

pH が異なる粘性土の間隙水から検出される元素

常盤地下工業株式会社 正会員 ○松下英次
 山口大学工学部 正会員 山本哲朗
 山口大学大学院 学生会員 笹西孝行

1. はじめに

周知のように地盤内の間隙水の化学的条件の影響を受けて、土の土質工学的性質はさまざまに変化することが知られている¹⁾。このような間隙水の化学的条件の変化によって、土粒子から間隙水に何らかの物質が溶出することが考えられる。そこで、本研究では pH を人工的に酸性あるいはアルカリ性に変化させた土中の間隙水に含まれる元素を誘導結合プラズマ発光分光分析装置（以後、ICP という）によって分析した結果を報告する。

2. 実験概要

分析に用いた試料は 4 種類であり、表 - 1 にこれら試料の物理・化学的性質を示す。表中の (pH)_i は pH 調整前の初期の pH である。試料はその物理・化学的性質が広範に変化したものとなっている。

これら試料の含水比が (pH)_i における液性限界の約 1.5~2.0 倍となるように、純水に pH 調整薬品（硫酸あるいは水酸化ナトリウム）を加えた水溶液を加え攪拌してスラリー状にする。(pH)_i の試料を作製する場合には純水を用いる²⁾。このスラリー試料を遠心分離装置にかけ、3000 回転/分で 5 分間遠心分離する。その後、遠心分離によりできた上澄み液を取り出す。この上澄み液をフィルタを通過させて大きな粒子を取り除く。この用にして作成した水溶液を ICP にかけて間隙水中の元素を検出する。

表 - 1 試料の物理・化学的性質

試料名	カオリン粘土	大道粘土	宇部岬粘土	山陽粘性土
ρ_s (g/cm ³)	2.618	2.602	2.598	2.671
D ₅₀ (mm)	0.007	0.011	0.008	0.036
D _{max} (mm)	0.2	0.2	0.9	2.0
w _L (%)	62.0	57.2	59.5	49.7
w _P (%)	40.2	23.5	30.5	27.9
I _p	21.8	33.7	29.0	21.9
F _{clay} (%)	36.1	25.0	45.3	33.8
F _c (%)	97.7	94.0	96.6	56.3
(pH) _i	6.8	6.5	7.8	4.8
土質分類	MH	CH	CH	ML

3. 間隙水より検出された元素

表 - 2~5 にそれぞれ pH を変化させた各試料の間隙水から検出された元素を示す。ここで、今回分析した項目は Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Na, K および P であり、表にはこれらの合計により算出した百分率で表記している。また、表中右端には参考データとして元素を酸化物の形で検出する化学分析結果を表記し、表中左端のカッコ内は化学分析結果によって検出されるものである。

カオリン粘土（表 - 2）の場合、検出される元素のうち、ほとんどが Na および K となっている。特に Na に着目すると、(pH)_i で最も多い割合で存在し、それより酸性あるいはアルカリ性に移行するに従い Na 分が多くなっていることが分かる。この原因としてアルカリ性側では NaOH を添加しているため、相対的に Na が多くなったも

表 - 2 カオリン粘土 (%)

	pH=3.4	pH=6.8	pH=10.4	化学分析
Si(SiO ₂)	3.16	0.63	1.13	47.51
Ti(TiO ₂)	0.00	0.01	0.01	0.35
Al(Al ₂ O ₃)	0.02	0.41	1.27	36.91
Fe(Fe ₂ O ₃)	0.00	0.00	0.01	1.10
Mn(MnO)	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg(MgO)	0.00	0.00	0.00	0.08
Na(Na ₂ O)	92.86	78.30	95.92	0.18
K(K ₂ O)	3.96	20.66	1.66	1.59
P(P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00	0.01

のとおえる。これに対して酸性側では土の緩衝能³⁾の影響により、pHを酸性からアルカリ性へ戻そうとする力が働いたため、Naが多く検出されたものとおえる。カオリン粘土と同様な傾向を示すものに大道粘土(表-3)がある。

