



講 座



最近の締固め

7. 廃棄物の締固め

嘉 門 雅 史 (かもん まさし)

京都大学教授 防災研究所

はじめに

産業・社会構造の変遷に伴って、廃棄物処理・処分の必要性は飛躍的に増大し、最終的に廃棄物を地盤上または地盤内部に受け入れざるを得ないことから、結果として廃棄物埋立地盤が日本各地に急増している状況にある。特に、大都市部における土地需要に対する緊急の要請もあって、廃棄物埋立地盤の早期跡地利用は土質工学上の重要な課題となっている。埋め立てられた廃棄物が、その後の跡地利用に当たって有害な影響をもたらさないことを確認し、安定化していることをあらかじめ十分に評価する必要がある。しかしながら、現状ではこのための評価基準が確立しておらず、行政の対応も必ずしも完全であるとは言い難い状況にある。各研究機関や学協会等で精力的に検討されている状況であるが、跡地利用のための安定化促進のためには、廃棄物を締め固めることが最も有効な手法の一つである。「最近の締固め」と題する講座の一つに取り上げられた機会に、廃棄物の種別や取扱いの現状について解説するとともに、廃棄物埋立地盤の締固めによる安定化の事例や、高密度化のための埋立手法などについて、廃棄物の土質工学上の問題点も含めて解説しよう。

7.1 廃棄物の種別と処分

7.1.1 廃棄物の種別

一口に廃棄物と言っても、その種別は千差万別であり、一般廃棄物と産業廃棄物とに2分される。全国統計量としては昭和60年度に厚生省が実施したデータがあり、廃棄物排出量は、一般廃棄物が約4100万t、産業廃棄物が約3億1200万tであり、これらが中間処理され資源化・再利用されて、最終的に埋立処分すべき廃棄物量は約1億7000万tに達している¹⁾。しかもこの量は年々飛躍的に増大してお

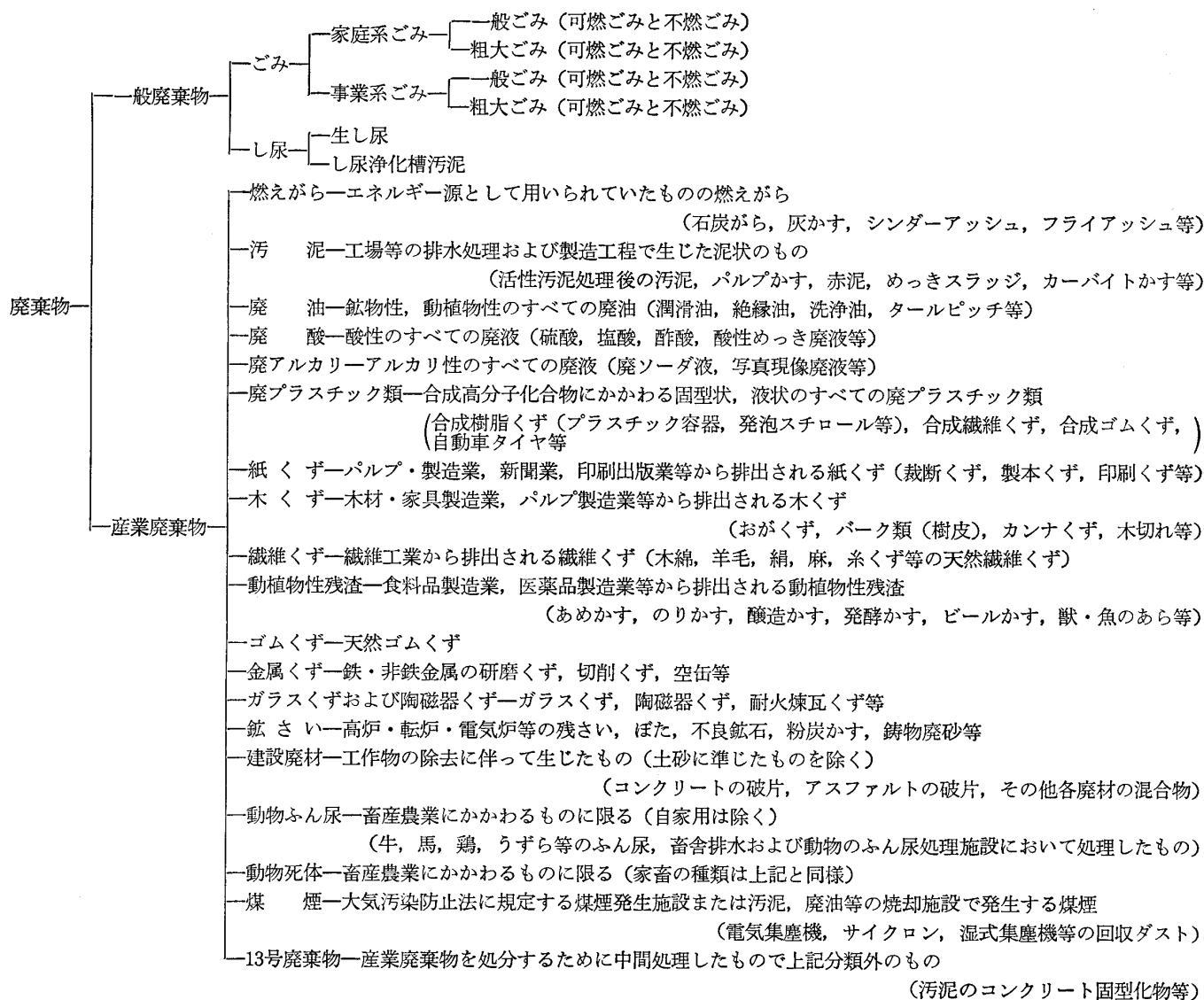
り、平成2年6月の読売新聞社による実態調査結果では、5年間で産業廃棄物の総排出量が6300万t、約20%も増大したと予測されている。したがって、現在では廃棄物総排出量は4億tを越えていることになる。このうち約50%の2億tが埋立処分されることになるが、埋立後の体積は見かけ密度を1.5t/m³と仮定して1.3億m³に及ぶ。埋立層厚を平均8mとれるとしてもこれだけの廃棄物を埋め立てるには毎年1600ha(建設中の関西国際空港の約3倍の面積)の処分場が必要である。大都市圏の地価の高騰に伴って、行き場を失った廃棄物の処分場の確保が愁眉の的となっている。

