

土の粒度分析における化学的分散処理について

准員 山内豊聰*

CHEMICAL DISPERSION TREATMENT OF MECHANICAL ANALYSIS OF SOILS

(JSCE July 1952)

Toyotoshi Yamanouchi, C.E. Assoc. Member

Synopsis The author discussed about the existing chemical dispersion treatment of mechanical analysis of soils from the stand point of colloid chemistry and he made the comparative experiments mainly on soils immersed into salt water. Consequently, he insists that the electric dialysis should be recommended for such soils and ascertained the cataphoresis velocity of soil particles is relatively convenient practical measure of dispersion, and so examined its relation with the pH value.

1. まえがき

粒度分析は土の分類に関する基礎資料を提供するものとして、研究及び調査には必ず附随して行われる。その試験での最も大きい誤差の原因が化学的分散処理にあると思うが、実験誤差に属するような分散効果の若干の相違を問題にするのは当を得たものではない。しかし分散処理が不適当なために凝集沈澱がおきる場合は土の分類を誤ることになるから注意を要する。この報告は主として普通の方法では凝集沈澱を免れない海水にひたつた土について、電解透析を施してこれを処理した実験結果である。

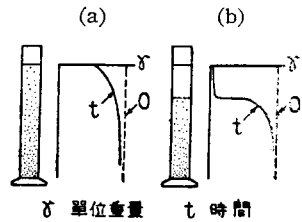
2. 分散剤の理論と沈降状態に関する考察

化学的分散処理は一般に (1) H_2O_2 等の酸化剤で無定形の腐蝕質である結合性有機物を酸化分解して土粒子を分離することと (2) 次にのべる土粒子の吸着イオンの置換との 2 作用を行うもので JIS の方法はそれである。

膠質理論によれば、土のような疎水性膠質物が分散良好であるためには粒子が大きい電荷を持つていて互によく反撥力が働く状態にあらねばならない。土粒子及び (1) で分解した有機物の表面は元来負に帯電しているの、これに液中の正イオンが吸着して形成する電気 2 重層の電位差である ζ 電位の大きさによって、反撥力が変化するといわれる。これは球形蓄電器の電位差の式から、粒子の大きさを同じとすれば単位表面積当りの電荷が大であるか、またはイオンの解離度が大であれば大きくなると考えられるものである。その ζ 電位差が臨界電位とよばれるある大きさまで低下

するときは、もはや粒子間の牽引力が反撥力に打克つて懸濁液は緩凝結がおきる。その沈降状態は図-1(b)である。この沈降状態に対しては勿論 Stokes の式が

図-1 正常な沈降と凝集沈澱
Normal precipitation and coagulation



あてはまらないばかりでなく、規定の比重計法は適用できない。比重計の読みが浸水した容積の中心の深さにおける比重を示すのは、単位重量が深さについて直線に変化すると仮定できる (a) の如き正常の沈降の場合である¹⁾。

(2) の操作は解離度の高い正イオンを電離する電解質を懸濁液に添加し、既に吸着していた低位の正イオンと置換し、電位を大きくすることに他ならない。その際負イオンの影響が無視できないのは事実であつて、特に OH^- は粒子表面の電荷が負であつてもある程度選択吸着の性質があつて優先的に吸着されるものではないかと推測される。あるいはまた T.F. Ford 等²⁾ も説明しているように粘土結晶では同一粒子内に正及び負の面または点が生じ得るとすれば、全体としての負の電荷を大きくするためには負イオンの解離度を小さくする必要がある。

したがつて分散剤としてはイオンの離液順位にもとづいて、 $LiOH$, $NaOH$, NH_4OH , KOH がその順にとりあげられる。この中 $NaOH$ は NH_4OH に比べて粘土分析量が大きくしかも分散が著しくはやめられることが実験の結果³⁾ に出ている。珪酸ソーダ結晶溶液はその加水分解の式⁴⁾ から考えて主として $NaOH$ の効

