

高アルカリ性地下水の原位置中和技術の基礎的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○篠原智志 河合達司 上島 裕 林 文慶 柴田晴佳

1. はじめに

海面処分場跡地や震災等の影響で工場内の配管から薬品等が漏洩した土地などでは、当該地盤中の地下水が高アルカリとなっていることがある。こうした高アルカリ性の地下水が周辺地盤や海洋中に拡散されると、重金属の溶出リスクの増加や水酸化マグネシウム等の沈殿による着色・濁水の発生などの水質汚濁が懸念される。そのため、高アルカリ性の地下水を中和する必要が生じるが、原位置での中和工法に関する検討事例は少ない。そこで、本検討では原位置で高アルカリ性地下水の中和の実現性について、既存の薬剤や微生物を用いた室内試験での結果と考察について報告する。

2. 使用した試料

試験では、高アルカリ性地下水の発生源として一般廃棄物焼却主灰（以下、焼却灰）を母材として用いた。表-1 に蛍光 X 線分析により得られた主要な組成を示す。試料の pH（JGS 0211「土懸濁液の pH 試験」に準拠）は 11.6 であり、試験には粒径 9.5 mm 以下に調整したものをを用いた。

3. 中和試験方法

実験フローを図-1 に、試験ケースを表-2 に示す。ガラス製の容器に試料の乾燥質量 20 g に対して蒸留水（または培養液）を 5 倍となるように加え、菌源として関東ロームを 0.5 g 添加したものを模擬アルカリ性地盤とした。これに対して中和方法として、表-2 に示すようにリン酸系資材または微生物利用のケースを設け、20°C の恒温槽にて密閉養生後、pH やヘッドスペースのガス濃度の経時変化を観測した。なお、表-2 に示した CASE3~6 は、好アルカリ性菌の存在が知られている Bacillus 属がグルコース等を分解し生成する有機酸や CO₂ による中和を試みたものであり、Bacillus 属を活性させる培地として表-3 に培養液の組成²⁾を示した。また、CASE4~6 は CASE1~3 の試験結果を受けて追加で実施したケースであり、リン酸系資材と微生物を組み合わせたものである。CASE4~6 では実用性を考慮して、溶液は表-3 に示した試薬の内、CO₂ や有機酸の生成元となるグルコースのみ溶解させたものとし、グルコースのみの溶液でも Bacillus 属が活性化する可能性についても併せて評価した。

ヘッドスペースの O₂ 濃度が 15% 程度となった時点で容器を大気開放し、O₂ を供給した。pH 測定には堀場コンパクト pH メータ(LAQUAtwin-pH-11)、ガス測定には RS DVNAMICS 社製の ECOPROBE 5 を用いた。

4. 中和資材と微生物の単独利用(CASE1~3)の実験結果

図-2 に CASE1, 2 の pH の測定結果を示す。CASE1 から、本試験で使用した焼却灰は pH12 と強アルカリ性を示しており、CASE2 において中和資材の添加量を増加させるほど試験初期の pH は低

表-1 焼却灰の組成

項目	含有量[wt%]
CaO	37.1
SiO ₂	23.2
Al ₂ O ₃	17.4
Fe ₂ O ₃	8.52
SO ₃	2.26
K ₂ O	2.12
Cl	2.36
その他	7.04

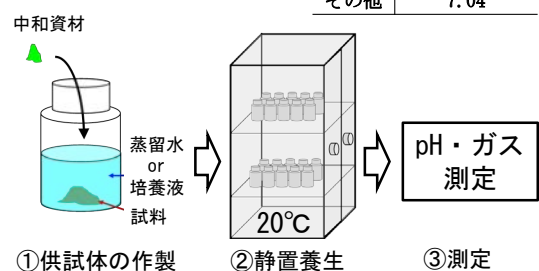


図-1 試験フロー

表-2 試験ケース

CASE	中和方法	リン酸系資材の添加量[wt%]	溶液
1	なし	0	蒸留水
2	リン酸系資材(アルカリメイト)	2, 0, 4, 0, 10, 25	
3	微生物(Bacillus属)	0	培養液
4	微生物(Bacillus属)	0	グルコース 10.0g/L 溶液
5	リン酸系資材(アルカリメイト)	10	
6	微生物(Bacillus属)	25	

表-3 培養液の組成

試薬	g/L
グルコース	10.0
ペプトン	5.0
酵母ext	5.0
Na ₂ CO ₃	10.0
K ₂ HPO ₄	1.0
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.20

キーワード 高アルカリ, 中和, 微生物, 無機物

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111

下する傾向となった。また、いずれの添加量でも試験経過に伴い pH が上昇する傾向となり、試験開始 30 日後で中性域 (pH5.8~9.0) を維持できなかった。一方、図-3 に示した CASE3 では、試験開始から約 20 日間は pH10 以上を推移するが、その後は徐々に pH が低下し、100 日以降は中性域を維持した。

