

ウラン及び長半減期核種を含んだ研究施設等廃棄物を 対象とした処分方策に関する技術的検討

Technological Study about Disposal Measures of Low-level Radioactive
Waste including Uranium and Long-half-life Radionuclides

菅谷 敏克 中谷 隆良 佐々木 利久 中村 康雄
坂井 章浩 坂本 義昭

Toshikatsu SUGAYA, Takayoshi NAKATANI, Toshihisa SASAKI, Yasuo NAKAMURA
Akihiro SAKAI and Yoshiaki SAKAMOTO

バックエンド研究開発部門
廃棄物対策・埋設事業統括部

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

February 2017

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは国立研究開発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。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方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
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, 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, 2017

ウラン及び長半減期核種を含んだ研究施設等廃棄物を対象とした 処分方策に関する技術的検討

日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門

廃棄物対策・埋設事業統括部

菅谷 敏克、中谷 隆良、佐々木 利久*1、中村 康雄*2、坂井 章浩、坂本 義昭

(2016年11月22日受理)

研究施設等から発生する廃棄物は、ウラン及び長半減期核種を含み、その放射能濃度は幅広い範囲で存在する。これらウラン及び長半減期核種を含んだ廃棄物の処分における管理期間終了後の安全評価では、数万年以降に被ばく線量の最大線量が出現する特徴があるため、埋設処分の方策は未だ決定されていない。

このため、日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という）では、処分方策の検討に資することを目的とし、ウランを含んだ比較的放射能濃度の低い廃棄物（以下、「ウラン廃棄物」という。）、ウラン及び長半減期核種を含んだ中深度処分対象の濃度範囲となる廃棄物を対象とし、処分に係る以下の技術的検討を行った。

(1) ウラン廃棄物のトレンチ処分の検討

ウラン廃棄物のトレンチ処分について、被ばく線量に対する影響の大きいと考えられるパラメータ及び評価条件について線量評価ケーススタディを行い、処分場跡地における最大被ばく線量から、処分可能なウラン濃度を試算した。

(2) ウラン廃棄物のクリアランス対象物拡張の予察的な検討

ウラン取扱施設から発生する廃棄物に対するクリアランス対象物の拡張に資するため、埋設処分するシナリオから導出される金属、コンクリート及び安定5品目（廃プラスチック類・金属くず・ガラス陶磁器くず・ゴムくず・がれき類）の資材のクリアランスレベルを予察的に検討した。

(3) 中深度処分廃棄物を対象とした濃度制限シナリオによる検討

原子力機構におけるウラン及び長半減期核種を含んだ中深度処分対象の廃棄物に対して、原子力規制委員会に設置された「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」が示した「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」に示された濃度制限シナリオを想定して線量評価を行い、中深度処分への適合性について検討を行った。

旧本部事務所：〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49

*1 (株) ヴィジブルインフォメーションセンター

*2 中央開発株式会社

**Technological Study about Disposal Measures of Low-level Radioactive Waste
including Uranium and Long-half-life Radionuclides**

Toshikatsu SUGAYA, Takayoshi NAKATANI, Toshihisa SASAKI*¹,
Yasuo NAKAMURA*², Akihiro SAKAI and Yoshiaki SAKAMOTO

Radioactive Waste Management and Disposal Project Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received November 22, 2016)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) performed the technical studies contributed for the disposal measures of uranium-bearing waste with low concentration and intermediate depth disposal-based waste occurring from the process of the nuclear fuel cycle.

(1) Study of the trench disposal of uranium-bearing waste

As a part of the study of disposal measures of the uranium-bearing waste, we carried out the safety assessment (exposure dose assessment) and derived the upper limit of radioactivity concentration of uranium which was allowed to be included in radioactive waste for trench disposal.

(2) Preliminary study for the expansion of material applied to clearance in uranium-bearing waste

Currently, the clearance level of uranium handling facilities was derived from the radioactivity concentration of uranium corresponding to dose criterion about the exposure pathways of the reuse and recycle of metal. Therefore, we preliminarily evaluated whether metal and concrete were able to be applied to clearance by the method of the undergrounding disposal.

(3) Study of the concentration limitation scenarios for the intermediate depth disposal-based waste

We carried out dose assessment of intermediate depth disposal of radioactive waste generated from JAEA about radioactive concentration limitation scenarios of which the concept was shown by the study team in Nuclear Regulation Authority. Based on the results, we discussed whether the waste was applied to radioactive waste conforming to concept of intermediate depth disposal.

Keywords: Uranium-bearing Waste, Trench Disposal, Clearance Level, Intermediate Depth Disposal

*¹ Visible Information Center, Inc.

*² Chuo Kaihatsu Corporation

目次

1.	はじめに.....	1
2.	ウラン廃棄物のトレンチ処分の検討.....	2
2.1	目的.....	2
2.2	計算条件.....	2
2.2.1	前提条件.....	2
2.2.2	被ばく経路.....	3
2.2.3	被ばく線量試算モデル.....	4
2.3	基本的な評価.....	4
2.3.1	河川水利用シナリオ（地下水シナリオ）.....	4
2.3.2	跡地利用シナリオ（土地利用シナリオ）.....	5
2.3.3	長期における跡地利用シナリオ.....	5
2.4	長期的評価におけるパラメータ及び計算条件のケーススタディ.....	6
2.4.1	浸出率（分配係数）.....	6
2.4.2	ウランを含む廃棄物割合及び廃棄物におけるウランの組成.....	7
2.4.3	埋設効率.....	8
2.4.4	気候変動.....	9
2.4.5	帯水層移行時間.....	10
2.4.6	覆土厚さ.....	10
2.4.7	覆土及び施設の侵食を考慮した跡地利用シナリオ.....	11
2.4.8	跡地利用制限.....	12
2.4.9	河川水利用等を考慮した被ばく経路による評価.....	13
2.5	基準線量相当濃度による検討.....	14
2.6	今後の課題.....	14
3.	ウラン廃棄物のクリアランス対象物拡張の予察的な検討.....	33
3.1	目的.....	33
3.2	対象廃棄物及び評価対象核種の設定.....	33
3.3	被ばく経路及び計算モデルの設定.....	33
3.3.1	対象物拡張のためのシナリオ及び被ばく経路.....	33
3.3.2	計算モデルの設定.....	35
3.4	基準線量相当濃度の試算.....	35
3.5	考察.....	36
4.	中深度処分廃棄物を対象とした濃度制限シナリオによる検討.....	56
4.1	目的.....	56

4.2	試行的な評価について.....	57
4.2.1	濃度制限シナリオの想定について.....	57
4.2.2	評価内容.....	57
4.2.3	評価モデル、評価パラメータ.....	58
4.2.4	評価に用いたソフトウェア.....	59
4.3	評価結果.....	60
4.3.1	河川水利用.....	60
4.3.2	汚染土壌上での居住等.....	60
4.3.3	被ばく線量に寄与する核種について.....	62
4.3.4	濃度制限シナリオに対する適合性の検討.....	63
4.4	考察.....	63
5.	おわりに.....	85
	謝辞.....	85
	参考文献.....	86
付録 1	被ばく線量試算モデル.....	89
付録 2	パラメーター一覧.....	99
付録 3	最終処分場の跡地利用に関する検討.....	103
付録 4	計算モデルの設定.....	108
付録 5	被ばく経路とその評価式.....	123

Contents

1.	Introduction.....	1
2.	Study of the trench disposal of the uranium waste	2
2.1	Objective	2
2.2	Calculation condition	2
2.2.1	Preconditions	2
2.2.2	Exposure pathways	3
2.2.3	Calculation model.....	4
2.3	Calculation by basic condition.....	4
2.3.1	Exposure by utilizing river water scenarios.....	4
2.3.2	Land use scenarios	5
2.3.3	Land use scenarios by long-term	5
2.4	Case study for a parameter and the calculation condition of the long-term assessment.....	6
2.4.1	Leach rate (distribution coefficient)	6
2.4.2	Ratio of waste including uranium and composition of uranium	7
2.4.3	Disposal efficiency	8
2.4.4	Climatic change	9
2.4.5	Travel time.....	10
2.4.6	Cover soil thickness.....	10
2.4.7	Limit of land use.....	11
2.4.8	Land use Scenario in consideration of erosion	12
2.4.9	Groundwater scenario in consideration of utilizing river bank.....	13
2.5	Study of radioactivity concentration of radionuclide corresponding to dose criterion	14
2.6	Future issues.....	14
3.	Preliminary study of the expansion of the clearance object of the uranium waste	33
3.1	Objective	33
3.2	Setting of target waste.....	33
3.3	Exposure pathways and setting of calculation model	33
3.3.1	Evaluation scenario and pathway for expansion of clearance object	33
3.3.2	Setting of calculation model.....	35
3.4	Calculations of radioactivity concentration of radionuclide corresponding to dose criterion.....	35
3.5	Consideration	36