* 九州大学大学院特別研究生, 工学部土木教室

果によるものであるが、またその際生ずる珪酸が親水性膠質物として粒子に対し保護膠質の作用を働くものと考えられる。水ガラス溶液は組成作用とも結晶溶液と同等かわりのないものである。

3. 海水にひたつた土の分散

粒子がたとえ解離度の高い正イオンを吸着していても、液中のイオン濃度が過剰であるときは電気2重層の中に多くのイオンが浸入して、粒子表面の電荷と中和放電するため2重層は薄くなり粒子は反撥力を減少する。この場合のζ電位の低下は、Donnanの膜平衡の理論を粒子の2重層の内外に適用して説明する⁹⁾向きもある。

海水にひたつた土は、主としてNaClを含みその水浸液は一つのNa膠質物ではあるが、一般に過剰に含むのとしかも恐らくCl⁻の解離性によつて全体の負電荷は大きく減殺される。かかる試料に対してはNaOHでイオン置換を試みても殆んど分散効果はなく、この場合は過剰の可溶性塩分を除去することを分散処理とすべきであると考ええる。

その目的のため筆者は、電気分解と限外濾過とを併行する電解透析⁹⁾を施した。この方法は電解質濃度が小さくても大きな効果を発揮するので、沈降を繰返して上澄を除去する方法や濾過を行うのに比べて非常に能率的で且つ微小粒子を損失せず、また粒子は透析沈澱を行うので最後の試料の取出しも容易である。実験に使用したのは各槽約600cc容量の3槽式で、正負極はそれぞれ炭素棒と銅板を用い、両透析膜は約75cm²でそれぞれの側に絹布及び濾紙にコロジオンを

塗布したものを使用した。これに直流120 voltを通じ、両外槽は水道水を常時更新するようにし、中央の試料水浸液はときどき攪拌し、透析末期に外槽は蒸留水におき換えた。透析の進行をみるには電流計によつたが、極における気泡発生状況でも観察できる。この装置で一試料の透析時間は大体20時間以内で十分である。

4. 比較実験

試料は海水にひたつた土として

- No. 1 佐賀県牛津橋基礎の土 (約-10 m)
- No. 2 博多港岸壁の埋立土 (同港浚渫土)
- No. 3 大牟田市人工島海底の土 (-20 m)
- またそれ等との比較のため
- No. 4 佐賀県山代町附近山土
- No. 5 大村市附近山土

を選び空気乾燥し四分法を行つた。

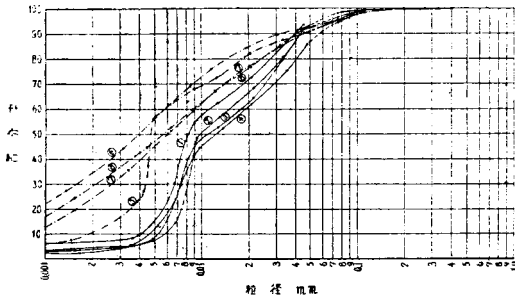
実験は表-1に示した如く、比較検討を必要とする化学的分散処理方法を選んで行つた。且つ比重計法を終つた24時間後のシリンダー底部の沈積容積と攪拌液のpH値を測定した後、フルイNo. 0.075通過の懸濁液の電気泳動速度を測定した。pH値は直立式アンチモン電極pH計により、電気泳動速度はU字管に懸濁液と濾液との境界面をつくり、直流120 voltを通じその移動速度を測定して得た。本実験は粘性係数及び電媒常数の相違が殆んど無視できるので、泳動速度⁷⁾によつてζ電位の比較ができると考えた。これ等の測定値は表-1に、各粒度曲線は図-2(i)~(v)に示した。

表-1 化学的分散処理方法と主なる測定値
The methods of chemical dispersion treatment and main measured values.

