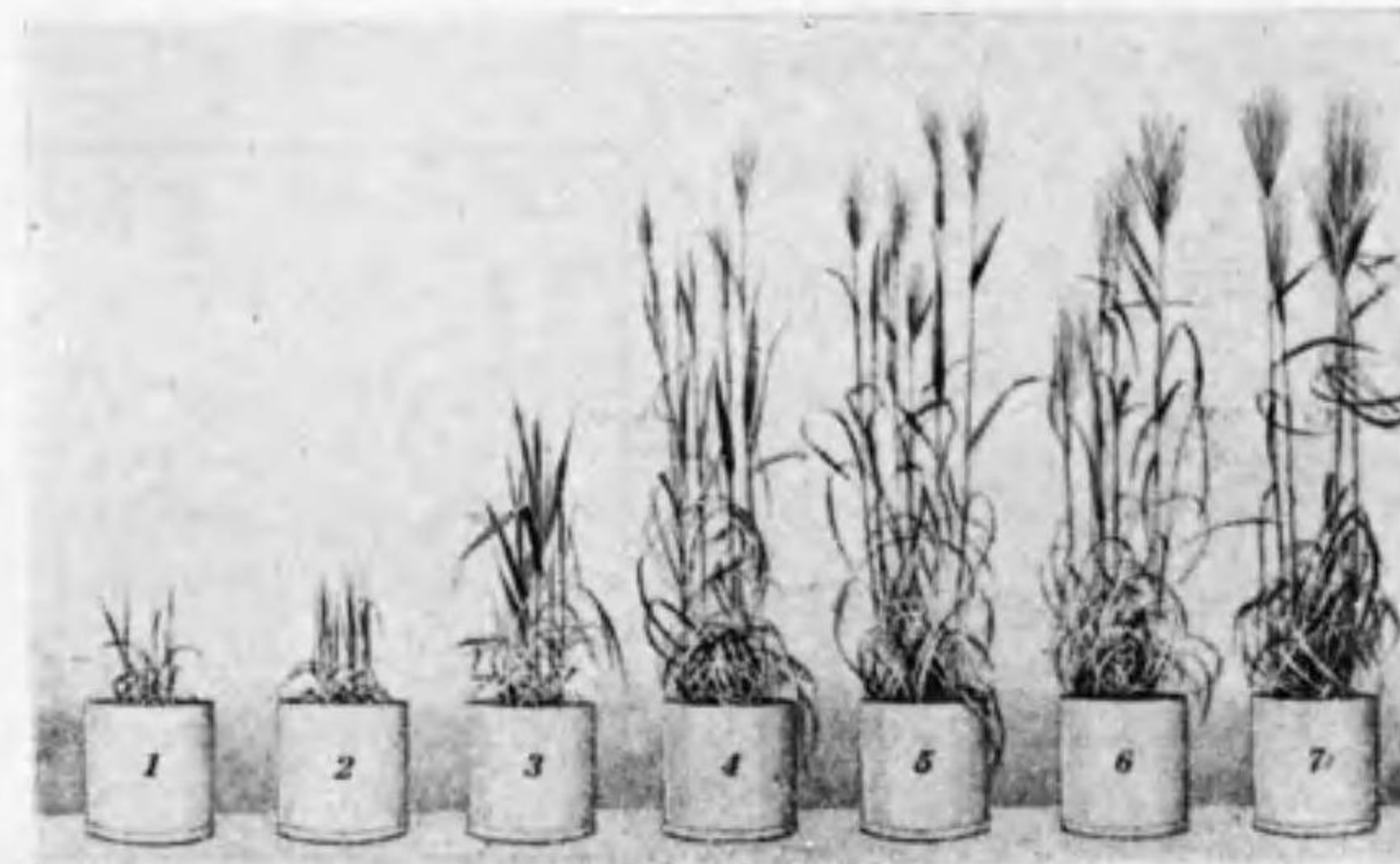


(1) 標準(酸性土壌) (2) 土壌1瓦に炭酸石灰0.5瓦加用  
 (3) 同1瓦加用 (4) 同3瓦加用 (5) 同5瓦加用 (6) 同10  
 瓦加用 (7) 同30瓦加用 第三十五、六圖も同様施用

第三十五圖 蕎麥(滋賀土壌)



第三十六圖 大麥(吉野土壌)



ならず、他の要素氣候・水分・光線等色々の事情に左右されるが、主なる農作物に就いて水素イオン濃度の最適値を示すと次の様である。

農作物の最適反應値

農作物の種類	最適水素イオン濃度値
水稻・陸稻・燕麥	5.0 ~ 7.0
大麥・チシヤ・ホウレン草	7.0 ~ 8.0
小麥	7.0
馬鈴薯	5.0 ~ 5.5
蕎麥	6.5

之によれば、水稻はアルカリ性よりも稍、酸性の方が好ましい。即ち酸性に強いことが知ら

れる。大麥・ホウレン草の如きものは酸性よりもアルカリ性の方が好ましい。即ち酸性に弱いことが考へられる。

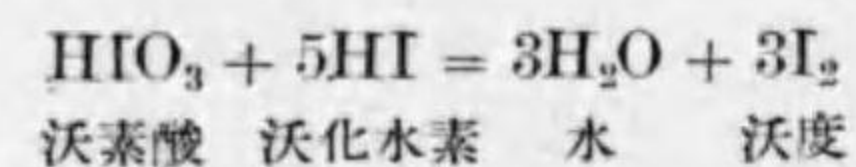
### 第三節 土壌酸度の檢定法

(1) リトマス試験紙法 この方法は土壌の酸度を檢定する最も簡単な方法である。即ち少量の土壌を時計皿か小形の蒸發皿に入れ水で濕し、濕敏なるリトマス試験紙を直接土壌に接觸させ數分間後それが變色したか否かを檢べ、試験紙の土壌に接觸してゐる部分だけが赤變したならばその酸性は土壌中にある不溶解性物質に基くもので、若しその變色が土壌に接觸してゐない部分に及ぶ場合には土壌中に可溶性物質の存することを示す。故に斯かる場合には其の水溶液に就いて硫酸鹽及び鹽化物又は有機酸を試験せねばならぬ。温泉地方の土壌には往々酸性硫酸鹽を含有する。又綠肥を施用した土壌特に水田には多少有機酸を生成する。併し普通の酸性土壌は主に遊離腐植酸類と包水酸性硅酸鹽類の二種である。

(2) **アルバート (Albert) 氏法** この方法は遊離腐植酸を検する方法で、水と共に磷酸リチウムの結晶を土壌中に混じその液の着色如何を検する。磷酸リチウムは元來水に不溶性で、土壌中の遊離腐植酸と化合して水溶性の腐植酸リチウムを生成し水溶液を着色する。その作用が遅緩のため検出に數日間を要するから實用には不適當である。

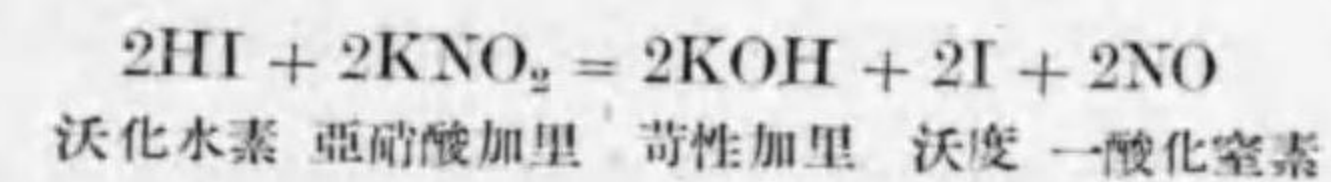
(3) **バウマン及びゲレイ (Baumann and Gally) 氏法** 本法も遊離腐植酸の検出法で、この法は水 100 珎に沃化加里 2 瓦、沃素酸加里 0.1 瓦を溶解し、供試 3 瓦に混物してよく振盪しながら 15 分間放置し、その上に稀薄澱粉液を加へてその着色の程度に依つて土壌酸度の強弱を判断する。此の反應は獨り遊離腐樹酸ばかりでなく、諸種の有機酸及び酸性硅酸鹽類によつて呈せられるので、ただ遊離腐樹酸に基因する酸性の検出には適當せぬけれども、この反應は非常に鋭敏であるから一般土壌の酸度検出に採用する事が出来る。

此の方法で注意しなければならぬことは 15 分間振盪すべきで、その時間が短い時には作用が完全でない。又微弱の酸性土壌ではその浸出液を濾過する場合に遊離せる沃度の一部は濾紙に吸着され、濾液の反應を減殺するから濾過法に依らず上澄液を傾斜する方が好ましい。この原理は沃化加里を沃素酸加里は土壌中の酸性物質に作用して沃化水素及び沃素酸を生じ、以て沃度を遊離し澱粉を着色する。



(4) **ロイフ (Loew) 氏法** 供試土壌 30 瓦を採り 1% の沃化加里液少量を加へ、100°C で保温すること 5~10 分間の後 2% の澱粉液 5 珎及び 1% の亞硝酸加里液數滴を加へよく混合煮沸して迅速に冷却し、澱粉液着色の濃淡に依つて酸度の強弱を知るのであるが、この場合に硫酸苦土を注加するとその反應は尙鋭敏にすることが出来る。

反應の原理は沃化加里は土壌中の酸性物質に作用して沃化水素に變じ、亞硝酸加里のために沃度を遊離し澱粉液を着色するその化學的變化は、



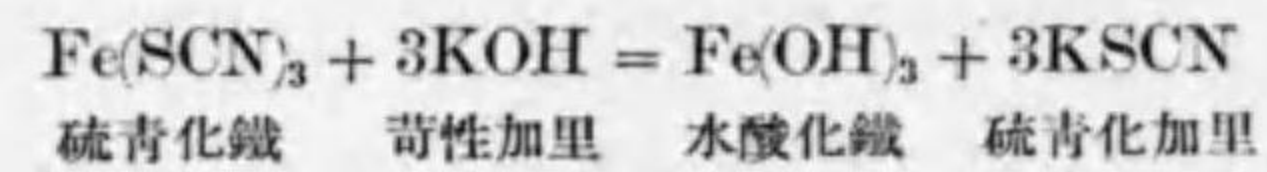
以上の検出中に亞硝酸加里液を滴加する前に澱粉液が着色することがある。之は或は土壌に含んである膠狀水酸化鐵が亞硝酸加里と同一の作用を呈し沃度を遊離するためである。

(5) **ロダン加里法** 土壌 5 瓦と 4% の硫青化加里を含む 95% アルコール 10 珎を密栓せる試験管に入れ 30 秒間振盪し、その後 1 分間遠心機にかけて澄明液を作りてこの色の状態を比較する。

原理は土壌中の膠狀鐵が第二鐵の状態に土壌中で懸垂してゐるが酸性反應を呈する時は此の鐵が此の酸イオンと結合してゐる。之に硫青化加里を加へると次の様に赤血色の反應を呈する。



若しも土壌が中性かアルカリ性であると直ちに變化を見ず、一旦出来た赤血色の硫青化鐵が逆反應を起す。



この檢出法の缺點として比較的時間を要し、土壌の種類によつて非常な遲速があることである。

(6) 亞硝酸加里法 大工原博士が案出されたもので、この方法は土壌の適量を試験管に採り、濃厚なる亞硝酸加里液少量を滴下して土壌を僅かに潤ほし、管の上部に線栓と共に沃化加里澱粉紙を挿入しよく振盪し暫時放置したる後その變色を檢する。

沃化加里澱粉紙の調製法は沃化加里 1 瓦及び澱粉 10 瓦に水 200 珎を加へて煮沸し、之に濾紙を浸して過剰の澱粉液が吸収された後注意して乾燥保存する。

(7) タツケ (Tacke) 氏法 土壌 10~20 瓦に 1~2 瓦の炭酸石灰を加へ更に 70~100 珎の水を加へよく振盪、その後水素瓦斯を通じながら、發生する炭酸瓦斯を規定苛性曹達液中に吸収せしめた後、酸で滴定して出て來る炭酸瓦斯の量を知り計算に依つて土壌中で分解された炭酸石灰の量を出し、中和に要する石灰の量を計算する。

(8) ホブキンス氏法 (米國公定法) 土壌 100 瓦に一規定鹽化曹達液 250 珎を加へ、3 時間振盪した後濾過しての濾液 125 珎を採りて煮沸し、10 分の 1 規定アルカリ液で滴定し得た滴定數の 4 倍を全酸度とする。最近は鹽化曹達の代りに硝酸加里を用ふる様になつた。

(9) ハッチンソンとマツクレイン (Hutchinson and Mac Leunan) 氏法

10 瓦の土壌に重炭酸石灰の標準液を加へ十分攪拌しつゝ 3 時間振盪する。之を濾過して過剰の重炭酸石灰をメチルオレンジを指示薬として、10 分の 1 硫酸液又は鹽酸液で滴定し土壌を中和する時に要する重炭酸石灰量を述べる。

(10) ギレスピー (Gillespie) 氏法 この方法は水素イオン濃度 (PH) 測定法の一例で、風乾土 50 瓦に冷水 100 珎を加へ 10 分間振盪する。重い粒子は底に沈み、軽いものは水中に浮遊するから上澄液を傾斜法によつて採集し、その溶液に試薬を加へて着色狀況を檢して標準色と對照する。

(11) コクラス及びホツクツアイト (Niklas and Hockzeit) 氏法 兩氏は土壌の水素イオン比色測定法に對して用ふる普通指示薬を研究し、此の時に土壌の水素イオン濃度は 3.5~8.0 位で次の指示薬を考案した。

{	ブロムフェノールブルー (0.04% アルコール溶液)	4 分
	{Bromo-Phenol blue	
{	ブロムクレゾールパープル (0.004% アルコール溶液)	1 分
	{Bromo-cresol purple	
{	ブロムチモールブルー (0.004% アルコール溶液)	4 分
	{Bromo-thymol blue	
{	メチルロート (0.02% アルコール溶液)	6 分
	{Methyl-rod	

而して標準色調は先づ緩衝溶液 (Buffer solution) と普通指示薬で作成し鮮明のものを次表の如く示した。



要するに此の指示薬は4種の色素を綜合したものである。

PH 價	色	PH 價	色
3.5 ~ 4.9	赤	6.1 ~ 6.5	淡 綠
5.0 ~ 5.4	淡 紅	6.6 ~ 6.8	淡 青 綠
5.5 ~ 5.7	淡 褐	6.9 ~ 7.6	青
5.8 ~ 6.0	灰 綠	7.7 以上	濃 青

(12) ヨーネス (Jones) 氏法 5 瓦の土壤に 0.5 瓦の中性醋酸石灰を加へよく混合し、更に水 20~30 匁を加へて十分に振盪した後全體を 200 匁として更に振盪する。15 分間静置その間 3 回振盪後濾過し、濾液 100 匁を採り溶液の酸度を 10 分の 1 規定苛性曹達液で滴定して土壤 100 瓦に換算して石灰施用量を決定する。

(13) モルガン (Morgan) 氏法 この方法は水素イオン濃度 (PH) と石灰要求量の關係を種々研究した結果土壤の性質に依つて石灰要求量に大差のある事を知り次の様な式を提案してゐる。

$$Y = A - K(7 - X)$$

Y.....2000,000 封度の土壤を PHX にするに要する炭酸石灰量

A.....2000,000 封度の土壤を PH7 にするに要する炭酸石灰量

X.....測定せる PH 價

K.....土壤の種類に依る係數

而して土壤の種類に依りて次の如き係數を出してゐる。

尙之は土壤の含水量及び有機物含量に依つて差異があり、含水量に對する校正に對しては炭酸石灰吸收係數 0.119 を乘じ有機物

土壤の種類	A	K
砂 土	225	1.000
壤 質 砂 土	925	1.000
砂 質 壤 土	900	1.390
細砂質壤土	1.100	1.500
微細砂質壤土	25	2.225
壤 土	400	2.325

の補正に對しては次の炭酸石灰係數を乘じて補正する。

有機物含有量(%)と炭酸石灰係數

土 壤 別	0 ~ 2.5	2.5 ~ 5.0	5.0 ~ 7.5	7.5 ~ 10.0
砂 土	0.25	0.50	0.75	1.00
壤 質 砂 土	0.50	0.75	1.00	1.25
砂 質 壤 土	0.75	1.00	1.25	1.50
細砂質壤土	1.00	1.25	1.50	1.75
壤 土	1.25	1.50	1.75	2.00
埴 質 壤 土	1.50	1.75	2.00	2.25
粘 質 壤 土	1.75	2.00	2.25	2.50
埴 土	2.00	2.25	2.50	2.75

特に腐植質の含有量多き土壤に對しては

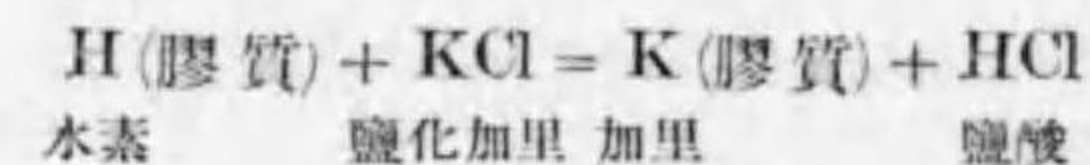
有機物含有量	10 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60%以上
炭酸石灰吸收係數	2.5 ~ 5.0	5.0 ~ 7.0	7.0 ~ 9.0	9.0 ~ 12.0

(14) ハーデ及びレビス (Hardy and Lewis) 氏法 キンヒドロン電極を用ひて實驗室内で容易に測定せられるもので、小型の廣口瓶に土壤 10 瓦を採り之に中性の 0.2 モルの鹽化石灰液を 40 匁加へ、之を 0.03 規定石灰水で 5 匁宛加へる様にして滴定し、其の都度 3 分間振盪する。斯くしてその混合液の水素イオン濃度を測定し乍ら PH7 になし、所要の石灰水より算定する方法である。

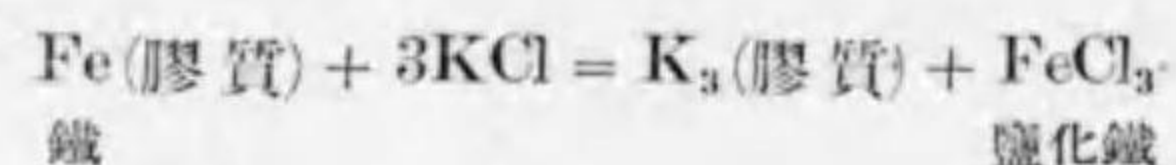
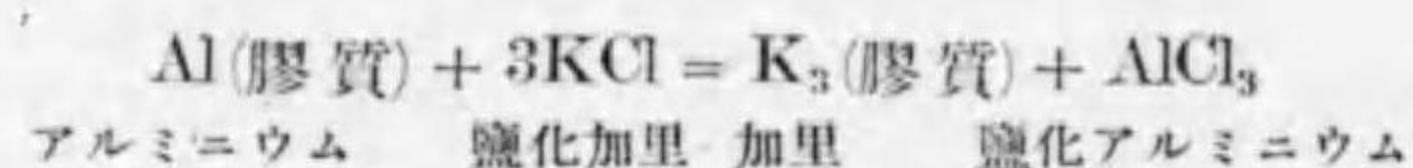
(15) カツベン (Kappen) 氏法 100 瓦の土壤を採り 1 規定鹽化加里液 250 匁を加へ 1 時間よく振盪して濾過し、濾液 125 匁を採りフェノールフタレンを指示薬として 10 分の 1 規定苛性曹達液にて滴定し、その匁數を 3.5 倍して土壤 100 瓦に對する全酸度とす。

(16) 鹽化加里法(大工原氏法) 風乾細土 100 瓦を内容約 600 兎の三角瓶に採り, 1 規定鹽化加里液 250 兎を注加し時々振盪しながら 5 日間室温に放置し, その後上澄液 125 兎(供試土壌 100 瓦中含有水分量を定量して其の水分量と 250 兎との含量の半量を探る方が好ましい)を内容 300 兎位の三角瓶に採り煮沸して液中の炭酸瓦斯を驅逐した後, フェノールフタレンを指示薬として 10 分の 1 規定苛性曹達液を以て滴定し, 之に要した兎數を供試土壌の酸度實驗數とする。

