JAEA-Research 2008-111



放射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与える 懸念事象の相対的重要度把握のための 体系的評価手法の有用性の例示

A Demonstration of the Usefulness of the Systematic Approach to Evaluate the Importance of Concerns Affecting the Geological Disposal of Radioactive Wastes

> 大井 貴夫* 稻垣 学 川村 淳 江橋 健

Takao OHI*, Manabu INAGAKI, Makoto KAWAMURA and Takeshi EBASHI

地層処分研究開発部門 システム性能研究グループ

Performance Assessment Research Group Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2009

日本原子力研究開発機構

Japan Atomic Energy Agency

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(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) 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, 2009

放射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与える懸念事象の相対的重要度把握のための 体系的評価手法の有用性の例示

日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット 大井 貴夫*, 稲垣 学*, 川村 淳*, 江橋 健

(2008年12月18日受理)

放射性廃棄物の地層処分の安全評価においては、様々な観点から懸念事象が抽出され、それら に対する評価・研究が精力的に行われている.これらの懸念事象の相対的な重要度を明示するこ とは、関連する評価・研究の効率的な実施や安全評価の信頼性の向上に資する重要な課題である. この課題に対応するため、これまで「放射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与える懸念事象 の相対的重要度把握のための体系的評価手法」が整備されてきた.本報では、重要度の提示の具 体化に伴い上記の手法を見直すとともに、「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術 的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-」の検討結果や既存の包括的感度解析の成果を 用いて、本手法の有用性について例示的検討を行ったのでその結果を示す.

本手法は、すべてのシナリオを統一的に取り扱い、相互に影響を及ぼす場の条件の変化を表現 可能な総合評価作業フレーム(TAWF)と "Redundant Approach"と呼ぶ感度解析手法から構成さ れる手法である. TAWF は、懸念事象の相対的重要度の判定の検討の網羅性と合理性を向上させる ためのフレームである. また、"Redundant Approach"は、既存の包括的感度解析手法を用いて、 定量的な情報が得られない条件下においても処分の安全な実施に係る条件(成立条件)を Bounding Analysis(保守的に境界を見積もった分析)的に提示し、それを検討の外枠として、安全 な処分を実施するために重要な個々の評価研究をより詳細に絞り込んでいくアプローチである.

本手法用いた検討により, TAWF に則って整備した情報に基づき, 安全機能(ガラスの安全機能)と懸念事象(天然現象の影響)の関係をパラメータの連鎖として具体的に例示した. さらに,

"Redundant Approach"から、ガラス固化体の溶解速度の上昇と安全性への影響の関係が定量的 に示され、火山活動の影響に対する処分の安全評価の信頼性をより頑健に提示するためには、ガ ラス固化体の溶解速度に対する温度変化や地下水組成の変化の影響、さらには、温度変化や地下 水組成の変化に及ぼす火山活動の影響に関する検討を行うことが重要な検討項目の一つであるこ とが示された.これらの検討を様々な懸念事象や安全評価パラメータを対象として行い、懸念事 象の類型化の検討を行うことにより、懸念事象の相対的な重要度の提示が可能になると考える. また、上記の結果は、これまで漠然としていた安全評価に対する個々の研究成果の寄与・反映先・ 意義を具体的に提示する重要な情報であると考える.

本手法に基づいて,更なる情報整理を行うことにより,懸念事象の相対的な重要度の提示が可 能になるとともに,関連する重要な研究の効果的な実施を通じて放射性廃棄物の地層処分の安全 評価の信頼性の向上が図られると考える.

- 核燃料サイクル工学研究所(駐在):〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33
- * 原子力発電環境整備機構へ出向中
- ※ 技術開発協力員

A Demonstration of the Usefulness of the Systematic Approach to Evaluate the Importance of Concerns Affecting the Geological Disposal of Radioactive Wastes

Takao OHI*, Manabu INAGAKI*, Makoto KAWAMURA* and Takeshi EBASHI

Geological Isolation Research Unit Geological Isolation Research and Development Directorate, Japan Atomic Energy Agency Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 18, 2008)

Concerns relating to the safety assessment for geological disposal have been identified and have been the subject of extensive research. Being able to demonstrate the relative importance of the concerns systematically is a critical issue to prioritize and undertake relevant research more effectively as well as to improve the reliability of safety assessment. In order to address this issue, the systematic approach to evaluate the importance of concerns affecting the geological disposal of radioactive wastes has been developed in existing study. This paper reviews this approach and demonstrates the usefulness of this approach by using an example application based on the H12 report and existing sensitivity analysis.

This systematic approach is composed of a Total Assessment Work Frame (TAWF) to represent the change of conditions for interconnected fields with a unified structure for all scenarios and the sensitivity analysis named "Redundant Approach". TAWF is a structure to improve the comprehensiveness and rationality of the examination to identify the relative importance of the concerns. In addition, in the Redundant Approach, the conservative successful condition is identified as the results of bounding analysis in the safety assessment under no sufficient quantitative information on the influence of the concerns. The Redundant Approach is a special approach to give the minimum requirement of importance of concerns based on this condition and to refine the importance research items.

In this study, the example of the chain of the representative parameters representing the relationship between the safety assessment parameter of vitrified waste as a starting point and the volcanoes/magma activity was shown based on the information organized by using TAWF. Furthermore, the influence properties of the assessment parameters and successful conditions obtained from the Redundant Approach gave the following valuable information ; the investigation of the impact of the change of temperature and composition of groundwater on the glass dissolution rate and the impact of the volcanoes/magma activity on the change of temperature and composition of groundwater are important issues in order to improve the reliability of the assessment parameters, and typifying of the influence of concerns allow us to represent the relative importance of the concerns.

These results are important information representing concretely the contribution of the outcome of each study to the safety assessment. Future investigations based on this approach will help to conduct relevant research more effectively and improve the reliability of safety assessment.

Keywords: Importance, TAWF, Successful Condition, Sensitivity Analysis, Redundant Approach

^{*} On loan to Repository Concepts Development, Science and Technology Department, Nuclear Waste Management Organization of Japan

[※] Collaborating Engineer

目 次

1.	はじめに ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 1
2.	方法論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 1
2.	1総合評価作業フレーム (TAWF) に基づく評価の前提条件の整理 ・・・・・・・・・・・・・・・・	·2
2.	2前提条件毎の感度解析から得られる成立条件に基づく重要度の提示 ・・・・・・・・・・・	•4
3.	結果 •••••	• 6
4.	まとめ ・・・・・	12
謝話	······································	13
参考	考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	14

付録1 「場の条	.件・状態」の定義 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
付録2 線量に対	する透水量係数の影響度特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
付録3 成立条件	との比較によって得られる安全裕度の概念 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
付録4 「地質環	境条件」に関する情報整理の例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
付録5 ガラス固	化体の「設計仕様」に関する情報整理の例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
付録6 ガラス固	化体の「処分環境条件」に関する情報整理の例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
付録7 ガラス固	化体の「安全機能」に関する情報整理の例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32

Contents

1.	Introduction	1
2.	Methodology	1
	2.1 Organization of the information based on TAWF·····	2
	2.2 Examination of the relative importance based on the successful condition	4
3.	Results	6
4.	Conclusion ······1	2
A	cknowledgement	3
Re	eferences ·······1	4

Appendix 1 Definition of "condition of field"16
Appendix 2 Influence property of transmissivity on dose 17
Appendix 3 Concept of safety margin obtained from comparison with successful condition18
Appendix 4 Example of organized information on "geological condition"20
Appendix 5 Example of organized information on "design specification" of vitrified glass26
Appendix 6 Example of organized information on "disposal condition" of vitrified glass
Appendix 7 Example of organized information on "Safety function" of vitrified glass

表 目 次

表 1	「場の条件・状態」毎の議論のポイントと代表的パラメータ・・・・・・・・・・・・・・・・
表 2	成立条件抽出のために設定した主要なパラメータの変動範囲・・・・・・・・・・・・・・・・8
表 3	Cs に対する成立条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

図 目 次

図 1	総合評価作業フレーム (TAWF) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••2
図 2	懸念事象の影響を評価するための前提条件の整理の概念 ・・・・・・・・・・・・・・・・・	••4
図 3	代表的なパラメータの連鎖(ガラス固化体の安全機能の例) ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••7
図 4	線量と透水量係数の関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••9
図 5	Cs-135の緩衝材からの放出量とガラスの溶解速度の関係に対する分配係数の影響特性	•10
図 6	Cs-135の緩衝材からの放出量とガラスの溶解速度の関係に対する拡散係数の影響特性	• 10

付録表 目 次

付録4表1	「地質環境条件」の代表的パラメータとそれに影響を
	及ぼす懸念事象(天然現象等)との関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・20
付録4表2	地質環境条件の設定に関する情報整理 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・21
付録5表1	ガラス固化体の「設計仕様」の代表的パラメータとそれに影響を
	及ぼす地質環境条件や懸念事象等との関係 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・26
付録5表2	設計仕様(ガラス固化体)の設定に関する情報整理 ················27
付録6表1	ガラス固化体の「処分環境条件」の代表的パラメータとの関係 ・・・・・・・・・31
付録7表1	ガラス固化体の「安全機能」の代表的パラメータとの関係 ・・・・・・・・・・・32

付録図 目 次

付録2図1	線量に対する透水量係数の影響度特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
付録3図1	成立条件と前提条件の比較によって得られる安全裕度の概念 ・・・・・・・・・18

1.はじめに

放射性廃棄物の地層処分に係る研究においては、様々な観点から懸念事象が抽出され、それらの影響を把握するための研究・評価^{1),2),3),4)}が精力的に行われている.しかし、これらの懸念事象が「どのような場合にどの程度の影響を与え、それが、処分の安全においてどのような意味を有するか」についての検討、そして、これらの検討に基づいて示される「懸念事象の相対的な重要度」に関する検討は、これまで十分にはなされていない.このような懸念事象の相対的な重要度に関する検討は、関連する研究・開発・評価の効率的な遂行や処分システムの安全性に対する評価の信頼性を向上させる上で有用な情報を与えるものであり、放射性廃棄物の地層処分に係る重要な課題である.

放射性廃棄物の地層処分の実施においては、関連する研究開発プロジェクトを合理的かつ 効率的に実施するため、それらの研究開発プロジェクトに含まれる個々の研究開発要素(調 査/観測・研究/開発・評価等)の相対的重要度を判断することの重要性が高まっている⁵⁾. この相対的重要度の判断に用いられる判定指標は、必ずしも一つの観点からなるものでは なく、処分システムの「安全性」や「実現性」、さらには「信頼性」や「経済性」等の、い くつかの観点が考えられる.相対的重要度の判断においては、これらの観点を総合的に考 慮する必要がある.ユッカマウンテンのプロジェクト(YMP)⁵⁾ではこれらの研究開発要素の 重要度を総合的に判断するために、「判定指標の設定と適合評価」を含む、多属性効用分析 (Multi - Attribute Utility Analysis: MAUA)が用いられている.

本研究では、このような複数の観点からなる総合的な重要度判断に資するため、上述の観 点の中から「安全性」という観点に着目し、懸念事象の相対的重要度の同定に関する検討 を行った.検討においては、まず、これまで懸念事象の重要度に関する検討がなされなか った要因分析を行うとともに、その分析結果に基づき、既存の研究⁶⁾によって整備された「放 射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与える懸念事象の相対的重要度把握のための体系 的評価手法(以下"懸念事象の相対的重要度把握のための体系的評価手法"と呼ぶ)」の見 直しを行った.さらに、見直しした手法と、既存の評価結果^{3),7),8)}に基づいて、本手法の有 用性に関する検討を行った.本報では、これらの結果を例示する.

2. 方法論

これまで、様々な観点から懸念事象が抽出され、処分の安全性に対する検討が行われてき た.しかし、懸念事象が処分の安全性に与える影響を定量的な情報に基づいて検討し、そ の相対的な重要度を示すことは困難であった.本研究では、これらの要因を以下のように 考えた.

①様々な懸念事象の影響を相互に比較するための統一的な評価フレームが存在しないため相対的な重要度の検討が困難であった。

②懸念事象が処分の安全性に与える影響は、ほとんどの場合、直接的なものではなく、間に複雑な様々な現象が介在している。そのため、懸念事象が処分の安全性に与える影響

を把握・理解するためには、それらの関係に関する情報が必要となる.しかし、現状、 それらの関係を結びつける定量的な情報は必ずしも十分存在せず、結果として、どの程 度の懸念事象が安全機能にどの程度の影響を及ぼすかの定量的な情報は得られていない. ③安全性を損なうと見なされる場合の個々の安全機能の定量的な状況が提示されていな いため、安全機能がどの程度変化すれば、どの程度安全に影響を与えるかの定量的な情 報がない.

本研究では、これらの要因を踏まえ、放射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与える懸 念事象の相対的重要度の提示を可能とするため、下の2つの手順を採用することとした.