昭和45年に制定された「廃棄物処理及び清掃に関する法律」(略して廃棄物処理法と呼ぶ)では、「“廃棄物”とはごみ、粗大ごみ、燃えがら、汚でい、ふん尿、廃油、廃酸、廃アルカリ、動物の死体その他の汚物又は不要物であって、固形状又は液状のもの(放射性物質及びこれによって汚染されたものを除く)をいう」と定義されている。このような廃棄物の分類を図-7.1に示している²⁾。

図中の建設廃材は建設工事に伴って排出されるものであり、掘削残土や浚渫土は原則として除かれる。しかしながら、地下水位の高い地盤の掘削等によって泥状となった残土は、自治体によって汚泥に分類され、廃棄物処理法の対象となることもある。今後は大深度地下空間の利用の拡大に伴って、必然的に掘削残土が大量に発生することになるから、これら残土も含めた建設系廃棄物の有用材料への積極的な転換が求められる。

また、廃棄物処理法上は除外されている放射性廃棄物は、高レベルと低レベルのものに区分され、後者について現在わが国では海洋処分と陸上処分とを組み合わせで行うことが明らかにされている。海洋処分は今後きわめて困難になると予想されるから、

講 座



図—7.1 廃棄物の分類

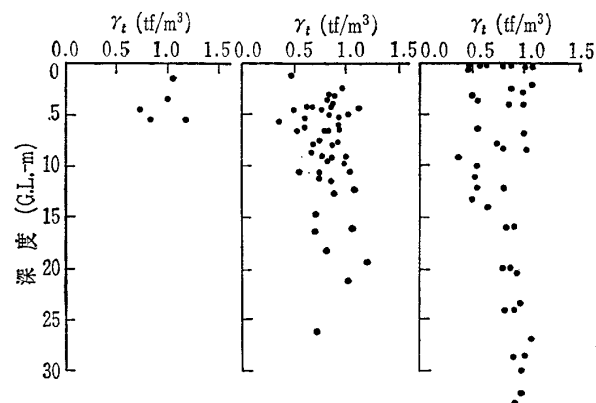
陸上での保管や地中処分が中心になるであろう。そのために地下水中への汚染防止対策を十分に施した, 締固めたベントナイト粘土層に遮閉された空間中への処分が必須と考えられる。粘土バリアーの締固め問題は極めて興味深いものであるが, 廃棄物そのものの締固め・高密度化とは無関係であることから, 問題点として指摘するにとどめておく。

7.1.2 廃棄物の特性

廃棄物で埋め立てられた地盤の特性は, 材料としての廃棄物の特性に大きく左右される。したがって統一的な評価は極めて難しく, かつ必ずしも統一的に評価することが適切であるとも言えない。ここでは都市ごみの内でも既存の埋立地において一般的である生ごみによる埋立地盤の土質工学的特性³⁾について概要を述べよう。

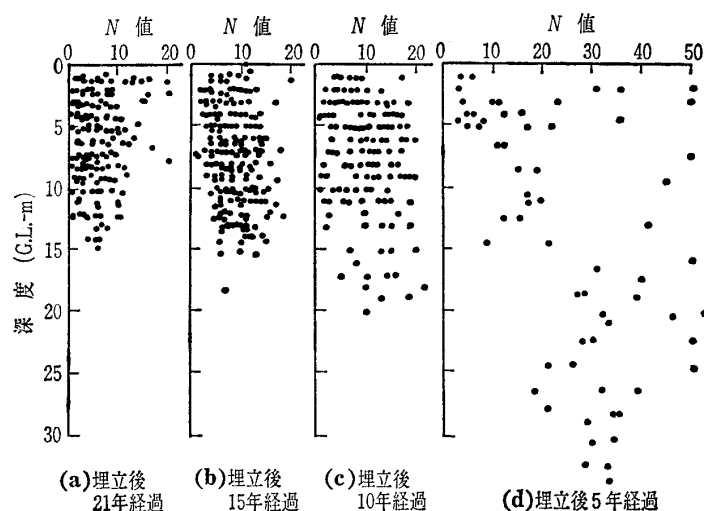
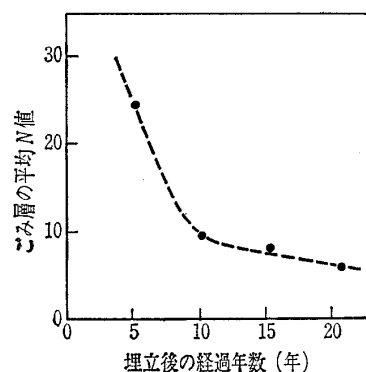
図—7.2 は大口径のボーリングコアサンプリング

