

## 鉛直しゃ水工法「ジオロック工法」とその適用事例

フドウ技研(株) 出口敏博

太陽工業(株) 小西裕次

### 1 はじめに

最近では技術の進歩に伴って発生する廃棄物が多種多様化しているため、これらがおよぼす環境汚染は広範囲に渡っており、地球規模での環境保全の必要性が叫ばれている。

また、身近な問題として、一般廃棄物や産業廃棄物の最終処分場から発生した浸出水による地下汚染に対して、人々の関心は高まってきている。

今回紹介する事例は、昭和63年3月まで稼働していた廃棄物埋立地区域を流れる地下水によって、新しく下流側に建設される新興住宅地の地下水汚染が懸念されるため、浸出水を埋立地外へ拡散させることのないよう、鉛直しゃ水工法「ジオロック工法」を用いて周辺環境への汚染防止対策を行ったしゃ水工の工事例である。

### 2 工法の概要

しゃ水工は、大きく水平方向の水の流れを止める「鉛直しゃ水工」と鉛直方向の水の流れを止める「表面しゃ水工」に分けられる。当工事においては、しゃ水工をより完全なものにするため鉛直しゃ水工と表面しゃ水工の双方が採用された。

鉛直しゃ水工としては、従来工法として種々のしゃ水壁、しゃ水シート工法が開発、適用されている。しかし、そのいずれについても、地盤の変形に対する追従性、接合部の信頼性、大深度施工への適用性などに問題が残されていた。そこで、これら従来工法の抱える問題を解決する工法として開発し、当工事に採用された鉛直しゃ水(シート)工法が本書で紹介するジオロック工法である。

また、表面しゃ水工は、降雨などによる地表面から廃棄物への水の浸入を防止するものであり、当地区では、表面しゃ水工上部に盛土を行うため、表面しゃ水シートには、廃棄物層の沈下による(下地盤の)不等沈下等への追従性が要求されることから、表面しゃ水シートは優れた引張特性(高伸度、高強力)を保持する高密度ポリエチレン製シートが採用された。

#### 2-1 ジオロック工法とは

ジオロック工法は、幅広(標準寸法;1.35m)の高密度ポリエチレン製シートを特殊な打ち込み枠で保持しながらバイプロハンマー、ウォータージェット、ソイルオーガー、地中掘削などの方法を組み合わせて地中に連続した鉛直しゃ水壁を構築するものである。

この工法のしゃ水性は、ジオロックシート本体(図-1)とロック部(継手部)に挿入された水膨張性ゴムシール材によって確保される。ロック部のしゃ水は、写真-1に示す様に挿入されたシール材が、土中の水と接することによって膨張するため、完全なしゃ水性を確保することができる。

ジオロック工法の特徴は次のとおりである。

- (1) 地盤の変化に追随する柔軟性を持ちあらゆる土質条件での施工に適合し、また施工も簡単である。
- (2) シートの素材が高密度ポリエチレン製であるため耐久性(耐腐食性)に優れる。
- (3) シート1枚当りの幅が1.35mと広いため、継手が少なくなり経済的である。さらにロック部は、水膨張性シール材によって完全なしゃ水性が確保出来る。

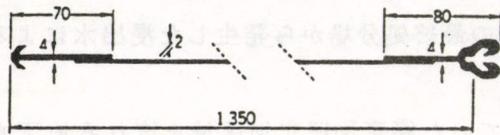


図-1 ジオロックシート標準断面

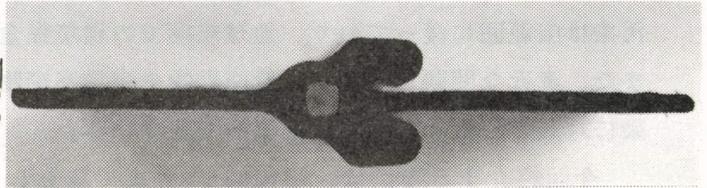


写真-1 シール材膨張時のロック部

## 2-2 用途

ジオロック工法は、汚染物質処分場、一般廃棄物最終処分場、産業廃棄物最終処分場などからの汚水や廃液の浸出の防止に最適な工法である。また、ジオロックシートは、高密度ポリエチレン製であるため塩水によって錆びることがないため海水の浸透防止や、地下水のしゃ断等一般土木工事にも有効なものである。