・総合評価作業フレーム(TAWF)⁶⁾に基づく評価の前提条件の整理

・前提条件毎の感度解析から得られる成立条件^{4),9)}に基づく重要度の提示

後者は,既存の研究⁶によって整備された「懸念事象の相対的重要度把握のための体系的 評価手法」を要因分析結果の②,③に基づいて見直した部分である.以下それぞれの手順 について説明する.

2.1 総合評価作業フレーム(TAWF)に基づく評価の前提条件の整理

総合評価作業フレーム(TAWF)は、相対的な重要度を判定するため、FEP分析(様々な懸 念事象によって生起する処分システムの安全性への影響に関する分析)等の結果を整理し、 多様な懸念事象に係る情報を統一的に表現するための構造を表したものである(図1参照).



図1 総合評価作業フレーム (TAWF)

この構造に沿って,懸念事象の影響による条件等の変化を効果的に整理・類型化(共通の 整理項目と多段階の類型化ステップの採用)し,安全評価を行うための前提条件として可 能な限り定量的にまとめることとする.

この総合評価作業フレームでは、情報や条件等の変化の整理の対象として、複数の「場の 条件・状態」を設定し、これらの「場の条件・状態」毎に懸念事象に係る情報やその影響 による条件等の変化を整理する.このような複数の「場の条件・状態」の設定により、懸 念事象の影響による条件等の変化の類似性の検討が多段的に行われるため、効果的な類型 化が可能になると考える.ここでは、「場の条件・状態」として、統一的に「地質環境条件 (表層環境条件も必要に応じて考慮)」、「設計仕様」、「処分環境条件」、「安全機能」を考え

た. それぞれの「場の条件・状態」の定義を付録1に示す.

また,情報や条件等の変化の整理を行うため,これらの「場の条件・状態」を対象領域(ガ ラス固化体,オーバーパック,緩衝材, EDZ(処分施設),母岩)ごとに区分する.さらに, これら領域毎に区分された情報や条件等の変化を定量的に整理するため,既存のシナリオ の整理方法^{10),11),12)}を参照し,T【熱】,H【水理】,M【力学】,C【化学】,G【幾何形状】 を整理項目として設定し,個々の領域でそれらの項目ごとに分類して整理する.

整理においては、まずは既存の評価報告書を参照し、それぞれの「場の条件・状態」に含まれる個々の領域において、THMCG 毎に重要な議論のポイントとその議論のポイントに関連する代表的なパラメータを抽出し、評価の基本となるケース(基本ケース)とそれに擾乱を与える懸念事象とを分け、以下の情報を出典とともに可能な限り定量的に整理することとする.

・基本ケースにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化)方法・設定の考え方

・基本ケースにおける代表的パラメータ等の設定値

・代表的パラメータ等に影響を与える懸念事象

・懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による代表的なパラメータの変化量(AP)

ここで、上記の代表的パラメータ等に影響を与える懸念事象の抽出においては、対象とする「場の条件・状態」のパラメータに影響を与える事象として既に認識されている天然現象やガス影響、コロイド影響、微生物影響、放射線影響に関する事象に加え、代表的なパラメータ値の検討において設定されている仮定や条件が成り立たない場合や、個々の現象モデルの不確実性をも懸念事象として抽出し、それらが生起/存在する場合の代表的なパラメータに対する影響も検討する.

このようにして「場の条件・状態」毎に整理された代表的なパラメータの変化やそれらに 関する情報を「場の条件・状態」間において関係づけることによって、個々の懸念事象の 影響の伝播は代表的なパラメータの連鎖として整理され、最終的に安全評価パラメータと の関係として示される.これらの代表的なパラメータの連鎖をそれぞれ懸念事象毎に整理 し、「場の条件・状態」毎に代表的なパラメータの変化の組み合わせの類似性を検討するこ とにより、懸念事象の影響の類型化を図る.この類型化により、懸念事象の影響の検討の 網羅性と合理性が向上すると考える.これらの安全評価パラメータを含む代表的パラメー タの変化に関する情報は,最終的に懸念事象の影響を評価するための前提条件としてまと められる.図2に懸念事象の影響を評価するための前提条件の整理の概念を示す.

以下,整備された前提条件毎に実施する感度解析並びにそれに基づいて得られる成立条件 を用いた懸念事象の重要度の提示について示す.



図2 懸念事象の影響を評価するための前提条件の整理の概念

2.2前提条件毎の感度解析から得られる成立条件に基づく重要度の提示

感度解析においては、まず、整備・類型化された前提条件を参考にして、全ての安全評価 パラメータの値や変動範囲を設定する.そして、これらに基づいて、複数の安全評価パラ メータを同時に変動させた多変数の感度解析を行い、処分の安全性に対して影響の大きい 安全評価パラメータの影響特性を把握する.

付録2に、線量に対する透水量係数の影響度特性を例示する.

このような安全評価パラメータの影響特性を参考にして、与えられた前提条件毎に、安全 性の基準を下回る安全評価パラメータの組み合わせである成立条件(処分が安全に成立す るための十分条件)を、影響度の高い安全評価パラメータの組み合わせを用いて抽出する. この成立条件は、安全性に対する個々のパラメータの安全裕度の有無や程度を示す指標と なるもので、安全評価パラメータによって示される安全機能がどの程度変化すれば、どの 程度安全に影響を与えるかを表す定量的な情報である.この成立条件の概念は Ghosh ら¹³⁾ によって示された,「好ましくない条件においても目標を達成できるような救世主的な条 件」の概念と同様のものと考えられる.

懸念事象の影響を評価するための前提条件として,個々の「場の条件・状態」を代表する パラメータの相互の関係やそれらの値,変動範囲に関する定量的な情報が与えられる場合 は,成立条件と代表的なパラメータに含まれる安全評価パラメータの値または範囲との比 較から,安全評価パラメータの安全裕度の有無およびその程度が示されるだけでなく,前 提条件を構成する他の代表的なパラメータの安全裕度の有無およびその程度が示され,安 全性に対する影響の観点から懸念事象の重要度の議論が可能になる.

特定の安全評価パラメータを例とした場合の成立条件と安全評価パラメータとの比較に よって得られる安全裕度の有無およびその程度の検討の概念を付録3に示す.成立条件は, 前提条件に依存して変化するため,多様な前提条件毎に成立条件を整備する必要がある.

一方,懸念事象に関する知見が十分得られない,あるいは,サイトが特定されていないな ど,現状のほとんどの場合において,代表的なパラメータの連鎖(影響の伝播)の把握は, 定性的なものにとどまるかもしれない.また,これらのパラメータの値や変動範囲の設定 に関しても大きな不確実性が含まれることが予想される.このような場合は,以下のよう な手順("Redundant Approach"と呼ぶ)に基づいて,懸念事象の重要度に関する検討を行 う.

- ・従来実施してきたように、専門家の判断や現状とりうる最大限の情報を活用し、対象と する懸念事象を定め、それに対して予想される前提条件を保守的に設定し、それに基づ いて保守的な成立条件を求める。
- ・代表的なパラメータの連鎖(影響の伝播)を懸念事象まで辿り,懸念事象,または、それに至るまでに存在するキーとなる影響因子を同定する.
- ・成立条件によって得られる安全評価パラメータの具体的な値を念頭に置き、懸念事象あるいは、キーとなる影響因子の生起の可能性や条件・状態を検討し、成立条件の達成の確からしさを定性的あるいは半定量的に検討する.
- このような検討に基づき、データの充足度や安全の基準を満たす見通しなどの観点から 対象とした懸念事象の重要度の議論を行う.
- ・これらの検討と並行して、代表的なパラメータの連鎖(影響の伝播)が同一とみなせる
 懸念事象を抽出し、含まれる代表的なパラメータの変動範囲の違いを考慮して、類型化
 に関する検討を行う。
- ・類型化された懸念事象については、その類型化の観点を整理する.また類型化された懸 念事象とそれに対応する成立条件との関係やそれらの重要度との関係を整理し、どのような特性を有する懸念事象がどのような成立条件と関係するかの傾向や特性をまとめる.
- ・以上の検討から得られる重要度が高い懸念事象やそれに関連する研究等を優先的に実施 し、情報を収集・蓄積することで、懸念事象の重要度の検討の詳細度を向上させていく.

"Redundant Approach"は、既存の包括的感度解析手法を用いて、定量的な情報が得られ ない条件下においても処分の安全な実施に係る条件(成立条件)を Bounding Analysis(保 守的に境界を見積もった分析)的に提示し、それを検討の外枠として、安全な処分を実施す るために重要な個々の評価研究をより詳細に絞り込んでいくアプローチである.この手法 の適用によって、懸念事象に関する十分な情報が存在しない場合においても、代表的なパ ラメータの連鎖(影響の伝播)と成立条件によって、地層処分の安全性に影響を与える可 能性のある重要な懸念事象等の条件・状態に関する知見の整備が進み、優先すべき研究や 更なる情報取得が必要な対象の絞り込みが可能になると考える.

3. 結果

「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2 次取りまとめー(以下「H12レポート」と称す)」³⁾の情報を例題として「懸念事象の相対的 重要度把握のための体系的評価手法」の適用を試みた. 手法の適用においては、「場の条件・ 状態」毎に既存の評価において示されているレファレンスケース(本検討において基本ケ ースと見なした)の考え方や代表的なパラメータの値、さらには、それらを求めるために 設定した仮定や仮説を明示するとともに、代表的なパラメータに影響を与える懸念事象等 との関係や懸念事象の取扱い方についても整理した.表1にガラス固化体に着目した場合 の各「場の条件・状態」毎に抽出した議論のポイントとそれに関係する代表的なパラメー タを示す.また、付録4、5、6、7に「地質環境条件」とガラス固化体に着目した場合 の「設計仕様」、「処分環境条件」「安全機能」を代表するパラメータの情報整理の結果と代 表的なパラメータと懸念事象等との関係をまとめた結果について例示する.また、図3に、 ガラスの安全機能を起点とした場合の代表的なパラメータの連鎖を示す.この連鎖は、個々 の「場の条件・状態」ごとにまとめられた代表的なパラメータと懸念事象等との関係を参 照して整理したものである.この図は、代表的なパラメータの変化の原因となる個々のパ ラメータや懸念事象を下流側に配したものである.これらの代表的なパラメータの連鎖を 懸念事象毎に整理し、「場の条件・状態」毎に類型化することにより、懸念事象の影響を評 価するための前提条件がまとめられる. 今回の H12 レポートに基づく情報整理の結果では, 定量的な情報や関係は十分に得られなかった.そこで,懸念事象の重要度の議論を行うた めに, 前述した "Redundant Approach" による検討を行った.

ここでは例示的に、検討対象とする懸念事象として図3に示される火山・火成活動を選定 する.図3から、火山・火成活動は、母岩の水理場や母岩の温度、地下水の化学特性に影 響を及ぼす可能性があることがわかる.これらの変化は長期的な時間スケールで起こるた め、サイトが決まらない状況において、その変化の程度を予測することは困難である.そ こで、保守的な前提条件について検討した.