によって採取された, ごみ埋立地盤の単位体積重量の測定結果である。ごみ埋立地盤の平均経過年数ごとに示している。埋め立てられたごみの多様性から, 土質定数のばらつきが一般に極めて大きいものである。ごみ層の単位体積重量は $\gamma_t = 0.3 \sim 1.2 \text{ tf/m}^3$ の



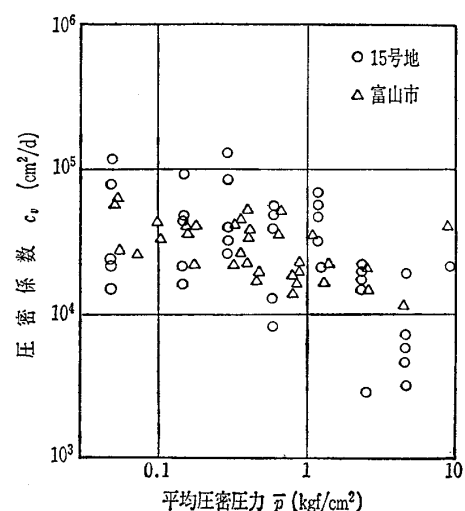
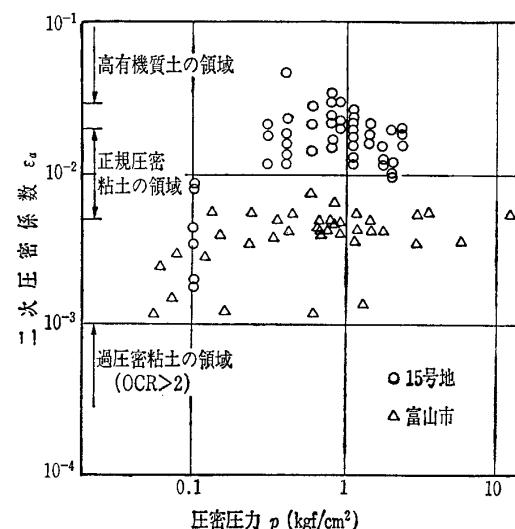
(a) 埋立後15年経過 (b) 埋立後10年経過 (c) 埋立後5年経過

図—7.2 生ごみ埋立地盤の単位体積重量の測定例

図-7.3 生ごみ埋立地盤の N 値の測定例図-7.4 埋立地の年代と平均 N 値

範囲に分布し、平均的には $0.7 \sim 1.0 \text{ tf/m}^3$ とみなされる。また 図-7.3 に原位置での支持力試験結果として、 N 値の分布を示しているが、廃棄物の組成に起因するばらつきが著しい。大きな建設廃材などに当たると N 値は大きくなり、また時代とともに分解が進むにつれて小さくなる。図-7.4 は埋立地の年代と平均 N 値を示したものであるが、ごみ埋立地盤では年を経ることによって、支持力が低下することがわかる。特に 5～10 年で減少量が著しく、安定化までには約 20 年を要するとされている。このように廃棄物が分解することによって土質工学的特性が劣化することについては、特に留意しておく必要がある。

沈下特性として、大型圧密試験結果の例を図-7.5 と 7.6 に示している⁴⁾。廃棄物の圧密係数は一般の沖積粘土の約 1000 倍以上であり、通常の盛土では载荷中に一次圧密が終了する。更に二次圧密係数は廃棄物の組成によって変化し、生ごみによる東

図-7.5 東京都15号地と富山市の廃棄物の圧密係数⁴⁾図-7.6 東京都15号地と富山市の廃棄物の二次圧密係数⁴⁾

京都埋立地の 10^{-2} 程度から、不燃物による富山市埋立地の 10^{-3} 程度である。なお、富山市の例では過圧密比 (OCR) が 2 以上のプレロードを与えると、 10^{-4} のオーダーに低下するとされている。このような圧密特性から明らかなように、一般廃棄物埋立地盤の改良には、バーチカドレーン工法は全く無力であり、圧縮による工法（例えばサンドコンパクションパイル工法、重錘落下締固め工法、プレロード工法など）の適用性が高いものと考えられる。

7.2 一般廃棄物埋立地盤の締固め

7.2.1 一般廃棄物埋立地盤の土質工学的課題と地盤改良工法⁵⁾

一般廃棄物埋立地は、さきに述べたように種々雑

講 座

多くの廃棄物が混在しているから、跡地利用に際しては現在の埋立地盤物性の正確な把握と将来の物性の変化の予測を行うことが肝要である。従来の土質工学における調査手法や設計手法をそのまま廃棄物埋立地盤に適用することには疑問があるが、廃棄物埋立地盤の跡地利用における構造物建設に当たって、検討すべき諸点は廃棄物の締固めの観点を含めて以下のようにまとめられる。

