

## 〈研究発表〉

# 反応性透過壁 (PRB) 技術の安定型最終処分場への適用

甲斐 充<sup>1)</sup>, 成岡 朋広<sup>2)</sup>, 遠藤 和人<sup>2)</sup>, 小野 雄策<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 岡山市環境局 (〒700-8544 岡山市北区大供 1-1-1, E-mail:mitsuru\_kai@city.okayama.jp)

<sup>2)</sup> (独)国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター (〒305-8506 つくば市小野川 16-2, E-mail:naruoka.tomohiro@nies.go.jp)

<sup>3)</sup> 日本工業大学ものづくり環境学科 (〒345-8501 南埼玉郡宮代町学園台 4-1, E-mail:yusaku.o@nit.ac.jp)

### 概要

安定型最終処分場では、廃棄物層からの硫化水素の発生や浸出水汚濁が問題となっている例が多い。筆者らは、汚染土壌の修復技術として広く採用されている反応性透過壁 (PRB) の技術を、安定型最終処分場からの汚濁浸出水浄化等に応用することを試み、廃棄物を利用した簡便な PRB によって汚濁浸出水からの汚濁物質除去に、また、廃棄物層からの硫化水素発生についても顕著な効果を発揮することを確認したので、その概要を紹介し、今後の利用に向けた課題について論述する。

キーワード: 安定型最終処分場, PRB, 浸出水処理, 硫化水素

Table 1 Chemical Composition of PRB (%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	他
スラグ	40.7	15.3	10.3	1.6	2.6	2.0	2.2	3.1	4.1
火山灰	56.8	24.5	9	1.1	2.6	1.9	0.9	0.6	2.6
ゼオライト	62.7	22.7	7.6	0.8	3.6	1.1	0.7	0.3	0.5
鉄粉	15.1	5.9	74.5	0.4	0	0.6	0.4	1.9	1

## 1. はじめに

反応正当化壁 (PRB) はカナダで開発された鉄材を用いる工法で、国内でも有機塩素系溶剤による汚染土壌の浄化対策として汎用されている。小野らは、PRB の反応特性に着目し、管理型最終処分場廃棄物層内における安定化反応促進及び保有水の浄化に寄与する環境保全技術の確立を目的とし、文部科学省科学技術振興調整費「最終処分場の安心・安全保障」において一定の成果を収めた。一方、安定型最終処分場は、がれき、金属くず、廃プラスチック等化学的に安定な廃棄物を埋め立てるため、遮水工や水処理施設は不要とされているが、廃棄物層からの硫化水素の発生や浸出水汚濁など環境保全上問題がある事例が多く報告されている。

今回、筆者らは小野らの研究成果をもとに廃棄物や天然土壌からなる簡易な PRB が、安定型最終処分場の汚濁浸出水の浄化等に应用できるか検討した。

## 2. 実験内容及び方法

### 2.1 浸出水浄化作用の確認

浸出水排出管内部 Air 中に 150ppm~300ppm の硫化水素が検出された A 安定型最終処分場を対象に、PRB による浸出水中の汚濁物質の除去効果を測定した。

#### 2.1.1 試料

浸出水: A 安定型最終処分場の浸出水を用いた。

PRB: 一般廃棄物廃溶融スラグ: 火山灰土壌: ゼオライト: 鉄粉 (グラインダーダスト) を容積比 75:20:4:1 となるよう混合した。PRB の組成を Table 1 に示す。

#### 2.1.2 浸出水処理方法

鋼製ドラム缶 (φ: 567mm × h: 890mm) に PRB を充填し浸出水を通水した (Fig.1)。実験は Run 1 及び Run 2 の 2 通り行った (Fig.2)。ドラム缶出口流量から推定した透水係数は Run 1 で  $1.1 \times 10^{-3}$ , Run 2 では  $2.1 \times 10^{-3}$ , PRB との接触時間は Run 1 で 268min, Run 2 では 116min であった。