表1 「場の条件・状態」毎の議論のポイントと代表的パラメータ(ガラス固定

				地貝泉現米性							
1		Н		М		С		G		Т	
○母岩の温度		○母岩の水理場	Г	○母岩の応力場		○母岩および地下水の化		○母岩の幾何形状		○ガラス固化体の	
地温勾配	°C/100m	母岩の透水係数	m/s	一軸圧縮強度	M Pa	学的特性	I	母岩の亀裂開口幅	m	熱的特性	1
和表温度	°C	母岩の動水勾配		·····································	G Pa	化学组成	1	国口魚刻の木粉	木	ガラス固化体の執	
<u> 毛衣価度</u> 豆虫の勅仁演要	U W/m /V	○転屋砂防営の大田		理任体数	Gra	111-1-18日/12		同日电衣の平数	44	カブへ回111件の窓 に道安	W/m/ŀ
<u>す石の恐広等や</u>	W/III/K	〇間層破砕帯の水理		小ノノノ比	14.5			と同文	m	広学学	
単岩の比熱	kJ/kg/K	易		51 張強度	M Pa			マトリックス拡散深さ	m	ガフス固化体の比	kI/kg/
		破砕帯の透水量係数	m^2/s	せん断強度	M Pa			マトリックス拡散寄与面		熟	ng/ ng/
		破砕帯の動水勾配		内部摩擦角	deg			積比率		ガラス固化体の熱	1 /17
			1					母岩の厚さ(机分深度)	m	膨張係数	1 / K
			1					破砕帯の長さ	m	固化時の発熱量	LW/*
		1	+					方為開踏索	m	回口的***	K11/27
								有刻间原平	3		
								乾燥密度	kg/m°		
					-						
			-		設計	+仕様(ガラス固化体)					
Ц		М		C	цХи			C			
			-	0.255-00-0-0-					1		
カフス固化体の		〇カラス固化14の万		○カラス固化1本		○カラス固化体の幾何字的		○カラス固化体中の核			
〈埋字的特性		字的符性	—	の化字的特性	L	符性		框堂			<u> </u>
有透過度	m^2	弾性係数	M Pa	ガラス組成	1	固化ガラスの材料	I	濃縮度	%	ガラス固化体発生	
		ポマンハノレ	1	三妻の方た島		<u> 密思のは料</u>	1	1	MUD		本
		小ノノイル	\vdash	ルポッパイ士里	<u> </u>	ትዮ ሰስ ሃ / ጥ/ ጥና		燃焼度	NIVUD	#	
	1		1	0.11×+ 0.27 km	1	容器の直径	m	~	MT/U	ポニュロルトアクリ	+ /
			1	○カフスの溶解	1		1		MW	27ス固化体発生	4/
				速度		容器の高さ	m	比出力	MT/II	比率	MTU
									MIT/U		
				ポニュの対称す		ガラフ田ルは重量	Ince	運転ロ粉		技種 かいべいしけ	
				カラスの溶解速	$gm^{-2}d^{-1}$	カノハ回161半里里	кg)些報/日 次 (1次1里1~1~19	
			1	皮	5 u	田ルガラフ重量	lr.a.	再加理までの必却時間	年		
						回北カノへ重重	кg	丹処理よしの市如時間	+ -	がたたり又 しって PPE4の	
						固化ガフス谷槓	l	U,Puの移行率	%	アータ	
						容器肉厚	m	H,C,I,Clの移行率	%	構造部材データ	
						ガラス固化体の乾燥密度	$k \alpha / m^3$	その他元素の移行率	%	半減期データ	
			-			絲何受的主声捷	2	田ルまでの冷却時間	在	1 10000	
			+			戏的子中球国旗	m	回信までの行却時間	+-		
						割れによる面積の増加率					
			_	加公理培冬(生(ガラマ	国化休)				字全機能(ガラス	国化位
т			_	「た月來死不」	T(/////			G		女王城龍(ハノハ	世にお
				M				G NATION IN CONTRACTOR		核種の俗田抑	刊機能
)ガフス固化体領		○ガフス固化体領域		○ガフス固化体		○ガフス固化体領域の化字		○ガフス固化体領域の		○ガフスの溶解速	$am^{-2}d$
載の温度		の水理場		領域の応力場		的特性		幾何形状		度	gin u
						ガラス固化体の化学組成		ガラス固化体の表面積	m^2	○ガラス固化体の	m^2
			1			地下水の化学的組成	1	割れに上ろ面積の通加		表面積	· · ·
			+			ボラフの次配声度		自体のである国内の外国が自然		○割わに上る声様	
						カノハの 一种 座皮	$gm^{-2}d^{-1}$			○ 割4 いこよる 国復	
							8 u			(/) 慣 川 塗	



図3 代表的なパラメータの連鎖(ガラス固化体の安全機能の例)

地下水の流速に関連するパラメータ(透水量係数)による線量の感度特性は線形ではな く人工バリアからの核種の移行挙動に応じて,線量が変化しなくなる閾値が存在すること が知られている⁴⁾. 江橋ら^{7),8)}は,予備的な解析に基づきこの閾値を10⁻⁶m²/sとし,H12レ ポート³⁾や TRU2 レポート⁴⁾等を参照して天然バリアの吸着性を期待しないなどの保守的な 天然バリア条件を想定し,Cs,Np 等を対象として,成立条件を抽出している. この成立条 件は,地下水組成をH12 レポートの海水系,降水系,酸化性のそれぞれの組成とし,設計 等により制御できる可能性のあるガラスの溶解速度 (g/m²/y) や緩衝材厚さ(m) などを対 象とし, 10 μ Sv/y, 300 μ Sv/y を安全性に対する目標値として抽出したものである.

ここでは、この保守的な天然バリア条件を火山・火成活動の影響による保守的な前提条件 として設定し、江橋ら^{7),8)}の成果である Cs に関する成立条件に着目して、懸念事象である 火山・火成活動の影響やそれに関連する研究の重要度を定性的あるいは半定量的に検討す ることとする.

この既存の解析において前提条件を設定するために整備した主要なパラメータの変動範囲⁸⁾を表2に示す.成立条件を求めるための前提条件は表2の天然バリア関係のパラメータの保守側の値を抽出したものであり、その前提条件を表2に網かけで示す.

	° - / L		単位	変動範囲	Ħ	H12レファレンスケースの設
/////				最小値	最大値	定值
	ガラス表面積(A)		m²/can	1.7		1.7
Ι.	割れの増加率(F)		-	10		10
스	緩衝材厚さ		m	0.1	3	0.7
	オーバーパック破損時期		У	100, 1000, 1	0000	1000
	ガラス溶解速度		$g/m^2/y$	3.65×10^{-2}	2.43×10^{4}	0.365
7	溶解度	Cs	mol/l	可溶性		可溶性
, i	緩衝材への分配係数	Cs	m ³ /kg	0.001(海水系)	0.05	0.01(降水系)
	緩衝材中拡散係数	Cs	m²/s	3.0×10 ⁻¹⁰ (海水系)	6.3×10^{-9}	6×10 ⁻¹⁰ (降水系)
	動水勾配		-	0.001	0.23	0.01
天	透水量係数分布の平均値		m²/s	1×10^{-11}	1×10^{-6}	1×10^{-10}
然	亀裂開口幅の係数		-	0.1	10	2
バ	マトリクス拡散深さ		m	0.01	1	0.1
リ	マトリクス拡散寄与面積率		-	0.01	1	0.5
ア	岩盤の間隙率		-	0.003	0.5	0.02
	母岩への分配係数	Cs	m ³ /kg	0.001	10	0.05

表2 成立条件抽出のために設定した主要なパラメータの変動範囲

表2の天然バリアに関するパラメータの設定において、透水量係数の値を 10⁻⁶m²/s とす ることの妥当性を確認するため、透水量係数の範囲を 10⁻³m²/s までとし、全パラメータの変 動範囲を一様分布とみなして実施された約 2000 回の統計解析の結果から、縦軸に線量、横 軸に透水量係数をとった結果を図4に示す. 図4から、線量への影響がなくなる透水量係 数の閾値を 10⁻⁶m²/s とすることが妥当であることがわかる. 安全性に対する目標値を 10 μ Sv/y, 300 μ Sv/y とした場合の成立条件は、図4の10⁻⁶m²/sの透水量係数のラインと 10 μ Sv/y および 300 μ Sv/y の線量のラインのそれぞれの交点の値を上限値とするようなパラメータ の変動範囲の組み合わせとして与えられる. この前提条件に基づいてガラスの溶解速度を 含めて抽出された Cs に対する成立条件を間隙水および目標線量毎のパラメータの変動範囲の組み合わせとして表3に示す.



図4 線量と透水量係数の関係

表3 Csに対する成立条件

			降水系間隙	『水の場合	海水系間			
パラメー	·タ		目標線量が10 <i>μ</i> Sv/yの場合	目標線量が300 μSv/yの場合	目標線量が10 <i>μ</i> Sv/yの場合	目標線量が300 μSv/yの場合	レンスの値	
ガラス溶解速度 g/m²/y			2.5以下	75以下	2.5以下	75以下	0.365	
溶解度 Cs mol/I		mol/l	可溶性	可溶性	可溶性	可溶性	可溶性	
緩衝材への分配係数 Cs m ³ /kg		0.01以上	0.01以上	0.001以上	0.001以上	0.01		
緩衝材中拡散係数	Cs	m²/s	6×10 ⁻¹⁰ 以下	6×10 ⁻¹⁰ 以下	3×10 ⁻¹⁰ 以下	3×10 ⁻¹⁰ 以下	6×10^{-10}	
その他のパラメータ			 表2で示した変動範囲					

表3から,地下水の組成が異なるにもかかわらず,成立条件として抽出されるガラスの 溶解速度が同じ値であることがわかる.これは,抽出されたガラスの溶解速度の値におい ては,緩衝材からのCs-135の放出率が定常になり,ガラス固化体からの溶出率と等しい値 で放出され,分配係数や拡散係数の影響を受けない状態になるためである.より小さい分 配係数やより大きい拡散係数が設定された場合においては,緩衝材からの放出率がより定 常になりやすくなるため,分配係数や拡散係数の影響を受けなくなる.一方,緩衝材から の放出率が定常にならないようなより大きなKdやより小さな拡散係数が設定される場合は, ガラスの溶解速度に対する制限はさらに一層緩和されることになる.このようなCs-135の 緩衝材からの放出率とガラスの溶解速度の関係の分配係数,拡散係数の影響特性を示す結 果を図5,6にそれぞれ示す(他のパラメータはレファレンスの値で固定).



図5 Cs-135の緩衝材からの放出量とガラスの溶解速度の関係に対する 分配係数の影響特性



図6 Cs-135の緩衝材からの放出量とガラスの溶解速度の関係に対する 拡散係数の影響特性

これらの結果から,きわめて保守的な天然バリアの条件においても,ガラスの溶解速度 を制限することで Cs-135 の放出率が目標とする線量以下になる可能性があることがわかる. ここで示したガラスの溶解速度に対する制限は,ガラスの表面積及び割れによる増加を考 慮して求められた値である.そのため,H12 レポートで設定したレファレンスケースの値 を基準とした場合,ガラスの溶解速度,あるいは,割れは,目標とする線量が10μSv/yの 場合で,約6.8倍,300μSv/yの場合で200倍の裕度があることになる.

一方、懸念事象である火山・火成活動がガラスの安全機能に及ぼす影響やその重要度に ついて検討するため、図3で示すガラスの溶解速度に影響を及ぼす代表的なパラメータの 連鎖(影響の伝播)を火山・火成活動に向かって辿り、成立条件に対する適合性の見通し について検討するためにキーとなる影響因子を同定した.この結果,ガラスの溶解速度と ガラス領域における温度、地下水の化学組成の変化との関係、さらには、地質環境におけ る温度、地下水の化学組成の変化と火山・火成活動の関係を定量的に把握する必要がある ことがわかった.前述の成立条件は、きわめて保守的な天然バリア条件において目標とす る線量を満足するガラスの溶解速度の値で、処分の安全性が損なわれないようにするため の許容目安値である.このような定量的な情報の提示により、「特定のガラスの溶解速度の 変化が起こるような温度や地下水組成の変化の生起」に着目した検討を行うことが可能に なる.これにより,現実的な情報や見通しについての具体的な提示が容易になると考える. また、ガラス領域での温度や地下水組成の変化と地質環境での温度や地下水組成の変化と の関係の検討結果(熱解析および地球化学解析)から、「検討の結果得られた地質環境での 温度や地下水組成の変化が起こるような火山・火成活動の内容」に着目した検討が可能に なる.これにより火山・火成活動の発生の見通しや発生状態に関する規模,距離,様式な どの地球科学的な知見に基づいて、上記の変化の生起に関する現実的な情報や見通しにつ いての具体的な提示が容易になると考える.これらの情報や見通しは,重要度の検討にお いて定量的な情報の不足を支援する有用な情報である.また,これらの情報や見通しは, これまで漠然としていた安全評価に対する個々の研究成果の寄与・反映先・意義を具体的 に提示する重要な情報であると考える.このような検討を様々な懸念事象や安全評価パラ メータを対象として行い、類型化に関する検討を行うことにより、懸念事象の相対的な重 要度の提示が可能になると考える.

ここでは、本手法の適用可能性を確認するため、可溶性の Cs を例題として取り上げた. 本手法を用いて、安全性の観点から懸念事象の重要度に関する議論を行うためには、安全 性に影響を与える可能性のある様々な核種を対象としたより詳細な検討や、様々な前提条 件を対象とした検討が必要になる.たとえば、ガラス固化体には、Np や Pu などの難溶解性 の元素が含まれ、これらは、処分の安全性に影響を及ぼす重要な核種である.これら元素 の緩衝材からの放出は地下水の性状によって影響をうける溶解度によって制限されている. したがって、処分の安全性を論じる場合は、Cs のようなガラス固化体の溶解速度によって 制限される元素だけではなく、難溶解性の元素の放出に影響を与える溶解度についても検 討する必要がある.溶解度を人為的に制限することは困難であることから,これまで,溶 解度あるいは,それに影響を与える地下水化学に関する条件は与条件とみなされてきた. しかし,既存の研究¹⁴⁾により,溶解度制限によって与えられる放出率と等価な放出率を与 えるガラスの溶解速度の概略値を与える関係式が与えられているため,この関係式を用い て,以下の検討を行うことで,目標とする線量を満足するガラスの溶解速度を算出するこ とも可能である.

- ・上記と同様の条件および,緩衝材の分配係数,拡散係数を保守的に設定し,溶解度を 幅広く変動させ,溶解度に関する成立条件を処分の安全評価において重要となる核種 に対して算出する.
- ・それぞれの核種に対する溶解度を対象とした成立条件(溶解度)をガラスの溶解速度
 に換算し、全核種の線量が目標とする線量以下となるようなガラスの溶解速度を算出する。

算出されるガラスの溶解速度によって核種が制限される場合は、溶解度や分配係数、拡 散係数の影響を受けないより頑健な安全性を示すものとなる.しかし、このようなガラス の溶解速度は、溶解度制限による核種の放出を溶出率制限にすることを意味するため、ガ ラスの溶解度速度としては、かなり厳し目の値である.このような値に関する情報も、ガ ラスの溶解に関する研究においては重要な情報になると考える.

