

岩手県立農業試験場研究報告
第20号：23 - 54 (1977)

新第三系強酸性硫酸塩土壌に関する研究

佐々木信夫

| 目 | 次 |
|-----------------------------|-----------------------------|
| I はじめに | 3. 新第三系強酸性硫酸塩畑土壌の土壌改造 |
| II 新第三系の分布とその特性 | 4. 新第三系強酸性硫酸塩土壌の重金属類の 含量 |
| 1. 東北地方における新第三系の分布 | 5. 新第三系堆積岩砕屑土壌の物理性 |
| 2. 岩手地方における新第三系の分布と特性 | IV 総合考察 |
| III 新第三系強酸性硫酸塩土壌の特性と改良法 | V 摘 要 |
| 1. 新第三系堆積岩の砕屑土壌の特性 | 文 献 |
| 2. 新第三系強酸性硫酸塩水田土壌の特性と 改良 | 英文摘要 |

I はじめに

近年の農用地開発は、人為機械力の強大化に伴い、従前ほとんど利用されなかった比較的かたい新第三系堆積岩をも直接破砕し、農耕地として利用するようになってきた。その結果、従来は長期の自然風化過程を経て土壌化し植物生育の場となってきたこれら新第三系岩の、母材としての理化学的特性が、直接作物に反映する実態が生じ、未熟土壌で理化学性の劣悪からくる作物生育の劣勢のみでなく、はなはだしい場合には播種種子の出芽不能・移植作物の枯死等の現象が発生するに至った。この激甚な被害の事例を詳細に検討をすすめた結果、その原因は新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌であることが判明した。¹⁷⁾

この酸性硫酸塩土壌は、海成および湖成干拓地において、底土に含まれる硫化物の酸化により硫酸が生じ強酸性化する現象が早くから知られており、はじめオランダの干拓地において研究がなされ、本邦では小林¹⁾が1939年霞ヶ浦干拓地に酸性硫酸塩土壌が存在することを明らかにし、米田⁴⁾が児島湾およびその周辺の干拓地について、村上⁸⁾が中海干拓地について、夫々これについての詳細な

報告をまとめており、その他多くの研究が報ぜられている。更に近年研究がすすむにつれて東南アジア等の水田において続々と報告されてきている。⁷⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾

しかし、新第三系堆積岩に由来するものの報告は極めて稀で、近年の重土木機械の発達による農用地開発工法の発展により漸く問題になってきたもので、本研究と相前後して現象的に2、3報告があるのみで、その詳細な現地改造法を含めた新第三系堆積岩由来の酸性硫酸塩土壌の研究が行なわれた事例は、日本は勿論、諸外国にもほとんどない。²¹⁾

この新第三系堆積岩の直接破砕土壌化における酸性硫酸塩土壌の酸性度は極めて大なのが特異的であって、農作物が完全に枯死してしまうので、農業の開発計画上重大な問題となったが、鋭意その改造方策を考究した結果、実用性ある解決策が見出され、対策が確立された。¹⁸⁾

1969年岩手県花泉町上油田地区の構造改善施工圃場に本現象が発生して以来、現地改造試験を含めて解明がすすめられてきてから既に7年以上経過し、実用的な解決の道も確立されたので、未だ残された問題点もあるが、農用地開発上緊急の問題であるので、現在までにえられた結果をとり

まとめて報告する。

本研究をすすめるに当り、新第三系堆積岩の酸性硫酸塩土壌化の問題の重要性を指摘され、研究の推進をたえず督励され御指導を賜わった岩手大学農学部教授吉田稔博士に深甚の謝意を表す。また岩石学の御指導とともにX線回析による岩石組成の解明・同定をして下された同工学部教授高橋維一郎博士に深謝申し上げます。そしてこの研究に深い御理解と御援助を賜わった岩手県農業試験場長黒沢順平博士に謝意を表す。本研究の端緒を導かれ、かつ現地試験遂行に終始御協力下された当時の一関農業改良普及所菊地善吉普及員、同花泉出張所主任佐々木熊幸普及員および所員一同に感謝する次第である。

また現地において御援助いただいた花泉町当局および上油田土地改良区小野寺寛一理事長並びに現地試験地の管理を長年に亘り遂行して下された同佐藤靖理事に感謝申し上げます。本試験の遂行に協力された岩手県農業試験場県南分場千葉満男（当時）・鎌田信昭・平野裕の各技師に感謝する。

Ⅱ 新第三系の分布とその特性

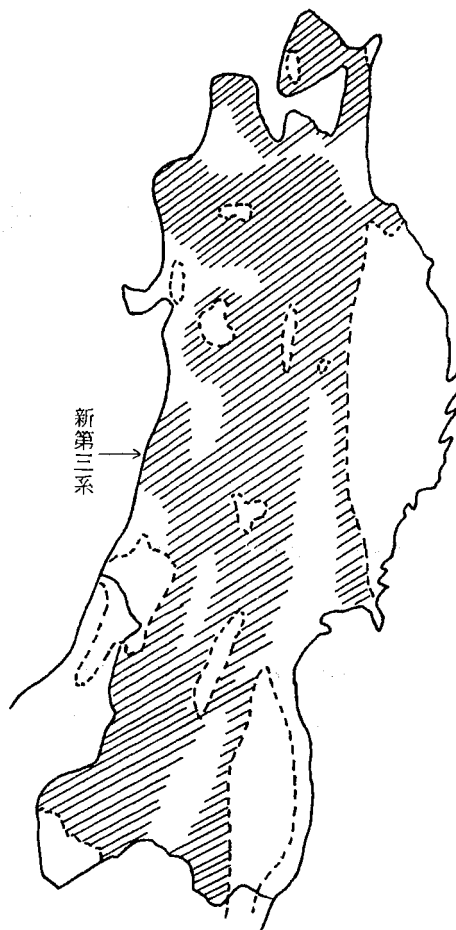
1 東北地方における新第三系の分布^{34) 35) 37)}

日本列島は、主として中世代までの造山運動によって形成された基盤の上に、新第三系以後の一連の地殻運動によって出現した新しい造山帯であり、その大半は新第三系およびそれより若い堆積物や火山噴出物に被われている。とくに東北日本には新第三系が広く分布し、地層が厚い。もちろん一部には古第三系の堆積岩もあるが、局地的でかつ堅硬で農用地としては極めて極限されている。新第三系のうち中新統（約2,500～1,300万年前）は主に火山活動と海侵の時期で、大量の火山物質によって特徴づけられ、海成層も厚い。鮮新統（約1,300～300万年前）になると全般に隆起が進捗し、浅海性・半鹹性・湖沼性陸成層が堆積したが、その間の地殻変動・隆起・沈降・侵蝕・再隆起等でいろいろ変遷している。

そして東北地方では、新第三系は日本海側、出羽丘陵、奥羽脊梁山脈、北上・阿武隈山地の周縁等に主に分布している。

2 岩手地方における新第三系の分布とその特性

1) 岩手地方の新第三系の分布³³⁾



第1図 東北地方における新第三系の分布

これを東北地方の北東の岩手地方についてみると、新第三系は大部分が北上山地西縁部より秋田県境の奥羽脊梁山脈一帯に広く分布し、ほぼ南北方向に走って堆積分布している。一般に地表は第四系に被われ、堆積年代の古い地層ほど下位へ新第三系鮮新統から中新統へと移行しているが、地域によっては不整合であることもある。南西部の北上川沿岸地区では新第三系が露頭をなしているが、これが酸性硫酸塩土壌の発端の因となった。

主要な岩手地方の新第三系の地層を示せば第1表のとおりである。

2) 新第三系岩の碎易施工性

自然風化による新第三系岩風化土壌は、林野等の土壌として分布し、農耕地としても樹園地等で一部利用されているが、一般にその風化速度おそく、かつ概して浅耕土をなし、作土直下にややかたい母岩の新第三系岩が存在することが多く、その堅硬性の故に従前のような人力中心の稼働力では破碎困難で、この新第三系岩の破碎耕地化はあ

第1表 岩手地方における新第三系の主な地層とその対比

| 地域時代 (万年) | 東北日本 標準層序 (男鹿半島) | 北上川流域 | 胆 沢 西 磐 井 | 和賀河谷 | 雫石盆地 | 二戸・田山 | 福 岡 浄 法 寺 |
|----------------|------------------------|---|--------------------------|------------------------------------|---|---|-------------------------------|
| 第四系 300 | 段丘礫層 申川層 | 扇状地堆積物 段丘堆積物 中山層 | 栗 駒 火山岩類 | 焼石岳火山 岩類 | 駒ヶ岳 火山岩類 段岳堆積物 | 新 期 火山岩類 | 新 期 火山岩類 |
| 新 第三系 | 鮮 新 統 1,300 | 鮭川層 協本層 | 真滝層 金沢層 油島層 有賀層 | 大平層 | 本畑層 | | 下斗米層 |
| | 中 新 統 2,500 | 北浦層 船川層 女川層 西黒沢層 台島層 門前層 | 巖美層 下黒沢層 稻瀬層 | 瑞山層 下嵐江層 前川層 小出川層 胆沢川層 | 花山層 黒沢層 鱒沢層 入の畑層 鈴鴨層 大石層 大荒沢層 | 橋場層 湯本層 山津田層 小志戸前層 坂本層 国見層 生保内層 | 未の松山層 門の沢層 四ツ役層 佐比内層 |
| 2,500< 先第三系 | 花崗岩類 | 古生層 | 古生層 (二疊系) | 古生層および花崗閃緑岩類 | 花崗岩類 | 古生層 | 古生層 |

まり進まなかった。

しかし近年、重土木機械の発達により、この堅硬な新第三系の岩石をも爆破作業を要せずに破碎し、耕地化できるようになってきた。

新第三系岩は、土壌学的立場から“やや堅硬”とはいっても、土木機械の施工性からみたその破碎掘削抵抗の強度からの分類では“軟岩”の部類に属し、野中、三谷によれば、地山弾性波伝播速度³⁸⁾ 1,500 m/sec程度までは30トン級(D8)ブルドーザリッパー作業にて解毀でき、1,800 m/secまでは40トン級(D9)ブルドーザリッパーにて解毀し得、とくにリッパーの爪の数が3本より2本あるいは1本と少ない程解毀力が増すとしている。そしてショベルリッパー工法では更に施工力が大となる。なお施工性は弾性波速度の外、岩石の風化亀裂の発達度、圧縮強度、圧裂引張強度、剪断強度等もその難易に関与してくる。

これを本地域の新第三系堆積岩に適用すれば、

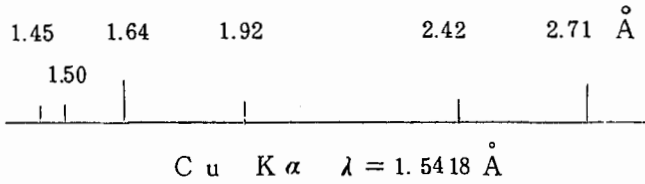
⁴⁰⁾ 渡辺等による東北新幹線第二有壁トンネル掘削において、中新統下黒沢層の細砂岩は地山弾性波速度 1,700 ~ 1,900 m/sec、同統巖美層の凝灰質砂岩のそれは 1,700 ~ 1,800 m/sec であり、ドーザリッパー工法にて充分解毀し得ることが知られ、農用地造成の施工が可能で、実際に花泉町上油田地区の水田造成もドーザリッパー工法により施工された。従って新第三系岩地帯では農耕地造成は勿論、宅地造成の周縁緑化、道路開削の法面草生化、ゴルフ場整地草生化等にもこの障害が発生することが考えられ、事実処々にかかる現象が報告されてきている。

3) パイライトの確認・同定

酸性硫酸塩土壌の酸性の主因をなす硫酸は母材中の硫黄の酸化によること²⁾⁶⁾²¹⁾が、多くの研究から知られているが、その硫黄の主要な存在形態として硫化鉱物が考えられるので、その検索を行なった。

試料は、新第三系中新統下黒沢層の細砂岩を供

し、岩石プレパラート作成後偏光ニコル下での検鏡、および粉末X線回析により検索した。



第2図 新第三系堆積岩のX線回析によるパイライトの特性X線図
(下黒沢層 細砂岩)

その結果、顕鏡下では、反射光で黄金色を呈し、偏光下では黒色不透明の粒状を呈し、偏光ニコルによっても干渉色を示さない特徴によりパイライトの存在が認められた。さらに粉末X線回析の結果、第2図に示すごとく、石英・斜長石・クロライトの顕著なピークに併存して1.64・2.71 Åのd値の外、1.45・1.50・1.92・2.42 Åの明らかなパイライトの特性が認められ、明らかにパイライトの存在することが同定され確認された。なお同質二像鉱物のマルカサイトの特性X線のピークは認められず、その存在は認められず、従って新第三系堆積岩中の硫黄化合物の主たる存在形態はパイライト(黄鉄鉱、FeS₂)であることが確認された。

4) 硫黄含量と酸性度

岩手地方に分布する新第三系の主要な地層について、岩手県発行「岩手県地質図10万分の1」(昭和29年)³²⁾および同地質説明書の模式地より母岩を採取して硫黄含量と酸性の程度について検討を加えた。

試験方法

i 供試試料 採取母岩を風乾後、土壤と同一条件で分析することとし、2mm篩にて篩別し、細土として分析に供した。採取試料が200点を越えたので、全試料についてKCi-pH・H₂O₂-pHを測定し、酸性化の程度の小さな試料は、その後の硫黄含量の分析を取捨撰択した。

ii H₂O-pH・KCl-pH 1:2.5浸出懸濁条件にてガラス電極法により測定。

iii H₂O₂-pH 試料1gにpH 6.0 H₂O₂ (30%) 10ml⁶⁾¹⁰⁾を加え、はじめ激烈な反応をするので水冷しておき、しばらくして後湯煎上にて充分酸化の反応をすすめ、のち全重の増減より補水(又

は蒸発)して1:10とし、ガラス電極法によりpHを測定。

iv H₂O-S 1:5の蒸溜水浸出法で、1時間振盪後濾過し、濾液についてSを定量。

v H₂O₂-S 1:10 pH 6.0 30% H₂O₂酸化浸出液についてSを定量。実用上、H₂O₂-pH測定後の試料を供用した。

vi 王水可溶性S LUNGEのパイライトの硫黄の定量法に拠った。すなわち土壌1g:逆王水(c. HNO₃ 3:c. HCl 1) 10mlを加え、加熱し、遊離Sの析出をKClO₃添加の酸化により防止しながらSを溶解させ、濾過後珪酸分離と鉄・アルミナ除去をし、BaSO₄重量法によりSを測定した。

vii 可酸化性S 王水可溶S-H₂O-Sとした。

viii 易酸化性S H₂O₂-S-H₂O-Sとした。

ix 硫黄(S)の定量 新第三系岩中のS含量が多いので原則としてBaSO₄重量法に拠った。ただし、含量の少ない場合は、BaCl₂-ゼラチン試薬によるBaSO₄比濁法により、Sを定量した。²⁵⁾

x 塩基の定量 王水およびH₂O₂浸出液についてそれぞれ原子吸光法により測定した。

試験結果

岩手地方に分布する新第三系の岩石を砕屑し、細土とした試料中の硫黄含量とその酸性度を第2表に示す。なお細土とする際の風乾過程で、硫化物の一部が酸化し、pHの低下がおこり酸性に傾くことは避けられない。⁹⁾

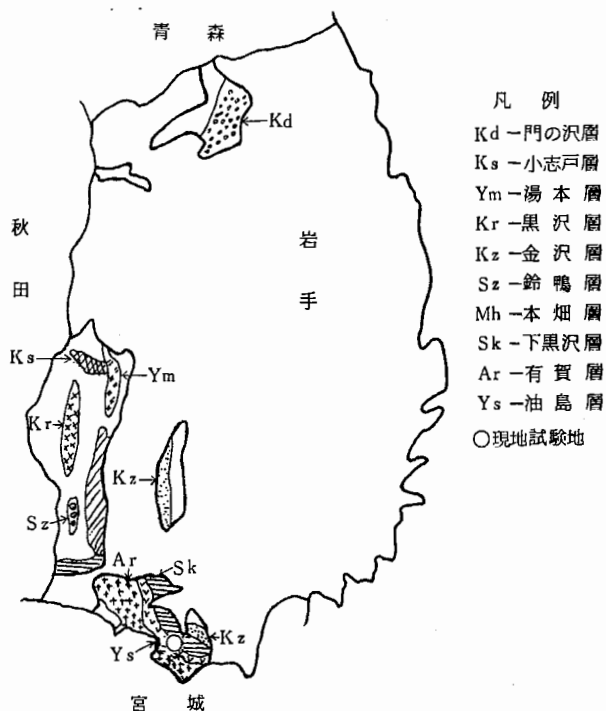
酸性硫酸塩土壌とは、国際土壌分類によれば、相当量の硫黄化合物を含み、充分な酸化後、土壤1:水1の懸濁液のpHが、通常3.5以下を示すものを称するとしている。これによって新第三系岩の酸性度をみれば、H₂O₂酸化後のpHは1:10であるが、より濃厚懸濁液の1:1にすれば少しくpHが低下することから、1:10懸濁液でpH 3.5以下を示すものは1:1では確実にpH 3.5以下を示すので、ここでは引きつづき硫黄含量を測定する関係上、H₂O₂酸化後1:10懸濁液のpHが3.5以下を示すものを酸性硫酸塩土壌となりうる母材であるとした。依って本調査の範囲では、新第三系鮮新統では、油島層・有賀夾炭層・金沢夾炭層・本畑層が、また中新統では黒沢層・下黒沢層・小志戸前層・鈴鴨層・湯本層・門の沢層に酸性硫酸塩土壌になりうる母材が存在する

