

大阪平野の堆積粘土の土質化学的性質について

三 瀬 貞*

要 旨 大阪平野の堆積粘土の物理的性質と化学的性質との関係について、各地点の各深度ごとに採取した土試料を用いて、比較検討を行なった。すなわち、各種化学成分は、梅田層粘土のほぼ中央に極大点を有し上、下の砂礫層に向かつて漸減する傾向にあり、堆積粘土のいろいろの物理的性質は、塩素イオン含有量、pH、有機物含有量などかなりの相関関係を示していることが認められた。これらの結果によると、堆積粘土の物理的性質は、かなり顕著に土の化学的性質により影響を受けていることが理解され、堆積粘土の土質工学的研究において種々興味ある問題点をふくんでいるものといえる。

1. 緒 言

本報告は、大阪平野の堆積粘土のボーリング試料について、二、三の土質化学分析を行ない、その土の化学的性質と物理的性質とを比較した結果をまとめたものである。

従来沖積平野の地球化学的研究では、土の垂直方向の化学分析は、主として井戸水の分析によつて代表させていたようである。これは、試料採取が井戸水以外は困難であつたためと思われる。しかし、井戸水は滞水層より採取されるものが大部分であり、ことに深井戸の場合は、不透水粘土層の下にある滞水層の被圧水を取る場合が多い。井戸水は、滞水層の地質学的性格によつて特徴づけられているために、直接採取地点における土質よりも、むしろ地表水の流入地点と汲み上げ地点との間の広範な地下水涵養地帯の影響を受ける性格が強いといわなければならない。従つて、井戸水の分析では、水の方からいへば滞水層の化学的性格を、土の方からいへば砂礫層の化学的性格を強く表現し、いわばごく一部の地層の性格を示しているにすぎない。ゆえに、地盤中の各位置における土の化学的性質を求めめるためには、それぞれの位置において、間げき水を土との共存状態において採取した土試料について、各方面の化学分析を行なうべきである。ここでは、特に土の物理的性質に影響を与える主要素の一つである界面化学的考察を行なうために、土粒子に吸着されていたり、間げき水中に溶存されている物質を水または他の溶液で浸出し、浸出液よりそれらの物質を分析した。

* 正員 大阪市立大学講師，工学部土木工学教室

2. 地質構成の概要と試料採取地点

大阪平野は、淀川と大和川との沖積作用によつてでき

図-1 大阪平野平面図

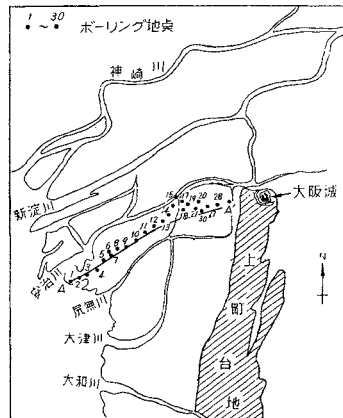


図-3 土質柱状図 (No. 30 地点)

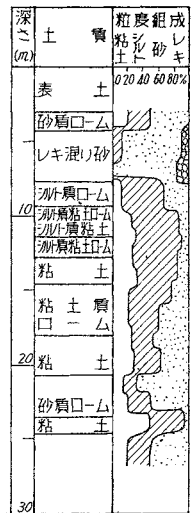
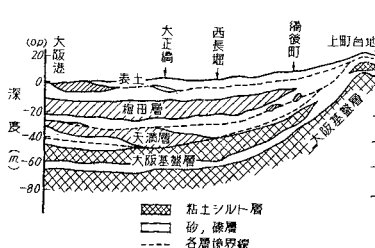


図-2 A-A' 断面における地層図



たもので、図-1 に示す A-A' 断面に沿う地層は、図-2 に示すようなものである。全般的な地質構造の概

要^{1)~3)}については省略するが、本報告に用いた試料のサンプリング用ボーリング地点は、図-1 の No. 1 より No. 30 に至る地点である。一例として、No. 30 に関するボーリング柱状図を図-3 に示す。