この工法の主な用途を図-2~7に示す。

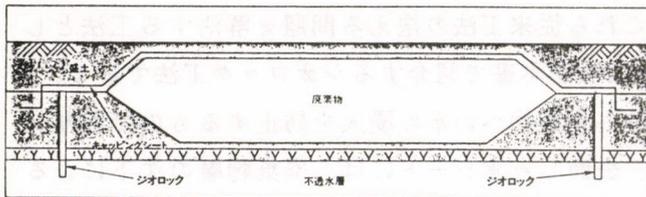


図-2 既設処分場の封じ込め

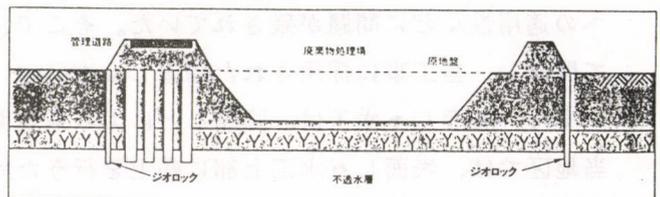


図-3 新設最終処分場の地下水汚染防止

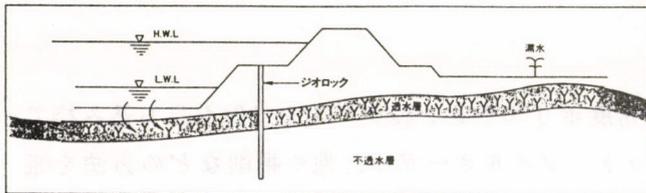


図-4 貯水池、河川の漏水防止

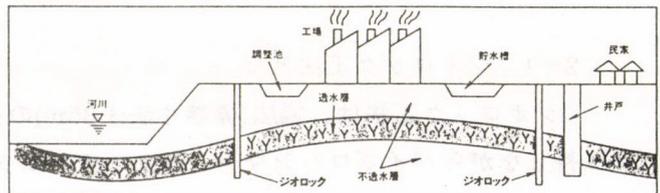


図-5 有害物質発生工場の周囲

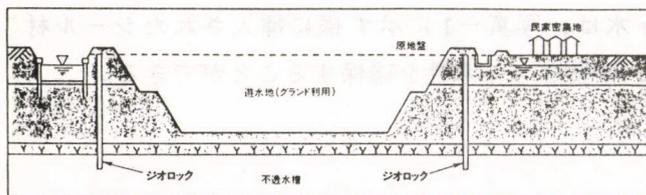


図-6 貯水池、調整池への地下水浸水防止

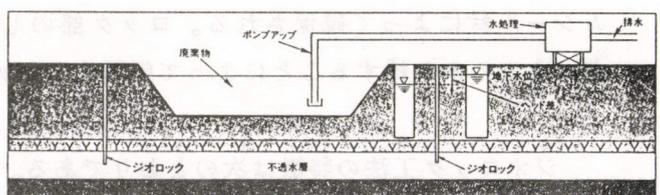


図-7 新管理型廃棄物封じ込め

### 2-3 材料

ジオロックシートの素材はJIS-K-6748に分類される高密度ポリエチレンであり、その一般物性として、優れた引張破断強度および伸度、耐薬品性が知られている。表-1にジオロックシートの標準物性を、表-2に耐薬品性に関する試験データを示す。

また、シール材は、直径4~5mmの紐状で、素材はクロロプレンゴム(CR)を主材とした水膨張性ゴムである。シール材は水に接すると、2~4時間後に膨張が始まり、40~50時間経過後に膨張はほぼ完了する。一度膨張したシール材は、直接水に接していなくても地中の湿度によってその膨張状態を継続する。シール材の膨張特性を図-8に示す。

表-1 ジオロックシートの標準物性

項目	単位	数値
巾	m	1.0~2.0(標準1.35m)
厚さ	mm	2
長さ	m	3~30(打設深度)
引張強度	kgf/3cm	120
伸度	%	600
密度		0.941(H.D.P.E.)
接合部強度	kgf/3cm	160