① 埋立地盤定数の決定

一般の地盤における土質定数と同様な手法の適用性の吟味、特に締固めの際の地盤密度の把握方法

② 構造物の基礎形式

廃棄物の締固め効果と採用されるべき構造物の基礎形式、特に杭基礎を適用することの必然性とその合理性の有無

③ 設計支持力の推定

締固め後の地盤物性評価としての N 値や載荷試験結果の適用性とばらつきの解釈

④ 施工管理

締固め後の廃棄物地盤の変形・沈下対策や発生ガス、浸出水の処理

一般廃棄物埋立地盤への地盤改良工法としては、当然支持力が大きく、沈下量が少なく安定化促進のために役立つ改良手法の選定が求められる。そのための地盤改良工法として、次のような工法を挙げることが出来る。

① 置換工法

② プレロード工法

③ 重錘落下締固め工法

④ サンドコンパクションパイル工法

⑤ アスファルト注入工法

上記の5種類の改良技術の廃棄物埋立地盤への適用性を比較して示すと、表—7.1のとおりである。本講座で対象としている締固めという観点からは③と④の工法が中心となり、他の改良工法と比較して、空隙を効率よく充填し、かつ分解の促進に貢献する工法であるとして、廃棄物埋立地盤の早期安定化のために有効な手法とされている。特に、騒音・振動があまり問題にならない地域では、③の重錘落下締固め工法がよく用いられている。ここでは、③、④の工法を中心に廃棄物埋立地盤の締固め事例を説明しよう。工法そのものの原理・特徴などは6章に詳細に述べられているので省略する。

7.2.2 一般廃棄物埋立地盤の締固めによる改良事例

(1) 富山空港の例⁹⁾

ジェット機就航に対応する空港整備のための富山空港拡張工事に当たって、11 haの富山市の不燃物廃棄物埋立地の改良・安定化が求められた。滑走路および着陸帯の一部が埋立地上にかかり、掘削置換では大量の廃棄物の処分場の確保が不可能であったためである。事前の慎重な検討に基づいて、廃棄物

表—7.1 地盤改良工法の廃棄物埋立地盤への適用性

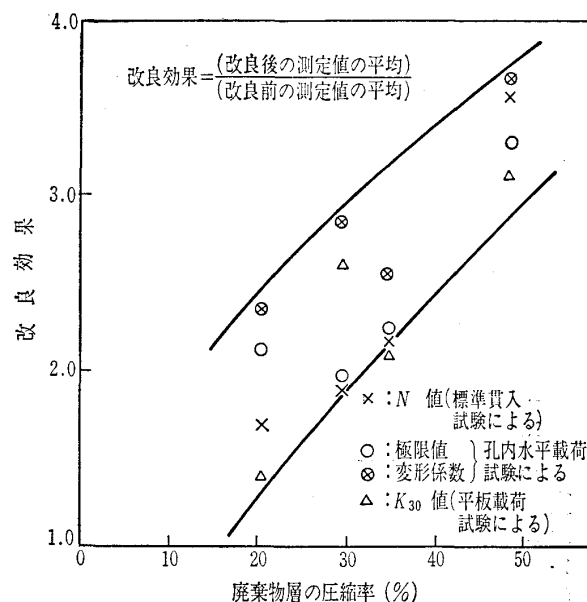
工 法 名	工 法 の 要 点	長 所	短 所	適用性
置換工法	・廃棄物層を掘削・除去し良質土と置き換える	・効果が確実 ・工期も短い	・処分場確保が困難 ・大量の良質土を必要 ・掘削時の臭気公害	△
プレロード工法	・廃棄物層厚の2倍程度の盛土による圧密	・載荷時に約80%の沈下が終了 ・廃棄物層下部の粘性土の圧密促進効果あり	・層厚が大きいと効果小 ・粗大物が多いと効果小 ・盛土用土砂の配分に留意	○
重錘落下締固め工法	・10～30 tのハンマーを10～30mの高さから繰返し落下させて締固める ・同一地点の打撃回数を高めると効果大	・不均一な材料での埋立地盤に効果的 ・打設時のガス抜き効果大	・振動・騒音対策が必要 ・ハンマー落下時の飛石に注意	◎
サンドコンパクションパイル工法	・締固めた砂杭を廃棄物層中に打設して、砂杭の強度と廃棄物の締固め効果を得る	・空隙が大きいき効果大 ・改良が確実	・振動・騒音対策が必要 ・が礫等が多いとき圧入困難	◎
アスファルト注入工法	・加熱アスファルトを廃棄物中に注入する	・注入が確実だと効果大	・空隙からの注入材の逸失大 ・全体の効果の割に工費大	△

表—7.2 試験施工実績一覧⁶⁾

工法工区名	施 工 実 績 仕 様	廃棄物層厚
SCP 工法 1 工区	・ 砂杭改良率 $\alpha=53\%$ ・ 杭径 65 cm, 杭間隔 0.8m, 本数 225 本 ・ (プレロード載荷高 $H=3.50\text{m}$)	2.92m
SCP 工法 2 工区	・ 杭砂改良率 $\alpha=34\%$ ・ 杭径 65 cm, 杭間隔 1.0m, 本数 169 本 ・ (プレロード載荷高 $H=3.50\text{m}$)	6.41m
DC 工法 1 工区	・ 重錘落下エネルギー 500 tfm/m ² ・ 20 t ハンマー, 落下高 20m, 606 回打撃 ・ 仕上げタンピング 384 回打撃	4.00m
DC 工法 2 工区	・ 重錘落下エネルギー 500 tfm/m ² ・ 20 t ハンマー, 落下高 20m, 606 回打撃 ・ 仕上げタンピング 384 回打撃	10.00m
PL 工法 1 工区	・ 載荷高 $H=7.0\text{m}$ ・ 載荷底面 31.0m $\times$ 31.0m ・ プレロード天端面 10.0m $\times$ 10.0m	3.65m
PL 工法 2 工区	・ 載荷高 $H=9.0\text{m}$ ・ 載荷底面 37.0m $\times$ 37.0m ・ プレロード天端面 10.0m $\times$ 10.0m	4.25m

