



研究施設等廃棄物の埋設施設設計に供する 遮水工部材の選定検討

Investigation on Proper Materials of a Liner System for Trench Type Disposal Facilities of
Radioactive Wastes from Research, Industrial and Medical Facilities

仲田 久和 天澤 弘也 坂井 章浩 有川 眞伸
坂本 義昭

Hisakazu NAKATA, Hiroya AMAZAWA, Akihiro SAKAI, Masanobu ARIKAWA
and Yoshiaki SAKAMOTO

埋設事業推進センター

Low-level Radioactive Waste Disposal Project Center

August 2011

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2011

研究施設等廃棄物の埋設施設設計に供する遮水工部材の選定検討

日本原子力研究開発機構 埋設事業推進センター

仲田 久和、天澤 弘也、坂井 章浩、有川 眞伸^{*}、坂本 義昭

(2011年5月30日受理)

日本原子力研究開発機構埋設事業推進センターにおいては、研究施設等廃棄物の浅地中処分施設として人工バリアを設置する処分施設(コンクリートピット型埋設処分施設)と人工バリアを設置しない処分施設(トレンチ型埋設処分施設)の設置を計画している。

現行の放射性廃棄物の埋設に係る法令等においては、これらの施設の設置及び運用の基準について、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(以下、「廃掃法」という。)に規定される基準の一部が準用されている。このため、コンクリートピット型埋設処分施設は、遮断型最終処分場の基準の一部が、トレンチ型埋設処分施設は、安定型最終処分場の基準が参考とされ、施設形態も類似しているといえる。

一方、トレンチ型埋設処分施設の対象となる極低レベル放射性廃棄物の一部には、廃掃法の安定型最終処分場での処分対象である安定5品目以外に分類される廃棄体も含まれていると推定されている。このため、このような廃棄体の処分に際しては、廃掃法で規定されている管理型最終処分場の構造基準を参考とした埋設処分施設の設置も想定される。

現在、放射性廃棄物の埋設処分施設では、トレンチ型埋設処分施設に対して管理型最終処分場の基準の準用はなされていないため、管理型最終処分場の施設基準で求められている遮水工(遮水シート)を設置するための検討を実施している。その一環として、今後の処分場の検討に際して必要となる遮水工の機能を調査し、現在の知見で研究施設等廃棄物の埋設施設に対して最適な遮水工について検討を実施した。

本調査では、既存の管理型最終処分場において採用されている遮水シートの種類等に係る調査を行い、その選定に係る重要項目を抽出するとともに各項目の重要度レベルを設定した。この結果に基づき、現有する合成樹脂・ゴム系等の遮水シートの種類毎にその適合性を強度や耐久性等の重要項目毎に整理・評価し、トレンチ型埋設処分施設において適切と考えられる遮水シートの種類の順位付けを実施した。その結果、トレンチ型埋設処分施設に対しては、合成樹脂タイプで高弾性タイプの高密度ポリエチレンシート(HDPE)、合成樹脂タイプで中弾性タイプのメタロセロン触媒低密度ポリエチレンシート(MEPE)の順で順位付けされた。

Investigation on Proper Materials of a Liner System for Trench Type Disposal Facilities of
Radioactive Wastes from Research, Industrial and Medical Facilities

Hisakazu NAKATA, Hiroya AMAZAWA, Akihiro SAKAI, Masanobu ARIKAWA*
and Yoshiaki SAKAMOTO

Low-level Radioactive Waste Disposal Project Center
Japan Atomic Energy Agency Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received May 30, 2011)

The Low-level Radioactive Waste Disposal Project Center of Japan Atomic Energy Agency will settle on near surface disposal facilities with and without engineered barriers for radioactive wastes from research, industrial and medical facilities. Both of them are so called “concrete pit type” and “trench type”, respectively.

The technical standard of constructing and operating a disposal facility based on “Law for the Regulations of Nuclear Source Material, Nuclear Fuel Material and Reactors” have been regulated partly by referring to that of “Waste Management and Public Cleansing Law”. This means that the concrete pit type and the trench type disposal facility resemble an isolated type for specified industrial wastes and a non leachate controlled type final disposal site for stable industrial wastes, respectively.

On the other, We plan to design a disposal facility with a liner system corresponding to a leachate controlled type final disposal site on a crucial assumption that radioactive wastes other than stable industrial wastes to be disposed into the trench type disposal facility is generated. By current nuclear related regulations in Japan, There are no technical standard of constructing the disposal facility with the liner system referring to that of “Waste Management and Public Cleansing Law”.

We investigate the function of the liner system in order to design a proper liner system for the trench type disposal facility. In this report, We investigated liner materials currently in use by actual leachate controlled type final disposal sites in Japan. Thereby important items such as tensile strength, durability from a view point of selecting proper liner materials were studied. The items were classified into three categories according to importance. We ranked proper liner materials for the trench type disposal facility by evaluating the important items per material

As a result, high density polyethylene(HDPE) of high elasticity type polymeric sheet was selected as the most suitable for the trench type disposal facility. The following was metalocene catalyst low density polyethylene(MEPE) of middle elasticity type polymeric sheet.

Keywords: Disposal Facility, Liner System, Radioactive Waste, Industrial Waste, Design

*Collaborating Engineering

目次

1. 検討の経緯及び目的	1
2. 検討の手順	2
3. 産業廃棄物の管理型最終処分場における遮水工部材の選定方法の検討	3
3.1 代表的な管理型最終処分場の選定	3
3.1.1 遮水工に係る設計因子	3
3.1.2 産業廃棄物の管理型最終処分場における埋立ごみ質	4
3.1.3 管理型最終処分場の立地条件	4
3.1.4 産業廃棄物の管理型最終処分場の規模	5
3.1.5 管理型最終処分場の地盤条件(地質条件)	5
3.1.6 管理型最終処分場の地下水条件	6
3.1.7 代表的な管理型最終処分場を選定するうえで考慮すべき要件	7
3.1.8 代表的な管理型最終処分場と採用された遮水工部材	7
3.2 代表的な管理型最終処分場における遮水シートの選定において考慮した重要項目	9
3.2.1 重要項目の設定	9
3.2.2 重要項目の重要度の設定	10
3.3 代表的な遮水シートの選定と評価	11
3.3.1 遮水シートの分類	11
3.3.2 管理型最終処分場で採用されている代表的な遮水シートの選定	11
3.3.3 管理型最終処分場で採用されている代表的な遮水シートの比較評価例	12
4. 研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設における検討	13
4.1 前提条件	13
4.2 前提条件を踏まえた重要度の再設定	15
5. トレンチ型埋設処分施設に敷設する遮水シートの選定	16
6. おわりに	16
謝辞	16
参考文献	17
付録	51

Contents

1. Background and Objective	1
2. Selection procedure	2
3. Study on selection procedure of liner material	3
3.1 Selection of representative leachate-controlled type final disposal sites	3
3.1.1 Factor of liner system design	3
3.1.2 Wastes to be disposed into a leachate-controlled type final disposal site	4
3.1.3 Siting condition of leachate-controlled type final disposal sites	4
3.1.4 Typical scale of leachate-controlled type final disposal sites	5
3.1.5 Foundation of leachate-controlled type final disposal sites	5
3.1.6 Groudwater condition of leachate-controlled type final disposal sites	6
3.1.7 Requirement in selecting representative facilities	7
3.1.8 Liner material applied by representative leachate-controlled type final disposal sites	7
3.2 Items to be considered in selecting liner material	9
3.2.1 Extracted items	9
3.2.2 Classification of items according to importance	10
3.3 Selection and evaluation of representative geomembranes	11
3.3.1 Classification of geomembranes	11
3.3.2 Selection of representative geomembranes in use	11
3.3.3 Evaluation example of representative materials currently in use	12
4. Investigation on a trench type facility for radwaste	13
4.1 Premise condition	13
4.2 Re-classification of items in consideration of premise condition of radwaste	15
5. Selection on liner materials for a trench type facility	16
6. Conclusion	16
Acknowledgements	16
References	17
Appendix	51

表 目 次

表 1	最終処分場における各施設の設計因子	18
表 2	産業廃棄物処分場の分類(1/2)－管理型最終処分場、安定型処分場－	19
表 3	産業廃棄物処分場の分類(2/2)－遮断型処分場－	20
表 4	日本の処分場の平均的な規模	21
表 5	調査対象とする施設の規模	21
表 6	地盤条件	21
表 7	調査対象とする地下水条件	21
表 8	調査対象範囲の条件	22
表 9	事例調査対象施設の概要	23
表 10	調査対象範囲の条件と該当施設	24
表 11	調査対象施設で採用されている遮水シート材質と選定理由	25
表 12	日本遮水工協会自主基準一覧表	26
表 13	抽出した重要項目及び根拠	27
表 14	管理型最終処分場における遮水シート選定項目の重要度	28
表 15	抽出した重要項目と設定条件との関連性(1/2)	29
表 15	抽出した重要項目と設定条件との関連性(2/2)	30
表 16	代表的な遮水シート材質	31
表 17	低弾性タイプのシートの評価(1/2)	32
表 17	低弾性タイプのシートの評価(2/2)	33
表 18	中弾性タイプ及び高弾性タイプのシートの評価(1/2)	34
表 18	中弾性タイプ及び高弾性タイプのシートの評価(2/2)	35
表 19	調査対象施設における検討事例(1/2)	36
表 19	調査対象施設における検討事例(2/2)	37
表 20	事例調査対象施設におけるシート選定上の決定要因となった重要項目と設置条件	38
表 21	トレンチ型処分施設における遮水シート選定に係る項目の重要度の再設定(下側面シート)	39
表 22	トレンチ型処分施設における遮水シート選定に係る項目の重要度の再設定(上側面シート)	40
表 23	トレンチ型処分施設における遮水シートの評価・選定(1/2) (低弾性タイプ：上面及び下面)	41
表 23	トレンチ型処分施設における遮水シートの評価・選定(2/2) (中・高弾性タイプ：上面及び下面)	42

目 次

図 1	検討の手順	43
図 2	最終処分場の施設構成	44
図 3	埋立廃棄物質の遷移	44
図 4	廃棄物処分場の立地分類	45
図 5	山間埋立と平地埋立処分場	45
図 6	日本の処分場の立地による分類	46
図 7	遮水シートの分類	47
図 8	二重遮水工の実績（底面部）	47
図 9	二重遮水工の実績（法面部）	48
図 10	遮水シート材質の使用割合（上部遮水シート）	48
図 11	遮水シート材質の使用割合（下部遮水シート）	49
図 12	1993 年～1998 年までの遮水シートの採用実績	49
図 13	代表的な遮水シート材質	50
図 14	想定する 3 ケースの概略図	50

1. 検討の経緯及び目的

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）は、第 169 回国会において成立した原子力機構法の改正（平成 20 年法律第 51 号）に基づき、原子力機構や国内の研究施設及び RI 利用施設等から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、「研究施設等廃棄物」という。）に係る埋設事業の実施主体と位置づけられた。これを受けて原子力機構は、当面、平成 60 年度までに発生が見込まれる浅地中埋設処分対象の廃棄物に係る埋設事業を進める予定である。

研究施設等廃棄物の浅地中埋設処分には、人工バリアを設置した「コンクリートピット型埋設処分施設」に処分するピット処分と、人工バリアを設置しない「トレンチ型埋設処分施設」に処分するトレンチ処分がある。これらの埋設処分施設の設置及び運用の基準は、現行の放射性廃棄物の埋設に係る法令等において規定されている。

現在、商業用発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の浅地中埋設処分を実施している日本原燃(株)の六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターでは、紙ウエス、ゴム手袋等の可燃物、ゴムやプラスチック類の難燃物、配管類等の金属、その他の雑固体、廃液について、性状に応じて適切に処理された廃棄物を、廃掃法における遮断型処分場の基準を参考としたコンクリートピット型埋設処分施設へ埋設している。

また、JPDR の解体に伴って発生したもの浅地中埋設処分を実施した原子力機構の原子力科学研究所廃棄物埋設施設では、ブロック状のコンクリートをビニール梱包したものや、ガラ状のものをフレキシブルコンテナに収納し、廃掃法における安定型処分場の基準を参考としたトレンチ型埋設処分施設へ埋設している。

一方、平成 60 年度までに発生が見込まれる研究施設等廃棄物の浅地中埋設処分施設で埋設対象となる廃棄物には、従来の原子炉施設からの廃棄物の他、研究機関、医療機関等から発生する廃棄物があり、廃棄物の種類及び性状が多種・多様となる可能性があるとともに、非放射性の化学的に有害な物質に対する安全確保が求められている。

そのため原子力機構においては、品質保証体系を定め廃棄物の種類及び性状に応じて分類するとともに、化学的有害物質の分別及び除去を行ったうえで、必要に応じ焼却、圧縮、熔融、固型化処理等を施すこととしている。この際、トレンチ処分を予定している廃棄物の一部には、廃掃法で定められた安定 5 品目に分類されず、管理型最終処分場へ埋設することが適当と考えられるものを含むと想定される。

このような状況を踏まえ、安定 5 品目に分類されない廃棄物もトレンチ処分ができるよう、トレンチ型処分施設に管理型最終処分場の施設基準で求められている遮水工（遮水シート）を設置するための検討を行っている。

本報告書では、上記検討の一環として、多種類のシート材質の中から、現時点の知見に基づいて最適なものを調査・選定検討を行った結果をまとめたものである。

2. 検討の手順

研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設において適当と考えられる遮水シートの種類を選定するため、種類毎に順位付けを行う。その手順を、図1に示す。概略は、以下のとおりである。

(1) 産業廃棄物処分場における遮水シートの選定方法の検討

廃掃法における管理型最終処分場で使用されている遮水シートの材質、敷設条件を調査し、国内の代表的と考えられる管理型最終処分場を選定する。選定した管理型最終処分場において、遮水シートを選定するにあたって考慮した重要項目(設計因子)を調査するとともに、その重要度を設定することで、立地条件を考慮した適切な遮水シートを選定するための評価方法を整理する。

(2) 研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における遮水シートの選定方法の検討

研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設の技術基準、想定する立地条件、埋設対象廃棄物の種類、性状、形状を考慮して、(1)で検討した遮水シートを選定するにあたって考慮した重要項目(設計因子)とその重要度を見直し、トレンチ型処分施設において適切な遮水シートを選定するための評価方法を整理する。

(3) トレンチ型処分施設における遮水シートの適正評価

廃掃法における管理型最終処分場で採用されている代表的な遮水シートについて、研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における適正を、(2)で整理した評価方法によって評価し、遮水シートの種類毎に順位付けする。

3. 産業廃棄物の管理型最終処分場における遮水工部材の選定方法の検討

3.1 代表的な管理型最終処分場の選定

廃掃法における管理型最終処分場において使用されている遮水シートの材質、立地条件について調査し、国内の代表的と考えられる管理型最終処分場を選定する。

選定の方法として、管理型最終処分場の設計・施工に係る文献等に基づき、遮水工を設計するうえで考慮すべき設計因子（地盤、水理等）を示す。

また、その設計因子について、国内の管理型最終処分場が設置されている場所の現状を公開文献、技術資料に基づいて調査し、立地条件を網羅するように調査対象施設を選ぶこととした。

3.1.1 遮水工に係る設計因子

廃掃法における管理型最終処分場は、廃棄物の貯留を行いながら埋立廃棄物の有機分の分解と無機分の洗い出しを促進することで廃棄物の無害化を図るもので、廃棄物中に適切な量の雨水と空気（酸素）を供給することができるよう、浸出水集排水管が大気に開放されている構造となっている。この構造による処分施設は、図2に示すように、大きく主要施設、管理施設、関連施設から構成される¹⁾。各施設についての設計を行う際に検討すべき因子を表12)に示す。この表から遮水工（遮水シート、地下水集排水設備を含む遮水システム全体を含む。）の設計においては、「地質」、「地下水」、「埋立面積」、「埋立ごみ質」の4項目が検討すべき主要な重要因子となる。

また、国内における最終処分場の設置計画及び埋設技術について網羅的にまとめている「廃棄物最終処分場新技術ハンドブック」においては、計画・設計段階でトラブルを回避する予防策として重要なもののうち特に遮水工に関連するものとして以下の項目が示されている。

計画段階では「地形・地質調査及び気象調査」と「集排水計画」が、設計段階では「基礎地盤の支持力確保」、「安定勾配の確保」、「地下水による揚圧力防止対策」及び「浸出水漏洩防止対策」があげられており³⁾、これらの項目は

- ・「地形（立地条件）」に関するもの
- ・「地質（地盤条件）」に関するもの
- ・「地下水」に関するもの

に整理できる。その他「処分場の規模」に関しては、豪雨時の内部貯留に関するリスク管理を考えるうえで重要であることが示されている⁴⁾。なお、「地質」及び「地下水」は、主として施工段階で考慮すべき因子であり遮水工というよりは「貯留構造物」の造成に大きく影響するものである。

以上を踏まえ、本調査では遮水シートの敷設条件を、「埋立てごみ質」、「立地条件」、「規模」、「地質」及び「地下水」の5項目とする。なお、「地質」及び「地下水」は、遮水工基礎となる貯留構造物についての設計対応項目であることから直接遮水シート選定の条件とはならないが、網羅性を考慮し、これを含めた5項目の観点から国内の代表的な管理型最終処分場の立地条件を調査する。

3.1.2 産業廃棄物の管理型最終処分場における埋立ごみ質

国内における廃棄物は、大きく一般廃棄物と産業廃棄物とに分類される。このうち一般廃棄物は一般家庭から排出される廃棄物であり市町村等の自治体が処理事業者である。一般廃棄物はかつて生ごみ等の有機物が主体であったが、最近は焼却残渣がその大半を占めるようになってきた。過去の廃棄物質の変遷について図 3⁵⁾に示す。

一方、産業廃棄物は産業活動に伴って排出される廃棄物であり、民間事業者や公共が関与した処理事業者により処分されている。ここで産業廃棄物の最終処分施設は

- ・管理型最終処分場
- ・安定型最終処分場
- ・遮断型最終処分場

の3つに分類される。このうち、安定型最終処分場はいわゆる安定5品目（廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくずおよび陶磁器くず、アスファルトコンクリート又は無機性の固形状のもの）を埋立処分するものであり、遮水シート等の遮水工の設置は義務付けられていない。また、遮断型最終処分場は、有害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉍さい等の特定有害産業廃棄物を埋立処分するもので、コンクリート等のピット構造物と被覆を設けた施設である。これらに対して、管理型最終処分場は上記の2つの処分場に埋立てられるもの以外を埋立てるもので、シート等の遮水工を有するものであり一般廃棄物最終処分場とほぼ同等な施設構造となっている⁶⁾。各分類の概要について表 2 及び表 3 に示す。

以上のように、法規制上では一般廃棄物と産業廃棄物は明確に区分されているものの、表 2（上段）に示すように一般廃棄物最終処分場と管理型最終処分場の構造については特に大きな違いはなく、管理型最終処分場には一般廃棄物又は産業廃棄物（安定型5品目の廃棄物を含む。）が埋設されている。

このため、国内における代表的な管理型最終処分場の選定にあたっては、一般廃棄物又は産業廃棄物（安定型5品目の廃棄物を含む。）を埋設対象としている処分場を含めることとした。