この原理は酸性土壌に或る中性鹽類の稀薄液を注加すると, 土壌中に存在する酸性硅酸鹽中の礬土若しくは鐵が溶液中の鹽基と置換されて可溶性の酸性化合物を生成するから, 規定アルカリを用ひて之を滴定し土壌の酸度を定量する。



然し實際はこの際遊離を生ずることは稀れて鹽化アルミニウム及び鹽化鐵が生ずる。



此等鹽類の水溶液は酸性を呈する。

全酸度算出法: 供試土壌中の酸性硅酸鹽類が規定鹽化加里液 250 兎の注加により全部鹽化加里の作用を受けるものであるならば, その溶液の半量を探つて滴定すれば酸度實驗數は全酸度の 2 分の 1 に相當すべきであるから, 之を 2 倍すれば全酸

度を得べき道理であるけれども, 實際には左様ではなく溶液の半量を探り去つた後上澄液の半量を探り, 第 2 回の滴定を行つて見ると其の實驗數は常に第 1 回の滴定數の 2 分の 1 を超過することを認めるのであるが, 之は新に注加した鹽化加里液が酸性硅酸鹽類の殘部に作用して液の酸性を増加すると共に, 土壌組成粒の表面に吸着されてゐた酸性鹽の一部が液中に溶出するため, 更に規定鹽化加里 125 液兎を加へ 5 日間の後上澄液の同量を探つて第 3 回の滴定を行ひ, 斯く反覆滴定を繼續するときは漸次滴定に要する苛性ソーダ液量を減少して終に液は全く中性を呈するに至る。即ち次の如く計算される。

$Y_1$  = 第 1 回の滴定兎數

$Y_2$  = 第 2 回の滴定兎數

$Y_3$  = 第 3 回の滴定兎數

⋮

$Y_n$  = 第  $n$  回の滴定兎數

今滴定兎數を  $a_1, a_2, a_3, \dots$  とすれば

$$a_1 = Y_2 - \frac{1}{2} Y_1$$

$$a_2 = Y_3 - \frac{1}{2} Y_2$$

$$a_3 = Y_4 - \frac{1}{2} Y_3$$

$$\vdots$$

$$a_n = Y_{n+1} - \frac{1}{2} Y_n$$

然るに實驗の結果に依れば  $\frac{a_2}{a_1} = \frac{a_3}{a_2} = \frac{a_4}{a_3} = \dots = K$  なるが故に次式を得

$$\begin{aligned}
 2Y_1 &= 2Y_1 \\
 2a_1 &= 2Y_2 - Y_1 \\
 2Ka_1 &= 2Y_3 - Y_2 \\
 2K^2a_1 &= 2Y_4 - Y_3 \\
 &\vdots \\
 &\quad \quad \quad + \\
 \hline
 2Y_1 + 2a_1 \left( \frac{1 - K^n}{1 - K} \right) &= Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots \\
 &= \text{全酸度}
 \end{aligned}$$

然るに  $K < 1$ ,  $n = \infty$  とすれば  $K^n = 0$  となる。故に

$$\text{全酸度} = 2 \left( Y_1 + \frac{a_1}{1 - K} \right)$$

そこで普通第1回目の滴定数を3倍して該土壌の全酸度とする。

(17) **ブロムクレゾールグリーン** (Bromo-cresol green) に依る法

風乾細微土 2~3 瓦を試験管に入れ、之にアルコール 3 珎を注ぎよく振盪し、ブロム、クレゾール、グリーン 0.008% のアルコール液を加へその着色度を豫め製作し置きたる酸度比色管と対照して酸度を決定する。若し青色を呈す

着色度	PH 價	5分の1醋酸 (珎)	5分の1醋酸曹達 (珎)
黄	3.8	17.6	2.4
綠黄黄	4.0	16.4	3.6
綠黄	4.2	14.7	5.3
黄綠	4.4	12.6	7.4
黄綠綠	4.6	10.2	9.8
綠	4.8	8.0	12.0
青綠綠	5.0	5.9	14.1
青綠	5.2	4.2	15.8
綠青	5.4	2.9	17.1
綠青青	5.6	1.9	18.1
青	5.8	1.0	19.0

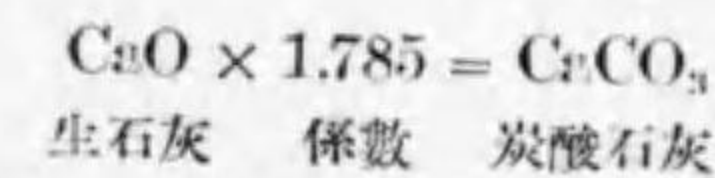
る時には微酸性反應で殆んど石灰を用ふる必要がなく、又黄色や綠色の時には多くの石灰を施す必要がある。

**標準酸度比色溶液調製法:** 之に用ふる標準溶液調製法は、5分の1規定醋酸液と5分の1規定醋酸曹達液とを調製して、之を次の如く配合して緩衝溶液 (Buffer solution) を作り前記指導 2~3 滴宛加へて色を作る。

**第四節 石灰要求量の計算法**

土壌の酸度を正確に定量して之を中和するに要する石灰量を決定する事は農業上甚だ必要なことは既に述べたが、未だその適確なる方法がない。従來行はれてゐる 2~3 の計算法と筆者が實驗を行つた成績から算出する方法を次に述べよう。

(1) **酸度よりの計算法** 土壌 100 瓦の酸度を中和に要する生石灰量は全酸度に 0.0028035 を乗すればよい。これを A とし、1 反歩の耕土の重量は 100 珎の土壌の重量  $\times \frac{1 \text{反歩耕土珎}}{100}$  を求め、これを B とすれば 1 反歩に施用する生石灰量は  $\frac{A + B}{100}$  となる。



(2) **水素イオン濃度による計算法** 水素イオン濃度による概量は PH 1 を高めるに生石灰量反當 20 貫目、但し砂土 10 貫目と計算されてゐる。

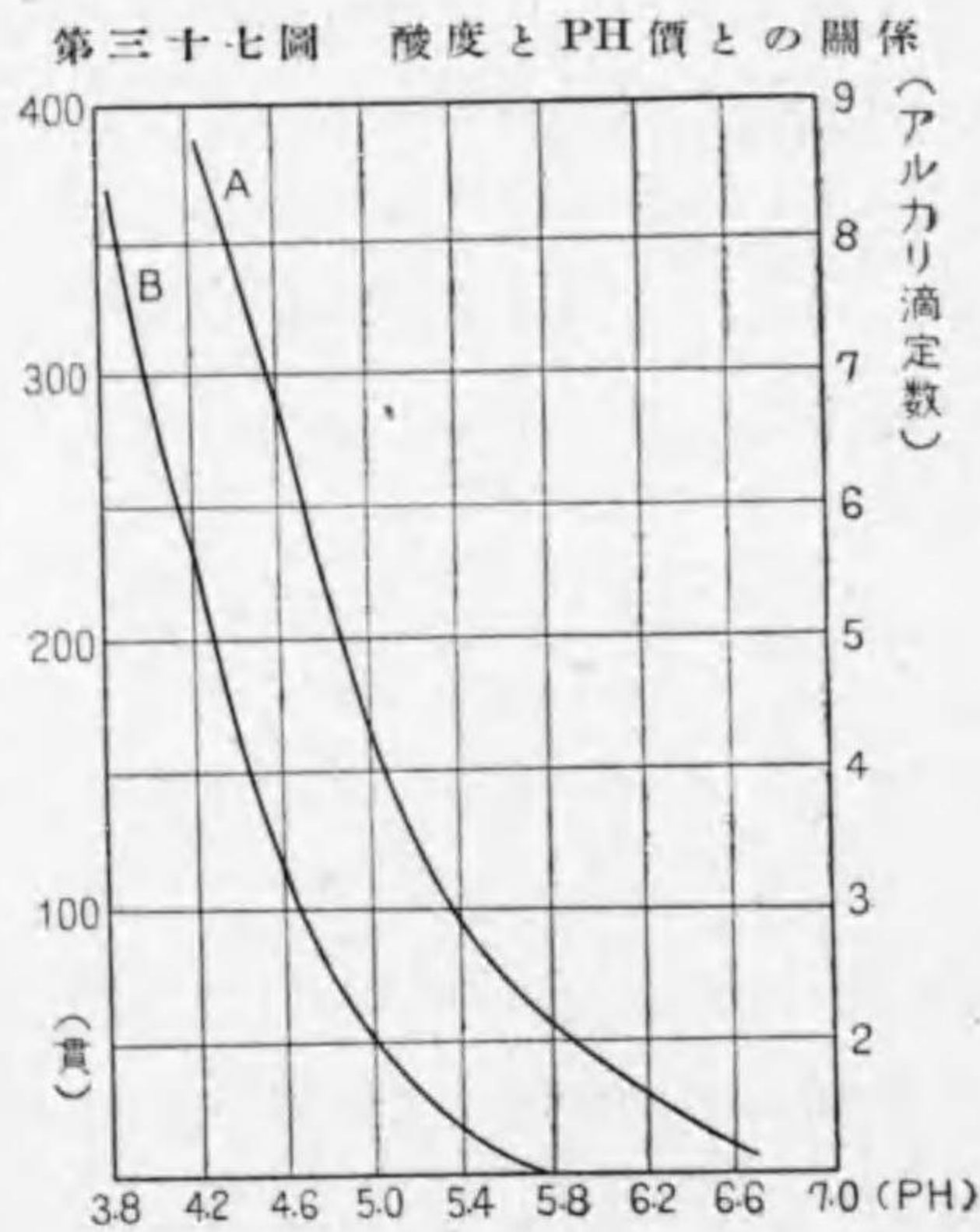
(3) **ヨーネス氏法よりの計算法** 第3節(12)に述べた Jones 氏法に依つて得た滴定数を 2 倍して全部を中和するに要したる

苛性曹達耗数を知り、その値を  $a$  とすれば、 $a \times 1.8 \times 1000$  を土壤 2,000,000 封度に對して要する石灰量とす。

(4) 筆者の實驗成績よりの計算法 筆者は數十種の土壤に就いて全酸度を大工原氏法(第三節16項を参照)により測定し、又同一土壤を用ひて Bromo-cresol green 法(第三節17項を参照)により水素イオン濃度を測定し次の様な結果を得た。

大工原氏法	B.C.G. 法 PH	大工原氏法	B.C.G. 法 PH
1.0 ~ 1.5	6.5 ~ 6.7	3.5 ~ 4.8	4.8 ~ 5.2
1.8 ~ 2.0	6.7 ~ 6.5	5.0 ~ 6.2	4.9 ~ 5.0
2.2 ~ 2.5	5.6 ~ 6.2	6.2 ~ 8.5	4.5 ~ 4.7
2.8 ~ 3.0	5.2 ~ 5.5	9.0 ~ 11.3	4.2 ~ 4.5
3.2 ~ 4.1	5.0 ~ 5.3	10.5 ~ 15.0	4.0 ~ 4.3

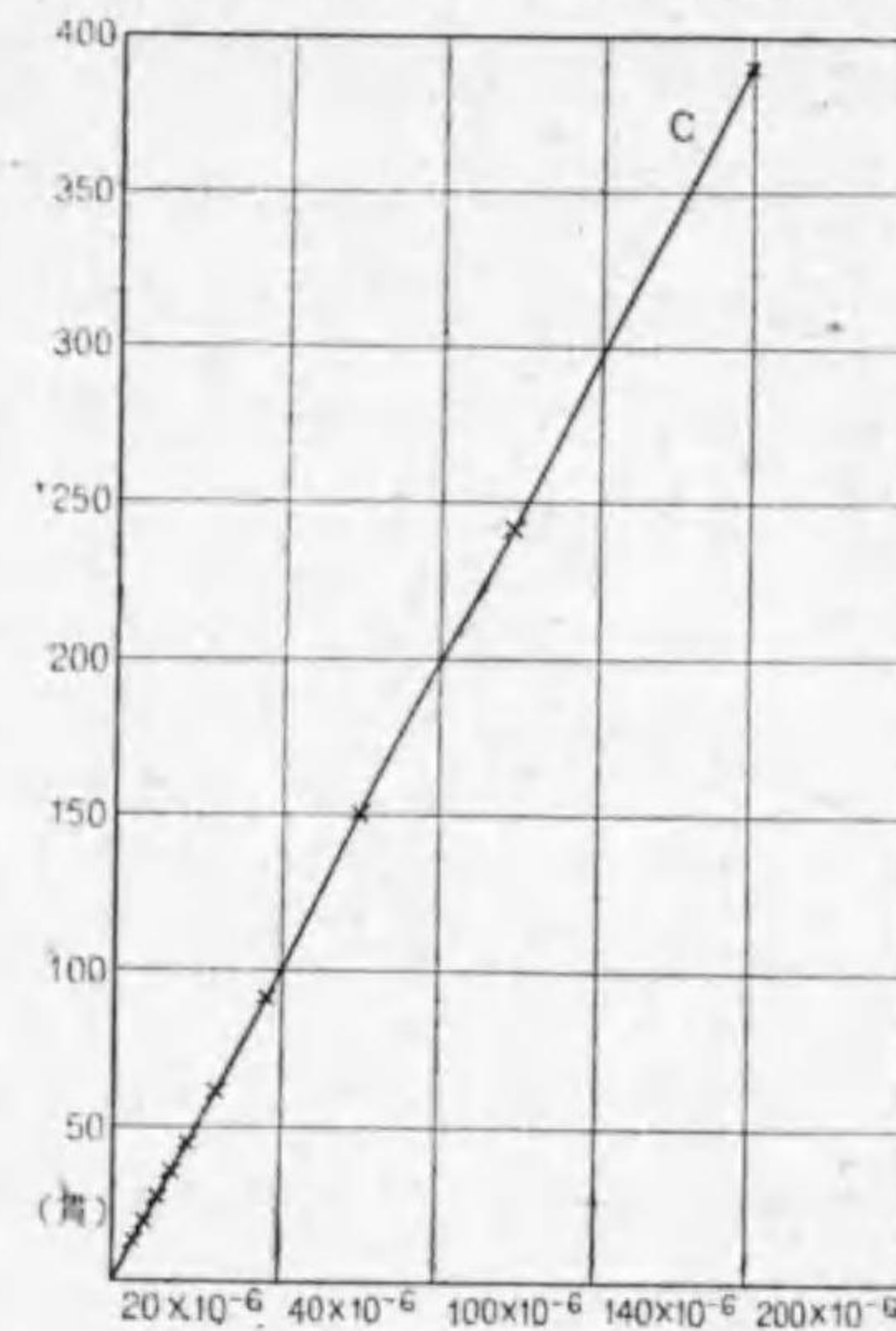
右の實驗の結果を見ると大工原氏法の1度はPHの6.5~6.7位・2度はPHの6.3~6.5位・3度はPHの5.2~5.5位・4度はPHの5.0~5.2位・5度はPHの4.8位・6度はPHの4.6内外に相當するを見たのである。此等の結果から大工原氏法酸度定量のアルカリ滴定數とPH價との關



係及び石灰要求量とPH價の關係を圖示すれば次の如し。

第三十七圖のA, Bの兩曲線は双曲線をなすもので之が互に相似て増減してゐる。第三十八圖はB曲線を簡單にするために直線Cとしたものである。之に就いては Gillespie 氏はPH價 5.6 ( $2.5 \times 10^{-6}$ ) には反當炭酸石灰6貫を施用する標準を定めたから之を基準としてB曲線から石灰要求量はPH價と逆比例をしてゐるものから次の如く計算した。

第三十八圖 PH價と石灰要求量



酸度	PH	H <sup>+</sup> 濃度	H <sup>+</sup> 濃度比率	反當石灰要求量 (%)
1	5.6	$2.5 \times 10^{-6}$	$2.5 \times 10^{-6}$	6.0
2	5.4	$4.0 \times 10^{-6}$	$4.0 \times 10^{-6}$	9.6
3	5.2	$6.3 \times 10^{-6}$	$6.3 \times 10^{-6}$	15.0
4	5.0	$1.0 \times 10^{-5}$	$10 \times 10^{-6}$	24.0
5	4.8	$1.6 \times 10^{-5}$	$16 \times 10^{-6}$	28.0
6	4.6	$2.5 \times 10^{-5}$	$25 \times 10^{-6}$	60.0
7	4.4	$4.0 \times 10^{-5}$	$40 \times 10^{-6}$	96.0
8	4.2	$6.3 \times 10^{-5}$	$63 \times 10^{-6}$	150.0
9	4.0	$1.0 \times 10^{-4}$	$100 \times 10^{-6}$	240.0
10	3.8	$1.6 \times 10^{-4}$	$160 \times 10^{-6}$	380.0

更に第三十八圖 C 直線から石灰要求量を求める公式を次の如く表はすことが出来る。

$$y = a + bx$$

$y$ ……石灰要求量

$x$ ……測定した PH 價から水素イオン濃度を表はしたもの

$b$ ……係數 2.43

$a$ ……作物の種類と土壌中の有機物の多少に依つて變化するものを表す

### 第五節 アルカリ土壌

アルカリ土壌とはアルカリ鹽基を多量に含む土壌であつて、氣候乾燥せる地方で岩石の風化に依つて生じた溶解性鹽類が集積し植物が生育し難きに至る。

(1)白色アルカリ土壌 加里・曹達・石灰苦土等の鹽酸鹽及び鹽基を多量に含有し乾燥季に白色の結晶を地上に析出せる土壌をいふ。

(2)黑色アルカリ土壌 主として曹達の炭酸鹽及び重炭酸鹽を含み、反應アルカリ性にして有機物を溶存し黑色を呈する。

(3)褐色アルカリ土壌 諸種鹽基の硝酸鹽を多量に含有する土壌にして、普通褐色の斑狀をなして現出するもので黑色アルカリ土壌中に含有せらるることがある。

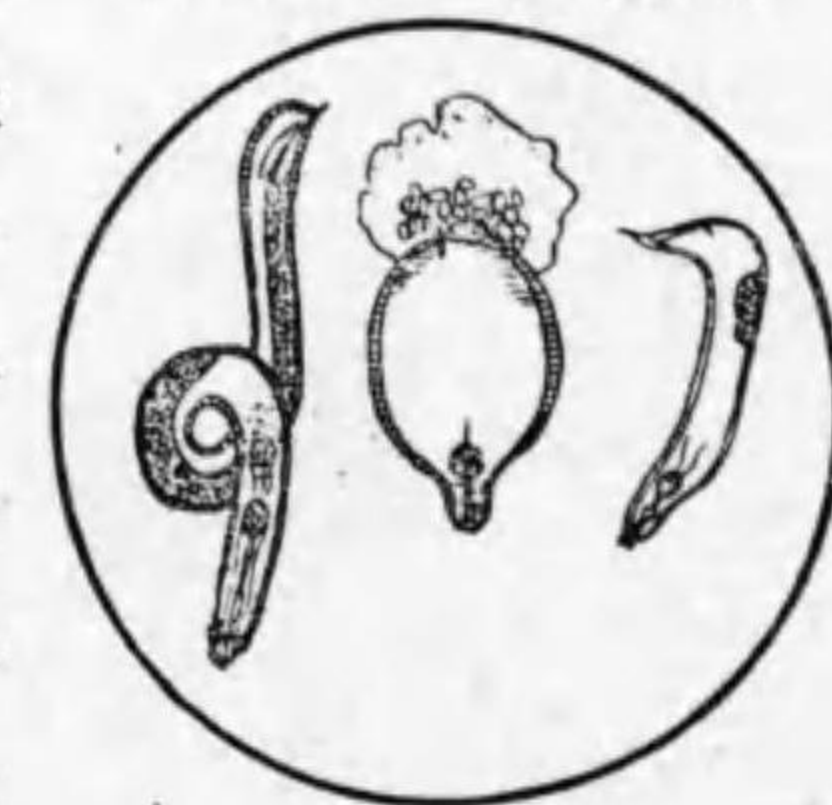
(4)アルカリ土壌と作物 アルカリ土壌にはアルファアルファ・ビートの如き深根性のもの又棉も抵抗力が強い。米穀類の大麥・燕麥は割合に強く、稻・玉蜀黍・菜種の類は弱い。