層（層厚 3～10m）の支持力の確保と長期間にわたる沈下の防止のための地盤改良工法として、表—7.2 に示すような 3 種類の工法が検討された。すなわち、サンドコンパクションパイル（SCP）工法、重錘落下締固め（DC）工法、プレロード（PL）工法である。

これら 3 種の工法はすべて廃棄物層を締固めたり、圧縮して改良効果を挙げるものであるから、地盤物性として最も重要な、改良後の圧縮率をまとめたものが表—7.3 である。SCP 工法では圧縮率の表示として、投入砂量と地盤隆起量の和を単位廃棄物量で割ったものとしている。更に SCP 工区と DC 工区における改良効果を、標準貫入試験・平板載荷試験・孔内水平載荷試験等から比較したものが図—7.7



図—7.7 地盤改良効果と改良後の圧縮率の関係

である。改良効果の評価には、得られた測定値の改良前後の比をとっている。測定値のばらつきが大きいので平均値として表現しており、圧縮率の高いもののほど効果は大きく、2～4 倍の増大を得ている。 N 値は 8 前後から 20 程度に増大し、変形係数は 30～40 kgf/cm² に、 K_{30} は 2～4 kgf/cm³ に増加する。なお、PL 工区では沈下の 80% が盛土の載荷中に発生し、載荷後の残留沈下は廃棄物層の二次圧密によるものである。

結果としては、圧縮締固め効果の大きい「SCP 工法による 50% 置換え」が滑走路に対して採用され、着陸帯については経済性の点から「DC 工法による圧縮率 30% の確保」が採用された。

(2) 名古屋藤前流通団地の例⁷⁾

名古屋市の西部流通業務地区として、藤前流通団

表—7.3 廃棄物の締固めによる圧縮率⁹⁾

	改 良 仕 様	沈 下 量 (S)	廃棄物層厚 (L)	圧 縮 率 (α)	備 考
SCP 工法 1 工区	$\alpha=53\%$ $V\textcircled{1}=217\text{ m}^3$	$S=9.9\text{ cm}$ $V\textcircled{2}=-12.5\text{ m}^3$	$L=2.92\text{ m}$ $V\textcircled{3}=421\text{ m}^3$	0.487	$\alpha = \frac{V\textcircled{1}+V\textcircled{2}}{V\textcircled{3}}$
SCP 工法 2 工区	$\alpha=34\%$ $V\textcircled{1}=358\text{ m}^3$	$S=23.2\text{ cm}$ $V\textcircled{2}=-33.1\text{ m}^3$	$L=6.41\text{ m}$ $V\textcircled{3}=1083\text{ m}^3$	0.299	同 上
DC 工法 1 工区	$E_r=500\text{ tfm/m}^2$	$S=139.1\text{ cm}$	$L=4.00\text{ m}$	0.348	$\alpha = S/L$
DC 工法 2 工区	$E_r=500\text{ tfm/m}^2$	$S=207.5\text{ cm}$	$L=10.0\text{ m}$	0.208	同 上
PL 工法 1 工区	$H=7.0\text{ m}$	$S=55.0\text{ cm}$	$L=3.65\text{ m}$	0.151	同 上
PL 工法 2 工区	$H=9.0\text{ m}$	$S=66.9\text{ cm}$	$L=4.25\text{ m}$	0.157	同 上

注) ここで、 α : 砂杭改良率、 $V\textcircled{1}$: 打設した砂の単位土量、 $V\textcircled{2}$: 打設による単位隆起量、 $V\textcircled{3}$: 単位廃棄物量、 E_r : 重錘落下エネルギー、 H : プレロードの盛土高さ

講 座

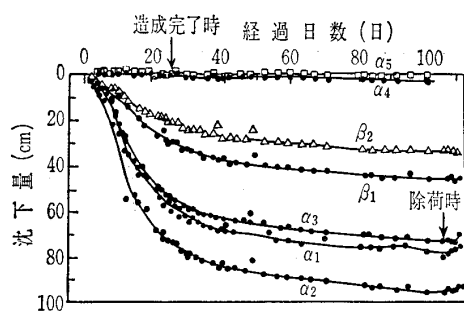
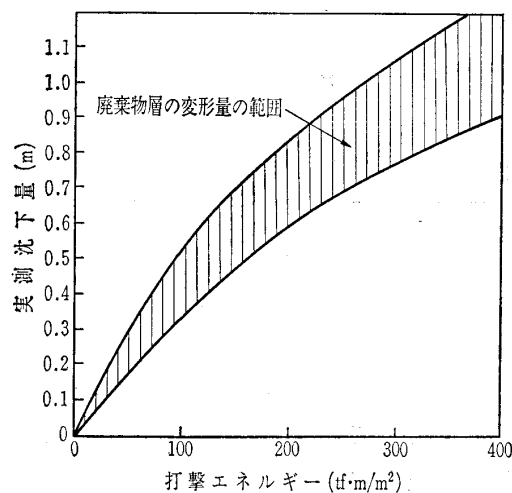
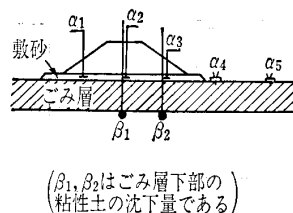
図-7.8 プレロード工法によるごみ層の沈下測定例⁷⁾