4. まとめ

放射性廃棄物の処分の実施を効率的に合理的に進めるとともに,処分の安全性に対する信 頼を得るためには,懸念される事象等の重要性を提示し,それに基づいた活動を進めるこ とが重要である.本研究では,処分の安全性に対する影響に着目し,H12レポートの検討結 果や既存の包括的感度解析の成果を用いて,「放射性廃棄物の地層処分の安全性に影響を与 える懸念事象の相対的重要度把握のための体系的評価手法」の適用性検討を行った.

これまで、様々な観点から懸念事象が抽出され、処分の安全性に対する検討が行われてき た.しかし、懸念事象が処分の安全性に与える影響を定量的な情報に基づいて検討し、そ の相対的な重要度を示すことは困難であった.本研究では、この要因として、「相対的な重 要度を検討するための統一的な評価フレームが存在しないこと」、「懸念事象が処分の安全 性に与える影響を把握・理解するための関係に関する情報がないこと」そして、「安全性を 損なうと見なされる場合の個々の安全機能の定量的な状況が提示されていないこと」を考 えた.そこで、本研究では、処分システムの安全機能に対する懸念事象の影響を統一され たフレーム(TAWF)に基づいて検討し、関連するパラメータ間の影響の伝播を網羅的に合理 的に整理するとともに、"Redundant Approach"と呼ぶ感度解析手法を用いて、定量的な情 報が得られない状況においても、安全性を満足するための保守的な安全機能の目安を示す ことによって、懸念事象の生起による安全性への影響の見通しの提示を容易にする手法を 整備した.また、本研究では、本手法の適用検討の例として、TAWF に則り H12 レポートの 成果を整理し、懸念事象として火山・火成活動を、それによって影響を受ける安全機能と してガラスの安全機能を考えた場合のパラメータの連鎖の例を具体的に示した.また, "Redundant Approach"を用いて、与えられた条件において、処分の安全性が損なわれな いようにするためのガラス固化体の溶解速度の変化の許容目安値(成立条件)を示した. さらに、火山・火成活動からガラスの溶解速度に至る影響の伝播に関する情報整理の結果 から、影響の伝播の過程においてキーとなる影響因子として、ガラス領域および地質環境 における温度と地下水の化学組成の変化を同定し、これらの情報に基づき、「成立条件によ って与えられる特定のガラスの溶解速度の変化が起こるようなガラス領域での温度や地下 水組成の変化の生起」や「ガラスの溶解速度が変化するような地質環境での温度や地下水 組成の変化を生じさせる火山・火成活動の内容」に着目した具体的な検討が可能になった. これにより、上記の変化の生起や活動の内容に関する現実的な情報や見通しについての具 体的な提示が容易になると考える. これらの情報や見通しは, 重要度の検討において定量 的な情報の不足を支援する有用な情報である.また、これらの情報や見通しは、これまで 漠然としていた安全評価に対する個々の研究成果の寄与・反映先・意義を具体的に提示す る重要な情報であると考える. このような検討を様々な懸念事象や安全評価パラメータと 対象として行い、類型化に関する検討を行うことにより、懸念事象の相対的な重要度の提 示が可能になると考える.

これまでの安全評価は、与えられた条件のもとで、処分の安全性がどのようなものかを 論拠とともに定量的に示すものであった.今後は、本研究で示すような重要度の把握を通 じて、処分システムが受ける様々な擾乱により、システムの安全機能がどのように変化し、 それにより安全性がどのように変わるか、さらには、それらに対して、安全性を高めるた めにはどのような対策が合理的かを提示するなど、より頑健で信頼性の高い処分システム とするための能動的な安全評価が必要と考える.本手法に基づいて、更なる情報整理を行 うことにより、重要な研究をより効果的に行うことが可能になるとともに、放射性廃棄物 の地層処分の安全評価の信頼性の向上が図られると考える.

謝辞

本報告書を作成するにあたり,地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット システム性能研究グループ 仲島邦彦氏には,解析結果のとりまとめにおいて協力いただ きました.ここに謝意を表します.

参考文献

- Nagra: "Project Opalinus: Clay Safety Report Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis) -", National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste, Technical Report NTB 02-05(2002).
- SKB: "Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar a first evaluation. Main report of the SR-Can project", Svensk Kärnbränslehantering AB, Technical Report TR-06-09 (2006).
- 3) 核燃料サイクル開発機構: "わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的 信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-分冊3 地層処分システムの安全評 価",核燃料サイクル開発機構, JNC TN1400 99-023 (1999).
- 電気事業連合会,核燃料サイクル開発機構: "TRU 廃棄物処分技術検討書-第2次TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ-",電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構,JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02 (2005).
- 5) G. D. LeCain, D. Barr, D. Weaver, R. Snell, S. W. Goodin, F. D. Hansen: "Development of the Performance Confirmation Program at Yucca Mountain, Nevada", IHLRWM 2006, Las Vegas, NV, pp. 1058-1065 (2006).
- 大井 貴夫,稲垣 学,川村 淳: "シナリオの重要度を分かりやすく提示可能なシナ リオ解析手法の整備",日本原子力研究開発機構,JAEA-Research 2008-023 (2008).
- 7) 江橋 健,小尾 繁,大井 貴夫: "高レベル放射性廃棄物地層処分における性能評価 パラメータの安全裕度評価方法の例示",原子力バックエンド研究 (2008), [Submitted].
- 8) 江橋 健,小尾 繁,大井 貴夫: "人工バリアと天然バリアのパラメータに関する感度解析-高レベル放射性廃棄物の地層処分性能評価への包括的感度解析手法の適用-", 日本原子力研究開発機構,JAEA-Research 2008-019 (2008).
- 9) T. Ohi, H. Takase, M. Inagaki, K. Oyamada, T. Sone, M. Mihara, T. Ebashi, K. Nakajima: "Application of a comprehensive sensitivity analysis method on the safety assessment of TRU waste disposal in JAPAN", Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 985, pp. 129-134 (2007).
- 10) N.A. Chapman, J. Anderson, P. Robinson, K. Skagius, C.O. Werne, M. Wi-borgh, S. Wingefors: "SITE-94: systems analysis, scenario constructionand consequence analysis denition for SITE-94", Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI Report95:26 (1995).
- 11) M. Kawamura, T. Ohi, H. Makino, K. Umeda, T. Niizato, T. Ishimaru, T. Seo: "Study on evaluation method for potential impacts of "natural phenomena" on a HLW

disposal system", 2006 EAFORM Conference, pp. 350-367 (2006).

- 12) 核燃料サイクル開発機構: "高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築-平成17年取りまとめ-,一分冊3 安全評価手法の開発-",核燃料サイクル開発機構, JNC TN1400 2005-016, pp. 4-9 4-22 (2005).
- S. T. Ghosh, Dr. Thesis: "Risk-Informing Decisions about High-Level Nuclear Waste Repositories", Massachusetts Institute of Technology, 125p. (2004).
- 14) T. Ohi. K. Nakajima: "Bounding Analysis for Solubility", Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 465, pp. 1091-1098 (1997).

付録1「場の条件・状態」の定義

地質環境条件

放射性核種が移行する天然母岩の環境条件や核種移行条件,さらには処分施設設置領域 での処分施設による擾乱を受けない天然の環境条件.地質環境条件の時間変化は,懸念 事象である「天然現象の影響」として考慮する.

·設計仕様

与えられる地質環境条件と処分施設の設計要件,さらには,予想される人工バリア材料の相互作用を考慮して求める処分施設や人工バリアの設計仕様およびその領域における 核種移行条件.

· 処分環境条件

与えられる地質環境条件と設計仕様との相互作用によって生じる可能性のある処分施設 及び近傍の天然母岩での時間的変遷を考慮した環境条件や核種移行条件.

・安全機能

地質環境条件や処分環境条件において直接間接的に発揮される個々のバリア材料に期待 される核種移行の低減に関連する機能.1つもしくは複数の安全評価パラメータで表現 される.

付録2 線量に対する透水量係数の影響度特性

全パラメータの変動範囲を一様分布とみなして実施された約 2000 回の統計解析の結果から,縦軸に線量,横軸に透水量係数をとった結果を付録2図1 に示す(後述する図4と同じ図,透水量係数の変動範囲は 10⁻³m²/s まで,他のパラメータの変動範囲等解析条件は本文表2参照).この結果を例として,透水量係数の影響度特性について説明する.

付録2図1から透水量係数の安全性に対する影響特性として以下のことがわかる.

・10⁻⁶ m²/s 以上の領域においては, 透水量係数は線量に対してほとんど影響を与えない.

 ・10⁻⁶ m²/s 以上 10⁻⁸ m²/s 以下の領域においては,透水量係数は線量に対してほぼ線形の 影響を与える.

・10⁻⁸m²/s以下の領域においては,透水量係数は線量に対して線形以上の影響を与える.

これらのことは,透水量係数が 10⁻⁶ m²/s を上回るような懸念事象がおこる場合,透水量 係数以外のパラメータの値(たとえば,インベントリ,核種の浸出率,ベントナイト中の 拡散係数等)が線量値を決定する重要な因子になり,これを制限することで,線量を低下 させる可能性があることを意味する(付録2図1 領域A参照).

また,透水量係数が 10⁻⁶ m²/s を下回るような懸念事象の場合は,透水量係数が小さけれ ば小さいほど,崩壊による核種の減衰が顕著に現れるようになるため,線量が低下する度 合いが大きくなる傾向が見られる.このことは,このような透水量係数を与える懸念事象 において,透水量係数以外の影響度の高いパラメータの値を制限することができるならば, 安全性に対する頑健性がより一層高まることを意味する(付録 2 図 1 領域 B 参照).



付録2図1 線量に対する透水量係数の影響度特性

付録3 成立条件との比較によって得られる安全裕度の概念

付録3図1は,線量と安全評価パラメータAが正の相関を持ち,安全評価パラメータAが 大きくなるに従い,線量も増加することを想定している.この場合,安全評価パラメータ が,範囲で与えられる成立条件の上限値をとった場合に目標とする線量値となる.

安全評価パラメータAに対する成立条件は,前提条件に依存して,付録3図1に示すよう な様々なパターンで示されることが予想される.●印が範囲で示される成立条件の上限値 を示す.ここでは,それぞれのパターンの場合の安全裕度の有無,程度について説明する.



付録3図1 成立条件と前提条件の比較によって得られる安全裕度の概念

成立条件パターン1の場合は、以下のことを意味する.

成立条件の上限値は、不確実性(前提条件に依存)を考慮して想定される安全評価パラメ ータAの上限値よりも大きな値(線量が高くなる方向)であるため、成立条件の上限値と 安全評価パラメータの上限値との差は、安全性に対する安全評価パラメータAの裕度とみ なすことができる.言い換えると、目標とする線量と等しくなる安全評価パラメータAの 成立条件の上限値は、前提条件に依存して与えられる安全評価パラメータの変動範囲より も大きな値である.このことは、不確実性を考慮して与えられる安全評価パラメータの変 動範囲の中の保守値によって与えられる線量は、目標とする線量よりも小さくなることを 意味する.そのため、安全評価パラメータAにはこれらの差の分だけ余裕があることにな る.この余裕の程度は、線量に対する安全評価パラメータAの影響特性に依存して決まる. 仮に、安全評価パラメータAと線量が線形関係にある場合は、成立条件の上限値と不確実 性を考慮して与えられる安全評価パラメータA値の上限値との差(例えば,2倍とか3倍 あるいは1桁とか2桁)がそのまま安全評価パラメータAの裕度となる.非線形の場合は, その非線形性に依存して裕度の程度が示される.安全評価パラメータの変動範囲の下限値 が,より確かな値として与えられる場合は,裕度は,より大きなものになる.

成立条件パターン2は以下のことを意味する.

目標とする線量と等しくなる安全評価パラメータAの成立条件の上限値が,前提条件に依存して与えられる安全評価パラメータの変動範囲の保守値と等しい場合,保守的には,裕度はないことになる.しかし,安全評価パラメータの変動範囲の下限値がより確かな値として与えられる場合は,それとの差が裕度として与えられる.

成立条件パターン3は以下のことを意味する.

目標とする線量と等しくなる安全評価パラメータAの成立条件の上限値が,前提条件に依存して与えられる安全評価パラメータの変動範囲の保守値よりも小さく,下限値よりも大きい場合,保守的には,その差は不適合の程度を表すことになる.一方,下限値を考えた場合はその差が裕度として与えられる.

成立条件パターン4は以下のことを意味する.

目標とする線量と等しくなる安全評価パラメータAの成立条件の上限値が,前提条件に依存して与えられる安全評価パラメータの変動範囲の下限値と等しい場合,非保守的に考えた場合は,裕度はなく,不適合でもないことになる.しかし,安全評価パラメータの変動範囲の上限値が,より確かな値として与えられる場合は,それらの差は不適合の程度を表すことになる.

成立条件パターン5は、以下のことを意味する.

