

最終処分場における高アルカリ性浸出水の

CO₂ による pH 低減

明星大学大学院 理工学研究科 環境システム学専攻

13MB-005 高 橋 廣 大

1. 序論

一般廃棄物において、最終処分場へ搬入される 60%が、可燃ごみの焼却処理によって生じる焼却残渣である。

最終処分場は埋立終了後、廃止基準を満たし都道府県の許可を得て廃止される。主な廃止基準としては、ガスが発生しない、浸出水が基準値以下（2 年以上）地下水汚染がない、等が挙げられる。廃止後は、跡地利用されるのが一般的である。処分場跡地は有効利用されるべき土地であるが、廃止基準を満たすことが困難なケースもある。要因として、基準超過が挙げられる。BOD、COD、TN 等については、多く研究がなされ、対策も検討されてきた。埋立物中の焼却残渣割合の多い処分場は、アルカリ性物質を多く保有している。このアルカリ性物質は、焼却灰中に含有している酸化カルシウムである。この水酸化カルシウムが、高 pH 浸出水の主な原因となっている。浸出水を放流する際の pH の環境基準は、陸上が pH8.6～5.8 海面が pH9.0～5.0 となっている。しかし、場合により pH10 以上の浸出水が長期にわたり流出する処分場もあり、この原因および対策の検討は不十分である。また海面処分場も同様の問題を抱えている。そのため埋立終了後から安定にいたるまで長期間にわたり水処理を行う必要がある。長期間にわたる水処理を行う場合、中和の所要時間は長く、処理施設や中和剤にコストを要し、さらに有害物質が検出されない場合でも、焼却残渣が多い処分場では、高アルカリ性浸出水が排出される限りコストは常に加算される。このランニングコストを削減するためにも、合理的な中和対策が求められている。

しかし、集排水管近傍での大気中の CO₂ による中和については、常識とされているが中和能を定量化した知見は少ない。

よって本研究では、浸出水集排水管近傍の砕石層で生じる二酸化炭素による中和反応、すなわち自然浄化作用による中和の可能性について評価するため研究を行った。

2. 基本事項

2-1 降雨量と流入量の関係

表 2-1 に小粒径の砕石層での降雨量と流入量の関係を示す。表

2-2 に大粒径砕石層での降雨量と流入量の関係を示す。本研究での降雨量とは、集排水管に集水される総流入量のことである。以下、流入量は降雨量換算で表記する。

小粒径砕石層では表-1、大粒径砕石層では表-2 の降雨量条件で、各降雨量別の中和特性について評価を行った。

表 2-1 降雨量と流入量の関係

小粒径砕石層	
降雨量換算 (mm/日)	流入量(L/日)
800mm/日	5.09
600mm/日	3.82
400mm/日	2.55
200mm/日	1.27
50mm/日	0.32

表 2-2 降雨量と流入量の関係

大粒径砕石層	
降雨量換算 (mm/日)	流入量(L/日)
800mm/日	358.4
600mm/日	268.0
400mm/日	179.2
300mm/日	134.4
200mm/日	89.6
100mm/日	44.8
50mm/日	22.4

2-2 透水試料

1).陸上埋立地模擬 (pH10.5、11.0、11.5)

:Ca(OH)₂ 溶液

2).海面埋立地模擬浸出水(pH10.5、11.0、11.5)

:Na⁺11000mg/L、Ca²⁺410、K⁺400mg/L、Mg²⁺1300 mg/L、Cl⁻19000 mg/L、

SO₄²⁻mg/L

提供試料

3).陸上埋立地実浸出水 A(pH11.85)

4).陸上埋立地実浸出水 B(pH11.12)

5).海面埋立地実浸出水 C(pH11.30)

以下、実浸出水 A、B、C と表記した。

3. 実験方法

3-1 小粒径砕石充填条件

砕石層の二酸化炭素による中和、すなわち自然浄化の中和特性について評価する。よって小規模試験では表面積を多く確保するため、割栗石(φ10～16mm)を採用した。装置を図 3-1 に示す。直径 90mm 高さ 500mm のアクリルカラムに小粒径砕を 200mm(容積 1.27L)充填した。カラム上部より各供給液を滴下し、カラム下部より採水し各分析項目により測定した。分析項目としては、pH、IC、酸消費量 pH8.3、原子吸光(Ca,Na,K)である。原子吸光分析は全濃度と溶存態と比較した。