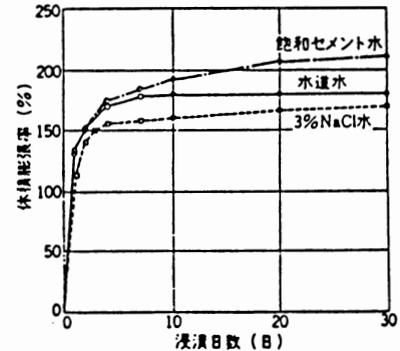


図-8 シール材の膨張特性

表-2 耐薬品性に関する試験データ

遮水材 化学薬品名	PVC		ゴム		HDPE	
	重量 変化率 (%)	体積 変化率 (%)	重量 変化率 (%)	体積 変化率 (%)	重量 変化率 (%)	体積 変化率 (%)
塩酸 10%	0.17	-0.66	-0.14	-0.74	0.03	0.04
塩酸 conc	5.99	6.72	7.89	8.49	0.08	0.10
硫酸 97%	27.13	7.68	61.64	41.24	0.11	0.14
酢酸 10%	12.68	15.34	15.34	18.27	0.06	0.09
酢酸 90%	4.41	-0.99	24.53	27.82	0.21	0.29
硝酸 10%	13.13	15.88	10.57	8.21	0.07	0.10
硝酸 99%	12.58	16.13	39.13	46.08	0.22	0.25
水酸化ナトリウム 10%	1.37	-0.38	0.76	0.79	0.00	0.00
水酸化ナトリウム 30%	-0.52	-0.48	6.41	9.47	-0.19	0.05
水酸化カリウム 10%	-0.39	0.05	0.81	0.86	0.00	-0.14
水酸化カリウム 30%	-0.49	-0.46	-2.15	-1.88	0.04	0.03
アンモニア水 (28%)	1.18	1.93	2.08	2.73	0.06	0.15
塩化カリウム	-0.27	-0.25	0.40	0.22	0.02	0.02
炭酸ナトリウム	0.08	0.19	-1.85	-1.59	0.00	-0.01
水酸化マグネシウム	0.52	0.67	0.77	1.08	0.02	0.02
リン酸アンモニウム	0.36	0.27	0.73	1.41	-0.04	-0.03
硫酸カリウム	0.22	0.13	0.75	0.64	0.00	-0.01
メタノール	-15.50	-17.98	-1.68	-1.70	0.13	0.15
アセトン	4.60	17.30	-9.01	-11.48	0.43	0.59
酢酸エチルエステル	12.11	25.43	-11.77	-13.69	0.68	0.66
ベンゼン	-15.75	-10.96	32.67	45.72	2.69	2.67
トルエン	-0.64	-17.42	114.65	103.51	0.43	0.45
シクロヘキサン	-24.86	-27.14	74.85	115.29	5.93	2.28
四塩化炭素	-11.05	-24.45	96.84	84.84	15.97	11.05
トリクレン	-2.41	-11.97	157.03	138.27	15.43	10.98
エチレンジオキソリコール	-0.64	0.12	0.78	0.70	-0.12	-4.49
大豆油	-1.63	-0.81	1.73	2.01	-0.10	-0.13
ケロシン	-4.70	-19.74	93.97	67.40	1.14	2.66

\* 無機物濃度は飽和状態である。  
\* 浸漬時間を 168時間とした。

## 2-4 施工方式

施工方式は、ウォータージェット貫入方式、オーガー貫入方式、置換え(貫入)方式などがあり地盤の状態、打設深度に応じて選択する。表-3に土質状況と適当な施工方式を、図-9~12にそれぞれの施工方式を示す。

表-3 土質状況と施工方式

施工長	土質状況	N値	施工方式	備考
15m未満	砂層 ローム層 ビート層 マサ土 小粒の細流り層	5未満	ウォータージェット貫入方式	
		5-10未満	プレウォータージェット貫入方式	
		10以上	オーガー貫入方式(ソイル化)	
	粘層	置換え方式(バケット方式)		
15-30m	粘層		置換え方式(バケット方式)	ベントナイトセメント (自硬性安定液)
	粘層		置換え方式(バケット方式)	ベントナイトセメント (自硬性安定液)
	その他		置換え方式(バケット方式) (リバース方式)	