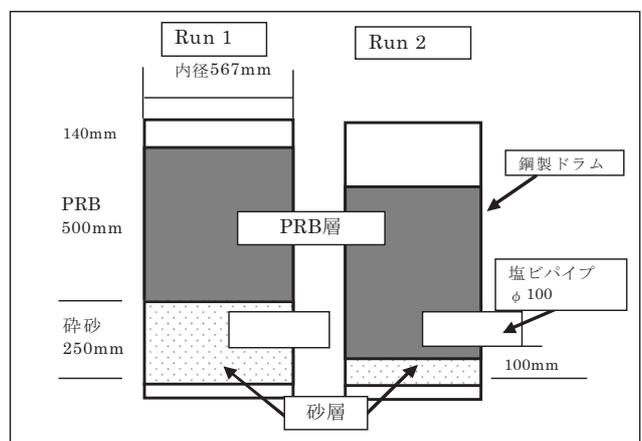


Fig.1 Structure of Run 1 and Run 2



Fig.2 Infiltration Test on Run1 and Run2



Fig.4 L : Landfill Leachate, C : Run 1, R : Run 2

2.2 廃棄物層からの硫化水素発生抑制作用の確認  
埋め立て中の廃棄物層から高濃度(300ppm ~ 12,000ppm)の硫化水素が発生している B 安定型最終処分場において、PRBの反応特性に着目し、鉄粉及び鉄化合物を用いて硫化水素の発生抑制効果を検証した。

2.2.1 処理方法

処分場内に設置されているガス抜き管を利用し、2%の鉄粉を混合した塩化第二鉄 1%溶液を廃棄物層へ注入した(Fig. 3)。ガス抜き管が敷設されていない場所については、深さ 1~2m のトレンチを掘り、上記混合溶液を注入した。注入頻度は1回/週とした。

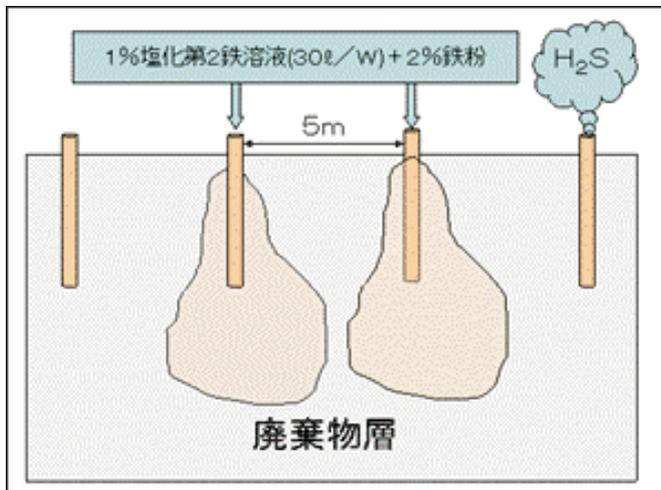


Fig.3 Ferric Chloride with Iron Powder Treatment

浸透水、Run 1 及び Run 2 の検査結果を Table 2 に、主な成分の比較を Fig 5~Fig 10 に示す。

分析結果から、浸透水中の有機成分、ホウ素、硫化水素、鉄などの除去率が高いことが判明した(Table 2, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8)。

Table 2 Chemical Composition of Landfill Leachate, Run 1 and Run 2

	浸透水	Run 1	Run 2	単位
PH	6.7	7.4	7.4	-
EC	130	340	190	ms/m
ORC	-0.11	0.36	0.33	V
BOD	87	7.6	6.1	mg/l
COD	95	19	24	mg/l
TOC	28	19	23	mg/l
S	76	95	90	mg/l
B	1	0.25	0.53	mg/l
Fe	2.2	0.22	0.13	mg/l
Mn	2.6	2.1	0.31	mg/l
Cu	<0.01	<0.01	0.01	mg/l
Zn	<0.01	<0.01	0.01	mg/l
Cd	<0.001	<0.001	<0.001	mg/l
Ni	<0.01	<0.01	0.01	mg/l
Pb	<0.005	<0.005	<0.005	mg/l
As	0.006	<0.005	<0.005	mg/l
Al	1	0.05	0.09	mg/l
K <sup>+</sup>	8	31	24	mg/l
Mg <sup>+</sup>	31	29	21	mg/l
Na <sup>+</sup>	62	290	120	mg/l
Ca <sup>+</sup>	140	240	150	mg/l
Cl <sup>-</sup>	59	990	280	mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	100	270	250	mg/l
H <sub>2</sub> S	10	<0.001	<0.001	g/l