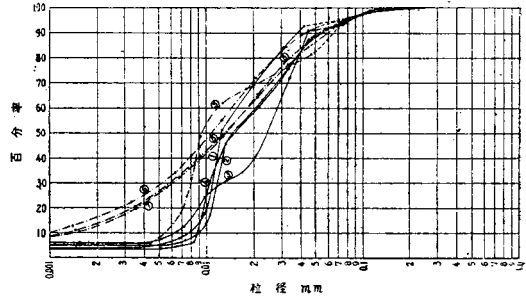
No.	試料性質		化学的分散処理方法	電解透析時間 (hr)	懸濁液の pH	沈積容積 (cc)	フルイ No. 0.075 通過液の容積 (cc)	電流 (mA)	電圧 (V)	外観	備考
	NaCl濃度 (g/l)	PI (%)									
NQ.1	NaCl = 3.44 (海水) PI = 59% G = 2.56 (水洗) PH = 4.55 (1:15 懸濁液)										
	①	60.44	2.13	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc (JISのB法)	0	4.4	165	166	1.86	同	
	②	55.88	1.96	同上	0	4.8	153	166	1.92	同	
	③	65.76	2.32	6% H ₂ O ₂ 処理, 1.023M (20cc) JISのB法)	0	4.1	166	153	1.77	同	同様に攪拌
	④	64.26	2.27	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N LiOH 10cc	0	4.05	170	159	1.41	同	同
	⑤	57.51	0	電解透析後 6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc	1.4	4.8	193	201	2.06	同	よく懸濁
	⑥	64.69	0	6% H ₂ O ₂ 処理後 電解透析	21	7.6	94	87	2.28	同	よく懸濁
NQ.2	NaCl = 17.74 (海水) PI = 93% G = 2.63 (水洗) PH = 7.5 (1:15 懸濁液)										
	①	68.00	1238	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc (JISのB法)	0	8.8	155	137	1.90	同	凝結
	②	66.14	1203	同上	0	8.3	155	141	1.87	同	
	③	63.53	1155	6% H ₂ O ₂ 処理, 1.023M (20cc) JISのB法)	0	8.3	155	146	1.89	同	同様に攪拌
	④	61.28	1113	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N LiOH 10cc	0	8.25	140	137	1.90	同	同
	⑤	56.30	0	電解透析後 6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc	1.4	7.6	150	160	1.83	同	よく懸濁
	⑥	63.86	0	6% H ₂ O ₂ 処理後 電解透析	21	8.1	105	117	1.87	同	よく懸濁
NQ.3	NaCl = 15.4 (海水) PI = 3% G = 2.71 (水洗) PH = 6.8 (1:15 懸濁液)										
	①	62.74	~99	水洗, 1N NaOH 10cc (JISのA法)	0	11.3	73	70	3.11	同	よく懸濁
	②	67.43	107	水洗, 1N LiOH 10cc	0	10.3	70	62	3.12	同	
	③	67.34	106	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc (JISのB法)	0	5.7	100	84	2.46	同	
	④	63.63	0	電解透析のみ	16	5.1	68	64	1.94	同	
NQ.4	PI = 34% G = 2.73 PH = 5.65 (1:15 懸濁液)										
	①	71.66	>	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc (JISのB法)	0	6.9	76	62	2.77	同	よく懸濁
	②	50.54	>	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N LiOH 10cc	0	4.1	63	75	2.69	同	
NQ.5	PI = 17% G = 2.59 PH = 2.6 (1:15 懸濁液)										
	①	65.15	>	水洗, 1N NaOH 10cc (JISのA法)	0	7.2	100	42	3.53	同	よく懸濁
	②	69.85	>	同上	0	6.3	94	61	3.68	同	
	③	62.00	>	水洗, 1N LiOH 10cc	0	5.6	48	94	2.45	同	
	④	62.40	>	6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc (JISのB法)	0	5.3	215	207	2.20	同	
	⑤	62.36	>	6% H ₂ O ₂ 処理, 1.023M (20cc) JISのB法)	0	3.2	106	96	2.32	同	
	⑥	64.62	>	電解透析後 6% H ₂ O ₂ 処理, 1N NaOH 10cc	10	6.3	76	90	2.40	同	

