

# ドイツ・オランダにおける“LANDFILL”の実態

夫原 代金 マチキキ (著)

㈱地域環境開発 樋口 貴也

## 1. はじめに

近年、地球の環境問題が急激にクローズアップされてきている。我々は、動植物の保護、地球温暖化の抑制および水質の保全などのさまざまな問題を解決していかなければならない。このような社会状況のもと、ゴミ問題は、人類にとって切迫した社会問題であると言える。なぜならば、この問題は、前述のような『地球環境の保全』ということに直結しているからである。ここに、環境問題に対しての意識が高く、ゴミ処理システムなどについて先進的なドイツとオランダの“Landfill”（埋立て式廃棄物最終処分場）の実態を報告する。なお、本文で紹介する“Landfill”の位置を図-1の①～⑥に示す。

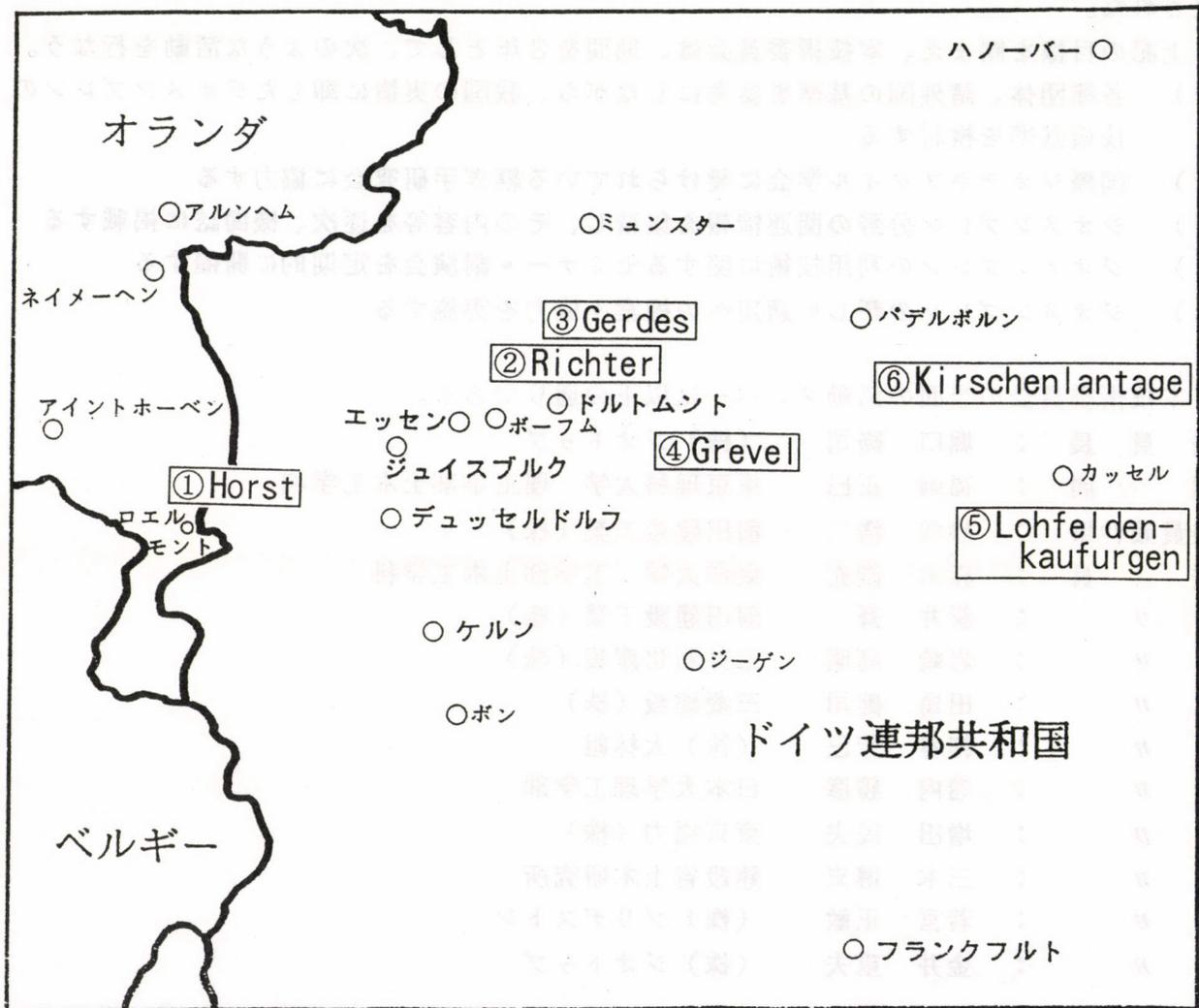


図-1 位置図

## 2. “Landfill”の実態

## 2-1. Landfill at Horst, Limburg

## (1) Abstract

オランダ西部の Horst に約22haの埋立て式廃棄物最終処分場がある。ここは、一般廃棄物と産業廃棄物を埋立てている。近郊に青果市場があるため、そのうちの約35%が野菜や果実などのゴミである。1987年、政府により廃棄物処分場の遮水工に関する基準の改正が行われた。これによって、同処分場においては、ゴミを埋立てる基礎部に Sand-bentonite (厚さ30cm) を施すことになった。また、埋立ては、地下水位より0.5m高い所から、18~25mの高さに達している。のり面の勾配は、1:3~1:5である。

## (2) Capping layers

廃棄物を埋め立てた後のカバーは、図-2に示すような断面構成で行なわれる。ここでのポイントは、以下の2点にある。

- ① Sand-bentonite (厚さ20cm) による雨水浸透防止
- ② ジオコンポジットによる雨水浸透水の排水

①については、砂にアルカリベントナイトを6~8%混合し、透水係数  $k = 1 \times 10^{-10} \text{m/s}$  ( $1 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ) 程度を機待するものである。

②については、Sand-bentonite の上側全面に排水材のジオコンポジットを敷設し、浸透してくる雨水を集水し、のり尻の排水管に導く役目をはたしている。このような2重の処置を講じて雨水の廃棄物への浸透を防止している。