4. Study of the concentration control scenario for the intermediate depth disposal-based waste.....	56
4.1 Objective.....	56
4.2 About a trial-like evaluation.....	57
4.2.1 Assumption of concentration control scenario.....	57
4.2.2 Evaluation content	57
4.2.3 Calculation model/Parameter.....	58
4.2.4 Software	59
4.3 Result.....	60
4.3.1 Utilizing river water.....	60
4.3.2 Residence on the contaminated soil.....	60
4.3.3 Nuclide to contribute to exposure dose.....	62
4.3.4 Study of the compatibility for concentration control scenario.....	63
4.4 Consideration	63
5. Summary.....	85
Acknowledgement	85
References.....	86
Appendix-1 Evaluation model.....	89
Appendix-2 Parameter list	99
Appendix-3 Study for use of land after disposal site.....	103
Appendix-4 Calculation model.....	108
Appendix-5 Exposure pathway and evaluation formula.....	123

図表リスト

表 2.1	ウランの組成（天然ウラン、濃縮ウラン、劣化ウラン）	15
表 2.2	「濃度上限値報告書」で想定されているシナリオと被ばく経路	15
表 2.3	基本的な評価における計算ケース	15
表 2.4	基本的な評価における最大被ばく線量と出現時刻：地下水シナリオ	16
表 2.5	基本的な評価における最大被ばく線量と出現時刻：跡地利用シナリオ	16
表 2.6	長期における跡地利用シナリオの計算ケース(管理期間終了以後に 放射性物質の移行を考慮した場合)	16
表 2.7	長期における跡地利用シナリオの最大被ばく線量と出現時刻(管理 期間終了以後に放射性物質の移行を考慮した場合)	16
表 2.8	浸出率に寄与する分配係数を変化させた場合の計算ケース	17
表 2.9	最大被ばく線量と出現時刻（浸出率に寄与する分配係数を変化させた場合） ...	17
表 2.10	ウランを含む廃棄物の割合及びウランの組成を変化させた計算ケース	18
表 2.11	ウランを含む廃棄物の割合を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻 （ウラン組成 5%濃縮ウランのケース）	19
表 2.12	ウランを含む廃棄物の割合を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻 （ウラン組成が天然ウランのケース）	19
表 2.13	埋設効率を変化させた計算ケース	20
表 2.14	埋設効率を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻	20
表 2.15	気候変動を考慮した計算ケース	21
表 2.16	気候変動を考慮した計算による最大被ばく線量と出現時刻	21
表 2.17	帯水層移行時間を変化させた時の計算ケース	22
表 2.18	帯水層移行時間を変化させた計算ケースの最大被ばく線量と出現時刻	22
表 2.19	覆土厚さを考慮した計算ケース	22
表 2.20	覆土厚さを変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻	23
表 2.21	侵食を考慮した計算ケース	23
表 2.22	侵食を考慮した計算ケースにおける最大被ばく線量と出現時刻	23
表 2.23	跡地利用制限を想定したシナリオと被ばく経路	24
表 2.24	跡地利用制限を想定した計算ケース	24
表 2.25	跡地利用制限を想定した計算における最大被ばく線量と出現時刻	25
表 2.26	河川岸利用等を考慮したケース	25
表 2.27	河川岸利用等を考慮した計算における最大被ばく線量と出現時刻	26
表 2.28	ケーススタディの代表例による最大被ばく線量、基準線量相当濃度の一覧	26
表 3.1	埋設処分シナリオの被ばく経路検討結果	37
表 3.2	埋設処分の被ばく経路	40

表 3.3	跡地利用経路のケース設定	41
表 3.4	埋設処分に関連するパラメータ（核種・元素非依存）	42
表 3.5	元素依存パラメータ	48
表 3.6	核種依存パラメータ	50
表 3.7	クリアランスレベルの試算結果（埋設処分経路）	51
表 4.1	「濃度制限シナリオ」の想定と試行的な評価の考え方等	65
表 4.2	原子力機構から発生する余裕深度処分対象廃棄物の拠点毎の 放射能インベントリ	66
表 4.3	原子力機構から発生する余裕深度処分対象廃棄物の拠点毎の廃棄体数	67
表 4.4	放射性核種の廃棄物発生施設別の存在割合	68
表 4.5	河川水利用に関するパラメータ	69
表 4.6	河川水利用、飲料水利用に関するパラメータ	69
表 4.7	河川水利用、灌漑水利用に関するパラメータ	69
表 4.8	河川水利用、灌漑水利用（農作物摂取）に関するパラメータ	69
表 4.9	河川水利用、灌漑水利用（農作業外部）に関するパラメータ	70
表 4.10	河川水利用、灌漑水利用（農作業吸入）に関するパラメータ	70
表 4.11	河川水利用、飼育水利用に関するパラメータ	70
表 4.12	河川水利用、河川産物摂取に関するパラメータ	70
表 4.13	汚染土壌上での居住等（居住者外部）に関するパラメータ	71
表 4.14	汚染土壌上での居住等（居住者吸入）に関するパラメータ	71
表 4.15	汚染土壌上での居住等（農作物摂取）に関するパラメータ	71
表 4.16	分配係数	72
表 4.17	移行係数、濃縮係数及び被ばく線量換算係数	73
表 4.18	河川水利用による被ばく経路毎の被ばく線量評価結果	75
表 4.19	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（機構廃棄物を 4 本の坑道に均等に定置したケース）	76
表 4.20	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（原科研廃棄体を 1本の坑道に全量定置したケース）	77
表 4.21	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（核サ研 ASP を 1本の坑道に全量定置したケース）	78
表 4.22	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（核サ研 ASP 以 外を 1本の坑道に全量定置したケース）	79
表 4.23	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（大洗研究開発セ ンター廃棄体を 1本の坑道に全量定置したケース）	80
表 4.24	汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果（ふげん廃棄体を 1本の坑道に全量定置したケース）	81

図 2.1	被ばく線量最大値出現時期の違い.....	27
図 2.2	想定廃棄物量.....	29
図 2.3	「濃度上限値報告書」で想定されているシナリオと被ばく経路の概要図.....	29
図 2.4	土壌の違いによる分配係数の範囲.....	30
図 2.5	埋設効率（定置効率）の考え方.....	31
図 2.6	跡地利用制限を想定したシナリオと被ばく経路の概要図.....	32
図 3.1	跡地利用経路の被ばく線量経時変化（U-234）.....	52
図 3.2	地下水移行経路の被ばく線量経時変化（U-234）.....	52
図 3.3	跡地利用経路の被ばく線量経時変化（U-235）.....	53
図 3.4	地下水移行経路の被ばく線量経時変化（U-235）.....	53
図 3.5	跡地利用経路の被ばく線量経時変化（U-238）.....	54
図 3.6	地下水移行経路の被ばく線量経時変化（U-238）.....	54
図 3.7	建設作業員の粉塵吸入による被ばく線量経時変化（U-235：核種内訳）.....	55
図 3.8	跡地利用経路の被ばく線量経時変化（U-235：核種移行による減衰考慮）.....	55
図 4.1	トンネル型処分坑道（L100m×□15m）に廃棄体を定置した概念図.....	82
図 4.2	汚染土壌の想定.....	82
図 4.3	河川水利用による被ばく線量（被ばく経路合計）.....	83
図 4.4	汚染土壌の上での居住等による被ばく線量（機構廃棄物を4本の坑道に均等に定置したケース）.....	84
図 4.5	ふげん廃棄体を例にした処分坑道の離間距離と被ばく線量の関係.....	84

This is a blank page.

1.はじめに

研究施設等から発生する廃棄物は、ウラン及び長半減期核種を含み、その放射能濃度は幅広い範囲で存在する。これらウラン及び長半減期核種を含んだ研究施設等廃棄物の処分における特徴としては、処分施設の管理期間終了後の安全評価において、数万年以降に被ばく線量の最大線量が出現することにある。これらの特徴を持つ幅広い放射能濃度範囲のウラン及び長半減期核種を含んだ研究施設等廃棄物の処分の方策は未だ決定されていないことから、処分方策の決定に資することを目的とした処分に係る技術的な検討を行った。

今回対象とした廃棄物は、ウランを含んだ比較的放射能濃度の低い廃棄物（以下、「ウラン廃棄物」という。）、ウラン及び長半減期核種を含んだ中深度処分対象の濃度範囲となる廃棄物である。

ウラン廃棄物に対しては、トレンチ処分とクリアランス対象物の拡張による技術的検討を行った。トレンチ処分を対象とした検討では、被ばく線量に対する影響の大きいと考えられるパラメータ及び評価条件についてケーススタディを行い、処分場跡地における最大被ばく線量から、処分可能なウラン濃度を試算した。また、クリアランス対象物の拡張に係る検討では、ウラン取扱施設から発生する廃棄物のうち、金属、コンクリート及び安定5品目（廃プラスチック類・金属くず・ガラス陶磁器くず・ゴムくず・がれき類）の資材を埋設処分するシナリオから導出されるクリアランスレベルを予察的に検討した。更に、ウラン及び長半減期核種を含んだ中深度処分対象の濃度範囲となる廃棄物に対しては、原子力規制委員会に設置された「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」が示した「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」に示された濃度制限シナリオによる機構廃棄物に対する基準線量による濃度制限の適合性について検討を行った。