宇部岬粘土(表-4)の場合、カオリン粘土と異なり、すべてのpHでNaは少なくKが全体の約90%を占めている。さらにpHの違いによってKの割合もさほど変化していないことが分かる。

山陽粘性土(表-5)の場合、ほとんどがNaおよびKでありその傾向は特異なものとなっている。また、宇部岬粘土および山陽粘性土の量試料の酸性側の試料では他に比べ、Al分の割合が多くなっている。この原因として宇部岬粘土および山陽粘性土のAl分が硫酸によって溶出し易い形で存在していたことを示している。

表-2~5に表記した化学分析結果と今回の分析結果を比較すると化学分析より得られる分析結果と溶出される元素の割合は一致していない。これは間隙水に溶出される元素は土に含まれる元素が均等に溶出されるのではなく、土が有する鉱物の結晶の状態によって異なることを示唆している。

4. まとめ

今回用いたpHを変化させた4試料の分析結果より得られた知見を以下に示す。

- 1)全ての試料において間隙水より検出される元素はNaおよびKである。
- 2)NaおよびKの割合はpHの影響を受けるものと受けない試料があり、その割合は試料によって異なる。
- 3)酸性に変化させるとAlの検出量が多くなる試料がある。
- 4)化学分析結果と今回の分析結果を比較すると化学分析より得られる分析結果と溶出される元素の割合は一致していない。

参考文献

- 1)松下英次, 山本哲朗, 鈴木素之: 土のコンシステンシーに及ぼすpHの影響, 土木学会論文集, No.617/III-46, pp.283-297, 1999.
- 2)松下英次・山本哲朗・鈴木素之: 粘土の物理試験におけるpH調整法とその問題点, 土と基礎, Vol.49, No.2, pp.25~28, 2001.
- 3)岩田進午, 喜田大三監修: 土の環境圏, (株)フジ・テクノシステム, 1997.

表-3 大道粘土 (%)

	pH=3.6	pH=6.5	pH=11.2	化学分析
Si(SiO ₂)	1.24	1.19	0.34	61.10
Ti(TiO ₂)	0.00	0.01	0.02	0.46
Al(Al ₂ O ₃)	0.39	1.64	3.33	25.14
Fe(Fe ₂ O ₃)	0.00	0.01	0.01	2.03
Mn(MnO)	0.05	0.01	0.00	0.04
Mg(MgO)	1.57	0.12	0.00	0.25
Na(Na ₂ O)	59.80	43.63	91.94	0.83
K(K ₂ O)	36.95	53.39	4.36	2.89
P(P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00	0.00

表-4 宇部岬粘土 (%)

	pH=2.3	pH=7.8	pH=10.1	化学分析
Si(SiO ₂)	0.51	0.02	0.01	56.32
Ti(TiO ₂)	0.00	0.00	0.00	1.18
Al(Al ₂ O ₃)	8.18	0.03	0.03	16.20
Fe(Fe ₂ O ₃)	0.11	0.00	0.00	6.48
Mn(MnO)	0.13	0.00	0.00	0.13
Mg(MgO)	1.48	1.86	1.27	2.30
Na(Na ₂ O)	1.95	7.18	8.87	2.06
K(K ₂ O)	87.63	90.90	89.82	2.24
P(P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00	0.18

表-5 山陽粘性土 (%)

	pH=2.8	pH=4.8	pH=9.8	化学分析
Si(SiO ₂)	1.64	1.07	0.05	70.92
Ti(TiO ₂)	0.00	0.00	0.01	0.71
Al(Al ₂ O ₃)	40.02	1.47	0.76	16.40
Fe(Fe ₂ O ₃)	0.01	0.00	0.00	5.56
Mn(MnO)	0.13	0.10	0.00	0.03
Mg(MgO)	1.32	0.81	0.00	0.26
Na(Na ₂ O)	7.56	25.25	97.00	0.11
K(K ₂ O)	49.32	71.30	2.18	2.30
P(P ₂ O ₅)	0.00	0.00	0.00	0.03