(5)アルカリ土壌の改良法 アルカリ土壌を改良するには排水及び灌漑を施して可溶性鹽類を除去し、黑色アルカリ土壌には特に石膏又は酸性肥料を用ひて害を減ぜしめ、或は有機質肥料を施して土壌を膨軟にするか、水分の蒸發作用を少なくする方法を講じ土壌の理化學的性質を改良しなければならぬ。

## 第十三章 土壌中の微生物

土は一般に死物視されて居る。然し仔細に之を觀察すると、肉眼で見えない顯微鏡的生物の一大世界である事が判かる。土壌の定義は各國の學者により種々説かれて居るが、吾々農業に關係して居るものの土壌は吾々に利益ある作物の成育に好都合のものであり、農業土壌は砂・水・空氣・有機物以外に微生物を適度に含んだものでなければならぬ。

土壌中に棲息する微生物は其の種類甚だ多く、アミーバ・インフゾア・ネマトーダ等の如き原生動物に屬するものもあれば、糸狀菌・芽生菌・分裂菌等の如く下等植物に屬するものもある。此等微生物中その數多く、且つ農作物の成育を最も深い關係あるものは腐敗菌・硝化菌・根瘤菌・遊離窒素固定菌等にして、此等の有用微生物の繁殖良好なるはその土壌の豊沃なる表象とも見ることが出来る。



第一節 土壌微生物の種類

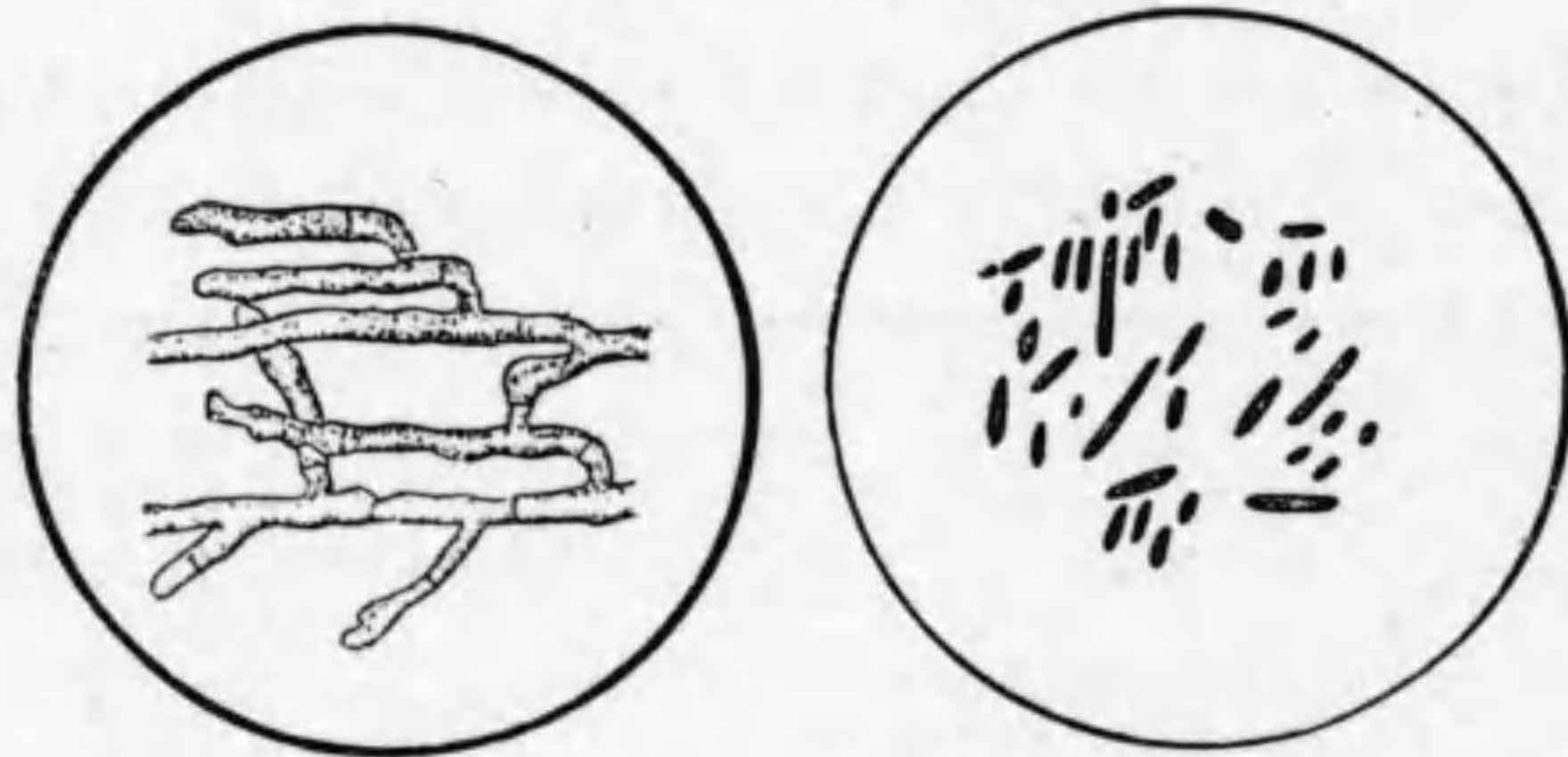
土壌微生物の種類中細菌約100種放射状菌約40種菌類約230種藻類約20種原生動物100種と計算されてゐる。今試みに本邦水田及び畑地土壌1瓦中に含有せられる土壌微生物の概算を示せと次の様である。

微生物の種類	水田土壌(1瓦)	畑地土壌(1瓦)
細菌	10,000,000	7,000,000
放射状菌	2,000,000	1,500,000
糸状菌	20,000	20,000

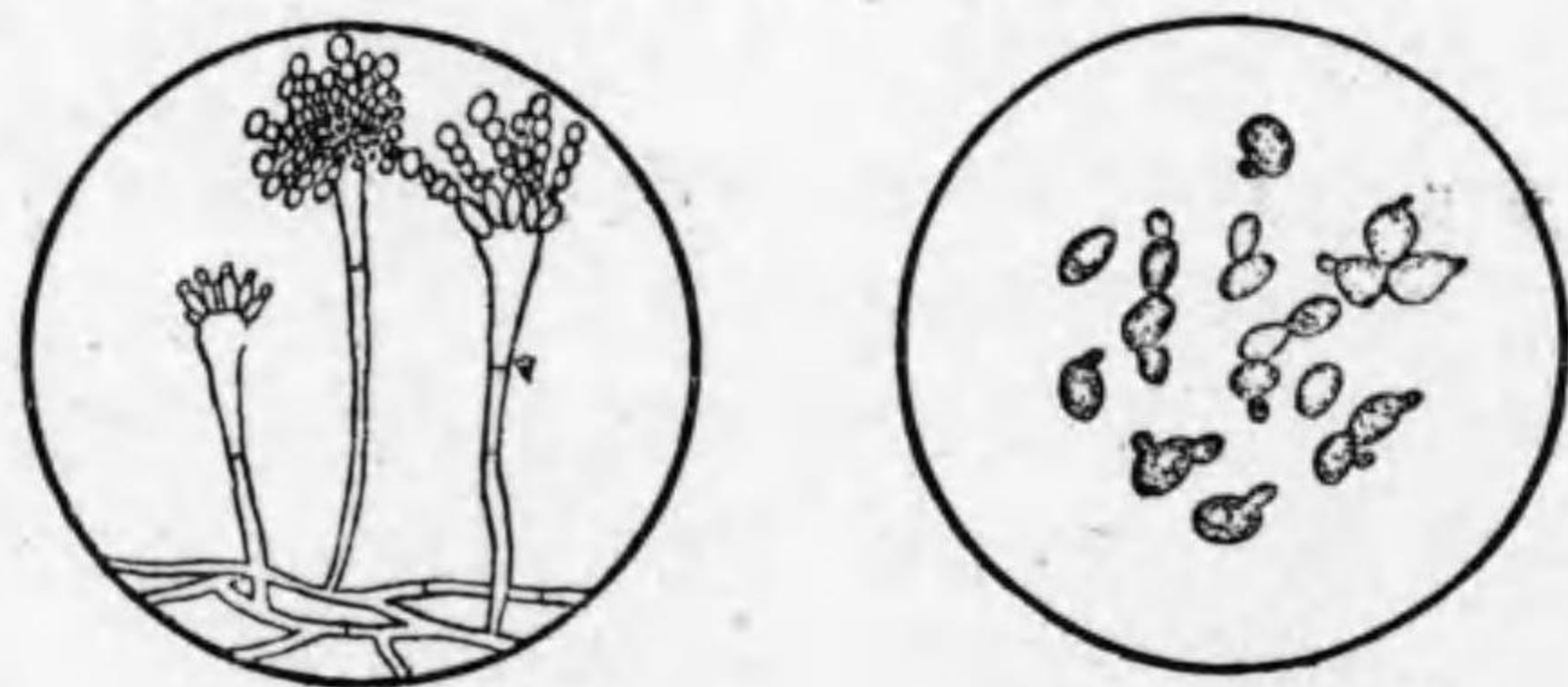
以上の如く土壌細菌の種類及び数は土

壤の種類に依つて著しく差異あり、一般に土壌の酸性強きは細

第四〇圖 細菌と藻類



第四十一圖 糸状菌と芽生菌



菌少なく糸状菌が多い。又耕地は未耕地より多く、肥沃なる土壌には然らざる土壌よりも菌数も多い。従つて菌類の多きものは肥沃なる土壌を考へられ、最近微生物による養分必要量検定法も行はれてゐる。

第二節 土壌中の細菌

土壌細菌が土壌の肥沃度に大きな関係のあることは知られてゐるが、若し地球上に微生物が無かつたら塵埃は永久に腐敗することなく、吾人はゴミの中に埋まり、無論耕作など思ひもよらないのである。大體耕土1瓦中細菌の数は5千萬から1億萬に及び、本邦人口に匹敵する。細菌はその種類多種多様で各生活様式に特異性があり、細菌同志間に生存競争が行はれてゐる。土壌細菌の内農業上に關係あるものを揚ぐれば次の如し。

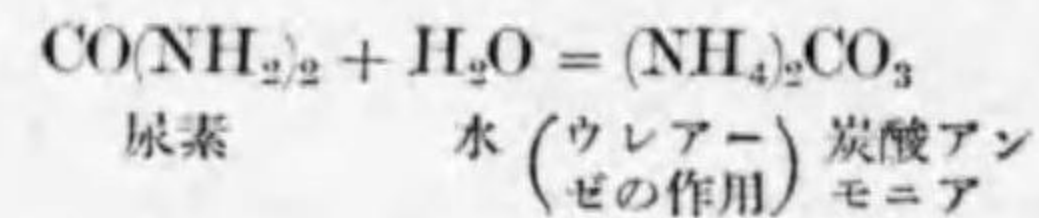
細菌の種類	作用物質	細菌の例
腐敗菌	蛋白質を分解變化するもの	誘腐菌、尿酸菌等
分解菌	無窒素物を分解變化するもの	纖維菌、酪酸菌等
硝化菌	アンモニアを硝酸に變化するもの	硝酸菌、亞硝酸菌等
還元菌	窒素化合物を遊離窒素にするもの	硝酸還元菌
窒素固定菌	遊離窒素を固定するもの	窒素菌、根瘤菌等
特殊菌	無機鹽類に作用するもの	硫黄菌、鐵菌等
病原菌	植物の病害を惹起するもの	青枯病菌、立枯病菌等

さて細菌とはどんな物であるかと云ふと、大小種々あるが千分の2~3耗と云ふ處である。形も球状桿状螺旋状等種々で、中には體に鞭毛と云ふ極微細な毛を有し、之を動かして運動するものもある。其の繁殖は1個か2個に分裂して繁殖するから一

名分裂菌と云はれ、コレラ菌の如きは20分で倍數となる。

一般に狀況がよければ約30分で倍數となるから1個の細菌は1時間後には4個となり、3時間後には64個、8時間後には6萬5千個、15時間後には10億と云つた數に昇り、35時間にして1疋自動車1,000臺を要し、5日中には1個の個體が全世界の大海を埋めると云ふ計算になるが幸にして細菌は抵抗力が極弱く、日光温熱の變化に會つて死滅することが多い。又1箇所に多くなれば營養分の缺乏を來し増殖不可態に陥る。

肥料に速効遅効の別あり、多くは一度細菌の厄介になる。蛋白質を含む有機態窒素肥料の如きは種々變化し遂にはアンモニア態の窒素となり、更に又硝酸態の窒素となる。その他尿素の如きものでも一應細菌の作用によつて變化するものである。



一體作物は畑作に於ては硝酸態窒素が一番吸収し易いものである。勿論アンモニアとしても吸収されないこともないが前者の方が一般に都合がよい。稲作の如きアンモニア態のよいものもあり、智利硝石の様な直接硝酸態の窒素以外のもので、アンモニア態のものは一應細菌の力で硝酸態にならなければならない。この作用を營むものは硝酸菌と云ひ之を硝化作用と云つてゐる。然し實はこの作用は二段になつて、第一にアンモニアを亞硝酸にし、第二に亞硝酸を硝酸とする。即ち二種の異つた細菌の作用によるものである。

次に尿素であるが、この物は人糞尿から土壌中に入り、又石灰

窒素も變化して尿素となる。尿素は土壌中にあつて尿素分解菌ウレアーゼによつてアンモニアとなる。更に硫黄細菌に就いて見るならば硫黄粉の如きものを土壌中にあつて酸化して硫酸とする。又硫黄を作物に與へる事は300年前から此の記載があり、茄子・馬鈴薯・葱等に特効ある事が知られてゐる。

### 第三節 窒素化合物の微生物による變化

細菌が農業に關係ある事は甚大であつて、吾人は細菌の力を藉るに非ざれば完全に農業を經營することが困難なことは既に説いたが、農業上重要な窒素化合物の變化は、アンモニア化成作用・硝化作用・硝酸還元作用及び遊離窒素固定作用である。

(1)アンモニア化成作用 土壌中の含窒素有機物の分解に働く細菌は、其の種類頗る多く、好氣性のものも嫌氣性のものもある。又酸性反應を呈する林地では絲狀菌の作用が著しい。

總て含窒素有機物の分解するときは最後の生成物としてアンモニアが出来る。之をアンモニア化成作用と云ふ。斯くして化成されたアンモニアの一部は直接植物根によつて吸収され、一部は鹽類となつて土壌中に存し、尙一部は次の硝化作用によつて硝酸となる。これは耕種上極めて重要な作用である。

土壌中に於てアンモニア化成作用を營む主な細菌は、根狀菌(バチルス・ミコイデス)・プロテウス菌(プロテウス・ブルガリス)等の好氣性細菌と、螢光菌(バチルス・ボロゲネス)・バチルス・プトリフィクス等の嫌氣性細菌である。又尿素を分解する細菌は主に好氣性細菌により、アンモニア化成作用の適温は約30°C位で中性

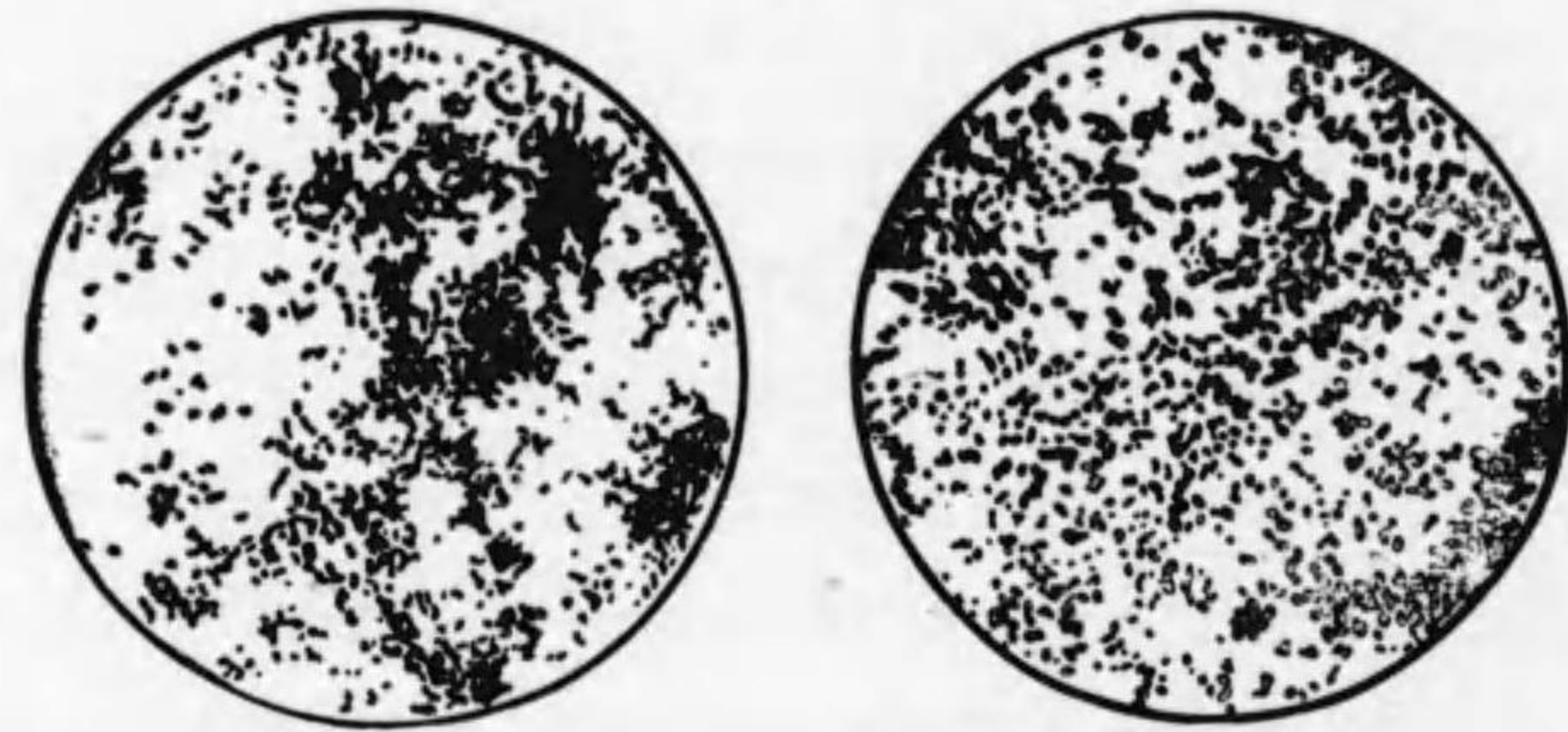
或は微アルカリ性の畑地又は水田に於て盛んに起きる。

(2)硝化作用 硝化作用とは、アンモニア態窒素が硝酸態窒素に變化する作用である。植物はアンモニア態に於ても窒素を攝取するが、それよりも硝酸態に於て窒素をより多く吸収する。従つて耕種上より見ればアンモニア化成作用以上に重要である。そこで硝酸化成に關係する細菌は亞硝酸菌及び硝酸菌であり、これらを合併して硝酸化成菌と名づける。



硝化作用は二種の細菌によつて二段に行はれるが、先づ亞硝酸菌(ニトロソ・バクテリア)はアンモニアを酸化(A)して亞硝酸となし次に硝酸菌(ニトロ・バクテリア)は其の亞硝酸を酸化(B)して