3.1.3 管理型最終処分場の立地条件

国内における管理型最終処分場は、図 4 に示すように大きく「陸上埋立」と「水面埋立」に分類される。このうち陸上埋立は「山間埋立」、「開折谷埋立」、「平地埋立」に、水面埋立では「海面埋立」と「内水面埋立」に分類される⁷⁾。山間埋立と平地埋立の概要を図 5 に示す。今回の調査では、研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設は陸上部（平野部）に設置されることが前提としたことと、図 6 の環境省の統計データ⁸⁾に示すように国内における一般廃棄物最終処分場の施設数の約 3/4、埋立面積及び容量の 60%以上が山間部埋立であるため、水面埋立は考慮しない。

なお、処分場の形状は、その立地条件に大きく依存する。具体的には、山間埋立においては谷地形が利用されることがほとんどであるため、現地の地形に合わせた形状となり、全体として軸方向に長く、埋立て深度も中央部で深く端部で浅くなる場合が多い。また、谷が枝分かれしている場合はさらに複雑な形状となることが多い。一方、平地埋立（開折谷埋立を含む。）においては、掘り込んで貯留構造物を造成することが基本となり、必要に応じて盛土も併用される。その形状は単純な方形となり深度は全体に一様で浅い。このように、立地条件の違いがある程度処分場の

形状にも影響を与える。

このため、国内における代表的な管理型最終処分場の選定にあたっては、山間埋立又は平地埋立である処分場を含めることとした。

3.1.4 産業廃棄物の管理型最終処分場の規模

管理型最終処分場の施設の規模については、一般廃棄物の場合は対象となる自治体等のごみ発生量や計画供用年数により異なり、産業廃棄物については事業者の事業計画によっても大きく変わるため代表的な規模を示すことが困難である。そこで、前述の環境省の統計データをもとに日本全国内の処分場の面積及び容量についてそれぞれの平均を求めると、表4に示すように面積では、約20,000m²、容量では山間部埋立で200,000m³、平地埋立で130,000m³となる。なお、公共関与産廃処分場等では埋立面積50,000m²、容量1,000,000m³以上の規模の大きな管理型最終処分場も存在するが、こうした例は少数であるため一般的な規模の管理型最終処分場を表5に示すように3段階に分類した。

このため、国内における代表的な管理型最終処分場の選定にあたっては大規模、中規模、小規模の調査事例を偏らないよう含めることとした。

3.1.5 管理型最終処分場の地盤条件（地質条件）

管理型最終処分場が設置される地盤条件については、処分場が設置される地点の地質の種類、強度・安定性、断層や地すべり等の問題となる地質条件の有無や程度などを検討する必要がある。特に、活断層の近傍などは長期に渡って廃棄物を貯留していく上では大きなリスクとなるため、こうした地盤条件は極力避ける必要がある。

一方、岩種や地盤強度については、ある程度問題がある場合でも他の要因が処分場の立地に適している場合は、何らかの対策工や補助工法を用いることで立地を可能とすることが多く、処分場の立地において地質条件は、貯留構造物の施工においては重要な因子ではあるが、遮水工部材の選定においては決定的な要因ではないと判断される。

例えば、掘削面が鋭利となりシートの損傷が課題となるような硬質シルト岩のような地質の場合は、掘削面に吹付けを行うことで対処し、斜面が不安定化する可能性がある流れ盤構造の地質条件では、アンカー工等の斜面安定工法を用いることで対処している。また、平地埋立において地盤強度が不足する場合は地盤改良で強度を補うことで問題を解決している。

国内における代表的な管理型最終処分場の選定にあたっては、地盤条件としては条件が大きく異なる山間埋立と平地埋立を含めることとした。

以下にそれぞれにおける分類項目を整理する。

1) 山間埋立

山間埋立における地盤条件としては、地質構造が単純で安定しており地質的な不連続面がない条件が望ましいが、国内における地質的な特徴から山間部で単一地層で断層等の弱層がない場合は稀である⁹⁾。このため、国内における管理型最終処分場の地盤条件は、種々の条件に分布しており、特定の地質条件によって代表的な事例とすることは困難である。本調査では建設地の地質を大きく

岩盤の基本的な分類項目である「硬岩」と「軟岩」に分類し、それぞれにおける事例について調査対象とすることとした。

なお、岩盤は土砂に比較して一般に透水性は小さく安定しているが、次に示すような課題がある。新鮮な花崗岩等の硬岩類は、強度は大きいものの不連続面が発達していることが多い。新第三紀などの軟岩は全般に強度が小さく地すべりを発生させる弱層を伴う場合もある。また、地下水は、不連続面内に胚胎していることが多い。この不連続面は、硬岩では断層等の地殻変動によるものが、軟岩では層理面などの堆積構造に由来するものが問題となることが多く、これらの特性は管理型最終処分場の設計・施工においても影響因子となり得るものである。

2) 平地埋立

日本の平地は第四紀の海進・海退を受けて形成された堆積層からなる場合が多い。こうした地盤は地質年代が新しく強度の小さい未固結の堆積物からなり一般に地下水位は高い⁷⁾。また、日本における平野面積は国土の30%未満であり、人口の大半がここに集中して居住している。平地埋立による管理型最終処分場に適切な地点（一定の強度を有した安定した地盤）は、既に住宅地や農地として利用されていることが一般的であり、実際には地盤条件以外の要因から立地地点が決定されることも多い。

このため、平地埋立による管理型最終処分場においても特定の地質条件に調査対象を絞ることは困難であり、むしろ国内に一般的に分布する代表的な堆積物の土質的な特徴に基づく事例を検討すべきと考えられる。ここで、平野部の代表的な地質条件は大きく砂質土と粘性土に分類され、それぞれは、その工学的な性質が大きく異なることから、本調査でもこの2分類にすることとした。特に両者は強度と透水性が大きく異なり、これらの特性は管理型最終処分場の設計・施工においても大きな影響因子となり得るものである。

以上を踏まえ、国内における代表的な管理型最終処分場の選定にあたって、地盤条件を表6に示すように整理しこれらの条件の管理型最終処分場を含めることとした。

3.1.6 管理型最終処分場の地下水条件

管理型最終処分場では、遮水工により地下水面を低下させることが前提となっている。これは、遮水シートに背面から水圧が作用した場合、遮水シートが上面に浮き上がるような力が作用し、遮水シートの融着部の剥離や破断などの不具合を生じさせる危険性があるためである。

このことに関連して、廃掃法基準省令1条1項5号ハにおいて「地下水により遮水工が損傷するおそれがある場合には、地下水を有効に集め、排出することができる堅固で耐久力を有する管渠その他の集排水設備を設けること」と定めている¹⁰⁾。

このため、管理型最終処分場の設計においては、地下水位が高い場合には適切な排水機能を設けることでこれを低下させることとなり、遮水工の選定においては地下水の条件は主要因とはなっていない。ただし、地下水集排水施設の設計において地下水の調査は重要であり、貯留構造物の施工においても地下水条件は大きな影響があり、個別の条件に応じて集排水設備の容量、配置、構造などが決められる。

これを踏まえ、地下水位を表7に示すように3段階に分類して、選定された調査事例が地下水

位において偏在していないよう調査対象となる管理型最終処分場を選定することとした。なお、ここで地下水位は、管理型最終処分場が設置される地形に応じて以下のように分類した。

- ・地形のうち標高が低い第四紀に形成された低地・海岸段丘における地下水位の平均は G.L. -2m¹¹⁾であり、これを地下水位「高」
- ・標高が高い台地・河岸段丘における地下水位の平均は概ね G.L. -5m¹¹⁾と想定され、平均的な地下水位季節変動範囲を±1m¹¹⁾とし、G.L. -2m～-6m までを地下水位「中」
- ・G.L. -6m より深いものを地下水位「低」

3.1.7 代表的な管理型最終処分場を選定するうえで考慮すべき要件

これまでの検討結果を踏まえて、今回の調査による調査対象範囲を整理したものを表 8 に示す。これらの要件は、国内における管理型最終処分場の代表的な調査事例を抽出するために設けたものであり、この表に示した各設定条件の分類項目について大きな偏りがないよう調査する。

3.1.8 代表的な管理型最終処分場と採用された遮水工部材

前掲の表 8 に示した条件に基づき、国内における代表的な管理型最終処分場の選定を行った。その結果を表 9 に、各条件に対する収集結果の状況を以下に示す。

(1) 埋立対象廃棄物の種類

選定した処分場は調査事例②東北地方産業廃棄物最終処分場と⑥中国地方産業廃棄物最終処分場が産業廃棄物を対象としている。また、その他は一般廃棄物の処分場であり、燃え殻、不燃廃棄物が大半を占めており一部に汚泥が含まれているものがある。

(2) 立地条件（地形）

立地条件は、山間埋立に相当する調査事例

- ②東北地方産業廃棄物最終処分場
- ④甲信越地方一般廃棄物最終処分場
- ⑥中国地方産業廃棄物最終処分場
- ⑦及び⑧四国地方一般廃棄物最終処分場

と平地埋立の調査事例

- ①北海道地方一般廃棄物最終処分場
- ③関東地方一般廃棄物最終処分場
- ⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場(被覆型処分場)

に分類される。なお、国内における管理型最終処分場は、山間部の沢形状を利用して建設される事例が最も多く、その中でも背合流域の小さい上流部に設置されることが多いことからこれを多く選定した。

一方、平成 10 年以降、処分場自体を被覆設備により覆い自然降雨の浸入を排除したクローズ型の処分場が現時点で 50 箇所以上建設されていることから、これを調査対象に含めることとし

た。この処分場は建築物であることから、比較的平地に立地されることが多く法面については1:2.0または1:1.5のものが多く、調査事例⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場では直壁となっている。

(3) 施設の規模

埋立て面積は、小さいものは調査事例⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場の700m²以下から調査事例⑥中国地方産業廃棄物最終処分場の33,000m²を超えるものまで含まれており、面積的に小規模のものから大規模なものも含めて選定した。埋立容量についても、3,600m³程度の事例⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場(被覆型処分場)から500,000m³規模の調査事例③関東地方一般廃棄物最終処分場までを含めた。

(4) 地盤(地質)条件

地盤条件は同一地点でも表層土と基礎部分で異なるケースが一般的である。大別した場合、基礎部分に岩盤が出現する調査事例

- ④北海道地方一般廃棄物最終処分場
- ⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場
- ⑥中国地方産業廃棄物最終処分場
- ⑦及び⑧四国地方一般廃棄物最終処分場

と土砂地盤からなるもの

- ②東北地方産業廃棄物最終処分場
- ③関東地方一般廃棄物最終処分場
- ⑤甲信越地方一般廃棄物最終処分場(被覆型処分場)

に分類される。また、岩盤が出現する事例は硬岩に分類される花崗岩と軟岩に相当する凝灰岩等が含まれている。一方、土砂地盤についても、砂礫等の砂質土とロームに代表される粘性土が事例にあるようにさまざまな地盤条件の調査事例を選定した。

(5) 地下水条件

地下水位はG.L.-1.0mから-10mまであり、地下水位が高い調査事例から低い調査事例が含まれている。

以上のように、本調査で収集した調査事例は国内における代表的な管理型最終処分場を選定するうえで考慮すべき要件を満たすよう、網羅的に調査対象を選定した。これらについて、前掲の表8の分類に応じて再整理したものを表10に示す。

3.2 代表的な管理型最終処分場における遮水シートの選定において考慮した重要項目

前節では、国内における代表的な管理型最終処分場の設置条件を調査した。当該処分場に係る技術資料から、採用されている遮水シートの現状を調査した結果とその採用理由を表 11 に示す。これらの結果を踏まえて管理型最終処分場の遮水シートの選定に係る重要項目を設定した。

3.2.1 重要項目の設定

国内における代表的な管理型最終処分場において、遮水シート種類の選定上考慮した事項として挙げられているものは、

- ・強度等のシート自体の基本特性に係るもの
- ・地盤追従性等の現場での施工に係るもの
- ・実績等の総合的な評価に係るもの

であった。

シート自体の物理・化学的な基本特性については、日本遮水工協会の自主基準¹²⁾、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について(環水企 301・衛環 63)」¹³⁾において、「遮水シートに求める基本特性の項目」が定められていることから、これに基づいて具体的な重要項目を設定した。日本遮水工協会の自主基準を表 12 に示す。

また、管理型最終処分場における設置条件は様々であったが、いずれの条件においても現場での施工に係る項目が遮水シートの選定上考慮されている。この観点から遮水シート部材に求める要件として、具体的には、国内における管理型最終処分場の設計及び廃棄物の埋設期間中の管理時の技術的な基準として引用される「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・要領 2010 改訂版」¹⁴⁾に基づき、

- ・地盤追従性
- ・接着方法
- ・施工性

を重要項目として設定した。

この他、実態を踏まえると、

- ・実績・経済性・その他の特徴を踏まえた有利、不利点
- ・立地条件等を踏まえ総合的に評価する項目

についても検討されており、重要項目に加えた。

上記に基づき、廃掃法における管理型最終処分場において、定性的に遮水シート選定するうえで重要な項目を表 13 に示す。おしなべて管理型最終処分場においては、遮水シート自体の強度・耐久性に重きを置き、地形等の設置条件への適合性は設計・施工による対応等をとるといった考え方に基づき遮水シートを選定していると言える。個々の項目については、技術的に評価することにより、遮水工としての性能目標が達成されていればよく、その上で社会的要因も含めて総合的な判断から最終的に部材が決められているのが実態である。

3.2.2 重要項目の重要度の設定

遮水シートの選定に係る重要度設定の考え方としては、

- ・遮水シートの基本特性に係るもの、実績、経済性等については、遮水シート部材そのものに求める必要があることから、最重要となる重要度A1
- ・設計・施工対応等が可能で、シートそのものに求める特性ではないが、シート選定において考慮すべき因子であるため、重要項目として挙げられているものを重要度A2
- ・それらのいづれにも該当しないが重要項目として挙げられたものを重要度B

とし、その具体的な評価項目とそれに係る評価内容を表14に示す。

なお、施設の設置条件とシート選定上の重要項目との関連性を表15に示す。管理型最終処分場の設計・施工に係る文献、技術資料を踏まえ、当該項目に対して関連性が深いものから順に○、△、×の3段階を設定した。

- ・○は関連性がある項目
- ・△は間接的に関連する項目
- ・×は関連性が小さいあるいは無い項目

『設置条件』のうち『廃棄物の種類』、『立地条件（地形）と地盤条件』は、それぞれ埋立管理、設計対応が可能であるが、遮水シートの選定上の〔重要項目〕への影響度は比較的大きいと考えられる。逆に、『施設の規模』や『地下水条件』は遮水シート選定には影響が小さいか、あるいは無いと考えられる。

3.3 代表的な遮水シートの選定と評価

前節では、遮水シートの選定について、材質、強度、化学特性、耐久性等の13種類の重要項目を抽出するとともにそれぞれの項目について3種類の重要度のレベルを設定した。

これに基づき、遮水シートについて合成樹脂・ゴム系の低・中・高弾性タイプ、アスファルト系、ベントナイト系等に分類し、その分類のうち管理型最終処分場で主に採用されている代表的な遮水シートを選定する。その遮水シートについて、これまでに抽出、設定した遮水シート部材選定における重要項目、重要度等に従いに比較評価を行うことで、重要項目、重要度の設定の適切性を確認する。

なお、5. では、本項において選定した代表的な遮水シートのなかから、研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設の遮水工部材として適切なものを選定する。

3.3.1 遮水シートの分類

「廃棄物最終処分場整備の計画・設計・要領 2010 改訂版」¹⁴⁾において示されている遮水シートの分類を図7に示す。これによれば、合成ゴム系・合成樹脂系、アスファルト系シートタイプの遮水シートといった原料に基づく大括りの分類と、それ以下の細分類については、その製造方法により分類されている。またアスファルト系吹付けタイプ、ベントナイト系、その他については原材料、工法による分類である。このため、この分類によってシート自体の基本的な物理・化学的特性は決まってくると考えられ、シート部材を選定評価するうえでは、この分類毎に各重要項目について評価することとした。

3.3.2 管理型最終処分場で採用されている代表的な遮水シートの選定

遮水工の設備構造については、1998年の「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」¹⁵⁾の改定において遮水工の基準が明確化されたことにより、管理型最終処分場においては二重遮水構造が一般的となった。

ごみ埋立地の設計施工ハンドブック¹⁶⁾には、1995年度以降に採用された二重遮水工の構造実績のアンケート結果が示されている。図8及び図9で示したように、底面部・法面部においては二重シート構造が採用される事例が多い。

国内における遮水シートの材質別使用状況についての調査結果¹⁶⁾（1998年8～9月に実施、二重遮水工に採用された上部遮水シート、下部遮水シートの施工実績に関する調査）を図10及び図11に示す。同調査における遮水シートの使用割合は高密度ポリエチレンシート(以下、「HDPE」という。)が一番多く、次いで合成ゴムシート(エチレン・プロピレンジエンモノマー(EPDM))、熱融着ゴムシート(ポリオレフィン系エストラマー(TPO))、ポリ塩化ビニールシート(PVC)の順となっている。

また、1993年～1998年までの遮水シートの採用実績グラフ¹⁶⁾を図12に示す。これによるとTPO、HDPEが6割以上を占め、それに続いてEPDM、PVCの順となっている。このデータは1993年～1998年までの遮水シートの採用実績であり、より近年については、施工性に優れた中弾性タイプである低密度ポリエチレンシートに属するMEPEやTPOの1種類であるFPA等が採用されている事例がある。

これらの調査結果で見られた代表的な遮水シートの使用材質を、図13に示す。調査結果から、管理型最終処分場における遮水シートの使用材質としては、HDPE、TPO、EPDM、PVCに加え近年の

傾向から FPA、MEPE が代表的であると考えられる。

3.3.3 管理型最終処分場で採用されている代表的な遮水シートの比較評価例

3.3.2 で明らかになった代表的な遮水シートの材質 7 種類に対し、3.2.2 で検討した部材選定における重要度にしたがい、遮水シート種類毎に比較評価を行った。評価・選定結果を表 17 及び表 18 に示す。表中に示している物性基準値は、遮水シートメーカー団体による自主基準値¹²⁾である。一般的に、FPA、MEPE、HDPE の 3 種類の評価は高い。これは、

- ・ 廃棄物と直接触れる遮水シートに対して求められる耐貫通性を代表とする強度
- ・ 複雑な地形にも追従できるシート自体の柔軟性に代表される施工性
- ・ 実績・経済性

をこれら 3 種類の材質は備えているためと考えられる。

また、3.1 において選定した代表的な管理型最終処分場において、3.2 で設定した重要項目の観点から遮水シート部材の比較評価を行った事例を表 19 に示す。各事例において遮水シートの選定上の決定要因となった重要項目と、それに影響を及ぼす立地条件を表 20 に示す。いずれの事例においても、廃棄物と直接触れる遮水シートに対して求められる耐貫通性を代表とする強度、複雑な地形にも追従できるシート自体の柔軟性に代表される施工性、さらに実績・経済性といった重要項目を重視して遮水シート部材を選定している。