図-7.9 重錘落下エネルギーと実測沈下量

地が造成された。地盤条件は軟弱な沖積粘土層が層厚約10mにわたって堆積しており、その上に昭和40年代に投棄された層厚4～5mの一般廃棄物の層がみられた。廃棄物の組成は富山空港とほぼ同様に、80%以上が不燃物からなっており生ごみは少ないものであった。跡地利用に際しては、試験施工結果に基づいてDC工法とPL工法とが採用された。

PL工法は低層の倉庫などの施設用地に適用された。载荷による沈下測定結果の例を図-7.8に示している。载荷盛土の造成直後に廃棄物層は80%以上の圧縮が終了しており、その後は二次圧密が生じることになる。したがって、PL工法の適用に当たっては、このような二次圧密の影響が問題とならない



箇所への適用に限定されるべきである。

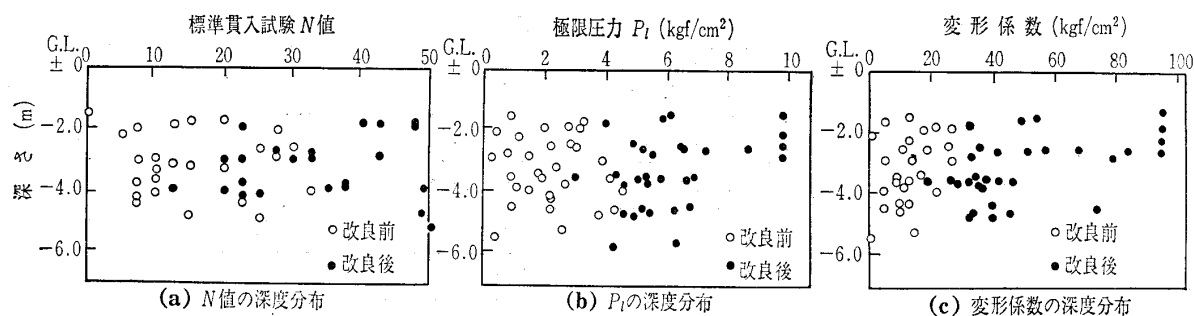
DC工法は特に道路や埋設管部の下部地盤の改良に用いられ、12tハンマーを20mの高さから落下させ、締固めによる圧縮率を25%確保することが設計仕様とされた。1.5mの敷砂をして改良深さ3～4mを確保するためには、1打撃孔当たりの打撃回数は20～40となっている。

図-7.9は打撃エネルギーの増加に伴う実測沈下量を示したものであり、ほぼ比例関係にあることがわかる。改良前後の N 値、ならびに孔内水平载荷試験の極限值と変形係数の対比結果を図-7.10にまとめている。3～4倍の改良効果が得られており、(1)の富山空港での例と比較してやや良好である。廃棄物埋立地盤の地盤定数の測定結果は大きくばらつくものである。したがって、改良前後の N 値などの物性値が3～4倍に増大することが、一応の改良効果の目安としうると考えられる。

7.2.3 その他の対処すべき課題

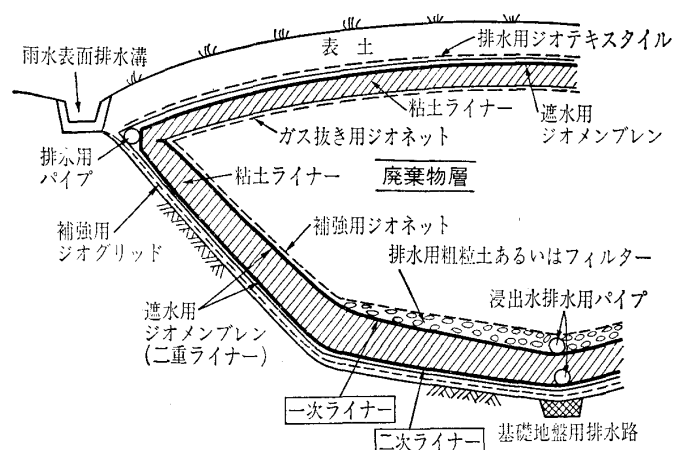
一般廃棄物埋立地におけるその他の課題として、浸出水の防止と発生するガス対策が重要である。

新規埋立地盤の設計にあたっては、処分場の構造基準に基づいた設計が実施される。その内でも、特に管理型処分地では浸出水の防止のために、ジオメンブレン等（ライナーと呼ばれる）が用いられる。しかしながら、このライナーの健全性のモニタリングは至難の事であるので、締固めによってライナーに損傷を生じないように厳重な注意が求められる。また、長期使用中にライナーに破損等が生じると修復のための費用は莫大である。したがって、安全性の点から二重ライナーシステムを採用することが望ましく、既に米国では図-7.11の模式標準断面図に示すようなジオテキスタイルとジオメンブレンを組合せ、さらに粘土ライナー層によって浸出水中の有