第四十二圖 硝酸菌と亞硝酸菌



硝酸に變ずる。この二種のバクテリアは普通のバクテリアと異なり、有機物を吸収することなく、無機物にて養はるるものであるが、何れも單獨に存在する時には硝化作用は行はれない。

必ずこの兩種のバクテリアが共に存在してこそ始めて硝化作用が完全に行はれる。

この硝化作用を盛んに行なはしめるには、前記二種のバクテリアの繁殖を圖らねばならないが特にアンモニア鹽類を土壌中に存せしめることは必要だが、空氣の流通を計り、温熱や濕氣を適當ならしめることが肝要である。此等の兩バクテリアは暗所で 37°C が適當で、5~6°C に於て硝化作用を中止し、反應は中性又は微アルカリ性がよく、水分の適量は含水量の 50~60% である。

(3)脱窒作用又は硝酸還元作用 以上種々細菌の作用を述べたが細菌の中には折角の窒素の化合物を分解して高等植物の利用することの出来ない亞硝酸態或は遊離窒素を發生する細菌がある。斯くの如き細菌を硝酸還元菌と云ひ其の作用を硝酸還元作用と云ふ。この細菌は種類が甚だ多く、廣く土壌中に存在し、又牛馬の糞中に多く見出される。

此の硝酸還元作用を起さしむる硝酸還元菌の繁殖を防ぐことは必要で、耕耘排水を行ひ空氣の供給を充分ならしむるを可とす。これ硝酸還元菌は嫌氣性にして酸素の供給不良なる所に於て生活作用を阻害されるからである。又有機物を多量に施さず特に新鮮なる厩肥・堆肥・糞等々の施用をさげねばならない。これ有機物は硝酸還元菌の養分を含有するのみならず、これらの中に硝酸還元菌共に棲存するからである。故に有機物を圃場に施すには充分腐熟したものを施すべきである。



### 第四節 遊離窒素固定作用

空気中の遊離窒素を攝取同化を利用して、有機物を作る作用を遊離窒素固定作用と云ひ、之を行ふ土壤細菌を遊離窒素固定細菌と稱へる。此の細菌には獨立して生活を営む單獨遊離窒素固定細菌と、宿主があり共存共營してゐる所謂共棲遊離窒素固定細菌の二種とする。

(1) 單獨遊離窒素固定細菌 之に屬する細菌にアゾトバクター及びクロストリヂウムがある。

アゾトバクター 本菌は1901年始めてバイエリンク氏によつて發見されたもので、氏は之にアゾトバクター・クロコツカムなる名稱を與へた。アゾトバクターは好氣性細菌で、豊富なる

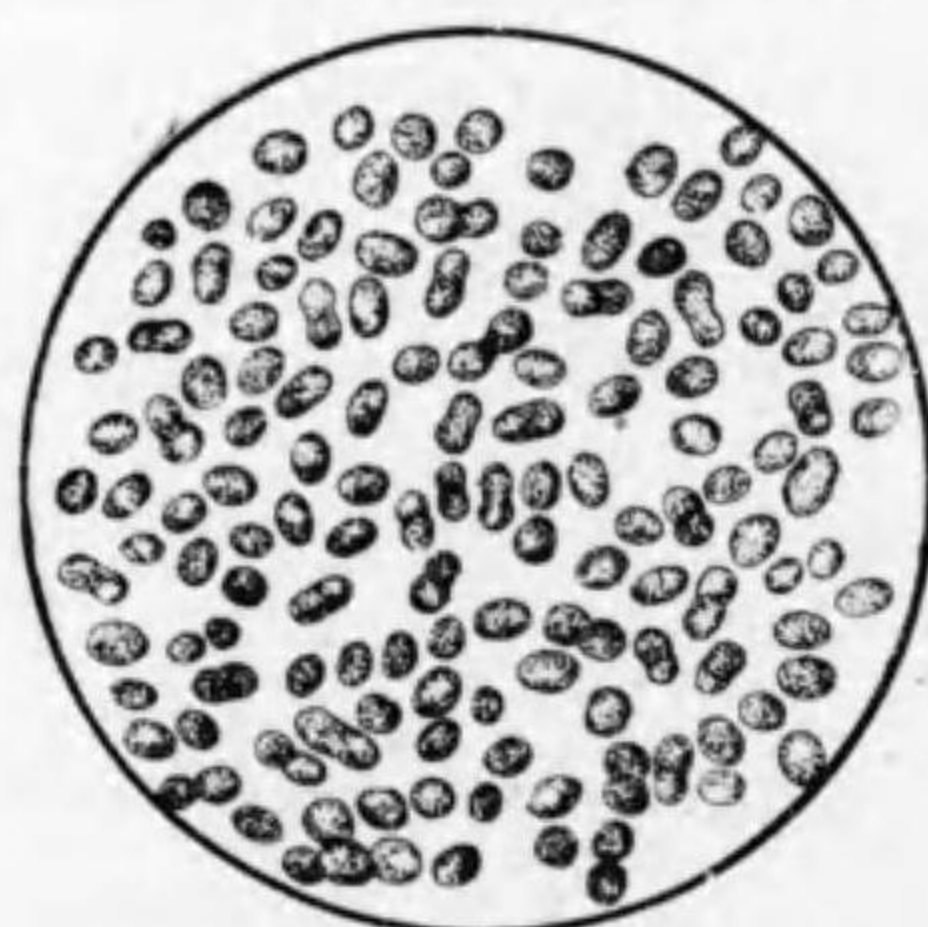
第四十三圖

クロストリヂウム・バストリアナム



第四十四圖

アゾトバクテル・クロコムカム



空氣の供給と、葡萄糖の如き炭水化物を好み、5~15%の水分と空氣の流通宜しき個所に最もよく繁殖する。

窒素化合物の少量なる處又は存せざる處に増殖し、適温は

25~30°Cである。30°C以上となれば作用衰へる。尙酸性を忌み中性を好む、又適度の石灰を施すがよい。

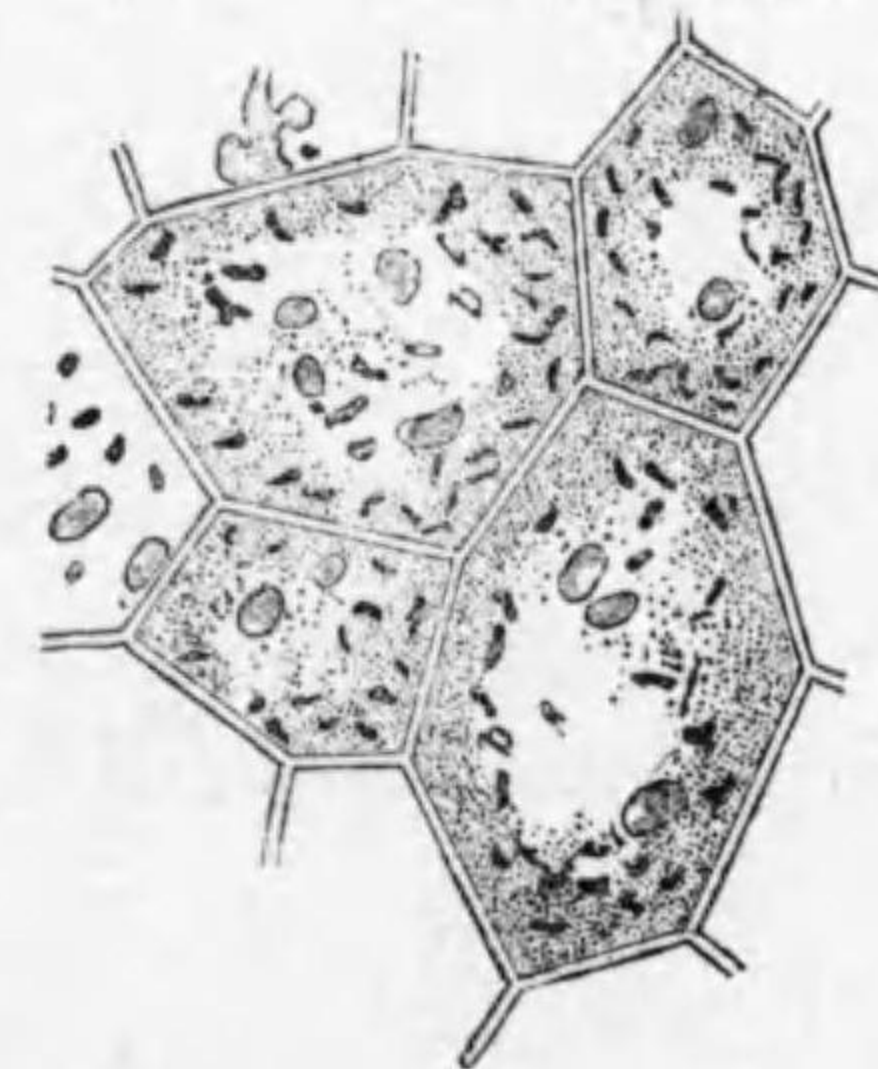
アゾトバクターには其の種類多く、既に發見せられたるもの20數種あり、其の主なるものはアゾトバクター・ヴァイトレウム、アゾトバクター・アギリス、アゾトバクター・バイエリンキー等がある。此等は夫々窒素の固定量が異なる。

クロストリヂウム・バストリアナム 本菌は1893年ウイノグラスキー氏によりて露都の土壤より發見されたもので嫌氣性菌で嫌氣状態に於て葡萄糖や無機鹽の溶液に培養される時、遊離窒素を固定する。

(2) 共棲遊離窒素固定細菌(根瘤菌) 根瘤菌は之に屬し、豆科植物を栽培せしことある土壤中に存在し、豆科植物と共棲して空氣中より遊離窒素を集積す

る。豆科植物の根には無数の根瘤附着し、その中には

第四十六圖 細胞内の根瘤菌



第四十五圖 豆科植物と根瘤菌



状又は字形の細菌が充満してゐる。

緑肥作物の栽培は所謂この根瘤菌の空气中より遊離窒素を固定するため、政府では緑肥作物助成に對し、補助金を出し各府縣で根瘤菌の無料配布をなしてゐる。

根瘤菌は吾々は一と口に根瘤菌と綜合してゐるけれども、之には種々の種類のある事を知らなくてはならない。大豆のみにつく菌、紫雲英のみにつく菌、ルービンのみにつく菌とクローバー類には共通に何れにもつく菌、その他多くの種類がある。

緑肥作物はこの菌の附着するや否やに依つて植物の成育に非常の相違がある。例へばルービンを初めて栽培する土地では土壌中にルービン菌がゐないから、ルービンは根瘤を生ぜず従つて發育不良である。又根瘤菌の活動を盛んにし、根瘤を増大して豆科植物に空中の遊離窒素集積量を大にするには、磷酸及び加里並に石灰肥料を充分に施し、可給態窒素を少なくし、土壌の通氣を良くするため適度の耕耘と排水を行ひ、土壌の反應を中性にすることが必要である。

### 第五節 土壌細菌の實驗と分離法

(1)アンモニア化成作用の實驗 井水を用ひペプトン液を調製して殺菌する。殺菌試験管に此液10 ㄲを採り、豫め各共試土300 ㄲに300 ㄲの殺菌水を加へ、振盪して得た濁濁液の5 ㄲを加へ、25°Cに4日間保温する。後之を濾過して適度に水にて稀釋してネツスラー試薬を加へ、生ずる色の濃さから各土壌のアンモニア化成力を比較する。

(2)硝化作用の試験 先づ次の培養液を調製する。

此の液50 ㄲを3~4個のフラスコに採り各々に0.5 ㄲの鹽基性炭酸苦土を加へ、之に表層30 ㄲ内外の個所から畑地土壌を採り0.1 ㄲづつ加へ30°Cに保温する。3~4日毎に各フラスコから5 ㄲ宛採りネツスラー試薬でアンモニア

薬品名	分量(ㄲ)
硫酸アンモニア	2.0
鹽化曹達	2.0
硫酸第一鐵	0.4
蒸溜水	1000
酸性磷酸加里	1.0
硫酸苦土	0.5
炭酸石灰	5.0

の檢定と沃化亞鉛澱粉による亞硝酸鹽の檢定、硝酸鹽が消失後ダイフェニールアミン硫酸液で硝酸の檢定をする。

(3)アゾトバクター分離法 先づ酸性磷酸加里0.2 ㄲ、マンニツト20 ㄲ、井水1000 ㄲの液を用意し、此の液100 ㄲを三角瓶に採り、土壌約0.2 ㄲを採種し暗所に於て28~30°Cに保温する。2~3日後に小なる細菌及びアゾトバクター・變形蟲等の集つた薄皮が生ずる。他の同一殺菌培養液を入れたフラスコに薄皮の小部分を入れ、保温し後之より1滴を取り、第三の同様なるフラスコに接種する。斯くすること3~4回接種でアゾトバクターの極めて純粹なる培養液が得られる。

次に酸性磷酸加里0.02 ㄲ、マンニツト2 ㄲ、寒天2 ㄲ、蒸溜水100 ㄲを混じて加熱し、ペトリー皿に10~20 ㄲを移し、冷却凝固せしめる。之より先殺菌試験管に蒸溜水を入れ、殺菌せるものに、前記のアゾトバクターの最終の培養液の1滴を入れて稀釋したるもの一部分を寒天面に流し込み、皿を倒にし28°Cに保温する。然るときはアゾトバクターの集落が得られる。

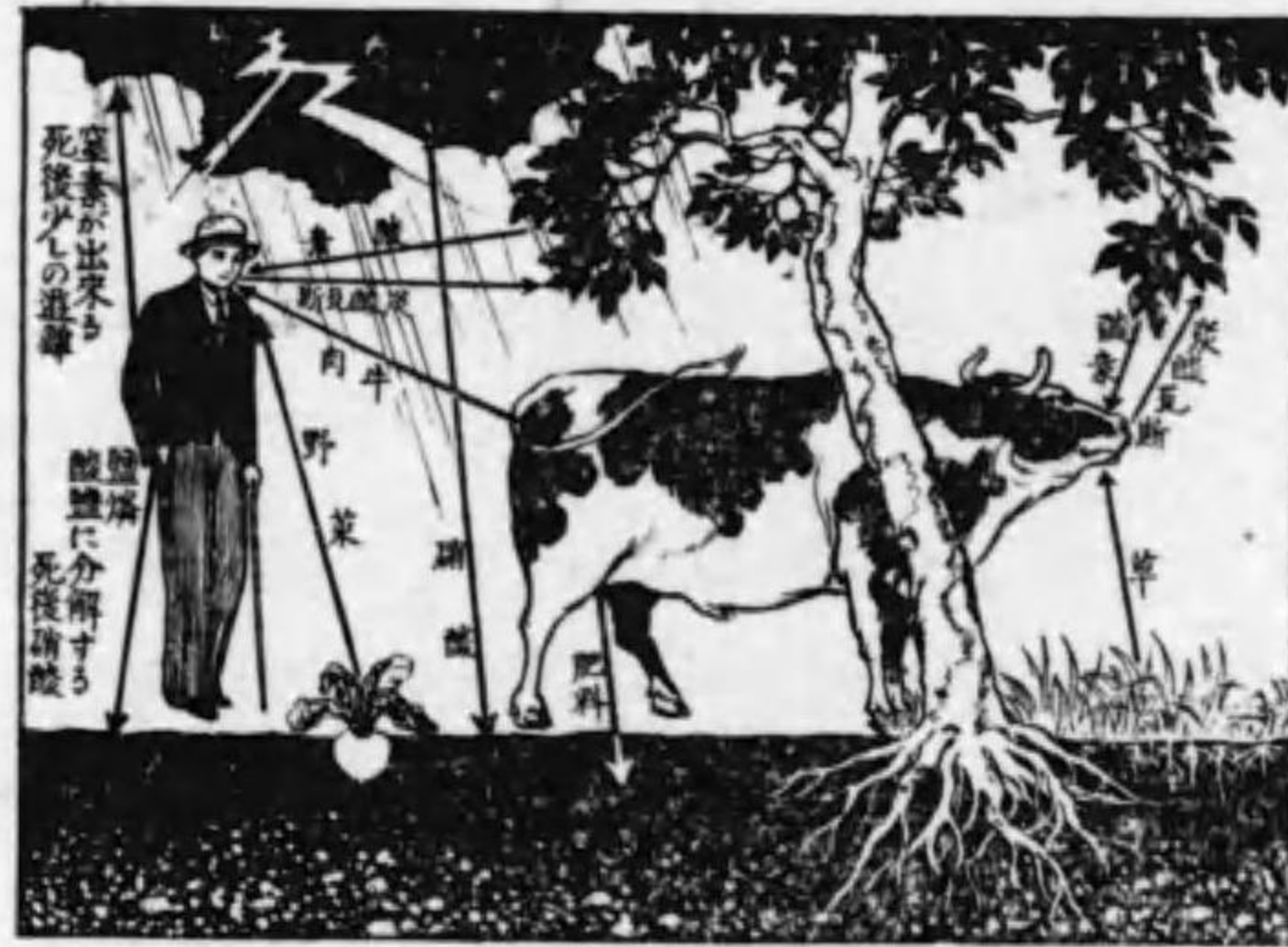
### 第十四章 土壤の生産力

#### 第一節 土壤中の窒素

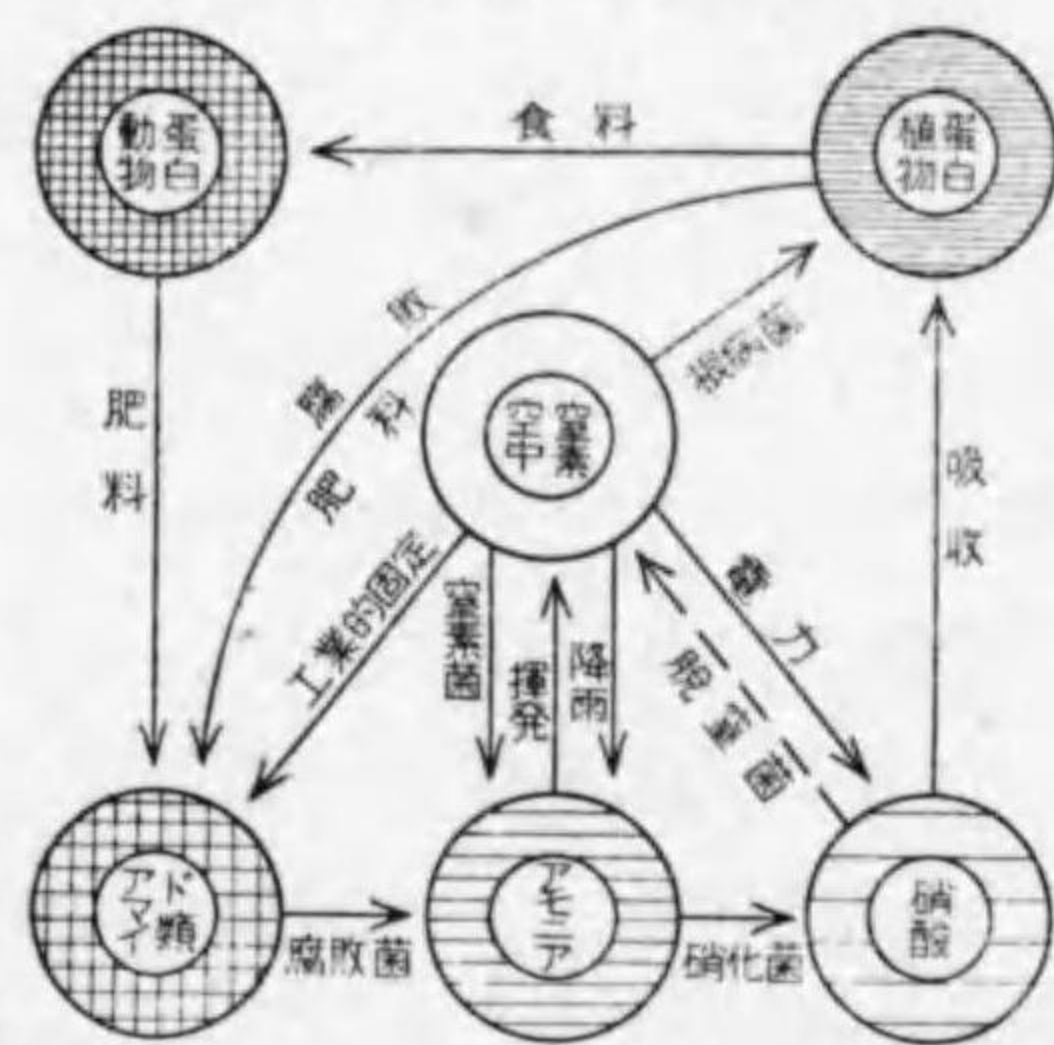
植物の重要成分は蛋白質であつて、蛋白質の主要成分は窒素から成り、植物成育の上に大なる役目をして居ることは言を俟たない。植物は土