また、提供試料は分析前に金属前処理を行った。送液する流入量は、チューブポンプを用い段階的に変化させた。また、カラム内の二酸化炭素濃度を常時大気濃度 400ppm とするため空気を供給した。この際、砕石の乾燥を防止するため純水でエアレーショ

ンし加湿した空気を連続的(6L/min)に供給した。

陸上浸出水を模擬した試料として $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液、海面埋立地浸出水を模擬した模擬海水を pH10.50、pH11.00、pH11.50 の 3 条件に調整した。また、提供試料である陸上埋立地実浸出水 A(陸上)と B(陸上)も同様に滴下した。

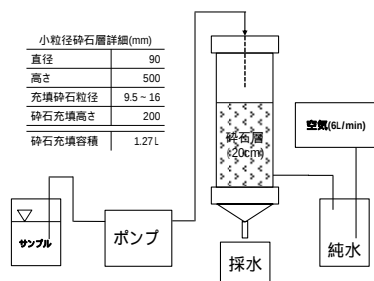


図 3-1 小粒径砕石層における装置

3-2 大粒径砕石充填条件

埋立地集排水管の保護材として用いられる、実際の粒径の栗石 ($\phi 50 \sim 150\text{mm}$) を使用して、集排水管近傍を再現して実証試験を実施した。

縦 880mm 横 640mm 高さ 510mm(内径: $800 \times 560 \times 480$) の大型コンテナに大粒径砕石を 300mm(容積 134L) 充填した。また、試料を直ちに採水するため、ナフロンシートをコンテナの底部に敷設した。試料を均一滴下させるため、コンテナ上部に網目状にパイプを渡しそこに分岐させたチューブ 10 本を固定して、10 箇所から滴下した。装置を図 3-2 に示す。滴下後、定常とみられる時間に採水し分析を行った。測定項目は小粒径砕石層透水試験と同様に行った。滴下する降雨量を段階的に変化させ各降雨量別の中和特性を評価した。また、pH11.0 の浸出水を用い砕石の充填高さにより比較を行った。

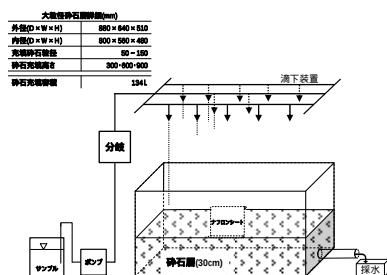


図 3-2 大粒径砕石層における装置

4. 結果および考察

4-1 小粒径砕石充填条件と降雨量

4-1-1 pH と降雨量の関係

図 4-1 に陸上埋立地模擬浸出水の各降雨量における供給液別 pH、図 4-2 に海面埋立地模擬浸出水の各降雨における供給液別

pH の関係を示す。各条件ともに、降雨量が少ない場合、pH11 の供給液は 8 付近まで低下している。また、降雨量の増加に伴い pH は上昇した。降雨量換算 800 ~ 400mm/日では中和反応は確認できたが、排水基準まで至らなかった。この要因としては、降雨量が増加すると、大気との接触時間が減少することから中和が十分に行われていないと推測される。この砕石層において、陸上埋立地を模擬した条件では pH11 と pH11.5 の条件下で雨量換算 200mm/日まで排水基準以下となった。pH10.5 に関しては全ての降雨量条件で排水基準以下となった。

次に陸上埋立地実浸出水 A と B の結果について考察する。図 4-3 に陸上埋立地実浸出水 A の各降雨量における pH、図 4-4 に陸上埋立地実浸出水 B の各降雨量における pH の関係を示す。それぞれ条件に近い模擬浸出で比較した。各実浸出水ともに、陸上を模擬した溶液と同様の傾向が見られた。よって実浸出水を利用した場合においても、この 200mm 砕石層においては降雨量換算 200mm/日付近まで有効であると推測された。

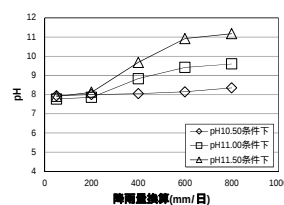


図 4-1 pH と降雨量の関係(模擬浸出水)

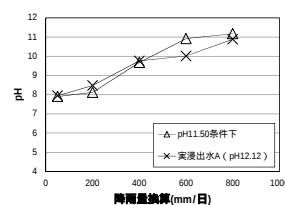


図 4-2 pH と降雨量の関係(実浸出水 A)