新第三系強酸性硫酸塩土壌に関する研究

19)
ことが知られた。

第2表 新第三系の硫黄含量と酸性度

| 試料名 | | | pH | | | S | | | | | 塩基 | | | | | | |
|---------|-------|--------|---------------------------|------|-------------------------------|------------|-------------------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| 地層 | 岩質 | 調査地点 | H ₂ O | KCl | H ₂ O ₂ | 壬水可 溶-S | H ₂ O ₂ -S | H ₂ O -S | 可酸化 性-S | 易酸化 性-S | 王水可溶 | | | | | H ₂ O ₂ | |
| | | | -pH | -pH | -pH | | | | | | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | | K ₂ O |
| 鮮新統 | 油島層 | 頁岩 | (岩手県)花泉町油島 | 2.70 | 2.55 | 2.08 | 1.803 | 1.585 | 457 | 1,346 | 1,128 | 3.78 | 4.65 | 310 | 943 | 62 | 166 |
| | 有賀夾炭層 | 泥岩 | 花泉町沢 | 2.75 | 2.59 | 2.00 | 1,892 | 1,719 | 611 | 1,281 | 1,108 | 8.31 | 2.83 | 138 | 365 | 59 | 58 |
| | 金沢夾炭層 | 細砂岩 | 花泉町金沢 | 2.70 | 2.50 | 2.36 | 1,572 | 1,569 | 617 | 955 | 952 | 4.43 | 3.18 | 251 | 684 | 51 | 112 |
| | 本畑層 | 頁岩 | 和賀町本畑 | 5.27 | 4.40 | 3.35 | 443 | 337 | 143 | 300 | 194 | 4.05 | 2.63 | 116 | 570 | 57 | 131 |
| | 真滝夾炭層 | 泥岩 | 江刺市六町 | 5.72 | 4.90 | 4.27 | 170 | 35 | t r | 170 | 35 | 7.18 | 3.24 | 215 | 1,057 | 54 | 112 |
| | 芳沢層 | 頁岩 | 湯田村野 | 6.80 | 4.80 | 7.57 | 48 | 25 | 3 | 42 | 22 | 2.00 | 1.16 | 243 | 251 | 91 | 40 |
| | 大平層 | 頁岩 | 衣川村 | 6.20 | 4.80 | 7.27 | 56 | 47 | 3 | 53 | 44 | 13.23 | 2.37 | 120 | 213 | 237 | 41 |
| 下斗米層 | 凝灰岩 | 二戸市落合 | 7.20 | 7.06 | 6.78 | 357 | 329 | t r | 357 | 329 | 3.62 | 3.55 | 1,114 | 956 | 158 | 80 | |
| 第三系 | 黒沢層 | 泥岩 | 湯田村黒沢 | 3.40 | 3.04 | 2.56 | 610 | 524 | 390 | 220 | 134 | 1.67 | 2.11 | 176 | 540 | 83 | 155 |
| | 下黒沢層 | 細砂岩 | 花泉町上 | 2.90 | 2.72 | 2.20 | 944 | 868 | 260 | 684 | 608 | 3.72 | 2.83 | 527 | 943 | 70 | 167 |
| | 小志戸前層 | 細砂岩 | 零石町御 | 3.48 | 3.20 | 2.36 | 676 | 551 | 170 | 506 | 381 | 2.70 | 1.88 | 729 | 372 | 114 | 162 |
| | 鈴鴨層 | 凝灰岩 | 和賀町岩崎 | 5.23 | 4.50 | 2.68 | 556 | 508 | 15 | 541 | 493 | 3.83 | 2.02 | 247 | 357 | 423 | 58 |
| | 門の沢層 | 泥岩 | 二戸市門の沢 | 7.80 | 7.06 | 2.90 | 1,903 | 1,835 | 20 | 1,883 | 1,315 | 4.00 | 3.12 | 890 | 851 | 208 | 168 |
| | 湯本層 | 頁岩 | 湯田村湯口 | 5.90 | 5.00 | 2.62 | 486 | 167 | 13 | 473 | 154 | 2.10 | 2.83 | 280 | 547 | 74 | 93 |
| | 鱒沢層 | 細砂岩 | 和賀町岩崎 | 4.90 | 4.40 | 3.93 | 157 | 43 | t r | 157 | 43 | 1.35 | 0.72 | 112 | 380 | 97 | 61 |
| | 瑞山層 | 砂岩 | 一関市瑞山 | 7.48 | 6.70 | 4.08 | 390 | 317 | t r | 390 | 317 | 1.35 | 6.50 | 337 | 175 | 132 | 128 |
| | 敬美層 | 凝灰岩 | 一関市山谷 | 7.40 | 6.13 | 4.68 | 240 | 205 | 17 | 223 | 188 | 2.21 | 1.30 | 196 | 190 | 30 | 112 |
| | 山津田層 | 泥岩 | 零石町山津田 | 5.23 | 4.13 | 4.96 | 28 | 7 | t r | 28 | 7 | 9.18 | 1.73 | 277 | 334 | 103 | 64 |
| | 下蘆江層 | 頁岩 | 胆沢町石刈 | 7.13 | 6.66 | 7.52 | 188 | 57 | 3 | 185 | 54 | 0.76 | 1.36 | 908 | 213 | 32 | 70 |
| | 入畑層 | 頁岩 | 和賀町入畑 | 7.73 | 6.03 | 6.55 | 137 | 23 | 3 | 114 | 20 | 4.53 | 1.07 | 337 | 418 | 462 | 468 |
| | 花山層 | 砂岩 | 湯田村中村 | 7.40 | 5.55 | 7.12 | 130 | 46 | t r | 130 | 46 | 2.97 | 2.86 | 273 | 418 | 35 | 53 |
| | 大石層 | 凝灰岩 | 湯田村大石 | 7.10 | 6.40 | 7.90 | 266 | 45 | 3 | 263 | 42 | 7.50 | 8.18 | 307 | 2,790 | 41 | 17 |
| 小出川層 | 頁岩 | 胆沢町石刈 | 7.62 | 6.65 | 7.12 | 129 | 24 | t r | 129 | 24 | 4.05 | 4.34 | 654 | 1,710 | 165 | 40 | |
| 荒屋層 | 凝灰岩 | 安代町荒屋 | 8.10 | 6.90 | 7.22 | 116 | 32 | t r | 116 | 32 | 2.86 | 3.70 | 1,457 | 859 | 70 | 35 | |
| 田山層 | 頁岩 | 安代町田山 | 7.18 | 7.05 | 6.65 | 143 | 110 | t r | 143 | 110 | 2.16 | 1.50 | 456 | 281 | 97 | 61 | |
| 佐比内層 | 凝灰岩 | 安代町佐比内 | 6.95 | 6.57 | 7.44 | 310 | 260 | 17 | 293 | 243 | 8.04 | 4.22 | 1,624 | 1,110 | 150 | 51 | |
| 未の松山層 | 凝灰岩 | 二戸市斗戸 | 6.93 | 6.30 | 7.62 | 18 | 10 | t r | 18 | 10 | 12.15 | 4.25 | 1,863 | 1,505 | 534 | 72 | |
| 四ツ役層 | 頁岩 | 二戸市四ツ役 | 7.33 | 6.90 | 8.10 | 82 | 47 | 13 | 59 | 34 | 7.29 | 3.70 | 789 | 1,079 | 590 | 269 | |
| (新)古第三系 | 名目入層 | 砂岩 | 岩泉町小川 | 7.50 | 6.30 | 7.08 | 102 | 46 | t r | 102 | 46 | 4.70 | 3.79 | 112 | 985 | 40 | 51 |
| | 港層 | 粗砂岩 | 野田村港 | 6.77 | 6.15 | 6.50 | 33 | 25 | t r | 33 | 25 | 2.10 | 0.61 | 234 | 304 | 85 | 95 |
| | 久喜層 | 細砂岩 | 野田村久喜 | 6.43 | 5.70 | 6.60 | 225 | 217 | t r | 225 | 215 | 5.13 | 2.98 | 228 | 730 | 58 | 123 |
| 新(古)生界 | 堆積岩 | 頁岩 | CLARKE ²²⁾ | | | | 312 | | | | | | | | | | |
| | 堆積岩 | 頁岩 | WINOGRADOV ²³⁾ | | | | 300 | | | | | | | | | | |
| | 土壌 | | " | | | | 85 | | | | | | | | | | |



第3図 岩手地方における新第三系の分布と強酸性硫酸塩土壌の素因をもつ地層の分布

特に新第三系岩のかかる性質をもつ母材は、硫黄含量が極めて高く、 H_2O_2 酸化後の pH が 2.5 ~ 2.0 と極強酸性を示すことが特異的で、最高は有賀炭層の王水可溶性 S 1,892 mg% で H_2O_2 - pH 2.0 を示した。そしてこの強酸性は、油島層・下黒沢層等のように酸化処理前から強酸性を呈する母岩と、門の沢層・湯本層等のように酸化処理によってはじめて強酸性を発現してくる母岩とがある。岩質では泥岩・頁岩質が砂岩質より概して強酸性化する。また硫黄含量がやや高くても塩基含量が相対的に大であれば酸化処理によってもあまり pH が低下しなかったり、この逆の場合を示す地層の母材もある。

また、層位別では、第3表に示すように、中新統では概して強酸性の素因をもつ地層の層厚が大であるが、鮮新統では層厚の狭い範囲に S が高濃度に認められることもある。これは地史的・地域的な堆積様相が異なることによるものであると考えられる。

このように種々の要因によって強酸性発現の様相が少しく変動するが、一般に硫黄含量が顕著に

第3表 層位による新第三系岩の硫黄含量と酸性度

| 地史 | 地層 | 場所 | 層厚 | 岩質 | pH | | | S | | | | | C I |
|-------------|------|------------|-------|-------|-------------|----------|---------------|--------|--------------|------------|--------|--------|-----|
| | | | | | H_2O - pH | KCl - pH | H_2O_2 - pH | 王水可溶-S | H_2O_2 - S | H_2O - S | 可酸化性-S | 易酸化性-S | |
| 新第三系 鮮新統 | 金沢層 | 花泉町 金沢 | ~2.5 | 砂岩 | 5.63 | 4.40 | 4.22 | 69 | 23 | tr | 46 | 23 | 33 |
| | | | ~4.2 | 細砂岩 | 2.70 | 2.50 | 2.36 | 1,572 | 1,569 | 617 | 955 | 952 | |
| | | | < | 粗砂岩 | 5.30 | 4.95 | 4.50 | 74 | 8 | tr | 66 | 8 | |
| | 油島層 | 花泉町 蝦島 | ~6.4 | 褐色土 | 5.40 | 4.35 | 4.02 | 23 | tr | tr | 23 | 0 | 6 |
| | | | ~13.0 | 灰緑砂岩 | 3.40 | 3.51 | 3.03 | 357 | 334 | 3 | 354 | 331 | |
| | | | ~18.0 | 灰色細砂岩 | 2.83 | 2.70 | 2.30 | 1,534 | 1,335 | 374 | 1,116 | 961 | |
| | | | < | 青灰頁岩 | 2.70 | 2.55 | 2.08 | 1,803 | 1,585 | 457 | 1,346 | 1,128 | |
| | 有賀層 | 花泉町 小山沢 | ~1.8 | L | 5.19 | 4.82 | | | | | | | 44 |
| | | | ~2.7 | SL | 5.66 | 4.65 | | | | | | | |
| | | | ~5.3 | S | 5.50 | 4.33 | 3.87 | 33 | 4 | tr | 33 | 4 | |
| ~6.3 | | | S | 6.98 | 6.36 | | | | | | | | |
| ~7.8 | | | CL | 4.90 | 4.02 | | | | | | | | |
| ~9.0 | 泥岩 | 2.75 | 2.59 | 2.00 | 1,892 | 1,719 | 611 | 1,281 | 1,108 | | | | |
| 中新統 | 下黒沢層 | 一関市 下黒沢 | ~2.0 | 火山性岩 | 5.80 | 5.18 | 5.68 | 7 | 7 | tr | 7 | 7 | 15 |
| | | | ~4.0 | 細砂岩 | 7.30 | 7.10 | 6.20 | 320 | 294 | tr | 320 | 294 | |
| | | | ~5.8 | 頁岩 | 3.60 | 3.29 | 2.77 | 830 | 601 | 100 | 730 | 501 | |
| | | | ~7.1 | 細砂岩 | 3.68 | 3.33 | 3.04 | 532 | 344 | 13 | 519 | 331 | |
| | | | < | 砂岩 | 7.10 | 6.80 | 6.85 | 284 | 267 | tr | 284 | 267 | |

大であると、ほとんどすべて H_2O_2 -pHが3.5以下の強酸性を呈し、硫黄含量が低減するに従って H_2O_2 -pHの変動巾が大きくなりpH 3.5前後をふれるので判定が困難になるが、これを硫黄含量の程度によって整理すれば第4表のように王水可溶性S 300 mg%~400 mg%程度から H_2O_2 -pH 3.5以下を示すようになり、この範囲では両者が共存しうるが、400 mg% S以上になるとほとんどの堆積岩が H_2O_2 -pH 3.5以下を示してくる。

すなわち、塩基含量が少~中の領域において王水可溶性Sがおよそ400 mg/100g以上(SO_3 として1,000 mg/100g以上)含むものが強酸性硫酸塩土壌になりうる母材といえる。

この強酸性硫酸塩土壌については、可酸化性Sについて論ずべきであるが、これは水溶性Sを除外して示しており、新第三系岩の碎屑土壌におい

ては、この水溶性Sが可酸化性Sの $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 量の多きに達するものがあり除外し無視できないこと、かつその検出量の中がtraceから数百ミリグラムの間とばらつきが大きく一定の傾向性を示さないうえ、水溶性S含量の多い場合には大部分 SO_4^{2-} として存在していて当然これも酸性化に関与するので、考慮に入れなければならないこと、また可酸化性Sは経年の酸化的な耕地化によりそのほとんど全量が土壌の酸性化に逐次関与してくるので勿論これは考慮に入れられるべきこと、これらの諸点より、水溶性Sと可酸化性Sとを併せて考察することが合理的であると思料される。よって、水溶性S+可酸化性S=王水可溶性Sであるので、前述のように王水可溶性Sにまとめて新第三系強酸性硫酸塩土壌の所含硫黄化合物による酸性化の問題を考察したものである。

第4表 新第三系堆積岩の硫黄含量と酸性度(主領域)および強酸性硫酸塩土壌との関係

| 項 目 | | 領 域 関 係 | | | | | | | |
|--------|-----------------------|---------------|---------|---------|---------|------------------|--------------------|------------|-------------------------|
| | | 80 | 200 | 300 | 400 | 600 | 800 | 1,000 mg S | |
| S | 王水可溶性S mg/100g | > 80 | 80 < | 200 < | 300 < | 400 < | 600 < | 800 < | 1,000 < |
| SO_3 | 王水可溶性 SO_3 mg/100g | > 200 | 200 < | 500 < | 750 < | 1,000 < | 1,500 < | 2,000 < | 2,500 < |
| pH | H_2O_2 処理後 pH (主領域) | ~ 5.5 ~ | ~ 5.0 ~ | ~ 4.5 ~ | ~ 4.0 ~ | ~ 3.5 ~ | ~ 3.0 ~ | ~ 2.5 ~ | ~ 2.0 ~ |
| 堆積岩 | 新 第 三 系 | 一般の堆積岩 共存域 | | | | 強酸性硫酸塩土壌になりうる堆積岩 | | | |
| 土 壌 | | 一般の土 壤 | 酸性土 壤 | 共存域 | | 強酸性硫酸塩土 壤 | | | |
| 堆積岩 | 新 第 三 系 | 鮮新統 | | | | 本 畑 層 | | | 油 島 層 有 賀 層 金 沢 層 |
| | | 中新統 | | | | 鈴 鴨 層 湯 本 層 | 黒 沢 層 小 志 戸 前 層 | 下 黒 沢 層 | 門 の 沢 層 |

註：塩基含量との相対関係であるので、塩基の含量が少ない領域において、これらの“領域関係”が成り立つ。

5) 重金属類の含量

新第三系の岩石の碎屑物は、新鮮な母材の含有成分が直接農業生産に関与してくるので、有害成分の有無を検討する必要があり、特に重金属等は作物栽培上、さらにはそれが経口的に人体に入ってくるのでその保健衛生上重要な問題となるので、その碎屑土壌の重金属含量を分析調査し検討を加

えた。

試験方法

i Cu・Zn・Cd・Pb 農用地土壌汚染防止調査³⁰⁾の分析法に準じ、新第三系岩を粉碎して細土とした試料について、細土10gに0.1N-HCl 150ml加え、1時間振盪後乾燥濾紙にて濾過し、濾液について原子吸光法によりそれぞれの重金属成分を

定量した。

ii As 同上に準じ、³¹⁾ 細土10gに1N-HCl 50mlを加え、30分振盪後乾燥濾紙にて濾過し、濾液についてAsをジエチルジチオカルバミン酸銀ピリジン溶液に砒化水素として導入し吸収させたのち、その発色した赤紫色を比色法により530m μ にて比色定量した。

試験結果

新第三系の堆積岩は、その成因上生成条件・堆積環境等により重金属類を含有することがあるので、農業上有害な成分の検討は必須である。それで農業上特に問題とされるCu・Zn・Cd・Pb並びにAsについて検討した結果、第5表に示すごとくそれぞれ一般の耕地土壌に比し含有量に多寡はあったが、農業公害の規準値を超えるものは、本調査の範囲では無かった。