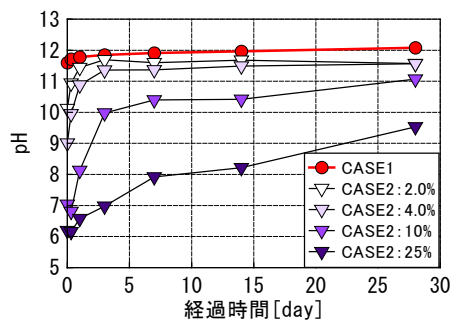


図-2 CASE1, 2 の試験結果

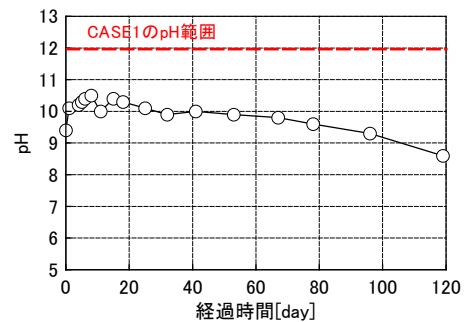


図-3 CASE3 の試験結果

CASE1, 3 のヘッドスペースの O_2 濃度と CO_2 濃度を図-4 に示す。CASE1 では、 O_2 や CO_2 の経時的な変化は生じない一方で、CASE3 は試験初期より O_2 が消費され、さらに 70 日頃から CO_2 濃度が上昇している。

以上から、試験初期は母材から供給される水酸化物イオンを中和するために、微生物により分解生成した CO_2 が溶液中に溶解する。しかし時間経過に伴い（母材からの水酸化物イオン供給量） $<$ （微生物による CO_2 生成量）となることで pH が低下し始め、それに伴う CO_2 溶解量の減少によって、ヘッドスペースの CO_2 濃度が上昇したと考えられる。

5. 中和資材と微生物活性を組み合わせた (CASE4~6) 実験結果

図-5 に CASE3~6 の pH の経時変化を示す。グルコース溶液のみを使用した CASE4 では pH が低下しないが、CASE5, 6 では中性域まで低下し、さらに中和資材の添加量が多くなるに従い、経時的に pH 低下の速度は大きくなった。また、CASE3 と比較して CASE5, 6 は中和が早期に進む結果となった。このことから、pH を微生物の活性化領域にまで中和資材で低下させ、その後は微生物活性によって初期~長期的に中和効果を維持できる可能性が示唆された。

また、図-6 に CASE4~6 の 90 日経過後の試料を用いてリアルタイム PCR 法で定量した *Bacillus* 属を含む芽胞菌のコピー数を示す。pH 低下や中和資材の増加に伴い、芽胞菌のコピー数が増加し、目的とした微生物が活性化していることを確認した。

6. おわりに

リン酸塩系資材や微生物の特性を活用し、相互作用させることで、初期から長期的に持続する中和の可能性を確認した。今後は、地盤内への酸素の供給方法や、嫌気条件下でも同等の効果を発揮する菌叢の探索、評価等を行う予定である。

参考文献

- 1) 遠藤ら：海面処分場の内水ポンドにおける二酸化炭素吸収フラックスの実測，第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会，pp.451-452，2018.
- 2) KOKI HORIKOSHI: Alkaliphiles: Some Applications of Their Products for Biotechnology, MICROBIOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY REVIEWS, Vol.63, No.4, pp.735-750, 1999.

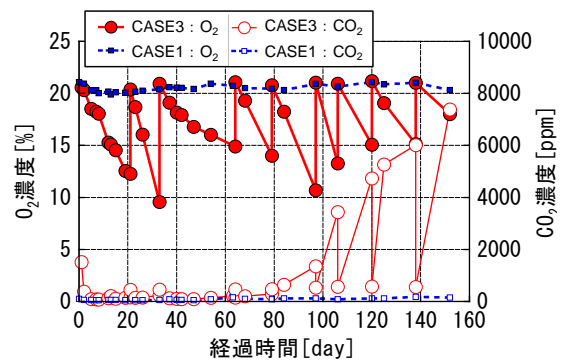


図-4 ガス測定結果

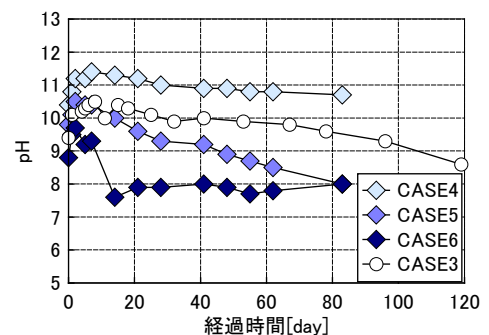


図-5 CASE3~6 の試験結果

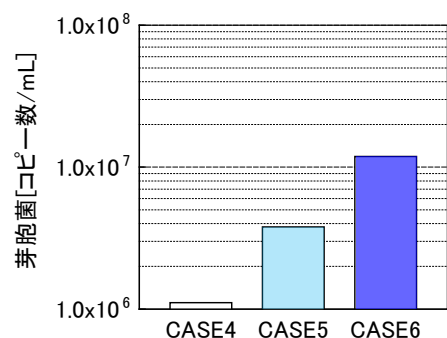


図-6 90 日経過後の試料の PCR 定量結果