以上を踏まえると、3.2 で設定した重要項目は、上記の強度、施工性、実績、強度等の遮水シート部材を比較評価するうえで重視する項目が重みづけされており、シート部材の選定にあたって一定の評価が可能なものであると考えられる。

4. 研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設における検討

3.2 で検討した遮水シート部材の選定における重要度にしたがい、研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設において適した遮水シート部材の選定を行う。選定にあたっては、産業廃棄物の管理型最終処分場において設定した遮水シートの選定上の項目の重要度について、埋設対象廃棄物が研究施設等廃棄物であることを踏まえて見直しを行った。当該検討における前提条件を以下に示す。

4.1 前提条件

研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設の概略仕様、前提条件は次のとおりとした。

1) 埋設対象廃棄物数量及び種類

トレンチ型埋設処分施設の埋設対象廃棄物の種類は、

- ・ 1m³ (約 1m×約 1m×約 1m) のフレキシブルコンテナ (ポリエステル製)
- ・ 2000ドラム缶
- ・ 角型容器

の 3 種類で、合計 2000ドラム缶換算で約 13 万本分とした。

また、廃棄物の性状は

- ・ コンクリート、金属、ガラス、ゴム、プラスチックとなる安定型 5 品目相当の廃棄物
- ・ 溶融固化物 (金属スラグ)
- ・ 濃縮廃液等のセメント固化体

とした。

なお、これらの廃棄物に含有する化学物質については、廃掃法における金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令 (昭和 48 年 2 月 17 日 総理府令第 5 号) の別表第 1 の第 1 欄に示す基準で含有するものとした。

2) 施設の概略仕様

トレンチ型埋設処分施設は、

- ・ 小規模の施設を複数基設置
- ・ 1 基の大きさ

開口部上面でチユムリでは覆土後の地上面が、長さ 140m~170m 程度、幅 25~30m 程度

高さ方向は、廃棄体が 3 段積みできる高さ

各段の間の覆土を厚さ 25cm

最上段の廃棄体と上面の遮水シートの間の覆土を 50cm 以上

- ・ 遮水シートを施設全面 (下面、側面、上面) に設置
- ・ 施設上部の最終覆土は、全てのトレンチ等が一体となるように施工
- ・ 最終覆土の厚さは最上段の廃棄体上部から 2.5m 以上

とした。

3) 遮水シートに対する前提

産業廃棄物の管理型最終処分場においては、一般的に上面遮水シートは敷設せず雨水を施設内に入れて浸出水として処理することで廃棄物自体の安定無害化を促進させるシステムであり、下側面遮水シートにより汚水の流出を防止している。そのため、下側面に設置される遮水シートが施設の安全性を大きく担う設備である。遮水シートの仕様に関しては、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令」¹⁵⁾において定められており、その中でも一般的に下部遮水シートを二重とする二重遮水構造が採用されている事例が多い。

二重遮水構造を計画する場合には、通常各遮水シート材質の持つ有利点、不利点を考慮し両者が同じ不利点を持たずそれを補完するように、また、下部1層目の遮水シートは、地盤に直接接することから地盤追従性に優れた材質、下部2層目の遮水シートは、直接廃棄物に接することから耐貫通性に優れた材質というように異なる材質を組み合わせる方法が多く用いられている。

一方、研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設における遮水シートは、下面、側面、上面に敷設され外部からの水分の浸入を防ぐ目的で設置する。

上面遮水シートは埋設作業を行った上部に盛土された50cmの覆土上に敷設されることから、若干の沈下が生じることも想定される。このため、上部シートについては、これに対する追従性を考慮することが必要となる。

下部及び側面遮水シートは、上記にならない二重遮水構造とする。下部及び側面1層目の遮水シートの基地盤は、シートの地盤追従性が重要とならないよう、基盤造成が可能な立地条件とする。下部及び側面2層目の遮水シートは、固体状の廃棄物を容器に入れて処分すること、十分な遮水シート保護土が設置等の設計対応が十分可能であることから、耐貫通性は考慮する必要はないとした。

以上のことから、研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設における遮水シートの評価、選定においては、敷設環境の異なる下部及び側面遮水シートと上面遮水シートを区分して行う。

なお、遮水シートの放射線に起因する損傷等については、巻末の付録により考慮する必要はないこととした。

4) 処分施設設置条件

研究施設等廃棄物の処分サイトは、国内における一般的な条件として、平野部で、粘性土、砂質土からなる一定の強度を有する地層とし、地下水位は地表面から地下2mを想定することとした。地下水については、地下水処理管を設置することで遮水シートに浮力がかかることはないものとした。また、施設の設置深度は、地下水位を踏まえて、トレンチ型埋設処分施設（チュムリ型埋設処分施設を含む。）について図14示す3ケースを想定した。

4.2 前提条件を踏まえた重要度の再設定

3. においては、産業廃棄物の管理型最終処分場の遮水シートの選定上の重要項目、重要度を検討、設定したが、4.1 で示した前提条件を踏まえ埋設対象物を研究施設等廃棄物とした場合の遮水シートの敷設条件を踏まえた評価項目の重要度の見直しを行った。

下部及び側面遮水シートについては、研究施設等廃棄物を対象とすることにより重要度が上がった項目は、化学特性の1項目であり、逆に下がった項目は、強度・地盤への追従性・熱安定性の3項目である。化学特性は、社会受容性の観点から廃棄体容器からの漏出リスクに配慮したものであり、強度・地盤への追従性・熱安定性はシートに加わる温度変化・力学的リスクが小さいこと、処分場が設置される地形が平坦であり、地盤への追従性が問われる地形ではないことが理由である。

上面遮水シートでは、研究施設等廃棄物を対象とすることにより重要度が上がった項目は、地盤への追従性・化学特性の2項目であり、逆に下がった項目は、熱安定性の1項目である。化学特性は、廃棄体容器からの漏出リスクを考慮したものであり、下部及び側面遮水シートと同様の理由である。また、4.1(3)に述べたとおり、埋設廃棄物の上面の覆土は沈下が発生することを想定するため、この上に敷設される上面遮水シートが遮水機能を保持するためには地盤への追従性が求められる。このため地盤への追従性の重要度が大きくなっている。

見直した選定比較を表 21 及び表 22 に示す。下側面遮水シートを表 19 に、上側遮水シートを表 20 に示す。

5. トレンチ型埋設処分施設に敷設する遮水シートの選定

4. における検討を踏まえ、トレンチ型埋設処分施設に敷設に適した遮水シートについて、評価・選定した結果を表23に示す。評価対象は、3.3に基づく代表的な遮水シートとした。評価上のめやすを設定するため、

1) 評価結果を表す◎、○、△にそれぞれ3点、2点、1点

2) 重要度を表すA1、A2、Bには評価点の重み付けをするため倍率をそれぞれ3倍、2倍、1倍とした。各項目に対して、1)及び2)により算定した評価点(めやす)を積算して、候補遮水シート毎に評価点の合計点を算出した。

その結果、下側面遮水シートの算出値が最も高い材質はHDPEの48点であり、次いでMEPEの45点、FPAの41点と続く。最も得点の高かったHDPEは、不利点である地盤追従性、熱安定性、施工性が基盤側での対応や短期間で埋設されることにより解消でき、評価重要度が低い評価項目であること、化学特性、強度項目における優位性と他のA1、A2評価項目においても他シートと同等以上であることが評価できる。そのため、下側面に敷設する遮水シートはHDPEが選定された。

上面遮水シートの算出値が最も高い材質はMEPEの65点であり、次いでHDPEの64点、FPAの58点と続く。上面遮水シートは、若干の沈下を想定したため、地盤への追従性が低いHDPEより、MEPEが評価された。MEPE、FPAは、強度、地盤追従性、施工性の評価重要度が高いため上面遮水シートへの適性が高いと判断される。

6. おわりに

本報告書では、トレンチ型埋設処分施設への遮水シートの設置にかかる検討の一環として、管理型最終処分場の事例調査をもとに研究施設等廃棄物のトレンチ型埋設処分施設に敷設する遮水シートの選定を実施した。

選定に際しては、廃掃法における管理型最終処分場の遮水シート選定の考え方、研究施設等廃棄物の埋設条件を整理・検討した結果から、強度や耐久性等の重要項目とその重要度の設定を行った。この項目毎に管理型最終処分場において実績が多く様々な敷設条件で採用されている代表的な遮水シートを対象にして評価し、順位付けをした。

その結果、現時点の知見では、トレンチ型埋設処分施設に対しては、合成樹脂タイプで高弾性タイプの高密度ポリエチレンシート(HDPE)、合成樹脂タイプで中弾性タイプのメタロセロン触媒低密度ポリエチレンシート(MEPE)の適正が高いものと判断された。

今後、埋設事業推進センターでは、これらの結果を踏まえて浅地中埋設処分施設的设计検討を進める予定である。

謝辞

本報告書を取りまとめるにあたり、株式会社間組の雨宮清氏、笠博義氏、山田淳夫氏、ウェイスト マネジメント コンサルタントの加藤隆也氏に情報提供、貴重なご意見を頂いたことを感謝します。

参考文献

- 1) 樋口壯太郎 ; “最終処分場の計画と建設－構想から許可取得まで－”, 日報, p.81 (1995).
- 2) 樋口壯太郎 ; “最終処分場の計画と建設－構想から許可取得まで－”, 日報, p.83 (1995).
- 3) 最終処分場技術システム研究協会 ; “廃棄物最終処分場新技術ハンドブック”, 環境産業新聞社, p.98-99 (2006).
- 4) 最終処分場技術システム研究協会 ; “廃棄物最終処分場新技術ハンドブック”, 環境産業新聞社, p.8, (2006).
- 5) 花嶋正孝, 古市徹監修, 最終処分場技術システム研究協会編集 ; “改訂版 日本の最終処分場 (英文対訳付)”, p.9 (2004).
- 6) 花嶋正孝, 古市徹監修, 最終処分場技術システム研究協会編集 ; “改訂版 日本の最終処分場 (英文対訳付)”, 環境産業新聞社, p.4-5 (2004).
- 7) 花嶋正孝, 古市徹監修, 最終処分場技術システム研究協会編集 ; “改訂版 日本の最終処分場 (英文対訳付)”, 環境産業新聞社, 環境産業新聞社, p.28-31 (2004).
- 8) 環境省総合環境政策局編 ; “平成 22 年度版環境統計集、3.14 都道府県別最終処分場 (市町村・事務組合設置分) の整備状況 (平成 19 年度実績)”, (2010), (online) available from <<http://www.env.go.jp/doc/toukei/contents/index.html>> (accessed 2010-10-10).
- 9) 花嶋正孝, 古市徹監修, 最終処分場技術システム研究協会編集 ; “改訂版 日本の最終処分場 (英文対訳付)”, 環境産業新聞社, p.14-15 (2004).
- 10) 社団法人全国都市清掃会議 ; “廃棄物最終処分場整備の計画・設計要領”, p.201 (2001).
- 11) 天澤弘也, 他 ; “研究施設等廃棄物の概念設計に供する前提条件の調査及び設定”, JAEA-Technology 2010-043 (2010).
- 12) 日本遮水工協会 ; “日本遮水工協会自主基準について、日本遮水材工協会”, (2010), (online) available from <<http://www.nisshakyo.gr.jp/standard.html>> (accessed 2010-10-10).
- 13) 環境省 ; “一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について”, 環水企 301・衛環 63, 公布日:平成 10 年 07 月 16 日.
- 14) 社団法人 全国都市清掃会議 ; “廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 (2010 改訂版)”, 社団法人 全国都市清掃会議, p.243 (2010).
- 15) 昭和五十二年三月十四日総理府・厚生省令第一号 ; “一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令”, 最終改正:平成一八年一月一〇日環境省令第三三号.
- 16) 国際ジオシンセティックス学会日本支部ジオメンブレン技術委員会処分場部会 ; “ごみ埋立地の設計施工ハンドブック”, 国際ジオシンセティックス学会日本支部, p.205 (2000).
- 17) 国際ジオシンセティックス学会日本支部ジオメンブレン技術委員会処分場部会 ; “ごみ埋立地の設計施工ハンドブック”, 国際ジオシンセティックス学会日本支部, p.217 (2000).
- 18) 小川人土, 他 ; “世界の埋立処分の現状と将来トレンドに関する研究 中間報告”, (2004).

表 1 最終処分場における各施設の設計因子²⁾

施設	設計因子	地形	地質	降雨	地下水	埋立面積	埋立容量	埋立ごみ質	備考
処分場造成		○	○	○	○	○	○		
搬入道路		○	○						
搬入管理施設		○	○						
遮水工			○		○	○		○	地下水処理管を含む
集水管				○		○		○	保護工を含む
ガス抜施設						○	○	○	
貯留構造物		○	○	○	○		○		
浸出水処理施設		○		○	○	○			浸出水調整設備を含む
雨水排水施設				○		○			
防災施設		○	○	○		○			雨水調整池、法面保護など
飛散防止施設		○						○	
モニタリング施設				○	○	○	○	○	

表 2 産業廃棄物処分場の分類(1/2)ー管理型最終処分場、安定型処分場ー⁶⁾

型式	略 図	概 要
<p>管理型最終処分場 一般廃棄物最終処分場</p>		<p>概 要</p> <p>廃油(ターレットチリ類に限る。)紙くず、木くず、繊維くず、動物性残渣、動物のふん尿、汚泥、動物死体及び無害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さいを埋立処分するものをいう。 管理型最終処分場は一般廃棄物処分場とほぼ同じ施設構造になっている。</p>
<p>安定型最終処分場</p>		<p>概 要</p> <p>廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくず及び陶器くず、アスファルトコンクリート又は無機性の固形状のもの(自動車破砕物、廃プリント配線板、廃容器包装、鉛蓄電池の電極、鉛製の管又は板、廃ブラウン管、廃石こうボードを除く)を埋立処分するものをいう。 安定型最終処分場は、そのまま埋立処分しても環境保全上支障のないものが埋立対象となっており、構造基準では、擁壁、堰堤、囲い、立て札等の施設設置でよいことになっている。しかし、都道府県によっては、集水管や浸出水処理施設の設置を指導しているところもある。</p>

表 3 産業廃棄物処分場の分類(2/2) - 遮断型処分場⁶⁾

型式	略図	概要																																											
<p style="text-align: center;">しや断型最終処分場</p>	<p>概要</p> <p>有害な燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい等の特定有害産業廃棄物を埋立処分するものをいう。判定基準は、下表のようであり、これを上回るものはしや断型へ埋立処分する。</p> <table border="1" data-bbox="470 302 1157 772"> <thead> <tr> <th>金属等を含む産業廃棄物等に係る判定基準</th> <th>産業廃棄物の種類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>不抽出</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> <tr> <td>0.005mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> <tr> <td>0.3mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> <tr> <td>1mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>1.5mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> <tr> <td>1mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.003mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.2mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.02mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.04mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.2mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.4mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>3mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.06mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.02mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.06mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.03mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.2mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.1mg/L以下</td> <td>汚泥</td> </tr> <tr> <td>0.3mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> <tr> <td>0.3mg/L以下</td> <td>燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい</td> </tr> </tbody> </table>	金属等を含む産業廃棄物等に係る判定基準	産業廃棄物の種類	不抽出	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい	0.005mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい	0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい	1mg/L以下	汚泥	1.5mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい	1mg/L以下	汚泥	0.003mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥	0.2mg/L以下	汚泥	0.02mg/L以下	汚泥	0.04mg/L以下	汚泥	0.2mg/L以下	汚泥	0.4mg/L以下	汚泥	3mg/L以下	汚泥	0.06mg/L以下	汚泥	0.02mg/L以下	汚泥	0.06mg/L以下	汚泥	0.03mg/L以下	汚泥	0.2mg/L以下	汚泥	0.1mg/L以下	汚泥	0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい	0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい
金属等を含む産業廃棄物等に係る判定基準	産業廃棄物の種類																																												
不抽出	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												
0.005mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												
0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												
1mg/L以下	汚泥																																												
1.5mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												
1mg/L以下	汚泥																																												
0.003mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥																																												
0.2mg/L以下	汚泥																																												
0.02mg/L以下	汚泥																																												
0.04mg/L以下	汚泥																																												
0.2mg/L以下	汚泥																																												
0.4mg/L以下	汚泥																																												
3mg/L以下	汚泥																																												
0.06mg/L以下	汚泥																																												
0.02mg/L以下	汚泥																																												
0.06mg/L以下	汚泥																																												
0.03mg/L以下	汚泥																																												
0.2mg/L以下	汚泥																																												
0.1mg/L以下	汚泥																																												
0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												
0.3mg/L以下	燃えがら、ばいじん、汚泥、鉱さい																																												

表4 日本の処分場の平均的な規模

山間部埋立		平地埋立		陸上埋立計	
平均面積 (千 m ²)	平均容量 (千 m ³)	平均面積 (千 m ²)	平均容量 (千 m ³)	平均面積 (千 m ²)	平均容量 (千 m ³)
20.9	204.3	21.8	138.1	21.4	171.2

※環境省の統計データ（参考資料8）より算出）

表5 調査対象とする施設の規模

	陸上部	
	面積(千 m ²)	容量(千 m ³)
大規模	30～	350～
中規模	10～30	100～350
小規模	～10	～100

表6 地盤条件

立地分類	分類項目	
山間埋立	硬岩	軟岩
平地埋立	砂質土	粘性土

表7 調査対象とする地下水条件

地下水位の分類	地下水位(GLからの深さ)
高	0～2m
中	2～6m
低	6m～

表 8 調査対象範囲の条件

	設定条件	分類項目
基本的条件	廃棄物の種類	一般廃棄物
		管理型産業廃棄物
	立地条件(地形)	山間埋立
		平地埋立
	施設の規模	大(3万 m ² 以上、35万 m ³ 以上)
		中
小(1万 m ² 以下、10万 m ³ 以下)		
付随的条件	地盤(地質)条件	山間埋立(硬岩)
		山間埋立(軟岩)
		平地埋立(砂質土)
		平地埋立(粘性土)
	地下水条件	高(0~2m)
		中
低(6m~)		
参考条件	構造物形式	オープン型
		クローズ型

基本条件:直接的に遮水工設計因子となる条件

付随条件:間接的に遮水工設計因子となる条件

※ここでは、オープン型とは、最終処分場の下側部にのみ遮水シートを敷設しており、雨水による水分の供給を行うことで、廃棄物の無害化を促進する方式のことをいう。また、クローズ型とは、下側部だけでなく上面にも遮水シートを敷設し、水分の供給は人工降水により行う方式のことをいう。