3. 結果及び考察

3.1 浸出水浄化作用

浸透水は黒褐色を呈し硫化水素臭がしていたが、Run 1 及び Run 2 の処理後、硫化水素臭が消え、透明な処理水が得られた(Fig. 4)。

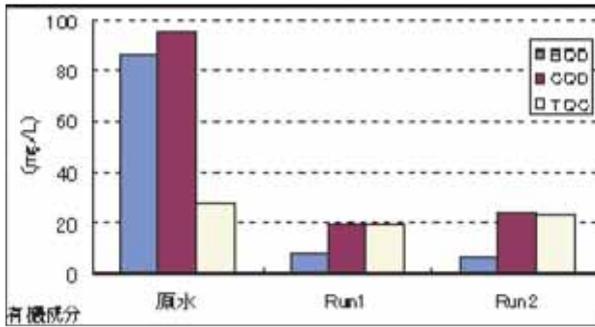


Fig.5 Concentration of Organic ingredients

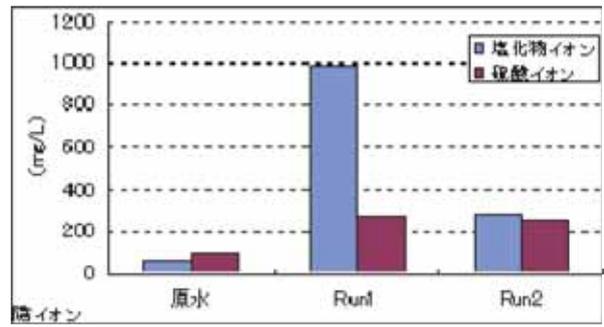


Fig.9 Concentration of Anion

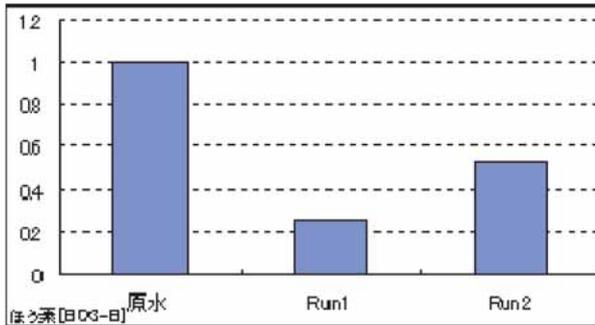


Fig.6 Concentration of Boron

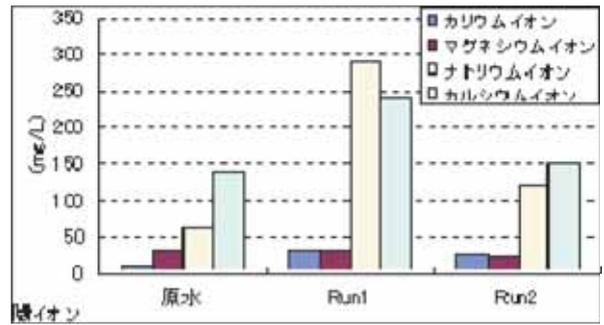


Fig. 10 Concentration of Cation

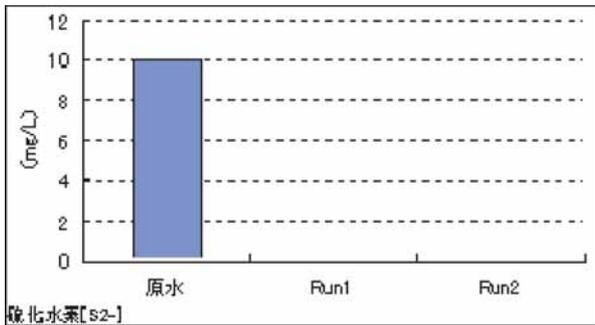


Fig.7 Concentration of Hydrogen Sulfide

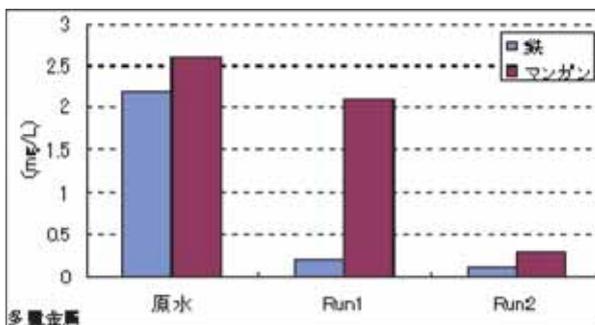


Fig.8 Concentration of Iron and Manganese

Run 1 で  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^+$  の値が高くなっているが、Run 2 との相違は砂層の厚さのみであることから、Run 1 の排出口を覆う砂層からのイオン流出と考えられる。これらのイオン流出を除くと Run 1 と Run 2 では大きな違いはなかった (Table 2, Fig. 9, Fig. 10)。