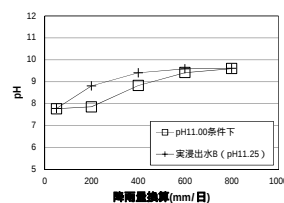


図 4-3 pH と降雨量の関係(実浸出水 B)

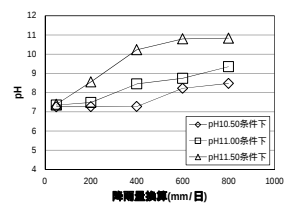


図 4-4 pH と降雨量の関係(模擬海水)

4-1-2 酸消費量 pH8.3 と降雨量の関係

図 4-5 に陸上埋立地模擬浸出水の各降雨量における供給液別酸消費量 pH8.3、図 4-6 に海面埋立地模擬浸出水の各降雨量における供給液別の酸消費量 pH8.3 の関係を示す。いずれの条件でも初期 pH 高い場合、降雨量が増加すると酸消費量は増加傾向にあった。これは初期 pH が高い場合、試料中に溶存してい

るアルカリ分が多く、酸消費量も増加したと推測された。

降雨量が少ない場合、大気との接触時間が長くアルカリ分を多く消費しているため酸消費量は低くなったと推測される。この結果から、この砕石層での中和剤の量が推測された。

次に陸上埋立地実浸出水 A と B の結果について考察する。図

4-7 に陸上埋立地実浸出水 A の各降雨量における酸消費量 pH8.3、図 4-8 に陸上埋立地実浸出水 B の各降雨量における酸消費量 pH8.3 の関係を示す。それぞれ条件が近い模擬浸出で比較した。

各実浸出水ともに、陸上を模擬した溶液と同様の傾向が見られた。このことから、この砕石層においては供給液による酸消費量に差は確認されず同じ傾向を示すと推測された。この結果から pH も同様の傾向を示したのだと推測された。

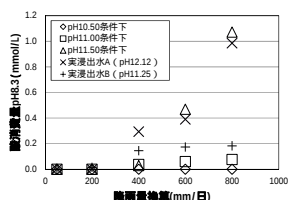


図 4-5 酸消費量 pH8.3 (模擬浸出水)

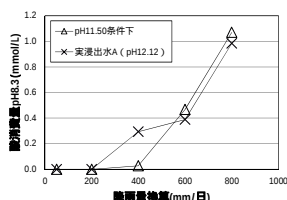


図 4-6 酸消費量 pH8.3 (実浸出水 A)

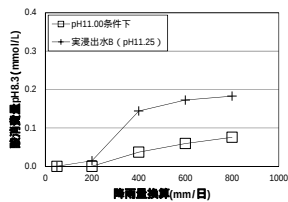


図 4-7 酸消費量 pH8.3 (実浸出水 B)

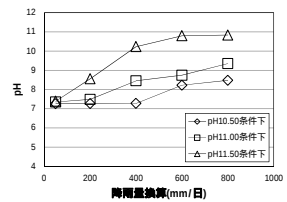


図 4-8 酸消費量 pH8.3 (模擬海水)

4-1-3 CO₂吸収量と降雨量の関係

図 4-9 に陸上埋立地模擬浸出水の各降雨量における供給液別 CO₂吸収量、図 4-10 に海面埋立地模擬浸出水の各降雨量における供給液別の CO₂吸収量の関係を示す。この砕石層での自然浄化作用で生じた中和反応、すなわち、二酸化炭素吸収量による中和について定量化をした。この結果より炭酸による中和量が定量化された。各模擬浸出水においても、初期 pH10.5 と 11.0 の場合 10mg/L 以下で中和が生じるのに対し、pH11.5 の場合溶存しているアルカリ分が多いため 40mg/L の炭酸でも中和能が低下したと推測された。また降雨量増加に伴い CO₂ の吸収量は低下傾向にあった。これは降雨量が増加すると砕石層を通過する際、水膜が厚くなり炭酸による中和が生じにくくなるためだと推測された。

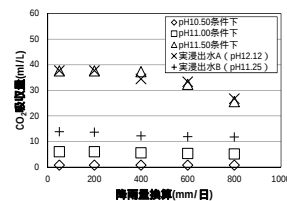


図 4-9 CO₂吸収量(模擬浸出水)