3. 物理的性質

各試料土について、JIS に示す方法に準拠して、粒度分析、含水比、アッターベルグ限界などの測定を行なった。

4. 化学的性質

各試料について、イオン交換容量を酢酸アンモニウム法により測定し、試料土を水または溶液を用いて浸出させた液中の塩素イオンをモール法により、硫酸イオンを比濁法により、ナトリウムおよびカリウムを蛍光分析に

図-4 塩素イオンの深度分布

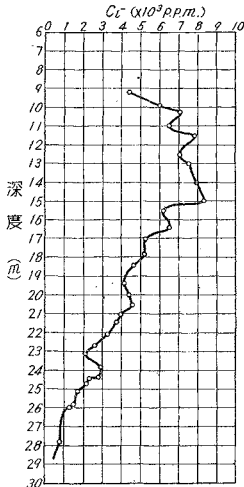


図-5 マグネシウム、カルシウムの深度分布

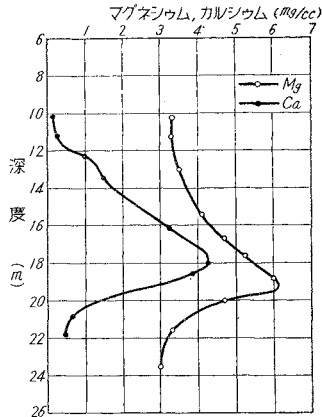


図-6 カリウム、ナトリウムの深度分布

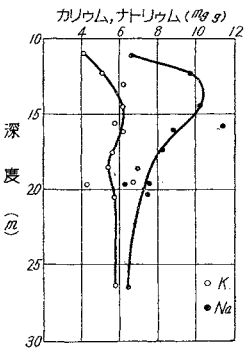


図-8 pHの垂直分布 図-9 Ca, Mgの垂直分布

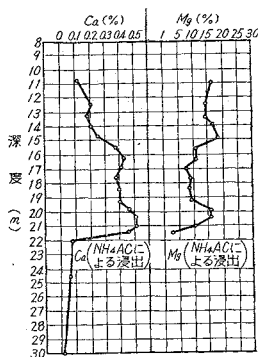
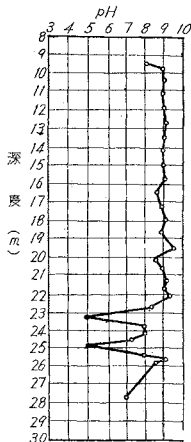
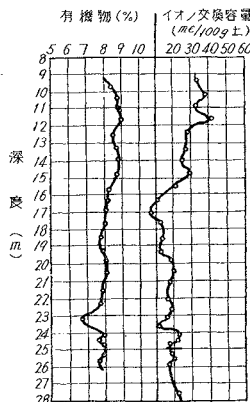


図-7 有機物、イオン交換容量の垂直分布

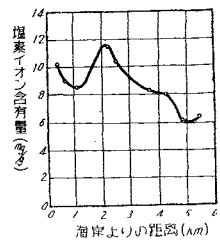


り浸出させた浸出液中の塩素イオンを 図-4 に、マグネシウムおよびカルシウムイオンを 図-5 に、ナトリウムおよびカリウムイオンを 図-6 に、有機物含有量およびイオン交換容量を 図-7 に、pH を 図-8 に、1 規定酢酸アンモニウムによる土の浸出液中のカルシウム、マグネシウムの含有量を 図-9 に示した。ここでは乾土 1g 当りの含有量を mg/g で、乾土 100g 当りの含有量をミリグラム当量で示したものを me/100g で、間引き液 1cc 当りの含有量を mg/cc で示した。

(1) 塩素イオンの土中分布

塩素イオン含有量の垂直分布についてみると、いちじるしい特徴は、塩素イオン含有量が梅田層粘土の層厚のほぼ中央に極大点を有し、上下の砂礫層に向かつて急激に減少していることである。また各地点における塩素イオン濃度の極大値を図示すると 図-10 のようにボーリング地点の海岸よりの距離が増大するにつれて漸減してゆく傾向にある。ただ海岸近くでは、しゅんせつ、埋立などの影響を受けたためか、この関係が一部乱されている。梅田層におけるこの範囲での塩素イオン含有量は 1~12 mg/g であるが、天満層のそれは大約 0.2~1mg/g くらいにすぎない。洪積層に入ると、No. 2 地点だけは逆に塩素イオン含有量が深度とともに増大しているが他の 17 地点ではこのような傾向はみられない。これは、臨海工業地帯の工業用水汲み上げなどによる深層の地下水圧の低下のため、海水の浸入によるのではないかと思われるが、確認するためにはなお研究のよちが多いであろう。