壤に窒素が缺乏すると、莖葉は黄色を帯び成長作用が阻害され遂に枯死するに至る。然し過剰に與ふれば莖葉特に繁茂し組織柔軟になつて羅病し

第四十七圖 物質の循環



第四十八圖 窒素の循環



易く、病蟲害を受け又倒伏し易く成熟が遅れる。

空氣中の窒素は根瘤菌・アゾバクターの如き細菌以外の高等植物には利用されない。植物は窒素をアンモニア態或は硝酸態として吸収するが、土壤中窒素の含量は有機物多ければ1%以上

を含み、泥炭土の如きは4~5%を含むものもある。通常耕土は0.1~0.3%、砂土は0.05%を含むが、本邦土壤耕土平均では0.069%、多きは0.75%平均0.4%である。

土壤中の窒素化合物は主に植物體中の蛋白質、其の他窒素化合物に由来するものであるが、雷雨又は窒素固定菌によつても少量加へられる。尙物質の循環及び窒素の循環を圖示すれば次の如くである。

#### 第二節 土壤の養分吸収力

土壤は溶液中の物質を吸収保持する作用があることは既に述べた。之は土壤の諸作用中重要なもので、土壤に吸収力が無ければ肥料成分は雨水・灌漑水に依つて忽ち流失せられる。土壤溶液中の物質は先づ土壤膠質の表面に吸着せられる。

窒素化合物中アンモニアは多く土壤に吸収されるが硝酸は吸収されない。硝酸鹽類はすべて水溶性なる故多少吸着されるが、多量の水により流失される。磷酸は土壤に吸収され易い、之は土壤中遊離の膠質水酸化鐵・水酸化礬土並びに石灰と化合し漸次溶解度の低いものとなつてしまふ。又加里は土壤によく吸収せられる、之は主として土壤成分中の鹽基と置換作用を

窒素の吸収率	備考	磷酸の吸収率	備考
500 以上	甚 強	1000 以上	強
400~500	強	500~1000	中
200~400	中	500 以下	弱
200 以下	弱		

起す爲めである。

此等の吸収力を吸収係数によつて示されるが、今窒素吸収率と磷酸吸収率の標準を示すと前表の様である。

### 第三節 土壌の炭素率

土壌有機物の分解は所含炭素と窒素との比率適當なる時に速に行はれる。窒素の含量を1とした時炭素の之に對する割合を炭素率と稱へる。今多數の土壌から炭素率を見ると8對1~12對1の間にあり、平均10對1である。然してこの比率は心土に於て狭い。

この比は土壌の種類によつて異なるものであるが、この窒素及び炭素兩者間の比を土壌中に於て一定の關係を保たしめんには、土壌微生物の活力が重要な役割をなすものである。又土壌微生物がエネルギーの有効源として、有機物を分解するため原料の炭素を10~40%同化して自己の栄養とする。而して微生物體の蛋白質は窒素約5~10%、炭素約45%を含有する。そこで土壌中の微生物は炭素率が10對1の場合に活動が盛んであることが研究され、促成堆肥は此の原理により考案されたものである。例へば人工堆肥を製造する場合其の腐熟に甚しく遅速のあるのは、その物の化學的・組織的・脆否・吸水の難易等にも基因するが、主なる原因は炭素率の廣狭によるもので、炭素率が小さいもの程腐敗分解は容易に行はれるものであり、今數種の肥料に就いてその炭素率を掲げて見ると、

故に高率の炭素率を有するものには、窒素給源として可溶性

肥料名	全炭素	全窒素	炭素率
大豆粕	50.05	9.25	5.4
棉實粕	48.16	7.35	6.6
クロバー(生)	45.30	3.99	11.4
堆肥	22.41	1.77	12.7
紫雲英(乾)	46.37	2.68	17.3
麥稈	46.49	0.53	87.7
稻藁	42.28	0.63	67.1

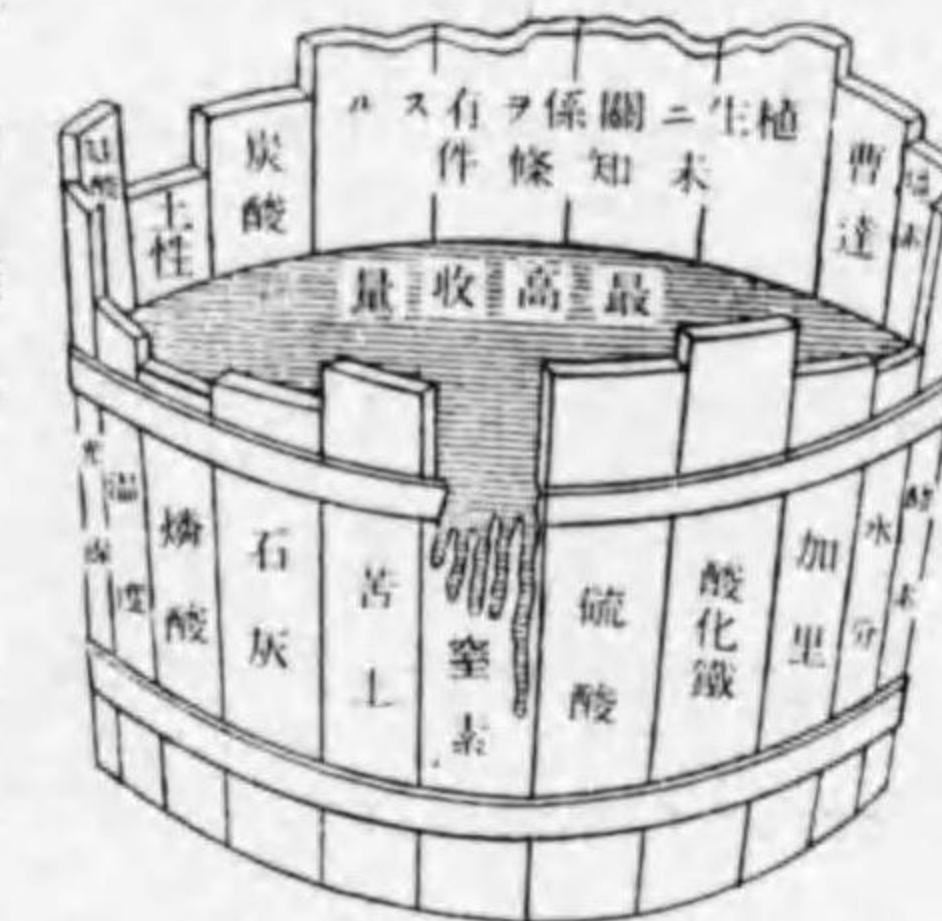
の窒素化合物を添加すれば、容易に腐敗分解するものである。

### 第四節 土壌中の有効成分と検定法

生産力はリービツヒ氏の最少養分率を用ひることは便宜上、良い植生に關係ある凡ての條件中最も小なるものに支配せらるべきことは知つてゐる。生産力を直接決定することは頗る困難にして諸要素相應の關係ありて極めて複雑である。

土壌中には植物の利用し得べき形態の成分と利用し難い成分とがある。前者を可給態成分又は有効成分と云ひ、後者を不可給態成分と稱へ、可給態成分の定量法には種々提案されてゐるが、普通には稀薄酸で土壌を浸出し、可溶性となつた養分を求むる法と供試土壌に作物の種子を播種し、或は幼植物を移植して其の成育結果より知る法である。

第四十九圖 最少養分率樽



(1) 1% クエン酸浸出法(ダイヤー氏法) ダイヤー氏が多年種々の植物根の汁液の酸度を測定して定めたものである。

定量法: 200 瓦の土壌に 2 立の酸溶を加へ 7 日間 15°C に放置、その間に時々振盪して濾過、濾液から磷酸と加里を定量するのである。氏は磷酸が 0.1% 以下、加里が 0.005% 以下を施肥の要ありとしてゐる。

(2) 5 分の 1 規定鹽酸浸出法 我が國では本法を採用してゐる。その方法は細土 50 瓦を内容 1 立のフラスコに採り 5 分の 1 規定鹽酸液 500 珎を加へ 40°C に温めながら 30 分毎に振盪し 5 時間續けたる後、濾液一定量を採り、磷酸と加里とを定量するのである。

(3) 蓚酸可溶性窒素の定量法 5 瓦の供試土壌を室温の下に於て水を以て洗滌し濾液 250 珎を得るに至つて之を止め、濾紙上の殘渣は濾紙と共に之を内容約 300 珎のフラスコに移し 0.01 規定の蓚酸溶液 100 珎を加へ、逆流冷却器を附して靜かに煮沸し酸化分解を營ましむこと 15 分間にて之を中止し、直ちに 50 珎の水を加へ傾斜濾過を行ひ、濾液 250 珎に達する迄水にて洗滌し、後濾紙の殘渣は之をケルダールフラスコに移し、カンニング氏法によりてその中の窒素を定量し、先に定量したる全窒素の量よりその量を差引きて蓚酸可溶性の窒素量とする。

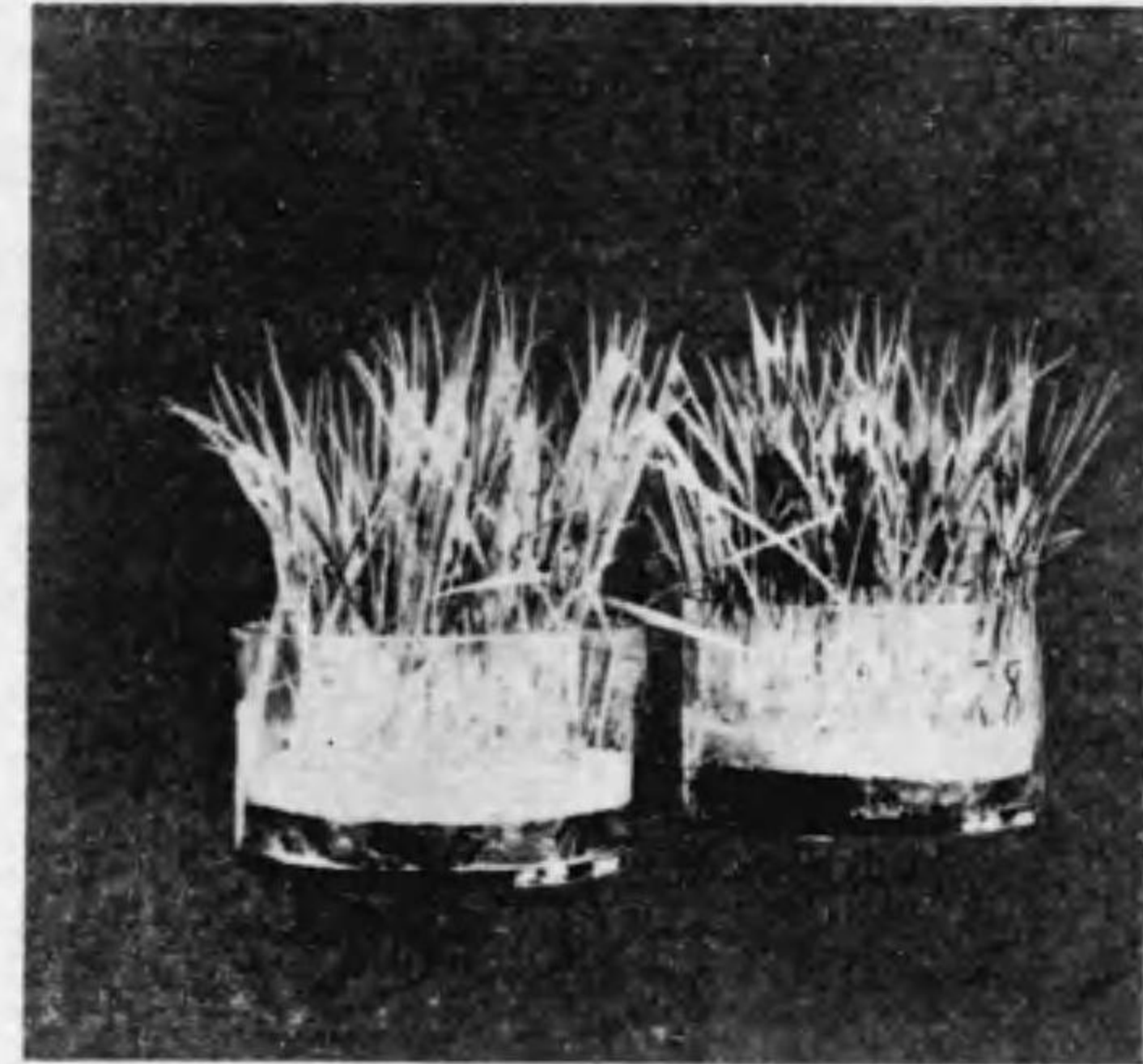
(4) ノイバエル(Neubauer)幼植物法 細土 100 瓦と石英砂 50 瓦とを一定の大きさの硝子皿にて混じ、薄く擴げ、其の上に石英砂 250 瓦を加へて秤量し、精選したるライ麦 100 粒を播下し、水を加へ 18 日間成育せしめて其の間に攝取した磷酸・加里を檢するのである。

ある。又一方には石英砂のみに播種した區を設ける。磷酸は 8 珎以下、加里は 24 珎以下なれば施肥の要ありとしてゐる。

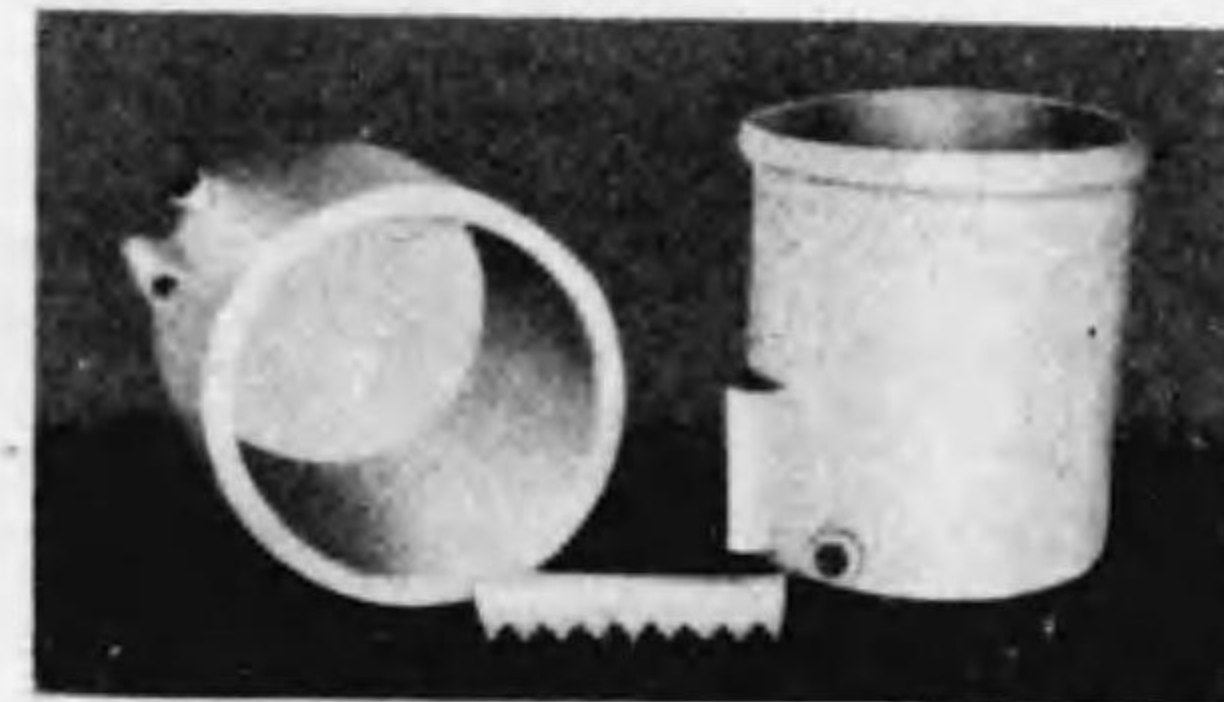
5) 栽培試験法

供試土をワグネル氏植木鉢・無底圓筒又は木框或は圃場

第五十圖 幼植物法全圖



第五十一圖 ワグネル氏植木鉢 (一個の面積を一反歩の二萬分の一とする)



にて地力試験によつて、有効養分を測定するのであつて、本法は最も確實である。次の如し。

以上の各區に作物を栽培し、其の收穫物を分析し、無窒素區の窒素・無磷酸區の磷酸・無加里區

番 號	區 名	窒 素	磷 酸	加 里
1	完 全 區	+	+	+
2	無 窒 素 區	○	+	+
3	無 磷 酸 區	+	○	+
4	無 加 里 區	+	+	○

5	無肥料區	○	○	○
6	窒素單用區	+	○	○
7	磷酸單用區	○	+	○
8	加里單用區	○	○	+

の加里の量を求める。これ一作に於ける可結態養分量であり、我が國にて地力試験の結果最も缺乏して居るのは窒素である。

尙参考のため本邦耕土の窒素・磷酸・加里及び水素イオン濃度を縣別に掲げると次の様である。

府 縣 名	窒素 (%)	磷酸 (%)	加里 (%)	PH
青 森	0.235	0.023	0.045	—
秋 田	0.511	0.010	0.031	5.92
栃 木	0.505	0.038	0.040	6.17
群 馬	—	0.028	0.018	5.99
埼 玉	0.342	0.021	0.037	—
千 葉	0.950	0.017	0.047	6.60
神 奈 川	—	0.020	0.045	6.38
石 川	0.289	0.022	0.026	6.24
長 野	0.341	0.044	0.028	—
滋 賀	0.247	0.036	0.028	—
奈 良	0.310	0.040	0.011	6.21
鳥 取	0.286	0.029	0.025	6.19
島 根	0.184	0.024	0.073	6.09
岡 山	0.540	0.010	0.050	6.02
廣 島	0.299	0.025	0.020	6.23
山 口	0.301	0.035	0.032	6.08
高 知	0.258	0.027	0.020	6.23
佐 賀	0.328	0.024	0.019	6.49
熊 本	0.313	0.018	0.058	—
平 均	0.359	0.041	0.035	6.20

### 第五節 土壌中の石灰と苦土との比例(石灰率)

石灰及び苦土は植物に必要缺くべからざるもので、石灰と共に苦土を與へないと甚しく有害作用を呈することが知られ、土壌中若しこの兩者の比例適當ならざれば作物の生育不十分になる。即ち土壌中の石灰に對する苦土の割合を石灰率と云ひ、土壌中に含有せられる石灰及び苦土の量が一定の比率を保たれた土壌に於て作物の成育が可良なることが研究された。併し作物の種類によつてその比率が異なるもので、二・三の石灰率を見ると多くの禾本科植物は石灰率は略々1にして、甘藷・玉蜀黍・亞麻及び葱類は2、荳科植物は3、煙草は4で、本邦土壌は石灰分に乏しく、平均0.64%で、苦土の平均は0.82%を示し石灰率は1對0.78に過ぎずして、苦土含量の石灰に比し著しく超過せる土壌は石灰を施用して其の石灰率を矯正するの必要あり。又之に反し石灰含量の著しく苦土に比し多量なる土壌に於ては苦土鹽を施用して其の石灰率を適當ならしむるを要す。参考のため麻生慶次郎博士の水稻に對する石灰率と收量との關係を照會すれば次の如し。