表 9 事例調査対象施設の概要

調査事例	埋設対象廃棄物	施設仕様		法面		地盤	水理	
		埋立面積 ^m	埋立容量 ^m	勾配	割合%		地形	地下水
① 北海道地方一般廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物等	3,820	10,220	1:2.0	66	砂質土4.5m 凝灰岩	丘陵地上流で背合地は少ない	地表-4.0m
② 東北地方産業廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物、汚泥等	19,850	140,080	1:2.0	61	表土1.0m 砂礫10m	沢形状の上流部で背合地は少ない	地表-8.0m
③ 関東地方一般廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物等	25,700	500,700	1:1.2 1:2.0	82	ローム10m 砂礫15m	平地	地表-10m
④ 甲信越地方一般廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物等	5,300	36,661	1:2.0	90	砂質土3.0m 凝灰岩	沢形状の上流部で背合地は少ない	地表-3.0m
⑤ 甲信越地方一般廃棄物最終処分場 (被覆型処分場)	燃え殻、不燃物等	692	3,642	直壁 (コンクリート)	48	ローム層2m礫層 10m	平地で河川隣接地	地表-3.2m
⑥ 中国地方産業廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物、汚泥等	33,052	458,817	1:1.5	87	砂質土0.7m 花崗岩10m	沢形状の上流部で背合地は少ない	地表-1.0m
⑦ 四国地方一般廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物等	36,100	344,000	1:2.0	79	盛土1.0m 崖錐堆積物2.0m 花崗岩	沢形状の上流部で背合地は少ない	地表-1.0m
⑧ 四国地方一般廃棄物最終処分場	燃え殻、不燃物等	5,000	35,000	1:1.5	74	砂質土5m 軟岩	沢形状の上流部で背合地は少ない	地表-1.0m

※法面割合%:法面部遮水シート面積÷全体遮水シート面積×100

表 10 調査対象範囲の条件と該当施設

	検討対象	該当事例 No.
廃棄物の種類	一般廃棄物	① ③、④、⑤、⑦、⑧
	管理型産業廃棄物	②、⑥
立地(地形) 条件	山間埋立	④、⑥、⑦、⑧
	平地埋立	① ②、③、⑤
施設の規模	大(3万 m ² 以上、35万 m ³ 以上)	⑥、⑦
	中	②、③
	小(1万 m ² 以下、10万 m ³ 以下)	①、④、⑤、⑧
地盤(地質) 条件	山間埋立(硬岩)	⑥、⑦
	山間埋立(軟岩)	④、⑧
	平地埋立(砂質土)	①、②
	平地埋立(粘性土)	③、⑤
地下水条件	高(0~2m)	⑥、⑦、⑧
	中	① ④、⑤
	低(6m~)	②、③
地形(法勾配)	急	② ⑤、⑥、⑧
	緩	① ②、③、④、⑦
構造物タイプ	オープン型	①、②、③、④、⑥、⑦、⑧
	クローズ型	⑤

※ここでは、オープン型とは、最終処分場の下側部にのみ遮水シートを敷設しており、雨水による水分の供給を行うことで、廃棄物の無害化を促進する方式のことをいう。また、クローズ型とは、下側部だけでなく上面にも遮水シートを敷設し、水分の供給は人工降水により行う方式のことをいう。

表 11 調査対象施設で採用されている遮水シート材質と選定理由

調査事例	遮水シート材質	選定理由
① 北海道地方一般廃棄物最終処分場	上層:HDPE 下層:アスファルト系	基盤に岩盤があることから下層は地盤追従性を優先し、上層は強度を優先して選定された。
② 東北地方産業廃棄物最終処分場	上層:MEPE 下層:FPA	処分場が矩形でないことから、下層は地盤追従性を優先し、上層は強度と施工性から選定した。
③ 関東地方一般廃棄物最終処分場	上層:FPA 下層:FPA	法面勾配が急であることから、施工性特として、温度変化による変形が少ない材質で強度の大きなFPAを選定した。
④ 甲信越地方一般廃棄物最終処分場	上層:HDPE 下層:HDPE	処分場が矩形に近いが、法面割合が高く、強度を優先した電氣的漏水検知を設置することから同一材質として選定した。
⑤ 甲信越地方一般廃棄物最終処分場 (被覆型処分場)	MEPE (一重シート)	直壁であるため、強度と施工性及び近年の実績から選定された。
⑥ 中国地方産業廃棄物最終処分場	上層:HDPE 下層:MEPE	法面勾配が急で、割合も高いことから、電氣的漏水検知を設置することを前提に同一材質で下層は地盤追従性を優先し、上層は強度を重視して選定された。
⑦ 四国地方一般廃棄物最終処分場	上層:HDPE 下層:HDPE	処分場が矩形に近いが、基盤に岩盤があり、法面割合も比較的高いため、強度及び実績を優先し材質として選定した。
⑧ 四国地方一般廃棄物最終処分場	上層:HDPE 下層:HDPE	近年実績と耐久性、耐薬品性及び耐貫通性を評価して選定された。

※上層:二重遮水構造のうち廃棄物に接する側に敷設されたシートをいう。

※下層:二重遮水構造のうち基礎地盤に接する側に敷設されたシートをいう。

※HDPE:高密度ポリエチレンシート

※MEPE:メタロセロン触媒低密度ポリエチレンシート

※FPA:熱融着ゴムシート(フレキシブル・ポリプロピレン・アロイ)

表 12 日本遮水工協会自主基準一覧表¹⁹⁾

項目	合成ゴムおよび合成樹脂系					アスファルト系				
	非補強タイプ			補強タイプ	シートタイプ	吹付けタイプ				
	低弾性タイプ	中弾性タイプ	高弾性タイプ		含浸及び積層	単独	織布			
基本特性	外観	1.極端に湾曲していないこと 2.異常に起伏していないこと 3.異常に粘着していないこと 4.裂けた箇所、切断箇所、貫通した穴がないこと 5.凹み、異常に厚みの薄い箇所がないこと 6.層間に剥離している部分がないこと 7.異常な傷がないこと					1.異常に粘着していないこと 2.裂けた箇所、切断箇所、貫通した穴がないこと			
	厚さ(mm)	1.5以上 平均値が公称厚さの-0~+15% ただし、測定値は-10~+15%以内				3以上				
	透水係数	1 × 10 ⁻⁹ cm/sec相当以下								
	引張性能	引張強さ								
		(N/cm以上)	120	140	350	240	100	10	80	
		素材(N/cm2以上)	800	933	2333	1600				
	引裂性能	伸び率(%以上)	280	400	560	15	30	10	80	
		引裂強さ								
		(N以上)	40	70	140	50	30	10	70	
	素材(N/cm以上)	267	400	933	333					
接合部強度性能 せん断強度(N/cm以上)	60	80	160	140	50	—				
耐久性等に 係る特性	耐候性、紫外線 変化特性 (%以上)*	引張強さ比	80				80			
		伸び率比	70				50			
	熱安定性 (%以上)*	引張強さ比	80				80			
		伸び率比	70				70			
	耐ストレスクラッキング性		—		ひび割れがないこと	—		—		
	耐薬品性	耐酸性 (%以上)*	引張強さ比	80				80		
			伸び率比	80				70		
		耐アルカリ性 (%以上)*	引張強さ比	80				80		
			伸び率比	80				70		
	安全性(溶出濃度)		基準値以下							

※耐久性規格値=基本性能規格値×○○%

※N単位の換算 1N = 1.01972 × 10⁻¹kgf

※日本遮水工協会 自主基準¹²⁾に一部加筆

表 13 抽出した重要項目及び根拠

抽出した重要項目	抽出根拠
1. 材質 (遮水性)	基準省令 ¹⁵⁾ 同運用に伴う留意事項 ¹³⁾ において遮水シート厚さがアスファルト系以外は1.5mm以上、アスファルト系は3mm以上と規定され、遮水性の指標である透水係数もアスファルト系以外のシートでは 3.0×10^{-9} cm/s以下、アスファルト系シート 6.0×10^{-9} cm/s以下を求められており、これが前提条件である。 原則的に仕様として指定される項目である。 計画・設計・管理要領 ¹²⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で化学的特性として示されている。
2. 強度 (引っ張り、引き裂き)	シートタイプごとに強度が異なることから、敷設する基盤勾配や、対象廃棄物に不燃物が多く、突起物が含まれる等、処分場の形状や処分対象物の物理的性状によっては選定評価がすべき重要な評価項目である。 周辺住民にとっては最も信頼度を依存する要素となる場合が多く、社会的要因を含めて重要な評価要素となっている。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で物理的特性として示されている。
3. 地盤への追従性	土質によって可能な基盤整成の精度による凹凸により、柔軟性に劣る硬質なシートの場合には、基盤と接地しない部分が発生し、損傷リスクが高くなる可能性があることから、土質や基盤整成、下地処理状況を考慮して選定を行う重要な評価項目である。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で物理的特性として示されている。
4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカリ性、溶出性)	pH環境や耐薬品性及び熱安定性、微生物による劣化について材質として評価するものであり、処分する廃棄物の性状により重要な評価項目となる。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で化学的特性として示されている。
5. 耐久性	紫外線劣化に対する耐候性と耐オゾン性を指標として評価され、長期間の機能維持性能を評価する要素であり、使用する期間、暴露期間等による重要な評価項目である。 周辺住民にとっては最も信頼度を依存する要素となる場合が多く、社会的要因を含めて重要な評価要素となっている。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で耐久性として示されている。
6. 熱安定性	アスファルト系のシートにおける夏季の表面の軟質化やPVC(硬質)シートにおいて寒冷地における強度低下の可能性があるため、使用環境により機能維持性能に大きな影響を与えることから、重要な評価項目である。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で熱安定性として示されている。
7. 接着方法 (接着性)	接着剤による接着と熱溶着とに分類され、両者の作業上における制約、留意点等がある。 一般的に接着部分が多く存在し、施工不良や接着性能はシートの弱点となり、遮水工としての機能に大きく影響することから、重要な評価項目である。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で施工性として示されている。
8. 施工性 (施工速度、損傷防止性、損傷モニタリング性、補修性)	処分場の形状、法面勾配によりシートの重量、柔軟性等の違いから施工性が異なる。施工性の優劣はリスクポイントを作ることから、シートの機能に大きく影響することから重要な評価項目である。 計画・設計・管理要領 ¹⁴⁾ において「遮水シートに必要な機能と特性」内で施工性として示されている。
9. 実績	廃棄物処分場で使用されている実績は、長期間の実証ともなる要素であり、遮水シートとしての適性の高さを示すものにもなりうる重要な評価項目である。
10. 経済性	遮水シートの材料費、施工費について比較する項目である。1から9に示した安全性に関する評価項目において同一に評価されたものなから、評価選定する場合の重要な項目である。
11. 最有利点	各シートの最有利点を明確に評価することで、対象処分場に対する適応度を判断するものであることから、重要な評価項目である。
12. 最不利点	各シートの最不利点を明確に評価することで、対象処分場に対する適応度を判断するものであることから、重要な評価項目である。
13. 立地条件における総合評価	これまでの評価項目を総合的判断して立地条件に最も適性の高いシートを評価選定するものである。

表 14 管理型最終処分場における遮水シート選定項目の重要度

評価項目	評価内容	重要度
1. 材質 (遮水性)	原材料、製造方法を明確にして、材質としての特徴を整理するため、適不適を判断するうえで重要度が高い。なお、遮水特性は基準値を満たしていることが前提である。	A 1
2. 強度 (引っ張り、引き裂き)	通常構造の管理型相当処分場遮水シートとしては、全ての材質が必要な強度を保持しているがシートタイプごとに強度が異なることから、敷設する基盤勾配が基準値である1:2.0より大きい場合等通常より大きい引張力を受ける場合や、対象廃棄物に不燃物が多く、突起物が含まれる場合は耐貫通性能の大きなものを選定する等の評価が行われ、処分場の形状や処分対象物の物理的性状によって重要が高い。	A 1
3. 地盤への追従性	シートの柔軟性による敷設基盤への追従性を評価する。 基盤が土質地盤の場合、基盤整成の精度による凹凸により、柔軟性に劣る硬質なシートの場合、基盤と設置しない部分が発生することがあり、同部において損傷リスクが高くなる可能性があることから、可能な基盤整成の状況によっては重要度は高いが、本来は造成設計側で対処することが望ましいことからA 2とする。	A 2
4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカリ性、溶出性)	PH環境や耐薬品性及び熱安定性、微生物による劣化について材質として評価する。 処分する廃棄物の性状により重要度は高いが、管理型相当処分場の処分基準を満たした廃棄物に対しては、いずれの材質も現実的な問題はなく、A 2とする。	A 2
5. 耐久性 (耐候性)	紫外線劣化に対する耐候性と耐オゾン性を指標として評価される。使用する期間、暴露期間等によっては重要な評価項目である。	A 1
6. 熱安定性	設置される地域の気象環境や処分される廃棄物の性状による温度上昇等に対する適性を評価する。 使用環境により評価の重要度は高いが、現在は、ほとんどの材質が十分な熱安定性を有することから、現実的な問題はなく、A 2とする。	A 2
7. 接着方法 (接着性)	<ul style="list-style-type: none"> ・接着剤による場合、屋外作業環境では接着剤に砂、埃等が付着することで接着強度が大幅に低下する。 ・熱融着においては作業時のシート表面温度を上げすぎないように、施工上の対応が必要である。熱融着の際には、接合幅の両端に溶着部を設け、中間の未溶着部分に加圧し空気圧を確認することで接合部の品質確認ができることが利点となる。 ・接合部が多いと、接合部が弱点になる可能性も高いことから重要度は高いが、接着剤か熱溶着かの選定であり、最近の事例では材質に関わらず、熱溶着が一般的に可能になってきており、品質も十分であることから重要度はA 2とする。 	A 2
8. 施工性 (施工速度、損傷防止性、損傷モニタリング性、補修性)	<p>施工条件も含めた処分場の形状、法面勾配によってシートの重量、柔軟性、接合方法が評価される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施工速度は材質による違いはなく、製品の規格幅や施工体勢、施工計画によるものが主であるが、曲がりが多い形状の処分場や、法面勾配の厳しい処分場ではHDPEのような硬いシートは不利である。 ・施工時の損傷防止性における材質による違いは、硬さによる現地加工の容易性によるものであり、通常の施工においては問題視するものはない。 ・損傷モニタリング性については材質において異なるものではなく、漏水検知システムや塩水による確認検査、導電マットを下部に敷設してスパーク試験を行う等別途のシステムを加えることですべて可能である。 <p>施工性が遮水機能に影響するような極端な形状は造成設計側で避けるべきであり、それ以外の要素については施工計画において十分対応ができるものであることから、重要度はBとする。</p>	B
9. 実績	廃棄物処分場に使用されている実績は、長期間の実証となる要素であり、重要な評価要素であるが、実績が近年増加しているのであればより改善され適性の高いシートである可能性も大きいので、他の重要要素での評価を優先すべきであり、重要度はBとする。	B
10. 経済性	最重要要素である安全性に関する評価要素において同一に評価されたものなから、評価選定する場合の重要な要素であり、安全性評価の次に位置づけ重要度はBとする。	B
11. 最有利点	各シートの最有利点が対象処分場に対して適応度が大きいものかを判断するものであり、重要な評価要素である。	A 1
12. 最不利点	各シートの最不利点が対象処分場に対して適応度が大きいものかを判断するものであり、重要な評価要素である。	A 1
13. 立地条件における総合評価	これまでの評価項目を総合的判断して立地条件に最も適性の高いシートを評価選定するものである。	A 1

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較検討される項目

B:A1、A2 に次いで重要な項目

表 15 抽出した重要項目と設定条件との関連性(1/2)

	設定条件			
	廃棄物の種類	立地条件(地形)	施設の規模	
抽出した重要項目	1. 材質 (遮水性)	○ 廃棄物の形状、性状によっては、シートの物理的・化学的性能への影響がある。	○ 2重シート構造の最終処分場にする場合、上下のシートの材質を変えることにより、各材質の欠点を補完している。このため、地形に応じて一方のシートが選定された場合、もう一方のシート材質の選定に影響がある。	× 関連性が小さいあるいは無い
	2. 強度 (引っ張り、引き裂き)	○ 対象廃棄物に不燃物が多いため、突起物が含まれるなど、物理的性状の影響は大きい。	○ 敷設する基盤勾配が基準値である1:2.0より大きい場合等通常より大きい引張力を受ける場合など、処分場の形状による影響度は高い。	× 関連性が小さいあるいは無い
	3. 地盤への追従性	× 関連性が小さいあるいは無い	△ 地形が与えるシートへのリスクは、造成設計側で対処することが望ましいため、影響度は低い。	× 関連性が小さいあるいは無い
	4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカリ性、溶出性)	△ 処分する廃棄物の性状により影響があるが、管理型相当処分場の処分基準に適合する廃棄物に対してはいずれの材質も現実的な問題は無い。	△ 立地条件により、pH環境や温度環境、微生物による影響が生じる場合が考えられる。	× 関連性が小さいあるいは無い
	5. 耐久性 (対候性)	× 関連性が小さいあるいは無い	△ 形状・法面勾配によってはシートの紫外線の吸収量が多くなる。暴露時間の管理を要する。	× 関連性が小さいあるいは無い
	6. 熱安定性	○ 処分される廃棄物の性状による温度上昇等に対する適性を評価する必要がある。	○ 設置される地域の気象環境による温度上昇等に対する適性を評価する必要がある。	× 関連性が小さいあるいは無い
	7. 接着方法 (接着性)	× 関連性が小さいあるいは無い	△ 屋外作業環境では接着剤に砂、埃等が付着することで接着強度が大幅に低下する。また熱融着においては作業時のシート表面温度の制約があり、施工上の対応が必要である。	× 関連性が小さいあるいは無い
	8. 施工性 (施工速度、損傷防止性、損傷モニタリング性、補修性)	× 関連性が小さいあるいは無い	○ 施工条件も含めた処分場の形状、法面勾配によってシートの重量、柔軟性、接合方法が評価されるため、影響度は高い。	△ 計画段階において、施工条件が考慮されることより、間接的に影響を与える。
	9. 実績	× 関連性が小さいあるいは無い	△ 最終処分場立地候補地が少なくなり、より困難な箇所での施工が増えている。このため、地形に応じた施工実績を考慮することも考えられる。	× 関連性が小さいあるいは無い
	10. 経済性	× 関連性が小さいあるいは無い	△ 立地場所によっては、購入単価が変わる場合がある。	× 関連性が小さいあるいは無い
	11. 最不利点	複雑に関連しているので、評価対象よりはらず。		
12. 最有利点				
13. 総合評価				

○;「抽出した重要項目」と「設定条件」とが直接的な関連性を持ち、影響の程度が大きい項目
 △;「抽出した重要項目」と「設定条件」とが間接的に関連性を持ち、影響の程度が中位の項目
 ×;「抽出した重要項目」と「設定条件」との関連性あるいは影響の程度が小さいか無い項目

表 15 抽出した重要項目と設定条件との関連性(2/2)

	地盤(地質)条件	地下水条件	構造物タイプ*	
抽出した重要項目	1. 材質 (遮水性)	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	× 関連性が小さいあるいは無い
	2. 強度 (引っ張り、引き裂き)	○ 地盤が硬岩で凹凸がある場合、シートの耐貫通性に影響を与える。	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	× 関連性が小さいあるいは無い
	3. 地盤への追従性	△ 可能な基盤整成の状況によっては重要度は高いが、本来は造成設計側で対処することが望ましいことから影響度は低い。	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	× 関連性が小さいあるいは無い
	4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカリ性、溶出性)	△ 地盤の性状により、pH環境や微生物による影響が生じる場合がある。	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	× 関連性が小さいあるいは無い
	5. 耐久性 (対候性)	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い	○ 屋内・屋外の差により、紫外線の量が変わるので影響がある。
	6. 熱安定性	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い
	7. 接着方法 (接着性)	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	△ 屋外作業環境では接着剤に砂、埃等が付着することで接着強度が大幅に低下する。また熱融着においては作業時のシート表面温度の制約があり、施工上の対応が必要である。
	8. 施工性 (施工速度、損傷防止性、損傷モニタリング性、補修性)	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い (地下水位を低下させる設計が基本であるため)	× 関連性が小さいあるいは無い
	9. 実績	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い
	10. 経済性	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い	× 関連性が小さいあるいは無い
	11. 最不利点	複雑に関連しているので、評価対象よりはらず。		
	12. 最有利点			
	13. 総合評価			

