

日本各地の沖積粘土の鋭敏性の成因検討

大阪市立大学大学院
地域地盤環境研究所

○正 大島昭彦
伊藤浩子

1. はじめに

筆者らは、これまでに日本各地の沖積粘土層の土質特性を調べ、比較検討してきた。特に、千葉県浦安市の沖積粘土は超鋭敏性を示し、かつ試料の保存期間によって物理・化学性質が大きく変化するという特異性があることを報告した¹⁾。また、埼玉県越谷市²⁾、佐賀県白石町（有明粘土）³⁾の沖積粘土も超鋭敏性を示すこと、東大阪市西岩田⁴⁾の沖積粘土は超鋭敏性とはいえないが鋭敏性は高いことを報告してきた。

そこで本稿では、これまで調べてきた日本各地の沖積粘土の水溶性成分試験及び珪藻化石分析の結果から、超鋭敏性の成因を検討した結果を報告する。なお、鋭敏粘土の比較対象とするために、鋭敏性が低い大阪市此花区桜島⁵⁾の沖積粘土の結果も示す。各地点の土質特性（物理、力学特性）は文献 1)～5)を参照されたい。

2. 日本各地の沖積粘土層の水溶性成分試験結果

図-1(1)～(5)に日本各地の沖積粘土のそれぞれ液性指数 I_L 及び土の水溶性成分試験（JGS 0241）の結果（陽イオン：ナトリウム Na^+ 、カリウム K^+ 、マグネシウム Mg^{2+} 、カルシウム Ca^{2+} ）の深度分布を示す。ただし、含有量 $S(\text{mg/g})$ から間隙水中の濃度 $(\text{mg/L}) = S/w \cdot \rho_w \cdot 1000$ 、 w は含水比）に換算して示している。なお、埼玉県越谷市では水溶性成分は測定していない。また、千葉県浦安市では粘土から直接絞り出した間隙水中のイオン濃度を測定¹⁾したので、他地点の水溶性成分試験とは前処理方法が異なるため、絶対値が少し異なる可能性がある（図-2(1)も同様）。

図-1(1)から、白石町で $I_L=1\sim1.5$ 、浦安市、越谷市で $I_L=1\sim2.5$ を示し、超鋭敏性を示すことがわかる（一軸圧縮強さからも超鋭敏性は確認している）。一方、西岩田は鋭敏性の高い東大阪沖積粘土の地域にあるが、 $I_L=0.8\sim1$ であり、超鋭敏とはいえない。桜島は西大阪地域の典型的な沖積粘土で、 $I_L=0.6\sim0.8$ で鋭敏性は低い。

図-1(2)～(5)の陽イオン濃度から、いずれの地点でも Na^+ が卓越した組成を示す。また、海底を埋め立てた浦安市を除き、いずれの陽イオンも粘土層の中央部で高い弓形分布を示し、海進～海退期の一連の堆積環境を反映しているといえる。また、いずれの陽イオンも白石町、桜島で高く、西岩田、浦安市（特に下部）で低い値となっており、粘土の堆積当時の海水の塩分濃度、あるいは堆積後の続成作用が地点ごとに異なる可能性が示唆される。

図-2(1)～(5)に日本各地の沖積粘土のそれぞれ水溶性成分試験による硫酸 SO_4^{2-} 濃度、塩化物含有量及び同一検液での pH、電気伝導率を示す。 SO_4^{2-} 濃度は先と同様に硫酸塩含有率から換算している。なお、塩化物含有量は図(2)では算術スケールで、図(3)では対数スケールで示している（因みに海水の塩化物含有量は 19.3mg/g である）。

図-2(1)～(3)の SO_4^{2-} 、塩化物含有量から、白石町、桜島で高く、西岩田、浦安市（塩化物含有量は越谷市でも）で低い値となっており、先の陽イオンと同様なことが推定される。白石町の塩化物含有量が最も高い深度 $6\sim8\text{m}$ で