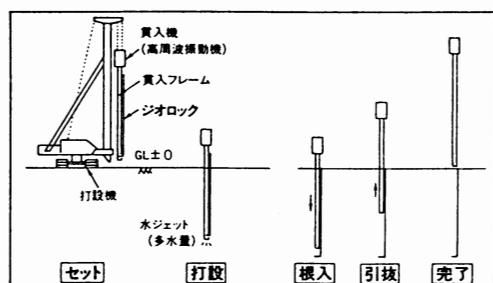


図-9 ウォータージェット貫入方式

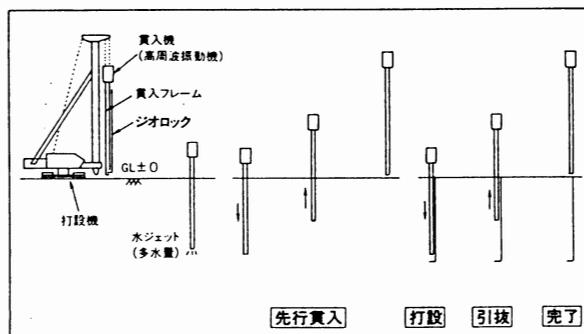


図-10 プレウォータージェット貫入方式

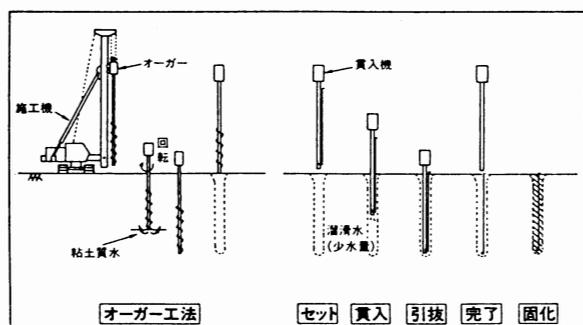


図-11 オーガー貫入方式

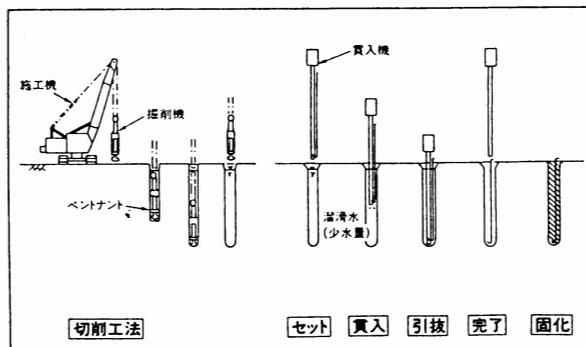


図-12 置換え貫入方式

## 3.適用事例

東広島ニュータウン造成に伴い建設される第2高屋小学校(仮称)の校庭は、旧賀茂ダストセンターの廃棄物埋立跡地に計画されており、造成工事に際して下流域への地下水汚染が懸念された。事前の調査によると0.1m~1.5m程度の覆土以下に約10mのダストセンターからの廃棄物層が確認された。廃棄物の種類は、西側が主に空き缶、ビニール、プラスチックを混入する焼却灰が主体で東側はガラス、針金、樹脂類、陶器などを含む不燃物がその主なものであった。

当工事においては、これらの廃棄物による地下水汚染対策として、ジオロック工法と表面しゃ水工法が採用された。

### 3-1 工事概要

- 工事名称 ; 賀茂 A-2 工区整地工事  
 施工場所 ; 広島県東広島市高屋地区内  
 事業主 ; 地域振興整備公団  
 設計者 ; 東広島市  
 工期 ; 平成元年12月～平成2年7月  
 工事種類 ; ジオロック工法による鉛直しゃ水と表面しゃ水シートによる表面しゃ水を主とする。

### 3-2 しゃ水工の配置と施工数量

当工事では、ジオロックシート定着部に十分な不透水層がなく、地下水位の変動によって廃棄物内の汚染水が浸出することを防止するため、ジオロックシートの外周部に「地下水位バランス用暗渠」が設置された。図-13に当工事の完成イメージ図を、図-14にジオロックシートの配置図を、表-4に施工数量を示す。