注: 構造物タイプとは、オープン型又はクローズ型のことを示す。

○: 「抽出した重要項目」と「設定条件」とが直接的な関連性を持ち、影響の程度が大きい項目

△: 「抽出した重要項目」と「設定条件」とが間接的に関連性を持ち、影響の程度が中位の項目

×: 「抽出した重要項目」と「設定条件」との関連性あるいは影響の程度が小さいか無い項目

表 16 代表的な遮水シート材質

実績順位	使用材質 (多→少ない)					
ごみ埋立地の設計・施工ハンドブック	HDPE	EPDM	TPO	PVC	TPU	アスファルト系
日本遮水工協会資料	TPO	HDPE	EPDM	PVC	アスファルト系	TPU
事例調査 (国内)	HDPE	FPA	MEPE	アスファルト系		

※HDPE:高密度ポリエチレンシート

※EPDM:合成ゴムシート(エチレン・プロピレンジエンモノマー)

※TPO:熱融着ゴムシート(ポリオレフィン系エストラマー)

※FPA:熱融着ゴムシート(フレキシブル・ポリプロピレン・アロイ)

※PVC:ポリ塩化ビニールシート

※MEPE:メタロセロン触媒低密度ポリエチレンシート

※TPU:熱可塑性ポリウレタン

表 17 低弾性タイプのシートの評価 (1/2)

評価重要度	低弾性タイプ			
	合成ゴムシート	ポリ塩化ビニールシート		
	E P D M エチレン・プロピレンジエンモノマー	P V C (軟質)	P V C (超軟質)	
1. 材 質	A 1	○	△	△
厚さ (mm)		1.5以上 平均値が公称厚さの -0~+15%ただし、測定値は -10%~+15%以内		
透水係数		1 × 10 ⁻⁹ cm/sec相当以下		
2. 強 度	A 1	△	○	○
引張強度 (N/cm以上)		120		
切断時伸び (%以上)		280		
引裂強度 (N以上)		40		
接合部せん断強度 (N/cm以上)		60		
3. 地盤への追従性	A 2	◎	○	○
4. 化学特性	A 2	○	△	△
耐酸性引張強さ比 (%以上)		80		
耐酸性伸び率比 (%以上)		80		
耐アルカリ性引張強さ比 (%以上)		80		
耐アルカリ性伸び率比 (%以上)		80		
安全性 (溶出濃度)		基準値以下		
5. 耐 久 性	A 1	○	△	△
耐ストレスクラッキング性		-		
変化性能引張強さ比 (%以上)		80		
変化性能伸び率比 (%以上)		70		
6. 熱安定性	A 2	○	△	○
耐熱性		~100℃	-	-
耐寒性		-40~-60	-30	-
熱膨張係数		13~120 × 10 ⁻⁶	140~160 × 10 ⁻⁶	75~200 × 10 ⁻⁶
熱安定性引張り強さ比 (%以上)		80		
熱安定性伸び率比 (%以上)		70		
7. 接 着 方 法	A 2	△	○	○
接合強度 (kgf/25mm)		20~40	20~40	20~50

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較される項目

B:A1、A2 に次いで重要な項目

◎:特に優れている。 ○優れている。 △標準程度又は比較的劣る。

表 17 低弾性タイプのシートの評価 (2/2)

評価重要度	低弾性タイプ		
	合成ゴムシート	ポリ塩化ビニールシート	
	E P D M エチレン・プロピレンジエンコマー	P V C (軟質)	P V C (超軟質)
8. 施工性	○	○	○
B	シートが柔軟で作業性に優れている。	シートに柔軟性があるので取扱いやすく、接合も熱融着が可能である。	柔軟性が高く作業性に優れている。
9. 実績	○	△	△
B	1976年(S.51)に廃棄物埋立地のしゃ水シートとして採用され、実績は多い。	一般廃棄物、産業廃棄物に実績がある。近年では使用例が減少している。	寒冷地における廃棄物最終処分場に採用されている事例が多い。近年では使用例が減少している。
10. 経済性 (円/㎡)	○	◎	◎
B	t=1.5mm 4,300円/㎡ t=2.0mm 5,000円/㎡	t=1.5mm 3,470円/㎡ t=2.0mm 4,390円/㎡	t=1.5mm 3,500円/㎡ t=2.0mm 4,300円/㎡
11. 最有利点	△	△	△
A 1	実績が多く、施工技術が確立されている。 低応力高伸長であるため、下地への追従性に優れているとともに、熱伸縮に伴う発生応力が小さいので、固定工は小型でも対応できる補修は、接着剤を使用することで容易に行える。	経済性が高い。比較的対損傷性に優れている。 接合性がよく、安定した強度が得られる。また、接着、熱融着等、目的に応じた接合方法を選択できる。	
1 2. 最不利点	△	△	△
A 1	突起物に対して弱い。伸びが大きいため下地盤の土こぼれが生じやすい	突起物に対して弱い。可塑剤の溶出が懸念される。低温での劣化が懸念される。	突起物に対して弱い。可塑剤の溶出が懸念される。
1 3. 本条件における総合評価	△	△	△
A 1	耐貫通性では劣るが、下地地盤を堅固な工法とし、シート保護により遮水性を向上させることができる。熱融着できない。	耐貫通性では劣るが、下地地盤を堅固な工法とし、シート保護により遮水性を向上させることができる。可塑剤の溶出が懸念される。	価格が安く伸びがある為、寒冷地での実績は多い 可塑剤の溶出が懸念される。

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較される項目

B:A1、A2 に次いで重要な項目

◎:特に優れている。 ○優れている。 △標準程度又は比較的劣る。

表 18 中弾性タイプ及び高弾性タイプのシートの評価 (1/2)

	評価重要度	中弾性タイプ		高弾性タイプ		
		熱融着ゴムシート		低密度ポリエチレンシート	ポリエチレンシート	
		TPO	FPA	MEPE	HDPE	
		ポリレフィル系/エラストマー	フレンゾル・ポリプロピレン・ポリ	マイクロ触媒ポリエチレン	高密度ポリエチレンシート	
1. 材質	A1	○	○	○	○	
		熱融着ゴムシートと呼ばれており、オレフィン系可塑性ゴムと加硫ゴムが機械的に混合している。	重合段階でゴム成分を化学的に均分散に設計することによりゴムが均一に分散された材料である。	ポリエチレンは、エチレンを重合してつくられるが、製造方法、密度により以下のように分類できる。		
				密度 (g/cm ³)	密度 (g/cm ³)	
				MEPE 0.90~0.925	HDPE >0.942	
厚さ (mm)		1.5以上 平均値が公称厚さの -0~+15%ただし、測定値は -10%~+15%以内				
透水係数		1×10 ⁻⁹ cm/sec相当以下				
2. 強度	A1	○	○	◎	◎	
		加硫ゴムよりも引張強度は大きく特に引裂強度は2倍程度の強度を発揮する。	引張強度、引裂強度ともにTPOより比較的優れている。	マイクロ触媒の使用により、柔軟性の大きなわりに、強度も大きい特徴を持つ	結晶部分が多く密度が高いため、機械的強度(引張、引裂、貫入強度)が良好である。	
引張強度(N/cm以上)		140		350		
切断時伸び(%)以上)		400		560		
引裂強度(N以上)		70		140		
接合部せん断強度(N/cm以上)		80		160		
3. 地盤への追従性	A2	○	◎	○	△	
		加硫ゴムと比較して柔軟性が劣るもののHDPE程ではない。	地盤の歪みに対して均等に応力が分散し、下地への追従性に優れている。	密度が小さく柔軟性があり追従性は比較的良い。	剛性があるために下地追従性は低い	
4. 化学特性	A2	○	○	○	◎	
		耐薬品性、耐油性は、アルコール・ケトン等の極性の強い溶媒無機塩類、酸、アルカリについては極めて安定である。		耐薬品性はHDPEより若干劣るものの、加硫ゴム、PVCに比較しても遜色はない。	結晶部分が多く、耐薬品性はしゃ水材の中では最も良い。	
				耐微生物性に優れている。	低分子量の可塑剤の濃度が低いいため、微生物によって侵される可能性はない。	
耐酸性引張強さ比(%)以上)		80				
耐酸性伸び率比(%)以上)		80				
耐アルカリ性引張強さ比(%)以上)		80				
耐アルカリ性伸び率比(%)以上)		80				
安全性(溶出濃度)		基準値以下				
5. 耐久性	A1	○	○	○	○	
		EPDMが含まれていることより耐候性、耐オゾン性には良好である。		2~3%のカーボンブラックを添加することにより向上させている。		
耐ストレスクラック性		-		ひび割れがないこと		
変化性能引張強さ比(%)以上)		80				
変化性能伸び率比(%)以上)		70				
6. 熱安定性	A2	△	△	△	△	
		常温(50℃以下)では加硫ゴムと同様弾性に富み、高温(100℃以上)では普通の熱可塑性を示すという高分子材料である。	ポリプロピレンの高い融点を有することで、80℃の表面温度上昇に耐える。	MEPEは、若干熱膨張が小さいとされているが、現場の感覚では、他材質と同等と考える。	熱収縮は50℃の温度差で1%の変化である。	
耐熱性		~110℃	~110℃	-	~100℃	
耐寒性		-40~-60	-40~-60	-	~-60	
熱膨張係数		90~130×10 ⁻⁶	90~130×10 ⁻⁶	150~200×10 ⁻⁶	150~200×10 ⁻⁶	
熱安定性引張り強さ比(%)以上)		80				
熱安定性伸び率比(%)以上)		70				
7. 接着方法	A2	○	○	○	○	
		熱融着	熱融着	熱融着	熱融着	
接合強度(kgf/25mm)		15~60	20~40	30~110	30~110	

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較される項目

B:A1、A2 に次いで重要な項目

◎:特に優れている。 ○優れている。 △標準程度又は比較的劣る。

表 18 中弾性タイプ及び高弾性タイプのシートの評価 (2/2)

	評価重要度	中弾性タイプ			高弾性タイプ
		熱融着ゴムシート		低密度ポリエチレンシート	ポリエチレンシート
		TPO ポリレフィン系/エポキシー	FPA フレキシブル・ポリプロピレン・アイ	MEPE メタセン触媒ポリエチレン	HDPE 高密度ポリエチレンシート
8. 施工性	B	○ 加硫ゴムと比較してシートの柔軟性はやや劣るものの、熱融着接合が可能のため作業性は良い。	○ TPOに比べ、熱融着温度範囲が広く、融着速度が速いので能率がよい。	○ 加硫ゴムと比較してシートの柔軟性はやや劣るものの、熱融着接合が可能のため作業性は良い。	△ 剛性が高く取扱いが困難、接合(熱融着)に高度の技術を要する。
9. 実績	B	○ 1982年(S.57)に廃棄物埋立地のしゃ水シートとして採用され、実績は覆い。	△ 欧米では実績が多く、国内でも数年前から一部の分野で使われている。	△ ここ近年採用件数が多く実績があり、HDPEに代わり、ポリエチレン系シートの主流になりつつある。	◎ 近年主流の材質として多くの実績があるが、その剛性による施工性から、近い強度をもち施工性に優れた、MEPEに移行しつつある。
10. 経済性 (円/㎡)	B	○ t=1.5mm 4,500円/㎡ t=2.0mm 5,100円/㎡	○ t=1.5mm 4,400円/㎡ t=2.0mm 5,100円/㎡	○ t=1.5mm 4,300円/㎡ t=2.0mm 5,400円/㎡	○ t=1.5mm 4,300円/㎡ t=2.0mm 5,400円/㎡
11. 最有利点	A1	△ 実績が多く、施工技術が確立されている。 柔軟性は加硫ゴムにやや劣るが、下地への追従性、作業性が比較的優れている。	○ 非常に柔軟性があるため、下地への追従性に優れている。突刺強度が高く、対衝撃性もあるため破れにくい。融着速度が早く施工能率が良い。 可塑剤が含まれていない。	○ 柔軟性に優れ、施工性が高く、物性についても、最もHDPEに近い高さを持っている。	◎ 耐貫通性が大きく、突起物に対して強い。
12. 最不利点	A1	△ 低温時の柔軟性、追従性が多少劣る。	△ ポリエチレン系のシートと組み合わせると直接接着ができない。	○ ポリエチレン以外の他種シートに比べ、温度膨張収縮が大きく、施工時の対応が必要である。	△ シートが硬く下地とのなじみがなく、施工性が劣る。また、温度による伸縮に差が大きいため夏季のシワが発生や冬季のシートの張り等に対して、施工時の対応が必要である。
13. 本条件における総合評価	A1	△ 近年の要求物性において、若干劣る部分があり、実績が減少している。	◎ ゴム系のシートとしては強度も大きく、接着性、施工性にも優れている。HDPEに比べ耐貫通性で劣ることから下層シートとしての適性は高い。 電気的漏水検知システム導入の場合は上層シートに他材質のシートを選定できない。	◎ HDPEの物性強度に極めて近く、柔軟性を持っているため、施工性に優れる。最不利点に対する対応も、その施工性の高さから、十分可能であり適性の高い材質である。下層部のシートとしては最も適性が高い。	◎ 下地地盤とのなじみが劣り、施工が困難な面もある。しかし、上層シートとして最も重要度の高い強度、耐貫通性に優れていることから、廃棄物と直接接する上層部の材質としては最適である。また実績も多く、経済性も高い。

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較される項目

B:A1、A2に次いで重要な項目

◎:特に優れている。 ○優れている。 △標準程度又は比較的劣る。

表 19 調査対象施設における検討事例(1/2)

抽出した重要項目	① 北海道地方一般廃棄物 最終処分場	② 東北地方産業廃棄物 最終処分場	③ 関東地方一般廃棄物 最終処分場	④ 甲信越地方一般廃棄物 最終処分場
1. 材 質	以下の材質について、特徴(製造方法、原材料)を整理している。なお、遮水性については、日本遮水工協会の自主基準値を満たすことからいづれも問題ないとしているのが前提である。			
(遮水性)	: 合成ゴム系【EPDM、TPO】 : 合成樹脂系【軟質PVC、 超軟質PVC、HDPE、TPU】 : アスファルト含浸シート	: 合成ゴム系【EPDM、TPO、 FPA】 : 合成樹脂系【軟質PVC、 超軟質PVC、HDPE、LDPE、 VLDPE、MEPE、TPU】 : アスファルト系	: 合成ゴム系【EPDM、TPO、 FPA】 : 合成樹脂系【PVC、HDPE、 VLDPE、TPU】 : アスファルト系 : ベントナイト系	: 合成ゴム系【EPDM、TPO、 FPA】 : 合成樹脂系【軟質PVC、 超軟質PVC、HDPE、LDPE、 VLDPE、TPU】 : アスファルト系
2. 強 度	基本物性として、引張強、 切断時伸び、引裂強さ、耐 貫通性を比較し、HDPE、TPU が高いとしている。	基本物性として、引張強、 切断時伸び、引裂強さ、耐 貫通性を比較し、HDPE、 PE、TPU、FPAが優れている と評価。	基本物性として、引張強 さ、切断時伸び、高温時引 張強度、低温時伸び、貫通 抵抗を比較し、FPA、TPUが 優れていること、PVCが劣っ ていると評価。	基本物性として、引張強 さ、切断時伸び、引裂強 さ、耐貫通性を明示し、ポ リエチレン、TPUが優れてい ると評価。
(引っぱり、引き裂き)				
3. 地盤への追従性	軟質PVCに対して永久歪みを 生じ易い評価であり、他材 質は追従性が良好と判断。 特にアスファルト系は非常 によい。	EPDM、FPA、アスファルトが 優れている評価。	柔軟性として、EPDM、PVCを 高評価とし、ついでFPA、 TPUを評価。	EPDM、FPA、アスファルトが 優れている評価。
4. 化学特性	軟質PVCに対して塩酸に弱い 評価。他材質は耐薬品性に 安定または優れているとい う評価。	HDPEが最も安定している評 価、PVCの可塑剤についての 懸念で低評価。	有害物質の溶出としてPVCの 問題性を明示。	HDPEが最も安定している評 価、PVCの可塑剤についての 懸念で低評価。
(耐酸性、耐アルカリ性、 溶出性)				
5. 耐 久 性	紫外線劣化に対してはアス ファルト含浸シートのみ に優れている評価であり、他 材質では記述なし。	TPUの紫外線を受け加水分解 の可能性、PVCが他材質より 劣る評価。	紫外線、オゾンについて評 価し、紫外線による劣化で PVC、TPUが劣る評価。	TPUの紫外線を受け加水分解 の可能性、PVCが他材質より 劣る評価。
(耐 候 性)				
6. 熱 安 定 性	軟質PVCのみ低温での伸びが 低く、HDPEが収縮が大きい 評価である。他材質は良好 な評価。	ポリエチレン(HDPE他)の温 度収縮が大きいことで低評 価。	熱膨張率を示し、FPAが高評 価、TPO、VLDPEは低評価。	ポリエチレンの温度収縮が 大きいことで低評価。
7. 接 着 方 法	PVCは広幅加工ができず、接 着部が多いこと。TPUは施工 時期が異なると接着しにく いと評価。HDPEは手動接着 部の管理の必要性を記述。 EPDM、TPOについて高評価 である。	熱溶着を推奨し、可能な材 質は同等評価している。 EPDMが熱よう着ができな い。	熱融着性としてFPAが高評 価、TPUが低評価。	熱溶着を推奨し、可能な材 質は同等評価している。 EPDMが熱よう着ができな い。
(接 着 性)				
8. 施 工 性	重量が大きいもののTPUが優 れている評価。他材質はそ れぞれの課題を挙げている。	HDPEの硬さによる施工性の 不利を明示。MEPEを含めた 他材質は同等評価。	柔軟性としてEPDM、PVCを高 評価とし、ついでFPA、TPU を評価。	HDPEの硬さによる施工性の 不利を明示。他材質は同等 評価。
(施工速度、損傷防止性、 損傷モニタリング性、補修 性)				
9. 実 績	ERDMが実績が多く、施工技 術が確立されているとして いる。	HDPEが最も多く、ゴム系が 次いで多い。近年MEPEも増 加していることを明示。	評価していない。	HDPEが最も多く、ゴム系が 次いで多い。
10. 経 済 性	PVC、ゴム系、HDPE、アス ファルト、TPUの順で単価が 低い。	PVCが安く、ゴム系、HDPE、 MEPE、アスファルトはほぼ同 じ、TPUが経済性で劣る	PVCが安く、ゴム系、HDPE、 アスファルトはほぼ同じ、 TPUが経済性で劣る評価。	PVCが安く、ゴム系、HDPE、 アスファルトはほぼ同じ、 TPUが経済性で劣る評価。
11. 最有利点	ゴム系の実績、PVCの経済 性、HDPE、TPUの耐貫通性、 アスファルトの柔軟性を評 価。	柔軟性、耐貫通性でFPA、強 度でHDPE、MEPE、実績でゴ ム系、柔軟性強度でTPU、追 従性でアスファルト、経済 性でPVCを明示。	評価していない。	柔軟性、耐貫通性でFPA、強 度でHDPE、実績でゴム系、 柔軟性強度でTPU、追従性で アスファルト、経済性でPVC を明示。
12. 最不利点	ゴム系の耐貫通性、PVCの可 塑剤、HDPEの施工性、TPUの 経済性、アスファルトの重 量が不利点	HDPEの施工性、FPAの実績、 ゴム系の強度、アスファル トの熱変形、PVCの可塑剤を が不利点。	評価していない。	HDPEの施工性、FPAの実績、 ゴム系の強度、アスファル トの熱変形、PVCの可塑剤を 明示。
13. 事例におけるの 総合評価	追従性で下層をアスファルト、 耐貫通性で上層にHDPE を選定。	追従性、強度で下層シート をFPA、強度、施工性で上層 にMEPEを選定。	強度が大きく、熱膨張率が 小さいことからFPAを上下層 に選定。	強度、耐貫通性、実績から 上下層ともHDPEを選定。電 気漏水システムを設置する ため、上下層とも同じ材質 とした。