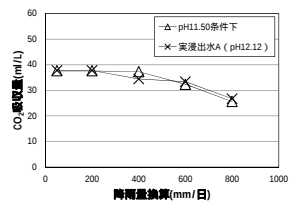


図 4-10 CO₂吸収量(実浸出水 A)

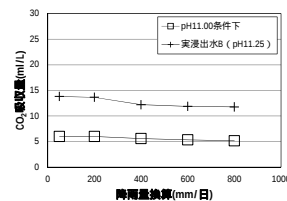


図 4-11 CO₂吸収量(実浸出水 B)

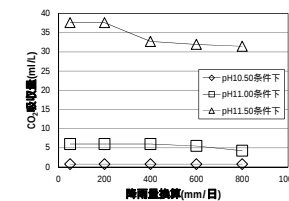


図 4-12 CO₂吸収量(模擬海水)

4-2 大粒径砕石充填条件と降雨量

4-2-1 pH と降雨量の関係

図 4-13 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別 pH、図 4-14 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨量における供給液別 pH の関係を示す。各条件ともに、降雨量が少ない場合、pH11 の供給液は 8～9 付近まで低下している。また、降雨量の増加に伴い pH は上昇した。この要因としては、降雨量が増加すると、大気との接触時間が減少することから中和が十分に行われていないと推測される。

海面埋立地を模擬した浸出水と実浸出水 C も同様の傾向が確認された。

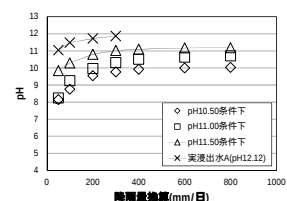


図 4-13 pH と降雨量の関係

(模擬浸出水と実浸出水 A)

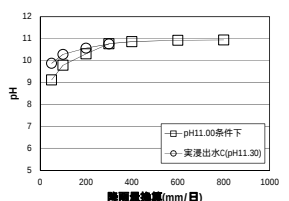


図 4-14 pH と降雨量の関係

(模擬海水と実浸出水 C)

4-2-2 酸消費量 pH8.3 と降雨量の関係

図 4-15 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別酸消費量 pH8.3、図 4-16 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨量における供給液別の酸消費量 pH8.3 の関係を示す。いずれの条件でも初期 pH 高い場合、降雨量が増加すると酸消費量は増加傾向にあった。これは初期 pH が高い場合、試料中に溶存しているアルカリ分が多く、酸消費量も増加したと推測された。降雨量が少ない場合、大気との接触時間が長くアルカリ分を多く消費しているため酸消費量は低くなったと推測される。この結果から、この砕石層での中和剤の量が推測された。

海面埋立地を模擬した浸出水と実浸出水 C も同様の傾向が確認された。

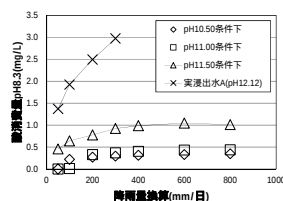


図 4-15 酸消費量 pH8.3

(模擬浸出水と実浸出水 A)

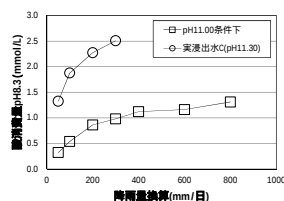


図 4-16 酸消費量 pH8.3

(模擬海水と実浸出水 C)

4-2-3 CO₂ 吸収量と降雨量の関係

図 4-17 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別 CO₂ 吸収量、図 4-18 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨量における供給液別の CO₂ 吸収量の関係を示す。この砕石層での自然浄化作用で生じた中和反応、すなわち、二酸化炭素吸収量による中和について定量化をした。各浸出水において、降雨量増加に伴い CO₂ の吸収量は低下傾向にあった。これは降雨量が増加すると砕石層を通過する際、水膜が厚くなり炭酸による中和が生じにくくなるためだと推測された。

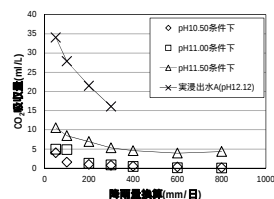


図 4-17 CO₂ 吸収量

(模擬浸出水と実浸出水 A)