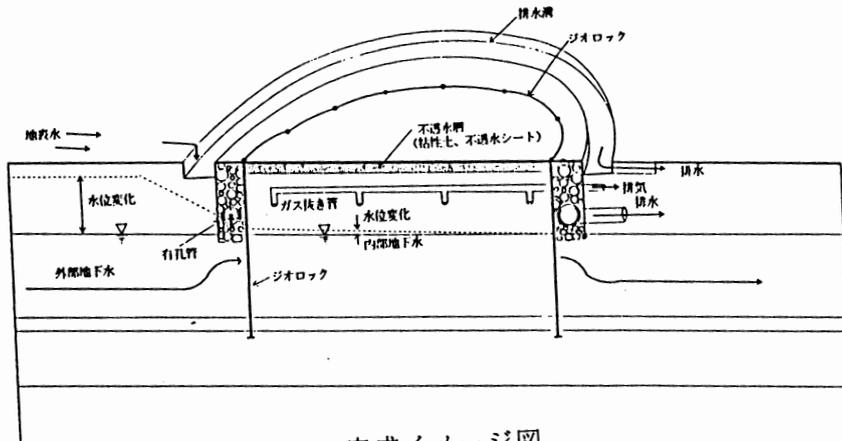


図-13 完成イメージ図

表-4 施工数量

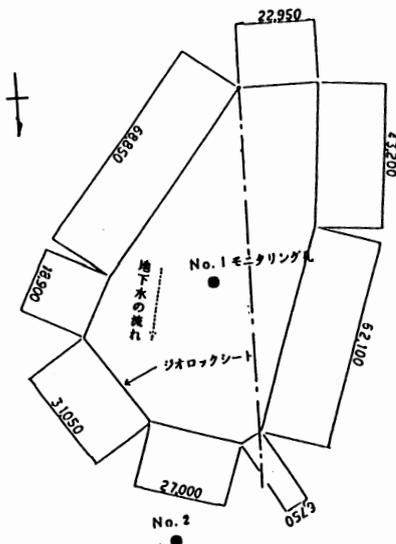


図-14 ジオロックシート配置図

足場工	14762.9㎡
切土および掘削土	36315.1㎡
盛土	
暗渠工	352.2m
水位バランス用	297.6m
表面排水用	
鉛直しゃ水工	
ソイル化 (φ1000、ℓ=13.0m)	312 本
ジオロックシート (ℓ=14.0m)	3912.3㎡
表面しゃ水工	
表面しゃ水シート	5153.4㎡
マウンド工	993.7㎡
サンドマット工	2570.8㎡
その他	1 式
ガス抜き工	1 式
観測用ボーリング工	

### 3-3 施工

<施工方式の選定> ジオロックシート施工位置の地盤は、事前ボーリング結果より上部層はシルト質砂層であるが、下部層はN値20以上(最大50)の風化軟岩層であった。そこで、当工事においては先に地盤をソイル化して緩める方法「オーガー貫入方式」が採用された。

<ソイル化> ジオロック施工に先行し、原地盤をソイル化して緩めるためにロックオーガー施工機によりソイル化を行った。ソイル化に使用したベントナイトはクニゲルV1で、配合比は m<sup>3</sup> 当り 150kgとした。施工詳細図を図-15に、施工手順を図-16に示す。

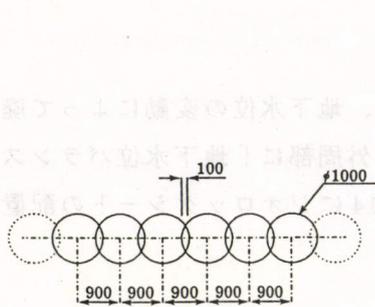


図-15 施工詳細図

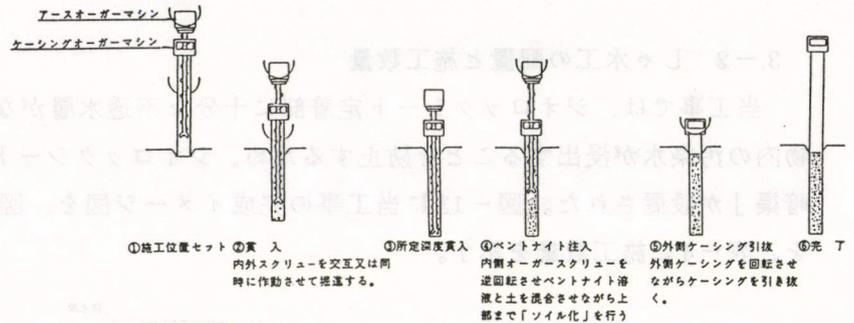


図-16 施工手順(ソイル化)

<ジオロック工> ソイル化した施工位置にジオロックシートの施工を行った。図-17にジオロックシートの施工フローを、表-5、写真-2に施工機械の仕様、外観を示す。

表-5 施工機械の仕様

部番	品名	規格
1	クローラークレーン	LS78-RS II 35トン
2	キャッチホーク	伸縮式
3	三点ステー	
4	リーダー	750×750×30.5m
5	笠木	750×750用
6	ボトムブロック	2車
7	パイフロ	高周波
8	貫入フレーム	20m
9	シート	高密度ポリエチレン 14m
10	発電機	
11	電気架台	