2. ウラン廃棄物のトレンチ処分の検討

2.1 目的

研究施設等廃棄物では、核燃料物質使用施設等から発生するウランを含む廃棄物も埋設対象として含まれている。ウラン核種（U-234、U-235、U-238）は、図 2.1 に示すように Am-241 や Pu-239 等の他の α 核種と異なり、子孫核種生成の影響により被ばく線量の最大値出現時期が管理期間終了直後ではなく数万年以降となる特徴を有している。このため、原子力安全委員会が示した「低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について」¹⁾（以下、「濃度上限値報告書」という。）や「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」²⁾（以下、「二種埋指針」という。）では、「ウラン系列核種が主な核種となるいわゆるウラン廃棄物については、本基本的考え方の適用対象外とする。」とされてきた。

そこで本評価では、ウランの長期にわたって子孫核種が生成し放射能がビルドアップする特徴が線量評価に与える影響を把握するため、ウラン廃棄物のトレンチ処分を対象に、影響が大きいと考えられるパラメータ及び評価条件について種々の値または条件を設定したケーススタディを実施した。

評価を進めるにあたって、最初に基本となる評価として、「濃度上限値報告書」のシナリオ及び被ばく経路について線量評価を行い、次に、パラメータや処分条件等を変化させた場合の線量のケーススタディを実施した。また、研究施設等廃棄物の埋設事業の想定では、原子炉施設、核燃料物質使用施設等、廃棄物発生施設の許可区分を区別せずに、各施設から発生した廃棄物を同じ処分場に処分する計画であることから、ウラン廃棄物が、他の施設から発生した廃棄物と同じ処分場に処分することを想定した。評価シナリオ及びパラメータの設定の考え方は、「二種埋指針」に示された管理期間終了以後に係る安全評価の考え方を参照した。

2.2 計算条件

2.2.1 前提条件

ウラン廃棄物は、「濃度上限値報告書」で想定されている大きさの廃棄物埋設地に研究施設等廃棄物として一緒にトレンチ処分することを想定した。

「濃度上限値報告書」では、200L ドラム缶換算で 100 万本（200,000 m³）に相当する廃棄物を処分可能な規模のトレンチ処分場を仮想している。廃棄物層の容量は、「濃度上限値報告書」と同じ 500m×500m×5m（1,250,000 m³）であり、廃棄物量と廃棄物層容量から埋設効率を 0.16 と設定されている。

処分対象廃棄物の推定発生量を図 2.2 に示す。処分対象廃棄物は、図 2.2 に示す物量のうち、フランス、英国、米国の処分事例を参考に 100Bq/g までの範囲に仮定した。この物量

は、クリアランスを除くと最大でも約 5 万 t であり、200L ドラム缶 1 本当たり 0.2~0.4t で本数に換算すると約 13 万本から約 25 万本となる。したがって、埋設するウランを含む廃棄物は、100 万本のうちの 4 分の 1 の 25 万本と仮定した。また、ウランの平均放射能濃度は、対象物を 100Bq/g までの範囲としたことから、その 1 桁低い 10Bq/g を想定した。さらに、ウラン廃棄物中のウランの組成は、表 2.1 に示すように濃縮度 (U-235 含有割合) が高いほど比放射能が高くなるため、国内の加工メーカーの許可の最大値である 5%濃縮ウラン (U-234 : 8.42Bq/g、U-235 : 0.401Bq/g、U-238 : 1.18Bq/g) を想定した。

研究施設等廃棄物中の他の核種は、「研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計」³⁾ (以下、「概念設計」という) から、平均濃度が C-14 で 0.0995 Bq/g、Co-60 で 13.3 Bq/g、Sr-90 で 0.0851 Bq/g、Cs-137 で 0.438 Bq/g とし、100 万本のうち 4 分の 3 となる 75 万本相当のインベントリを設定した。

「濃度上限値報告書」では、対象となる放射性廃棄物中の放射性核種は半減期が数年 (Co-60) から数 10 年程度 (Sr-90、Cs-137 等) の核種が主となるため、評価期間が比較的短く地形や環境の変化による影響は小さいと考えられること、濃度上限値を求めることが目的であることから、保守的に地形や環境等は初期状態が継続すると仮定している。本報告書における基本的な評価においても、「濃度上限値報告書」と同様に地形や環境等は初期状態が継続すると仮定した。

2.2.2 被ばく経路

シナリオと被ばく経路について、表 2.2 及び図 2.3 に示す。

(1) 河川水利用シナリオ

河川水利用シナリオでは、廃棄物埋設地から放射性核種が漏洩し、帯水層を經由し、河川に湧出することを想定したシナリオである。その後、河川水が複数の用途に使用されることから、表 2.2 及び図 2.3 (a) に示すような被ばく経路とした。すなわち、公衆の上水道水源として利用され、飲料水摂取による内部被ばく経路 (飲料水摂取)、河川で生産される水産物を摂取することによる内部被ばく経路 (河川産物摂取)、河川水を飼育水とした畜産物の摂取による内部被ばく経路 (畜産物摂取) を設定した。

(2) 跡地利用シナリオ

廃棄物埋設地は 1.8m の放射性物質を含まない土砂によって覆土されるものの、跡地での宅地整備等再開発される場合、再開発事業に伴う掘削 (3m) によって廃棄物層と覆土の混合が発生する。一方、農耕地や牧草地として利用される場合、掘削深さとして 1m 程度と考えられることから、廃棄物層との混合が発生しない。よって、跡地利用では、保守側の評価と考えられる宅地開発で代表した。

跡地利用シナリオでは、表 2.2 及び図 2.3 (b) に示すように跡地利用建設シナリオと跡

地利用居住シナリオの 2 シナリオに分け、跡地利用建設シナリオでは住居建設に伴う作業者の塵埃吸入による内部被ばく経路（塵埃吸入）と直接線による外部被ばく経路（直接線外部）、跡地利用居住シナリオでは居住者の直接線による外部被ばく経路（直接線外部）と農作物摂取による内部被ばく経路（農作物摂取）を設定した。

跡地利用居住シナリオでは、建設時の掘削により廃棄物層と混合されるが、一般的に工事個所の土質や地質に問題がある場合、工区外から良質の土を搬入して敷地を整地する（客土）ことから、跡地外の非汚染土壌を客土として敷地を整地すると仮定する。このため、塵埃への放射性物質の移行が発生しないとして、居住者の塵埃吸入による内部被ばく経路を除外し上記の 2 経路とした。また、2.3.3 項の「長期における跡地利用シナリオ」についても同様の被ばく経路とした。

2.2.3 被ばく線量試算モデル

被ばく線量の試算モデルは、河川水利用と跡地利用に分けられる。なお、使用するパラメータは、サイトが定まっていない状況のため、「濃度上限値報告書」と同じ設定とした。ただし、研究施設等廃棄物とウランを含む廃棄物を同一の廃棄物埋設地で一緒に処分することを想定しているため、ウランを含む廃棄物割合（放射性廃棄物総量に対する）のパラメータを追加した。付録 1 に被ばく線量試算モデルを示す。

2.3 基本的な評価

2.3.1 河川水利用シナリオ（地下水シナリオ）

河川水利用シナリオは、「二種埋指針」の地下水シナリオで、廃棄物埋設地から放射性物質が地下水を介して河川に移行することによる影響を評価するものであり、「濃度上限値報告書」の地下水移行シナリオのうち、地下水または河川水の利用による影響を評価するシナリオである。ただし、本解析では「濃度上限値報告書」と異なり管理期間中（50 年）は、既存施設における $\beta\gamma$ 核種の安全評価との整合性も鑑み、管理期間終了直後の跡地利用シナリオが保守的な結果になるように、安全評価においては移行抑制機能を見込まないこととした。

2.3.1.1 計算ケース

廃棄物埋設地からの核種移行については、本解析では分配係数モデルを採用しているため、「濃度上限値報告書」における放出係数に相当する分配係数を設定した。（付録 1、数式 2 及び数式 3 参照）ウランの分配係数については、放出係数から換算した 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と帯水層土壌の設定値 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）の 2 ケースを設定した（表 2.3 参照）。

ウランおよびその子孫核種の放出係数は、「濃度上限値報告書」と同じく NRPB-R161²⁴⁾で示された産業廃棄物処分場の野外調査から得られた値を用いることとした。

2.3.1.2 計算結果

河川水利用シナリオの計算結果について、分配係数 1,670mL/g のケース、分配係数 100mL/g のケースごとの最大被ばく線量を表 2.4 に示す。本解析における河川水利用シナリオでは、分配係数 1,670mL/g のケース、分配係数 100mL/g のケースとも $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。なお、決定経路は両ケースとも飲料水摂取であった。決定核種は両ケースの被ばく経路とも Pb-210 であった。なお、河川産物摂取における 2 千年頃のピークは C-14 であった。