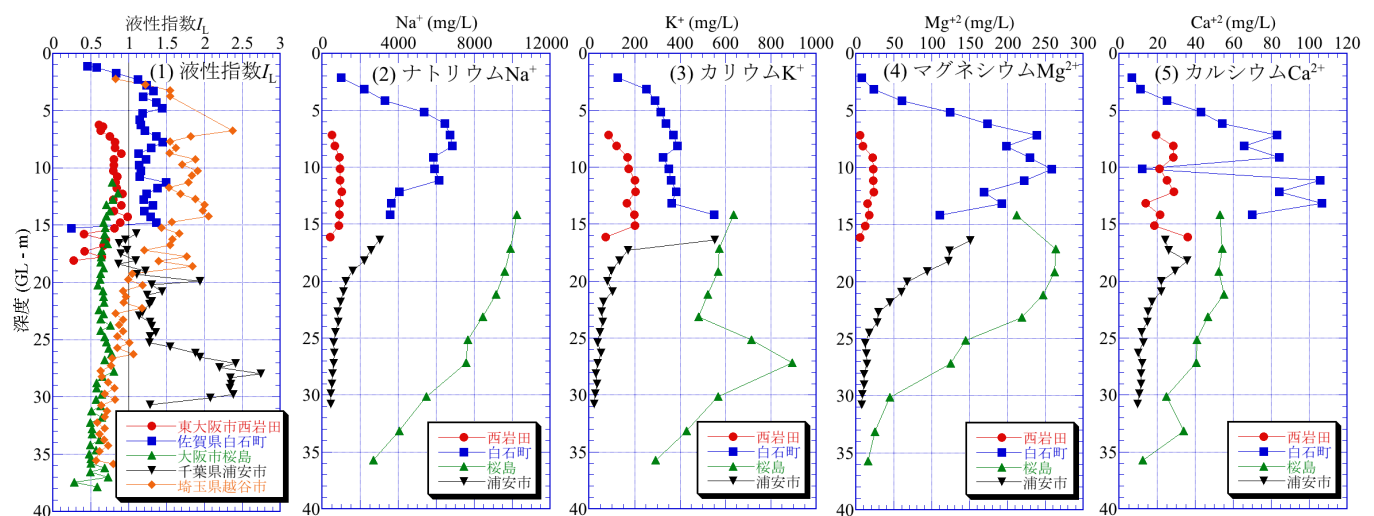


図-1 日本各地の沖積粘土の液性指数 I_L と陽イオン水溶性成分の深度分布

Key Words: 沖積粘土, 鋭敏性, 液性指数, 水溶性成分, 塩化物含有量

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

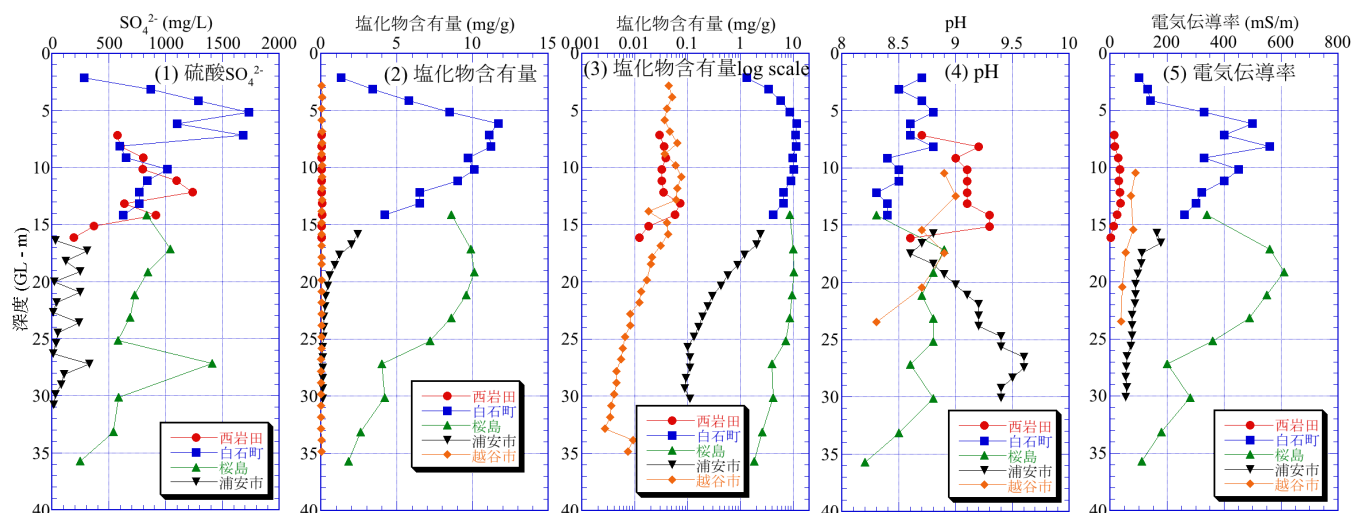


図-2 日本各地の沖積粘土の硫酸塩、塩化物含有量、pH、電気伝導率

は貝殻片が多産し、コア観察から海域環境が最も顕著（最温暖期）であったことが示唆された。一方、 SO_4^{2-} はそれよりやや上位の深度 5m 付近で最も高い。 SO_4^{2-} は間接的に生物生産量を反映しており、最温暖期から海退に向かうやや浅い水深の穏やかな堆積場において、生物活動がより活発であった可能性がある。図-2(4)の pH は、全体にアルカリ性であるが、白石町でやや低く、浦安市でやや高い。図-2(5)の電気伝導率は、図-1(2)～(5)の陽イオン濃度や図-2(1)～(3)の SO_4^{2-} 濃度、塩化物含有量と同様な深度分布を示しており、水溶性成分が多いほど高いといえる。