成立条件の上限値は、不確実性(前提条件に依存)を考慮して想定される安全評価パラメ ータAの上限値よりも小さな値(線量が低くなる方向)であるため、成立条件の上限値と 安全評価パラメータの下限値との差は、安全性を満たすために安全評価パラメータAの不 適合の程度とみなすことができる.言い換えると、目標とする線量と等しくなる安全評価 パラメータAの成立条件の上限値は、前提条件に依存して与えられる安全評価パラメータ の変動範囲よりも小さな値である.このことは、不確実性を考慮して与えられる安全評価 パラメータの変動範囲の中の非保守側の値を用いたとしても、与えられる線量は、目標と する線量よりも大きくなることを意味する.そのため、この前提条件においては安全評価 パラメータAには安全性に関する裕度がなく、いわゆる基準を満足しない不適合状態とな る.この不適合性を是正するためには、安全評価パラメータAの変動範囲の精査や、設計 概念などを含む前提条件の変更が必要になる可能性がある、

それぞれの前提条件によって表わされる懸念事象ごとに、このような成立条件によって示 される安全裕度に関する情報や関連する情報の充足度等を検討し、その結果を相対比較す ることにより、懸念事象の相対的重要度を定量的に提示する.

「地質環境条件」に関する情報整理の例 付録4

付録4表1に「地質環境条件」に関する情報整理に基づいて、「地質環境条件」の代表的 パラメータとそれに影響を及ぼす懸念事象(天然現象等)との関係を○印等で例示した結 果を示す.また、付録4表2に「地質環境条件」に関する情報整理の結果を例示する.

H12 レポートにおいては、レファレンスケースや地質環境の多様性(地形, 岩種, 地下 水タイプ等)を考慮して代表的パラメータの値が設定されているが、それらに影響を及ぼ す火山・火成活動, 地震・断層活動, 隆起・侵食, 気候海水準変動などの天然現象や処分 場起源の物質によるパラメータへの影響に関する定量的な情報は、「隆起による土かぶりの 減少に起因して透水性が10倍になるとする」など、限られたものになっている.

										地/	質環	境	条件																	
			Т					ł	I						М				(2					(Ĵ				
対象となる場の条件	\bigcirc					\bigcirc			0			\bigcirc							\bigcirc		\bigcirc									
・状態」を検討する	母					母			断			母							母		母									
上で重要な議論 ポイント(0)と それに関連す る代表的な パラメータ	岩の温度	地温勾配	地表温度	母岩の熱伝	母岩の比熱	岩の水理場	母岩の透水	母岩の動水	層破砕帯の	破砕帯の透	破砕帯の動	岩の応力場	一軸圧縮強	弾性係数	ポアソン比	引張強度	せん断強度	内部摩擦角	岩および地	化学組成	岩の幾何形	母岩の亀裂	開口亀裂の	区間長	マトリック	マトリック	母岩の厚さ	破砕帯の長	有効間隙率	乾燥密度
				導率	203	-200	小係数	小勾配	水理場	也水量係数	5水勾配	-200	度		~			Л	心下水の化学的		ル状	衣開口幅	本数		/ス拡散深さ	/ス拡散寄与面	5 (処分深度)	んち		
対象となる場 の条件 ・状態」 に影響を与える ことが想定される 略会事免														1				b0	特性							l 積比率	_	_		
您心中象		°C/100m	°.	W/m/K	kJ/kg/K		m/s			m ² /s			M Pa	G Pa		M Pa	M Pa	deg				u	¥	m	u		m	Ш		kg/m ³
天然事象の影響					_																				_					
火山・火成活動		0	0					0			0									0			-							
地震・断層活動	\bigcirc						0			0			0							0		0	0					_	0	
隆起・侵食	\cup						0	Ó		Û	$\left \right\rangle$									-		\odot	\odot				\bigcirc	\bigcirc	\cup	\odot
気候·海水準変動			$ 0\rangle$				\cup	\cup		\cup	\cup									\cup										
他の懸念事象の影響																														
処分場起源の物質の影響																				\bigcirc										

付録4表1 「地質環境条件」の代表的パラメータとそれに影響を及ぼす 懸念事象(天然現象等)との関係

◎:影響が懸念され、定量的検討が行われた項目

○:影響は懸念されるが、定量的検討まで至っていない項目 △:影響が検討され、有意な影響がないと見なされた項目

なし:未検討 or 不明

懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響	熟米、マグマの貫入および地下水の流れに応じた熱伝 連(熊が浜、線伝導)による母年の通佐への影響 地通の上昇、熱水対流の形成、マグマ性理発成分の 溶解などによる地下水の水質変化など、火山・火成活 動によって、深部地質環境の熟的・水理学的・化学的状 動がによって、深部地質環境の熟的・水理学的・化学的状 動がによって、深部地質環境の熟的・水理学的・化学的 動でによって、深部地質環境の影的・水理学的・化学的 動でによって、水田・見にない し、アーレースでは無視 H1200万野いンスケースでは無視 H1200万割的シナリオでも考慮していない	断層活動にともない、せん断摩擦による熱の発生される が、後述の野付断層では、破砕帯(幅は約300m)の内 部に200℃前後に進した痕跡が見られるものの、破砕帯 の外側にはその影響は認められない【H12 終館レポート ヨー9、L20】。 H12のレファレンスケースでは無視 H12の仮想的シナリオでも考慮していない	H12のレファレンスケースでは兼視、H12の変動シナリ オ、仮想的シナリオでも考慮していない TRU2の変動シナリオでは処分深度の減少に伴う地温 の減少を指摘	メ山周辺の地下では深度100mで5~10℃以上の高い 勾配で地温が上昇するとされている【H12総備レポート エー38.1人加の鳴火の中心から離れるに従って地温勾配は低下 火山の鳴火の中心から離れるに従って地温勾配は低下 し、10~20km以上離れると非火山地域の地温勾配と同 程度【H12総論レポート11~28、L7】。 H12のレファレンスケースでは無視	H12のレファレンスケースでは無視、H12の変動シナリ オ、仮想的シナリオでも考慮していない TRU2の変動シナリオでは気候変動に伴う地表温度の 変動を指摘 [TRU2レポート4-192、表4.5.5-3]		
代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象	・ 火山、火成活動による母岩温度への影響	 地震・断層活動による母岩温 度への影響 	・隆起·侵食による母岩温度へ の影響	・ 火山、火成活動による地温勾 配への影響	 気候・海水準変動による地表 温度への影響 		
レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値	・課度 1000mの結晶資 沿で 地域におって、課度500mの 構築岩で地道に30℃[H12 機能レポートV-27,L13]			・(3)【H12 総論 レポートIV- 17表4.3-4】	・(15) [H12総論レポートIV- 17表4.3-4】	・(2.8: 硬岩) [H12総論レ ポートIV-17表4.3-4] ・(22: 軟岩) [H12総論レ ポートIV-17教4.3-4]	・(10:硬岩)【H12 総論 / ポートIV-17费4.3-4】 ・(14:軟岩)【H12 総論 / ポートIV-17麦4.3-4】
レファレンスにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化) 方法・設定の考え方	・現在の地質環境が将来まで継続する【H12総論レポートV-17、 L16】ことを前提とした基本ンナリオに対応するレファレンスケー スでは、母岩の温度の時間的変遷は考慮しない。	 ・処分場設計では母岩の熱伝導率、比熱を用いて熱解析を実施。しかし、核種移行解析のパラメータの設定においては地温 る。しかし、核種移行解析のパラメータの設定においては地温 勾配と地表の温度から処分深度の温度を概算 		・一般的なわが国の地温勾配を採用【H12 総論レポートIV-16、 L11】	・設定値【H12 総論レポートIV-1 6、L11】	・間隙率や含水比との関係を考慮して設定。[H12 総論レポートI7 -16、L2]硬岩と軟岩に分けて設定[H12 総論レポートI7-17 表 4.3-4】	・間隙率や含水比との関係を考慮して設定。[H12 総論レポートI7 -16、L2]硬岩と軟岩に分けて設定[H12 総論レポートI7- 17 <u>表</u> 4.3-4]
議論のポイントを 規定する代表的パ ラメータ				·	・地表温度(°C)	・ 母指の熱伝導 単 (W/ m/K)	・ 母指の比較 (kJ/kg/K)
地質環境条件 の議論のポイ ント	44 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1						
H Ω Ω Ω			F				
瑉			地質環境	条件			

付録4表2 地質環境条件の設定に関する情報整理(1/5)

懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響		H12のレファレンスケースでは無視 代表的な地熱地帯では、熱水対流は地下2~3km以満 で起こっている場合が多く、米平的な広がりは数Km~ 数十km程度と考えられている[H12 8膳」/ボート日 - 28、L24]。 28、L24]。 28、L24]。 28、L24」。 28、L24】。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24」。 28、L24】 28、L24】 28、L24、L24、L24、L24、L24、L24、L24、L24、L24、L24	H12のレファレンスケースでは無視 地裁教化的の湧水量の増大や丘陵部での地下水位の低下 地裁教化けの透水在的省大や地震後の応力の解散で 筋出教行しの透水にの省大や地震後の応力の解散で 時に回復している【H128篇 D1ポートⅡ-19, L25]。 もに回復している【H128篇 D1ポートⅢ-19, L25]。 もに回復している【H128篇 D1ポートⅢ-19, L25]。 もに回復している【H128篇 D1ポートⅢ-19, L25]。 地震の震動による地下深齢の地質環境への影響は内 をく 個々の地域における皆服力学およびが発地関掌 的な特徴とあわせて検討することにより、処分施設の設 計などで対処することが可能【H1288篇レポートⅢ-20, L21こよる地下水流れの増加を考慮【H1288篇レポート L21こよる地下水流れの増加を考慮【H1288篇レポート	H12のレファレンスケースでは無視 隆起・沈降や侵食・堆積によって、処分場を覆う土かぶ りの厚さやあるいは、地形や地層の勾配などが変化す る[H12歳館レポート日-30、L9]。 H12の変動シナリオにおいて土かぶりの減少による遊水 田12の変動シナリオにおいて土かぶりの減少にも透水 田12の変動レナート V-108、L19] H12の仮想的シナリオにおいて、土かぶりの減少や地形 変化による地下水流れの増加を考慮[H12銭館レポート B-1図(b)]
代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象		・ 火山、火成活動による地下水 消わへの影響 1111日の影響	・ 地震・断層活動による地下水 消れへの影響	 隆起・侵食による地下水流れ への影響 への影響
レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値				
レファレンスにける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化)方 法・設定の考え方	・現在の地質環境が将来まで総続する [H12総論レポートV-17、 L16]ことを前提とした基本シナリオに対応するレ <i>フ</i> ァレンスケー スでは、母岩中の地下水流速の時間的変遷は考慮しない。	 ・ 核種移行解析に用いる地下水の動きは大局的には、動水勾配にしたかって、単鍵中の透水性の高い部分を移動する[H12巻 論レポート目-51,114]。 	・わが国の岩盤は、一部の新第二記堆積岩を除いて、亀裂が主要な地下水および核種移行経路である亀裂性岩盤として取り扱うことが妥当【H12 終曲レポート V -51,128]。	 一部の新第三約堆積岩に対しては、亀裂だけではなく、岩石基 質中の流れも有意な亀裂性岩盤と多孔質岩盤の特徴を併せ持 つ岩盤として取り扱うことが妥当【H12総論レポートV-51,128】。
議論のポイントを 規定する代表的パ ラメータ				
地質環境条件 の議論のポイ ソト	・母岩の水理場			
U U U U			I	
ካ			地質環境条件	

付録4表2 地質環境条件の設定に関する情報整理(2/5)