すなわち、Cuは一般的に耕地土壌より低含量で、Pbも同等かやや低く、Cdも2、3の例外はあるがやや低い含量が示された。なおZnは強酸性硫酸塩土壌の素因をもつ地層の母材において高濃度であり、硫黄含量が少なく弱酸性～中性の母岩においては耕地土壌なみの低含量であるが、しかしその高濃度領域でも特に問題となる濃度ではない。Asは酸性の強い母岩において一般に含量が高く、酸性の弱い母岩では明らかに低含量が示された。しかし、これもその高濃度領域においても規準値²⁹⁾より何れも下廻わり、特に問題はないといえる。

よって新第三系岩の砕屑物は、重金属等の含有度においては、農耕地土壌として利用することは、特に問題となることのない母材であると思料される。

第5表 新第三系堆積岩の重金属類の含有濃度

| 試料 | | Cu | Zn | Cd | Pb | As | | | |
|--------------------------|------------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | | | |
| 新第三系 | 新統 | 油島層 | 13.6 | 24.7 | 0.11 | 0.95 | 3.2 | | |
| | | 有賀夾炭層 | 5.8 | 39.4 | 0.75 | 0.95 | 7.6 | | |
| | | 金沢夾炭層 | 8.9 | 39.4 | 1.51 | 1.43 | 8.6 | | |
| | | 本畑層 | 2.6 | 14.4 | 0.29 | 0.71 | 3.8 | | |
| | | 真滝夾炭層 | 11.5 | 15.5 | 0.24 | 3.90 | 3.3 | | |
| | | 芳沢層 | 1.6 | 7.3 | 0.09 | 2.48 | 0.2 | | |
| | | 大平層 | 1.3 | 8.0 | 0.08 | 2.38 | 0.1 | | |
| | | 下斗米層 | tr | 0.1 | 0.19 | 2.38 | 2.1 | | |
| | | 新第三系 | 中統 | 黒沢層 | 1.9 | 18.7 | 0.22 | 0.57 | 3.6 |
| | | | | 下黒沢層 | 5.7 | 24.7 | 0.22 | 0.71 | 3.5 |
| 小志戸前層 | 1.5 | | | 13.5 | 0.02 | tr | 3.2 | | |
| 鈴鴨層 | 0.3 | | | 9.0 | 0.10 | 4.52 | 2.0 | | |
| 門の沢層 | tr | | | 5.8 | 0.31 | 3.33 | 1.4 | | |
| 湯本層 | 1.9 | | | 9.9 | 0.16 | 2.86 | 1.9 | | |
| 鱒沢層 | 1.4 | | | 4.3 | 0.01 | 0.71 | 3.3 | | |
| 瑞山層 | 1.2 | | | 5.7 | 0.08 | 1.90 | 0.2 | | |
| 巖美層 | 1.0 | | | 10.1 | 0.07 | 1.52 | 0.1 | | |
| 田山層 | 0.6 | | | 4.3 | 0.08 | 2.38 | 0.3 | | |
| 平均 ²³⁾ 含有率 | 堆積岩(泥岩・頁岩) | 5.7 | 8 | 0.03 | 2 | 0.3 | | | |
| | 土壌 | 2 | 5 | 0.05 | 1 | 0.5 | | | |
| 北上沖積水田土壌 | | 22.3 | 9.0 | 0.40 | 3.79 | 1.8 | | | |
| 農用地土壌限界濃度 ²⁹⁾ | | > 125 | | | | > 15 | | | |

Ⅲ 新第三系強酸性硫酸塩土壌の特性と改良法

1. 新第三系堆積岩の碎屑土壌の特性

新第三系の堆積岩は、前述のごとく多量の硫黄化合物を含有するものがあり、これの直接的な碎屑による農耕地土壌は、その所含硫黄の酸化によって生成する硫酸によって強酸性を呈し、作物栽培上発芽不能・幼生枯死等の障害を生ずるので、その特性を調査検討した。

1) 災害発生地の実態

花泉町上油田土地改良区において、ブルドーザーリッパー工法にて被害地周辺の丘陵を掘削して区画拡大した水田を造成し、1969年水稻を移植したところ、水稻が黒変して枯死したり、極端な生育不良を来し、殊に夏季高温の頃になるに従い葉身に褐色の斑点を生じ、茎葉が壊死し節ぐされを生じ、根も黒化して根ぐされをし、全く機能を失い、このために登熟は極不良となり大巾な減収が予測されるに至り、緊急の調査検討をした。

調査方法

現地土壌調査・水稻調査・周辺母材調査並びに分析調査を実施 花泉町上油田地区(1969年) 強酸性硫酸塩土壌改造試験における測定法をまとめて示す。

測定・分析法

- i pH $H_2O - pH \cdot KCl - pH \cdot H_2O_2 - pH$ 前掲、II-2-4) 項に示した。
- ii Eh 6 湿土について白金電極を用い酸化還元電位を測定し、pH 6の電位に換算しEh 6として表示。
- iii S 王水可溶性S・水溶性S ($H_2O - S$)・過酸化水素処理土S ($H_2O_2 - S$)・可酸化性S・易酸化性S 前掲、II-2-4) 項に示した。
- iv Cl 1:10水溶液について、銀電極を用い0.1N硝酸銀による電位滴定法による。
- v 置換酸度 1:2.5容1N-KCl浸出液について1.25容とり0.1N NaOHで滴定し、その値を y_1' とする。別に同様に1:2.5容水浸出液についてその1.25容分をとり0.1N NaOHで滴定し、Aとする。これは SO_4^{--} 等に起因する水溶酸である。したがって、酸度 $y_1 = y_1' - A$ である。強酸性硫酸塩土壌は鉍質酸性土壌であるので、KAPPEN法により置換酸度は $3.5 y_1 =$

$3.5 (y_1' - A)$ として示される。また、水溶性酸度は $2A$ である。従って、全酸度 $= 3.5 y_1 + 2A$

vi $NH_4 - N$ 原土1:10容1N-KCl浸出液について沈降炭酸マグネシウムを用いるキエールダール窒素蒸溜法により定量、別に原土の水分を測定し乾土当りとして算出表示する。

vii P_2O_5 原土1:5容1%クエン酸浸出液について60% $HClO_4$ にてboilしクエン酸・有機物着色を分解したのち、モリブデンブルー比色法により定量、乾土当り表示。

viii Fe^{++} 1:25容0.2% $AlCl_3$ 抽出液について $\alpha\alpha'$ ジピリジルによる赤色の発色を比色法により定量。

ix 置換性塩基 pH 7.0、1N- NH_4OAC の1:10容浸出液について、適量稀釈しLaを添加し、原子吸光法によりCa・Mg・K・Naを測定し、酸化物として示す。

Mnは0.2% H_2O_2 含有のpH 7.0、1N- NH_4OAC 浸出液について原子吸光法により測定、 Mn_2O_3 として表示。

FeはpH 4.5、1N- NH_4OAC 浸出液について原子吸光法により測定、 Fe_2O_3 として示す。

x 作物体-N 熱風乾燥粉碎試料を濃硫酸加熱分解後、キエールダール窒素蒸溜法により定量する。

xi 作物体-Si 過塩素酸分解不溶の珪酸を濾紙上にあつめ、灼熱し重量法により定量。

xii 作物体-P $HClO_4$ 分解液についてモリブデンブルー比色法によりPを定量。

xiii 作物体のK・Ca・Mg・Fe・Mn $HClO_4$ 分解液にLaを添加し、原子光法により測定。

xiv 作物体のS $HClO_4$ 分解液についてBa Cl_2 -ゼラチン試薬による $BaSO_4$ 比濁法によりSを定量。

調査結果

災害発生地の土壌の特性を第6表に示す。

土壌のpHは、極めて強酸性を呈したので、母岩を調べたところ、母材が極度の強酸性岩で大量の硫黄分が検出された。この母岩は調査の結果、新第三系中新統下黒沢層の細砂岩であることが判明した。この母岩の硫黄化合物が酸化されて硫酸を生じ土壌が強酸性を呈し、水稻が枯死したもの

であることが確認された。このときの母岩の pH は 2.7、土壌の pH は 2.8 であった。そしてこの土壌を過酸化水素で酸化処理すると更に pH は強

酸性側にすすみ、母岩で 2.2、土壌で 2.3 を示した。すなわちさらに多くの易酸化性硫黄が存在することが知られた。

第 6 表 災害発生地の土壌の特性 (岩手県花泉町上油田地区)

(1969)

| 圃 場 | 層位 | 深さ | 土 性 | 土 色 (原 土) | 原土 pH | | 風乾土 - pH | | | 置換酸度 (3.5 y ₁) |
|---------|----|-------------------|-----|------------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | H ₂ O -pH | KCl -pH | H ₂ O -pH | KCl -pH | H ₂ O ₂ -pH | |
| 上油田46号田 | 1層 | ~13 ^{cm} | SiL | 2.5 GY ⁵ / ₁ | 3.45 | 3.10 | 3.03 | 2.84 | 2.32 | 164.1 |
| | 2層 | ~36 | Si | 7.5 GY ⁴ / ₁ | 3.50 | 3.30 | 3.02 | 2.84 | 2.27 | 112.1 |
| | 3層 | < | SiL | 7.5 Y ⁶ / ₄ | 4.80 | 4.12 | 3.07 | 2.83 | 2.50 | 87.4 |
| 44号田 | 1層 | ~18 | SiL | 2.5 GY ⁵ / ₁ | 3.82 | 3.48 | 3.30 | 3.03 | 2.70 | 112.5 |
| 42号田 | 1層 | ~17 | SiL | 7.5 Y ⁶ / ₂ | 3.80 | 3.30 | 3.20 | 2.98 | 2.52 | 108.6 |
| (健)49号田 | 1層 | ~18 | CL | 2.5 Y ⁷ / ₂ | 5.25 | 4.63 | 6.80 | 4.17 | 3.60 | 51.4 |
| 母 岩 | | | 細砂岩 | 7.5 GY ⁴ / ₁ | | | 2.90 | 2.72 | 2.20 | 105.4 |

| Cl- | S | | | | | 塩 基 | | | | | |
|------|------------|-------------------------------------|------------------------|------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------------------|-------------------------------|
| | 王水可 溶-S | H ₂ O ₂ -S | H ₂ O -S | 可酸化 性-S | 易酸化 性-S | 王 水 可 溶 | | | | | H ₂ O ₂ |
| | | | | | | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O | |
| mg % | mg % | mg % | mg % | mg % | mg % | % | % | mg % | mg % | mg % | mg % |
| 29 | 717 | 584 | 274 | 433 | 310 | 3.51 | 3.24 | 138 | 745 | 72 | 118 |
| 24 | 1,045 | 834 | 307 | 738 | 527 | 3.51 | 3.27 | 396 | 988 | 73 | 141 |
| 19 | 540 | 501 | 190 | 350 | 311 | 4.16 | 3.67 | 1,337 | 859 | 58 | 103 |
| | 359 | | | | | | | | | | |
| 28 | 359 | 300 | 80 | 279 | 220 | 3.50 | 3.64 | 337 | 788 | 55 | 81 |
| 30 | 407 | 327 | 140 | 267 | 187 | 4.10 | 3.18 | 333 | 886 | 55 | 115 |
| 10 | 21 | 13 | tr | 21 | 13 | 6.15 | 3.76 | 378 | 699 | 53 | 52 |
| 15 | 944 | 868 | 260 | 684 | 608 | 3.72 | 2.83 | 527 | 943 | 70 | 167 |

2) 強酸性硫酸塩土壌の酸性の改良

酸性硫酸塩土壌は、客土をしたり除塩等により塩分、酸類を流去してから中和改良することが適切であるが、当地帯は溜池用水地帯で十分な除塩用水をえられず、ブルドーザー転圧にて透水性も小さく、除塩が困難であったので、石灰中和法のみでの酸性の改良法について検討をした。

試験方法

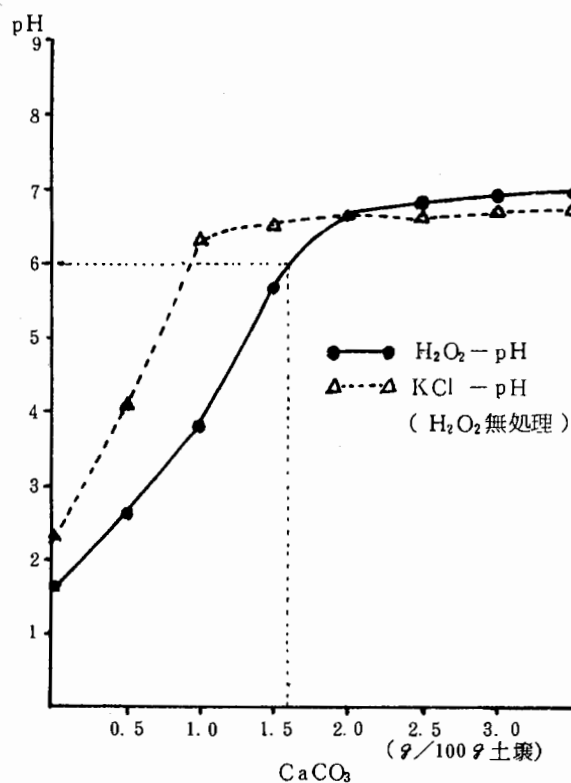
緩衝曲線法による中和石灰量²⁶⁾ 上油田土壌を供試し土壌10gに炭酸カルシウム0.05~0.5gの各区、水酸化カルシウム0.05~0.5gの各区をつくり、それらを水添加の系列と過酸化水素処理の系列とをそれぞれ設け、水分を2.5倍量

にし、24時間放置後3時間振盪し、エアレーション後ガラス電極にてpHを測定し、緩衝曲線をえがいて、その曲線より中和石灰量を求める。

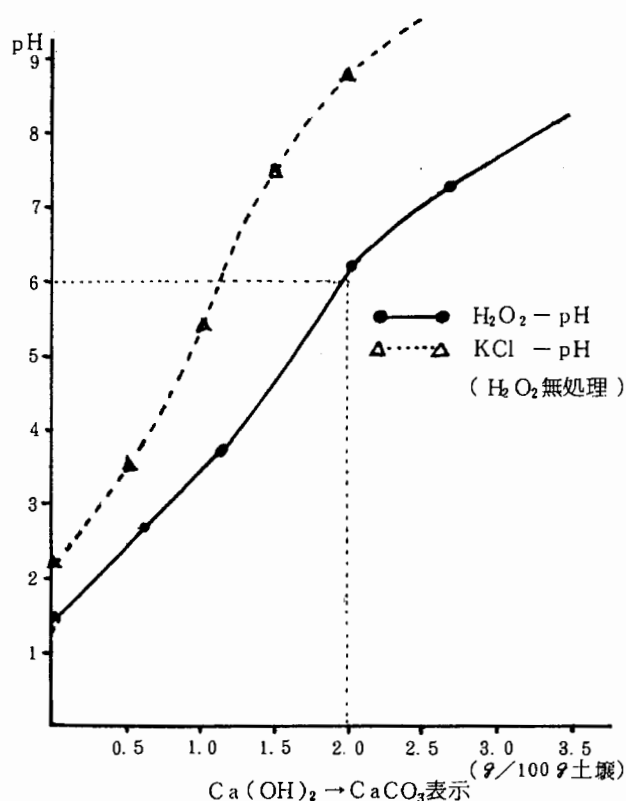
原法は0.1N Ca(OH)₂溶液を加える方法であるが、このCaCO₃やCa(OH)₂の溶解度が小さく、強酸性硫酸塩土壌の酸性の中和曲線を求めるには添加液量を一定にしてのpH測定が不可能であったので、水分倍率を一定にしてpHを測定する必要上石灰分は微粉末のまま上皿直示天秤で0.001g精度で各所要量を添加する方法に改めた。

炭酸カルシウムと水酸化カルシウムとの緩衝曲線のちがいは第4図に示すように、炭酸カルシウムではpH7.0~7.5ぐらいより高いpHにはほとんど全くならないが、水酸化カルシウムではその添加量

その1 炭酸カルシウムによる緩衝曲線



その2 水酸化カルシウムによる緩衝曲線



第4図 緩衝曲線法による中和石灰量

の増量に従いpH 11以上の強アルカリ側までpHが上昇することである。また、水酸化カルシウムは炭酸カルシウムよりアルカリ度が大きいので、土壌の酸性の中和量を炭酸カルシウムに換算すると炭酸カルシウムによる緩衝曲線によるよりも少しく大きい値を示す。

未酸化の原土壌そのままでは中和石灰量は多くないが、過酸化水素処理により易酸化性硫黄の酸化をすすめ、硫酸の生成を促進増大させれば中和石灰量は大巾に増大する。

ここで第4図から、土壌pHを6.0に中和するに要する石灰量は、H₂O₂-pHから炭酸カルシウム法で1.6 g / 100 g、水酸化カルシウム法によるCaCO₃換算量で2.0 g / 100 gである。この土壌改良には表土20cm深以上の土壌を改良する必要があるため、いま深さ20cmの耕土を中和改良するには、湿土の仮比重が1.0～1.3程度であるので(土壌の物理性の項より)これを1.0として、10aでは200 tonになるので、炭酸カルシウム法による中和石灰量は3,200 Kg / 10 a、水酸化カルシウム法による炭酸カルシウム所要量は4,000 Kg