図-7.10 改良前後の地盤定数の変化⁷⁾

表—7.4 石炭灰の特性

項 目		クリンカーアッシュ	フライアッシュ
化学的性質	鉱物組成	石英, 赤鉄鉱, 磁鉄鉱, その他	
	化学組成	SiO ₂ (50~65%), Al ₂ O ₃ (15~30%), Fe ₂ O ₃ (3~11%), CaO(1~9%), MgO(1~3%), Na ₂ O(0.5~4%) 等	
	ボゾラン反応	自己硬化性無し	自己硬化性有り
	溶出成分	カルシウム, ナトリウムなど	
	pH	11~12 (純粋中), 9~10 (海水中)	
物理的性質	粒子密度	1.7~2.0 g/cm ³	2.0~2.3 g/cm ³
	粒度分布	砂	シルト
	コンシステンシー	非塑性	非塑性
	比表面積	100~1 000 cm ² /g	3 000~6 500 cm ² /g
	最適含水比	11~36%	32~52%
工学的性質	最大乾燥密度	0.9~1.5 g/cm ³	1.1~1.5 g/cm ³
	単位体積重量	1.5 tf/m ³ 程度	1.6 tf/m ³ 程度
	粘着力	0.4~1.1 kgf/cm ²	1.0~2.0 kgf/cm ²
	せん断抵抗角	29~33°	30~37°
	透水性	10 ⁻³ ~10 ⁻⁴ cm/s	10 ⁻⁴ ~10 ⁻⁶ cm/s
	凍上性	無し	有り

図—7.11 ジオメンブレンによる二重ライナーシステムの標準断面図⁸⁾

害物質を吸着させる方式⁸⁾が、環境保全局 (EPA) から提示されている。このような機構をとることによって、安全性と耐久性の確保が可能である。

発生ガスの対策のためにも種々の手法を検討しておかねばならない。SCP 工法や DC 工法の場合には、工事中に比較的簡単にガス放出が行われる。PL 工法ではドレーンパイプ (直径 20~30 cm の砂パイプ) 等の設置を別途計画する必要がある。発生ガスが閉鎖空間中に滞留しないような配慮がとられている。

7.3 産業廃棄物埋立地盤の高密度化

産業廃棄物の内でリサイクルされ、有効利用されているものは、現在では総排出量の約50%あまりに達している⁹⁾。これには各方面からの積極的な働きかけが貢献しているものである。ここでは年間で500万t、10年後には1000万tに達すると予想される石炭灰を取り上げて、埋立処分の課題と高密度化方策について説明する。

7.3.1 石炭灰の種別と埋立処分上の課題

石炭灰には炉の底にたまる炉底灰 (クリンカーアッシュとも呼ぶ)、燃焼経路にたまるシンダーアッシュ、電気集塵機によって捕集されるフライアッシュの3種類があり、全石炭灰量の80%が石炭火力発電所から排出される。粒径は上記の順に小さくなり、クリンカーアッシュ、シンダーアッシュはその量も少なく、路盤材としての有効利用が図られている。量の多いフライアッシュについては、特性を活かし

てコンクリート分野で有効利用されているものの、総排出量の約55%は埋立処分されている現状である。

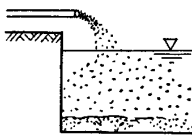
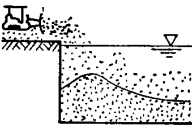
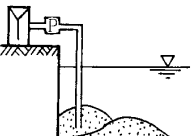
石炭灰の特性を表—7.4⁹⁾にまとめている。組成の点からは活性シリカと呼びうるが、原材料である石炭の種類と焼却条件とによって、特性は大きく変化する。特に、近年は環境対策上から燃焼温度を下げる傾向にあり、焼却後の灰中に可燃残渣やNO_x、SO_xを多量に含む場合も見られている。アルカリ性の条件下で水に出合うとフライアッシュは反応を起こし、時間の経過に伴って徐々に固結する。この特性をうまく利用すると、石炭灰埋立地盤の有効利用の可能性は高いものである。陸上部では乾燥した状態で埋め立てられるため、締固めを伴った盛上げが可能である。しかしながら、臨海部に立地する石炭火力発電所での廃棄方式は大部分が水中埋立方式であり、石炭灰を従来の水流式で埋め立てると灰の比重が小さいために、湿潤密度が1.1~1.4 t/m³程度の低密度地盤となり、地震時の液状化の危険性が大きくなる。そこで、次節に述べるような高濃度スラリー埋立方式が検討されている。