・ 懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響	H1200レファレンスケーズでは推視 ま参化による地質環境への影響としては、表層的にお 非る永久谋士や球工割れ目の発電としては、表層的にお する永久谋士や球工割れ目の発電とがら。火久 達士は本で透水層を形成することにより、また、連結創れ 目は、地下水のの移行路路を形成することにより、また、連結創れ 日本1、L29] 本1, L29] 本1, L29] 本1, L29] 素1, L29] 素1, L29] 素1, L29] 素1, L29] 素1, L20 素1, L30 素1, L30 素1, L30 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 第十二人 本1, L29 一 一 本1, L29 一 本1, L29 一 本1, L20 本1, L20	マフレンスケースには無視 変動ンナリオにおいて、土かぶりの減少による透水柱の 弾油(地下米流わが)ファレンスの10倍)を考慮[H12 % 第2チート-108,L19]	海水準変動の影響として、海洋線の位置の移動に伴う 地方大位の変行や塩水と次くの分布の変化が穏定さ れる【112分冊12分冊124~11月~3123。 TRU2の変動ンナリオでは海水準変動によって地形勾配 が変化する場合、動火勾配の変化も起こることを指摘 【TRU2レポート4-192、数4.5.5-3】
代表的パラメータ等に影響を与える懸念事象	・気候、油火準変動による地下 大流むくの影響	・隆起-優食による迹分深度の変化による透水性への影響	 気候:猫犬準変動による動水 白配への影響 路起-侵食による動水勾配へ 路起-侵食による動水勾配へ
レファレンスにおける代表的 バラメータ等の設定値		・花崗岩で10 ^{-m/s} を中心に 分布 ・東濃地域の新第三紀准積 岩では、砂岩で10 ^{-m} /s ・凝灰岩で10 ^{-m} /s	· 酸計における動水勾配の ・酸動範囲(0080~006) [H12線蘭レポートVI-17表 4.3-4] 解析では001[H12総 論レ ポートV-56、表5.5-8]
レファレンスにける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化)方 法・設定の考え方	・ 義契の透水重保教の不知覚性に着用し、透水重係教の異なる 複数の1次元平行中板モデリル産車お合わせたモデリルにより、天 然ハリア中の核種移行を解くことした[H128節レポートV- 52,L10]。 ・ 地下水流速は透水重係数(コン動水勾配および亀裂の周日幅よ リ算出。[H128節レポートV-56.表5.5-8]。 ・ 当古鉱山でのホーリング利・で実施したダブル・パッケー式透水試 酸で得られた透水痰数(に)と各試験区間間内の開口亀裂の素数 (n)と区間長(L)を用いて真出した透水重係数(T)の分布を使用 [H128節レポートV-57,L7]。 ・ スウェーデンのフィンションをはじめとする7つのサイトでの透水 係数の深度依存性に基づいて、地下1000mの効分場周辺の亀 系の防ら来度依存性に主金しいて、地下1000mの効分場周辺の 系の防空素度な存住に金ブルコントで300mで割定された データから求めた55素水量係数しての一割にされた データから求めた55素水量係数して、地下1000mのの公分場周辺の倉 表の透水量保教して、金石鉱山の深度約250mで割定された データから求めが555水重系数が布を1月でし、 ンスケースで用いる[H128節レポートV-58,L1]。	・結晶質者では、深度ととしに、割れ目の開口幅が減少し、それ に伴い透水検数が低下する値向が88.の、カー・デンにおける 深度といのい何近までの測定結果によれば、深度Soom程度まで 深度とられこ透水係数が低下する傾向が認められる。[11:2分曲 1.レポート皿-36. 1113 東融地球での深層ボーリングでの測定結果なよび釜石鉱山の 花崗岩における原位置での測定結果ならびに全国の文献デー な的酸力大・花崗台の場合、地会中近で測定に引い。 大部詞ににおける原位置での測定結果ならびに全国の文献デー ない酸的大きい。花台での調合は書まならびに全国の文献デー ない酸的大きい。花台での調合、地袋中行で洞辺に明瞭 な相関は認められない[11:2分曲1 1/ パート1 -33. 23. 23. 23. 23. 23. 23. 27. 27. 27. 27. 27. 27. 27. 27. 27. 27	酸計における動水勾配は、地形別に取られた動水勾配の平均 値に12分冊レボートにといしと38、表33-21を地下架時の動水分配 の変動第囲として考える(H12始齢レパートV-16,L23、若たは、 H12分冊2レポートエ-16、L23]。 な種物存得状のレフンナレンスカーースにおいては、既往の文献よ リ来められた地下水面の勾配のうち最も頻度の高いの16 地下 深部の動水勾配の代表値として用いることとした。[H12餘曲 求ートV-56、L10] 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートレ-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートレ-56、L10 水ートV-56、L10 水ートレ-56、L10 水ートV-56、L10 水ートレ-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートV-56、L10 水ートレ-56、L10 水ートV-56、L1280 水ートレー56、L128 水ートレー56、L128 水ートレー56、L128 水ートレー56、L128 水ー54 水ークロー24 ホークロー24 エークロー24
議論のポイントを 規定する代表的パ ラメータ		も、日本、「「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を見て、「」」を	・ 母 指 の 動 米 ち 問 一
地質環境条件 の議論のポイ ント			
D D TH		工 (1) (may alice , but ,	
関		地質環境条件	

付録4表2 地質環境条件の設定に関する情報整理(3/2)

	ſ						
肾	ЧЧЧ	塂質環境条件 Θ議論のポイ ソト	議論のポイントを 規定する代表的パ ラメータ	レファレンスにける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化)方 法・設定の考え方	レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値	代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象	懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響
地質		・断層破砕帯 の水理場		・現在の地質環境が将来まで継続する【H12 巻館レポートV-17、 L10】ことを前提とした基本シナリオに対応するレファレンスケー スでは、断層破砕帯中の地下水流速の時間的変遷は考慮しな い。			
祳 境条	т		・ 破砕帯の透水 量係数	・母岩において考慮する亀裂の透水量係数分布のうち最も大きな 値を採用	• 10 ⁻⁷		
Ψ.			・ 破砕帯の動水 勾配	・断層破砕帯に沿って上向きの動水勾配を想定【H12 総論レポー トV-55、L7】	• 0.01		
		・岩盤の応力 場		・現在の地質環境が将来まで継続する【H12 総施レポートV-17、 L16」ことを前提とした基本シナリオに対応するレファレンスケー スでは、岩盤の安定性の時間的変遷は考慮しない。			
ᅻ			・ 一軸圧縮強度 (MPa)	 一軸圧縮強度を指標に岩石を10~20MPa以下の軟岩とそれ以上の硬岩に分類している。結晶質岩と先新第三紀堆積岩の大部分は硬岩に、新第三紀堆積岩の多くは軟岩に分類される。 【H128篇レポートⅡ-71、L1】 	 【H12総論レポートⅡ-68、 表3.3-2参照】 第1次とりまとめで示した文 前面の結果(仕藤能合か) (100)1-145+45+45+45-45-45-45-45-45-45-45-45-45-45-45-45-4	 地震・断層活動による力学的 影響 	岩盤の破断、破砕およびそれに伴う変位などの力学的な作用【H12 装飾レポートユー19、L8】 な作用【H12 装飾レポートユー19、L8】 地震の震動による地下深部の地質環境への影響は小 さく、個々の地域における岩盤力学および外理地質学 かた林舎したもよせてもコンテレーレーレー
见質環境条	Σ			 ・いずれの岩種および物性もデータの分布範囲が広く顕著な深度 依存性は見られないが、新第三紀堆積岩では、深度とともに自 然密度や一軸圧縮強度などが増加する傾向が見られる。[H12 酸簡レポートⅡ-71、L10] 	1932/1~約1~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		町やすねこの1.5~1を約9~2~1~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~2~
年			• 弾性係数(GPa)				
			 ・ ポアソン比 ・ 引詰達 庫(MD-) 				
			- NNLPA/現代NLPA				
			・ せん断強度 (MPa)				
			・内部摩擦角 (deg)				

付録4表2 地質環境条件の設定に関する情報整理(4/5)

/2)
9
情報整理
N0
に関す
)設定(
条件の
環境
兆 貿
表 2
4
付録

警	- 1 - 1	スとし 242-	د ش م	おけのまた。	いた いた いた いた いた いた いた いた いた いた いた いた いた い	憲水上 度へ =	に移行	住た								
事象による	アルカリブ	くや火山ガ: 代 (CI-やS 鉄種 まま	が)おた C11 多いが、10 <【H12綾館	マ杆捕発売、火圧・火売	ます。 に山の中心 できる【H12	8. よび 言語 成分 の 括 上 アポーエ	⊉帯に沿っ: 8】	置の移動に の変化が悲								
よび懸念	-場合の高	いた戦がの大変がある。	「二」の一番である。	の成、 ろう 間後 行など 離め、 よま	- 一般にリート	イ、低pHg いた揮発 応 【H12歳	★ 市 下 王 -19、 L ²	洋袋の存 その次付(₿3,L6】 。								
い方法お	置を考えた 響	た 挿 発見 る 若 下 来 ら ま ト オ	E-28、L2 では酸ト2 では酸林	4浜米の1 大の大学 高福市の	見味える の範囲は、 たでと見な	オ に ち お た お た た ち に し と を 想 に	「一メらい」 「茶の店」 「よ」	よした、 御子た、 (一 下目								
良の取り扱	物との並置 酸塩の影響	今年とによった。	「 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	、 ※ ※ ※ … 本 に で 、 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 ※ 、 、 ※ 、 、 ※ 、 、 ※ 、 … … … … … … … … … … … … …	創む (マグマに) (メグマに) (人する	マレンスかに に伴い酸1 【H12総計	뼇の の 物 行 1 1								
懸念事	TRU廃棄! ム及び硝	マグマになって、ころでは、ころでは、ころでは、ころでは、ことでは、ことでは、ことでは、ことでは、ことでは、ことでは、ことでは、こと	F 王家が 「H12総議 大田から学	ポード 北 三 子 の 子 ー に に ー に の に ー に 一 に の に に の に の に の に の に の に の に の に	影が大きい あた 「「「」」 「」」	H120 の あ で し で の (型)の の () の の ())	H13の 予 画 記 部 記 記 記 日 に し に の し に の し に の し に の し に の し に の し に の し に の し に の し に の し に の の に の の に の の に の の の の	海 水 市 子 子 の 【H12								
:響を与え)影響	の水質や					地下地	よる地下		6幾何形 医等)への	可形状(母 5、間隙 S響					
-タ等に影 念事象	の物質の	の 地 で で で で で の で の で の で の で の で で で で					居動による (への影響	隼変動に。 の影響		活動による	による幾何 成砕帯長 (す)への暴 (す)への暴					
的パラメー る悪	分場起源	1日、蓼子 ナ、日、沙子 ナ、日、ショ					濃·断層) 酸化還元	候・海水湾の水道へ		濃・断層 (間隙率、 増	起・侵倹しの厚さ、ほいたなない。					
的代表	· 必	· ⊀∃					・ 考6	• 气水		· 地状影	· 隆北樹					
sける代表 の設定値			酸タイプ													
レンスにお 5メータ等			ウム重炭		[ሲ ካ		赳	赳		0(T) ^{1/2}						
レファ			+ - -		弱ア.		売	週		₹ • 2b=2.	411/					
デル化)方	ートハー17、 ノンスケー 5時間的変	総	に変化	8 第 「 よ」	変化(七解 ★オオ	志 「 「 「 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 」 」 「 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」	態の形成	などにより		代透水試懸 - サ試験の ま 亀裂の 【H12 総算	代透水試影					
り扱い(モ	総論レポ- -るレファ1 -学組成の	 分類【H12	:0。 ⁻ タイブ 3-10】	含む【H12	いしかいに言	。 る大酸六 60、L19、	5還元状創 3-13】	還元反応 L21】		パッカーヨ 内のトレ- の開口幅 (則を採用	パッカーヨ					
^タ 等の取 ^u 考え方	する【H129 - に対応す 1下水の化	あるが、	:〔< ≦ DNa + HC -61、図3.	:傾向: ^{2†} ,Ca ²⁺ を信	にあり: いもに 過 と	い。 空間によ ポート目 -	(遠回: や第こよ) - 65、図3	種の酸化 トヨー66、		たダブル、 単一亀裂 た「亀裂(とする経験	たダブル					
」パラメー ・設定の≒	まで継続 ⁻ 本シナリオ さおよび地	大起源の1	くの顕著な タイプかい 、L15、目	くの顕著な 04 ²⁻ やMg	の設置地なる、注意である。	11111日 1111 1111日 11111 11111 11111 11111 11111 11111 1111	くの顕著な に還元反 、 L17、 目	(適回): () () () () () () () () () () () () ()		「で実施し」で実施して満たなたたたたなななななななななない。 日本経路にしてのようない。 「例する」 (L で 実 施 し					
トる代表的 法	境が将来 きとした基づ いた学組成 い。	下犬と尚7 [15]	-る塔下头 -)-HCO3 月-60	-る港下水 ふとしてS	-る地下水の中性か	4 約 日 日 日 日 日 日 日 日 日	-る地一水 学種の酸1 - ト目-64	- る顕著な や硫黄を1 6。【H12載		- リング H : 採用で実 たの 適用性 (/2乗 には	- リング 子 採用					
レンスにに	の地質環: ことを前援 す、母岩の 考慮しない	臣演の掲 →■-60、L	や問題とす -Ca ^{2†} (Mg ² 続館しよ	を起源とす い「を主成」 64、L22】	を起源とす表層合近のこのこので、のこ	1000 1001年成 1001年成 1011年度 1011年度 1011年度	を招減しきるので、	を起源とす物の分解・ 法態となる		戦止のボー 帯した値を こおいてす ■系数の 	就山のボ- 导した値を					
1771	・現在(ここ) 湯く(湯ひ()	· 陸 ボ ・	• 兩大器 Pa + ba [H12]	· ★ ™ ™ T	・ 降 がが の が が が	о 100 100 100 100 100 100 100 100 100 10	· 风流》 [H12]	・ 海有還 水機元		・ 釜で解透し 石取析水ポ	金石石					
ポイントを 5代表的/ 1ータ		围成								の亀裂開	릩裂の本 ₅	クス拡散	クス拡散 「積比率	0厚さ(処 ぎ)	芎の長さ	副
議論の; 規定する ラメ		• 七学 [≜]								・ 回 記 で の に の に	· 凯数区目 14 周期 14 周期 14 周期 14 周期 14 四周 14 四周 14 四十四月 14 四十四月 14 四十四十四十四十四十四十四十四十四十四十二五十二十二十二十二十二十二十二十二十二	・ ムトン	· (」 で で で で で で で 。	・母指 の 法通	• 破砕帯	・ 有 必 唇 森 弦
環境条件 論のポイ ント	昌および 下水の化 り特性					_	_	_	号の幾何	ĸ		_	_	_	_	
H-Por 地の 議	小- 小子 ・				0				中で	<u>.</u>		(7				
「」と、				地質	環境条	年			-		书管	(環境)	条件			
壔				地質	環境条	年					地管	環境	条件			

付録5 ガラス固化体の「設計仕様」に関する情報整理の例

付録5表1に、ガラス固化体の「設計仕様」に関する情報整理に基づいて、ガラス固化体 の「設計仕様」の代表的パラメータとそれに影響を及ぼす地質環境条件や懸念事象等との 関係を○印等で例示した結果の一部を示す.また,付録5表2にガラス固化体の「設計仕 様」に関する情報整理の結果を例示する.