/ 10 aとなる。

とくに新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌においては、含有硫化物の酸化が過酸化水素の酸化力のみでは充分でないことがあり、未反応の可酸化性硫黄が実際の圃場において徐々に酸化してくることがあるので、石灰施用量は多い方がよく、これらのことから緩衝曲線は水酸化カルシウム法が優れているといえる。

石灰の種類については、中和力は水酸化カルシウムの方が大であるが、土壌pHが極大値を示さずにアルカリ側にまで上昇するので、過大施用や局部的過用のとき危険なことから、実際の圃場では硫酸と反応して硫酸カルシウム水加物の塊状の固形物を生じて土壌の物理性を悪化することとで不適である。それに対し炭酸カルシウムは土壌pHがアルカリ側にほとんど傾かず、土壌中でも全く固形物を生じないので、酸性硫酸塩土壌の改良資材として全く好適する。

以上のことから新第三系の強酸性硫酸塩土壌の酸性の中和改良には、水酸化カルシウム粉末添加緩衝曲線法により中和石灰量を求め、実施する中

和石灰は 1.35 倍して炭酸カルシウム肥料で施用することが適当であると解された。

2. 新第三系強酸性硫酸塩水田土壌の特性とその改良

新第三系堆積岩の碎屑土壌において、水稻の顕著な枯死現象が発生したので、この碎屑土壌の酸性の程度と水稻の生育について予め検討し、さらに現地において土壌改造試験を実施し、改良対策を検討した。

1) 新第三系岩碎屑土壌の酸性の程度と水稻の生育

試験方法

1969～1970年 バイオトロンにおいて 1/5,000 a ポットを用い、原土壌および母岩（碎屑物）を、各々の pH を消石灰にて段階別に中和して各 pH 別の区を設け、水稻トヨニシキを移植して生育の程度を調査

中新統下黒沢層 供試

試験結果

pH はポットのまま測定したので H_2O-pH にて測定し表示した。これによれば、第 7 表に示す如く原土壌および母岩のままでは何れも数日にして枯死してしまった。pH 3.7 でも同様に 4.0 以下では遅速はあれ、いずれ枯死してしまう。pH 4.4～4.5 以上でどうやら活着するが、その程度の pH では分けつはせず短稈で生育少々不良である。 H_2O-pH 4.5 から 5.0 に上昇するに従い漸く生育が良化し、pH 5.5 前後で最も水稻の生育が旺盛で良好であり、石灰の極端な多用の影響も特に認められないようである。そしてその生育好適限界は pH 5.5～6.0 ぐらいである。pH が 6.0 を超えて 6.5 とか中性側に近づくとまた生育の抑制が認められてき、生育が劣ってくるようになる。

第 7 表 土壌の酸性の程度と水稻生育（ポット試験）

（1969～1970年）

| No. | 計 画 H_2O-pH | 原 土 壌 | | 母 岩 | |
|-----|------------------|------------------|------------|------------------|---------|
| | | 実 測 H_2O-pH | 水稻の生育状況 | 実 測 H_2O-pH | 水稻の生育状況 |
| 1. | 原 土 | 3.4 | 枯 死 | 3.2 | 枯 死 |
| 2. | 3.8 | 3.7 | 枯 死 | 3.7 | 枯 死 |
| 3. | 4.0 | 3.9 | 10日後枯死 | 4.0 | 1カ月後枯死 |
| 4. | 4.3 | 4.2 | 1カ月後枯死 | 4.4 | 生育不良 |
| 5. | 4.5 | 4.4 | 生育不良・分けつせず | 4.5 | 生育少々不良 |
| 6. | 4.8 | 4.8 | 生育少々不良 | 4.6 | 生育少々不良 |
| 7. | 5.0 | 4.9 | 生育少々不良 | 5.0 | 生育少々良 |
| 8. | 5.5 | 5.4 | 生育良好 | 5.4 | 生育良好 |
| 9. | 6.0 | 6.1 | 生育良 | 6.5 | 生育少々不良 |

このように水稻は、明らかに土壌の強酸性側において枯死し、pH の調節のみによっても相当の生育の良化を期し得、障害も特に無く、新第三系強酸性硫酸塩土壌の改良に実用的な方法が見出された。

なお、中和に用いる石灰の形態は、前述のごとく pH の上限が 7 以下で過用の危険が少なく、土壌の物理性を劣悪化しない炭酸カルシウムが好適することが同時に知られた。

2) 新第三系強酸性硫酸塩水田土壌の土壌改造

試験方法

1971～1973年 花泉町上油田土地改良地区 36 号田現地水田土壌改造試験

試験結果

(1) 水田土壌酸性の矯正度

第 1 年度の春季に耕起後、緩衝能法による中和曲線で求めた中和石灰量を目的にし等差級数的各施用段階を設けて土壌改造用の炭酸石灰を施用した。その後植代かきをし、pH を測定したところ第 9 表に示すごとく、原土は pH 2.6 で炭酸石灰 500 Kg の施用では pH (KCl) 4.2 前後を示し、まだあまり改良されず 2,000 Kg 施用で pH (KCl) 6.0 をこえた。しかし時日の経過とともに低石灰領域では pH が戻って酸性化する傾向が認められ、初年度の跡地では炭酸石灰 500 Kg 区では pH (KCl) 3.1、同じく 1,000 Kg 区で pH (KCl) 4.1 程度に酸性側に戻っており、炭酸石灰 3,000 Kg 以

第8表 水田土壌改造の試験条件

(10a 当り)

| 区名 | 炭酸石灰 Kg | 堆肥 Kg | 無硫酸根肥料 尿素・熔燐・塩加 | N | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | 備考 |
|-------------------|------------|----------|--------------------|----------|----------|-------------------------------|------------------|---|
| | | | | 基肥 Kg | 穂肥 Kg | 基肥 Kg | 基肥 Kg | |
| 1. 原土区 | 0 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | 炭酸石灰 第1年度(1971)施用 第2年度(1972)残効 第3年度(1973)残効 無硫酸根肥料毎年施用 水稻トヨニシキ成苗移植 第1年度22.2株/m ² 第2、3年度27.3株/m ² 1区31.5m ² 2連制 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 500 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 1,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 2,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 3,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 4,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 5,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 3,000 | | | 8 | 2 | 12 | 8 | |
| 9. 堆肥加用区 | 3,000 | 1,500 | | 8 | 2 | 12 | 8 | |

第9表 土壌改造による水田土壌の酸性度

| 区名 | 原土 KCl-pH | | | | | | | 風乾土 KCl- | |
|-------------------|--------------|------|--------|----------|------|----------|------|----------|--------|
| | 第1年度(炭酸石灰施用) | | | 第2年度(残効) | | 第3年度(残効) | | 第1年度 | 第2年度 |
| | 施用前 | 移植期 | 最高分けつ期 | 移植期 | 幼形期 | 移植期 | 幼形期 | 跡地 | 跡地 |
| | '71.4.26 | 6.1 | 7.8 | '72.5.30 | 7.12 | '73.5.28 | 7.8 | '71.10 | '72.10 |
| 1. 原土区 | 2.79 | 2.60 | 3.15 | 2.75 | 2.81 | 2.83 | 2.90 | 2.89 | 2.92 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 2.73 | 4.17 | 3.90 | 3.35 | 3.19 | 3.10 | 3.30 | 3.11 | 3.11 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 2.90 | 5.82 | 5.50 | 4.30 | 3.32 | 3.23 | 3.35 | 4.07 | 3.55 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 2.88 | 6.10 | 6.40 | 4.65 | 4.60 | 4.20 | 4.18 | 5.30 | 4.88 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 2.85 | 6.60 | 6.80 | 6.20 | 6.09 | 5.95 | 5.82 | 6.08 | 5.70 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 2.73 | 6.38 | 6.31 | 6.30 | 6.25 | 6.10 | 6.15 | 6.10 | 6.03 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 2.79 | 6.40 | 6.30 | 6.35 | 6.40 | 6.30 | 6.37 | 6.30 | 6.20 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 2.80 | 6.52 | 6.58 | 6.35 | 6.30 | 6.13 | 6.20 | 6.40 | 6.20 |
| 9. 堆肥加用区 | 2.90 | 6.70 | 6.20 | 6.15 | 6.35 | 6.10 | 6.13 | 6.25 | 6.20 |

| 区名 | pH | 置換酸度 (3.5 y ₁) | | | | |
|-------------------|--------|----------------------------|-------|--------|--------|--------|
| | 第3年度 | 第1年度 | | | 第2年度 | 第3年度 |
| | 跡地 | 施用前 | 移植期 | 跡地 | 跡地 | 跡地 |
| | '73.10 | '71.4 | '71.6 | '71.10 | '72.10 | '73.10 |
| 1. 原土区 | 2.98 | 130.2 | 112.2 | 156.7 | 126.8 | 128.5 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 3.20 | 126.8 | 31.0 | 96.8 | 103.7 | 109.1 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 3.33 | 135.1 | 2.9 | 6.9 | 35.1 | 65.1 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 4.23 | 131.0 | 1.8 | 0.9 | 1.8 | 4.3 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 5.58 | 112.2 | 0.9 | 0 | 0.9 | 0 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 5.95 | 118.8 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 6.10 | 105.1 | 0.9 | 0 | 0 | 0 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 6.10 | 106.0 | 1.8 | 0 | 0 | 0 |
| 9. 堆肥加用区 | 6.04 | 108.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |

上でようやく pH(KCl) 6.0 以上を継続していた。しかし、第2年度には僅かながら更に pH が低下し、跡地では炭酸石灰 1,000 Kg 区までは pH 3.6 と水稻の枯死する pH まで酸性に戻っており、3 年持続した中和効果を示したのは炭酸石灰 4,000 Kg またはそれ以上の石灰施用の条件下においてであった。

また、置換酸度をみると、中和処理前は各区とも 3.5 y, 100 以上と大きな酸度を示したが、炭酸石灰施用後植代かきをしてよく攪拌混合し反応せしめた後は 1,000 Kg 区ですでに 3.5 y, 3 前後と大巾に低下してきている。しかし、これも経年とともに再び復原してくる傾向がみられ、炭酸石灰 500 Kg 区や 1,000 Kg 区では 3 年後まで逐次酸度が大きくなってきた。炭酸石灰 2,000 Kg 区では少しく増大するのみである。同じく炭酸石灰 3,000 Kg 区以上では置換酸性の復原はみられず、よく中和されていることが知られた。

以上のことから、新第三系堆積岩に起源する強酸性硫酸塩土壌である上油田土壌の中和改造には、

pH および置換酸度の両面からみて、炭酸石灰 3,000 Kg / 10 a 以上の施用が持続性ある酸性の中和改良に必要であることが知られた。

(2) 水田土壌の動態

水田期間中の動態は、第10表にみられるように NH₄-N は当初は各区とも 8~9 mg 検出されたが、炭酸石灰の増施による水稻の生育良化に伴い土壌中の NH₄-N は逡減し、7月下旬の生殖生長転換期以降は、1 mg ないしそれ以下に減少し、有機物もほとんどないため土壌窒素の放出もなく、追肥窒素に依存するタイプの NH₄-N の推移を示した。P₂O₅ はあまり還元がすすまないことと、石炭の多量施用の故もあって経日とともにわづかながら検出量が低減してきている。熔磷施用の無硫酸根肥料区や堆肥加用区は僅かに高い P₂O₅ 量が示されている。

Fe⁺⁺ は当初はあまり生成されないが夏季高温に向うに従って増大する傾向をとり、さらに石灰の増施に従っても増加する傾向を示していることが特徴的である。ただし、有機物が極めて少ない

第10表 水田土壌の動態 (第1年度)

(1971)

| 区 名 | NH ₄ -N | | | | | P ₂ O ₅ | | |
|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|------------|------------|
| | 6. 1 | 6. 22 | 7. 8 | 7. 22 | 8. 16 | 6. 1 | 6. 22 | 7. 8 |
| 1. 原 土 区 | mg % 7. 4 | mg % 5. 6 | mg % 6. 0 | mg % 4. 6 | mg % 5. 1 | mg % 37 | mg % 22 | mg % 28 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg 区 | 9. 4 | 8. 4 | 4. 4 | 4. 1 | 4. 4 | 32 | 24 | 19 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg 区 | 8. 6 | 4. 4 | 3. 6 | 1. 2 | 1. 1 | 30 | 22 | 17 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg 区 | 8. 9 | 8. 0 | 5. 7 | 1. 3 | 0. 6 | 27 | 22 | 20 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg 区 | 9. 4 | 9. 3 | 4. 9 | 1. 7 | 0. 9 | 22 | 32 | 18 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg 区 | 6. 3 | 5. 2 | 2. 8 | 0. 8 | 0. 9 | 30 | 20 | 17 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg 区 | 8. 8 | 7. 5 | 4. 1 | 1. 7 | 0. 6 | 22 | 20 | 18 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 7. 4 | 4. 3 | 2. 5 | 0. 8 | 0. 8 | 35 | 27 | 22 |
| 9. 堆肥加用区 | 9. 4 | 6. 0 | 3. 5 | 0. 8 | 0. 8 | 35 | 31 | 25 |

| 区 名 | Fe ⁺⁺ | | | | Eh 6 | | |
|--------------------|------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | 6. 1 | 6. 22 | 7. 22 | 8. 16 | 5. 17 | 6. 1 | 6. 22 |
| 1. 原 土 区 | mg % 2 | mg % 11 | mg % 31 | mg % 48 | mV + 567 | mV + 407 | mV + 416 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg 区 | 1 | 14 | 32 | 55 | | | |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg 区 | 3 | 32 | 61 | 115 | + 626 | + 464 | + 352 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg 区 | 4 | 30 | 105 | 118 | | | |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg 区 | 5 | 33 | 90 | 136 | + 584 | + 450 | + 351 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg 区 | 4 | 19 | 76 | 107 | | | |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg 区 | 3 | 19 | 87 | 106 | | | |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 6 | 27 | 108 | 122 | | | |
| 9. 堆肥加用区 | 7 | 23 | 109 | 140 | + 554 | + 445 | + 300 |

ため還元がすすまず Fe^{++} の生成量の絶対量は健全田の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 程度で推移していた。Eh 6は強酸性の原土区は当然ながら中和改良のなされた区もあまり低下せず、すなわち還元が進まなかったことが特異的であった。堆肥加用区でも、その現物の周辺のみ硫化物による黒化がみられるのみで、土壌全般の土色の還元色の進行は初年度は認められなかった。しかし、経年により第3年度になると徐々にその進行が認められるようになってき、落水後の酸化も進行し土色が褐色化してくるようになった。このことは他の無施用区ではみられない現象で、強酸性硫酸塩土壌においてもその熟田化には堆肥の施用が必須であることを示したものである。またかように一般的に強酸性硫酸塩土壌で還元の進行が少ないことは、 Fe^{++} の生成を少なくしている原因となっているといえる。

(3) 水稻の生育・収量性

土壌酸性の矯正の段階の条件別の試験圃場に水稻を移植栽培し、その生育および収量に及ぼす影響を検討した。

その結果、第11表に示すように新第三系堆積岩の碎屑土壌である原土区では、水稻は数日で萎凋し、次第に褐変して枯死してきた。この激甚な水稻の枯死現象は、原土区においては3カ年とも発現した。これに対し土壌改良資材の炭酸石灰の多用に従って土壌pHが中和改善されるに伴い、次第に水稻の生育が良化してくることが明らかに認められた。そのうち炭酸石灰500 Kg区や1,000 Kg区では経年によるpHの低下に伴い水稻の生育量も低下してき、褐変や節ぐされを生じ、根も黒変して根ぐされを生じたりして生育が明らかに不良であった。石灰施用量の多い炭酸石灰3,000 Kg区以上では稈長はあまり区間の差がなく、むしろ抑制気味であったが茎数は少しづつ増大する傾向が認められた。その他の生理障害も特にはみられず、熟田の水稻の生育相と同等で、正常な生育相が示された。

収量性では、水稻の生育量がほぼストレートに影響し、生育旺盛な、炭酸石灰3,000 Kg区以上で高収を示し、最高収量は炭酸石灰4,000 Kg区でえられた。3カ年間の経年でも同様な結果が示された。

また、無硫酸根肥料区は、年次間のふれが少なくいずれも高位収量水準を示し、また堆肥の施用

は初年度はあまり効果がみられないが、経年とともに堆積岩碎屑土壌のいわゆる土壌化作用を促し作土の色もGY系からYR系に変わり、固結性も小さくなり腐植が少しづつ富化し次第に改善されてきており、3年後では615 Kg/10 aの最多収の玄米収量を示してきているので、かようなSの多い土壌でも熟田化には堆肥は必須であるといえる。

このように新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌における水稻作の収量性向上の要因としては、その土壌改造による強酸性の中和改善に伴い、水稻の生育形質の顕著な良化増大とそれによる収量構成要素の各要因の増大によることが明らかに示された。

(4) 水稻の養分吸収

土壌の強酸性の改善による水稻の養分吸収の動向には明らかな特異性が認められる。

すなわち第5図に示すように石灰の多用により生育量が増大することにより乾物重が次第に増大し、Ca・Mnの吸収が著しく増大している。とくに葉身部において著しく、次いで葉鞘にその傾向がみとめられる。Si・Mgにも同様の傾向が明らかにみられる。PおよびKは、稈部および葉鞘において濃度が高まる傾向がみられる。Nは幼穂形成期頃の生育盛期に明らかな吸収の増大傾向が認められる。

それに対し強酸性の母体となっているSの吸収は、石灰中和により急激に低減することが明らかに示され、またFeも土壌のpHがあがるにつれてその吸収が低減してくることが明らかに示された。

