

佐賀平野の沖積粘土層における土中塩分濃度の簡易測定法について

佐賀大学 ○学 井上 貴昭 学 辻 大輔

佐賀大学 低平地防災研究センター 正 日野 剛徳

1. まえがき 佐賀平野における一部地域の沖積粘土層では、海成層の塩分濃度の値に比べて非海成層の塩分濃度の値が高いという観測結果が得られている¹⁾。この原因を解明するには、広範な地域にわたる土中塩分濃度の深度分布の調査が必要である。この調査を迅速に行うために、まず市販の塩分濃度計による土中塩分濃度の簡易測定法について検討した。本報では、塩分濃度計の仕様や粘土の物理化学的性質が測定値に及ぼす影響について報告する。

2. 塩分濃度計の仕様が及ぼす影響 3種類の市販塩分濃度計 A, B, C を対象に以下の検討を行った。これらの仕様を表-1 に示す。塩分濃度計の選択に際しては、使いやすさが第一の目安となるが、表示値の示す意味についても十分な理解が必要である。本報で用いた塩分濃度計の場合、Na⁺電極、Cl⁻電極が取り付けられており、較正には NaCl 溶液を用いる。表示される%は、% NaCl(純水 100ml に対し NaCl 1g を添加した量) のように考えることができる。このような理解から、%はさらに g/l や当量/l に換算することができ、電極や較正液の異なる塩分濃度計による測定結果が収集されても、同一条件としての比較が可能になる。

表-1 測定器の仕様

	電極	測定機構	測定範囲	較正標準液	形状	測定精度	備考
塩分濃度計 A	Na ⁺ 電極, Cl ⁻ 電極	導電率測定方式	0.0~5.0‰	2% NaCl	体温計型	表示値±25%	%=w NaCl/w Water
塩分濃度計 B	Cl ⁻ 電極	導電率測定方式	0.0~5.0‰	0.9% 生理食塩水	体温計型	±0.3%	%=w NaCl/w Water
塩分濃度計 C	Na ⁺ 電極	複合電極方式	0.00~10.0‰	0.5, 5.0% NaCl	平面型	±0.06%	%=w NaCl/w Water

(a) 測定に供する溶液 基準試験では、ろ過抽出した測定溶液を準備するが、前処理に時間を要する。溶液が懸濁状態の場合に、測定値にどのような影響が表れるか検討した。図-1 に、ろ過抽出した試料の測定値に対する各懸濁状態の試料の測定値の比と懸濁濃度の関係を示す。A, B は懸濁濃度の増加に伴って測定値が低下したのに対して、C はほぼ一定を示した。表-1 に示すように A, B は導電率測定方式、C は複合電極方式に分類される。このことから、A, B の結果は、懸濁濃度の増加に伴って溶液抵抗が増加し、測定値が低下したと考えられる。

(b) 希釈倍率について 筆者らの一人は、市販塩分濃度計を用いて沖積粘土の土中塩分濃度を直に測定する方法(直接法)と、蒸留水を加えて希釈した試料を用いて測定する方法(間接法)について検討し、間接法が精度がよいことを報告している²⁾。本報では、間接法について、測定値に及ぼす希釈倍率の影響をさらに詳しく検討した。十分に洗浄した砂(含水比式でいう m_w)と 10g/l の NaCl 水溶液(m_w)を用い、総量 m を 100g に統一し、50, 100, 150, 200%の含水比となるよう砂と水溶液の量を調整して試料を作製する。以上の準備を経た試料を 1 グループとし、さらに希釈割合が 1:1, 1:2, 1:5 となるよう合計 3 グループの試料を作製して検討した。ここで希釈倍率は次の 2 式で表せる。

$$\text{希釈倍率} = (\text{湿潤試料 } m \text{ の重さ}(g) + \text{蒸留水の重さ}(g)) / \text{湿潤試料 } m \text{ の重さ}(g) \cdots (1)$$

$$\text{希釈倍率} = (\text{湿潤試料中の } m_w \text{ の重さ}(g) + \text{蒸留水の重さ}(g)) / \text{湿潤試料中の } m_w \text{ の重さ}(g) \cdots (2) \text{ (要、測定試料の含水比)}$$