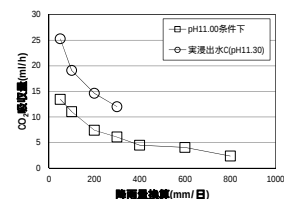


図 4-18 CO₂ 吸収量

(模擬海水と実浸出水 C)

5-3 大粒径砕石充填高さ別における降雨量の関係

5-3-1 pH と降雨量の関係

図 4-19 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別 pH、図 4-20 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨における供給液別 pH の関係を示す。各条件ともに、降雨量が少ない場合、pH11 の供給液は 8 付近まで低下している。さらに、砕石層の高さを上げると中和能はさらに高くなった。また、降雨量の増加に伴い pH は上昇した。

海面埋立地を模擬した浸出水でも、同様の傾向が確認された。このことから砕石層を高くし、降雨量が低下すると中和能が増加することが確認された。

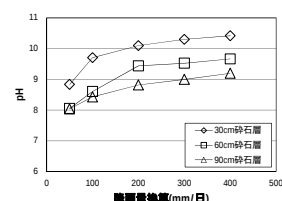


図 4-19 砕石層高さ別 pH

(pH11 模擬浸出水)

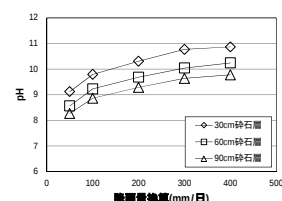


図 4-20 砕石高さ別 pH

(pH11 模擬海水)

4-3-2 酸消費量 pH8.3 と降雨量の関係

図 4-21 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別酸消費量 pH8.3、図 4-22 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨量における供給液別の酸消費量 pH8.3 の関係を示す。いずれの条件でも砕石層の高さを上げると、酸消費量は増加傾向にあった。砕石層の高さが高く、降雨量が少ない場合、大気との接触時間が長くなりアルカリ分を多く消費しているため酸消費量は低下したと推測される。この結果から、この砕石層での中和剤の量が推測された。海面埋立地を模擬した浸出水と実浸出水 C も同様の傾向が確認された。

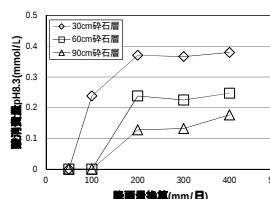


図 4-21 砕石層高さ別酸消費量 pH8.3

(pH11 模擬浸出水)

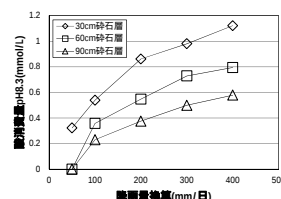


図 4-22 砕石高さ別酸消費量 pH8.3

(pH11 模擬海水)

4-3-3 CO₂ 吸収量と降雨量の関係

図 4-23 に陸上埋立地模擬浸出水と実浸出水 A の各降雨量における供給液別 CO₂ 吸収量、図 4-24 に海面埋立地模擬浸出水と実浸出水 C の各降雨量における供給液別の CO₂ 吸収量の関係を示す。この砕石層での自然浄化作用で生じた中和反応、すなわち、二酸化炭素吸収量による中和について定量化をした。この結果より炭酸による中和量が定量化された。砕石層充填高さを高くし、降雨量が低下すると砕石層を通過する際、水膜が薄くなり炭酸による中和が促進されたと推測された。

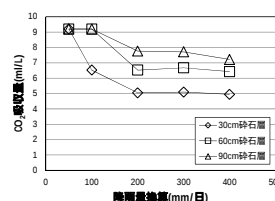


図 4-23 砕石層高さ別 CO₂ 吸収量

(pH11 模擬浸出水)

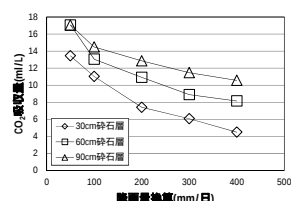


図 4-24 砕石層高さ別 CO₂ 吸収量

(pH11 模擬海水)

4. 結論

- 1) 小粒径砕石、大粒径砕石において高アルカリ性浸出水を砕石層に透水すると、降雨量が低下するに伴い pH が排水基準付近までの低下が確認された。
- 2) 大粒径砕石層において砕石層の高さを高とした場合、砕石層での中和能が上昇することが確認された。
- 3) 二酸化炭素による中和能が定量化された。