2.3.2 跡地利用シナリオ（土地利用シナリオ）

跡地利用シナリオは、「二種埋指針」の土地利用シナリオの一つで、廃棄物を埋設した廃棄物埋設地の跡地を利用することによる影響を評価するものである。

「濃度上限値報告書」では、比較的半減期の短い核種が主の放射性廃棄物を想定しており、評価期間中の廃棄物埋設地からの核種移行を想定していない。ここでは、放射能濃度の低いウランを含む廃棄物のトレンチ処分における跡地利用シナリオで、子孫核種の生成等のウラン固有の特徴に起因する被ばく線量への基本的な影響を把握するため、評価期間中の廃棄物埋設地からの核種移行を想定しない場合について評価した。

跡地利用居住シナリオ、跡地利用建設シナリオの計算結果について、最大被ばく線量を表 2.5 に示す。本解析における跡地利用シナリオでは、 $10 \mu\text{Sv/y}$ を大きく上回る結果となった。なお、跡地利用居住シナリオにおける決定経路は農作物摂取で、跡地利用建設シナリオにおける決定経路は直接線による外部被ばく経路であった。

跡地利用居住シナリオでは、管理期間終了直後の支配核種は Sr-90 で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回るが、時間の経過とともに支配核種 Ra-226 の影響により 10 万年以降に最大線量となる。

跡地利用建設シナリオでは、管理期間終了直後の支配核種は Cs-137 で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回るが、時間の経過とともに支配核種 Ra-226 の影響により 10 万年以降に最大線量となる。

2.3.3 長期における跡地利用シナリオ

ウランを含む廃棄物は、生成する子孫核種の影響により 10 万年以降に線量が最大となる。トレンチ処分のような浅地中に処分した場合、積極的な管理を前提としなければ、このような長期に渡り処分場に核種を閉じ込めておく設定は非現実的と考えられる。管理期間終了以後に跡地を解放することを前提とするのであれば、「二種埋指針」において「廃棄物埋設地の状態設定について、人工バリアの構成部位が有する低透水性、低拡散性、収着性、低溶出性、その他の特性に着目して状態を設定する」との記載もあり、廃棄物埋設地からの核種移行を想定することとした。ただし、管理期間中（50 年）は、既存施設における β

γ核種の安全評価との整合性も鑑み、管理期間終了直後の跡地利用シナリオが保守的な結果になるように、安全評価においては移行抑制機能を見込まないこととした。

2.3.3.1 計算ケース

ウランの分配係数については、放出係数から換算した 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と帯水層土壌の設定値 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）の 2 ケースを設定した（表 2.6 参照）。

2.3.3.2 計算結果

分配係数 1,670mL/g のケースの計算結果について、最大被ばく線量を表 2.7 に示す。このケースの跡地利用居住シナリオ、跡地利用建設シナリオとも $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。なお、決定経路は、跡地利用居住シナリオで農作物摂取、跡地利用建設シナリオで直接線による外部被ばく経路であった。

分配係数 100mL/g のケースの計算結果について、最大被ばく線量を表 2.7 に示す。このケースの跡地利用居住シナリオ、跡地利用建設シナリオとも $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。なお、決定経路は、跡地利用居住シナリオで農作物摂取、跡地利用建設シナリオで直接線による外部被ばく経路であった。また、このケースでは、子孫核種の生成による影響が小さく管理期間終了直後が最大線量となった。

2.4 長期的評価におけるパラメータ及び計算条件のケーススタディ

2.3.1 項と 2.3.3 項で設定した条件及びパラメータのうち、長期的な評価に影響があると想定されるものを抽出し、その条件又は値を変えて評価を行い、長期評価における線量への影響を評価する。

2.4.1 浸出率（分配係数）

廃棄物層中の放射性核種は、半減期による物理的減衰の他、廃棄物層と接触した浸透水から地下水への移行でも減衰する。本評価では、地下水への浸出率について分配平衡モデルを採用しており、分配係数の設定が重要となる。

2.4.1.1 計算ケース

ウランの土壌に対する分配係数は、IAEA TECDOC-1616²⁵⁾ (IAEA TRS No.364²⁶⁾ の改訂版である IAEA TRS No.472²⁷⁾ の技術報告書) によれば、おおよそ 1mL/g から 100,000mL/g の範囲（図 2.4 参照）である。また、ウラン・子孫核種環境パラメータ（平成 12 年度ウラン廃棄物処理処分システム開発調査〈処分編〉²⁸⁾、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター）によれば、我が国の土壌に対するウランの分配係数もおおむね上記範囲内で 10mL/g から 100,000mL/g の範囲（図 2.4 参照）となる。なお、関東ロ

ームを除けば、おおよそ 10mL/g から 10,000mL/g の範囲となる。

我が国の土壌に対するウランの分配係数 10mL/g から 10,000mL/g の範囲から、33mL/g のケース (IAEA TRS No.364 における砂の値)、100mL/g のケース (「濃度上限値報告書」における帯水層土壌の設定値)、1,670mL/g のケース (「濃度上限値報告書」における放出係数から換算した値)、10,000mL/g のケース (わが国の土壌に対するウランの分配係数範囲の最大値) を設定した。なお、ウラン以外の子孫核種の分配係数については帯水層土壌の設定値とするとともに、比較のため子孫核種の分配係数を 1,670mL/g としたケースを設定した (表 2.8 参照)。

2.4.1.2 計算結果

計算結果について、最大被ばく線量を表 2.9 に示す。本解析では、ウランの分配係数を大きくすると跡地利用シナリオにおいて子孫核種の生成による影響が大きくなるが、全ケースで $10 \mu \text{Sv/y}$ を下回る結果となった。ここでは、ウラン核種のみ分配係数の設定を変えて比較したが、子孫核種を含めた分配係数の設定が重要であると思われる。

ウラン及び子孫核種の分配係数を 1,670mL/g で同じ値として計算したケース (基本的評価における長期における跡地利用シナリオの計算ケース) とウランの分配係数は 1,670mL/g で子孫核種の分配係数をそれぞれ設定した本ケースの線量を比較した結果、跡地利用シナリオで、子孫核種の分配係数をそれぞれ設定した本ケースの方が子孫核種の生成による影響が小さくなる結果となった。

2.4.2 ウランを含む廃棄物割合及び廃棄物におけるウランの組成

研究施設等廃棄物としてウランを含む廃棄物を同一の処分場に埋設処分することを想定しているため、放射性廃棄物総量に対してウランを含む廃棄物の割合が線量評価に影響すると考えられる。

また、U-234、U-235、U-238 で、それぞれ子孫核種が生成する時期が異なるため、廃棄物に含まれる初期の組成が線量評価に影響すると考えられる。

このため、ウランを含む廃棄物割合と廃棄物におけるウランの組成を変化させた計算を実施した。

2.4.2.1 計算ケース

ウランを含む廃棄物割合は、25%の他、10%、20%、30%、50%とした 5 ケースを設定した。設定した 5 ケースについて、ウランを含む廃棄物組成を 5%濃縮ウランと天然ウランとした 2 ケースを設定した。表 2.1 にウランの組成を示す。さらに、ウランの分配係数を 1,670mL/g (ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した) と 100mL/g (ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした) とした 2 ケースを設定し、計 20 ケースを設定した (表 2.10 参照)。

2.4.2.2 計算結果

最大被ばく線量について、ウランの組成を 5%濃縮ウランとしたケースの評価結果を表 2.11 に、ウランの組成を天然ウランとしたケースを表 2.12 に示す。

ウランの組成を 5%濃縮ウランとし、分配係数 1,670mL/g のケースについてウランを含む廃棄物割合を変えた解析では、ウランを含む廃棄物割合 30%と 50%で $10 \mu\text{Sv/y}$ を上回り、10%、20%及び 25%で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

ウランの組成を 5%濃縮ウランとし、分配係数 100mL/g のケースについてウランを含む廃棄物割合を変えた解析では、設定した全てのウランを含む廃棄物割合で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

ウランの組成を天然ウランとし、分配係数 1,670mL/g のケースについてウランを含む廃棄物割合を変えた解析では、ウランを含む廃棄物割合 50%で $10 \mu\text{Sv/y}$ を上回り、10%、20%、25%及び 30%で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

ウランの組成を天然ウランとし、分配係数 100mL/g のケースについてウランを含む廃棄物割合を変えた解析では、設定した全てのウランを含む廃棄物割合で $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

2.4.3 埋設効率

埋設効率は、廃棄物層の容量に対する放射性廃棄物が占めている割合である。埋設効率によって、処分施設に埋設される総放射能や廃棄物層全体の平均放射能濃度が変わるため、条件を変化させて線量評価を実施した。