このように酸性硫酸塩土壌の酸性の改善により、その土壌pHの段階別により特異的な水稻の養分吸収の傾向性が明らかに認められた。

(5) 水田跡地土壌

土壌の酸性の程度の経年変化については前述したが、土壌の塩基類は土壌改造に伴う石灰の多用により第6図に示すように当然ながらCaOの富化が明らかで K_2O も炭酸石灰2,000~3,000 Kg区までは増大するがその過剰領域では少しく低減してくる。なお、堆肥加用区で K_2O がやや高い含量が示されている。 Fe_2O_3 も石灰増施に伴い検出量が増大してきている。

それに対し、 Mn_2O_3 は逆に低減してくる傾向が明らかに認められる。 MgO は石灰多用領域で

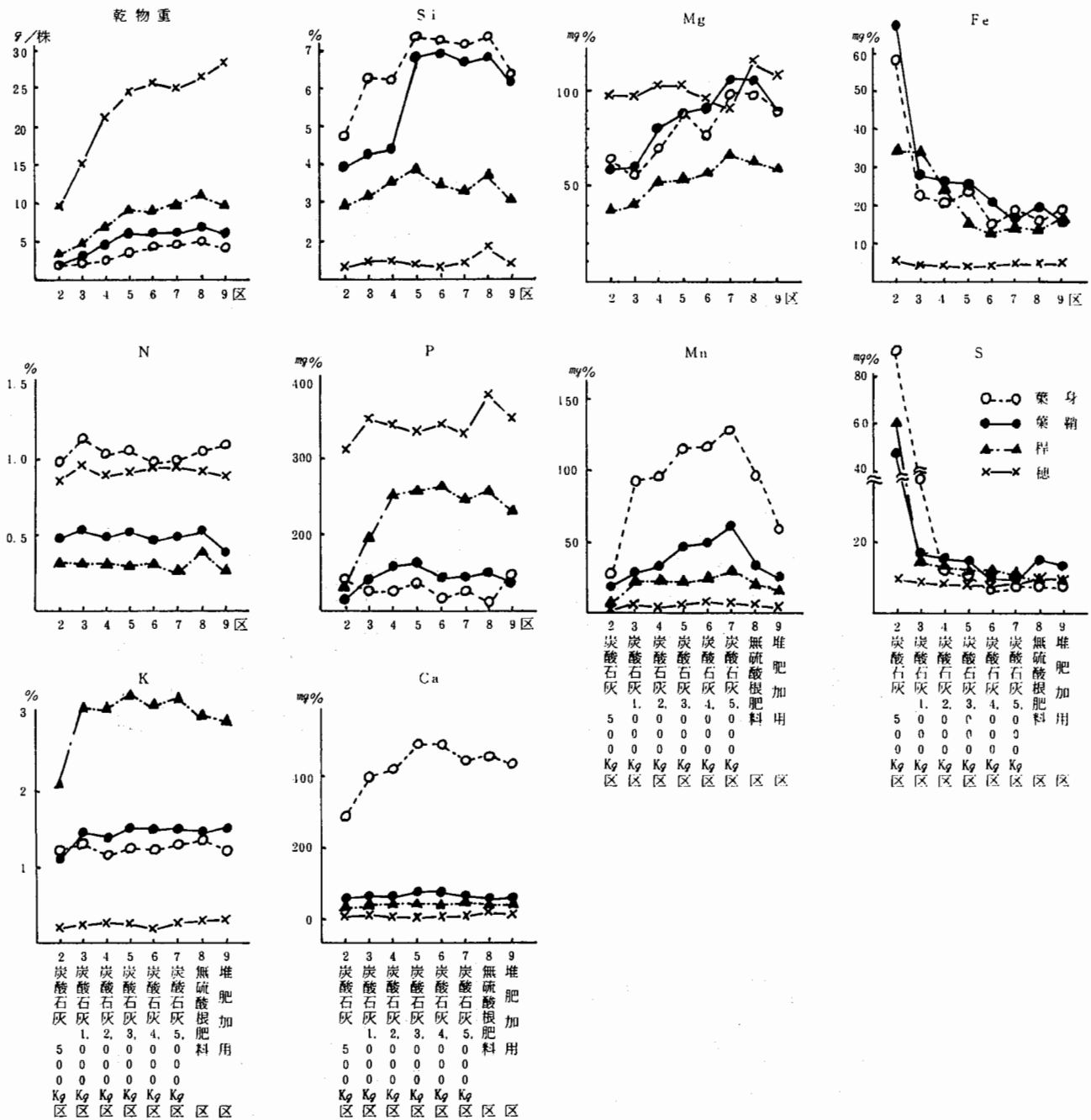
第11表 水稻の経年の収量性

| 区名 | 稈長 | | | m ² 当穂数 | | | 有効茎歩合 | | |
|-------------------|------|------|------|--------------------|------|------|-------|------|------|
| | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 |
| 1. 原土区 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 64.4 | 56.0 | 45.7 | 260 | 142 | 180 | 98.3 | 69.3 | 79.5 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 82.1 | 69.7 | 66.6 | 349 | 300 | 281 | 79.7 | 59.5 | 82.4 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 88.6 | 74.8 | 74.3 | 377 | 325 | 355 | 80.1 | 61.3 | 72.2 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 83.4 | 73.9 | 77.0 | 386 | 328 | 393 | 81.3 | 60.0 | 75.0 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 88.1 | 73.7 | 78.1 | 400 | 333 | 426 | 80.4 | 61.0 | 73.6 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 88.6 | 71.4 | 81.1 | 404 | 349 | 442 | 84.3 | 61.8 | 75.3 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 87.9 | 77.8 | 77.4 | 366 | 368 | 401 | 75.7 | 60.0 | 80.8 |
| 9. 堆肥加用区 | 85.4 | 73.5 | 74.7 | 357 | 346 | 412 | 77.8 | 60.8 | 78.6 |
| (参) 客土区 | — | — | 70.4 | 464 | 337 | 377 | — | — | 75.5 |

| 区名 | わら重 | | | 玄米重 | | | 収量指数 | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 |
| 1. 原土区 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 241 | 144 | 167 | 218 | 123 | 170 | 100 | 100 | 100 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 478 | 438 | 397 | 448 | 440 | 378 | 206 | 358 | 222 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 688 | 499 | 574 | 525 | 473 | 510 | 241 | 384 | 300 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 688 | 536 | 608 | 545 | 495 | 553 | 250 | 402 | 325 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 718 | 521 | 607 | 552 | 508 | 577 | 253 | 413 | 339 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 629 | 511 | 604 | 483 | 492 | 577 | 222 | 400 | 339 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 633 | 579 | 589 | 529 | 578 | 559 | 243 | 470 | 329 |
| 9. 堆肥加用区 | 648 | 490 | 630 | 500 | 493 | 615 | 229 | 401 | 362 |
| (参) 客土区 | 483 | 503 | 499 | 478 | 475 | 406 | 219 | 386 | 239 |

| 区名 | 玄米千粒重 | | | 登熟歩合 | | | 一穂着粒数 | | |
|-------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 | 1971 | 1972 | 1973 |
| 1. 原土区 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 22.3 | 19.9 | 19.7 | 92.0 | 93.7 | 78.8 | 65.7 | 53.8 | 48.9 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 22.8 | 22.4 | 21.6 | 79.3 | 95.4 | 83.5 | 73.5 | 72.3 | 63.1 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 22.1 | 22.6 | 22.2 | 77.1 | 94.7 | 86.1 | 73.8 | 70.9 | 71.0 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 22.2 | 22.7 | 22.5 | 74.8 | 94.2 | 89.0 | 74.6 | 71.4 | 72.2 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 22.1 | 22.8 | 22.3 | 74.7 | 93.0 | 90.4 | 75.4 | 72.0 | 72.8 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 21.6 | 22.8 | 22.2 | 69.3 | 93.8 | 89.7 | 80.3 | 68.2 | 71.6 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 22.2 | 22.8 | 22.5 | 76.0 | 95.0 | 90.2 | 76.3 | 79.5 | 76.3 |
| 9. 堆肥加用区 | 22.2 | 22.8 | 22.5 | 81.0 | 95.3 | 93.0 | 72.2 | 74.0 | 78.5 |
| (参) 客土区 | 23.1 | 22.1 | 22.0 | 80.7 | 92.7 | 88.8 | 59.1 | 62.4 | 62.7 |

| 区名 | m ³ 当籾数 | | |
|-------------------|--------------------|------|------|
| | 1971 | 1972 | 1973 |
| 1. 原土区 | — | — | — |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 17.1 | 7.6 | 8.8 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 25.6 | 21.7 | 17.7 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 27.8 | 23.0 | 25.2 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 28.8 | 23.4 | 28.4 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 30.2 | 24.0 | 31.0 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 32.4 | 23.8 | 31.6 |
| 8. 無硫酸根肥料区 | 27.9 | 29.3 | 30.6 |
| 9. 堆肥加用区 | 25.8 | 25.6 | 32.3 |
| (参) 客土区 | 27.4 | 21.0 | 23.7 |

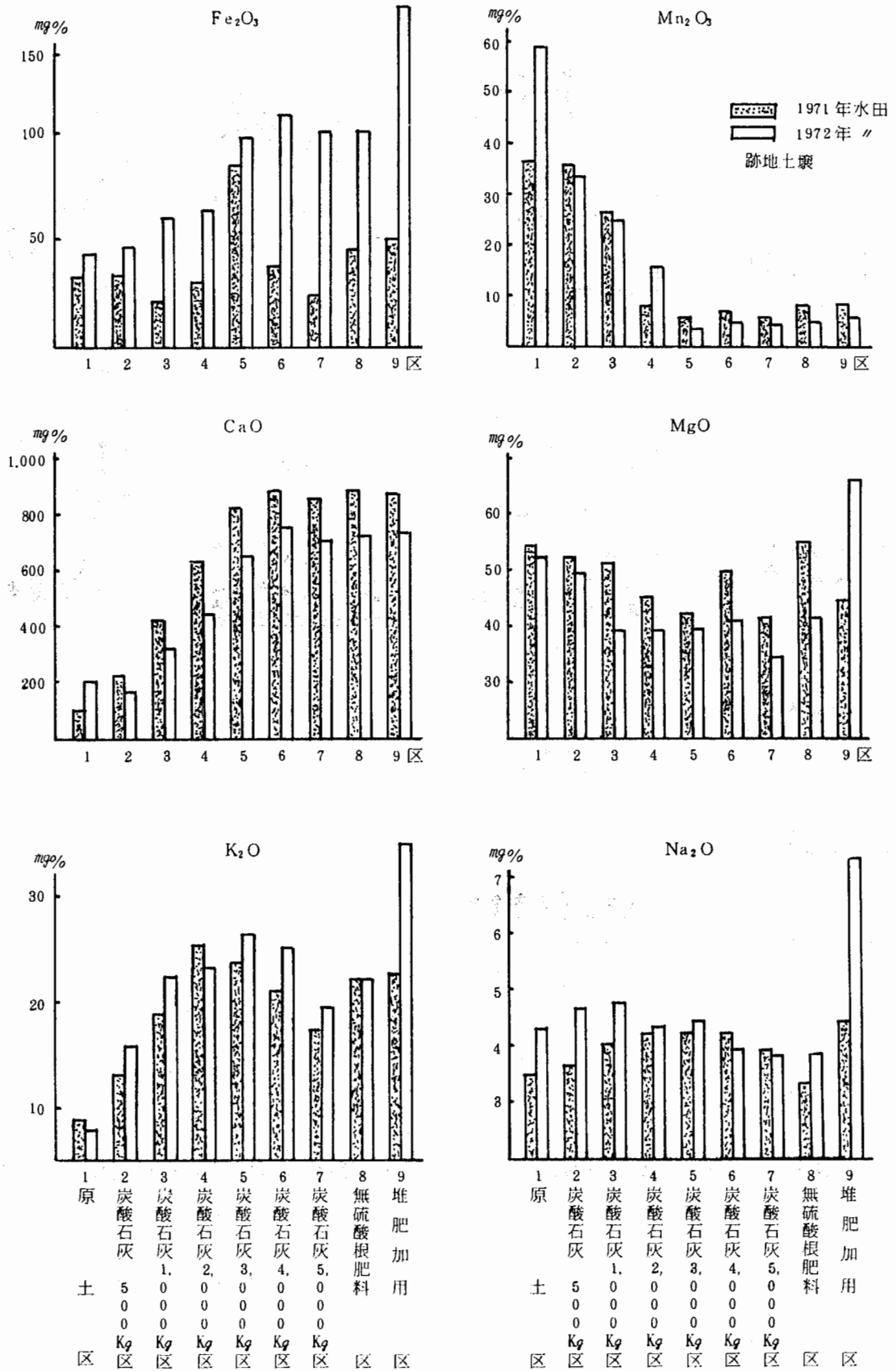


第5図 土壌改造による土壌酸性の段階別的水稻の養分吸収濃度の動向(初年度) (1971 成熟期)

少しく低減してくる傾向が示される。Na₂Oはあまり差異が大きい。

また、燐酸は施肥量が多く、各区同量であるこ

ともより、いずれも多く検出されており、逐年富化してきている傾向が認められる。



第6図 土壤改造後の水田土壤の塩基類の変化
(pH 7.0 1N-NH₄OAC法 Fe₂O₃のみ pH 4.5)

3. 新第三系強酸性硫酸塩土壌の土壌改造

新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌の石灰多用による中和改良により、高濃度塩類のなかで水稻は正常に生育しうることが明らかになったが、水稻作付転換推進の方向に対処し、転換畑土壌の検討の要が生じたのでその検討をした。但し、試験は造成後の裸地にて行なった。

試験方法

1972～1973年 花泉町上油田土地改良地区
36号田造成裸地供用 現地畑土壌改造試験

畑作物 { 禾本科 くさもろこし(青刈飼料作物)
 { 荳科 大豆(実取)

第12表 畑土壌改造の試験条件

(10 a 当り)

| 区名 | 炭酸石灰 | くさもろこし | | | | 大豆 | | | | 備考 |
|-------------------|---------|----------|------------|-------------------------------|------------------|---------|---------|-------------------------------|------------------|---|
| | | N | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| | | 基肥 | 追肥 | 基肥 | 基肥 | 基肥 | 追肥 | 基肥 | 基肥 | |
| 1. 原土区 | Kg 0 | Kg 10 | Kg回 2×4 | Kg 20 | Kg 15 | Kg 4 | Kg 2 | Kg 10 | Kg 10 | 炭酸石灰 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 500 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | 第1年度(1972)施用 第2年度(1973)残効 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 1,000 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | ○くさもろこし(青刈) パイオニア 988号 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 2,000 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | 畝巾60cm×播巾15cm |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 3,000 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | ○大豆(実取) |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 4,000 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | こけしじろ |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 5,000 | 10 | 2×4 | 20 | 15 | 4 | 2 | 10 | 10 | 畝巾60cm×株間15cm 1区 21.6 m ² 1連制 |

註：No. 2 炭酸石灰 500 Kg区は第2年度は、炭酸石灰 7,000 Kg区に転用。中和石灰資材の施用期ひいては反応期間が異なるので参考試験とした。

試験結果

1) 畑土壌酸性の矯正度

畑土壌においては水田土壌のような代かき操作を伴わないので、土壌改造用石灰資材との中和反応にやや斉一性を得難いようであった。しかし、pHの傾向は第13表にみられるように、水田土壌とほぼ同様に推移し、炭酸石灰 1,000 Kgまではあまり酸性が矯正されず、かつ経年とともにpH 3.7ぐらゐに酸性に戻っていった。炭酸石灰 2,000 KgではpHが5.6～5.7に改善されたが、経年ではやはり少しくpHが低下してきた。そして、炭酸石灰 3,000 Kg以上の施用でpH(KC1) 6.0以上を示し、かつ持続性も示された。

置換酸度においては、炭酸石灰 1,000 Kgまでは初年度低下した後、第2年度は再び上昇してくる傾向がみられ、2,000 Kgの炭酸石灰の施用でほぼ中和され、酸度の復原も小さくなり、3,000 Kg以上の施用でよく中和され、酸度の経年による復原もなくなった。

以上のように、畑土壌においても水田土壌と同様、炭酸石灰 3,000 Kg以上の施用が、持続性ある

酸性の中和改良に必要であることが知られた。

2) 畑作物の生育・収量性

畑作物としては、土壌の酸性および高濃度塩類に対する抵抗性の大・小を考慮し、転換畑における栽培作物として実用度の高い作物を選択し、禾本科として青刈くさもろこし、荳科として実取大豆を供試した。その結果を第14表に示す。

(1) 禾本科……青刈くさもろこし

土壌改造を全く行なわない原土区においてはpH 2.7の強酸性条件であるため全く出芽せず、発芽不能か発芽して間もなく枯死し、地上には出芽しなかった。炭酸石灰 500 Kg区ではほとんど出芽後次第に枯死していった。炭酸石灰 1,000 Kg区ではやや出芽がよくなったが、あまり伸長せず分けつもほとんどしなかった。炭酸石灰 2,000 Kg区ではじめて発芽が良化し斉一な出芽をするようになった。炭酸石灰 3,000 Kg区以上では出芽も良好で生育旺盛で窒素追肥により益々生育が良化した。そして、炭酸石灰 5,000 Kg区まで生育量が増大する傾向が示された。収量性においては、その生育量の傾向性が直接的に反映し、炭酸石灰 1,000 Kg