區 名	CaO:MgO	種 實	摘 稈	總 量
一 區	5:1	20.5	53.5	76.9
二 區	4:1	30.5	59.5	91.5
三 區	3:1	44.0	65.5	111.5
四 區	2:1	58.5	96.0	158.0
五 區	1:1	98.5	125.0	230.0
六 區	1:2	84.0	95.5	182.5
七 區	1:3	79.0	106.0	189.0

即ち上表によりて石灰と苦土との割合1に均しきとき最も收量の多きを見る。又他の作物に於ても其の比例大抵1~2の間にあるを最可とす。

## 第十五章 土壌の改良法

天然のままの土壌は空氣・濕氣・溫熱等に對する關係のよいものが甚だ少ない。砂土の様に空氣の流通は宜しきも水分及び養分の吸收力弱きもの、これと正反對に粘土の如くそれらを吸收して之を保つことは強いが、空氣の流通不良のものもある。壤土は空氣の流通・水分の保持・溫熱の吸收力等は比較的良好であるが、下層の性質のよくない場合には作物の成育に不適當である。無論作物の種類によつて或は砂土の如き土性に適するもの、或は粘土の如き土性に適するものもある。然し大體に於て一般農作物の成育に適する天然のままの土壌と云ふものは殆んどないと云つてもよい。例へかかる土壌があつたとしても、2年も亦數年間農作物も栽培して行くと、そのうちには次第次第に作物の成育に不適當となつてくる。甚しき場合には收穫物皆無となることさへある。これを防ぐには輪作することも或程度迄は有効であるが、然しこれだけでは不充分であり、土地によつてはこの輪作さへも出来ない場合がある。茲に所謂土性改良(土壌の性質を改良することを土壌改良とも云ふ)が必要になつてくる。

初めて耕地をつくる場合は無論のこと、或は既に耕地となつ

てある場合でもこの土性改良は必要である。土性改良は前述の如く主として空氣の流通、水分及び養分の吸收保持力、溫熱の吸收力を適當ならしめる目的で行ふのであるが、之と同時に次の如き有効なる副作用を作ふことを見逃してはならない。

この土性改良法には種々あるが、その主なるものは鹽害・鹽毒・酸性土壌・耕転・容土・燒土・排水・灌溉・休閑等である。

### 第一節 鹽害地の改良

食鹽を土壌に加ふるときは不溶解成分を溶解性となし、爲に植物の吸收し能はざりし養分を可給態に變じ得べきも、土壌中に必要なる諸成分を流亡し大に損失を起すものである。又土壌中に存する磷酸鹽類は食鹽液の爲に溶解せらるることは既に研究された所である。炭酸石灰・炭酸苦土の如きは純粹の水には難溶なれども、鹽化石灰・鹽化苦土の如き化合物の生成せらるるにより、又長石の如きものも食鹽に作用せらるるときは其の中の成分は鹽化物となりて溶解する。食鹽は又諸種細菌の成育を妨ぐる作用あるが故に有機物の分解作用を妨ぐる作用あることが考へられる。尙鹽化物の植生に對する利害の度は其の分量の如何によるもので、若し土壌中多量の食鹽あるとき植物は普物の發育をなすことが出来ない。故に沿海地又は海水の害を被りたる地方の土壌にありては多量に現存する鹽化曹達を除き土性を改良すべきである。

1. 沿海地並に海水被害地等にありては適宜に溝渠を穿ちて先づ悪水を排除すること。

2. 灌漑し得べき場所に於ては直ちに河川の水を引き灌漑し、残留する多くの鹽類を除くこと。

3. 灌漑したる後は多量の石灰を施し、悪變せる理學的性質を改良し、又多少流亡せる石灰分を補ひ、1反歩に施す石灰の量は土壌の種類により又被害の程度により一様ならざるも、約100~200貫位とす。

4. 土壌中の栄養分は大に流亡せられたるを以て諸種の肥料を施し、礦物肥料を以て直接に肥料成分缺乏を補ひ、同時に多量の有機質肥料を施し、土壌の理化學的性質を改良すべきである。

5. 冬季深耕を行ひ、土壌を寒天に曝露し、其の理化學的性質を改良することも亦必要である。

### 第二節 鑛毒地の改良

多くの重金屬鹽類は植物生活に有害作用を呈するものである。例へば硫性亞鉛は硫酸銅よりも一層毒性を呈する。植物の種類によつてもその抵抗力に差異があり、凡て鑛毒地の土壌を改良するには多量の石灰を施して酸性鹽を中和し、溶解性銅化合物を不溶性となし、又悪變せる理學的性質を改良すべし。

1反歩の用量は被害の程度により一様ならざるも大抵100貫内外を以て適當とし、尙客土法又は深耕を行ひて有害物の割合を稀薄ならしめ、下層土は植物栄養分少なきが故に同時に多量の肥料を用ふることを要す。

鉛毒の場合には硫酸アンモニア・過磷酸石灰の如き酸性肥料を施し、鉛を不溶解性硫酸鹽となすを要し、亞鉛毒の場合には有

機質肥料又は石灰を施して之を不溶解性化合物となし、其の害を除くことを得。

### 第三節 酸性土壌の改良

スギナ・スカンボウ・ドクダミ等の繁茂してゐる低濕地の多くは酸性土壌である。酸性土壌を改良するには石灰を施して酸を中和することが最も必要である。(第十二章参照)

石灰は何時施用してもよいが最もよい時期は冬季の際である。先づ耕耘に先き立つて1反歩當20貫位を一面に撒布し、それから土壌中に一氣に鋤き込む様に心懸け、中和と同時に腐熟したる堆肥・厩肥を加用し、特に草木灰・智利硝石・石灰窒素・骨粉・油粕等の如き鹽基性肥料を多く施し、更に磷酸の施用は有効なる場合多きものである。尙燒土法・排水設備・客土法を行ふことが望ましい。

### 第四節 耕耘に就いて

鉄・翠の類にて土壌を打ち起して土塊を碎き、その組織を軟けるのが耕耘である。土壌を耕すは時と場合とにより色々の目的はあるが、土壌が膨軟になれば根の張り方もよく、養分も殖へ作物の成育がよくなるのみならず、土壌の性質改良せられて植物の成育に適する様になる。尙耕耘には次の様な効果がある。

(1) 耕耘の効用 土壌中に空氣の流通をよくし、同時に土壌溫度を増さしめる。土壌中の養分及び肥料の分解を促がし、これと同時に不可給態養分を可給態養分とする作用を伴ふ。尙土



壤の吸収力を増して降雨又は灌漑の際に養分の流失を防ぎ、晴天が打續いて地面が乾きすぎる際は地下より毛細管引力によつて水を吸ひ上げるから旱害を防ぐ。

(2) 耕耘の時期 耕耘は土質や栽培する作物の種類・季節等によつてその行ふ時期を選ばなければならない。先づ土質に就いて云へば砂質の土壤に於ては割合に含水量も少なく、又保水力も少ないから何時耕してもよい。粘土質に於てはなる可く乾燥し易き日を見計つて時さなければ土壤を粉砕することが出来ず、耕耘の目的が十分に達せられない。

又休栽中の耕地は冬季耕耘するの外、夏季に耕耘することがある。これ気温の上昇によつて同化作用を助け、病菌害虫を驅除するの効が少なくないからである。

(3) 耕耘の回数と深さ 耕耘の回数は土質や氣候や栽培する作物の種類等によつて適宜増減する。一般に砂質の土壤にては粘質の土壤よりも回数を減じてよく、寒地にては暖地よりも回数を多くし、普通耕耘は毎年一作物に對して3、4回行ふを可とする。

耕耘の深さは深く耕すほど養分供給の部分も擴大し、又土性を改良することともなるから耕土の深いほど作物の成育はよい。然し栽培上から云へば耕土の深いことが必ずしも收穫に好成績を來すとは考へられない。作物の種類によつて耕土が深いために却つて收穫の少ないことが屢ある。概して粘土・壤土の如き土壤は深耕し、砂土及び礫土の如き土壤は浅耕するがよい。

### 第五節 客土に就いて

客土とは其の性質に缺點ある土壤に、之と反對の性質ある土壤を入れて、その悪い性質を改良する方法を云ふ。土壤の悪性質は幾分肥料を以て改良することを得べしと雖も、極端の砂土や埴土は肥料のみにては改良困難なるが故に客土法に依らなければならない。

砂土の改良法としては粘土とか壤土の如きものを搬入するのが最もよい方法であるが、粘土や壤土を運搬することは容易でない。一時に土性を改良せんでもよい場合は、なる可く堆肥・厩肥・綠肥の如き有機質を稍、多量に施し、同時に石灰を撒布するがよい。

粘土の改良としては砂・腐植質の如きものを搬入するのが最もよい。之に用ふる砂はどんなものでも良いが、鹽分を含んだもの、悪水の流れる工場附近の砂、その他有害物を含んだ砂等は避くべきである。

客土を行ふ上の注意として、先づ表土と心土の性質を調査し、表土が砂質でも心土が粘質ならば客土する必要はなく、只心土と表土を耕耘によつて反轉混和すればよい。又勞力の分配費用その他經濟上のことを十分考へてかかる必要がある。

客土用の搬入土は努めて客土しようとする土壤の近傍より採取すべきで、客土は一定の區劃を定め、片ツ端から順序よく行ふべきである。

### 第六節 焼土に就いて

表土を焼いてその性質を改良することである。主に土質の粘重な原野・牧場・林地等を開墾しようとする場合に行ふ。

粘重なる土壌は焼土することによつて粘重を減じて膨軟となし腐植質上に之を行へば腐植質の量を減ずる缺點は免れないが、不可給態養分を可給態養分に變化する。今筆者が二種の土壌に就いて原土と焼土に就いて分析したるに次の如き結果を得た。

又濕地に含有されてゐる有害物、例へば遊離酸類・亞酸化物の如きものは之がために無害となる。その他雜草の種

成分	原土A	Aの焼土	原土B	Bの焼土
硅酸	6.29	4.05	4.69	5.13
礬土	8.63	8.95	9.62	9.92
酸化鐵	3.68	4.19	3.23	4.51
滿脩	0.11	0.15	0.03	0.04
石灰	0.08	0.34	0.13	0.27
苦土	0.19	0.21	0.15	0.17
加里	0.16	0.14	0.21	0.22
磷酸	0.08	0.16	0.18	0.31
硫酸	0.03	0.02	0.04	0.06

子及びその根、又は植物病原菌の孢子・害蟲及びその卵等を殺滅する。

(1) 焼土する方法 先づ焼土法を行ふに當つて考ふべきことは之を行ふ時期である。普通は植物の休眠期と云はれる晩秋から早春にかけて最も多く行ふを可とし、之に反して植物の成育し殊に盛夏季に行ふ時は燃焼は容易であるけれども、冬季行ふほどの利益はない。

焼土法には種々あるが、普通之を行ふには表土のよく乾燥し

た時を見計つて表土を2、3寸の深さに削り、取つたものを所々に集めてこの中に藁・粟殼・麥稈・枯草・薪等の如き燃料を入れ山形に堆積する。そして後點火するのであるが、焰の發する部分には土を覆ひ、燃焼の不十分と思はれる部分には燃料を適宜混ぜるなど漸次之を繰返して行ひ、十分に火氣の行き渡つたと思ふ頃上から鋏の類にて壓しつけて火力の平均に及ぶやうに勉めるのである。

(2) 焼土法を行ふ上の注意 焼土法を行ふ上に於て最も大切なのは火力である。如何なる場合でも火力は餘り強きに過ぎてはならぬ。火力が強過ぎると折角植物に吸収され易い形、即ち可給態となつた成分が、再び植物によつて吸収され難い不可給態に逆變するからである。例へば磷酸鹽類が強熱に逢つて磷酸鐵・磷酸礬土等に變ずる。

次に焼土法を行ふに當つて注意すべきことは、削り土を堆積する大ききで普通1反歩の面上には堆積10個内外を標準とし、又削り土を堆積する場合になる可くその堆積の内部には燃料をもつて空隙をつくり、燃焼し易い様にする。之と反對にその外部には粉碎した削り土を覆うて緊密ならしめ、火力の放散を防ぎ等しくこの中に行き渡る様に注意することが必要である。

### 第七節 排水に就いて

排水は田にも畑にも必要にして、排水悪しき時は地冷えて酸性となり作物の出來悪く、且つ種々様々の病を生じ、又肥料の効果充分でない。排水は主として土壌中にある過剰の水分を排

除する目的で行ふのであるが、その効果の主なるものは、土地を温暖ならしめ、氣水の流通を自由ならしめ、又有害物を無害とし、不可給態の養分が可給態養分となり、作物の成育を良好ならしめる。

排水の方法として明渠と暗渠とあり、明渠は普通行はれる方法にして、暗渠排水とは粗朶・石礫・丸太・土管の類を用ひ、之を地下3、4尺の所に埋め、此處に浸出し、出来る水を集めて排出する方法である。

(1) **地下排水と地上排水** 地下水位が地面下4尺以内であれば、既に多くの作物はその成育を妨げられる。故に完全に排水の効果を擧げるには、地下水位を凡そ地面下4尺以下にせしめなくてはならぬ。然しこれは高臺の様な所だけでなし得ることであつて、我が國の如き降雨の多い所では、機械力を使用する、たとひ機械力を使つて地下水位を4尺以下に下げ得たとしても、收支相償ふか否かは疑問である。

地下停滯水の排除、即ち地下排水は、裏作して、麥類・豆類等の作物を栽培する所謂二毛作の如き、比較的暖地の水田或は畑地土行なはれてゐる。

(2) **暗渠排水法** 庭園・畑・水田・桑園等の濕地には、簡易な暗渠排水法で行ふには、先づ水を抜くべき排水口を決定し、普通排出口は溝とか小川又は池とか、下水とか特に設けた排水路の如きものに接して作ることが必要である。それは折角暗渠を作つても、悪水の行き場がないからその効果は擧がらない。

斯くして排出口の位置が定つたならば、そこを基點として排

水しようと思ふ土地の中央に向つて一直線に繩を張り、この繩に従つて幅7寸～1尺5寸位、深さ2尺～4尺位の溝を掘る。この溝底は凹凸なき様にし、排出口から10尺上る毎に4～5分の割合で溝底に勾配をもせるを可とす。

愈々溝が出来上つたならば、その下底に角の多い小石・山石の碎いた礫・砂利・瓦片又は煉瓦片・粗朶・丸太の様な二、三種の材料を取り組んで使用する。

### 第八節 灌溉に就いて

灌溉とは作物の成育時に水を供給し、土壌の生産力を増進せしむる方法である。即ち植物の成育に水の必要なことは申すに及ばず、米を作るには著しく多量の水を要し、植物はこの必要な水を土中の根から吸収するのであるが、土壌中の水の大部分は雨水である。

雨は昔から五風十雨と云つて大體に於て十日目に一度位降るのが常とされてゐるが、雨の降る回数及び量は時により處によつて異なり、作物の栽培上人為的に不足の水を灌溉によつて或期間補はねば完全に成育することが出来ない。

(1) **灌溉の効果** 土壌に直接水分を補充し、土壌養分を溶解して作物の吸収に便にする。又土壌を温暖並に膨軟ならしめ、細菌の活動・分解の促進或は有害物質を洗ひ去り、時には土中の有害生物及び害虫を驅除する。

(2) **灌溉用の水** 灌溉に供する水は、温暖にして多量の養分を含み、有害物質を含まぬ、反應中性なるものを可とする。普通

河水・井水・溜池の水を用ひるが、泉水の如き冷水は使用に際し水温を高めて用ふるがよい。

(3) 灌漑に要する水量 灌漑に要する水量は種々の事情によつて異なるから一概には云へない。例へば土壌の心土が砂礫なれば、用水量を増してもよいが、心土が粘重であれば用水量を減じなければならぬ。又水分及び養分を與へる目的で灌漑する場合には、單に水温を與ふるための灌漑よりも用水量を増す必要がある。その他灌漑に要する水量は、土壌の性状・地勢・地下水位の高さ・降水の多少・蒸發の多少・灌漑の目的及び方法並にその時期・作物の種類等によつて異なるものである。

### 第九節 休閑に就いて

耕地は或年月の間作物を栽培し行くと収量が減つたり、品質の低下したりするのが常である。之には栽培技術・施肥法・作物の種類・輪作によつて之を防ぐことが出来る。耕地の休閑も土壌を改良する上に良い方法である。

休閑は一考へて見ると或期間を休裁し、而もこの間に耕耘するのであるから、極めて不經濟の様に思はれるが實際米麦作・野菜等を主とする我が國の如き集約栽培の必要なところでは殆んどこの必要は認められない。然し比較的耕地の廣い歐米や北海道、又は内地の牧畜業の盛んな地方で休閑すれば次の如き利益がある。

耕耘や風化作用によつて土壌の組織を改良すると同時に、土壌中の不溶性養分を可溶性養分に變ぜしめる。又全然耕耘し

なかつた處を耕耘して粉碎した場合は紫雲英・苜蓿・クローバー・セラゼラ・ルービン・青刈大豆等の綠肥作物、又は蕎麥の如き開墾作物或は牧草等を栽培し、その後莖葉を土壌中に鋤き込むか、又は家畜の餌料としてその厩肥を土中に鋤き込む様にすれば利益は非常に大きい。

## 第十六章 土壌と作物及び肥料

### 第一節 土質と作物

土質と作物とは常に密接なる關係を有するもので、作物の種類によつて夫々の適する土質を異にしてゐる。大麥が砂質壤土に適し、小麥が稍粘質の壤土に適するのはその一例である。今重要な作物の種類に就き其の適する土性を述べれば、

(1) 砂質壤土に適するもの 大麥・蕎麥・人參・牛蒡・馬鈴薯・結球白菜・桃・葡萄・無花果・柿・桑・茶・棉・ダーリヤ・カンナ・ヒヤシンス等。

(2) 壤土に適するもの 壤土に適する作物は非常に澤山ある。殆んどこの土性に適しない作物はない、その主なるものは、粟・黍・大根・蕪菁・亞麻・枇杷・菊等。

(3) 粘質壤土に適するもの 稻・小麥・菜種・チューリップ・苧等。

(4) 石灰質壤土に適するもの 大豆・小豆・豌豆・各種の豆科植物等。

(5) 礫質壤土に適するもの 大麻・三椏・煙草・杏・李等。

(6) 腐植質土に適するもの 蠶豆・里芋・フキ・バラ等。

(7) 粘土質に適するもの 甘藷・慈姑・蓮根・睡蓮等。

## 第二節 土壤と肥料

土壤中には非常に澤山の成分が含まれてゐる。この事は土壤の無機成分及び有機成分の項で述べた通りであるが、その成分の中で窒素・磷酸・加里・石灰・苦土・鐵・硫黄は何れも作物の成育上必要缺くべからざるものである。就中窒素・磷酸・加里の三成分は土壤中に含まれてゐる量が割合に少なく作物の之を要求する量は他の必要成分に比べると非常に多い。従つて常に土壤中には此等の三成分を缺乏し易いのでこの三成分を肥料として施し、その不足を補ふて作物の成育を圖る所以である。

(1) **土質と肥料の種類** 肥料を施すには作物の種類を考へることが必要である。この事項に就いては筆者(肥料の原理と其の解説、西ヶ原刊行會發行)に詳述して置いたから参考を願ひたい。

一般に腐植質の様な有機物に富む土壤には比較的多くの窒素を含むから、斯かる土壤には窒素質肥料を多量に施用する必要はないが、磷酸及び加里質肥料を稍、多く施用するがよい。

(2) **砂土と肥料** 砂土は一般にその性質上肥料の分解が速やかである。然し吸収力が弱いから一時に多量を施すことは禁物である。砂土に速効性の肥料を用ふる場合は數回に分施する様に、若し1回に多量施用する時は流亡したり、効き過ぎて却つて不利益である。故に厩肥・堆肥・米糠の如き遅効性の肥料を施用する方が安全である。