7.3.2 石炭灰の高濃度スラリー埋立方式

石炭灰の水中埋立方法には表—7.5の3種類の方

講 座

表—7.5 石炭灰の水中埋立方式と埋立地盤の性状¹⁰⁾

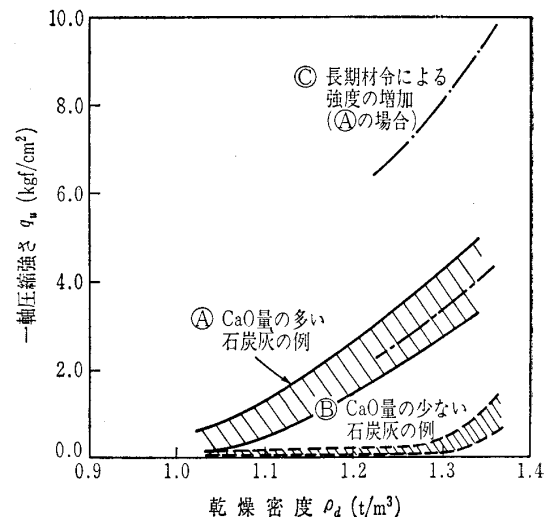
	埋立方法	埋立時の様子	埋立地盤の性状
水 流 式	① 石炭灰に多量の海水を混合し低密度状態でスラリー化する。		密 度 水中をゆっくりと沈降・堆積するため、地盤密度は低い。
	② 低密度スラリーを埋立処分池まで水流輸送する。		強 度 密度が低いため、強度発現もほとんどない。
	③ 低密度スラリーをそのまま水面から投入し、埋立てる。		
乾 灰 式	① 石炭灰を最適含水比付近で加湿する。		密 度 水中での拡散が少なくない。拡散・堆積部分の密度は低い。
	② ベルトコンベヤーやトラックなどを使用して加湿石炭灰を埋立処分池まで輸送する。		強 度 拡散・堆積部分の強度は低い。
	③ 加湿石炭灰を水面から投入し埋立てる。		
打 設 式	① 石炭灰に水を分割添加し、高密度状態でスラリー化する。		密 度 陸上部の転圧埋立と同程度と、埋立密度は高い。
	② 圧送ポンプなどを使用して、高密度スラリーを埋立処分池まで輸送する。		強 度 自己硬化性のある石炭灰であれば数kgf/cm ² の強度を発現する。
	③ 高密度スラリーを水底から打設し、埋立てる。		

式^{10), 11)}がある。水流式と乾灰式が従来用いられていたものであり、打設式が高濃度スラリー埋立方式として今後は一般化されるものと期待される。室内試験結果での平均乾燥密度は水流式で 0.76 t/m^3 、乾灰式で 0.89 t/m^3 、打設式で 1.28 t/m^3 とされている¹¹⁾。得られた石炭灰埋立地盤の強度として、一軸圧縮強さを乾燥密度との関係で示すと図—7.12のとおりである。同一密度でも石炭灰の種類によって得られる強度は異なり、石炭灰中の CaO 量によって自己硬化特性が異なることに起因している。なお、水流式のような低密度では強度発現をほとんど期待できない。

圧密特性や動的特性に関する系統的な試験結果は少ないが、打設式によれば圧縮係数 C_c が 0.1 以下の小さな値が得られ、更に自己硬化特性から見かけ上の先行圧密荷重の上昇が生じるものである。したがって、一般の緩く堆積した石炭灰が液状化を起こしやすいのに対して、打設式による密度増加によって液状化抵抗が相対密度 70% の豊浦砂のそれよりも大きくなるとされている¹¹⁾。

おわりに

廃棄物の締固めというテーマをいただいた機会に、廃棄物埋立地盤のかかえている諸課題について紹介した。すなわち、その種類が極めて多様であり、しかも一般の土材料と近似しながらも特有の、かつ取扱いの難しい特性を有しているものである。廃棄物

図—7.12 石炭灰の乾燥密度と強度の関係¹¹⁾

埋立地盤の最も特徴的な点は、時間の経過とともに材料特性が劣化することであろう。ここに、廃棄物を前処理して早期安定化を図ることの重要性があり、土質工学会でも研究委員会を設置して積極的に検討している。この分野への理解者と参画者が増えることを念願するものである。

参 考 文 献

- 1) 鍵谷 司：廃棄物埋立跡地の特性と利用事例，環境技術，Vol. 18, No. 12, pp. 799～805, 1989.
- 2) 平岡正勝：廃棄物処分，新体系土木工学91，技報堂出版，pp. 4～11, 1979.
- 3) 東京都港湾局編：東京港におけるごみ埋立地盤の土質工学的研究，1987.
- 4) 寺師昌明・北詰昌樹：一般廃棄物の圧縮特性について—富山県，東京都の一般廃棄物調査例一，港湾技研資料，No. 552, pp. 1～24, 1986.
- 5) 嘉門雅史：廃棄物埋立地盤の早期有効利用，環境技術，Vol. 18, No. 12, pp. 787～789, 1989.
- 6) 富山空港地盤対策委員会編：富山空港地盤対策委員会報告書，1981.
- 7) 名古屋市計画局編：藤前流通業務団地造成事業工事誌，1985.
- 8) Koerner, R.M.: Preservation of the environment via geosynthetic containment systems, 4th Int. Conf. on Geotextile, Keynote Lecture, 1990.
- 9) 土木学会編：石炭灰の土木材料としての利用技術の現状と将来展望—埋立，盛立，地盤改良—，1990.
- 10) Sugimoto, T., Ohguchi, I. and Horiuchi, S.: Effective method for underwater disposal of coal fly ash, Proc. of 2nd Int. Symp. on Environmental Geotechnology, Vol. 1, pp. 428～437, 1989.
- 11) 安原一哉・平尾和年・兵動正幸・堀内澄夫：石炭灰の埋立地盤への有効利用に関する基礎的研究，第34回土質工学シンポジウム論文集，pp. 341～348, 1989.