第13表 土壌改造による畑土壌の酸性度

| 作物 | 区名 | KCl-pH (風乾土) | | | 置換酸度 (3.5 y ₁) | | |
|--------|--------------------|--------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | | 第1年度(炭酸石灰施用) | | 第2年度(残効) | 第1年度 | | 第2年度 |
| | | 1972. 5 | 1972. 10 | 1973. 10 | 1972. 5 | 1972. 10 | 1973. 10 |
| | | 施用前 | 跡地 | 跡地 | 施用前 | 跡地 | 跡地 |
| くさもろこし | 1. 原土区 | 2.52 | 2.88 | 2.94 | 142.2 | 146.5 | 136.2 |
| | 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 2.75 | 3.20 | — | 140.5 | 121.6 | — |
| | 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 2.80 | 4.64 | 3.68 | 143.8 | 7.4 | 42.8 |
| | 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 2.78 | 5.70 | 4.88 | 147.1 | 1.6 | 9.7 |
| | 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 2.90 | 6.08 | 5.65 | 152.0 | 0.5 | 0 |
| | 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 2.77 | 6.10 | 6.23 | 133.5 | 0 | 0 |
| | 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 2.85 | 6.40 | 6.55 | 139.0 | 0.5 | 0 |
| | (参) 炭酸石灰 7,000 Kg区 | 2.75 | — | 7.03 | 140.5 | — | 0 |
| 大豆 | 1. 原土区 | 2.77 | 2.82 | 2.87 | 148.7 | 164.5 | 150.5 |
| | 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 2.77 | 3.11 | — | 142.4 | 104.5 | — |
| | 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 2.85 | 4.15 | 3.75 | 141.3 | 6.9 | 21.4 |
| | 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 2.82 | 5.59 | 5.30 | 139.6 | 2.0 | 8.4 |
| | 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 2.85 | 6.25 | 6.05 | 144.7 | 0.9 | 0.9 |
| | 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 2.80 | 6.20 | 6.30 | 138.5 | 0.9 | 0.9 |
| | 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 2.86 | 6.70 | 6.70 | 144.0 | 0.9 | 0 |
| | (参) 炭酸石灰 7,000 Kg区 | 2.77 | — | 7.00 | 140.5 | — | 0 |

区までは極めて低収であったが、その増施とともに収量性が向上し、最高炭酸石灰 5,000 Kg区まで収量が上昇していった。

第2年度においては石灰中和の残効をみたが、炭酸石灰 1,000 Kg区までは畑土壌が酸性に復原していったことにもより前年より草生が劣っていったが、炭酸石灰 3,000 Kg区以上では改造後1年を経て充分石灰の中和反応がすすんだことにもより、くさもろこしの生育が旺盛となり、炭酸石灰 4,000 Kg以上では10 a 当り 6,000 Kg以上の生草収量をあげた。なお、参考として第2年度においては炭酸石灰 7,000 Kg区を設けたが、施用年次の差異にもより中和反応期間が短かいいためか、収量性は下廻った。これらのことから、収量性向上の傾向性からみて炭酸石灰 4,000 Kg区と同 5,000 Kg区との差は第2年度においては縮小してきているので、禾本科作物を対象とした畑土壌の改造としては炭酸石灰 5,000 Kgぐらいが施用限界といえる。

(2) 荳科……実取 大豆

荳科として実取の大豆を供試したが、禾本科のくさもろこしより概して酸性に弱い生育傾向が示された。

すなわち強酸性の原土区においては、全く出芽

せず、くさもろこし同様土中で不発芽のまま、または発根をわずかにして枯死していた。炭酸石灰 500 Kg区では出芽不能か、出芽後カールして根部および芽から褐変枯死してき、全滅した。炭酸石灰 1,000 Kg区でようやく出芽生育する株がみられたが、出芽後枯死による欠株も多くなった。炭酸石灰 2,000 Kg区でようやく正常な出芽がみられ、炭酸石灰 3,000 Kg区以上で茎も伸びだし、炭酸石灰 4,000 Kg区で明らかに着莢数が多くなり子実形成もやや良化した。収量性では炭酸石灰 4,000 Kg区以上で、はじめて結莢が良化し、炭酸石灰 5,000 Kg区で整粒が多くなり結実歩合が高まった。

収量性では、生育良好で結莢の良かった炭酸石灰 4,000 Kg区以上でははじめてみるべき収量が示され、最高収量は炭酸石灰 5,000 Kg区でえられた。そして第2年度においては第1年度よりさらに高収を示した。

ただし、未熟土壌であるため根瘤菌を接種して播種したが、根瘤は着生せず、途中で窒素追肥を要し、子実収量も熟畑の½内外の収量をあげたにとどまった。

このように荳科の大豆においては、炭酸石灰 5,000 Kg/10 a 施用の土壌改造によりほぼ良好な

第14表 畑作物の収量性

14-1 くさもろこし(青刈)

(10a 当り)

| 区名 | 草 丈 | | 茎 数 | | 生 草 | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| | 1972 | 1973 | 1972 | 1973 | 1972(炭酸石灰施用) | | |
| | 第 1 回 | 第 1 回 | 第 1 回 | 第 1 回 | 第 1 回 | 第 2 回 | 計 |
| | cm | cm | 本/m | 本/m | Kg | Kg | Kg |
| 1. 原 土 区 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | 54 | — | 7 | — | 8 | 6 | 14 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 98 | 108 | 15 | 13 | 139 | 1,174 | 1,313 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 119 | 136 | 36 | 30 | 421 | 1,597 | 2,018 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 190 | 193 | 39 | 39 | 1,872 | 1,718 | 3,590 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 213 | 194 | 32 | 41 | 2,250 | 2,361 | 4,611 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 238 | 184 | 33 | 41 | 2,825 | 2,312 | 5,137 |

| 区名 | 重 | | | 収量比率 | |
|-------------------|----------|-------|-------|------|------|
| | 1973(残効) | | | 1972 | 1973 |
| | 第 1 回 | 第 2 回 | 計 | | |
| | Kg | Kg | Kg | % | % |
| 1. 原 土 区 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | — | — | — | 1 | — |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 451 | 500 | 951 | 100 | 100 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 1,278 | 1,979 | 3,257 | 154 | 342 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 2,167 | 3,472 | 5,639 | 273 | 593 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 2,292 | 3,979 | 6,271 | 351 | 659 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 2,278 | 4,080 | 6,358 | 391 | 669 |

14-2 大 豆(実取)

(10a 当り)

| 区名 | 茎 長 | | 着 莢 数 | | 全 重 | | 子 |
|-------------------|------|------|-------|------|--------|------|------|
| | 1972 | 1973 | 1972 | 1973 | 1972 | 1973 | 1972 |
| | cm | cm | 個 | 個 | Kg/10a | % | % |
| 1. 原 土 区 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | — | — | — | — | 0 | — | 0 |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 28.0 | 34.2 | 13.5 | 12.7 | 178 | 75 | 21 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 30.9 | 44.2 | 20.9 | 23.5 | 209 | 153 | 37 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 33.6 | 48.9 | 24.8 | 38.3 | 238 | 250 | 50 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 34.6 | 50.7 | 33.6 | 41.0 | 315 | 364 | 64 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 43.6 | 51.7 | 38.5 | 45.6 | 356 | 400 | 76 |

| 区名 | 実 重 | 収量比率 | |
|-------------------|------|------|------|
| | 1973 | 1972 | 1973 |
| | Kg | % | % |
| 1. 原 土 区 | 0 | 0 | 0 |
| 2. 炭酸石灰 500 Kg区 | — | 0 | — |
| 3. 炭酸石灰 1,000 Kg区 | 18 | 100 | 100 |
| 4. 炭酸石灰 2,000 Kg区 | 49 | 178 | 272 |
| 5. 炭酸石灰 3,000 Kg区 | 102 | 242 | 567 |
| 6. 炭酸石灰 4,000 Kg区 | 111 | 309 | 617 |
| 7. 炭酸石灰 5,000 Kg区 | 130 | 368 | 722 |

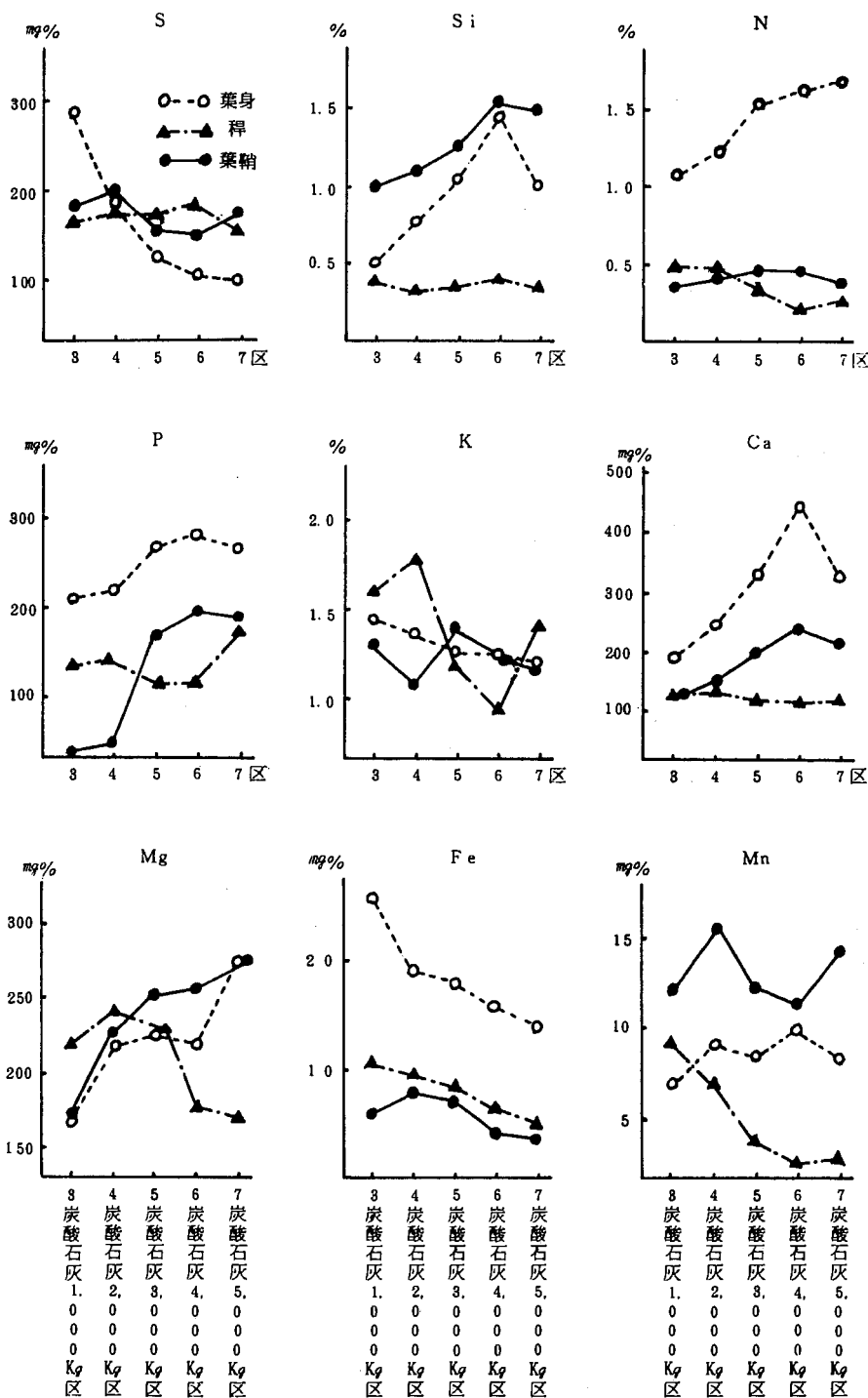
生育を示し、或る程度の子実収量をあげることが出来るが、さらに熟畑化を促す堆肥の多投・熔燐の増施等による土壌改造が炭酸石灰の多投とともに必要で、このようにしてはじめて普通畑なみの大豆収量を期しうるものと推考される。

3) 畑作物の養分吸収

畑作物として禾本科の青刈くさもろこしの養分吸収を第7図にみると、土壌改造資材としての炭

酸石灰の多用に伴い、作物体のCa吸収濃度は次第に向上する傾向を示し、とくに葉身において著しく葉鞘がこれに次ぐ。稈部では差が認められない。そして、炭酸石灰4,000 Kg区以上では頭打ちを示している。

Si・N並びにPも明らかに石灰増施に伴う生育の良化につれてその含有量が大きくなっていく傾向が認められる。Mgは葉鞘において増大傾向が



第7図 畑土壌改造による土壌酸性の段階別の青刈くさもろこしの養分吸収濃度（初年度）（1972 収穫時）

示される。

これに対し、酸性硫酸塩土壌の原因をなしている S の吸収濃度は炭酸石灰の増施に相反して低減する傾向が認められ、とくに葉身部においてそれが顕著であるが、これは水田の作物と全く同様な傾向性である。

ただ、Fe は畑作物では石灰増施により次第に吸収濃度が低減する傾向性が示された。

K・Mn はあまり変化しないが、稈部においてや

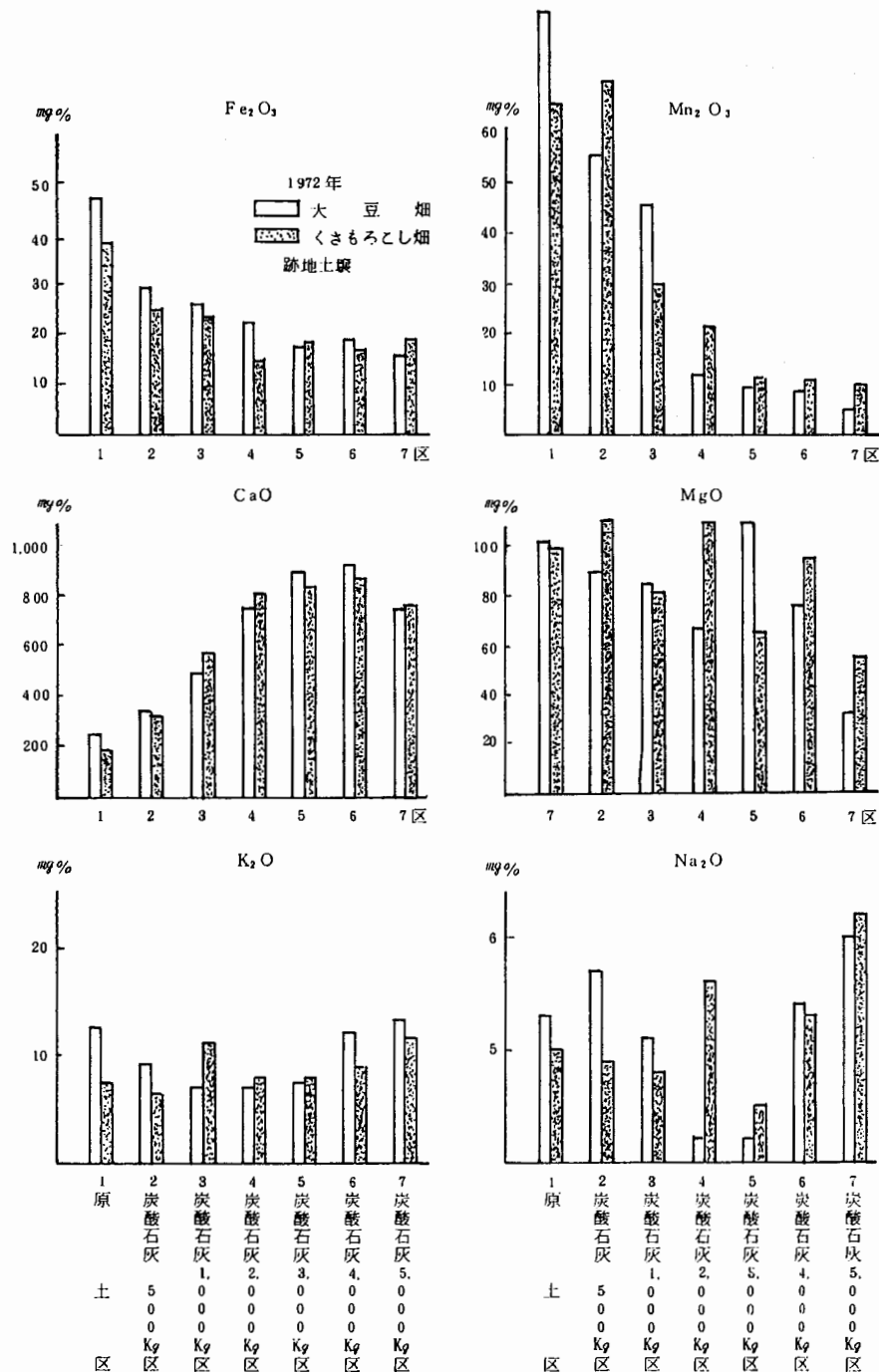
や低減する傾向が認められる。

このように、新第三系強酸性硫酸塩畑土壌においては、畑作物は水稲とは少しく異なる特異的な養分吸収の特性を示した。

なお、その養分吸収量は生育量の増大に伴い各成分とも増大する傾向をとった。

4) 畑跡地土壌

畑土壌の跡地について塩基類をみると、第8図のように土壌改造資材としての炭酸石灰の多用に



第8図 土壌改造後の畑土壌の塩基類の変化 (pH7.0 1NNH4OAC法 Fe₂O₃のみpH4.5)