図-10 塩素イオン含有量の海岸よりの変化



上記のように梅田層における塩素イオン含有量が、その層厚のほぼ中央に極大値の存在する理由は、次の 2 項に起因するように考えられる。

a) 粘土含有量の垂直方向の分布は、後述するように層の中央に極大値を有し、上下両端にゆくにいたが漸減している。ゆえに、層中央部は透水係数がきわめて小さいことと、中央部の土の単位体積当りの土粒子表面積がいちじるしく大であるため、塩素イオンの保持力が中央で最大であることによる。

b) 梅田層粘土は、海水中に堆積したものであるために堆積当時は粘土は、海水にて飽和されていた。しかし、堆積後粘土の間引き水中に溶存していた塩素イオンは、塩素イオンに関してより低濃度である上下の砂礫層水層に向かつて拡散移動していつ

より、マグネシウムおよびカルシウムを EDTA 法により分析した。分析方法の詳細は、参考文献 4) に示されている。各分析値の深さ方向の分布状態を No. 30 ボーリング地点を例として図示した。すなわち、イオン交換水* によつて土よ

* イオン交換樹脂をとおして溶存している各種塩類をのぞいた脱塩水をいう。

た結果にもとづくものである。なお、イオンの拡散現象は Fick の法則に従いその進行過程は熱伝導の方程式と同一形式で表現されるから、イオンの土中分布は両面透水層にはさまれた粘土層の圧密沈下現象におけるある時刻の過剰間げき水圧の分布と同一傾向と考えられる⁵⁾。

土を水を用いて浸出させた浸出液中の塩素イオン含有量が海岸よりの距離とともに減少してゆくことは、堆積後現在までの拡散時間の経過を示すものとして興味のある現象であり、他の沖積地においても同様の現象がみられる。ただし以上の塩素イオンの分析値は、Sampling に当り、特別に化学的注意を払つたものではなく、普通のボーリング操作で得られた試料について行なつた分析値であるので、特に塩素イオンの含有量の少ない方の土に対しては、汚染その他の影響で分析値が過大になっている場合も多いと考えられる(塩素イオンの分析は、土 10g を取り、水 50ml を加え、よく振とうし、1 夜放置後ろ過し、ろ液を 100ml としたのち、イオン交換樹脂をとおし流出液を 400ml とし、これよりモール法で Cl^- を滴定した)。

(2) アルカリの土中分布

土を水を用いて浸出させた液中のアルカリ含有量の垂直分布のようすは大体塩素イオンの分布と類似して梅田層の中央部で極大値を示し、下両砂礫層に向かつて減少している。これらの値は、カリウムは 4~9 mg/g の範囲であり、ナトリウムは 5~16 mg/g の範囲にある。

(3) アルカリ土類金属の土中分布

マグネシウムおよびカルシウムの垂直分布は梅田層では、塩素イオンと同一の傾向をとり、粘土層厚のほぼ中央において極大値をとる。マグネシウムは約 1~8 mg/cc の範囲にあり、カルシウムは 1~4 mg/cc の範囲である。

(4) 有機物

有機物含有量をその全炭素の含有量として表わすと、有機物は乾燥土の約 7~9% の範囲にあり深度とともにわずかに減少してゆく傾向にある。

(5) イオン交換容量

10~45 me/100g の範囲をとるが、地表面下-16m までは少しずつ深度とともに減少してゆき、それ以深では深さによつてあまり変化が認められない。

(6) pH

pH は、22m まではいちじらしい変化はなく、大体 8~9 の値をとるが、天満砂礫層において変動が大きいようである。これは、細粒土が少なく、たえず新鮮な水に接しているためによるものと思われる。