図-2 粒度曲線

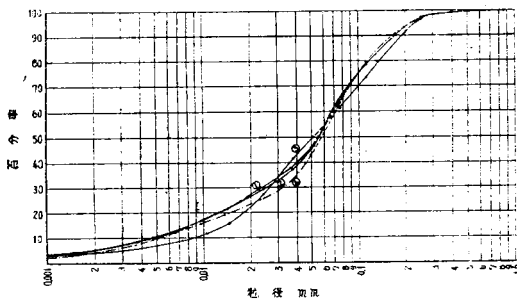
(i) 試料 No. 1



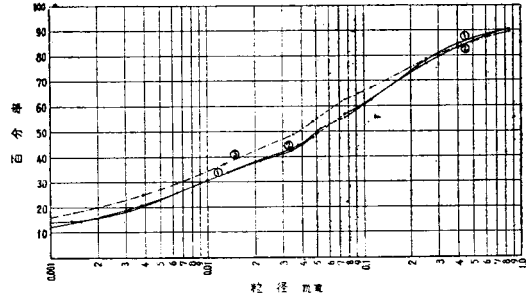
(ii) 試料 No. 2



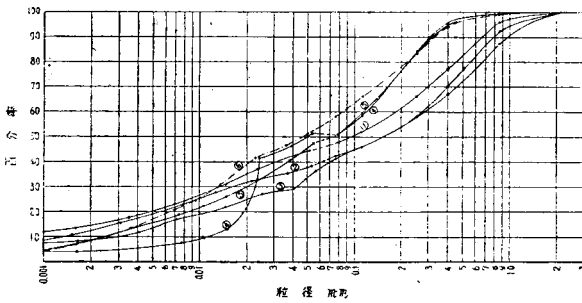
(iii) 試料 No. 3



(iv) 試料 No. 4



(v) 試料 No. 5



5. 実験結果の考察

a. 海水にひたつた土の分散処理 No. 1, No. 2 共 JIS の結果は全く採用できない。これは LiOH を使用しても同じである。この試料では H₂O₂ 処理後電解透析を施した場合が最も分散良好で、粒度曲線が統計学上の基本的形状を示し、またフルイ分析の部分とのつながりが自然でもあり正しい分析結果と判断する。なお透析後さらに NaOH を添加した場合も殆んど結果に相違はなかつたが透析時間の少ないものは凝集沈澱を示した。このような特異な曲線は、測定中明瞭に凝集沈澱が観察される場合とは限らないから注意しなければならない。

No. 3 は粘土分が少量でしかも塩分が微量のため電解透析の必要がないものである。

なお以上の他別に煮沸を試みたが僅かな効果しか得られずまた稀 HCl 処理も同様で且つその調節が困難であつた。

b. 普通の土の分散 比較のため試みに行つた電解透析の場合も JIS の場合と相違はあらわれなかつた。No. 5 で H₂O₂ 処理後 NaOH 使用の場合に凝集沈澱がおきたのは、H₂O₂ 処理による pH 値の低下の影響であらうが、水ガラスの場合にそれがおきなかつたのはさきへのべた保護作用によるものと考え

る。No. 5 では、H₂O₂ 処理を施さないものは相互の偏差が著しいので、P.I. が 20 以下でもなるべく同処理を施した方がよいと思われる。

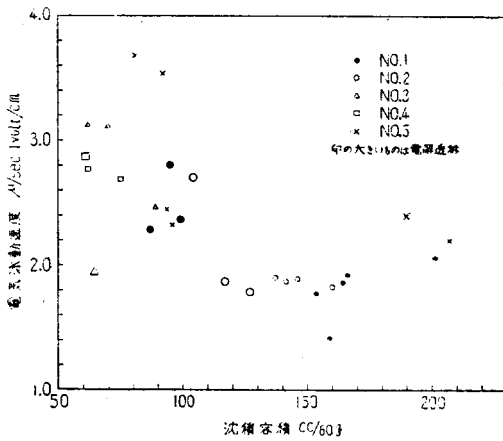
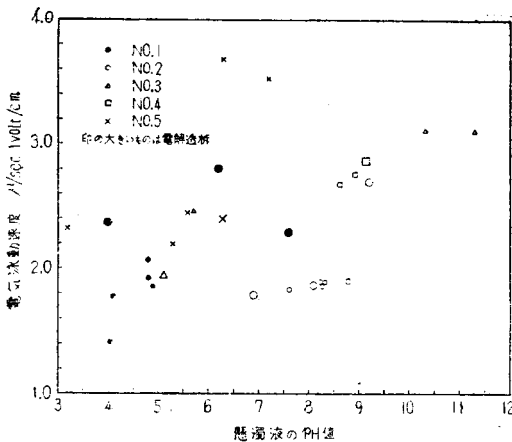
各試料を通じて LiOH の効果は NaOH と同様であつたから、結局水ガラスが最も有利且つ確実な分散剤であることがわかる。