に伴いCaOはその3,000 Kg施用まで次第に富化する傾向を示しその量も800~900 mg/100g土壤の多きに達することが特異的である。

これに対しFe₂O₃が明らかに低減してくることは水田跡地土壤と異なるところである。

Mn₂O₃は水田と同様明らかに石灰増施により低下する傾向が示される。K₂Oはあまり差がなくMgOも変動はあるが僅かに低下するようであり、Na₂Oは検出量が少ないことが特異的である。

4. 新第三系強酸性硫酸塩土壤の重金属類の含量

さきに新第三系堆積岩のなかの重金属類の含有量について検討したが、その重金属濃度が碎屑土

壤として農耕地土壤に直接的に移行してくるが、その場合、土壤の強酸性の中和改良の段階によって重金属含量が如何なる変動をするかを検討した。

試験方法

上油田現地土壤改造試験地の水田土壤および畑土壤を供試 母岩との対比において検討

分析項目および分析法は、“母岩の重金属等の含量”の項と同じ

試験結果

第15表に示されるように現地試験地の原土壤の重金属類の含量は、母材である新第三系堆積岩中の重金属類の含量とほとんど全く同一であって、この土壤は母岩の碎屑物そのものであることが示

第15表 新第三系強酸性硫酸塩土壤の重金属類の含有量

| 土 壤 | | C u | Z n | C d | P b | A s | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|------|------|------|------|-----|
| | | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | |
| 新 | 母 岩 新 第 三 系 細 砂 岩 | 5.7 | 24.7 | 0.22 | 0.71 | 3.5 | |
| | 原土壤 46-1層 ~ 13 cm SiL | 5.1 | 25.5 | 0.22 | 0.95 | 2.0 | |
| | 2層 ~ 36 cm Si | 8.0 | 28.6 | 0.22 | 1.19 | 3.2 | |
| 第 三 系 | 3層 ~ < SiL | 5.1 | 40.5 | 0.41 | 0.48 | 3.5 | |
| | 水田土壤 (一九七二跡地) | 1. 炭酸石灰 0 Kg区 | 2.3 | 21.6 | 0.14 | 0.48 | 0.7 |
| | | 2. // 500 Kg区 | 2.5 | 9.8 | 0.13 | 0.95 | 0.6 |
| | | 3. // 1,000 Kg区 | 2.4 | 7.1 | 0.18 | 0.95 | 0.6 |
| | | 4. // 2,000 Kg区 | 8.4 | 7.6 | 0.20 | 2.14 | 0.8 |
| | | 5. // 3,000 Kg区 | 7.2 | 7.1 | 0.24 | 2.86 | 0.8 |
| | | 6. // 4,000 Kg区 | 4.1 | 6.4 | 0.30 | 2.62 | 0.9 |
| | | 7. // 5,000 Kg区 | 0.7 | 1.7 | 0.26 | 2.86 | 1.0 |
| | | 8. // 3,000 Kg 無硫酸根肥料区 | 0.7 | 4.0 | 0.34 | 2.86 | 1.2 |
| 9. // 3,000 Kg 堆肥加用区 | | 0.6 | 1.8 | 0.34 | 2.95 | 1.1 | |
| 起 源 | 畑土壤 (一九七二跡地) | 1. 炭酸石灰 0 Kg区 | 7.8 | 17.9 | 0.17 | 0.71 | 1.2 |
| | | 2. // 500 Kg区 | 7.7 | 15.5 | 0.19 | 0.95 | 1.1 |
| | | 3. // 1,000 Kg区 | 6.2 | 14.1 | 0.18 | 0.34 | 1.0 |
| | | 4. // 2,000 Kg区 | 4.1 | 10.8 | 0.28 | 1.03 | 1.2 |
| | | 5. // 3,000 Kg区 | 0.2 | tr | 0.22 | 1.90 | 0.9 |
| | | 6. // 4,000 Kg区 | 1.2 | 5.8 | 0.24 | 2.07 | 1.2 |
| | | 7. // 5,000 Kg区 | 0.2 | tr | 0.18 | 1.55 | 1.1 |
| 客 土 水 田 (近 隣 水 田) | | 5.9 | 5.8 | 0.11 | 3.79 | 0.5 | |
| 健 全 水 田 (近 隣 水 田) | | 2.9 | 7.3 | 0.18 | 2.38 | 1.5 | |
| 北上沖積水田土壤 (県南分場水田) | | 22.3 | 9.0 | 0.40 | 3.79 | 1.8 | |
| 土 壤 中 平 均 含 有 率 ²³⁾ | | 2 | 5 | 0.05 | 1 | 0.5 | |
| 農 用 地 土 壤 限 界 濃 度 ²⁹⁾ | | > 125 | | | | > 15 | |

された。

そのうちでCuは酸性側で高濃度で、その中和改良に伴い次第にCu含量が低減してゆく傾向が示され、特に畑土壌においてそれが明らかである。そして、一般の土壌より原土ではCu 5~8 ppmとやや高濃度であるが、中和改良が充分な区はCu 1 ppm内外と低い検出量が示された。

Znは酸性硫酸塩土壌の特性である強酸性条件の原土壌では、Zn 25 ppm程度と高い含量が示されるが、酸性の改良により水田では急激に、畑では徐々にその検出量が低減してくる。これは代かきの有無による酸性中和の速度の差と推考される。そして改良後はZn 6~4 ppm程度で普通の耕地並の検出量となってくる。

Cdは母岩およびその碎屑土壌である原土壌とも同一の含有量のCd 0.2 ppm程度で、土壌改造による変動も特に大きくなくあまり差がない。

Pbは母岩で0.7 ppm、原土壌で約1 ppmを示すが炭酸石灰の増施により僅かずつその含有量が増大する傾向が認められ、水田でPb 2.8 ppm、畑で2.1 ppm程度にまで高まってきている。しかし、これは健全田と同等のPb濃度である。

Asは母岩および原土壌でAs 3.5~2.0 ppm含有するが、耕地土壌では水田および畑ともAs 1 ppmまたはそれ以下の検出量となってくる。その含量は健全田および北上沖積水田土壌である岩手農試県南分場水田土壌より低濃度であり、耕地土壌として特に問題はないといえる。

以上のように、新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌において、その重金属含量は健全な普通の農耕地とほとんど差がなく、その許容限界の規準値よりは遙かに下まわっており、その強酸性の中和改良すれば農耕地として特に問題のない土壌であると思料される。

5. 新第三系堆積岩碎屑土壌の物理性

新第三系堆積岩の碎屑による耕地土壌は、腐植がほとんど無く一般に重質であって農耕地土壌としては未熟な土壌でその土壌物理性が問題とされるので、現地土壌改造試験地の水田および畑の土

壌についてその物理性を測定し検討した。

試験方法

現地土壌改造試験地の水田および畑について原土区と好適改良とされる炭酸石灰 5,000 Kg施用区、有機物を施用している堆肥加用区(水田)について採土供試。他に客土区(水田)を参考に供試した。1973年跡地について実施。

採土は層厚10cm毎に50cmまで100cc採土円筒に採土し、実容積法により土壌物理性を測定表示した。²⁸⁾

試験結果

供試圃場は、30a区画のブルドーザー工法による施工転圧がなされている圃場であり、母材の本質性もあづかって第16表に示されるように、水田では作土下の下層土層の土壌の実容積が95%以上ときわめて大きく、仮比重も1.3程度と大きい。さらに、pF 1.5孔隙は1%以下と小さく、透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ cm/sec}$ オーダーと極度に小さいことが特異的である。

そして、本質的に有機質がほとんど全く無い鈹質土壌であるので、堆肥の3カ年連用により、明らかに固相率が減り、孔隙率が大となり、とくにPF 1.5孔隙量が大きくなり透水係数も 10^{-4} cm/sec と1桁程度大きくなってき、次第にその土壌物理性が改善されてきていることが認められる。

畑土壌では、下層土はやはりやや実容積が大で透水係数も小さいが、作土では耕耘による孔隙性が保持される故もあって、とくに畑作物の生育のよい改良された区では孔隙率も61%以上となりpF 1.5孔隙量も9%程度になり、仮比重も1.0に近づいてきているので徐々に物理性が改善されてきていることが知られる。

なお、地耐力は透水性さえあれば、容易に得られる。

このように、新第三系堆積岩の碎屑土壌は母材の特性が直接的に土壌物理性にも反映し、重質で孔隙性が小さいうえ農耕地土壌として未熟土壌であるので、有機質の連用により徐々にその物理性を改善してゆく必要があることが知られた。

第16表 新第三系堆積岩碎屑土壌の物理性

(1973 跡地)

| 土 壤 | 区 名 | 土 層 の 深 さ | 湿 土 の 重 量 W | 湿 土 の 実 容 積 V | 固 相 率 S _v | 水 分 率 M _v | 空 気 率 A | 全 孔 隙 率 P | 含 水 比 M _o | 実 比 重 d _m | 仮 比 重 d _o | p F 1.5 孔 隙 量 | 透 水 係 数 K ₂₀ |
|--------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| | | cm | g | cc | % | % | % | % | % | | | % | cm/sec |
| 水 田 | 1. 原 土 区 | ~ 10 | 172.4 | 92.0 | 48.0 | 44.0 | 8.0 | 52.0 | 34.3 | 1.87 | 1.28 | 1.6 | 4.5×10^{-6} |
| | | ~ 20 | 179.6 | 95.4 | 49.2 | 46.1 | 4.7 | 50.8 | 34.6 | 1.88 | 1.34 | 1.3 | 6.2×10^{-6} |
| | | ~ 30 | 180.7 | 96.7 | 50.1 | 46.6 | 3.3 | 49.9 | 34.8 | 1.87 | 1.34 | 0.3 | 6.0×10^{-7} |
| | | ~ 40 | 173.5 | 93.3 | 47.3 | 46.0 | 6.7 | 52.7 | 36.1 | 1.86 | 1.27 | 3.4 | 6.2×10^{-6} |
| | | ~ 50 | 175.3 | 94.3 | 48.2 | 46.1 | 5.7 | 51.8 | 35.7 | 1.86 | 1.29 | 1.8 | 1.1×10^{-6} |
| 土 | 7. 炭 酸 石 灰 5,000 Kg区 | ~ 10 | 166.1 | 92.1 | 45.0 | 47.0 | 8.0 | 55.0 | 39.6 | 1.80 | 1.19 | 1.0 | 3.1×10^{-5} |
| | | ~ 20 | 180.3 | 95.9 | 49.9 | 46.0 | 4.1 | 50.1 | 34.2 | 1.88 | 1.34 | 0.2 | 7.6×10^{-7} |
| | | ~ 30 | 182.5 | 94.7 | 51.9 | 42.8 | 5.3 | 48.1 | 30.9 | 1.93 | 1.40 | 0.2 | 2.8×10^{-6} |
| | | ~ 40 | 176.0 | 94.1 | 49.2 | 45.0 | 5.8 | 50.8 | 34.3 | 1.87 | 1.31 | 1.7 | 5.5×10^{-7} |
| | | ~ 50 | 174.5 | 94.0 | 47.0 | 47.0 | 6.0 | 53.0 | 36.8 | 1.86 | 1.27 | 1.0 | 2.0×10^{-6} |
| 壤 | 9. 堆肥加用区 | ~ 10 | 151.5 | 90.4 | 40.4 | 50.0 | 9.6 | 59.6 | 44.9 | 1.68 | 1.04 | 7.3 | 9.0×10^{-4} |
| | | ~ 20 | 176.3 | 95.4 | 47.2 | 48.1 | 4.7 | 52.8 | 37.7 | 1.85 | 1.27 | 1.3 | 5.7×10^{-6} |
| | (参) 客 土 区 | ~ 10 | 170.1 | 95.5 | 42.2 | 53.4 | 4.5 | 57.9 | 45.7 | 1.78 | 1.17 | 3.1 | 5.1×10^{-4} |
| 畑 土 | 1. 原 土 区 | ~ 10 | 152.9 | 81.8 | 40.7 | 41.1 | 18.2 | 59.3 | 36.8 | 1.87 | 1.12 | 7.5 | 6.6×10^{-4} |
| | | ~ 20 | 169.3 | 93.2 | 45.0 | 48.1 | 6.9 | 55.0 | 39.8 | 1.82 | 1.21 | 0.3 | 4.0×10^{-5} |
| | | ~ 30 | 180.6 | 96.4 | 50.8 | 45.5 | 3.7 | 49.2 | 33.8 | 1.87 | 1.35 | 0.4 | 1.1×10^{-6} |
| 壤 | 7. 炭 酸 石 灰 5,000 Kg区 | ~ 10 | 145.9 | 82.2 | 38.6 | 43.6 | 17.8 | 61.4 | 42.7 | 1.77 | 1.02 | 9.3 | 1.2×10^{-3} |
| | | ~ 20 | 156.3 | 89.9 | 41.3 | 48.5 | 10.2 | 58.8 | 45.2 | 1.74 | 1.08 | 1.7 | 3.4×10^{-5} |
| | | ~ 30 | 163.6 | 89.7 | 43.0 | 46.7 | 10.3 | 57.1 | 40.0 | 1.82 | 1.17 | 2.2 | 4.8×10^{-6} |

IV 総合考察

農業の発展は農耕地の開発拡大に負うところが極めて大きく、従前からその開発造成が進められてきているが、近年はその開発技術の進歩により重土木機械が駆使され、破砕碎屑力が強大化し、従前あまり利用されなかった比較的かたい新第三系堆積岩をも直接破砕し農耕地として利用するようになってきたが、その結果、ある種の地層の堆積岩碎屑土壌に農作物の激甚な枯死現象が発生するに至った。この激甚な被害の事例を詳細に検討をすめた結果、その原因は新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壌であることが判明した。

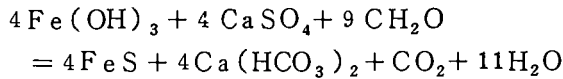
この新第三系は日本列島の主要な地層をなし、とくに東北日本にはいわゆるグリーンタフ地域等

として広く分布しているもので、そのなかの岩手地方についてこの新第三系の地層を農耕地土壌とした際の酸性硫酸塩土壌化の可能性の有無とその分布を調査した。

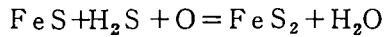
この酸性硫酸塩土壌の酸性の主因をなす硫酸は母材中の硫黄の酸化によることが知られ、その硫黄の存在形態として硫化鉄物の存在が考えられるので、偏光ニコル下での顕鏡およびX線回析により検索した結果、パイライトの存在が確認され、かくして新第三系堆積岩中の硫黄化合物の存在形態は主としてパイライトであることが確認された。

このパイライトは新第三系岩の堆積環境下での生成物で、これら新第三系岩の堆積は海成や半鹹成で、嫌気条件下で硫黄還元菌は、海水中の石膏の介在により有機物を酸化し硫化物を生ずる。有

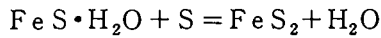
機物を CH_2O で表わせば



さらに S 源の供給が続いて



また FeS の hydrogel が S の存在において

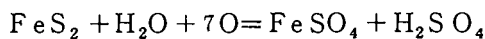


ここに FeS_2 すなわちパイライトが生成される。

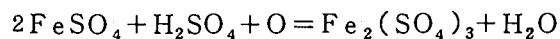
また、新第三紀の旺盛な火成活動も S 源としての硫化物の供給に大きく関与している。²⁰⁾²²⁾

このパイライトから土壌が酸性化する機作は、新第三系堆積岩として空気から遮断されていた硫化鉱物が碎屑によって空气中に曝されると急速に酸化される。

最初に化学反応として²¹⁾

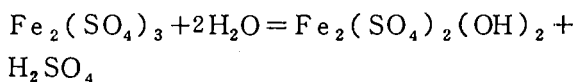


さらに硫黄細菌により



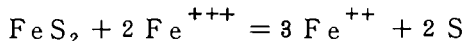
ここに生ずる $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ は湿潤土壌では通常水酸化物または塩基性塩として存在する。

すなわち

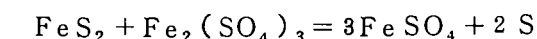


土壌中に石灰・苦土等の塩基が少ないと、ここに生成した多量の硫酸や塩基性硫酸第二鉄は、土壌を強酸性化し、いわゆる強酸性硫酸塩土壌とし、直接作物に作用して生育を阻害する。

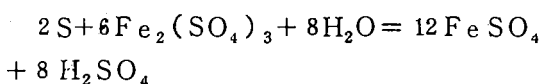
また、しばしば硫化鉄は Fe^{+++} によって酸化されて硫黄を遊離することがあり



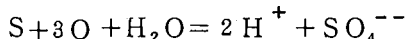
または



S はさらに硫酸を生じ、



S から硫黄酸化菌によっても硫酸を生ずる。



以上のように、いづれにしても結局大量の硫酸を生じ、土壌を強酸性化し強酸性硫酸塩土壌を生成する。

よって新第三系の主要な地層についてその硫黄含量と過酸化水素酸化による碎屑土壌の pH が 3.5 以下を示す母材について調査検討した結果、岩手地方では新第三系鮮新統では油島層・有賀夾

炭層・金沢夾炭層・本畑層に、中新統では黒沢層・下黒沢層・小志戸前層・鈴鴨層・湯本層・門の沢層にかかる素因をもつ母材が存在することが知られた。この S 含量は王水可溶性 S で 1,800 mg% に達する母岩もあり、その H_2O_2 -pH は 2.0 の強酸性を示すが塩基の少ない母岩では S 400 mg% 以上で H_2O_2 -pH が 3.5 以下を示すことが多く、強酸性硫酸塩土壌化する新第三系岩中の S 含量を王水可溶性 S 400 mg% 以上と帰納した。なお、かかる素因をもつ母岩の存在は地層の全層に亘ることもあるが、ある特定の層位に濃厚な S 含量が検出されることもあった。