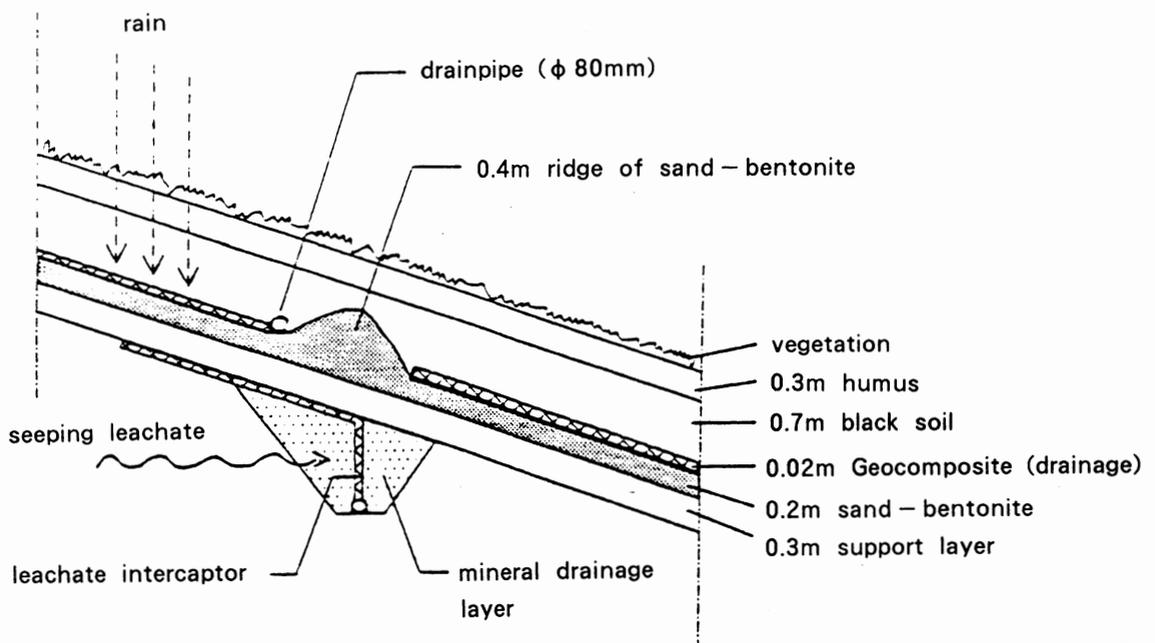


図-2 Diagram of capping construction

## (3) at foot of slope

のり尻部の排水システムを図-3に示す。廃棄物から浸出する汚水は、ジオシンセティックによって集水され、污水管により処分場に導かれる。

また、雨水は、ジオコンポジットから雨水管に集水され、施設の周囲に設けてある水路に流出する。なお、汚水、雨水ともに点検用マンホールが適宜、設けられている。

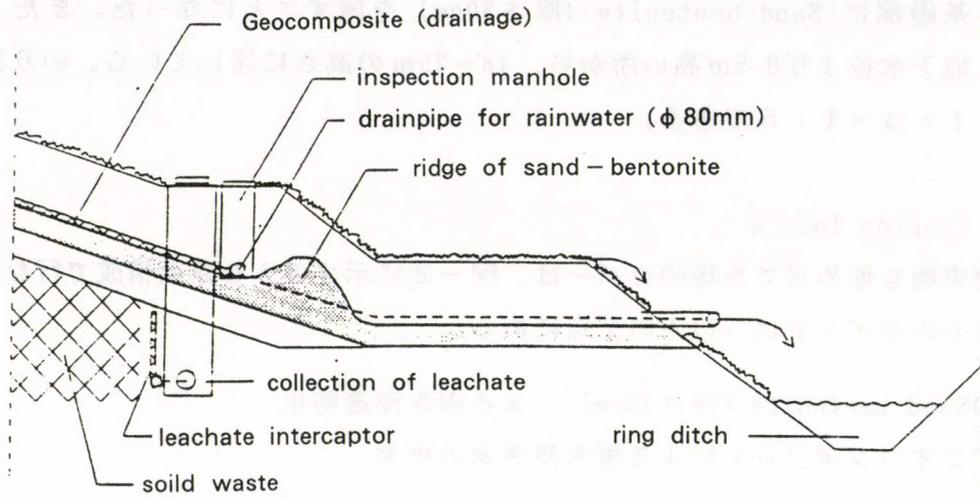


図-3 Diagram of construction at foot of slope

## (4) Gas

ガスは、廃棄物の中に埋設したガス抜き機によって、メタンのみ選別され、発電のために埋設されたガスタービンに送りこまれている。

## (5) Maintenance

写真-1は、Sand-bentoniteのコアを抜いている所である。このように、重要視されるものについては現場において、その密度管理が十分に行われている。

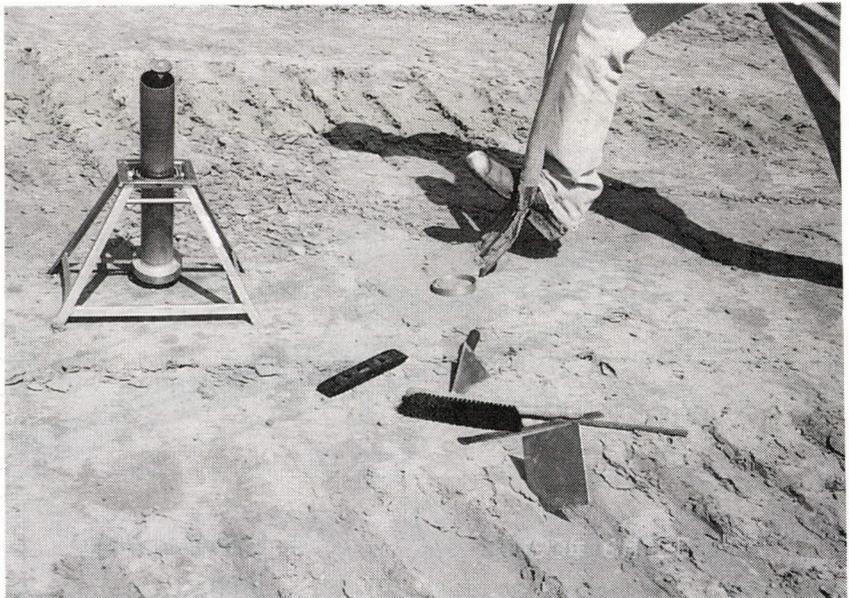


写真-1 Sand-bentoniteのコア抜き状況

## 2-2. Landfill "Richter", near Bochum

## (1) Abstract

ドイツの Bochum の郊外で、住宅地から10m程度の所に有毒な廃棄物が埋め立てられている。その廃棄物は、深さ16mのピットの中に埋められ、ローム質土によって覆土されている。ピットの底部7mまでは、大へん低い透水係数を有する土質なので、この廃棄物内の水位を、底部から3~4mまでに制御していれば、上部の透水係数の大きい地盤から周囲に流出することはない。面積は約2.2haであり、現在、作物畑として利用している。

## (2) 廃棄物内の汚水処理

図-4に同施設の断面図を示す。図に示すように鉛直な排水パイプを設置し、最大出力360m<sup>3</sup>/hのポンプで揚水して、廃棄物内の水位はピット底部より3~4mまでに制御されている。揚水した汚水は、地上のタンクに貯水後、処理施設に運搬している。