2.4.3.1 計算ケース

埋設効率については「概念設計」を参照（図 2.5 に抜粋）し、「濃度上限値報告書」と同じ考え方（トレンチ間も廃棄物層に含める）で求めると 0.12（廃棄物層：577m×577m×5m）となる。トレンチ開口部を 1 面にもつ直方体を想定し、トレンチ基数分の廃棄物層（トレンチ間は含めない）から求めると 0.21（廃棄物層：436m×436m×5m）となる。トレンチ形状を想定し、トレンチ基数分の廃棄物層（トレンチ間は含めない）から求めると 0.3（廃棄物層：365m×365m×5m）となる。なお、埋設効率 0.16 の場合の廃棄物層は 500m×500m×5m である。

埋設効率は、「濃度上限値報告書」と同じ 0.16 の他、前述より 0.12、0.21 と 0.3 の 4 ケースを設定した。設定した 4 ケースについて、ウランの分配係数を 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）としたケースを設定し、計 8 ケースを設定した（表 2.13 参照）。

2.4.3.2 計算結果

分配係数 1,670mL/g のケースについて埋設効率を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.14 に示す。本解析では、埋設効率 0.21 と 0.3 のケースで $10 \mu \text{ Sv/y}$ を上回り、埋設効率 0.12 と 0.16 で $10 \mu \text{ Sv/y}$ を下回る結果となった。

分配係数 100mL/g のケースについて埋設効率を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.14 に示す。本解析では、全て $10 \mu \text{ Sv/y}$ を下回る結果となった。

2.4.4 気候変動

前提条件で、初期状態が継続すると仮定したが、長期的には変化することが想定される。現在は、間氷期であるが、数千年以内に次の氷期が始まり、8～10 万年後には氷期のピークに達すると考えられており、気候は寒冷化すると想定した。気候が氷期となると降水量が減少し、処分施設への浸透水量や地下水流量、地表水の流量が少なくなり、線量評価に影響を与えると考えられる。

HLW 第 2 次取りまとめ²⁹⁾によれば、「最終氷期最盛期の約 2 万年前頃には、年降水量が現在の 5～7 割程度に減少したことが、花粉化石等を用いた多くの研究で示されている」との記載がある。よって、年降水量はこれを丸めて 1/10 に減少すると仮定した。年降水量の減少に伴う施設浸透水量や河川水流量が初期条件の 1/10 になると想定した。なお、本来、徐々に変化していくものであるが、影響を明確にするため、本評価においてはある時期で瞬間的に変化するものとした。

2.4.4.1 計算ケース

寒冷化の時期について、1 千年、5 千年、1 万年、10 万年の 4 ケースを設定した。設定した 4 ケースに対し、ウランの分配係数 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）のケースを設定し、計 8 ケースを設定した。また、寒冷化の時期を 1 万年としたケースについて、氷期（1 万年から 10 万年まで）、間氷期（10 万年から 20 万年まで）、氷期（20 万年から 30 万年まで）のサイクルを考慮したウランの分配係数 1,670mL/g と 100mL/g の 2 ケースを追加した。なお、間氷期には、施設浸透水量と河川水流量が初期値に戻ると仮定した（表 2.15 参照）。

2.4.4.2 計算結果

分配係数 1,670mL/g のケースについて寒冷化の時期を変えた計算結果について最大被ばく線量を表 2.16 に示す。本解析では、寒冷化の時期が 1 千年、5 千年及び 1 万年で $10 \mu \text{ Sv/y}$ を上回り、10 万年で $10 \mu \text{ Sv/y}$ を下回る結果となった。

分配係数 100mL/g のケースについて寒冷化の時期を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.16 に示す。本解析では、全て $10 \mu \text{ Sv/y}$ を下回る結果となった。なお、決定

シナリオは、寒冷化の時期が1万年の場合で河川水利用シナリオ（管理期間50年直後に最大被ばく線量となったため、跡地利用居住シナリオの想定が不合理のため）、その他の場合で跡地利用居住シナリオとなった。

気候変動のサイクルを考慮したケースについてウランの分配係数1,670mL/gと100mL/gの計算結果について最大被ばく線量を表2.16に示す。なお、決定シナリオは、ウランの分配係数1,670mL/gのケースで跡地利用居住シナリオ（管理期間50年直後に最大被ばく線量となったため、跡地利用居住シナリオの想定が不合理のため）、ウランの分配係数100mL/gのケースで河川水利用シナリオとなった。

2.4.5 帯水層移行時間

前節で気候変動による影響として寒冷化に伴う施設浸透水量及び河川水量の減少を想定した。気候変動においては、温暖化や寒冷化に伴い帯水層の地下水流速が変化することも考えられる。また、海水準変動に伴い、放射性物質が帯水層を移行する距離が変化することも考えられる。帯水層の移行距離を帯水層流速で除することで帯水層移行時間（実際には元素ごとに収着による遅延効果が加味される）を想定することができる。よって、帯水層移行時間の変化を考慮することで帯水層流速と帯水層の移行距離の変化も包含することができる。

2.4.5.1 計算ケース

帯水層移行時間について初期状態から変化しないケースに加え、初期状態から10倍になるケースと10分の1になるケースを設定した。設定した3ケースに対し、ウランの分配係数1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した1,670mL/gを設定した）と100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）のケースを設定し、計6ケースを設定した（表2.17参照）。なお、初期状態から変化する時間は1万年で瞬間的に変化するものとした。

2.4.5.2 計算結果

分配係数1,670mL/gのケースについて移行時間を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表2.18に示す。本解析では、全て $10\mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

分配係数100mL/gのケースについて移行時間を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表2.18に示す。本解析では、全て $10\mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

2.4.6 覆土厚さ

2.4.6.1 計算ケース

覆土厚さは、跡地利用シナリオにおいて、掘削した覆土と廃棄物の混合割合の変化に寄

与するパラメータである。そこで、覆土厚さについて、「濃度上限値報告書」の 1.8m のケースに加え、「概念設計」の 2.5m としたケースを設定した。設定した 2 ケースに対し、ウランの分配係数 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）のケースを設定し、計 4 ケースを設定した（表 2.19 参照）。

2.4.6.2 計算結果

分配係数 1,670mL/g のケースについて覆土厚を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.20 に示す。本解析では、全て $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

分配係数 100mL/g のケースについて覆土厚を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.20 に示す。本解析では、全て $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。

2.4.7 覆土及び施設の侵食を考慮した跡地利用シナリオ

前提条件で、初期状態が継続すると仮定したが、長期的には埋設地の外的要因によって状態が変化することが考えられ、評価期間中の地形変化として侵食（平面侵食を仮定）による影響を考慮した。埋設施設は侵食によって覆土の厚さが減少して覆土が喪失した場合、また、更に侵食が進展し、最終的には施設が侵食されて喪失する状態を想定し、掘削して混合される覆土と廃棄物の割合を変化させることで跡地利用シナリオに対する影響を確認した。地形は、本来、徐々に変化していくものであるが、影響を明確にするため、本評価においてはある時期で瞬間的に変化するものとした。

2.4.7.1 計算ケース

河川の侵食による速度は、HLW 第 2 次取りまとめによれば、比較的短期（数 10 年程度以下）なダム堆積量から推定したもので $10\sim 10,000\text{mm}/1,000$ 年、長期（数 1,000 年～数万年）の沖積層の体積等から想定した侵食速度で $5.7\sim 2,000\text{mm}/1,000$ 年と示されている。

また、「代表的な安全評価シナリオの解析例の再解析について」³⁰⁾ で示されている侵食速度は平面侵食を想定した $3\times 10^{-4}\text{m}/\text{年}$ である。

上記を参照し、侵食速度は、 $3\times 10^{-4}\text{m}/\text{年}$ 、 $1\times 10^{-4}\text{m}/\text{年}$ 、 $5\times 10^{-5}\text{m}/\text{年}$ の 3 ケースを設定した。設定した 3 ケースについて、ウランの分配係数を 1,670mL/g（ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した）と 100mL/g（ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした）としたケースを設定し、計 6 ケースを設定した（表 2.21 参照）。また、覆土厚を 1.8 m、施設の高さを 5 m と設定した場合の覆土が喪失（廃棄物層の露呈）する時期、施設が喪失する時期を以下に示す。

侵食速度 $3\times 10^{-4}\text{m}/\text{年}$ （ $30\text{m}/100,000$ 年= $300\text{mm}/1,000$ 年を想定）の場合、覆土が喪失（廃棄物層の露呈）する時期は 6 千年、施設が喪失する時期は 2 万 3 千年となる。

侵食速度 $1\times 10^{-4}\text{m}/\text{年}$ （ $100\text{mm}/1,000$ 年を想定）の場合、覆土が喪失（廃棄物層の露呈）

する時期は1万8千年、施設が喪失する時期は6万8千年となる。

侵食速度 5×10^{-5} m/年 (50mm/1,000年を想定) の場合、覆土が喪失 (廃棄物層の露呈) する時期は3万6千年、施設が喪失する時期は14万年となる。