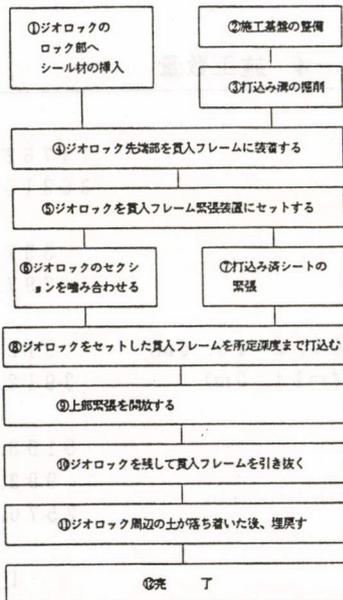


図-17 ジオロック施工フロー

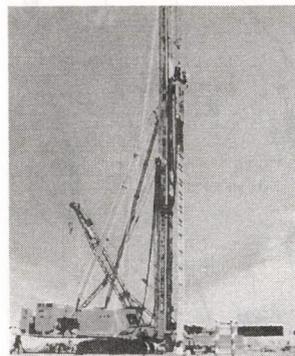


写真-2 施工機(クローラタイプ)

#### 4. しゃ水効果

しゃ水効果を確認するために、しゃ水工事および造成工事完了後、モニタリング用の観測孔を設置した。観測孔は2箇所、一方はジオロックシート区域内、もう一方は区域外の地下水下流側に設置した。この観測孔を用いて地下水の水質および水位変動を測定することにより、しゃ水効果を確認することが出来る。第一回目の測定結果を表-6に、その後の測定値の推移グラフを図-18に示す。

この測定結果から、ジオロックシート内外での水質に明らかな相違が確認出来、また、それらの(特にシート外での)数値の推移から判断し、ジオロック工法によるしゃ水機能は十分に発揮されていることがわかる。

表-6 測定結果 (平成2年11月26日測定)

項目	単位	シート内(No.1)	シート外(No.2)	摘要
COD	mg/l	33.0	2.7	排水基準 160
電気伝導率	μS/cm	3200	160	
塩素イオン	mg/l	750	検出されず	
全窒素	mg/l	87.0	0.4	排水基準 120

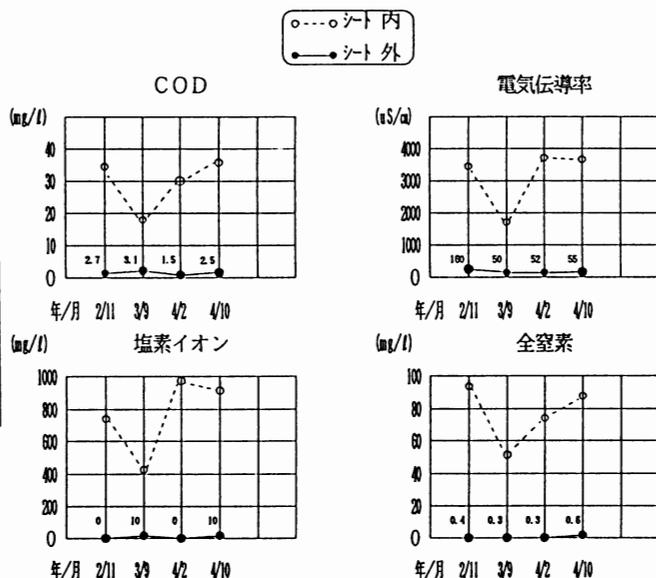


図-18 各水質汚濁項目推移

#### 5. あとがき

当工事施工の結果、ジオロック工法による鉛直しゃ水工法は、しゃ水効果、施工性、経済性などに所期の目的を十分満足することが実証された。ジオロックシートの実績は、国内外を合わせると140000 m<sup>2</sup>にも達し、今後のニーズにも幅広く対応できるものと確信している。

最後に、当工事の基本計画に関して多大なる御指導を賜りました福岡大学工学部 花嶋正孝教授ほか、貴重な御意見、御指導を頂いた関係各位に深く感謝致します。

#### [参考文献]

- 1) 「廃棄物最終処分場しゃ水工」  
(社)全国都市清掃会議 廃棄物処理技術開発センター
- 2) 不動建設、フドウ技研、太陽工業 「ジオロック工法及び適用事例」  
環境庁 第11回有害物質土壌-地下水汚染対策基礎調査委員会(1991.2)
- 3) 不動建設 「廃棄物埋立地における地下水汚染対策としての遮水工事」  
土木学会 第13回施工体験発表会(1993.2.23)