表 19 調査対象施設における検討事例(2/2)

抽出した重要項目	⑤ 甲信越地方一般廃棄物 最終処分場(被覆型)	⑥ 中国地方産業廃棄物 最終処分場	⑦ 四国地方一般廃棄物 最終処分場	⑧ 四国地方一般廃棄物 最終処分場
1. 材質	以下の材質について、特徴(製造方法、原材料)を整理している。なお、遮水性能については、日本遮水工協会の自主基準値を満たすことからいづれも問題ないとしているのが前提である。			
(遮水性)	: 合成ゴム系【TPO-PE、TPO-PP】 : 合成樹脂系【ポリエチレンシート(HDPE、LLDPE)、ポリウレタンシート(TPU)】 : アスファルト系	: 合成ゴム系【合成ゴムシート(EPDM)、熱溶着ゴムシート(TPO、FPA)】 : 合成樹脂系【ポリ塩化ビニルシート(軟質PVC、超軟質PVC)、ポリエチレンシート(HDPE、LDPE等)、ポリウレタンシート(TPU)】 : アスファルト系	: 合成ゴム系【EPDM】 : 合成樹脂系【ポリ塩化ビニル(PVC)、ポリエチレンシート(HDPE)】 : アスファルト系	
2. 強度 (引っぱり、引き裂き)	基本物性として引張強さ、切断時伸び、引裂強さ、耐貫通性を明示し、TPUが優れていることを評価。次いでHDPE、LLDPE(MEPE)。	基本物性として引張強さ、切断時伸び、引裂強さ、耐貫通性を明示し、HDPE、MEPE、TPU、FPAが優れていることを評価。	基本物性として引張強さ、切断時伸びを明示し、TPU、HDPEが優れていることを評価。	基本物性として引張強さ、切断時伸び、引裂強さを明示し、HDPEが優れていることを評価。耐圧性、揚圧力に対する安全性も評価しているが、全ての材質同評価である。
3. 地盤への追従性	アスファルトが優れていること、HDPEが劣っていることを評価。	EPDM、FPA、アスファルトが優れている評価。次いでMEPE。	柔軟性としてHDPEを低評価。他材質は同一評価。	HDPEを低評価。他材質は同一評価。
4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカリ性、溶出性)	HDPEが最も安定している評価、TPU、アスファルトが加水分解性により低評価。	HDPEが最も安定している評価、PVCの可塑剤についての懸念で低評価。	有害物質の溶出としてPVCの問題性を明示し、不採用とした。	HDPEを高評価。
5. 耐久性	TPO、HDPEが高評価、アスファルトが低評価。	TPUの紫外線を受け加水分解の可能性、PVCが他材質より劣る評価。	メーカー保証耐用年数として30年以上のものを採用。	HDPEを高評価。
6. 熱安定性	TPUが高評価、HDPE、TPOが膨張率から低評価。	ポリエチレンの温度収縮が大きいことで低評価。	線膨張係数を示し、TPOを高評価、LLDPEを低評価。	温度について安定範囲を示し、ほぼ同評価である。
7. 接着方法 (接着性)	接着強度を示し、TPU、HDPEを評価。	熱溶着を推奨し、可能な材質は同等評価している。EPDMのみ不可	熱溶着が不可であるEPDMを不採用とした。	HDPEを高評価。
8. 施工性 (施工速度、損傷防止性、損傷モニタリング性、補修性)	融着温度範囲が広く、しわがでにくいことから、TPO-PPが高評価。次いでLLDPE。HDPEは硬さから、TPUは融着温度範囲が狭いことから、アスファルトは幅が狭く接着部分が多いことから低評価。	HDPEの硬さによる施工性の不利を明示。他材質は同等評価。	柔軟性としてHDPEが硬く、それ以外を柔らかいと評価している。	EPDMが広幅加工できることから高評価とし、他材質については同一評価。
9. 実績	TPO、HDPEが多いが近年LLDPE(MEPE)が増加していることを明示。	HDPEが最も多く、ゴム系が次いで多い。近年MEPEも増加していることを明示。	HDPEが最も多く、TPOが次いで多い。	HDPEが最も多く、EPDMが次いで多い。近年PVCが減少していることを明示。
10. 経済性	TPUが劣るが他材質はほぼ同一評価。	PVCが安く、ゴム系、HDPE、アスファルトはほぼ同じ、TPUが経済性で劣る評価。	TPO、HDPE、ほぼ同じ、ついでアスファルト、TPUが経済性で劣る評価。	EPDM、PVC、HDPE、は同一、アスファルトが若干経済性で劣る評価。
11. 最有利点	評価していない。	柔軟性、耐貫通性でFPA、強度でHDPE、実績でゴム系、柔軟性強度でTPU、追従性でアスファルト、経済性でPVCを明示。	評価していない。	評価していない。
12. 最不利点	評価していない。	HDPEの施工性、FPAの実績不足、ゴム系の強度、アスファルトの熱変形、PVCの可塑剤を明示。	評価していない。	評価していない。
13. 事例についての総合評価	実績自体ではHDPEが勝るが、構造物の取り合い部等の施工性からLLDPE(MEPE)を選定。	電氣的漏水検知システムを設置することから、上下層を同一材質とすることで、追従性、強度で下層シートをMEPE、強度で上層にHDPEを選定。	強度が優れていることと、実績から上下層ともHDPEを選定。	上下層とも耐久性、耐薬品性、近年の実績に優れたHDPEを選定。

表 20 事例調査対象施設におけるシート選定上の決定要因となった重要項目と設置条件

抽出した重要項目	重要項目に依存する条件	①北海道地方 一般廃棄物	②東北地方産 業廃棄物	③関東地方 一般廃棄物	④甲信越地方 一般廃棄物	⑤甲信越地方 一般廃棄物	⑥中国地方産 業廃棄物	⑦四国地方一 般廃棄物	⑧四国地方一 般廃棄物
1. 材 質 (遮水性)	廃棄物の種類 立地条件 (地形)	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 強 度 (引っぱり、引き裂き)	廃棄物の種類 立地条件 (地形) 地盤 (地質) 条件	●	●	●	●	●	●	●	●
3. 地盤への追従 性	立地条件 (地形) 地盤 (地質) 条件	●	●	-	-	-	●	-	-
4. 化学特性 (耐酸性、耐アルカ リ性、溶出性)	廃棄物の種類 立地条件 (地形) 地盤 (地質) 条件	-	-	-	-	-	-	-	●
5. 耐久性 (耐 候 性)	構造物タイプ	-	-	-	-	-	-	-	●
6. 熱安定性	廃棄物の種類 立地条件 (地形)	-	-	●	-	-	-	-	-
7. 接 着 方 法	立地条件 (地形) 構造物タイプ	-	-	-	●	-	●	-	-
8. 施 工 性 (施工速度、損傷防 止性、損傷モニタリ ング性、補修性)	立地条件 (地形)	●	●	-	-	●	●	-	-
9. 実 績	立地条件 (地形)	-	-	-	-	●	-	-	●
10. 経 済 性	立地条件 (地形)	-	-	-	-	-	-	-	-
11. 最有利点	全般	-	-	-	-	-	-	-	-
12. 最不利点	全般	-	-	-	-	-	-	-	-
13. 事例において の総合評価	全般	-	-	-	-	-	-	-	-

ハッチング部:立地条件により大きく影響を受ける重要項目(表 15 に基づいて設定)

●:決定要因となっていたことを示す。

表 21 トレンチ型処分施設における遮水シート選定に係る項目の重要度の再設定（下側面シート）

評価項目	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における前提条件	重要度見直しにおいて検討した内容	廃掃法の管理型処分施設における重要度	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における重要度
1. 材質	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における前提条件 ・適切な期間、漏えいが生じないこと	廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の透水性を求めるとともに、重要度の変更はない。研究施設等廃棄物においても、技術的・社会的にも重要な評価要素である。	A 1	A 1
2. 強度（引っ張り、引き裂き）	・平地であり、基礎形成が比較的容易で施工性も制約を受けない。 ・埋設対象物は容器に収納され、シートに対する耐貫通性は重要ではない。	造成工事においてシート基礎は、適性が高い形状とすることに加え、対象廃棄物は容器に入れられた形状で処分されること、遮水シート周辺には十分な保護土が施工されることから、管理型相当処分場に比べシートに対する物理的なリスクは小さいと考えられることから、重要度を下げた。	A 1	A 2
3. 地盤への追従性	・基礎形状は造成工事で十分な対応が可能	十分な敷地面積をもつ平地に設置することから、法面勾配等は適切な設計対応が可能と考えられ、追従性を問われる基礎形状としないことから、重要度を下げた。	A 2	B
4. 化学特性（耐酸性、耐アルカリ性、溶出性）	・廃棄物は容器に入れられて処分される。 ・性状は、廃掃法におけるものと同様	原子炉等規制法の技術基準等から、埋設対象廃棄物自体には、有害な化学物質が含まれるおそれは少ないが、社会的な安心の観点より大きな耐化学性を求めることとし、重要度を挙げた。	A 2	A 1
5. 耐久性（耐候性）	・性能を維持する期間は、廃掃法と同様又はそれ以上となる場合も有りうる。	原子炉等規制法の技術基準等から、シート等では覆われるため、廃掃法における管理型相当処分場に比して、最も著しく劣化を生じさせる要因となる紫外線に露出される期間は短い。覆土後の劣化は、紫外線に露出している場合より少ないとされているが、研究施設等廃棄物の処分場ではその管理期間の長さを考慮し、耐久性は廃掃法と同様に最重要である。	A 1	A 1
6. 熱安定性	・露出期間は短期であり、埋設後は温度変化は少ない。	原子炉等規制法の技術基準等から、シート等では覆われるため露出期間が短期間であり、埋設後は温度変化が小さいことから、重要度を下げた。	A 2	B
7. 接着方法（接着性）	・処分作業中は覆いをするが、シート施工中は覆いがないことを想定する。	廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の接着性があればよく、重要度の変更はない。	A 2	A 2
8. 施工性（施工速度、損傷防止性、損傷防止タリシグ性、補修性）	・基礎形状は造成工事で十分な対応が可能	廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の施工性があればよく、重要度の変更はない。	B	B
9. 実績	-	シートの放射線損傷は、考慮する必要がないことから、廃掃法における管理型処分場で採用されている実績が豊富なものが望ましい。この観点から、重要度の変更はない。	B	B
10. 経済性	-	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設においても、廃掃法における管理型処分場で遮水シート部材を選定・評価法と同様の考え方に基づくことから、重要度の変更はしない。	B	B
11. 最有利点	-	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設においても、廃掃法における管理型処分場で遮水シート部材を選定・評価法と同様の考え方に基づくことから、重要度の変更はしない。	A 1	A 1
12. 最不利点	-		A 1	A 1
13. 本条件における総合評価	-		A 1	A 1

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較検討される評価項目

B: A1、A2 に次いで重要な項目

表 22 トレンチ型処分施設における遮水シート選定に係る項目の重要度の再設定（上側面シート）

評価項目	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における前提条件	重要度見直しにおいて検討した内容	廃掃法の管理型処分施設における重要度	研究施設等廃棄物のトレンチ型処分施設における重要度
1. 材質	・適切な期間、漏えいが生じないこと	廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の透水性を求めると、重要度の変更はない。研究施設等廃棄物においても、技術的・社会的にも重要な評価要素である。	A 1	A 1
2. 強度（引取り、引き裂き）	・基盤の勾配や整成状態はシートの要求を十分満たすように造成工事で配慮する。 ・遮水シート基盤は埋設廃棄物上の覆土である。	遮水シート基盤は埋設廃棄物上の覆土であることから、若干の沈下を想定する必要がある。廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の強度があればよく、重要度の変更はない。	A 1	A 1
3. 地盤への追従性	基盤形状は造成工事で十分な配慮がされる。	上面シート敷設面は、埋設廃棄物上の覆土であることから、不等沈下が発生することも予想される。その場合、シートが不等沈下に追従できることが遮水機能の保全につながるため、重要度は大きくなる。	A 2	A 1
4. 化学特性（耐酸性、耐アルカリ性、溶出性）	・廃棄物は容器に入れられて処分される。 ・性状は、廃掃法におけるものと同等	原子炉等規制法の技術基準等から、埋設対象廃棄物自体には、有害な化学物質が含まれるおそれは少ないが、社会的な安心の観点より大きな耐化学性を求めることとし、重要度を挙げた。	A 2	A 1
5. 耐久性（耐候性）	・性能を維持する期間は、廃掃法と同等又はそれ以上となる場合も有りうる。	原子炉等規制法の技術基準等から、シート等は覆われるため、廃掃法における管理型相当処分場に比して、最も著しく劣化を生じさせざる要因となる紫外線に露出される期間は短い。覆土後の劣化は、紫外線に露出している場合より少ないとされているが、研究施設等廃棄物の処分場ではその管理期間の長さを考慮し、耐久性は廃掃法と同様に最重要である。	A 1	A 1
6. 熱安定性	・露出期間は短期であり、埋設後は温度変化は少ない。	原子炉等規制法の技術基準等から、シート等は覆われるため露出期間が短期間であり、埋設後は温度変化が小さいことから、重要度を下げた。	A 2	B
7. 接着方法（接着性）	・処分作業中は覆いをするが、シート施工中は覆いが無いことを想定する。	廃掃法における管理型処分場で採用されている遮水シート部材と同等の接着性があればよく、重要度の変更はない。	A 2	A 2
8. 施工性（施工速度、損傷防止性、積働モータリオンク性、補修性）	基盤形状は造成工事で十分な配慮がされる。	施工条件も含めた処分場の形状、法面勾配によってシートとの重量、柔軟性、接合方法が評価される。特殊な施工条件や工期の制約は基本的に避けられるように計画されるので重要度は低い評価要素である。	B	B
9. 実績	-	シートの放射線損傷は、考慮する必要がないことから、廃掃法における管理型処分場で採用されている実績が豊富なものが望ましい。この観点から、重要度の変更はない。	B	B
10. 経済性	-		B	B
11. 最有利点			A 1	A 1
12. 最不利点			A 1	A 1
13. 本条件における総合評価			A 1	A 1

A1:シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2:設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較検討される評価項目

B: A1、A2 に次いで重要な項目

表 23 トレンチ型処分施設における遮水シートの評価・選定(1/2) (低弾性タイプ: 上面及び下面)

	評価重要度	低弾性タイプ		
		合成ゴムシート	ポリ塩化ビニールシート	
		EPDM	PVC (軟質)	PVC (超軟質)
		エチレン・プロピレンジエンモノマー		
1. 材質 評価点	A1 評価点倍率 ×3	○ 2点 6点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
2. 強度 評価点	下側面A2 評価点倍率 2倍	△ 1点	○ 2点	○ 2点
	上側面A1 評価点倍率 3倍	下側面:2点 上面3点	下側面:4点 上面6点	下側面:4点 上面6点
3. 地盤への追従性 評価点	下側面B 評価点倍率 1倍	◎ 3点	○ 2点	○ 2点
	上側面A1 評価点倍率 3倍	下側面:3点 上面9点	下側面:2点 上面6点	下側面:2点 上面6点
4. 化学特性 評価点	A1 評価点倍率 3倍	○ 2点 6点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
5. 耐久性 評価点	A1 評価点倍率 3倍	○ 2点 6点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
6. 熱安定性 評価点	B 評価点倍率 1倍	○ 2点 2点	△ 1点 1点	○ 2点 2点
7. 接着方法 評価点	A2 評価点倍率 2倍	△ 1点 2点	○ 2点 4点	○ 2点 4点
8. 施工性 評価点	B 評価点倍率 1倍	○ 2点 2点	○ 2点 2点	○ 2点 2点
9. 実績 評価点	B 評価点倍率 1倍	○ 2点 2点	△ 1点 1点	△ 1点 1点
10. 経済性 評価点	B 評価点倍率 1倍	○ 2点 2点	○ 2点 2点	◎ 3点 3点
11. 最有利点 評価点	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点 3点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
12. 最不利点 評価点	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点 3点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
13. 本条件における総合評価 評価点	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点 3点	△ 1点 3点	△ 1点 3点
評価点合計		下側面:42点 上面49点	下側面:34点 上面40点	下側面:36点 上面42点
評価結果		-	-	-

◎ (3点とした) 特に優れている ○ (2点とした) 優れている △ (1点とした) 標準程度又は比較的劣る。
 なお、◎、○、△の評価は、表 17 に示したとおりである。

A1: (評価点の倍率×3とした)シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目

A2: (評価点の倍率×2とした。)設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較検討される項目

B: (評価点の倍率×1とした。)A1、A2に次いで重要な項目

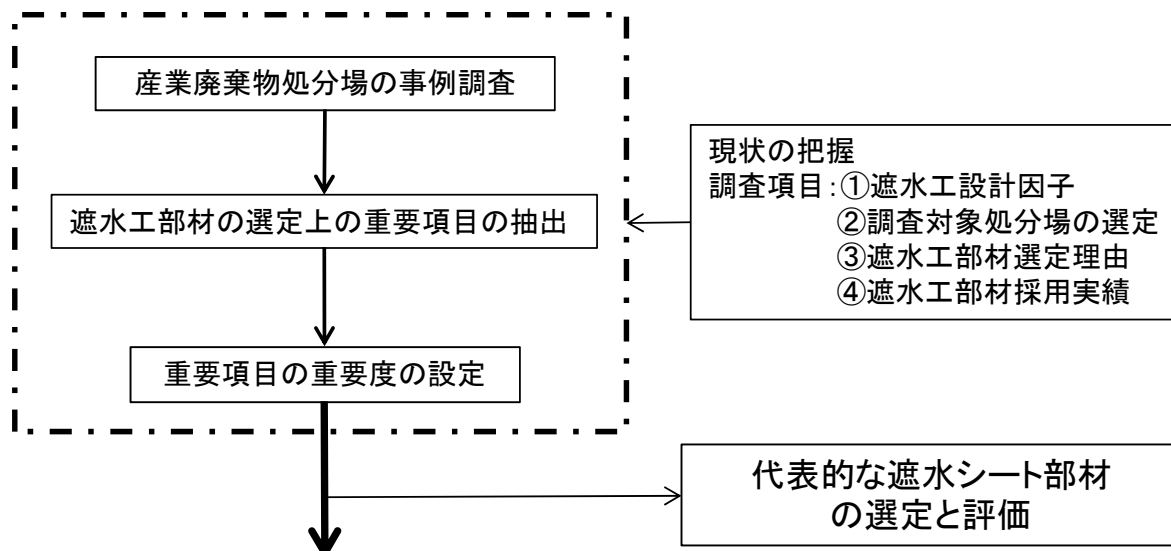
表 23 トレンチ型処分施設における遮水シートの評価・選定(2/2)
(中・高弾性タイプ：上面及び下面)