2.4.7.2 計算結果

分配係数 1,670mL/g のケースについて侵食速度を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.22 に示す。本解析では、全て $10 \mu\text{Sv/y}$ を上回る結果となった。このケースでは、露呈する期間と線量が最大となる時期が重なるため、最大被ばく線量で比較した場合、侵食速度による違いは小さかった。

分配係数 100mL/g のケースについて侵食速度を変えた計算結果について、最大被ばく線量を表 2.22 に示す。本解析では、全て $10 \mu\text{Sv/y}$ を下回る結果となった。このケースでは、侵食速度が 5×10^{-5} m/年の場合で侵食による最大被ばく線量への影響は小さかった。

2.4.8 跡地利用制限

制度的管理により跡地が利用できないように制限することを想定する。これは、トレンチ処分施設の線量評価では、跡地利用シナリオの線量が高くなるため、跡地利用制限をすることにより、より放射能濃度の高いウランを含む廃棄物をトレンチ処分できる可能性を検討するためである。

このため、被ばく経路は、余裕深度処分に対する「濃度上限値報告書」と同じとなるような河川水利用シナリオと河川岸利用シナリオを設定する (表 2.23 及び図 2.6 参照)。

河川水利用シナリオでは、図 2.6 の (a) に示すように、消費者の飲料水摂取による内部被ばく経路 (飲料水摂取)、河川産物摂取による内部被ばく経路 (河川産物摂取)、農作物摂取による内部被ばく経路 (農作物摂取)、畜産物 (飼育水) 摂取による内部被ばく経路 (畜産物摂取)、農耕作業者の塵埃吸入による内部被ばく経路 (塵埃吸入) と直接線による外部被ばく経路 (直接線外部) を設定した。

河川岸利用シナリオでは、図 2.6 の (b) に示すように住居建設に伴う作業者の塵埃吸入による内部被ばく経路 (塵埃吸入) と直接線による外部被ばく経路 (直接線外部)、居住者の塵埃吸入による内部被ばく経路 (塵埃吸入) と直接線による外部被ばく経路 (直接線外部)、消費者の農作物摂取による内部被ばく経路 (農作物摂取) と畜産物摂取による内部被ばく経路 (畜産物摂取)、農耕作業者の塵埃吸入による内部被ばく経路 (塵埃吸入) と直接線による外部被ばく経路 (直接線外部) を設定した。一般的に工事個所の土質や地質に問題がある場合、工区外から良質の土を搬入して敷地を整地する (客土) ことが行われている。しかしながら河川岸利用居住シナリオでは、廃棄物が直接混入されていないこと、客土するとしても土壌汚染が広域であり、客土も汚染されていると考えられるため、客土を設置しない。

跡地利用制限の評価では、「濃度上限値報告書」と同じく 200L ドラム缶換算で 100 万本

(200,000 m³) に相当する廃棄物を処分可能な規模のトレンチ処分場を想定する。濃度の高いウラン廃棄物は、図 2.2 からウランの平均放射能濃度を 1,000Bq/g とし、廃棄物割合を 0.01 (図 2.2 から約 1 万本と想定) として計算した。

2.4.8.1 計算ケース

ウランの分配係数については、放出係数から換算した 1,670mL/g (ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した) と帯水層土壌の設定値 100mL/g (ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした) の 2 ケースを設定した (表 2.24 参照)。

2.4.8.2 計算結果

跡地利用を制限した場合の分配係数 1,670mL/g のケース、分配係数 100mL/g のケースの計算結果について、最大被ばく線量を表 2.25 に示す。本解析では、両ケースとも 10 μ Sv/y を下回る結果となった。また、決定シナリオは両ケースとも河川岸利用農耕シナリオ、決定核種は Pb-210 であった。

2.4.9 河川水利用等を考慮した被ばく経路による評価

「濃度上限値報告書」では、トレンチ処分と余裕深度処分では被ばく経路が異なる。そこで、トレンチ処分において、余裕深度処分に対する「濃度上限値報告書」と同じ被ばく経路となる河川水利用シナリオと河川岸利用シナリオを評価した (2.4.8 項参照)。

河川水利用等を考慮した被ばく経路による評価では、「濃度上限値報告書」と同じく 200L ドラム缶換算で 100 万本 (200,000 m³) に相当する廃棄物を処分可能な規模のトレンチ処分場を想定する。なお、濃度の低いウランを含む廃棄物 (平均濃度 10Bq/g) の処分を想定するため、ウランを含む廃棄物割合を 25% と仮定した (2.2.1 項参照)。

2.4.9.1 計算ケース

ウランの分配係数については、放出係数から換算した 1,670mL/g (ウラン以外の子孫核種も放出係数から換算した 1,670mL/g を設定した) と帯水層土壌の設定値 100mL/g (ウラン以外の子孫核種も帯水層土壌の設定値とした) の 2 ケースを設定した (表 2.26 参照)。

2.4.9.2 計算結果

河川岸利用を考慮した地下水シナリオの分配係数 1,670mL/g のケース、分配係数 100mL/g のケースの計算結果について、最大被ばく線量を表 2.27 に示す。本解析では、両ケースとも 10 μ Sv/y を下回る結果となった。また、決定シナリオは両ケースとも河川岸利用農耕シナリオ、決定核種は Pb-210 であった。

2.5 基準線量相当濃度による検討

2.3.2 項の跡地利用シナリオの居住シナリオの評価では、決定経路が農作物摂取で、最大被ばく線量は $43 \mu\text{Sv/年}$ であった。本評価では、処分場の廃棄物の平均濃度を 10Bq/g と設定していることから、本結果から放射能濃度が低いウランを含む廃棄物の基準線量 ($10 \mu\text{Sv/年}$) 相当濃度は、 2.3Bq/g と評価できる。また、2.3.3 項で実施した長期における廃棄物埋設地からの核種移行を考慮した跡地利用シナリオの評価では、最大被ばく線量は $9.7 \mu\text{Sv/年}$ であり、 $10 \mu\text{Sv/年}$ 相当濃度は、 10.3Bq/g となる。

上記の両評価のうち、廃棄物埋設地を現実的な状態設定とし、核種移行を考慮して評価した濃度である 10.3Bq/g から、「濃度上限値報告書」で示された手法と同様である対数丸めと放射能濃度分布を考慮して最大値見込係数 (α 核種に対して 10) を仮定すると、浅地中トレンチ処分の適用濃度範囲は 100Bq/g となる。したがって、濃度上限値と同様の処分場を想定した場合、放射能濃度が低いウランを含む廃棄物の割合を 25%、跡地利用シナリオにおける放射性物質の移行を考慮するといった条件下では、最大 100Bq/g まで処分可能であると考えられる。

また、2.4 節の長期的評価におけるパラメータ及び計算条件のケーススタディでは、着目したパラメータを変えた評価を行ったが、表 2.28 に示したように、被ばく線量への影響としては寒冷化、浸食といった自然事象の影響や埋設効率、ウラン廃棄物の割合といった処分場への埋設条件によって高い被ばく線量となる傾向が見られた。

2.6 今後の課題

濃度の低いウランを含む廃棄物の埋設処分（トレンチ）における安全評価について実施したが、本報告では「二種埋指針」における基本シナリオ、変動シナリオとして整理した評価を行っていない。今後は、これらの結果を参考にしつつ、「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び同解釈」に沿ったシナリオを構築し、安全評価を行っていくことが必要と考える。

また、濃度の高いウラン廃棄物の処分もあり、ラドンの影響として、ラドンガスの吸入による被ばく線量をどう取り扱うかの検討が必要と考える。

表 2.1 ウランの組成 (天然ウラン、濃縮ウラン、劣化ウラン)

U-235含有割合 (%) 半減期	U-234 (Bq/gU) 2.45 × 10 ⁵ 年	U-235 (Bq/gU) 7.04 × 10 ⁸ 年	U-238 (Bq/gU) 4.46 × 10 ⁹ 年	合計 (Bq/gU)
0.3	4.34E+03	2.41E+02	1.24E+04	1.70E+04
0.45	7.29E+03	3.61E+02	1.24E+04	2.01E+04
0.711	1.24E+04	5.70E+02	1.24E+04	2.53E+04
1.0	1.81E+04	8.03E+02	1.24E+04	3.13E+04
2.0	3.78E+04	1.61E+03	1.23E+04	5.16E+04
3.0	5.74E+04	2.41E+03	1.21E+04	7.20E+04
4.0	7.71E+04	3.21E+03	1.20E+04	9.23E+04
4.5	8.69E+04	3.61E+03	1.20E+04	1.02E+05
5.0	9.67E+04	4.01E+03	1.19E+04	1.13E+05