(1)式は湿潤試料 m 全体に対して希釈するという考え方である。(2)式は今回新たに定義したものであり、試料中の m_w のみが希釈されるという考え方でもある。表-2 に結果を示す。 m_w の塩分濃度はあらかじめ 10g/l NaCl に調整しているので、測定値に希釈倍率を乗じた後の値も 10g/l NaCl と示されればよい。このような観点で検討を行った結果、希釈倍率としては湿潤試料 : 蒸留水=1:1, 希釈倍率式は(2)式が妥当であり、かつ塩分濃度計 C が測定結果を精度よく表していることが明らかになった。

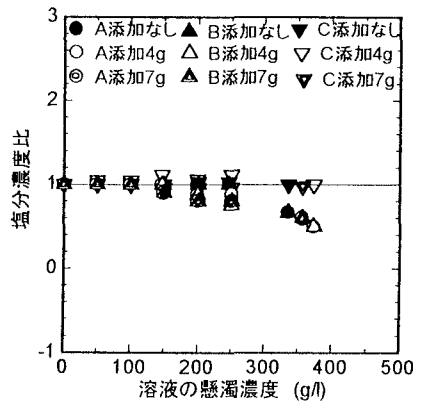


図-1 測定に供する溶液検討

表-2 希釈倍率の検討結果

	含水比w (%)	試料の量sm (g)		蒸留水 (g)	希釈倍率		測定値 (%)			希釈倍率(1)式による 試料中のNaCl濃度(w/l)			希釈倍率(2)式による 試料中のNaCl濃度(w/l)		
		砂 ms	間隙水 nw		(1)式	(2)式	A	B	C	A	B	C	A	B	C
希釈倍率1:1 (砂・溶液蒸留水)	50	66.6	33.4	100.0	2.0	4.0	0.2	0.2	0.27	4.0	4.0	5.4	8.0	8.0	10.8
	100	50.0	50.0	100.0	2.0	2.0	0.3	0.3	0.34	6.0	6.0	6.8	9.0	9.0	10.2
	150	40.0	60.0	100.0	2.0	2.7	0.3	0.3	0.38	6.0	6.0	7.6	9.0	9.0	10.3
	200	33.4	66.6	100.0	2.0	2.5	0.4	0.4	0.40	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0
希釈倍率1:2 (砂・溶液蒸留水)	50	66.6	33.4	200.0	3.0	7.0	0.1	0.1	0.17	3.0	3.0	5.1	7.0	7.0	11.9
	100	50.0	50.0	200.0	3.0	5.0	0.2	0.2	0.22	6.0	6.0	6.6	10.0	10.0	11.0
	150	40.0	60.0	500.0	6.0	8.3	0.1	0.1	0.13	6.0	6.0	7.8	9.3	9.3	12.1
	200	33.4	66.6	500.0	6.0	8.5	0.1	0.1	0.14	6.0	6.0	8.4	8.5	8.5	11.9
希釈倍率1:5 (砂・溶液蒸留水)	50	66.6	33.4	500.0	6.0	16.0	-	-	0.08	-	-	4.8	-	-	12.8
	100	50.0	50.0	500.0	6.0	11.0	0.1	0.1	0.11	6.0	6.0	6.6	11.0	11.0	12.1
	150	40.0	60.0	500.0	6.0	9.3	0.1	0.1	0.13	6.0	6.0	7.8	9.3	9.3	12.1
	200	33.4	66.6	500.0	6.0	8.5	0.1	0.1	0.14	6.0	6.0	8.4	8.5	8.5	11.9

間隙水のNaCl濃度 = 10g/l NaCl
試料中のNaCl濃度(g/l) = 測定値(%) × 希釈倍率(1)式もしくは(2)式 × 10 (測定値の表示値1% = 10g/l NaCl)

間隙水のNaCl濃度 = 10g/l NaCl

試料中のNaCl濃度(g/l) = 測定値(%) × 希釈倍率(1)式もしくは(2)式 × 10 (測定器の表示値1% = 10g/l NaCl)