	評価重要度	中弾性タイプ			高弾性タイプ
		熱融着ゴムシート		低密度ポリエチレンシート	ポリエチレンシート
		TPO	FPA	MEPE	HDPE
		ポリレフィン系/エラストマー	フルキブル・ポリプロピレン・アロイ	メチレン触媒ポリエチレン	高密度ポリエチレンシート
1. 材質	A1 評価点倍率 ×3	○ 2点	○ 2点	○ 2点	○ 2点
評価点		6点	6点	6点	6点
2. 強度	下側面A2 評価点倍率 2倍	○ 2点	○ 2点	◎ 3点	◎ 3点
評価点	上側面A1 評価点倍率 3倍	下側面:4点 上面6点	下側面:4点 上面6点	下側面:6点 上面9点	下側面:6点 上面9点
3. 地盤への追従性	下側面B 評価点倍率 1倍	○ 2点	◎ 3点	○ 2点	△ 1点
評価点	上側面A1 評価点倍率 3倍	下側面:2点 上面6点	下側面:3点 上面9点	下側面:2点 上面6点	下側面:1点 上面3点
4. 化学特性	A1 評価点倍率 3倍	○ 2点	○ 2点	○ 2点	◎ 3点
評価点		6点	6点	6点	9点
5. 耐久性	A1 評価点倍率 3倍	○ 2点	○ 2点	○ 2点	○ 2点
評価点		6点	6点	6点	6点
6. 熱安定性	B 評価点倍率 1倍	△ 1点	△ 1点	○ 2点	△ 1点
評価点		1点	1点	2点	1点
7. 接着方法	A2 評価点倍率 2倍	○ 2点	○ 2点	○ 2点	○ 2点
評価点		4点	4点	4点	4点
8. 施工性	B 評価点倍率 1倍	○ 2点	○ 2点	○ 2点	△ 1点
評価点		2点	2点	2点	1点
9. 実績	B 評価点倍率 1倍	○ 2点	△ 1点	△ 1点	○ 2点
評価点		2点	1点	1点	2点
10. 経済性	B 評価点倍率 1倍	○ 2点	○ 2点	○ 2点	○ 2点
評価点		2点	2点	2点	2点
11. 最有利点	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点	○ 2点	○ 2点	◎ 3点
評価点		3点	6点	6点	9点
12. 最不利点	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点	△ 1点	○ 2点	△ 1点
評価点		3点	3点	6点	3点
13. 本条件における総合評価	A1 評価点倍率 3倍	△ 1点	○ 2点	◎ 3点	◎ 3点
評価点		3点	6点	9点	9点
評価点合計		下側面:44点 上面50点	下側面:50点 上面58点	下側面:58点 上面65点	下側面:59点 上面64点
評価結果		-	-	上面シート選定材質	下側面シート選定材質

◎(3点とした)特に優れている ○(2点とした)優れている △(1点とした)標準程度又は比較的劣る。
なお、◎、○、△の評価は、表18に示したとおりである。

A1:(評価点の倍率×3とした)シートに求められる基本特性等であり最重要項目として比較検討される項目
A2:(評価点の倍率×2とした。)設計対応等により、シートそのものに求められる項目ではないが、重要評価項目として比較検討される項目
B:(評価点の倍率×1とした。)A1、A2に次いで重要な項目