硫化水素は、PH6.5~8.0、Eh: < -100mV の環境下、硫酸塩、有機酸及び硫酸還元菌の存在という条件で産生される。一方、Fe は還元状態で硫化物を形成し、沈殿することが知られており、今回の実験では、この原理を利用しようと試みたものである。

実験では有機成分(COD,BOD)の他、ホウ素が除去されているが、このメカニズムはまだ解明されていない。しかし、安定型最終処分場において積極的に鉄粉等を利用することで浸出水の浄化、少なくとも、緊急措置の技術として利用可能であると思われる。

### 3.2 廃棄物層からの硫化水素発生抑制作用

塩化第二鉄溶液の廃棄物層への注入処理約 1 ヶ月後のガス抜き管中の硫化水素濃度を Table 3 に示す。注入処理後は、0.51ppm まで濃度が低下しており、顕著な効果が見られた (Table 3)。

Table 3 Concentration of Hydrgen Sulfide after Ferric Chloride Treatment

単位: ppm			
	場所	H <sub>2</sub> S	現場職員の感覚的評価
臭突A	1万ppm超の現場	0.51	臭気は殆ど感じられない
臭突B	埋立中の現場	19.5	臭気が格段に落ちている

## 4. 課題

浸出水処理実験中、日にちの経過とともに Run 1, Run 2 とも処理水の浸透速度が落ちた (Fig.11)。

Run 1 では実験開始当初から Run 2 の半分以下であり、開始直後からゆっくりと浸透速度が落ちてきた。これは、Run 1 下層の砂層により浸透速度が制御されたものと思われる。Run 2 では、10日を過ぎた時点で、急激に浸透速度が落ちた。

浸透速度回復のため、PRB層に多孔管を挿入する等の措置をとったが回復しなかった。一時実験を中断し、PRB層を調べたところ、一部固結した部分が見られた (Fig.12)。

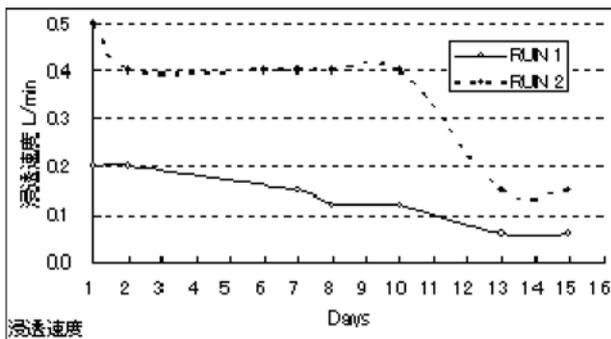


Fig. 11 Infiltration Velocity on Run1 and Run2



Fig. 12 Cemented PRB

固結は、外観から火山灰土壌のシルト分が固まったものと思われた。固結層ができると、処理水量の低下を招くこと、水みちが出来た場合 PRB との接触が不十分になり浸出水の処理が出来なくなることが予想される。

## 5. まとめ

今回、廃棄物や天然土壌からなる簡易な PRB が安定型最終処分場の汚濁浸出水の浄化等に应用できるか検討した結果、良好な結果が得られた。

この PRB の特徴は、

①廃棄物である鉄粉(グラインダーダスト)、火山灰土壌

等経費もかからず入手しやすい資材で構成していること

②地下水浄化対策用に地下埋設壁構造にしなくても済むこと

③設備が簡易で設置場所等の自由度が高いこと

④既存の技術に比べても効果が高いこと

などが挙げられる。

一方、問題点として、

①ホウ素除去原理の解明

②目詰まり防止等のための PRB 資材の開発

③PRB 接触時間確保のための適正な透水係数の設定

④PRB の処理能力の限界点見極めのためのモニタリング手法の確立

などが挙げられており、今後現場での処理実績を積み、解決していきたい。

## 参考文献

- 1) 小野雄策、川寄幹生、渡辺洋一、山田正人、遠藤和人、小野芳朗:最終処分場内部保有水質制御のための浸透性反応層 (HPRB) 技術の開発、廃棄物学会論文誌 Vol. 19, No. 3, pp197~211 (2008)
- 2) 小野雄策:最終処分場内の有害物質の安全・安心保障 16 th 廃棄物学会研究発表会講演論文集(2005) p1127~p1129 (2005)
- 3) 渡辺洋一、小野雄策:廃棄物模擬埋立実験(テストセル)について—設置コンセプトと初期データ—、埼玉県環境科学国際センター講演要旨集(2005) 19-22