次に砂土に施すべき肥料の種類は普通厩肥・堆肥・落葉・棘粕そ

の他新鮮なる油粕・醬油粕・酒粕の類で液肥を施すことは不利益である。

(3) **粘土と肥料** 粘土は砂土に比して肥料の分解が遅い。その上一旦分解したものはこれを長く吸収保持して徐々に作物に供給する性質がある。従つて粘土地に肥料を施すにはなるべく速効性のものを用ひるがよい。

粘土地に施肥するには厩肥・堆肥等の如き氣水の流通をよくする性質のあるものを多量に用ひ、これと同時に比較的少量の石灰を使用する様にし、又出来得れば客土法を行ふて土性の改良を圖る。肥料は總て液状又は粉状としたものを使ふ様にすれば比較的早く効くものである。

(4) **腐植質土と肥料** 腐植質土は多量の有機質を含んでゐるから窒素質肥料を多く施さなくてもよい。然し磷酸及び加里肥料は成る可く多く施さなければならない。同時に又石灰の適量の施用を忘れてはならないが濫用の害は注意せねばならない。

## 第三節 土壤の肥沃なる要件

土壤には大抵沃瘠の別がある。然し之は種々の事柄に關係あるが故に簡単に肥沃地・瘠薄地と區別することは出来ない。大體に於て土壤中に含有する植物必要成分たる窒素・磷酸・加里・石灰・苦土・鐵・硫黄等の量及びその化合状態・腐植質の含量並に此等成分から成る土壤の吸収力・保水力・透水性・毛細管引力等の理學的性質によつて沃瘠を區別してゐる。

肥沃なる土壌の具備すべき條件は、作物の生育に必要な各種養分を多量に含有し、且つ此等養分の多くは植物根によつて吸収され易いものなること、腐植質を適當に含むこと、アンモニア化成菌・硝化菌・遊離窒素固定菌に富むこと、并に養分の吸収力に富み、空氣・水分・溫熱等に對する關係や、作土と底土との關係宜しく、作土の深きこと等である。

#### 第四節 土壌の瘠薄となる原因

土壌の瘠薄なる原因は澤山あるが、前節肥沃なる條件に反對なるものなれども特殊なるものを擧ぐれば次の如くである。

理學的性質不良なること、植物養分に缺乏してゐること、土壌の反應が著しく酸性又はアルカリ性であること、硫化物や亞酸化銅・亞鉛・鉛等の如き植物の生育に有害なる物質が土壌中に多く存在すること等である。

瘠薄なる土壌の改良法としては第一に施肥であるが、これは排水宜しき土壌は排水法を講じて後始めて効力の表はれるもので、無暗に瘠薄地に肥料を多施することは良くない。肥料としては綠肥・堆肥・厩肥等の有機質が第一で、少量の石灰を施用することが必要である。

#### 第五節 石灰の連用と土壌の變化

石灰は作物の成肥上直接の必要なるのみならず、間接には土性の改善・土壌微生物の活動・繁殖等のため極めて重要な効果を有するものにして、特に我が國の土壌に於ては腐植質問題と

共に地力維持増進上重大問題である。

石灰の効害に就いては詳述して置いたが、古來多様に論議され頗る興味深い問題である。西洋の諺に「石灰國は豊饒なり」とあるかと思へば他に石灰は「親を富まし子を貧しくす」とある。明治三十一年鹿兒島縣外數縣で出された石灰禁止令なども石灰濫用の弊害を恐れた爲であるは云ふ迄もない。我が國の耕土の如く石灰の缺乏して居る地方では其の禁止令は一つの挿話として終つたが、土壌反應の中和の目的に適用し、且つ土壌は一般に石灰に乏しく生産力が著しく低位にあるもの等があるから、窒素・磷酸・加里の三要素に更に石灰を加へて四要素と唱導せられる位である。

石灰の連用は土壌の酸性を矯正し、更に多量に連用すれば土壌反應を鹽基性ならしめ、土壌中腐植質の含量を減少せしむると同時に、土壌中鹽酸可溶成分・硅酸・礬土及び加里の含量を減少せしめ、苦土を増加せしむると同時に、磷酸の流亡を防ぎ其の含量を大ならしむ。

#### 第六節 連作の害

同一の作物を同一場所に連続的に栽培することを連作と云ひ、或作物の次には同一又は類似の作物を避けて他の作物を栽培し、3代・4代或はそれ以上の代を重ねて後に前の作物を繰返して栽培することを輪作と云ふ。農業上同一作物を連作することが、著しく收穫を減ずる事實は、昔から熟知されてゐるが其の理由に就いては色々に説明されて居る。

植物は種類によつて土壌から攝取する養料がちがふから連作の結果土壌中に或養分が不足し、同時に他の養分が蓄積するにちがひない。従つて或植物にとり、必要な化學物質の缺乏を來たし、それが連作の害因になるのであらうとは、常識的にも考へ得られる説である。若しこれが唯一の害因ならば、肥料として與ふべき肥料の種類を適當に按配すれば、連作の害を避けることが出来る筈である。然も事實は必ずしもさう行かない、即ち如何に肥料に就いて工夫しても連作の害を救ふわけに行かないことが多いのである。

連作の害因として毒素分泌説を唱へる人もあるが、近年微生物學の發達に伴ひ、植物の種子及び土壌に附着又は混在せる菌類が、種子の發芽を害し、又發芽後間もない幼菌の根或は莖の下部を侵して害を與へることが極めて多いと認められるやうになつた。思ふに連作の害は以上の如き原因が共同的に働いてその勢を逞しくするのであらう。而して其の害を避けるには、やしり輪作による外はないのである。

### 第七節 土壌の肥沃度に関する二三の事項

土壌の沃瘠を知ることは農業上重要な一因子である。又土壌中に含まれる植物可給態養分量を知ることには既に述べた通りで、普通土壌の沃瘠を決定する方法は三要素、所謂「窒素・磷酸・加里」の多少による方法である。

此等の問題に就いては多大の業績がある。これから述べるものは土壌の接觸作用と満俺量、土壌の交換性酸度と交換性物

質との間に沃土と然らざる土壌と考へられる兩者の間に如何なる關係があるが、筆者が30餘種の土壌に就いて研究した成績である。

(1) 満俺に就いて 本邦土壌の満俺化合物は特に肥沃度と關係があり、満俺が植物體生成に缺くべからざるものとして、從來の十元素に之を加へ十一元素とし、満俺缺乏に歸因する多くの研究がなされた。筆者は60有餘の植物灰分中の満俺を定量して、その含量は灰分100分中酸化満俺( $Mn_2O$ )として0.011%より最高1.363%に及ぶを見、植物體中に於いて殆んど満俺は普遍的に含有せられてゐる。

土壌中の満俺は主として酸化物或は水酸化物として存在し、水には不溶液なるも炭酸を含有する水には溶解する。又土壌の中性鹽浸出液中には往々満俺の溶解するを見る。そこで鹽酸可溶の満俺量と鹽化加里液可溶の満俺量とを定量した。

(2) 土壌の接觸作用と測定法 土壌の接觸作用即ち土壌の酸化作用は其の肥沃度に正比例すること、土壌細菌數と接觸度とは併用すること、土壌のアルカリ性にして其の物理的性状良好なれば常に接觸作用大なるが故に、この作用は間接に土壌の生産力と關係ある事が明かにされた。

土壌接觸度の測定法は、風乾土壌5瓦を内容250 ㊦の三角瓶に入れ18 ㊦の蒸溜水と2 ㊦のパーヒドロールを注加し、30分間振盪し發生する酸素をアゾトメーターに集め、この量を以て接觸度とする。尙正確を望むならば過満俺酸加里液による滴定法によつた方がよい。

(3)土壤の交換性酸度と交換性物質 土壤反應・土壤酸性の原因・土壤の鹽基交換現象・肥料の反應及び肥料の土壤に及ぼす副作用、殊に鹽基交換可溶性物質の有害作用の關係が研究せられ、最近化學肥料の使用増加と共にこの問題は重大となり、化學肥料の土壤中に於ける化學的變化・土壤の理學的性狀の變化或は土壤微生物に對する影響、尙有機質肥料に於ては化學的肥料よりも土壤反應及び作物に對する影響は複雑であり、此等の諸點から土壤の交換性酸度・交換性石灰・交換性鐵及び礬土の量との間に沃瘠土壤との間に相對的の關係あるを知る。

(4)交換性酸度と交換性物質の定量法 風乾土壤50瓦に1規定鹽化加里液 200 瓦を加へ振盪機で1時間振盪し少時靜置後乾燥濾紙を用ひて濾過し、濾液 100 瓦を採り供試液とす。先づ鹽化加里浸出液 100 瓦を内容 250 瓦の三角フラスコに採り、煮沸して炭酸を驅逐したる後、フェノールフタレンを指示薬として10分の1規定苛性曹達液にて滴定し得た瓦數を2倍し、この場合得た浸出液中には大體酸度に相當する礬土が溶存する如く考へられてゐる。尙少量の鐵にも關係する。この兩者の含量を定量し、更に礬土及び鐵を除去した濾液中には石灰其の他の鹽基が溶存して來る。斯かる液に蓆酸アンモニアを加へ蓆酸石灰の沈澱を作ること常法の如く、石灰の定量は常法の如くして得た結果を二倍して示した。

(5)供試土壤 本實驗に用ひたる土壤は次の30種にして何れも細土を用ひた。

番 號	府 縣 別	參 考	番 號	府 縣 別	參 考
1	愛 知 縣	沃	16	〃	瘠
2	〃	瘠	17	北 海 道	沃
3	大 分 縣	沃	18	〃	瘠
4	〃	瘠	19	山 梨 縣	沃
5	山 口 縣	沃	20	〃	瘠
6	〃	瘠	21	福 島 縣	沃
7	廣 島 縣	沃	22	〃	瘠
8	〃	瘠	23	青 森 縣	沃
9	新 潟 縣	沃	24	〃	瘠
10	〃	瘠	25	神 奈 川 縣	沃
11	東 大 胸 場	沃	26	〃	瘠
12	〃	瘠	27	滋 賀 縣	沃
13	岐 阜 高 農	沃	28	〃	瘠
14	〃	瘠	29	大 阪 府	沃
15	長 野 縣	沃	30	〃	瘠

表中沃とあるは肥沃土壤瘠とあるは然らざる土壤を表はす。

(6)實驗成績 前記の方法により定量せし結果次の如し。

(甲) 滿俺量

番號	10% 鹽酸可溶 MnO(%)	一規定鹽 化加里可 溶 MnO(瓦)	鹽酸可溶 量と鹽化 加里液可 溶 (百分比)	番號	10% 鹽酸可溶 MnO(%)	一規定鹽 化加里可 溶 MnO(瓦)	鹽酸可溶 量と鹽化 加里液可 溶 (百分比)
1	0.022	0.89	4.05	9	0.336	2.92	0.87
2	0.053	13.61	25.68	10	0.033	8.60	26.06
3	0.017	7.02	41.29	11	0.086	11.25	13.07
4	0.034	18.58	54.64	12	0.072	6.12	8.50
5	0.041	1.81	4.41	13	0.094	0.98	10.04
6	0.016	0.88	5.50	14	0.085	痕跡	—
7	0.037	1.53	4.14	15	0.022	0.88	3.92
8	0.022	10.22	46.45	16	0.047	16.41	34.91



17	0.238	8.21	3.45	25	0.136	6.50	4.78
18	0.187	8.71	4.66	26	0.137	6.96	5.08
19	0.014	5.69	40.64	27	0.027	17.04	63.11
20	0.062	0.95	1.53	28	0.016	1.30	8.13
21	0.245	3.41	1.39	29	0.048	0.93	1.94
22	0.012	7.50	1.23	30	0.014	0.91	6.50
23	0.044	16.87	38.34	沃平均	0.094	6.41	7.82
24	0.187	8.71	4.66	瘠平均	0.065	6.66	10.25

## (乙) 土壌の接觸度

番號	接觸度	番號	接觸度	番號	接觸度	番號	接觸度
1	177.4	9	38.4	17	2.6	25	29.5
2	49.9	10	12.1	18	5.4	26	12.5
3	98.9	11	60.3	19	82.7	27	8.5
4	5.9	12	40.5	20	6.6	28	2.4
5	22.6	13	15.1	21	19.3	29	23.6
6	7.6	14	26.8	22	7.8	30	24.3
7	61.7	15	51.7	23	89.5	沃平均	52.1
8	17.3	16	18.0	24	5.4	瘠平均	16.1

## (丙) 酸度及び交換性物質

番號	酸度 (滴定耗)	礬土+鐵 ( $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ )	交換性石灰 CaO(%)	番號	酸度 (滴定耗)	礬土+鐵 ( $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ )	交換性石灰 CaO(%)
1	1.72	0.031	0.103	9	2.56	0.034	0.103
2	3.28	0.033	0.028	10	5.44	0.058	0.052
3	4.28	0.007	0.096	11	1.72	0.026	0.128
4	5.16	0.019	0.054	12	2.28	0.018	0.118
5	1.88	0.011	0.116	13	5.00	0.092	0.105
6	2.44	0.012	0.094	14	10.64	0.056	0.065
7	1.16	0.009	0.062	15	5.72	0.039	0.169
8	3.16	0.017	0.044	16	5.00	0.044	0.109

17	7.88	0.043	0.217	25	4.58	0.035	0.106
18	23.08	0.098	0.047	26	7.16	0.055	0.071
19	5.08	0.027	0.173	27	11.46	0.019	0.111
20	1.86	0.029	0.111	28	22.22	0.036	0.085
21	3.86	0.026	0.036	29	3.30	0.023	0.066
22	6.44	0.035	0.064	30	4.72	0.029	0.059
23	6.02	0.034	0.102	沃平均	4.41	0.033	0.113
24	3.16	0.012	0.083	瘠平均	7.54	0.044	0.074

此等の成績から鹽酸可溶滿俺量を見れば沃土では 0.014 ~ 0.336% で平均 0.094%, 然らざる土壤では 0.012 ~ 0.187% で平均 0.065% を示し、沃土は然らざる土壤に比し多いのを見、土壤の接觸度は沃土では 2.6 ~ 177.4 耗で平均 52.1 耗、然らざる土壤では 2.4 ~ 49.9 耗で平均 16.1 耗を示し、沃土は然らざる土壤の 3 倍以上に及んでゐる。又交換性酸度は沃土では 4.41 に對し、然らざる土壤は 7.54 を示し、交換性礬土は沃土では 0.033% に對し、然らざる土壤は 0.044% を示してゐる。更に交換性石灰は沃土では 0.113% に對し、然らざる土壤は 0.074% を示し、沃土は酸度高く礬土量少なく石灰量が多いのに反し、然らざる土壤は酸度低く礬土量多く石灰量の少ないことを知つたのである。

## 第八節 開墾の仕方

住宅附近の空地、即ち宅地利用問題がその一部分である。例へば従來塵捨場としてゐるところ、芝草又は雜木の生えてゐるところ、竹藪・叢繁期に乾場とする所は別に税金がかかるでなし、仕事の片手間をさいて開墾すれば、そこには美しい花物や新し

い野菜を食膳に供へることも出来る。又日頃農耕に従事してゐない勤め人でも片手間にする小開墾によつて健康上に精神上に受ける直接・間接の利益は決して少なくない。又今迄宅地として税金を拂ひ、而も不生産的であつたものを生産的に變更利用することが出来る。その他單なる小開墾がもたらす利益は決して少なくないが、片手間をさいて根氣よくやれば荒地を立派な畑地にすることが出来る。小開墾の仕方に就いて述べて置かう。

(1)開墾の時期 片手間仕事にやる開墾であるから時期などに就いて八釜しく云ふ必要はない。然し開墾を行ふならばなるべく仕事の仕易い効力の多い時期を選んで行ふ方が得である。最もよい時期は春3、4月頃で秋季落葉後に行ふこともあり、又盛夏期に行ふこともある。開墾を行ふによい日時に就いて云へば、四季を通じて少し位風のある晴天の日がよい。

(2)土地の見立 開墾を行ふに當つて第一に考へなくてはならぬことは土地の見立である。土地の見立をするには一つによく肥えてゐること、チガヤ・ヨモギ・ヒルガホ・笹等や雑木地ではクヌギ・ゲヤキ・クリ・ブナ・ナラ・シビ・カンその他の闊葉樹が自生してゐるものである。又排水のよいところ、砂礫の少ないところ、日照時間の多いこと、餘り粘質でないこと、砂ばかりでないこと等、要するによく肥えた排水のよい所であれば、少し位土質が重軽があらうと實際上には左程問題でない。

(3)開墾用の道具 小開墾を行ふには別に之と云ふ道具は要らない。然し雑木地を片手間に開墾するとして必要な道具と

して開墾鋤・鎌・鋸・ナタ・厚刃の鎌・唐鋤・レーキ・タンカ又はモツコの類を用意すべきである。

(4)打ち起し及び整地 打ち起しは片隅から出来る限り深く行ふことが必要である。打ち起す際には石礫や根株などが土中に残らぬ様に拾ひ去りながら前進する。斯様にして打ち起しが済んだならば、その後1、2ヶ月間はそのまま放置し、十分風化させて置く。そして再び暇な時期を見計らつて打ち返しを行ひ打ち返しをするには鋤にてよく打ち起し、土地を粉碎しながら前に拾ひ残した根株・石礫・枝片等を拾つて整地するのである。

若し土地が餘り肥えてゐないならば、この時10坪當りに7~8貫内外の腐熟堆肥、5合位の石灰を撒布し土中に鋤き込んで置く。斯くして整地後1、2週間を経てから次に大體の區劃を設け、更に丁寧に深く打ち起して粉碎し愈々作付に移るのである。

(5)開墾地に適する作物 開墾した許りの土地は如何に肥沃であつてもこれを普通の耕地に比べると、尙未だ不十分な點があるからどんな作物でも栽培するわけには行かない。普通は次の如き作物を開墾後數年間繰返して栽培し、土壌に一定の地力が出来てから一般作物を作付けるが宜しい。

1. 砂質の開墾地に適する作物としては、ダーリヤ・蕎麥・黍・粟・玉蜀黍・苧・桑・茶等。

2. 壤質の開墾地に適する作物としては、蓮荷・食用百合・グラジオラス・大根・蕪菁等。

3. 粘質の開墾地に適する作物としては、甘藷・フキ・蠶豆・菜種等

である。

## 第十七章 土壌の化学的分析法

### 第一節 水分の定量法

土壌の水分を定量するには風乾細土 3~5 瓦を秤量瓶に入れ、空気が中に於て攝氏 100~105 度に於て熱し恆量を得るに至らしめ、其の減量を以て含有せられたる水分量とす。

### 第二節 灼熱の際に於ける損失の定量法

灼熱の際に於ける損失物を定量するには新たに供試品を採るも可なるが、水分の定量に用ひたるものを採るを普通とす。供試品を白金坩堝に入れ時々攪拌しつつ熱して微赤熱に至らしめ、最後に強熱するその減量を以て含有せられる灼熱の際に於ける損失量とす。

### 第三節 炭酸の定量法

炭酸瓦斯を定量する最も普通の法は、土壌に鹽類を注ぎ、その際発生せらるる炭酸瓦斯を加里球に吸収せしめ、増加する重量によりて決定する。

### 第四節 腐植質の定量法

農學會の定むるところにより、硫酸で分解し、重クロム酸加里

で炭素を酸化し、此處に發生した炭酸を捕集し定量する。(第八章第四節の 3 を参照)炭酸の量に 0.273 を乗じ炭素の量となし 0.5 を乗じて腐植とする。

### 第五節 全窒素の定量法

細土 5~10 瓦を採り之をケルダール(Kjeldahl)瓶に入れ、30 兊の強硫酸をビーカーに注加し、その中に 1~2 瓦の硫酸第一鐵の細粉となしたるものを溶解したる溶液を注ぎ之を熱して有機物を全く分解せしむ。この場合硫酸第一鐵を加ふるは窒素化合物が變化して硝酸狀となるを防ぐため、有機物の分解したる後之を冷却し少量の細粉狀となしたる過マンガン酸加里 ( $\text{KMnO}_4$ ) を加へ完全に分解せしめ、苛性曹達を以てアルカリ性となし之を蒸溜しケルダール氏の法に従つて定量する。