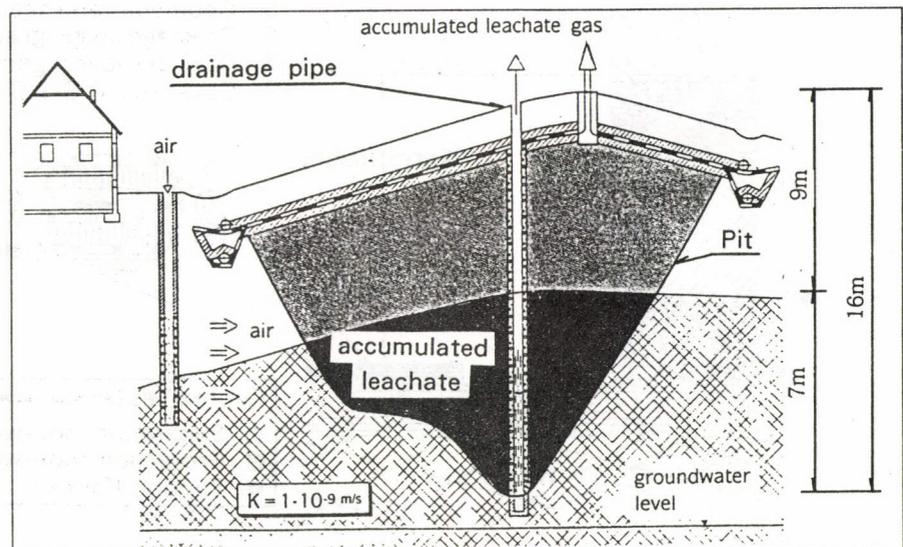


図-4 断面図

## (3) ガスの処理

発生する有毒ガスの排気を行うため、図-4に示すように“air”を地中に吹き込みガスを人為的に上昇させ、Cappingしているジオメンブレの下に敷設してあるジオコンポジットをフィルターに用いて地上に導くガスパイプに接続している。

抜きとったガスは、活性炭素により処理後、メタンガスの濃度を調整して大気中に排気している。

(4) Protective covering system

図-5に Protective covering system を示す。①が通常の断面構成、②がジオシンセティックを有効に用いた場合である。①に示す②④⑥のレイヤーの合計厚0.9~1.2mに対して②の③⑤⑦のジオシンセティックレイヤーは10cm足らずで構成されている。また、ジオシンセティックのレイヤーそれぞれには、保護、分離、遮水、排水、補強およびガスフィルターの役割が期待されている。

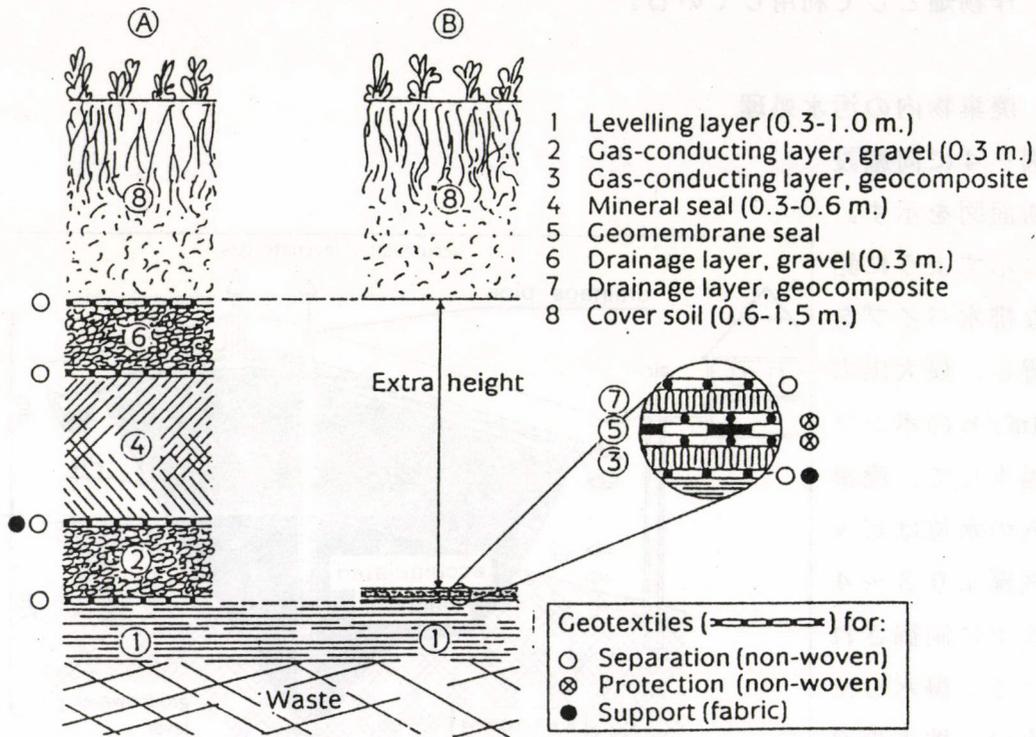


図-5 Protective covering system



写真-2 Installation of gas conducting layer.

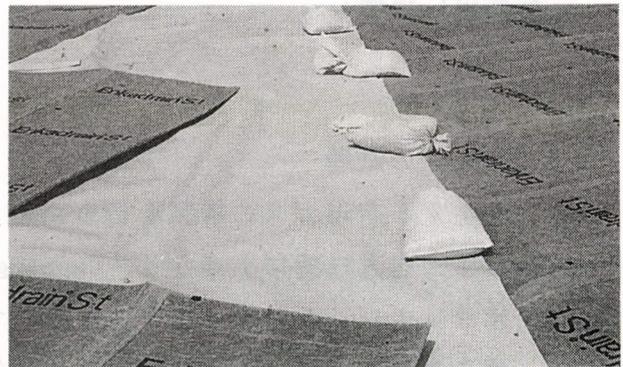


写真-3 Compact "gas conducting - liquid sealing - water draining" sandwich.

(5) Maintenance

同施設の建設費用は、約400万マルク（約28,000万円）である。また、ガス感知システムなどは市が管理しており、年間約80,000マルク（約5,600,000円）の管理費が必要となる。

2-3. <sup>ヘルデス</sup>“Gerdes”, near Bochum

ドイツの Bochum の郊外にタール等を含む産業廃棄物処分場がある。埋め立て深さは、約15mである。最初は無処理で埋設したが、地下水が汚染されたことが判明したので、約5000トンの廃棄物を掘りかえして、オランダで中間処理を施し、再び埋め立てた。Capping は、図-6に示すように保護層の間にジオメンブレンを敷設後、約1.5mの覆土を行っている。

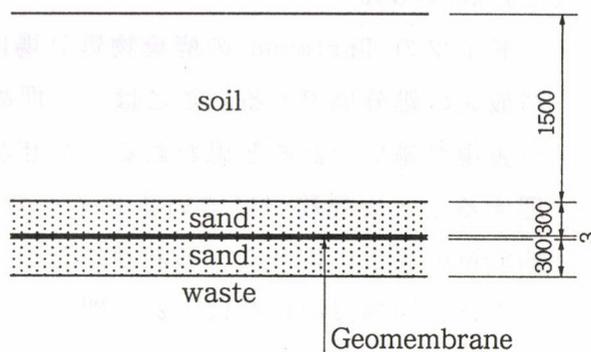


図-6 Capping

この施設においてはガス管理システムが充実しており、ガスは、活性炭素にて処理し、2.5%以上濃度のメタンガスには空気を混合してから排気している。なぜならば、5.0%以上の濃度のメタンガスは、大へん危険であるからだとのことだ。また、ここにおいても市が全体の管理を行っている。