表 2.2 「濃度上限値報告書」で想定されているシナリオと被ばく経路

シナリオ		利用形態	線量評価対象者	被ばく形態	備考
地下水	河川水利用	飲料水	飲料水利用者	飲料水摂取・内部	河川水利用(飲料水摂取)
		河川水	河川産物消費者	河川産物摂取・内部	河川水利用(河川産物摂取)
		飼育水	畜産物消費者	畜産物摂取・内部	河川水利用(畜産物摂取)
土地利用	跡地利用建設	廃棄物埋設地の跡地	建設作業者	土壌直接線・外部	跡地利用建設(直接線外部)
				塵埃吸入・内部	跡地利用建設(塵埃吸入)
	跡地利用居住		居住者	農作物摂取・内部	跡地利用居住(農作物摂取)
				土壌直接線・外部	跡地利用居住(直接線外部)

表 2.3 基本的な評価における計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン分配係数	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2			100mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値

表 2.4 基本的な評価における最大被ばく線量と出現時刻：地下水シナリオ

シナリオ		河川水利用						
		総量	飲料水摂取	(Pb-210)	水産物摂取	(Pb-210)	畜産物摂取	(Pb-210)
ウラン分配係数 1,670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.5E-01	1.2E-01	8.9E-04	3.0E-02	2.6E-02	2.2E-04	1.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.5E-01	1.2E-01	8.1E-02	2.7E-02	2.4E-02	2.3E-04	1.7E-04
	最大線量出現時刻(年)	19,000	19,000	25,000	24,000	25,000	19,000	25,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.5 基本的な評価における最大被ばく線量と出現時刻：跡地利用シナリオ

シナリオ	跡地利用居住					跡地利用建設				
	総量	農産物摂取	(Ra-226)	直接線外部	(Ra-226)	総量	塵埃吸入	(Ac-227)	直接線外部	(Ra-226)
最大被ばく線量(μ Sv/y)	4.3E+01	4.0E+01	2.2E+01	2.6E+00	2.6E+00	1.1E+01	2.0E+00	9.8E-01	8.7E+00	8.4E+00
最大線量出現時刻(年)	210,000	210,000	200,000	200,000	200,000	200,000	200,000	470,000	200,000	200,000

表 2.6 長期における跡地利用シナリオの計算ケース
(管理期間終了以後に放射性物質の移行を考慮した場合)

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン 分配係数	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2			100mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値

表 2.7 長期における跡地利用シナリオの最大被ばく線量と出現時刻
(管理期間終了以後に放射性物質の移行を考慮した場合)

シナリオ	跡地利用居住			跡地利用建設			
	総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	
ウラン分配係数 1,670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.8 浸出率に寄与する分配係数を変化させた場合の計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン 分配係数	備考
0	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
1			33mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
2			100mL/g	
3			1,670mL/g	
4			10,000mL/g	

表 2.9 最大被ばく線量と出現時刻（浸出率に寄与する分配係数を変化させた場合）

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 33mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.7E-01	1.4E-01	2.8E-02	2.6E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	18,000	18,000	19,000	18,000
ウラン分配係数 100mL/g*3	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 1670mL/g*4	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.2E+00	3.0E+00	2.1E-01	1.0E+00	3.4E-01	7.1E-01	1.8E-01	1.4E-01	3.7E-02	2.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	34,000	34,000	35,000	29,000	11,000	34,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 10000mL/g*5	最大被ばく線量(μ Sv/y)	4.8E+00	4.5E+00	3.0E-01	1.5E+00	4.3E-01	1.1E+00	3.1E-01	2.5E-01	6.3E-02	4.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	58,000	58,000	59,000	54,000	37,000	58,000	170,000	170,000	170,000	1,700,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 ウランはIAEA TRS No.364の砂の分配係数、子孫核種は帯水層土壌の分配係数を設定。

*3 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

*4 ウランは放出係数から換算した分配係数、子孫核種は帯水層土壌の分配係数を設定。

*5 ウランは我が国の土壌に対するウランの分配係数範囲の最大値、子孫核種は帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.10 ウランを含む廃棄物の割合及びウランの組成を変化させた計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン 分配係数	備考
1	5%濃縮ウラン	10%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2		20%		
3		25%		
4		30%		
5		50%		
6	天然ウラン	10%		
7		20%		
8		25%		
9		30%		
10		50%		
11	5%濃縮ウラン	10%	100mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
12		20%		
13		25%		
14		30%		
15		50%		
16	天然ウラン	10%		
17		20%		
18		25%		
19		30%		
20		50%		

表 2.11 ウランを含む廃棄物の割合を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻
(ウラン組成 5%濃縮ウランのケース)

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1.670mL/g*1 ウラン廃棄物割合10%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.9E+00	3.7E+00	2.3E-01	1.0E+00	2.4E-01	7.7E-01	5.9E-02	4.7E-02	1.4E-02	9.0E-05
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	1,600	130,000
ウラン分配係数 Kd=1.670mL/g ウラン廃棄物割合20%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	7.8E+00	7.3E+00	4.6E-01	2.0E+00	4.7E-01	1.5E+00	1.2E-01	9.3E-02	2.4E-02	1.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 Kd=1.670mL/g ウラン廃棄物割合25%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1.670mL/g ウラン廃棄物割合30%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.2E+01	1.1E+01	6.9E-01	3.0E+00	7.1E-01	2.3E+00	1.8E-01	1.4E-01	3.6E-02	2.7E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1.670mL/g ウラン廃棄物割合50%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.9E+01	1.8E+01	1.2E+00	5.0E+00	1.2E+00	3.9E+00	2.9E-01	2.3E-01	5.9E-02	4.5E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 ウラン廃棄物割合10%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.9E+00	1.9E+00	9.3E-02	5.5E-01	1.0E-01	4.4E-01	5.9E-02	4.9E-02	1.4E-02	9.1E-05
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	1,600	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合20%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.8E+00	1.7E+00	8.6E-02	6.4E-01	2.0E-01	4.4E-01	1.2E-01	9.9E-02	2.2E-02	1.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合25%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合30%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.6E+00	1.5E+00	7.9E-02	7.4E-01	3.1E-01	4.3E-01	1.8E-01	1.5E-01	3.3E-02	2.7E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合50%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.3E+00	1.2E+00	8.0E-02	9.3E-01	5.1E-01	4.1E-01	3.0E-01	2.5E-01	5.4E-02	4.6E-04
	最大線量出現時刻(年)	7,200	7,100	8,500	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.12 ウランを含む廃棄物の割合を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻
(ウラン組成が天然ウランのケース)

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1.670mL/g*1 ウラン廃棄物割合10%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.3E+00	2.2E+00	1.4E-01	6.3E-01	1.5E-01	4.9E-01	3.8E-02	3.0E-02	1.6E-02	5.8E-05
	最大線量出現時刻(年)	46,000	46,000	46,000	42,000	27,000	45,000	140,000	140,000	1,600	140,000
ウラン分配係数 Kd=1.670mL/g ウラン廃棄物割合20%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	4.7E+00	4.4E+00	2.9E-01	1.3E+00	3.1E-01	9.8E-01	7.5E-02	6.0E-02	1.5E-02	1.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	46,000	46,000	46,000	42,000	27,000	45,000	140,000	140,000	140,000	140,000
ウラン分配係数 Kd=1.670mL/g ウラン廃棄物割合25%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	5.9E+00	5.5E+00	3.6E-01	1.6E+00	3.8E-01	1.2E+00	9.4E-02	7.5E-02	1.9E-02	1.4E-04
	最大線量出現時刻(年)	46,000	46,000	46,000	42,000	27,000	45,000	140,000	140,000	140,000	140,000
ウラン分配係数 1.670mL/g ウラン廃棄物割合30%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	7.0E+00	6.6E+00	4.3E-01	1.9E+00	4.6E-01	1.5E+00	1.1E-01	9.0E-02	2.3E-02	1.7E-04
	最大線量出現時刻(年)	46,000	46,000	46,000	42,000	27,000	45,000	140,000	140,000	140,000	140,000
ウラン分配係数 1.670mL/g ウラン廃棄物割合50%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.2E+01	1.1E+01	7.2E-01	3.2E+00	7.6E-01	2.5E+00	1.9E-01	1.5E-01	3.8E-02	2.9E-04
	最大線量出現時刻(年)	46,000	46,000	46,000	42,000	27,000	45,000	140,000	140,000	140,000	140,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 ウラン廃棄物割合10%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.0E+00	1.9E+00	9.9E-02	5.6E-01	9.6E-02	4.7E-01	4.0E-02	3.4E-02	1.4E-02	6.3E-05
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	1,600	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合20%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.8E+00	1.7E+00	9.8E-02	6.7E-01	1.9E-01	4.8E-01	7.9E-02	6.7E-02	1.3E-02	1.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合25%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	9.7E-02	7.3E-01	2.4E-01	4.9E+01	9.9E-02	8.4E-02	1.6E-02	1.6E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合30%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.6E+00	1.5E+00	9.7E-02	7.8E-01	2.9E-01	5.0E-01	1.2E-01	1.0E-01	2.0E-02	1.9E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g ウラン廃棄物割合50%	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.3E+00	1.2E+00	9.4E-02	1.0E+00	4.8E-01	5.3E-01	2.0E-01	1.7E-01	3.3E-02	3.1E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.13 埋設効率を変化させた計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む 廃棄物割合	ウラン 分配係数	埋設効率	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	0.12	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2				0.16	
3				0.21	
4				0.3	
5			100mL/g	0.12	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
6				0.16	
7				0.21	
8				0.3	