【産業廃棄物処分場における遮水工部材選定方法の検討】



【研究施設等廃棄物の処分施設における遮水工部材選定方法の検討】

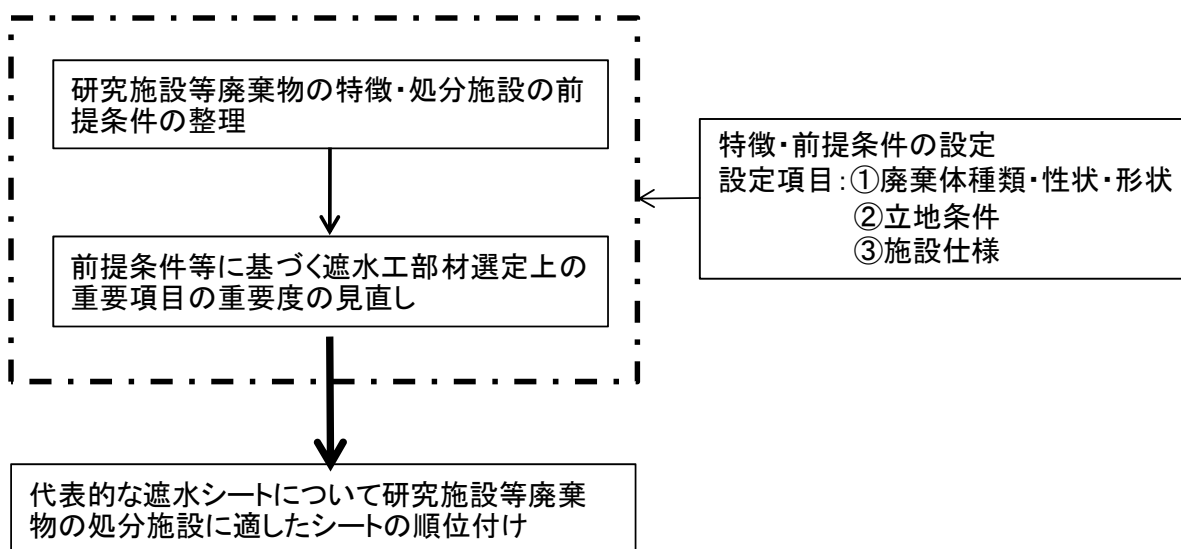


図1 検討の手順

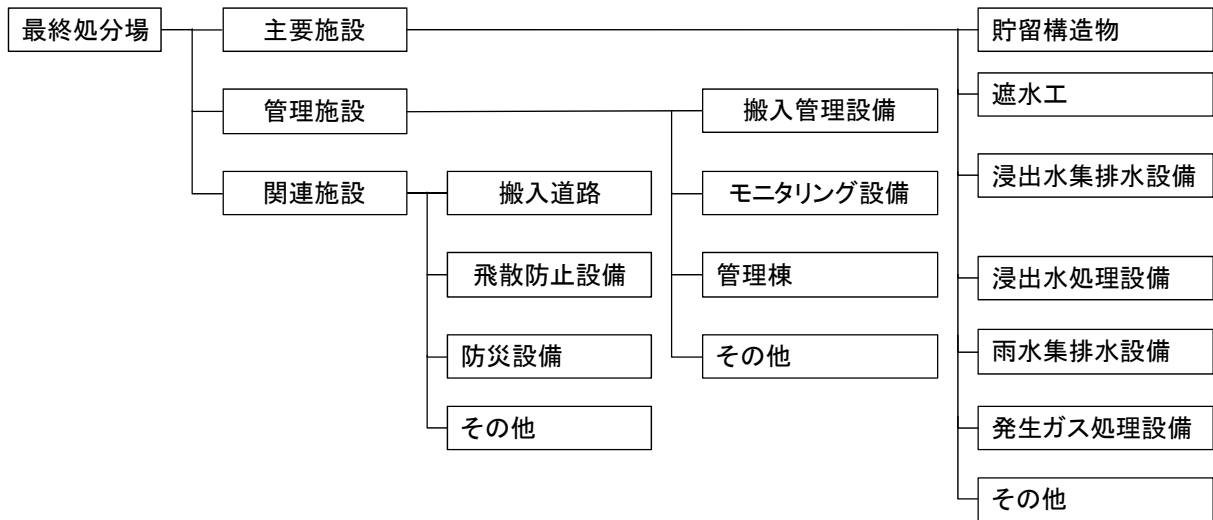


図2 最終処分場の施設構成¹⁾

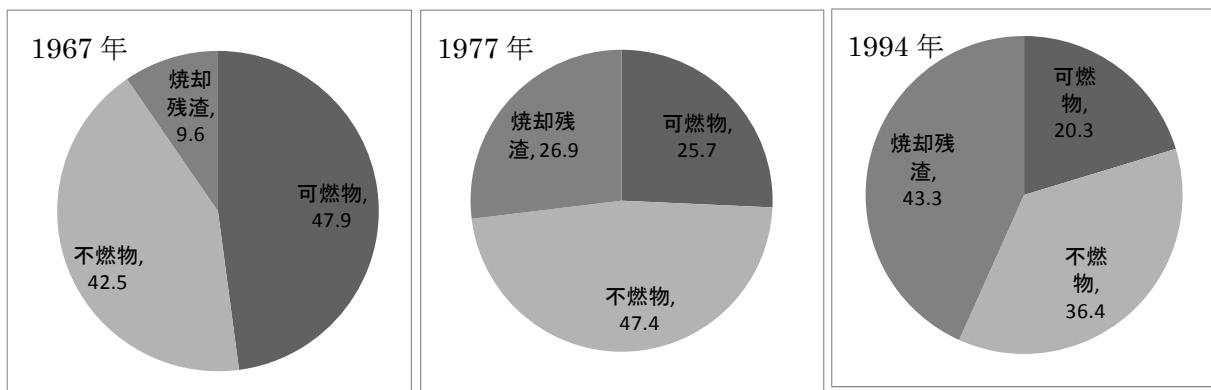


図3 埋立廃棄物質の遷移⁵⁾

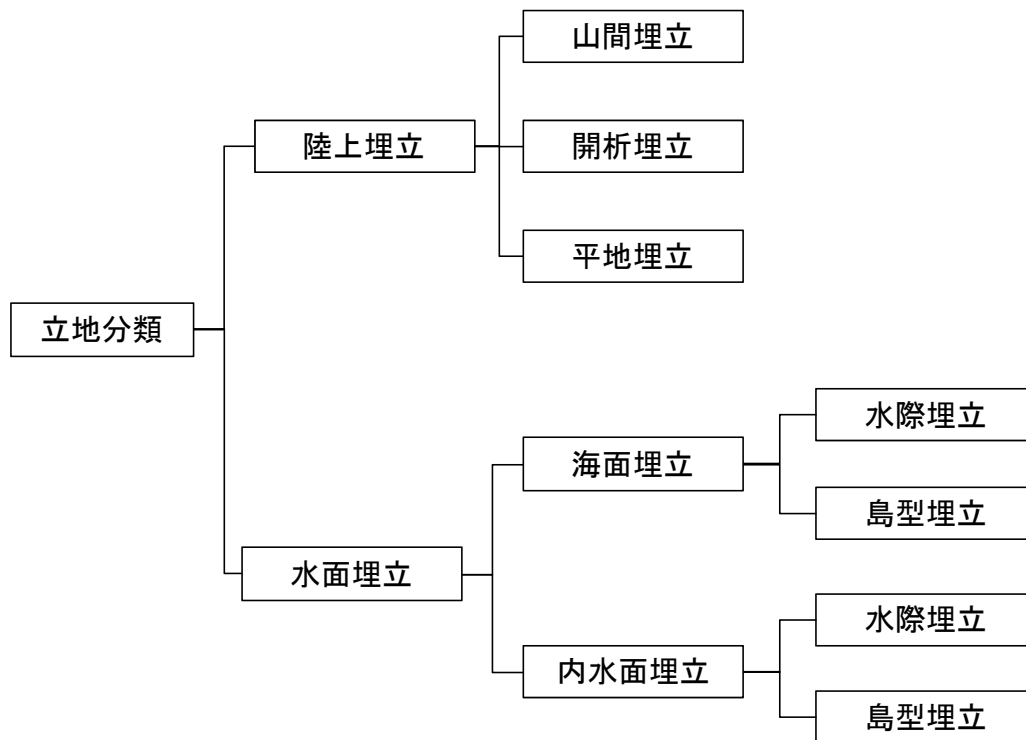


図4 廃棄物処分場の立地分類⁷⁾

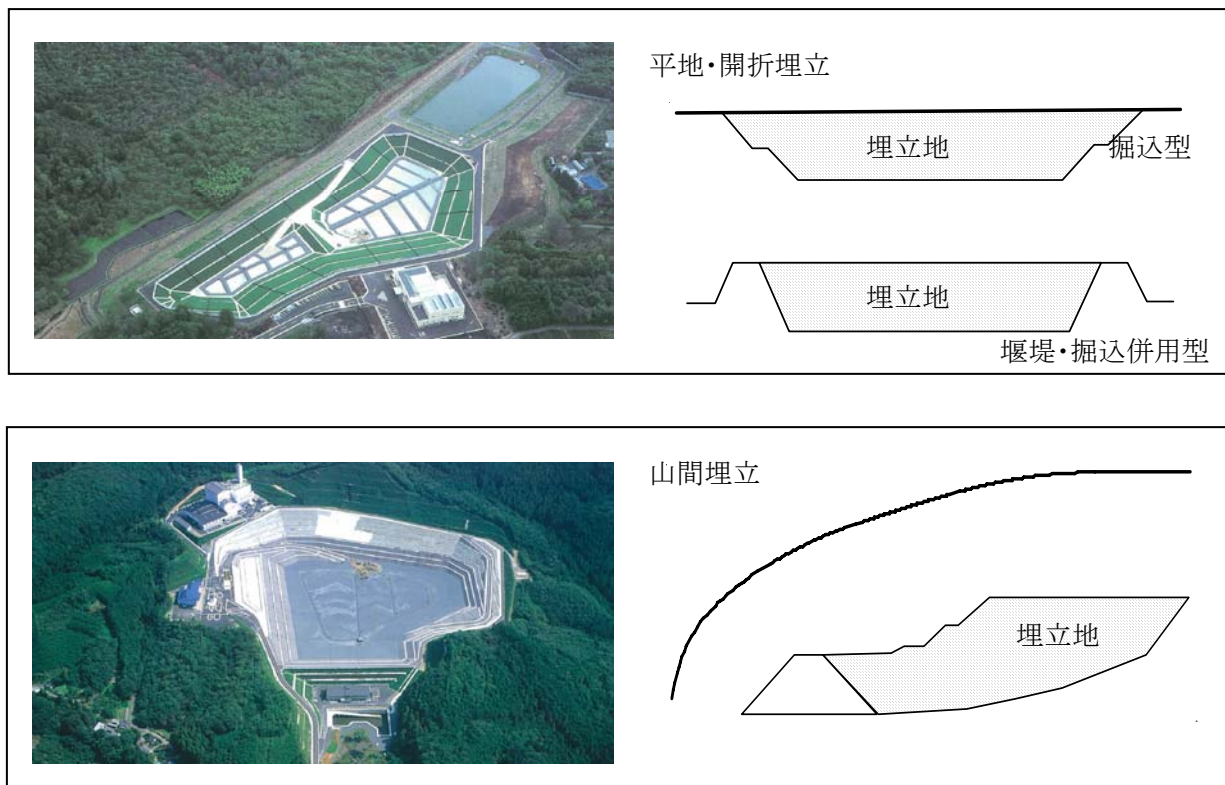


図5 山間埋立と平地埋立処分場⁷⁾

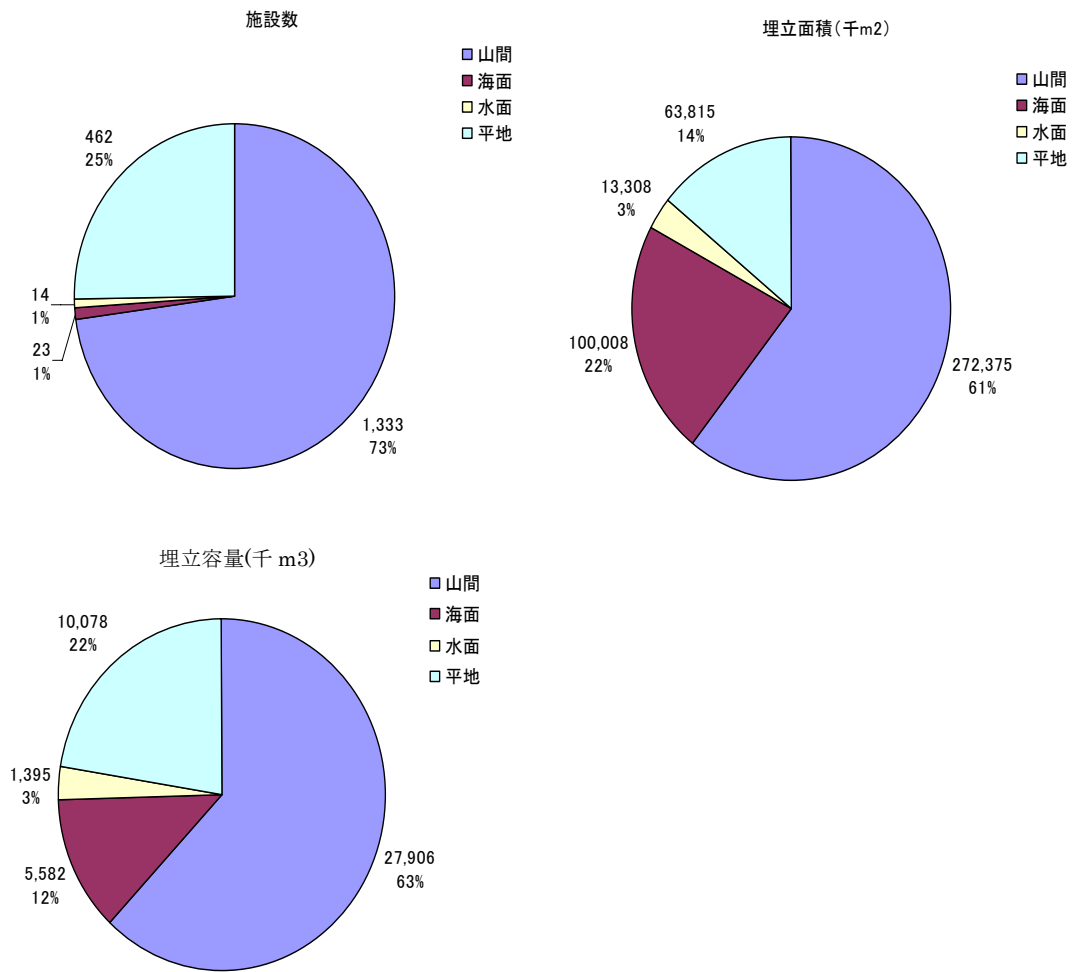


図6 日本の処分場の立地による分類⁸⁾

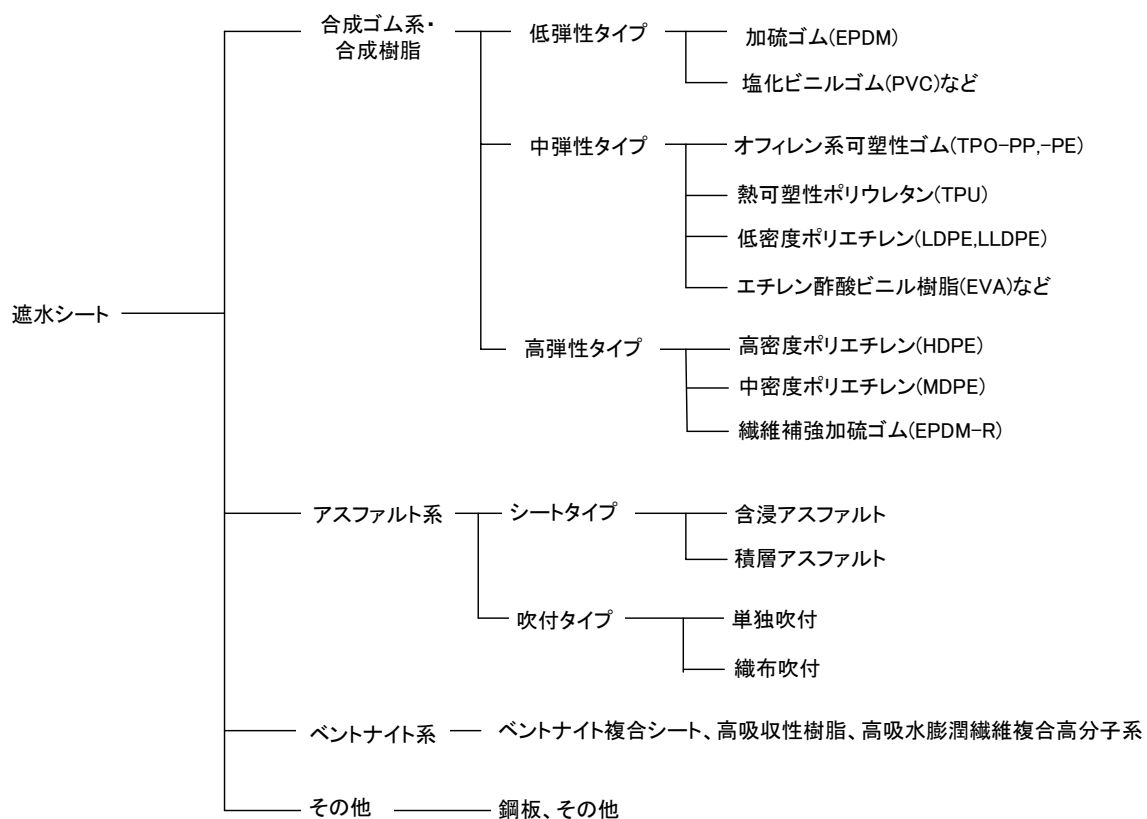


図7 遮水シートの分類¹²⁾

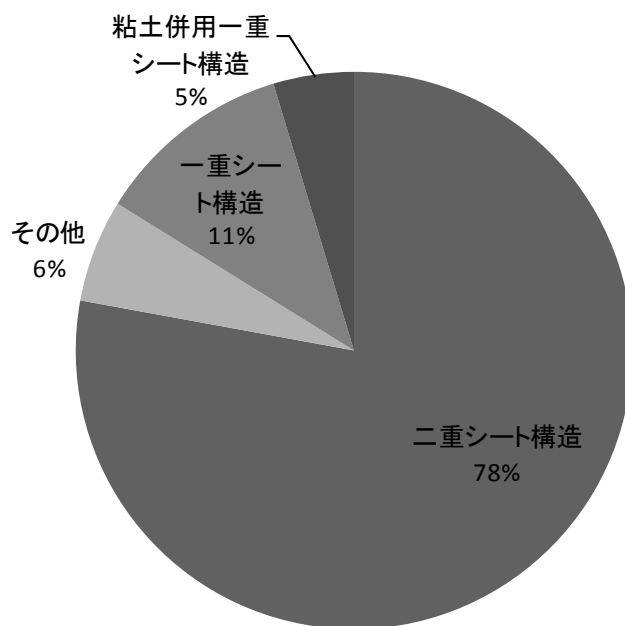


図8 二重遮水工の実績（底面部）¹³⁾

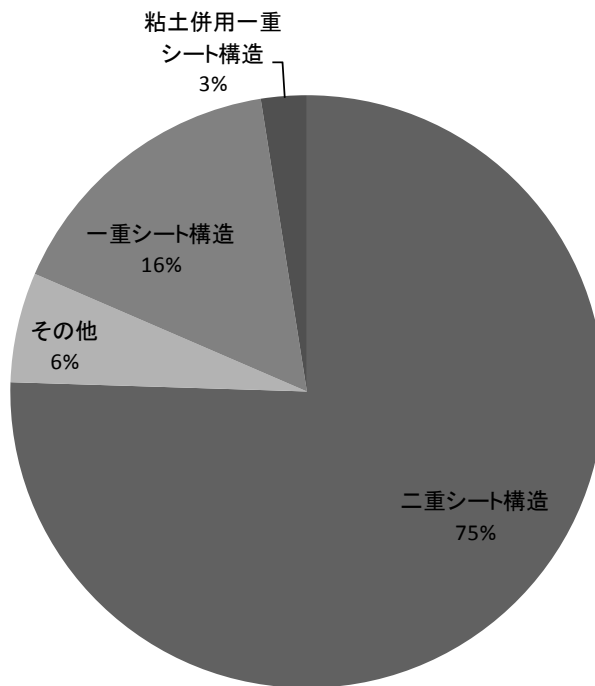


図9 二重遮水工の実績（法面部）¹³⁾

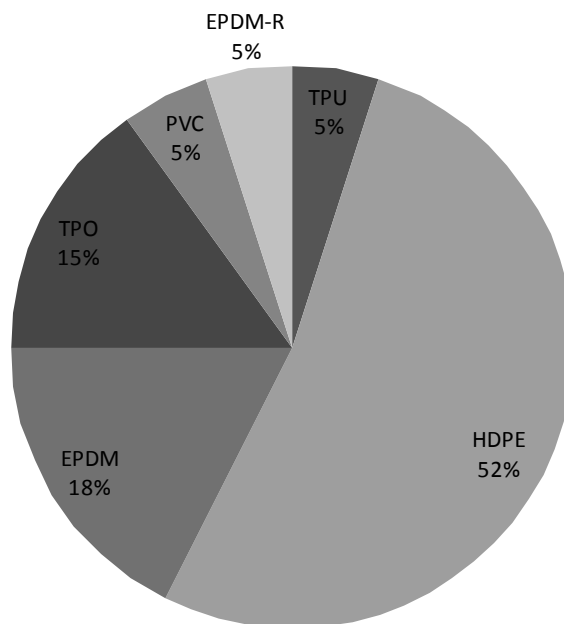


図10 遮水シート材質の使用割合(上部遮水シート)¹⁴⁾

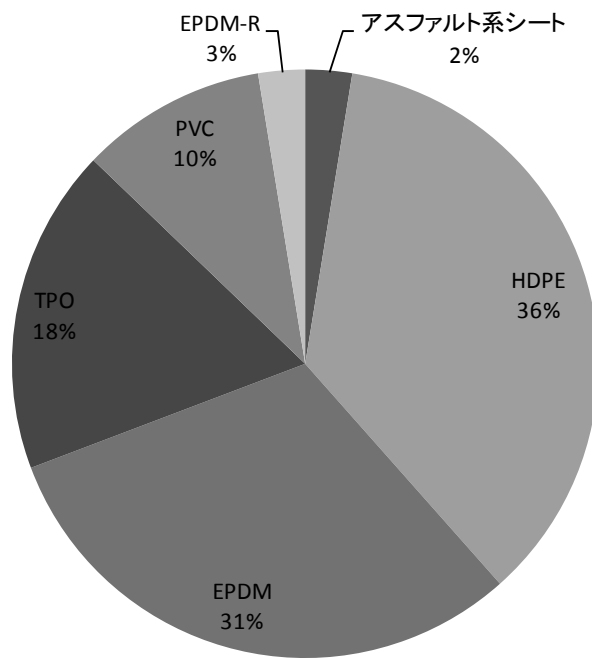


図 11 遮水シート材質の使用割合(下部遮水シート)¹⁴⁾

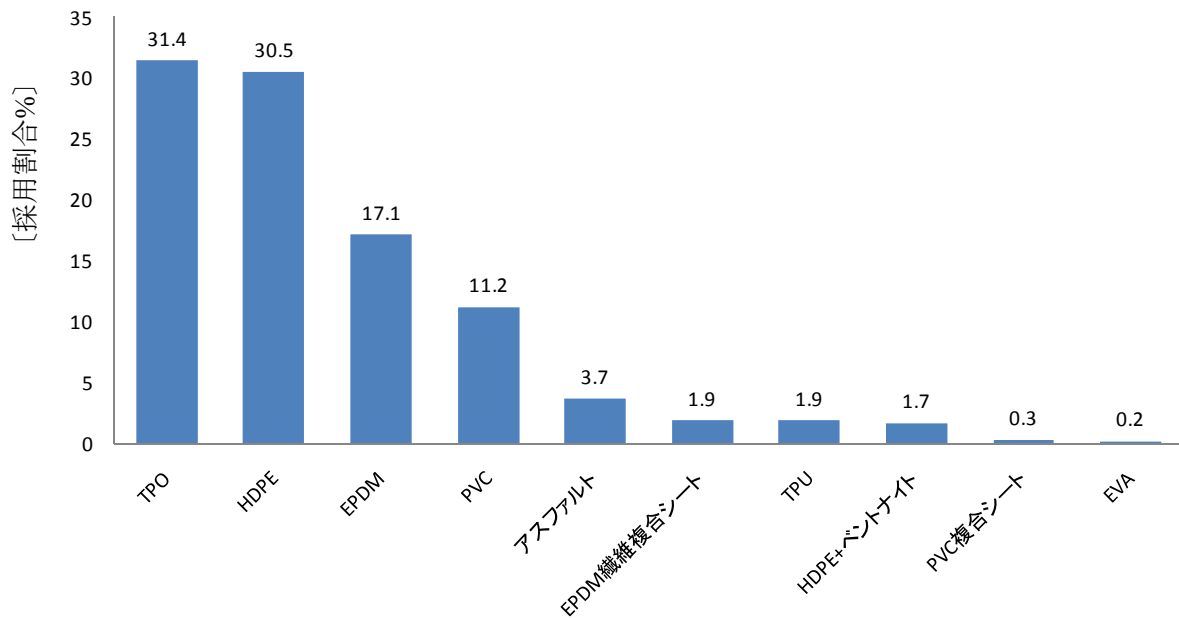


図 12 1993年～1998年までの遮水シートの採用実績¹³⁾

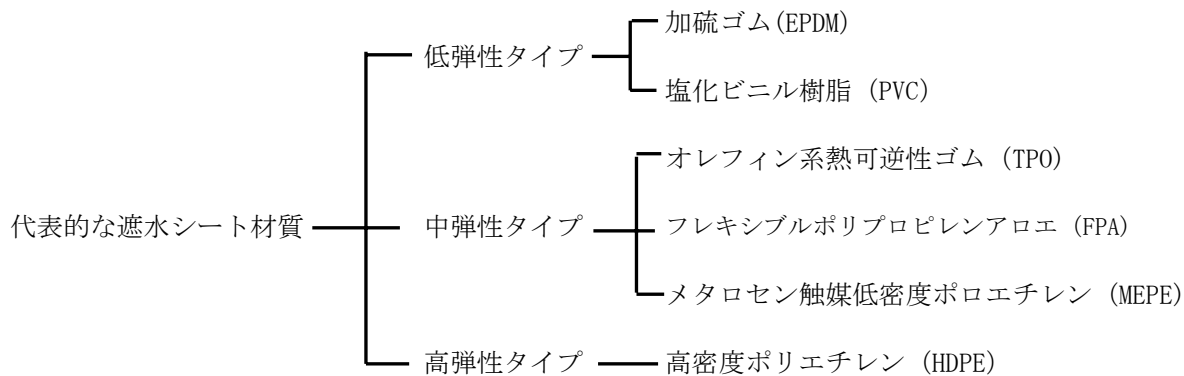
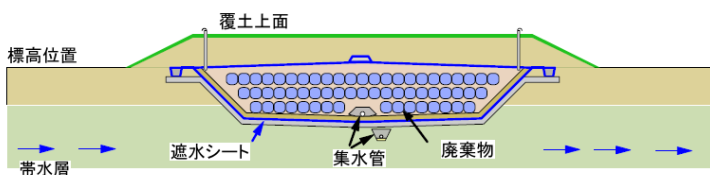
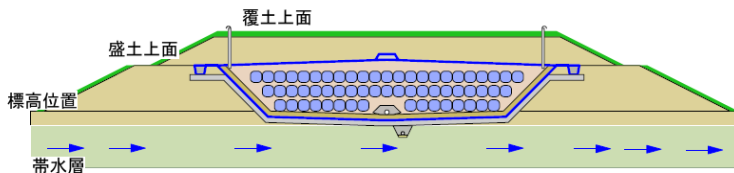


図 13 代表的な遮水シート材質

Case-1
地上から掘削し、施設の一部が地下水中に存在するトレンチ型の処分施設



Case-2
処分施設が地下水と接しないように必要な盛土を行って建設するトレンチ型の処分施設



Case-3
地上から廃棄物を積み上げて建設するチュムリ型の処分施設

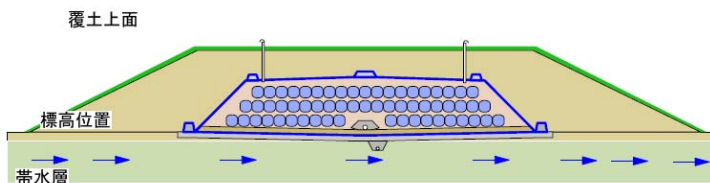


図 14 想定する 3 ケースの概略図

付録

This is a blank page.

遮水シートの耐放射線性に係る評価

目 的

現在検討中のトレンチ型埋設処分施設に遮水シートを使用する場合、放射性廃棄物の定置から処分施設の開放までの期間に放射性廃棄物に含まれる放射性物質から受ける線量を評価するとともに、これと遮水シートの高分子系材料に係る既存の耐放射線性データと比較し、遮水シートを使用した場合の安全性に係る耐放射線性能を評価する。

2. 遮水シートが受ける線量の評価

2. 1 前提条件

遮水シートは、トレンチの内面（底辺、側面）に敷設した後、厚さ 50cm（廃掃法の規定による。）の保護用の土砂を被せ、その上に放射性廃棄物を定置する。放射性廃棄物の定置完了後は、放射性廃棄物の上面に厚さ 25cm（特に規定はないが、保守的に薄くした。）の土砂を被せ、その上面に当該シートを敷設することとした。

線量評価に係る計算の前提条件等は以下の通り。

- (1) 使用計算コード：QAD-CGGP2
- (2) 評価対象核種：Co-60 (1. 25MeV×200%/ 1 崩壊)
- (3) 線源強度（埋設設備 1 基）：5. 4 E+13 Bq；下記①×②×③
 - ① 放射性廃棄物の体積（埋設設備 1 基）：5, 800 m³
放射性廃棄物の定置本数（29, 000 本）に体積（0. 2m³）を掛けた値
 - ② 線源密度：1. 5 g/cm³*1
当該埋設処分対象廃棄体に係る体積と重量の評価結果に基づいた
 - ③ 線源の放射能濃度：8. 1E+09 Bq/ton
現行の原子炉等規制法における簡易型（トレンチ型）埋設設備に係る評価対象核種の政令濃度上限値
- (4) 線源形状（埋設設備 1 基）：埋設設備の高さと、高さの中間点にある面を有する直方体積線源とした（幅 20 m、長さ 140 m、高さ 3. 5 m）。
- (5) 評価部位：埋設施設の側面及び定置された放射性廃棄物の上面に被せる土壌を考慮する場合と考慮しない場合について評価した。
 【土壌を考慮する場合】線源の側面を覆う厚さ 50cm の土壌表面及び線源の上面を覆う厚さ 25cm の土壌表面
 【土壌を考慮しない場合】線源の側面及び上面
- (6) 評価時期（照射期間）：放射性廃棄物を定置してから 50 年間；線源強度の減衰を考慮。

2. 2 評価結果

【土壌を考慮する場合】

側面： 2. 53E-03 kGy

*1 念のため、線源密度を 1.0 及び 2.0g/cm³にして評価したが、ほとんど同じ結果となった。

上面： 4.20E-02 kGy

【土壌を考慮しない場合】

側面： 6.06E-01 kGy

上面： 6.11E-01 kGy

3. 高分子系材料に係る既存の耐放射線性データ

遮水シートの高分子系材料の使用状況から、高密度ポリエチレン、熱可塑性ポリウレタン及びオレフィン系熱可塑性ゴムを対象に、既存の耐放射線性のデータを掲載した文献^{*2}を用いて、日本遮水工協会の自主基準を参考に、放射線照射前の引張強さの80%^{*3}を担保しうる線量の上限值を調査した。

なお、簡易型埋設施設は、内部の空隙を土壌等により充填するとともに、施設全体を覆土することから、遮水シートはほとんどの期間、酸素が十分でない環境下に置かれることとなる。

【高密度ポリエチレン】

窒素気流中での γ 線照射 (2 試料) 約 150、750 kGy

(参考) 0.5MPa の酸素加圧下での γ 線照射 (1 試料) 約 10 kGy

【熱可塑性ポリウレタン】

空气中 γ 線照射 (3 試料) 約 390、670、780 kGy

(参考) 0.7MPa の酸素加圧下での γ 線照射 (3 試料)

約 290、290、350 kGy

【オレフィン系熱可塑性ゴム】 文献に該当するデータが見つからないことから、エチレン・プロピレンゴム(熱可塑性ではない)の値を参考として記載した。

He 気流中での γ 線照射 約 1,100 kGy

4. 結 論

現在使用頻度の高い高分子系材料である高密度ポリエチレン、熱可塑性ポリウレタン及びオレフィン系熱可塑性ゴムで作製されている遮水シートを、簡易型埋設施設に使用する場合、当該施設に定置された放射性廃棄物に含まれる放射能が小さいことから、これに起因する放射線により、遮水シートの主要な性能である引張り強さに及ぼす影響は極めて小さいと考えられる。

^{*2}大強度陽子加速器施設開発センター計画グループ:高分子系材料の耐放射線特性とデータ集, JAEAR-Data/Code 2003-015, (2003)

^{*3}日本遮水工協会の自主基準における耐久性(引張強さ)に係る基準値(基本特性値×80%)に基づいた。

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立法メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	他のSI単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s
電荷, 電気量	クーロン	C	s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	Vs
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	K
光照射度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)
放射線量	グレイ	Gy	J/kg
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq	s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg
酸素活性化	カタール	kat	s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV.2002.70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位	
	名称	記号
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s
表面張力	ニュートンメートル	N m
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²
誘電率	ファラド毎メートル	F/m
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的関係は、 対数量の定義に依存。
ベール	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