写真-4にガス管理室、写真-5に処理システムを示す。



写真-4 ガス管理室

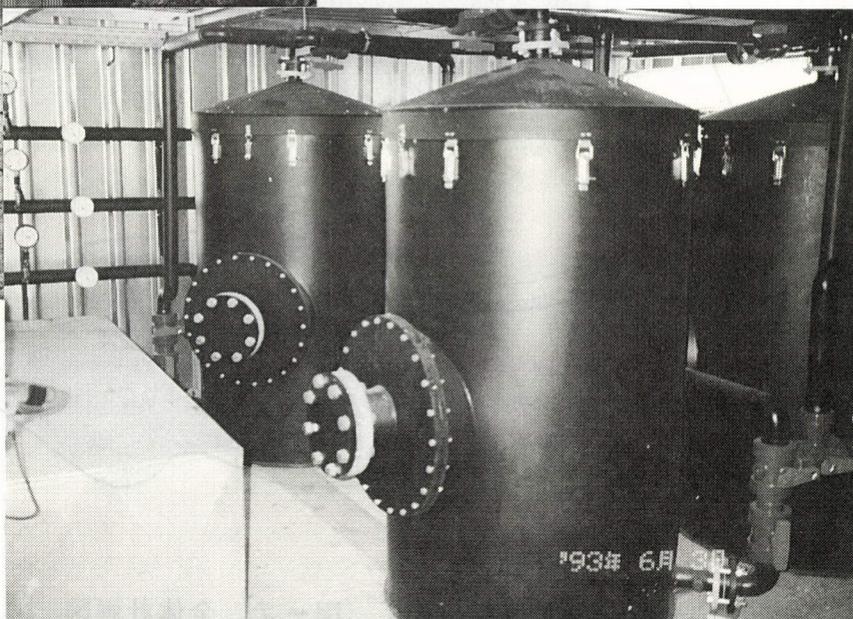


写真-5 ガス処理システム

2-4. Deponie Dortmund Grevel

(1) Abstract

ドイツの Dortmund の廃棄物処分場は、約148haの敷地面積を有する西ヨーロッパ最大の処分場である。ここは、“埋め立て式”と言うよりも“盛り立て式”と言う表現が適切であると思われる。なぜならば、地下水より高いレベルで廃棄物を処理することを義務づけているドイツの法規制によって、ここでは、廃棄物を地上約50mの高さに盛り立てる計画になっているからである。

また、同施設の容量は、25年間分の廃棄物を埋立てることができるよう計画されている。図-7に全体計画図を示す。

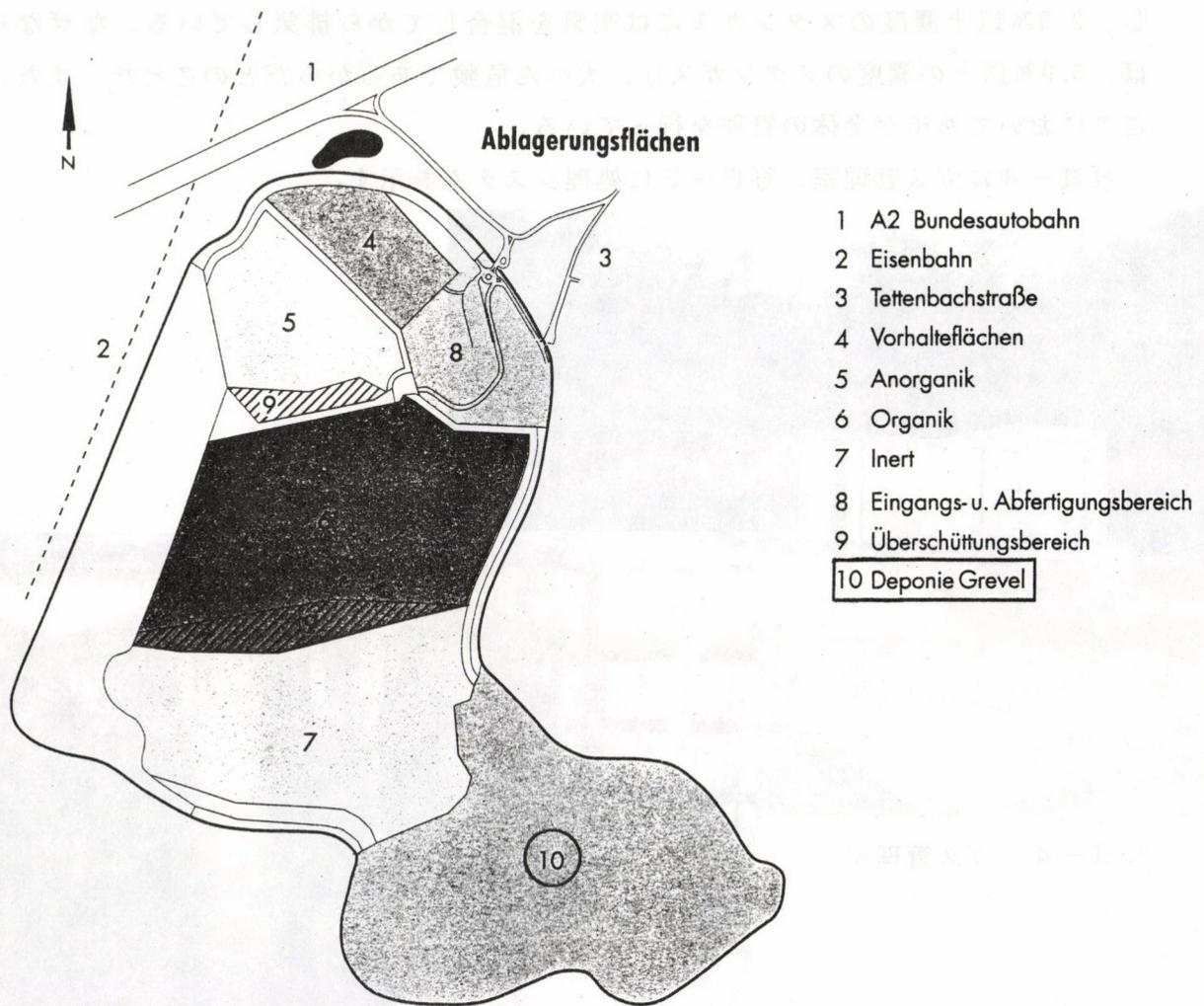


図-7 全体計画図

(2) Seepage water

図-8に計画断面図を示す。現地盤から比較的浅いところに不透水層 (natürliche Dichtschicht) が存在することから、その上に第1地下水層 (1. Grundwasserleiter) がある。したがって、第1地下水層の流末に排水施設 (Rigole) を設け、廃棄物から浸出する汚水を集水し、処理施設に導いている。図-9に“Rigole”を示す。