c. 電気泳動速度と pH 値 表-1 に示したように分散良好の場合は概ね電気泳動速度の値は大である。さらに沈積容積との関係をしらべたのが図-3 である。

粒子相互によく反撥力が働き、単一粒子として沈降するほど沈積容積は小さくなる筈である。図はこれを示しており、両者は逆比例的関係にある。よつて電気泳動速度は大体、粒度分析における分散の相対的の一

図-3 沈積容積と電気泳動速度との関係

Sedimentation volume versus cataphoresis velocity

図-4 pH 値と電気泳動速度との関係
pH value versus cataphoresis velocity

尺度となし得る。No. 3 では粘土分が少量のため、分散の効果が分析結果にあまり影響しないのでこの関係は問題とならない。

電気泳動速度と pH 値との関係は図-4 に示した。水酸化物の分散剤のときは、同一試料について pH 値の増大に伴ってある値まで分散効果が大きくなっているが、電解透析を施す場合は、分散良好でも明らかに酸性に属するものもあつてこの関係に従わない。A.N. Puri⁶⁾ によれば NaOH の場合に、pH 10.8 に

おいて H 土壌の分散が完全であるが、JIS の場合塩基性反応を確実にするため、一般には少なくとも pH 値は 7 以上とする必要があると思うが、これについては多くの実験結果を必要とする。

6. 結語

この報告は主として、岸壁や干拓の工事或いは感潮河川や海岸近接地の基礎工事で問題となる、海水にひたつた土の分散処理を取扱つたものであり、分散理論の考察の結果、必要な若干の試料、方法について実験を行つたものにすぎないが、その結果の主な事項を要約すれば次の如くである。

(1) 海水にひたつた土に対しては、普通のイオン置換法では効果がなく凝集沈澱を免れない。これに対しては過剰の塩分を除去するため、電解透析を行うことを主張する。なおその処理の後、さらに NaOH を添加しても分析結果には殆んど相違はない。

(2) 一般の分散剤の優劣を比較すれば、水ガラスが最も有利且つ確実である。LiOH は NaOH と効果は同じである。

(3) 電気泳動速度を相対的な分散の一尺度として利用することができる。

本研究は松尾教授の御懇切な御指導の下に行い、また内田助教授にも御指導を賜つた他、応用理学教室越山教授に御懇切な御教示を頂いたことを附記し、厚く御礼を申上げる。

文献

- 1) D.W. Talor: Soil Mechanics, 1948, p. 38
- 2) Ford, Loomis, Fidiem: The Colloidal Behavior of Clays as Related to Their Crystal Structure, J. Phys. Chem, Vol. 44 (1940) p. 1
- 3) 松尾新一郎: 土壌の機械的分析に就て (その 4) 建設工学, Vol. 3, No. 4, p. 28 に紹介
- 4) H. マイヤー著, 奥田訳: 水ガラス, 昭 25, p. 44
- 5) 川村一水: 軟近土壌膠質化学, 昭 9, p. 100
- 6) 緒方・近藤: 化学実験操作法, 昭 16, p. 109 を参考
- 7) 鮫島実三郎: 膠質学, 昭 13, p. 334 等
- 8) A.N. Puri: Soils, 1949, p. 100

(昭. 27. 2. 20)