3. 日本各地の沖積粘土層の珪藻分析結果

紙面の都合で珪藻化石分析結果の図示はできないが、珪藻の種類から粘土の堆積時の環境が推定できる。西岩田は海水～汽水生種が主で、汽水生種の *Nitzschia granulata* を全試料で含んだことから、内湾で特に閉塞性の高い干潟に近接した比較的浅い海域で堆積したと考えられる。白石町では海水～汽水生種が主で、基本的には内湾の海域で堆積したと考えられるが、粘土中央では外洋水の指標種 (*Thalassiosira eccentrica* 及び *Thalassiosira lineata*) もみられた。桜島はやはり海水～汽水生種が主で、内湾の海域で堆積したと考えられるが、汽水生種の *Nitzschia granulata* は全試料で産出せず、西岩田とは異なる堆積環境であったことが示唆される。また、深度 33m の試料では淡水生種が半数近くを占め、粘土層下部で相対的に塩化物含有量が低い傾向と整合的である。越谷市も海水～汽水生種が主で、内湾の海域で堆積したと考えられるが、深度 30m では淡水生種が上位より多い。また、深度 24m では汽水生種の *Nitzschia granulata* が多く、閉塞性の高い塩分湿地や泥質干潟の堆積環境が示唆される。さらに、深度 12m 及び深度 18m では外洋水の影響を示唆する種 (*Thalassiosira eccentrica* 及び *Thalassiosira lineata*) もみられた。

以上から、各地点の珪藻化石分析の結果は塩化物含有量の深度方向の変化と概ね整合的であり、塩化物含有量の変化は堆積当時の環境（海水の影響）を反映していると考えられる。ただし、越谷市では塩化物含有量が西岩田と同程度であるにもかかわらず、外洋性の指標種が算出するなど、他の 3 地点とはやや異なる傾向を示した。

4. おわりに

一般に、鋭敏性の原因は塩分の溶脱（リーチング）で説明されることが多い。確かに西岩田や越谷市は塩化物含有量が低く、堆積後に塩分が溶脱されたとも推定できるが、白石町の有明粘土の塩化物含有量は明らかに高く、塩分溶脱は認められない。文献6)では、有明海沿岸地域東側の佐賀平野に位置する有明粘土層を対象に鋭敏性と塩分濃度の関係を調べられており、この地域の有明粘土層はその下位の砂礫層から昭和 30 年代以降に盛んに行われた大量の地下水揚水（主として農業用水）による浸透流によって塩分の溶脱を受け、鋭敏性が高くなったと報告されている。一方、有明海沿岸地域西側に位置する白石町では塩分の溶脱が認められなかったため、超鋭敏性の原因は塩分溶脱以外の要因⁷⁾も考える必要があると考えられる。今後、さらに検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 大島・他：千葉県浦安市沖積粘土層の土質特性～超鋭敏性と物理・化学性質の経時変化～，第 13 回地盤改良シンポジウム，pp.19-26，2017。
- 2) 大島・他：埼玉県越谷市新川町での地盤調査結果（その 2：沖積粘土層の土質特性），第 53 回地盤工学研究発表会，No.0056，2018。
- 3) 大島・他：佐賀県白石町での地盤調査結果（その 2：有明粘土層の土質特性），第 55 回地盤工学研究発表会（投稿中），2020。
- 4) 糟谷・他：東大阪市西岩田地区での地盤調査結果（その 2：沖積，洪積粘土の土質特性），第 55 回地盤工学研究発表会（投稿中），2020。
- 5) 糟谷・他：大阪市此花区桜島における地盤調査（その 2：Ma13 層と Ma12 層の土質特性），土木学会第 75 回年次学術講演会（投稿中），2020。
- 6) 三浦・他：有明粘土層の堆積環境とその鋭敏性について，土木学会論文集，N.541/Ⅲ-35，pp.1119-131，1996。
- 7) 大島・他：東大阪地域の鋭敏粘土層の分布域と堆積環境から見たその成因の再検討，日本材料学会，材料，Vol. 59，No. 1，pp. 2-7，2010。