3. 物理化学的性質が及ぼす影響 (a) 多価の陽イオンが及ぼす影響 沖積粘土には、 Na^+ 以外に Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ が含まれており、希に有機物を多く含むことがある。そこで、 NaCl と CaCl_2 の混合比(質量比)を変化させ、かつ両者を足し合わせた総合塩分濃度がそれぞれ 5g/l, 10g/l になるように溶液を作製し、多価の陽イオンが市販塩分濃度計の測定値に及ぼす影響について検討をした。 Mg^{2+} , K^+ についても同様の手順で検討した。結果は図-2に示すように、計算 NaCl 濃度のラインに対し A, B はばらつきを示すが、C はほぼそのラインに沿ってプロットされている。一方、プロットのほとんどは計算 NaCl 濃度に対して過大評価側にあることから、多価の陽イオンは測定値を高めめに評価する可能性がある。

(b) イオンクロマトグラフとの比較 佐賀平野河川沿いから採取した試料に対し、市販塩分濃度計とイオンクロマトグラフによる土中塩分濃度の測定を行った。図-3はイオンクロマトグラフによる Na^+ 値を基準にとり、市販塩分濃度計による Na^+ 値を対比させた比を深度方向に対してプロットしたものである。市販塩分濃度計の Na^+ 値はイオンクロマトグラフの Na^+ 値よりも過小評価したことになる。これは、イオンクロマトグラフの Na^+ 値は、本来間隙水が有していた Na^+ 値に、前処理の過程で粘土粒子表面に吸着されていた Na^+ イオン群が溶解して加わった結果、市販塩分濃度計の Na^+ 値より高い値を示した可能性がある³⁾。今回の検討からは、市販塩分濃度計の精度はイオンクロマトグラフの7割以上の精度を有するといえる。

4. 結論 1)市販塩分濃度計の使用に際しては、表示値の示す意味について十分な理解が必要である。2)導電率測定方式を有する塩分濃度計は、測定溶液が懸濁状態の場合測定精度が低下するが、複合電極方式のものは測定溶液の懸濁状態によらず測定精度は良い。3)測定試料の希釈倍率は1:1が妥当であり、その算定式には(2)式を適用するのがよい。4)市販塩分濃度計を用いて多価の陽イオンを含む試料の土中塩分濃度を測定する場合、測定値が高めに評価される可能性がある。5)今回の検討で、市販塩分濃度計はイオンクロマトグラフの7割以上の測定精度を有していることがわかった。

謝辞 本研究の遂行に際し、本学都市工学科教授・低平地防災研究センター長 三浦哲彦先生には懇切丁寧なご指導をいただいた。(株)親和テクノ地盤工学研究所 中村六史博士には試料採取の便宜を図っていただいた。また、土中溶存イオンの定量分析に際しては、佐賀県環境センター 八谷陽一郎氏ならびに本学都市工学科水資源工学研究室のご指導をいただいた。記して感謝の意を表します。

参考文献 1)三浦, 赤峰(日野), 下山 : 土木学会論文集, No. 541/Ⅲ-35, pp. 119-131, 1996. 2)赤峰(日野), 三浦 : 海底地盤に関するシンポジウム'94 発表論文集, 土質工学会関西支部, pp. 43-50, 1994. 3)土質工学会: 土質試験の方法と解説, pp. 160-173, 1990.

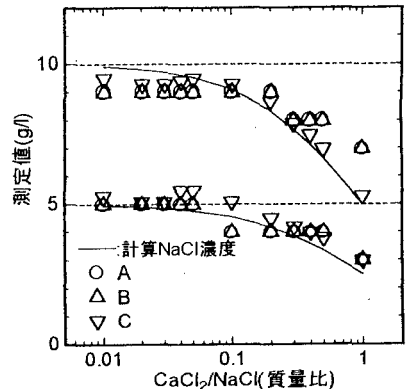


図-2 カルシウムに関する検定

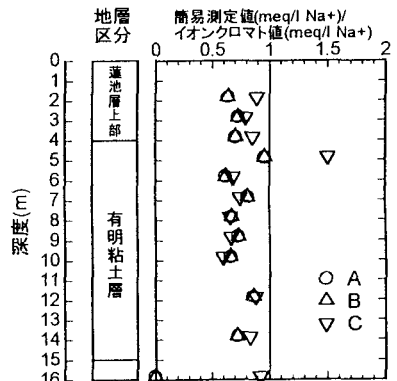


図-3 市販塩分濃度値とイオンクロマト値の比(深度方向)