H12 の評価では、オーバーパックや緩衝材、さらには、処分施設の設計仕様の検討にお いて,ガラスの発熱の影響がないような仕様が検討されている.このように各領域におけ る仕様設定においては、他のバリア材料との相互作用が考慮されている。しかし、ガラス 固化体の設計仕様については、与条件として与えられ、オーバーパックや緩衝材との相互 作用については考慮されていない. そこで, ここでは, 他のバリア材料との相互作用によ るガラス固化体の設計仕様への影響も懸念事象として取り上げることとした.

付録5表1 ガラス固化体の「設計仕様」の代表的パラメータとそれに影響を 及ぼす地質環境条件や懸念事象等との関係

													1 1 1	受計	·仕様	羕(ガ	ラス	固	匕体)													_	_	_		_		_		
			Т			H			M			С																(3													
対象となる場の余件・状 能」を検討するトで重	0					0		0		1	$^{\circ}$				0												0															
要な議論ポイント	ガ					ガ		ガ			ガ				ガ												ガ															
 (○) とそれに関連 する代表的な パラメータ 	ラス固化体の熱的特性	ガラス固化体の熱伝導率	ガラス固化体の比熱	ガラス固化体の熱膨張係数	固化時の発熱量	ラス固化体の水理学的特性	固有透過度	ラス固化体の力学的特性	弾性係数	ポアソン比	ラス固化体の化学的特性	ガラス組成	元素の存在量	ガラスの溶解速度	ラス固化体の幾何学的特性	固化ガラスの材料	容器の材料	容器の直径	容器の高さ	ガラス 固化体重量	固化ガラス重量	固化ガラス 容積	容器肉厚	ガラス固化体の乾燥密度	幾何学的表面積	割れによる面積の増加率	ラス固化体中の核種量	濃縮度	燃焼度	比出力	運転日数	再処理までの冷却時間	U , P u の 移 行率	日、C、I、C1の移行率	その他元素の移行率	固化までの冷却時間	ガラス固化体発生量	ガラス固化体発生比率	核種インベントリ	燃料及び不純物データ	構造部材デー タ	半減期データ
対免とかる提				奴																														1-44-4								
N*Cは の条件 に影響を与える ことが想定される 懸念事象		V/m/K	J/kg/ k	1/K	k W∕≉		m ²		M Pa					m ⁻² d ⁻¹				mm	mm	k g	k g	0	mm	k g∕m³	m ³			%	U/IM GWF	MW MT/U		年	%	%	%	争	₩	k∕MTU				
地質環境条件の影響		-	Ч			_		+		+	+			ы						_			_	_			_		~													
Т											1			0																									Π			
Н					1					T				Ō																												
М					Т		Т																			\odot													Π		\square	
С														0																												
G																		0	0						$^{\circ}$	0																
他の懸念事象の影響								Т		Т																																
ガラス固化体の不均一性の 影響					T					T	Ī			0																							Γ		Π			
燃焼度高度化の影響					0		0			Τ		0	0																							0			0			
他のバリア材料との相互作 用の影響														0																												
放射線影響														0																												

- 26 -

◎:影響が懸念され、定量的検討が行われた項目

○:影響は懸念されるが、定量的検討まで至っていない項目
 △:影響が検討され、有意な影響がないと見なされた項目

なし:未検討 or 不明

懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響							
代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象		 ガラスへの核種の不均一溶 解とそれに随伴して生じるイ エローフェーズの溶出抑制機 能の低下 	・ 燃焼度の高度化によるガラス 固化体の発熱への影響				 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一
レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値		・放射性核種のガラス構造 への取り込みおよび、要件 のである溶出制限に対する 定量的な制限値はない。	理設時の廃棄体の発熱量 と広射能量に約350W/ 本、4×10 ¹⁶ B /本【 H12銘 胎レポートIV-10、L29】	۰.0.96kJ/kg/K •0.96kJ/kg/K •1.0 × 10 ⁺⁶ (1/K)	・2.3KW/本(インベントリに依 存)		• 1.0 × 10 ⁻³⁰ (m ²)
レファレンスにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化) 方法・設定の考え方	・H12の設計の検討において、地質環境条件の多様性等が考慮 とれ、それろそれの案件における處面な設計が認みられている。 しかし、現状のガラス面化体の設計は様においてし、 しかし、現状のガラス面化体の設計は様においてし、 参弁値して検討されたものではなく与条件として与えらているも のである。 また、ガラス面化体中のインベントリは燃料の燃焼に応じて変化 様に提示されていない、このように、H12のガラス面化体の設計 仕様においては、ガラス面化体の組成や幾何形状、特性に影 整友及ぼ考惑を事象の影響についての検討はなされていない。 ここでは、身条件として与えられる化体の設計 要を及ぼす競会事象の影響についての検討はなされていない。 ここでは、身条件として与えられる仕様や設計要件について定 量的に記述するとともに、これらに影響を与える競念事象に関 する情報を整備する	 ・ 放射性核種を安定なガラス構造の中に取り込み、地下水への 溶出を抑える。 [H12総論レポートIV-3, L 12, V-16, L15] 	・日本原燃のガラス固化体を参考にモデルガラス固化体のインベンドリの計算条件を設定[H12機動レポートアー10、L19]。 ントリの計算条件を設定[H12機動レポートアー10、L19]。 ・ 処分施設の規模(処分場に埋設するガラス固化体の総本数) は、40000本とし、ガラス固化後の貯蔵期間は50年とした。炉取り出し後埋設されるまでの冷却期間は50年とした。炉取り出し後埋設されるまでの冷却期間は50年となる。これらの条件をもとにモデルガラス固化体の発熱量および放射能の経時 たをもどにモデルガラス固化体の発熱量および放射能の経時	 COGE(MA仕様のガラス面化体に関する物性値を参考に設定 [H128篇レポートI/J-79、疲43-20] COGE(MA仕様のガラス面化体に関する物性値を参考に設定 [H1288館レポートI/J-79、養4.3-20] 設定値[H124)曲2レポート/J-338、表4.3.1-1] 	• 設定値【JNC TJ8400 2003–017、p108、表3–6】	・ガラス固化体はオーバーバッグが破損するまでは水と接触しな い。オーバノーバックの施食後、ガラス固化体は水と接触し、藤源保 やオーバーバーバックの腐食酸張等の応力変化によって生じる割れ に応じたボ調時性を呈すると考えるが、HI2レボートでは、ガラ ス固化体中での水の流れについては考慮していない。 HI2レボートでは、ニアフィールドの熱ー水ーの力運成解析にお いて、ガラス固化体を不透水層と見なして水理特性値(固有透 過度)を設定[HI2 分曲2レポート/T-383、第4.31-1]。	- 設定値【H12 分曲2レポートIV-338、 表4.3.1-1】
議論のポイントを規 定する代表的パラ メータ				・ガラス固化体の熟 伝導率 ・ガラス固化体の比 熟 部張孫数	・固化時の発熱量		・固有透過度
設計仕様の 議論のポイ ン ^ト	名 した で で で で で で で で で を で し で を で で で で で で	·設計要件	・ガラス固 化体の熱 的特性			・ガラス固 化体の水 理学的特 住	
THM CG	王 王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王王			F		т	
璿		2	A計仕様(ガラス国	行 存)			

付録5表2 設計仕様(ガラス固化体)の設定に関する情報整理(1/4)

- 27 -

懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響					・ガラス固化体自体の放射線による損傷については、 ・ガラス固化体自体の放射線による損傷については、 の下24 を求加したガラスを用いた。前後の影響を潤 べる加速阻咳において、15 万年に相当する。崩壊の 影響を受けた実ガラスからの核種の浸出速度にほと んど変化が認められなかったこと(Banba etal. 1995) などから、ガラス固化体への影響はいざいものと考え られる(H12分冊3)パートアイ3、127]
代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象			然焼皮の高度化によるガラス 回七体の組成への影響		・ガラスの溶解および変質挙 調度および大面に本の密成 調度および接触する淡淡の 組成ならH「により影響される [11] 二次鉱物の折出などによって 液中の溶性ケイ酸が消費さ 北方ラス溶解が促進される影 作[12] 放射線による影響 一弦熱調による影響 一弦熱調による影響 一弦熱調による影響 一次素書象の影響、多様な地 下水タイプ、による地下水組 成変化の影響
レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値		•8.2×10 ⁴ (Mpa) •0.3		·表3-7 ·表3-8	1 × 10 ⁻³ g m ⁻² d ⁻¹
レファレンスにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化) 方法・設定の考え方	・ガラス固化体は、オーバーバックが破損するまでは、自身の熟 オーバー、バックの属食膨張をとの力学的影響をわける。 オーバーバックが破損後は、緩衝材の膨調性や単盤から地圧 の影響を受け、割れ等の勝何学的変化を受け、ガラス固化体全 体としての力学特性は変化する。しかし、H12レポートのガラス はとしての力学特性の仕様設定においては、これらの影響は考 直されていない。 ・H12レポートでは、ニアフィールドの熱ー水-6万.1連成解析にお いて、ガラス固化体の力学的特性値を設定【H12 3)冊2しポート	・設定値【H12 分冊2L/ポートI7-38、表4.3.1-1】 ・設定値【H12 分冊2L/ポートI7-388、表4.3.1-1】	・放射性核種以外の元素(燃料不純物、構造材組成、さらには、 コラス組成していってき自い認定(JNC技術資料JNC TNB400 99-085 pe-10、数2-3-5] これらのガラス固化体中に含まれる組成については、生物圏に たわらのガラス固化体中に含まれる組成については、生物圏に これらのガラス固化体中に含まれる組成については、生物圏に これらのガラス国化体中に含まれる福成については、生物圏に これらのガラス国化体中に含まれる福成については、生物圏に これらのガラス国化体中に含まれる福成については、生物圏に 10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.10.1	· 設定値 [JNC TJ8400 2003-0 17, p108, 表3-7] · 設定値 [JNC TJ8400 2003-0 17, p109, 表3-8]	 溶性ケイ酸濃度が飽和に達するような長期の浸出試験で取得します。 浴れている着相ジラム面に体的溶解速度(たとれ): の時 et al. 1991)をもど 処分場温度を着慮し、温度依存性に関する回帰 式から算出される60℃の溶解速度(1×10-3 gm2 d-1)を. L エンシストーンにおける5ガラス面に休め溶解速度とした(図 53:1-4)。この値は酷外国の設定値(たとえは). Nagra, 1994a)と 同程度の値である。[H12分間3しポートV-39, LA]
議論のポイントを規 定する代表的パラ メータ		・ 弾性係数 ・ ポアンン比		 ・ ガラス組成 ・ 元素の存在量 	
設計 (酸計 (((((((((((((・ガラス固 化体のカ 学的特性		・ガラス固 化体の化 学的特性		- ガラスの 裕鼎速度
THM CG	Σ				0
壃			設計仕様(ガ	ラス固化体)	

設計仕様(ガラス固化体)の設定に関する情報整理(2/4) 付録5表2

懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響			ガラス固化体製造時の冷却による割れやオーバーパックの腐食膨張などによる応力に起因する割れが まじ、ガラス固化体の表面積の増加が懸念される。し かし、ガラス固化体内部に存する製造時の冷却に よって生じた割れのうち第解量の増加に寄与するの はその一部であることが、大型ガラス固化体の浸出試 酸によって確認されており(動力炉・液燃料開発事業 団、1991a)、溶解量から推定した溶解に寄与する表面 積の実質的な増加は、4 から5 倍程度と見積もること ができる。[H12 分冊3しポートア-34、L27]
代表的バラメータ等に影響を与え る懸念事象			 オーバックの腐食膨張に 起因する外圧増加による影響 天然事象による地圧増加の 影響
レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値	・【H12総論レポートIV-11、 表4.3-1】	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	• 10倍
レファレンスにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化) 方法・設定の考え方	・日本原燃のガラス固化体を参考に設定【H12 総論レポートIV- 10、L19】	 ・設定値[H12総飾レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-11、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-13、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-13、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-13、表4.3-1] ・設定値[H12総論レポートIV-13、表4.3-1] ・ジラス固化体の幾何学的表面積 ・ガラス固化体の幾何学的表面積 	・設定値 【H12総論レポートV -46、L14】
議論のポイントを規定する代表的パラ 定する代表的パラ メータ		 ・ 固化ガラスの材料 ・ 容器の材料 ・ 容器の直径 ・ おつス固化体重量 ・ 固化ガラス重量 ・ 固化ガラス重量 ・ 固化ガラス重量 ・ 超化ガラス酸素 ・ 超化ガラス酸素 ・ 地方ス酸素 ・ 地方ス酸素 ・ 地方ス酸素 ・ 地方の数 	 割れによる面積の 増加率 増加率
THM 設計仕様の CG 30ポイ	・ガラス固 化体の幾 何形状	J	
嗗		設計仕様(ガラス固化体)	