(7) 硫酸イオン

水による浸出液について、塩化バリウムを用いて懸濁状態にしたものを比較する方法をとつたが、塩素イオンと異なり検出することができなかった。

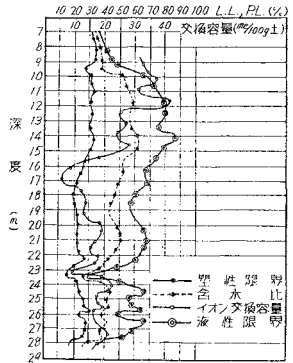
5. 交換性カルシウムおよびマグネシウム

1 規定酢酸アンモニウムにより土を浸出した液を分析して、交換性カルシウムおよびマグネシウムを求めたのであるが、カルシウムは、深度とともに、乾燥土重量の 0.1% より 0.5% まで増大し、天満砂礫層に至つて急激に減少しているが、これは洗脱(leaching)による影響である。マグネシウムは、カルシウムのように増加は示さないが、5~15% の量に達している。この理由については、なお研究のよちがあるように思われる。

6. 土の化学的性質の物理的性質に及ぼす影響

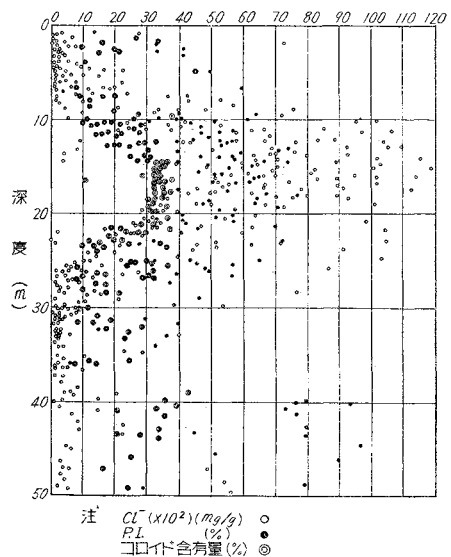
No. 30 地点の試料について、pH, P.L., L.L., イオン交換容量、自然含水比および塩素イオンの諸量と深度との関係を 図-11 に示す。また、全試料土について、深度ごとの塩素イオンと P.I. およびコロイド含有量との関係を 図-12 に示した。これよりみると、

図-11 物理性質と化学性質の垂直分布



P.I. およびコロイド含有量は、地表面下-18m を極大として上下に減少している。すなわち、梅田層粘土では、層の中央が最もコロイド含有量に富み、したがつて、最も塑性に富んでいるとみられる。-30m 以深の天満層においては、一たん少なくなり、大阪基盤層において再び増大している。一方塩素イオンは、梅田層においては、コロイド含有量に似て層の中央部が大で両端が減少して

図-12 Cl^- , P.I. コロイド含有量の垂直分布



いる。天満層および大阪基盤層においては、その絶対量の平均も少なく、かつ各深度ごとの含有量も深さの増大につれては増加していない。

塑性指数は、梅田層においては、コロイド含有量と大体対応しているようであるが、対応関係はそれほど明りようではない。大阪基盤層粘土では、塑性指数は梅田層粘土よりも大である。塑性指数とコロイド含有量の比を塑性コロイド比*と呼ぶと、塑性コロイド比は沖積層粘土では4、洪積層粘土では5である。これは、鉱物組成が異なるためによるとも考えられるが、以下の理由によりむしろ著者は塩素イオン含有量にその原因を帰したいと思う。すなわち、梅田層粘土および洪積層粘土を通じ粘土としての粒径範囲(0.005 mm 以下)に入り塑性指数に強く影響する鉱物の大部分は石英および雲母のような1次鉱物であり、いわゆる2次鉱物としての粘土鉱物の量は、きわめて少ないといわれている⁹⁾。また両層とも粘土鉱物としてはイライトが卓越し、カオリナイトをもふくむが、梅田層ではさらにモンモリロナイトをふくむようである。ゆえに、鉱物組成のみからみれば、実測の塑性コロイド比は、梅田層において大とならなければならないのに、逆になつていっているからである。

P.I. とコロイド含有量とは、図-13 のような相関を示している。これは P.I. の性質より当然考えらるることであるが、塑性コロイド比を塩素イオン含有量の間にも図-14 のような相関係数、 $r=0.44$ の関係が認められる。また、P.I. と有機物あるいは、P.I. と pH との間には、図-15 あるいは 図-16 で示される関係がある。