また、新第三系堆積岩の碎屑土壌は母岩の化学性が直接的に農耕地土壌に反映するので農業上有害な重金属類について検討したが Zn・As・Pb について通常の耕地土壌よりやや高濃度に検出された母岩もあるが、農用地の規準値よりははるかに下廻っており、特に問題はないと思料された。

新第三系の堆積岩の碎屑土壌で造成された花泉町上油田地区の水稻枯死災害地の土壌は KCl-pH 2.8 を示し、母岩は 2.7 で、これは過酸化水素酸化によりそれぞれ pH 2.3 と 2.2 の強酸性にまで低下したが、これが移植水稻枯死の原因をなしたことが判明した。この土壌には作土にて王水可溶性 S 700 mg% 以上、第 2 層で 1,000 mg% 以上の S が含有されていた。

この強酸性硫酸塩土壌を改良するには、排水除塩後石灰による中和や客土等が対策として有効であることが干拓地等におけるこれの研究から知られているが、当地区は溜池用水地帯で灌漑水が豊富には得られず、少量の用水では除塩困難であったので、そのまま石灰による中和方策を検討した。緩衝能法による中和曲線は炭酸石灰より水酸化カルシウムが合理的であったが、実際の施用では水酸化カルシウムは過剰施用領域で土壌 pH がアルカリ側に傾きすぎ、かつ塊状固結物を生じて不適であり、炭酸石灰であるとかかる欠点が無かったので中和曲線は水酸化カルシウムで測定し、実施は 1.35 倍して炭酸石灰で施用する方法を採った。

現地土壌改造試験地を設け、予備試験により検討した水稻生育と土壌 pH との関係および石灰少量領域での土壌中の可酸化性 S の逐次酸化による pH の低下等を考慮し、炭酸石灰 0 Kg から 5,000 Kg まで 7 段階を設け、その他無硫酸根肥料や堆肥

の施用等について水稻について検討した結果、炭酸石灰無施用～少量領域では枯死したり生育不良であったが炭酸石灰 3,000 Kg以上で土壤 pH を KCl pH 6.0 以上に維持し、初年度から旺盛な水稻生育を得、最高収量は炭酸石灰 4,000 Kg区において示された。堆肥の施用は年次の推移とともに土壤化作用を促し、3年後においては最高の 600 Kg/10 a 以上の玄米収量をあげるに至った。

その場合の水稻の養分吸収は Ca・Mn の吸収が増大し、Si・Mg・P・K・N 等が高まる傾向が示され、それに対し強酸性の母体となっている S の吸収は明らかに低減し、Fe も吸収が低減してくる傾向が示された。

同様に畑土壤について検討したところ、中和石灰との反応が水田に比し徐々に、禾本科の青刈くさもろこしでは原土区では出芽不能であったが、炭酸石灰 5,000 Kg/10 a で生育旺盛で最高収量が示され、とくに第 2 年度においては 6,000 Kg 以上の生草重がえられ、普通畑なみの収量性が得られた。

荳科の実取大豆では、原土区および炭酸石灰 500 Kg 区までは出芽不能や幼生枯死で全滅し、炭酸石灰 3,000 Kg 以上の施用で pH の改善に伴い大豆の生育がよくなり、炭酸石灰 5,000 Kg 区で最高収量がえられたが、未熟土壤で根瘤の着生が無く、子実収量も 76～130 Kg/10 a 程度であった。

畑作物の養分吸収を禾本科の青刈くさもろこしについてみると、水稻と類似した傾向性が示されたが、特に Mn の吸収濃度は低減してくる傾向がみられたのが異なる傾向であった。

跡地土壤はそれぞれ施用石灰量の増大に伴い、CaO 含量が増大し、S は減少してくることが明らかに認められるが、水田では石灰用量の増大に伴い Fe₂O₃ が高まっていくのに対し、畑では逆に低減してくることが特異的であった。なお、pH が改善され中性側に向うに従い Mn₂O₃ の溶解度が減ることがみられ、石灰多用の際の問題点となると考えられる。

なお、土壤 pH とくに強酸性による重金属類の溶出量については、これは母岩で検討して含有量としては特に問題がないことであり、ただ pH により溶解度に特徴のあることが示された成分もあった。

この新第三系の砕屑土壤は、腐植に乏しく、重

質な鉱質土壤であるので土壤物理性が劣るため堆肥等の連用により土壤化作用を徐々にすすめてゆく必要が認められた。

以上のように、新第三系に由来する強酸性硫酸塩土壤は酸性の強度が大で、農作物に激甚な枯死災害をもたらすが、炭酸石灰の中和施用で改良が可能で、その高濃度石灰塩類のなかで作物はほぼ正常に生育し、禾本科の水稻やくさもろこしでは高収を期し得、有機物と連用して経年の土壤化作用をすすめることにより通常の農耕地土壤に改造しうることが実証された。

かくして新第三系の地層を砕屑して耕地土壤とする際の理論的根拠と実用的な改造方策が明らかに示された。

V 摘 要

新第三系に由来する強酸性硫酸塩土壤について研究した結果、次のような成果がえられた。

1. 新第三系のある種の地層の堆積岩砕屑土壤に農作物の激甚な枯死現象が発生したが、その事例を詳細に検討をした結果、新第三系堆積岩に由来する強酸性硫酸塩土壤であることが判明した。
2. 新第三系堆積岩中の硫黄化合物の存在形態としてパイライトを X 線回析により同定確認した。
3. 東北地方の新第三系について、主に岩手地方に分布する地層について硫黄含量と H₂O₂ 酸化による酸性度を調査した結果、鮮新統では油島層・有賀夾炭層・金沢夾炭層・本畑層に、中新統では黒沢層・下黒沢層・小志戸前層・鈴鴨層・湯本層・門の沢層に強酸性化する母材が存在することが知られた。
4. H₂O₂ 酸化による pH 3.5 以下を示す母岩および砕屑土壤を強酸性硫酸塩土壤の領域とし、母岩では王水可溶性 S 400 mg% 以上の硫黄を含むものを、この素因をもつ母材とした。
5. 新第三系堆積岩の砕屑による農耕地土壤化の際問題となる可能性のある重金属類の含有量について検討したが、特に問題となる濃度を示した地層の母岩はなかった。
6. 岩手県花泉町上油田地区にかかる母材による農業災害が発生し、その改良対策として炭酸カルシウム中和法を検討し、あわせて現地改造試験を推進した結果、実用性ある改良方策が確立された。

7. 中和石灰量は、 H_2O_2 酸化処理後、水酸化カルシウム粉末添加緩衝曲線法で求め、実施する中和石灰は1.35倍して炭酸カルシウムで施用することが合理的かつ実用的であることが知られた。

8. 新第三系堆積岩に由来する強酸性土壌である上油田土壌の中和石灰量は、この緩衝曲線法により、耕土20cm深改良において炭酸カルシウム4,000 Kg/10 a 必要であると求められた。

9. 水田では炭酸石灰4,000 Kg/10 a 施用で初年度から旺盛な水稻生育を得、高収が示され、緩衝曲線法で求めた中和石灰量の適量とよく一致することが確認された。

10. 畑では禾本科の青刈くさもろこしは炭酸石灰5,000 Kg/10 a 程度で最高収量が示され、第2年度においてはさらに普通畑に近い6,000 Kg以上の生草収量がえられた。

11. 荳科ではやや酸性に弱く、実取大豆では炭酸石灰5,000 Kg/10 a 区で最高収量を得たが、熟畑の $\frac{1}{2}$ 程度の収量水準であった。なお、根瘤の着生はみられなかった。

12. その際の作物の養分吸収は、炭酸石灰の増施により水稻ではCa・Mnの吸収が増大し、Si・Mg・P・K・Nも高まる傾向が示され、FeやSは低減してくる。青刈くさもろこしではほぼ水稻に近似した養分吸収がみられたが、Mnはやや低減する傾向が示されたのが異なる傾向であった。

13. 跡地土壌の塩基類は施用石灰量の増大に伴いCaO含量は増大し、逆にSは減少してくること、 Fe_2O_3 は水田では増大するが、畑では減少してくることがみられ、 Mn_2O_3 は何れもpHの上昇により溶解度が低下するため減少してくることが示された。

14. 土壌pHにより重金属類の検出量に差が示された成分もあったが、何れも農耕地土壌の規準値以下であった。

15. 新第三系岩碎屑土壌は、腐植に乏しく重質で物理性が劣るので、堆肥の連用により徐々に土壌化作用を促進する必要性が認められた。

16. 新第三系に由来する強酸性硫酸塩土壌は、石灰資材多投による土壌改造と有機物の連用による土壌化作用の促進により、通常の農耕地土壌に改造しうることが実証された。

17. 新第三系の地層を碎屑して耕地土壌とする

際の理論的根拠と実用的な改造方策が明らかに示された。

文 献

- 1) 小林蒿 湖沼の干拓地不良土壌の改良に関する研究 農林省農地局計画部資源課資料 (1951)
- 2) 小林蒿 干拓地の不良土とその改善 農業技術 vol7 №10. 13～16, №11. 16～18(1952)
- 3) ZUUR A. J. Soil sci. №74 p75 (1952)
- 4) 米田茂男 干拓地土壌 干拓地土壌の生成論的ならびに立地学的研究 中国四国農政局 (1964)
- 5) 米田茂男 干拓地の土壌肥料に関する綜説(1) (2) 土肥誌 vol28 416～420, 455～459 (1958)
- 6) 米田茂男 塩成干拓地における土壌管理の諸問題、農及園 (1)vol36 1257～1260 (2) 1433～1436 (3) 1581～1584 (1961)
- 7) 久保田収治 干拓地土壌の特性と干拓後における土壌型の変遷 岡山農試臨時報告 №59 300 (1961)
- 8) 村上英行 酸性硫酸塩土壌の特性と改良法に関する研究 島根農試 (1965)
- 9) 村上英行 酸性硫酸塩土壌の特性と改良法 土肥誌 (1)vol38 №4 112～117((1967) (2) vol38 №4 117～120 (1967) (3) vol39 №2 116～120 (1968) (4) vol39 №4 194～198 (1968)
- 10) 村上英行 過酸化水素による干拓地土壌中の可酸化イオウの半定量法 土肥誌 vol32 №6 276 (1961)
- 11) 村上英行 硫化物を含む三紀土を材料とする土地造成による公害の一例 日土肥講要 №15 94 (1969)
- 12) 松田敬一郎・安間知明 掛川市附近にみられる第三紀層土壌の特性について 土肥講要(中部支部) №20 66 (1974)
- 13) 秋田農試(金子ら) 八郎潟干拓地土壌の特性と耕地化過程に関する土壌学的研究 秋田農試 25～28 (1972)
- 14) 吉田昌一 アジアにおける水稻の栄養障害 (4)酸性土壌における障害 農業技術 vol 25 163～166 (1970)
- 15) 本村悟 Ashara SEIRAYOSAKOL(タイ国)

- 酸性硫酸塩土壌における石灰施用の効果について 土肥講要 № 21 77 (1975)
- 16) 湯村義男 台地上の酸性硫酸塩土壌 中部の土壌と農業(土肥学会) 64 ~ 67 (1975)
- 17) 佐々木信夫・黒沢順平 新第三系強酸性硫酸塩土壌について (1)土肥講要東北支部 №17, 26 (1970)
- 18) 佐々木信夫・千葉満男・平野裕 新第三系強酸性硫酸塩土壌について (2)土壌改造とその効果 土肥講要東北支部 № 20, 24 (1973)
- 19) 佐々木信夫 新第三系強酸性硫酸塩土壌について (3)岩手地方に分布する新第三系の硫黄含量と酸性度 土肥講要 № 22, 125 (1976)
- 20) J. W. MELLOR A Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry vol X 4 ~ 10 (1930)
- 21) C. BLOOMFIELD and J. K. COULTER Genesis and Management of Acid Sulfate soils, Advances in Agronomy, Academic Press (New York) № 25 265 ~ 326 (1973)
- 22) F. W. CLARKE The Data of Geochemistry 5th ed. Washington G. P. O. 34 ~ 35, 551 ~ 588 (1924)
- 23) A. P. WINOGRADOV 土壌中希元素および微量元素の地球化学 ソ連科学アカデミー出版所 216 (1957)
- 24) TREADWELL F. P. and HALL W. T. Analytical Chemistry II 8th ed. John Wiley and sons Inc., (New York) 332 (1935)
- 25) 日本分析化学会北海道支部 水の分析 化学同人 153 ~ 155 (1966)
- 26) 農林省農業改良局 土壌分析法 低位生産地改良資料25号 78 ~ 80 (1953)
- 27) 土壌養分測定法委員会 土壌養分分析法 養賢堂 310, 336 (1970)
- 28) 土壌物理性測定法委員会 土壌物理性測定法 養賢堂 1 ~ 11 (1972)
- 29) 政令 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令 375号 (1972. 10. 17) 103号 (1975. 4. 4)
- 30) 環境庁水質保全局 土壌および農作物等中の水銀等の分析法 21 ~ 44 (1973)
- 31) 総理府令 農用地土壌汚染対策地域の指定要件にかかる砒素の量の検定の方法を定める総理府令第31号 (1975. 4. 8)
- 32) 岩手県 岩手県地質図 10万分の1 (1954)
- 33) 岩手県 岩手県地質説明書 I 北上山地西縁より脊梁山地に亘る地域の第三系の地質 (1954)
- 34) 半沢正四郎 日本地方地質誌 東北地方(増補版)朝倉書店 140 ~ 150 352 (1962)
- 35) 浅野清外 地史学(改訂新版)下巻 朝倉書店 520 ~ 526, 559 ~ 568 (1967)
- 36) 大沢穠 グリーンタフ 丸善 116 ~ 128 (1968)
- 37) 北村信 東北地方における第三紀造山運動について 東北大学報告 (1959)
- 38) 野中留一 土木機械の施工性 施工技術(日刊工業社) vol 5 № 4 69 ~ 77 (1972)
- 39) 三谷健 軟岩の性状と施工性 土と基礎(土質工学会誌) vol 22 № 6 3 ~ 6 (1974)
- 40) 渡辺正法・三沢清扶・橋口誠之 軟岩における機械掘削 第2有壁トンネル 土と基礎(土質工学会誌) vol 22 № 6 30 (1974)

Summary

Studies on Potential Acid Sulfate Soil from Neogene Formation
Shinpu SASAKI

Since recent land improvement has been carried out with heavily equipped civil engineering machinery, Neogene formation has been crushed out to use as soil of fields.

And yet, rice plant was injured severely in growth at this soil. This severe injury's phenomenon was so researched that the cause was found the potential acid sulfate soil originated from Neogene formation.

Some Neogene formation was frequently observed to contain an appreciable amount of sulfur in various forms. The existent-form of sulfur had been identified to pyrite by the X-ray diffraction analysis. Sulfur of pyrite in the crushed Neogene sedimentary rocks was oxidized to sulfuric acid and soil was very acidified.

Due to Neogene formation is mainly geologic formation in Tohoku District of Japan, and then Neogene sedimentary rocks that were riched in Sulfur to acidify under PH 3.5 after oxidized with hydrogen peroxide were investigated at Iwate Prefecture in Tohoku District.

As the result, such Neogene formations were found are as follows: Pliocene series; Yushima formation, Ariga f., Kazawa f., Motohata f., Miocene series; Kurosawa f., Shimokurosawa f., Koshidomae f., Suzukamo f., Yumoto f. and Kadonosawa f.

Sulfur contents in their rocks were over 1,000mg/100 g S of aqua regia soluble type and the soil PH after oxidized with hydrogen peroxide were about PH 2.0, and over 400mg/100 g S were acidified under PH 3.5 after oxidized with hydrogen peroxide at lower cation contents; and so the baseline of sulfur contents to potential acid sulfate soil was generalized over than 400mg/100 g S.

Very acidity of this soil was improved by calcium hydroxide buffer curve method, and calcium carbonate was better to fertilize than calcium hydroxide because did not to over alkalize and not to blocklize.

The soil amelioration was examined both lowland and upland fields. At paddy field, rice plant was withered out in a few days on the original soil, as lime increase the amount was grew better in growth, and best yield of rice grain was obtained over 550 kg/10 a grains at a plot of 4,000 kg/10 a of calcium carbonate in the first year, and continued the neutralizing effect of lime to more over three years; manures were necessary to fertilize the mineral soil from crushed rocks in each year, and three years after, rice yield were much obtained over 600 kg/10 a grains.

At upland field, Gramineae and Legumineae families were seeded:

the green sorghum of Gramineae had not been germinated on the virgin soil and best yield of sorghum grass was obtained over 5,000 kg/10 a at a plot of 5,000 kg/10 a of calcium carbonate in the first year and so over 6,000 kg/10 a of grass yield was obtained after second year; the soy bean of Legumineae was almost equally the amounts of lime of the sorghum required and the yield of soy bean was obtained 76 kg~130 kg/10 a beans.

The nutrient absorption of rice plant was on the increase Ca, Mn, Si, Mg, P, K, N and was on the decrease S, Fe as lime increased the amount; that of sorghum was as well as of rice plant but was on the decrease Mn.

Further more, the heavy metals in the acid sulfate soils were investigated on Cu, Zn, Cd, Pb and As, each element was so far under the limiting concentration of agricultural soil.

From the facts described above, it was corroborated that the potential acid sulfate soil originated from Neogene formation was able to ameliorate to farming soil.