付録5表2 設計仕様(ガラス固化体)の設定に関する情報整理(3/4)

壔	THM CG	設計仕様の 議論のポイ ソト	議論のポイントを規 定する代表的パラ メータ	レファレンスにおける代表的パラメータ等の取り扱い(モデル化) 方法・設定の考え方	レファレンスにおける代表的 パラメータ等の設定値	代表的パラメータ等に影響を与え る懸念事象	「懸念事象の取り扱い方法および懸念事象による影響
		 ・ ガラス 固 化体中の 枝種量 		・ガラス固化体中の放射性核種および安定同位体のインベントリ はJurL仕様を参照して設定したモデルガラス固化体について、 核種生成/崩壊コードORIGEN2.1を用いて算出した。計算に際 しては、燃料中に含まれる不純物と構造材が照射されて発生す る放射化生成物も含めた[H12鍵曲レポートV-43、L1	・【H12総論レポート V -43、 表5.5-3】	・ 紫焼度の高度冶によるイントソトラくの影響	
			• 濃縮度 • 燃焼度	・設定値 [[H12総論レポートIV-I1、表4.3-2] ・設定値 [H12総論レポートIV-I1、表4.3-2]	• 4.50% • 45,000MWD MT/U		
			• 比出力	・設定値【H12 終論レポートIV-11、 教4.3-2】	• 38MW MT/U		
設計			・運転日数 ・ 再処理までの冷却 時間	・設定値 [H12銭論レポートIV-11、表4.3-2] ・設定値 [H12銭論レポートIV-11、表4.3-2] (炉取り出し後)	・1184.2日連続 ・4年		
任様(・U,Puの移行率	・設定値 [H12餘膽レポートIV-11、表4.3-2]	- 0.442% 0.548%		
ガラ	G		・希ガスH,C,I,CIの移 行率	・設成値 [H12総論レポートIV-11、表4.3-2]	•0.0 •		
入固化			・その他元素の移行 率	・設成値 [H12線論レポートIV-11、教4.3-2]	·100%		
ŋ₩)			・ 固化までの冷却時 間	・設定値【H12 総論レポートIV-11、表4.3-2】 (再処理後)	•0年		
			・ ガラス固化体発生 比率	・設成値 [H12総論レポートIV-11、表4.3-2]	・1.25本/MTU		
			・核種インベントリ	·設定値			
			・燃料および不純物 データ	• 設定値			
			・構造部材データ	·設定値			
			・ 半減期データ	・ORIGEN2:1のDECAYライブラリーから引用。人工パリア、天然パ リア、生物國評価で共通して使用 [H12総論レポートV-43、表 5.5-3]			

付録5表2 設計仕様(ガラス固化体)の設定に関する情報整理(4/4)

付録6 ガラス固化体の「処分環境条件」に関する情報整理の例

各領域での「処分環境条件」に関する情報整理においては、与えられる地質環境条件や各 領域の設計仕様等との相互作用を考慮したうえで、それぞれの領域での環境条件や核種移 行に係る条件の変化が THMCG 毎に検討される.例えば、H12 の評価では、人工バリア内の各 領域の温度や応力条件は、地質環境条件の設定においてモデル化された地下水とガラス固 化体、緩衝材、オーバーパック、母岩との相互作用に基づいて設定され、また、人工バリ ア内の各領域の地下水化学の条件は、地質環境条件の設定においてモデル化された地下水 と緩衝材、オーバーパックとの相互作用に基づいて設定されている、これらは、「安全機能」 における情報整理の対象となる安全評価パラメータ(元素の溶解度や分配係数等)の設定 に影響をおよぼす因子となっている.さらに、設計仕様の検討においても懸念事象として 考慮されたガラス固化体に起因した放射線の影響を、ガラス固化体やオーバーパック、緩 衝材の個々の領域における処分環境条件に影響を与える懸念事象として取り上げることと した.付録6表1に、ガラス固化体の「処分環境条件」に関する情報整理に基づいて、ガ ラス固化体および他のバリアの設計仕様、さらには懸念事象等との関係を〇印等で例示 した結果の概略を示す.

反	山分環均	寬条件	(ガラフ	固化	本)					
	Т	Н	М		(2			G	
対象となる場の条件・状態」を	0	0	0	0				0		
使的9公上で里安な議論 ポイント(○)とそれに関	域ガ	域ガ	域ガ	域ガ				域ガ		
本 「 」 す る 代 表 的 な パ ラ メ ー タ メ ー タ 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	の温度化体領	の水理場	の応力場の応力場	の化学的特性	の化学組成	的組成 地下水の化学	の溶解速度体	の幾何形状	の表面積	積の増加率
ことが想定される 懸念事象							gm ⁻² d ⁻¹		m ²	pag
地質環境条件										
Т	0									
Н	0									
М										0
С						0				
G										
設計仕様(ガラス固化体)										
Т	0	0			0	0	0			0
Н	0	0								
М			0							0
С					0		0			
G	\odot	0							0	
設計仕様(オーバーパック)	0	0	0			0				0
設計仕様(緩衝材)	0	0	0			0				0
設計仕様(EDZ:処分施設)	0	0								
他の懸念事象										
緩衝材の流出による水理場への影響		0								
お射線の影響	1				0	0	~			

付録6表1 ガラス固化体の「処分環境条件」の代表的パラメータとの関係

◎:影響が懸念され、定量的検討が行われた項目

○:影響は懸念されるが、定量的検討まで至っていない項目

△:影響が検討され、有意な影響がないと見なされた項目

なし:未検討 or 不明

付録7 ガラス固化体の「安全機能」に関する情報整理の例

付録7表1には、ガラスの「安全機能」に関する情報整理に基づいてガラスの「安全機 能」の代表的パラメータとそれに影響を及ぼす懸念事象との関係を○印等で例示した結果 を示す.

このようにして整理された代表的パラメータの変化やそれらに関する情報を「場の条 件・状態|間において関係づけることによって、個々の懸念事象の影響の伝播は代表的な パラメータの連鎖として整理される.

付録7表1	ガラス固化体の	「安全機能」	の代表的パラメ-	-タとの関係

安全機能(ガラス固化体) 対象となる場の条件・状態」を検討する上で 核種の溶出抑制機能 重要な議論ポイント(〇)とそれに関連 する代表的なパラメータ ガラスの表面積 ガラスの溶解速度 面積の増加率 対象となる場の条件・状 m^{-2} $\mathrm{gm}^{-2}\mathrm{d}^{-1}$ 態」に影響を与えることが想定される 懸念事象 処分環境条件(ガラス) Т \bigcirc Н 0 М \bigcirc С 0 0 G その他の懸念事象 モデルの不確実性 \bigcirc

◎:影響が懸念され、定量的検討が行われた項目

○:影響は懸念されるが、定量的検討まで至っていない項目

△:影響が検討され、有意な影響がないと見なされた項目

なし:未検討 or 不明

表 1. SI 基本単位					
甘大昌	SI 基本単位				
巫平里	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	А			
熱力学温度	ケルビン	Κ			
物質量	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						
如女母 SI 表	SI 基本単位					
和立重 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 さ , 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 キログラム毎立法	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	1					
比 透 磁 率 (b) (数字の) 1	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

			SI 組立甲位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方
平 面 鱼	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
· 協 方 立 体 鱼	ステラジア、/(b)	er ^(c)	1 (b)	m^{2/m^2}
周 波 数	ヘルツ ^(d)	Hz	1	s ⁻¹
力	ニュートン	Ν		m kg s ⁻²
压力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	$m^{-1} kg s^{-2}$
エネルギー,仕事,熱量	ジュール	J	N m	$m^2 kg s^2$
仕 事 率 , 工 率 , 放 射 束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷,電気量	クーロン	С		s A
電位差(電圧),起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{\cdot 3} A^{\cdot 2}$
コンダクタンス	ジーメンス	s	A/V	$m^{2} kg^{1} s^{3} A^{2}$
磁東	ウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^{\cdot 2} A^{\cdot 1}$
磁束密度	テスラ	Т	Wb/m ²	$\text{kg s}^{2}\text{A}^{1}$
インダクタンス	ヘンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^2 A^2$
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光東	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
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,	グレイ	Gv	J/kg	$m^2 s^{-2}$
カーマ				
線量当量,周辺線量当量,方向	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	$m^2 s^{2}$
性線量当量, 個人線量当量		2.		
酸素活性	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

(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、ベクレルは放射性抜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。
 (e)セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度で表すために使用される。
 (f)数単位を通の大きさは同一である。したがって、温度差や温度問隔を表す数値はとちらの単位で表しても同じである。
 (f)数単性核種の放射能(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

	S	I 組立単位	
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方
粘质	Eパスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
表 面 張 九	コニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角 速 度	ミラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角 加 速 度	E ラジアン毎秒毎秒	rad/s^2	$m m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$
熱流密度,放射照度	E ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量,エントロピー	- ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{2} K^{1}$
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)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$
比エネルギー	- ジュール毎キログラム	J/kg	$m^{2} s^{2}$
熱 伝 導 率	『ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	- ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電 荷 密 度	E クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ sA
表 面 電 荷	ラクーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
電 束 密 度 , 電 気 変 位	エクーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² sA
誘 電 率	『ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$
透 磁 辛	ミ ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	- ジュール毎モル	J/mol	$m^2 kg s^2 mol^1$
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)	$m^{2} kg s^{2} K^{1} mol^{1}$
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ sA
吸収線量率	ミグレイ毎秒	Gy/s	$m^2 s^{-3}$
放射 強度	E ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{-2} kg s^{-3} = m^2 kg s^{-3}$
放射輝 度	E ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	たカタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語					
乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	э 9	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	с
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	Р	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	Т	$10^{.9}$	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	р
10^{6}	メガ	М	10^{-15}	フェムト	f
10^3	キロ	k	10^{-18}	アト	а
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デ カ	da	10^{-24}	ヨクト	У

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	1h =60 min=3600 s				
日	d	1 d=24 h=86 400 s				
度	۰	1°=(п/180) rad				
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad				
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad				
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²				
リットル	L, 1	1L=11=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³				
トン	t	$1t=10^{3}$ kg				

_

表7.	SIに属さないが、	SIと併用される単位で、	SI単位で
	まとわて粉は	ぶ 中 瞬時 ほう や て そ の	

衣される剱旭が夫厥的に待られるもの					
名称	記号	SI 単位で表される数値			
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J			
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg			
統一原子質量単位	u	1u=1 Da			
天 文 単 位	ua	1ua=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	1	ル	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa			
水銀	柱ミリメー	トル	mmHg	1mmHg=133.322Pa			
オン	グストロー	- 4	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m			
海		里	М	1 M=1852m			
バ	-	\sim	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm)2=10 ⁻²⁸ m ²			
1	ツ	ŀ	kn	1 kn=(1852/3600)m/s			
ネ	-	パ	Np	ar送佐1			
ベ		ル	В	▶ 51 単位との 叙 値的 な 阕徐 は 、 対 数 量の 定 義 に 依 存.			
デ	ジベ	N	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	Р	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s			
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{\cdot 1} = 10^{\cdot 4} \text{m}^2 \text{ s}^{\cdot 1}$			
スチルブ	$^{\rm sb}$	1 sb =1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²			
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ^{-2} 10 ⁴ lx			
ガル	Gal	$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm s}^{\cdot 2} = 10^{\cdot 2} \text{ms}^{\cdot 2}$			
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{ G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$			
ガウス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{2} = 10^{4} \text{T}$			
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≙ (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						
	3	名利	7		記号	SI 単位で表される数値
キ	ユ		IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
$\scriptstyle u$	\sim	ŀ	ゲ	\sim	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ				ド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
$\boldsymbol{\nu}$				L	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガ		$\boldsymbol{\mathcal{V}}$		7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	Ŧ		N	11		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	- トル	系	カラゞ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
\mathbb{P}				ル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大	気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
÷	17		11	_	1	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J
13	Ц		<i>y</i>		cal	(「IT」カロリー)4.184J(「熱化学」カロリー)
Ξ	ク			\sim	μ	$1 \mu = 1 \mu m = 10^{-6} m$

この印刷物は再生紙を使用しています