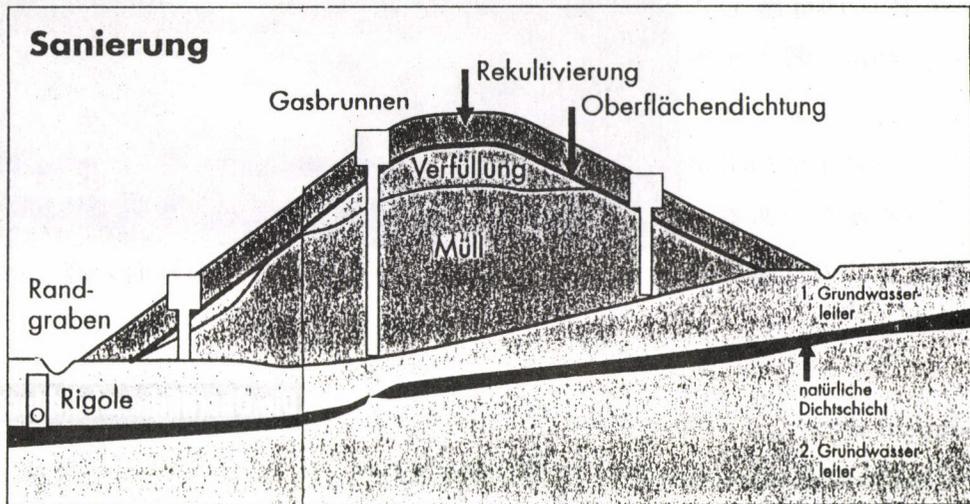


図-8 計画断面図

(3) Gas

ガスは図-10に示すようなガス抜きシステムにより集めている。ガスの中のメタン濃度は、45~50%もあり、これを発電に有効利用している。また、地中温度は、現在30~40℃である。

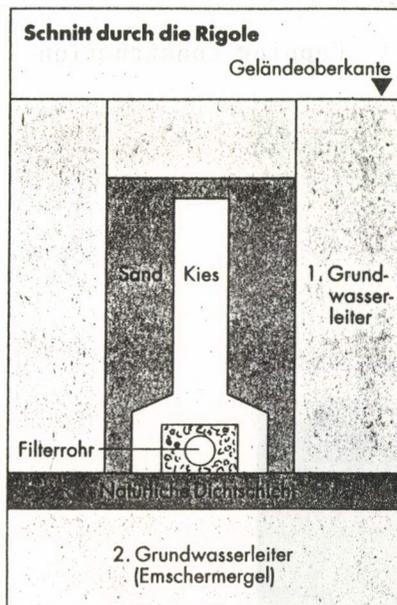


図-9 Rigole

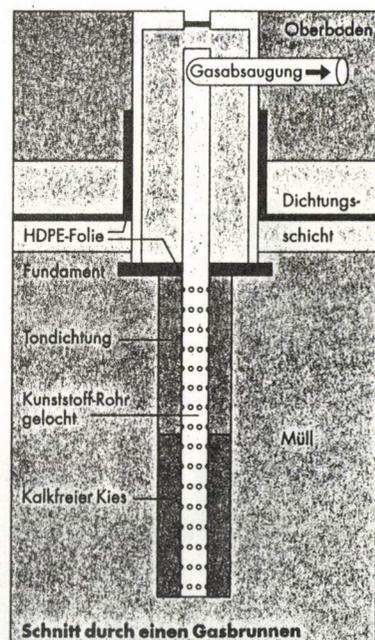


図-10 ガス抜きシステム

(3) Cover

図-11の Capping construction に示すように、廃棄物の上に砂、ベントナイトクレイ、不織布、ジオコンポジットが合計で1.10m施工され、さらに1.70mの覆土を施している。これは、完成後、公園緑地としての土地利用が計画されているからである。また、写真-6にのり面の施工状況を示す。



写真-6 のり面の施工状況

(4) Maintenance

図-11 Capping construction 写真-7に Bentonite-clay plant 示す。ここでは、ベントナイトを混合する前に土のふるい分けを十分に行い、それから写真の plant でベントナイトと土との混合が行われている。これは、Bentonite-clay に $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$  ( $1 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ ) の透水係数を期待できる難透水層とするためである。



図-11 Capping construction



写真-7 Bentonite-clay plant

2-5. Landfill “Lohfelden-kaufurgen”

(1) Abstract

ドイツの Lohfelden と kaufurgen という都市の間に、総合化学会社の廃棄物処分場がある。ここは、昔からある処分場であるが、法規制の改正にともない古い廃棄物を掘りおこし、現行の法律に適合する廃棄物処理施設に造成しなおしているところである。その古い廃棄物が約210,000m<sup>3</sup>、さらに施設を拡大し新しい廃棄物も処分する予定である。

(2) Base

基礎部については、化学系の廃棄物を処分するために図-12にしめすような7層構造としている。また、写真-8にのり面部のジオシンセティックの敷設状況、写真-9に污水管とジオシンセティックを示す。