図-13 P.I. とコロイド含有量との関係

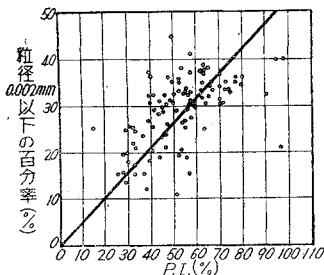
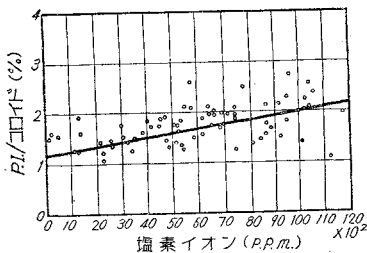


図-14 塑性コロイド比と塩素イオン含有量との関係



* 普通活量または活動度 (Activity) という。しかし Activity は電解質溶液の濃度に関係しても用いられるので、混同をさける意味で、このような呼び方を行なった。

る。P.I. が有機物と相関を示しているのは、有機物が主として粘土粒子の表面に結合し、塑性にいちじるしく影響するからであろうと考えられる。

7. 結 言

大阪平野の堆積粘土の物理的性質と化学的性質との関係について論じた。すなわち、各地点

図-15 P.I. と有機物含有量との関係

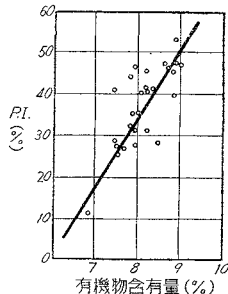
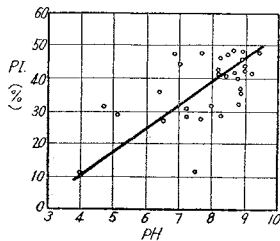


図-16 P.I. と pH との関係



ことによる。

塑性指数は、コロイド含有量に大体対応しているが、塩素イオン含有量の影響を受け、その対応関係は、やや明りようを欠いているようである。洪積層粘土が沖積層粘土に比し塑性に富んでいることに対して塩素イオン含有量の少ないこともその有力な原因の一つであろう。

pH, P.I., L.L., 塩素イオン含有量, コロイド含有量および有機物含有量などの間には、かなりの相関関係が認められた。これらの結果によると、土の物理的性質は、かなりの程度土の化学的性質により影響を受けていることがわかる。

本研究に際し、終始御指導を頂いた京都大学教授 村山朗郎博士、種々御便宜を頂いた日建設計工務K K土木業務所長 清水勝馬氏、同所員 松井 彰氏、実験に御協力を載いた池田桃子氏、浜田充代氏に衷心より感謝の意を表明する次第である。

参 考 文 献

- 1) 村山朗郎・赤井浩一・植下 協：大阪洪積層粘土の工学的特性，土と基礎 6 (1958) pp 39~47
- 2) 山根新次：大阪市地質概観，小川博士還暦記念論叢 (昭和5年) pp 187~203
- 3) 村上政嗣：大阪の天然ガスについて，地質第1号 (1950) pp. 114~149
- 4) 三瀬 貞：土の土質化学分析法について，土と基礎 34 (1959) pp. 37~43
- 5) 竹中準之介：Sedimentary geology of the Osaka Subsoils., Journ. Inst. Polytechnics, Osaka City Univ. Series G, Vol. 2 (1954) pp. 101~113
- 6) 柿谷 悟：Mineralogical studies on alluvium clay in Osaka., Journ. Inst. Polytechnics, Osaka City University Series G Vol 3(1958) pp 31~60

の各深度ごとに採取した試料について行なった土質化学分析の結果と物理試験の結果とを比較検討して、次のような結果をえた。

塩素イオンを初めとして各種化学成分について、各地点とも、梅田層粘土のほぼ中央に極大点が存在し、上下砂、礫層に向かつて漸減している。この理由は、粘土含有量の層の中央において極大を示すこと、および濃厚な間げき水中の塩分が上下の砂礫滞水層に向かつて拡散して行なつた