### 第六節 鹽素の定量法

鹽化物として存在する鹽素を定量するには細土 20~50 瓦を 500 兊の刻度瓶中に秤量し、約 400 兊の水を加へ 1 日放置その間度々振盪する。最後に土壌が迅速に分解する様に 10% 硫酸加里 50 兊を加へ更に水を加へて標線に達せしめ、再び充分に振盪する。2~4 日後に到ると、大體 250 兊をサイホンで取り得る位の上澄液を得ることが出来る、之を既知量の 10 分の 1 硝酸銀で滴定して定量する。

### 第七節 熱強鹽酸に可溶物の定量法

(1) 鹽酸浸出液の調製及び硅酸の定量法 風乾細土を期待さ

れる養分量の多寡に従つて5~10瓦を内容300~500匁の長口ビーカーに移し、比重1.15の鹽酸100匁を加へて振盪し、全土壌を浸漬せしめ、その上を時計皿で蓋ひ、砂皿上に熱し充分煮沸し始めてから1時間煮沸を續けた後、約300匁の熱水を加へて稀釋し、少時靜置して濾過する。

濾液は濾過に際して最初混濁するから、先づ小ビーカーに濾過し、之を原液に加へ更に濾過する。斯くして濾液に鹽化物の反應なきに至る迄熱水にて洗滌し止む、若し腐植質土壌の場合には洗滌水に僅かに鹽酸を加へ、これに依つて腐植質物の膠質液を除去する。この場合には濾液にフェロシヤン化加里(青色反應)或はロダン加里(赤色反應)で鐵の存在を検するのである。尙殘滓は後に使用するが故に乾燥保存するを要す。

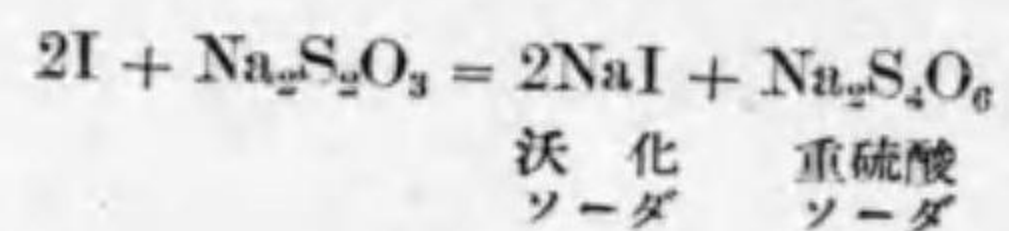
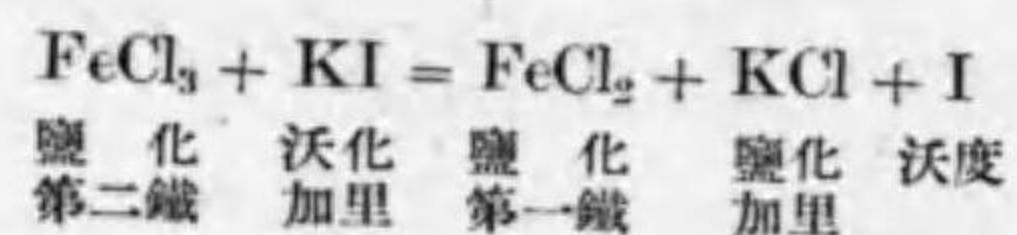
斯くして得たる濾液を陶器皿に入れ、之に少量の強硝酸を加へ(有機物を分解せしめ、且つ亞酸化物を酸化せしむるため)湯煎鍋上に於て時々攪拌しつつ蒸發乾涸せしめ、残れる固形物を粉狀となしてよく乾燥し、之に少量の強鹽酸を加へて濕潤ならしめ、更に蒸發して全く乾燥するに至れば之を冷却したる後少量の強鹽酸を加へ、少時湯煎鍋上にて温め、後温湯を加へて固形分の大部分を溶解せしめ、悉くビーカーに移し砂皿或は金網の上に於て沸騰せしめ放置し、上澄液全く透明となりたる後之を濾過し、温湯を以て洗滌し濾液が鹽酸の反應を呈せざるに至りて止む。濾紙上に集めたる固形物は鹽酸に溶解したる硅酸にして、之を乾燥したる後灼熱秤量して濾紙中にある灰分の重量を減すれば供試中鹽酸に溶解する硅酸( $\text{SiO}_2$ )の重量を知る。

(2) 礬土・酸化鐵・磷酸・チタンの定量法 礬土・酸化鐵・磷酸・チタンを沈澱せしむるためにビーカーの内容物を煮沸する迄熱し、その時によく攪拌しながらビュレットからアンモニア水を徐々に加へ、弱アルカリ反應を呈する迄滴加する。尙暫時煮沸し、次に醋酸(1:1)を極微酸性を呈する迄加へる。沈澱は折疊濾紙を用ひて敏速に濾過し、沈澱は熱水で濾液が鹽素の反應が呈せざるに至る迄洗滌する。

沈澱は再び鹽酸で溶解し一定量にする。(A)

1. 礬土・酸化鐵・磷酸・チタンの含量 A液より一定量を採り、それに硫酸(1:1)を數滴加へて煮沸せしめ、之に上記の如くアンモニア水を加へて鐵・礬土・磷酸の沈澱を作り、熱水を以て鹽素の反應なきに至る迄洗滌する。沈澱は乾燥後坩堝の中に入れて強熱冷却後秤量し、恆量に至らしめる。之が鐵・礬土・磷酸・チタンの含量とする。

2. 酸化鐵の定量法 次にA液中より一定量を磁製皿中に採り蒸發乾涸し、殘滓に鹽酸少量を加へ更に50匁位の熱水に溶かし、冷水を加へて充分に稀釋する。この際鐵の多少に従つて沃化加里を3~5瓦或はこれ以上を加へ、液をよく攪拌しつつ10分の1チオ硫酸ソーダ溶液にて滴定し、液が褪色して白葡萄酒色になつた時、今一度沃化加里の小塊を加へ着色の有無を検する。着色したならば沃化加里が不足して居たのである。この時澱粉液を加へ、注意しつつ滴下し全く褪色した時滴定を中止する。之を60~70°Cに保温すると再び青色を呈する。この場合尙色の褪色する迄滴定し、この滴定量から鐵の量を求める。



$$\text{Fe} = 55.84$$

$$\text{N}/10 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 1 珇} = \frac{55.84}{10.000} = 0.005584 \text{ 瓦} \cdots \cdots \text{鐵}$$

$$2\text{Fe} : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 55.84 : x$$

$$\text{故に } x = 79.84$$

$$\text{N}/10 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ 1 珇} = 0.007984 \text{ 瓦の } \text{Fe}_2\text{O}_3$$

3. 磷酸の定量法 A液より一定量を採り蒸發乾涸し少量の硫硝酸混液で溶かし、尙20珇を加へてビーカー中に濾過し熱水にて洗滌し50珇とする。之を熱して初めて氣泡が生じたときローレンツ、モリブデン液50珇をビーカーの中央より一度に加へ、沈澱の沈降するを待つて半分間攪拌し靜置する。(3時間以上18時間以内のこと)これを豫め秤量せるグーチ坩堝中に濾過し、2% 硝酸アンモニア液で2, 3回洗滌しつつ吸引し一度吸引を止め半分程アセトンを入れて吸引し、又止めて此度はアセトンを十分に満たし、再び充分吸引し眞空乾燥器に入れて40分間吸引を繼續し直ちに秤量し係數 0.0325 を乗じて磷酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) の量となす。

4. チタン酸の定量法 鐵・礬土・磷酸の沈澱中に屢々チタンが移行してゐる。それには上記(1)に於て得た酸化鐵・礬土・磷酸の含量をピロ硫酸加里と共に熔融する。固化したものを5%硫酸に溶解し一晝夜放置すれば清澄液を得る、これを定容の刻度

瓶中に濾過する。

この場合に20珇程餘地を存して置き、若し液が鐵のために着色する場合に比色に不都合を來すから脱色せんがため2~3滴の磷酸を加へ、その上に3~5珇の過酸化水素水(3%)を加へその上に5%硫酸を加へ標線に達せしめる。之を既知のチタン量を含む溶液と比色してチタンの量を定める。

$$5. \text{礬土の定量法 } \text{Al}_2\text{O}_3 = 1 - (2 + 3 + 4)$$

(3)石灰の定量法 鐵・礬土・磷酸・チタンの沈澱を分離した濾液をビーカーに採り濃縮し、再びアンモニア性とし煮沸せしめ、磷酸アンモニアの細粉を充分加へ一晝夜放置して濾過し、微アンモニア性の熱水でよく洗滌する。沈澱を灼熱して白色ならする時は醋酸を加へて酸化滿俺を除去して灼熱秤量して石灰の量とする。

$$\text{CaCO}_3 : \text{CaO} = A : x$$

(4)苦土の定量法 石灰の沈澱を分離した濾液を白金皿に入れて攪拌しながら蒸發乾涸する。その爲に石綿付金網の上に三角粘土を置き最初は石綿に弱い無色の焰が達する程度とし、徐々に強熱し最後に直火で灼熱する。然る後硫酸アルカリの熔融及び苦土を沈澱せしむる爲にSchaffgottsch液(1150瓦の細粉せる炭酸アスモニアと10%アンモニア水1960珇とを加へて5立とせしもの)を加へて一晝夜靜置し、苦土を炭酸アンモニア苦土として分離する。

沈澱をSchaffgottsch液で洗滌し(加里及び曹達に用ふ)た沈澱は乾燥し秤量せざる白金坩堝で灼熱し冷却後秤量する。次で坩

坩の中を醋酸(1:1)を2~3 匁を加へ、尙坩の半分を満す程の熱水を加へ硝子棒で沈澱を碎き不溶解分を沈降せしめ、上澄液を傾瀉する事2, 3 回に及び全沈澱を濾過し熱水で洗ひ灼熱灰化して秤量し前者の量より差引きたるものを苦土(MgO)の量とする。

(5)加里及び曹達の定量法 苦土の沈澱を濾別した濾液を磁製皿に集め、時計皿にて蓋ひ全炭酸を驅逐する迄湯煎鍋上に注意して熱する。次に時計皿を取除いて洗ひ落し、尙少時濃縮を繼續する、最後に白金皿内に洗ひ落してから蒸發乾涸する。最初石棉金網の上に三角粘土を置きその上に坩を置き、初め小焔にて徐々に焔を大にし終りに硫酸アルカリが熔融する迄弱い直火で灼熱する。

この時に過硫酸加里の形態で結合してゐる過剰の硫酸を硫酸アンモニアとして追出する爲に炭酸アンモニアを2, 3 粒加へる。若し硫酸鹽が多い場合は炭酸アンモニアの添加を繰返す必要があり、硫酸アルカリを秤量した後熱水で溶解して不純物を除去する爲に磁製皿中に濾過する。(a とす)

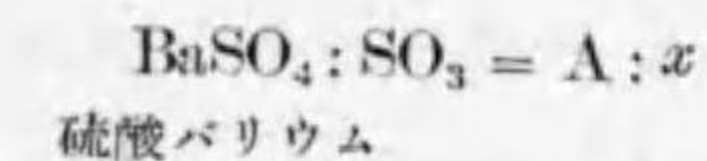
熱水にて洗滌後濾紙を白金皿中に灰化し、灼熱して再び秤量し、この兩者の秤量の差が硫酸加里及び曹達の含量となる。次に加里及び曹達を分離する爲に、濾液 a に鹽酸1, 2 滴を加へ、之に既知量の鹽化白金液の稍、過剰を加へ沈澱が尙液状をなす程度位迄殆んど乾涸するに到らしめる。之を冷却後二部のアルコールと一部のエーテルの混合液を加へる。斯くして橙色の鹽化白金曹達が溶出する、必要に應じては硝子棒で沈澱を破

碎すると此處に淡黄色の鹽化白金加里が残る。

之を硝子鐘で覆ひ2 時間靜置し、濾紙上に濾過し、上記アルコール・エーテル混合液で洗滌し乾燥後秤量し加里を求め、從つて曹達の量をも得られる。

### 第八節 硫酸の定量法

硫酸分離を行ひたる濾液より一定量を取り、アンモニア水を加へて礬土・磷酸・鐵・チタンを沈澱せしめること上記の如くし、この沈澱を濾別した濾液を鹽酸で酸性となし、鹽化バリウムを加へて硫酸を定量すること常法に於けるが如く處理する。

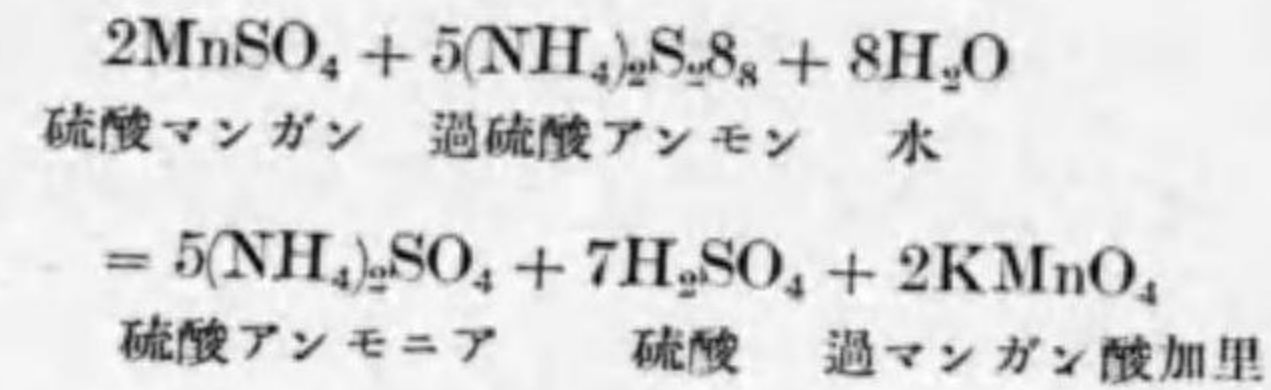


### 第九節 酸化滿俺の定量法

硫酸分離を行ひたる濾液より一定量を磁製皿に採りて蒸發し終りに坩中で強く灼熱し、残渣に水及び鹽酸を加へ數回蒸發乾涸し鹽酸を完全に除去し、砂浴上に50 匁の硫酸(1:1)を加へて2 時間熱し、冷却後水を加へて稀釋し、そこに生成した沈澱を濾過する。濾液に1, 2 滴の硝酸液を加へて尙殘存する鹽酸を除去する。

沈澱が球状をなして凝集する迄湯煎鍋上で温め、既知の刻度瓶中に濾過する。この場合に標線迄に50 匁の餘地を設け置き4~5 瓦の過硫酸アンモニアを加へてフラスコを湯煎鍋内に入れると滿俺の存在に於て過滿俺酸鹽を形成し20~30 分間にし

て薔薇色乃至董色を呈する。



必要に応じては尙少量の過硫酸鹽を加へ最早色調が變化せぬ場合には冷却して標線に達せしめ既知の満俺量の液を取つて比色計で比色定量する。

### 第十節 熱強鹽酸に不溶物の處理

(1)乾物及び鑛物質の定量 鹽酸に不溶解の殘滓は乾燥したる後豫め秤量したる小ビーカーに移し、濾紙は燃焼して其の中に混じよく攪拌して數日間秤量室内に置き風乾状態となして秤量し不溶物の總量を知り次に風乾物1瓦を採り100~130°Cにて乾燥して恆量に至るまで反覆乾燥秤量し水分を定量して鹽酸不溶乾物量を算する。又別に風乾物1瓦を白金坩堝に入れて灼熱秤量し恆量に至るまで反覆して灼熱の際損失量を知り、不溶鑛物質量を算出するのである。

(2)炭酸曹達に溶解する珪酸の定量 風乾不溶物2~3瓦を白金皿に採り、10%炭酸曹達液50匁及び苛性曹量の小片を加へ時計皿にて蓋をなし白金線にて攪拌しつつ砂皿上にて加熱煮沸すること30分間にして暫時放冷し砂粒を沈定せしめ、その上澄液をビーカーに移し、再び10%炭酸曹量50匁を加へ30分間煮沸し砂粒が沈降したる後同じビーカーに移し、尙一度水50匁を注加して30分間煮沸し砂粒が沈降したる後ビーカーに全部洗ひ

移し、暫く放置して後濾過し濾液がアルカリ性反應を呈せざるに至るまで洗滌し、濾液に強鹽酸を加へ珪酸分離を行ふこと既述の如く、炭酸曹量に溶解する珪酸の重量を知ることが出来る。

(3)硫酸に溶解する粘土成分の定量 風乾不溶物2~3瓦を蒸發皿に入れ約3倍量の強硫酸を加へて砂皿上に注意して蒸發し、硫酸の全く發散したる後灼熱し冷却後鹽酸を加へて湯煎鍋上に於て蒸發し乾涸したる後ビーカーに移し、煮沸して濾過し濾液を200~250匁となし、その中100匁を採りアンモニア水を加へて鐵及び礬土を沈澱して定量し、他の100匁を採りて鐵を定量し(第七節2参照)粘土分の礬土量を算出する。

殘滓は乾燥したる後10%炭酸曹達液にて處理し、炭酸曹達に溶解する珪酸の定量法に記したる如く珪酸を定量し、前項に於て得たる珪酸量を差引きて粘土分の珪酸量となす。

### 第十一節 土壤化學分析成績記載法

從來土壤の化學的分析の成績は金屬元素は酸化物の形態に、酸は無水物の形態として示す慣習にして、ただ窒素と鹽素を元素の狀態にて示す。次の如し。

水分(Moisture).....	%
灼熱の際に於ける損失(Combined H <sub>2</sub> O + Organic Matter) ...	%
腐植質中の炭素(C. in Humus) .....	%
全窒素(Total. N) .....	%
鹽酸に不溶解物(Residue at 110°C).....	%
鹽酸に不溶解鑛物質(Residue ignited) .....	%

鹽酸に溶解せる珪酸( $\text{SiO}_2$ Sol. in $\text{HCl}$ )	.....%
炭酸曹達に溶解せし珪酸( $\text{SiO}_2$ Sol. in $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )	.....%
珪酸合計(Sum of $\text{SiO}_2$ )	.....%
礬土( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	.....%
酸化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	.....%
亞酸化鐵( $\text{FeO}$ )	.....%
酸化滿俺( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ )	.....%
石灰( $\text{CaO}$ )	.....%
苦土( $\text{MgO}$ )	.....%
加里( $\text{K}_2\text{O}$ )	.....%
曹達( $\text{Na}_2\text{O}$ )	.....%
磷酸( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	.....%
硫酸( $\text{SO}_3$ )	.....%
炭酸( $\text{CO}_2$ )	.....%
鹽素( $\text{Cl}$ )	.....%
硫酸に溶解する粘土成分	{
珪酸( $\text{SiO}_2$ )	.....%
礬土( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	.....%
酸化鐵( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	.....%

(終り)

昭和十四年六月二十日印刷  
昭和十四年六月二十五日發行

(著作権所有)

土壤の利用と其の管理法

定價金八拾五錢

著作者 市川親文  
東京市赤坂區一ツ木町三十一番地  
發行者 西ヶ原刊行會  
代表者 戸田節治郎  
印刷者 高橋郁

發行所 東京市赤坂區一ツ木町三十一番地  
西ヶ原刊行會  
(振替東京一一四一八番・電話赤坂二七四七番)

發賣所 東京市神田區駿河臺三丁目一番地  
目黒書店  
(振替東京二八〇九番・電話神田一〇五八番)

三協印刷株式會社印刷



特232  
685



終