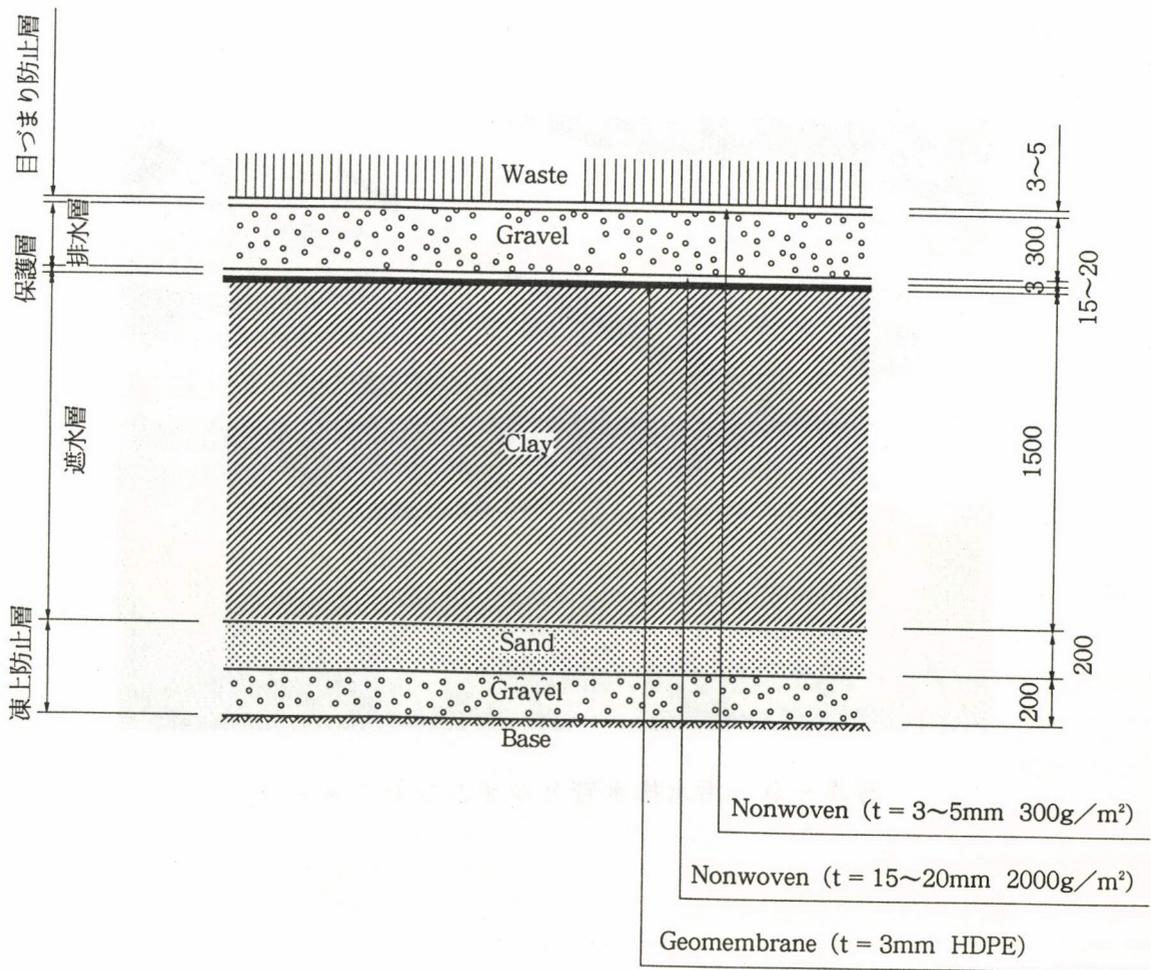


図-12 Base

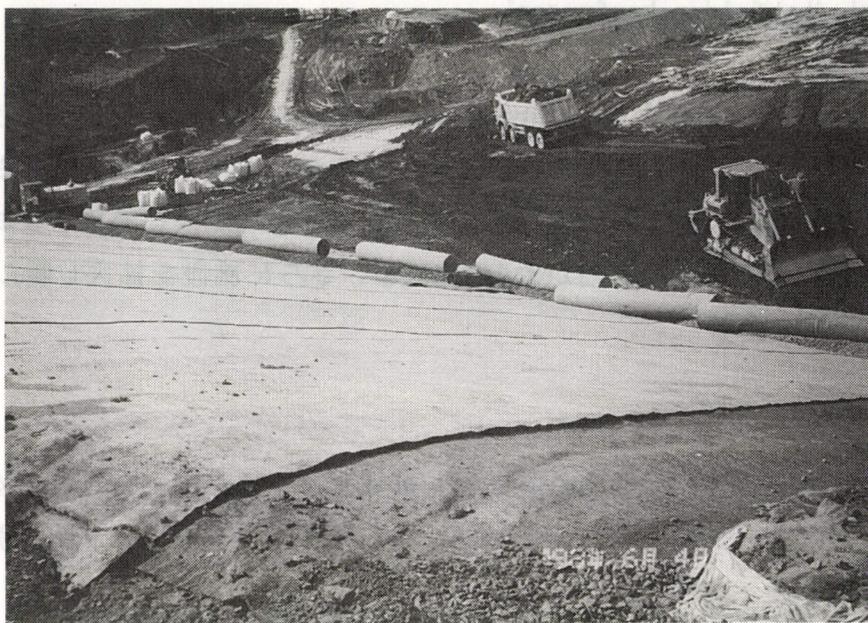


写真-8 のり面部のジオシンセティックの敷設状況



写真-9 汚水排水管とジオシンセティック

(3) Cover

廃棄物埋立て後のカバーは、図-13に示すような断面構造としている。

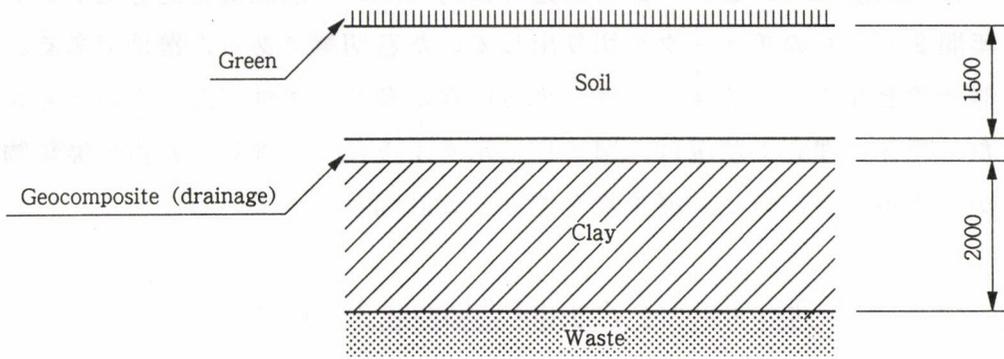


図-13 Cover

(4) Drainage

排水は、雨水と汚水を写真-15に示す流末貯水槽に集水し、トラックにて処理場に運搬している。また、写真-14は、地盤沈下追従型のマンホールで二重構造となっている。



写真-14 地盤沈下追従型のマンホール

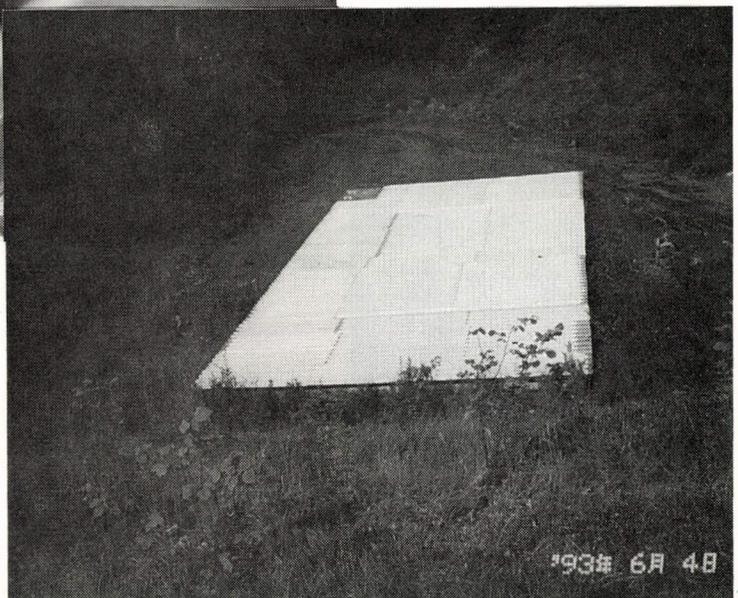


写真-15 流末貯水槽

2-6. "Kirschenlantage", near Hofgeismar

(1) Abstract

ドイツの Hofgeismar という都市の近くに約30haの一般廃棄物処分場がある。ここは、年間2万m<sup>3</sup>ものチョークを切り出していた石切場であった跡地である。処分場の基盤地盤となるこのチョークは、小さい穴が多く浸水性が高いものと考えられた。また、現在の埋立て状況は、図-14に示すように、昔埋立てた古い廃棄物の上に覆いかぶさるように新しい廃棄物を埋立てる計画となっている。

Prinzipiskizze Kreisabfalldeponie Hofgeismar

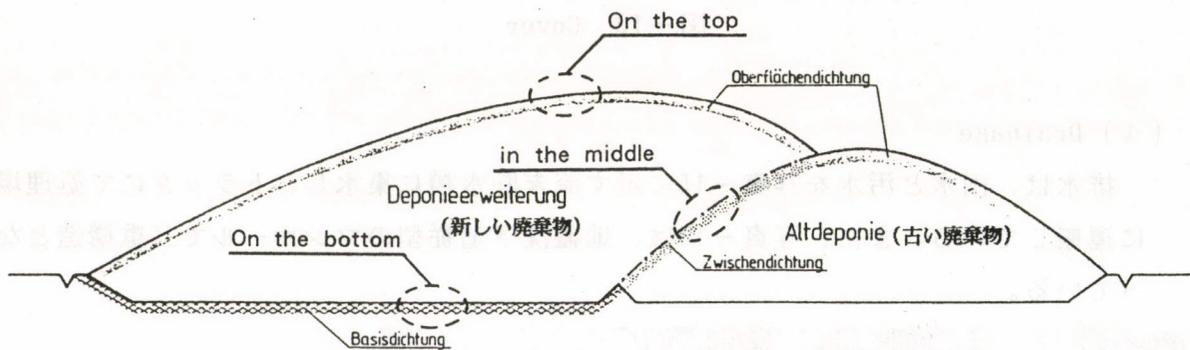


図-14 断面図

(2) Lining System

図-14にLining System の位置を示す。

1) On the bottom

廃棄物を埋立てる基礎部には、図-15に示すようにチョーク地盤の上に粘土層（厚さ90cm）を設け、その上にジオメンブレン（厚さ2.5mm HDPE）を敷設している。ジオメンブレンの上には、保護層としての不織布（2000g/m<sup>2</sup>）を敷設し、排水層としての碎石層（厚さ30cm）、さらに廃棄物の分離層として不織布（300g/m<sup>2</sup>）敷設後、塵芥層（厚さ70cm）を設ける6層構造となっている。

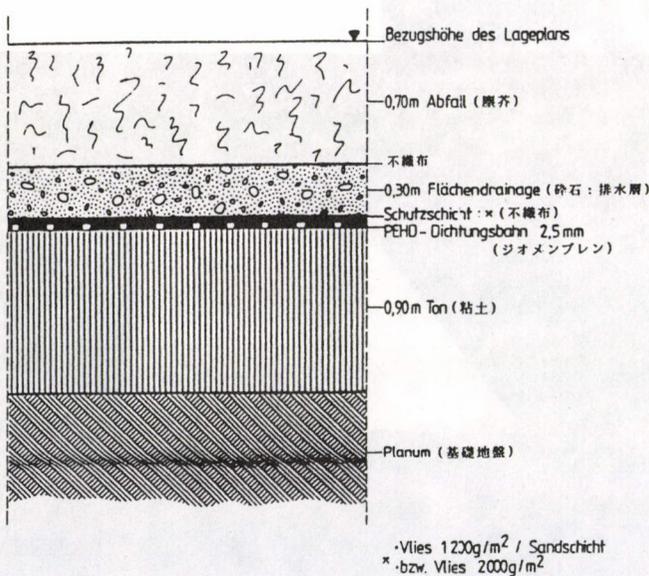


図-15 Lining system on the bottom

2) In the middle

古い廃棄物上に埋立てる場合のレイヤーは、廃棄物の上にガス抜きのために碎石層（厚さ30cm）を設け、その上下に不等沈下防止の補強層として高強度の織布（20tf/m）を敷設している（写真-16、17参照）。その上に遮水層として粘土層（厚さ1.15m）、そして排水層として碎石層（厚さ30cm）を設け、その上下に分離層として不織布（300g/m<sup>2</sup>以上）を敷設している。最後に70cmほど覆土して新しい廃棄物を埋立てる断面構造となっている。図-16に In the middle の断面構造を示す。



写真-16 ジオテキスタイルの敷設状況

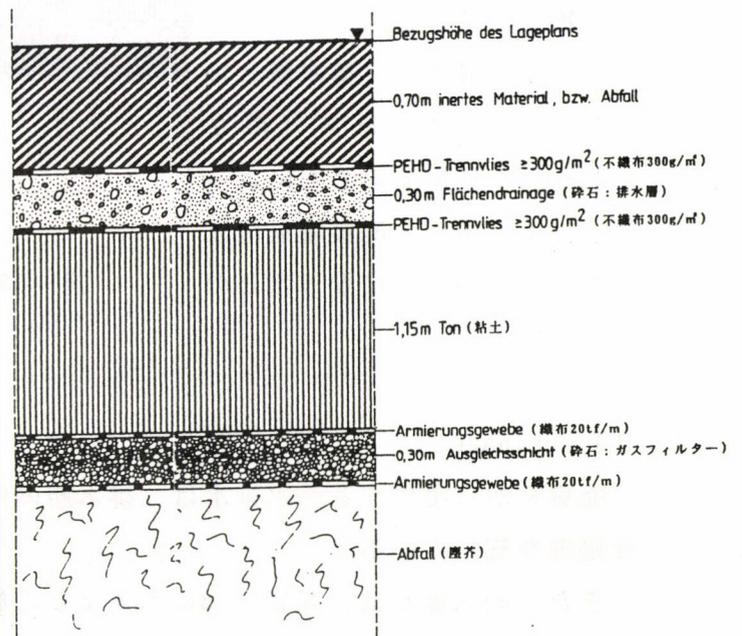


図-16 Lining system in the middle



写真-17 排水層 (gravel) とジオテキスタイル

3) On the top

廃棄物の Capping については In the middle と同様に、廃棄物の上にガスフィルター層、遮水層そして排水層を設けている（図-17参照）。その上に砂層（厚さ30cm）、比較的大きい粒径の普通土（厚さ120cm）さらに表土として客土（厚さ30cm）を覆土している。

また、最近では、排水層としてジオコンポジット（厚さ25mm）を使用することによって、より多くの廃棄物を埋立てることが可能になったとのことである。

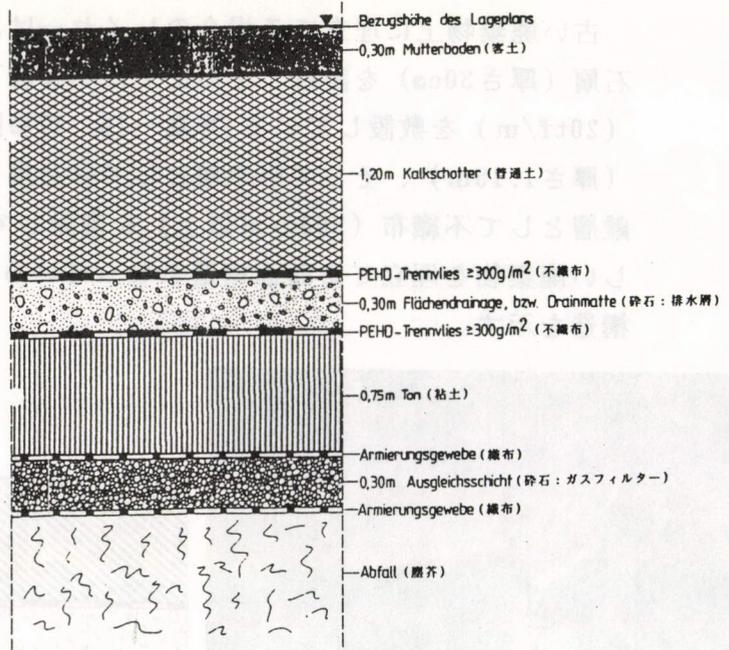


図-17 Lining system on the top

(3) drainage

廃棄物から浸出する汚水排水は、排水層の中に穿孔管 (HDPE) により集水し、適切な処理を施している。

また、雨水排水は、写真-18に示すように周囲の側溝に流下させている。

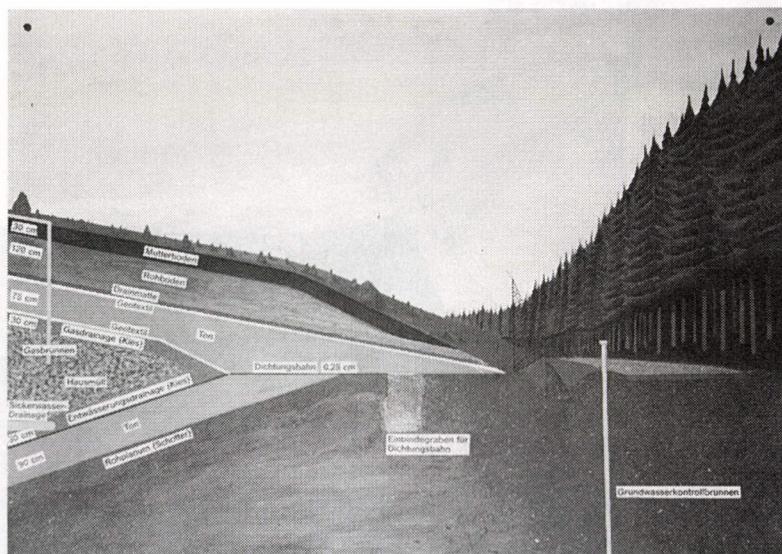


写真-18 断面図

## (4) Gas

ガスは、 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 発生するうち、 $250\text{m}^3/\text{h}$ を発電に有効利用している。写真-19に発電室を示す。

現在、廃棄物中のガスを吸い上げているため、気圧が低くなっている。しかし、廃棄物中の気圧が $35\text{mmHg}$ 以下にならないように制限して行われている。なぜならば、メタンに1.5%以上の酸素を含むと自然発火するためである。

## (5) Maintenance

ガスの管理室を写真-20に示す。ガスは、常時、チェックシステムにおいて監視されている。なぜならば、この処分場において廃棄物が自然発火し、4週間にわたり火災が続いた経歴があるからである。その消火費用に約150万マルク（約10,500万円）が費やされたとのことである。

また、廃棄物中には、ガスおよび水質の観測井を300ヶ所以上設置する予定である。さらに、処分場の周囲に8本の観測井（写真-18参照）を設け現地盤より80m低い地下水位のチェックを半年ごとに実施している。



写真-19 発電室

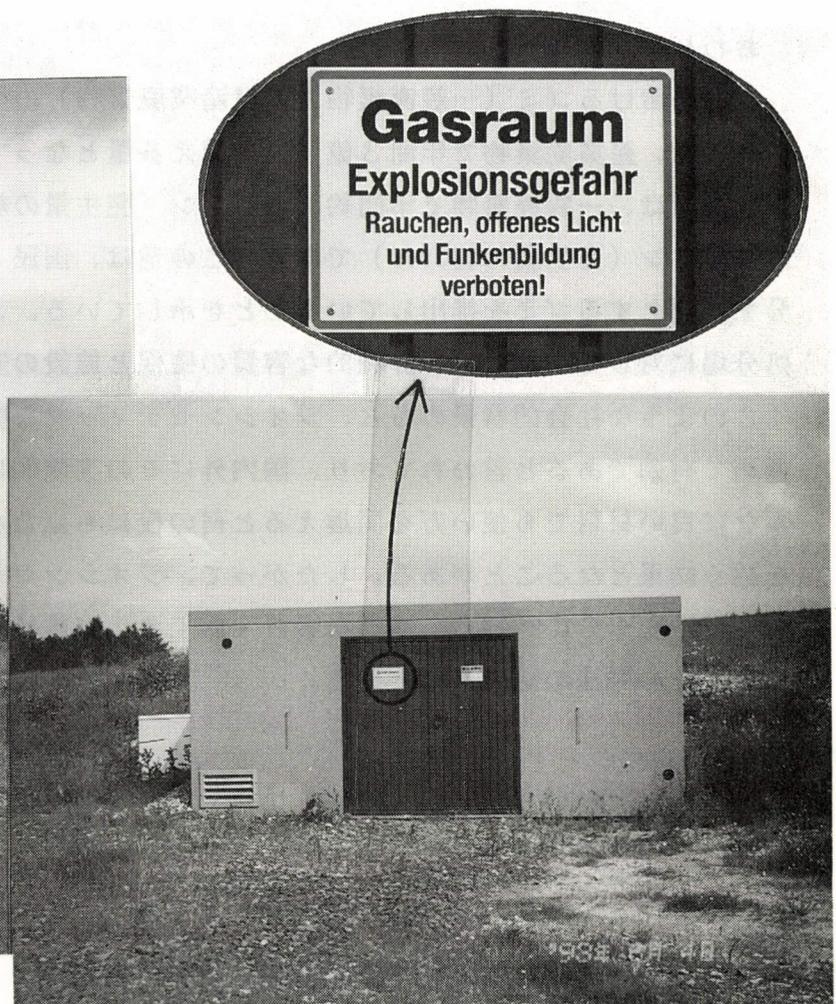


写真-20 ガス管理室

### 3. まとめ

ドイツ・オランダの廃棄物最終処理上を視察して感じたことは、施設として必要な機能が、以下に示す点にあるということである。

- (1) 廃棄物から浸出する汚水の処理
- (2) 廃棄物から発生するガスの処理
- (3) 廃棄物に浸透しようとする雨水の処理

(1)については、施設の底面部にジオメンブレンや不透水性粘土を設置し、施設外への汚水の浸出を防止するとともに、廃棄物の中の汚水は、排水施設によって処理場に導かれ、適切な処理が施されている。

(2)については、排気口を設置するだけでなく、ガス感知システムの充実や発電などへの有効利用が行なわれている。

(3)については、廃棄物を埋立てた後、ジオメンブレンでカバーするだけでなく、その上に排水材を敷設し、雨水の浸透防止と覆土の安定性が確保されている。

### 4. おわりに

日本におけるゴミ（一般廃棄物および産業廃棄物）の発生量は、一般廃棄物で年間約1億トン、産業廃棄物で年間3億トンを越える量となっている。そのうち、最終処分が必要な量は、一般廃棄物で年間約3500万トン（発生量の約35%）、産業廃棄物で年間約9000万トン（発生量の約30%）である。この量は、国民1人が年間約1トンもの最終処分を必要とするゴミを排出していることを示している。よって、我国においても、最終処分場に対して、長期的・計画的な容量の確保と施設の安全性の充実が望まれている。

このような社会的背景のもと、ジオシンセティックを廃棄物処分場に適用することは極めて有効であると言われており、国内外にその実施例は多く数えられる。しかし、どんなに良い材料でも使い方を間違えると何の役にも立たないばかりか、かえって逆効果を招く結果となることがある。したがって、ジオシンセティックの適用にあたっては、材料特性を十分に把握し、適切な設計・施工および維持管理されることが必要である。また、その方法の確立も望まれる。