表 2.14 埋設効率を変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ 経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用				
	総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取	
ウラン分配係数 1,670mL/g*1 埋設効率:0.12	最大被ばく線量(μ Sv/y)	7.3E+00	6.9E+00	4.3E-01	1.9E+00	4.5E-01	1.5E+00	1.4E-01	1.1E-01	2.8E-02	2.1E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	140,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 埋設効率:0.16	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 埋設効率:0.21	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.3E+01	1.2E+01	7.6E-01	3.3E+00	7.8E-01	2.5E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.1E-02	2.4E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 埋設効率:0.30	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.8E+01	1.7E+01	1.1E+00	4.7E+00	1.1E+00	3.6E+00	1.6E-01	1.3E-01	3.3E-02	2.5E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 埋設効率:0.12	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.3E+00	1.2E+00	6.2E-02	5.2E-01	1.9E-01	3.2E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	21,000	20,000	25,000	21,000
ウラン分配係数 100mL/g 埋設効率:0.16	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	4.3E-01	2.6E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 埋設効率:0.21	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.2E+00	2.1E+00	1.1E-01	9.0E-01	3.4E-01	5.7E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	18,000	18,000	23,000	18,000
ウラン分配係数 100mL/g 埋設効率:0.30	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.2E+00	3.0E+00	1.6E-01	1.3E+00	4.8E-01	8.1E-01	1.5E-01	1.3E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	17,000	17,000	22,000	17,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.15 気候変動を考慮した計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む 廃棄物割合	ウラン 分配係数	寒冷化 時期	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	1千年	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2				5千年	
3				1万年	
4				10万年	
5			100mL/g	1千年	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
6				5千年	
7				1万年	
8				10万年	
9			1,670mL/g	気候変動 サイクル	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
10			100mL/g		子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値

表 2.16 気候変動を考慮した計算による最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1 寒冷化:1千年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.1E+01	2.9E+01	1.9E+00	7.8E+00	1.5E+00	6.3E+00	5.9E-01	4.7E-01	1.2E-01	9.0E-04
	最大線量出現時刻(年)	140,000	140,000	150,000	140,000	120,000	140,000	230,000	230,000	230,000	230,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 寒冷化:5千年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.9E+01	2.8E+01	1.8E+00	7.3E+00	1.4E+00	5.9E+00	5.5E-01	4.4E-01	1.1E-01	8.4E-04
	最大線量出現時刻(年)	140,000	140,000	150,000	140,000	120,000	140,000	230,000	230,000	230,000	230,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 寒冷化:1万年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.7E+01	2.5E+01	1.6E+00	6.7E+00	1.3E+00	5.5E+00	5.1E-01	4.0E-01	1.0E-01	7.8E-04
	最大線量出現時刻(年)	140,000	140,000	150,000	140,000	120,000	140,000	230,000	230,000	230,000	230,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 寒冷化:10万年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.4E+00	1.1E+00	2.8E-01	2.1E-03
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	110,000	110,000	120,000	110,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 寒冷化:サイクル	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.6E+01	2.4E+01	1.5E+00	6.4E+00	1.3E+00	5.2E+00	2.1E+00	1.7E+00	4.3E-01	3.2E-03
	最大線量出現時刻(年)	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	210,000	210,000	210,000	210,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 寒冷化:1千年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	7.2E+00	6.7E+00	4.5E-01	1.8E+00	3.7E-01	1.5E+00	8.8E-01	7.1E-01	1.7E-01	1.3E-03
	最大線量出現時刻(年)	47,000	47,000	50,000	44,000	23,000	49,000	51,000	50,000	53,000	51,000
ウラン分配係数 100mL/g 寒冷化:5千年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.8E+00	2.6E+00	1.8E-01	7.0E-01	2.6E-01	5.8E-01	1.3E+00	1.1E+00	2.3E-01	2.0E-03
	最大線量出現時刻(年)	43,000	43,000	46,000	40,000	22,000	45,000	19,000	19,000	22,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 寒冷化:1万年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.6E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E+00	1.2E+00	2.6E-01	2.2E-03
	最大線量出現時刻(年)	51	51	27,000	51	51	51	19,000	19,000	23,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 寒冷化:10万年後	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	5.0E-01	4.0E-01	1.0E-01	7.7E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	100,000	100,000	100,000	100,000
ウラン分配係数 100mL/g 寒冷化:サイクル	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.6E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E+00	1.2E+00	2.6E-01	2.2E-03
	最大線量出現時刻(年)	51	51	27,000	51	51	51	19,000	19,000	23,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.17 帯水層移行時間を変化させた時の計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む 廃棄物割合	ウラン 分配係数	帯水層 移行時間	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	変化しない	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2				10倍	
3				10分の1	
4			100mL/g	変化しない	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
5				10倍	
6				10分の1	

表 2.18 帯水層移行時間を変化させた計算ケースの最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1 移行時間:変化しない	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 移行時間:10倍	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	4.2E-02	3.4E-02	1.2E-02	6.4E-05
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	220,000	220,000	1,600	220,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 移行時間:10分の1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.4E-01	1.1E-01	2.8E-02	2.1E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	46,000	46,000	46,000	46,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 移行時間:変化しない	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 移行時間:10倍	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.6E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	23,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 移行時間:10分の1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.9E-01	1.5E-01	3.5E-02	2.9E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	23,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.19 覆土厚さを考慮した計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む 廃棄物割合	ウラン 分配係数	覆土厚さ	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	1.8m	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2				2.5m	
3			100mL/g	1.8m	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
4				2.5m	

表 2.20 覆土厚さを変化させた時の最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1 覆土厚:1.8m	最大被ばく線量(μ Sv/y)	9.7E+00	9.2E+00	5.8E-01	2.5E+00	5.9E-01	1.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 覆土厚:2.5m	最大被ばく線量(μ Sv/y)	5.1E+00	4.8E+00	3.0E-01	1.3E+00	3.1E-01	1.0E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 覆土厚:1.8m	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	4.3E-01	2.6E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 覆土厚:2.5m	最大被ばく線量(μ Sv/y)	8.9E-01	8.4E-01	4.3E-02	3.6E-01	1.3E-01	2.2E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.21 侵食を考慮した計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む 廃棄物割合	ウラン 分配係数	侵食速度 (m/y)	備考
1	5%濃縮 ウラン	25%	1,670mL/g	3×10^{-4}	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2				1×10^{-4}	
3				5×10^{-5}	
4			100mL/g	3×10^{-4}	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値
5				1×10^{-4}	
6				5×10^{-5}	

表 2.22 侵食を考慮した計算ケースにおける最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ	経路	跡地利用居住			跡地利用建設			河川水利用			
		総量	農産物摂取	直接線外部	総量	塵埃吸入	直接線外部	総量	飲料水摂取	水産物摂取	畜産物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1 侵食速度: 3×10^{-4} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.5E+01	2.3E+01	1.4E+00	6.7E+00	1.8E+00	4.9E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 侵食速度: 1×10^{-4} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.0E+01	2.9E+01	1.8E+00	7.8E+00	1.9E+00	6.0E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	31,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 1,670mL/g 侵食速度: 5×10^{-5} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.0E+01	2.9E+01	1.8E+00	7.8E+00	1.8E+00	6.0E+00	1.5E-01	1.2E-01	3.0E-02	2.2E-04
	最大線量出現時刻(年)	44,000	43,000	44,000	41,000	36,000	44,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2 侵食速度: 3×10^{-4} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.1E+00	1.9E+00	1.3E-01	7.0E-01	2.7E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	7,200	7,100	8,500	6,000	6,000	7,100	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 侵食速度: 1×10^{-4} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	9.8E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	18,000	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000
ウラン分配係数 100mL/g 侵食速度: 5×10^{-5} m/y	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.7E+00	1.6E+00	8.3E-02	6.9E-01	2.6E-01	4.3E-01	1.5E-01	1.2E-01	2.7E-02	2.3E-04
	最大線量出現時刻(年)	51	51	51	51	51	51	19,000	19,000	24,000	19,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.23 跡地利用制限を想定したシナリオと被ばく経路

シナリオ		利用形態		線量評価対象者	被ばく形態	備考
地下水	河川水利用	河川水	飲料水	飲料水利用者	飲料水摂取・内部	河川水利用(飲料水摂取)
			灌漑水	農耕作業	土壌直接線・外部	河川水利用(直接線外部)
					塵埃吸入・内部	河川水利用(塵埃吸入)
				農作物消費	農作物摂取・内部	河川水利用(農作物摂取)
			飼育水	畜産物消費者	畜産物摂取・内部	河川水利用(畜産物摂取)
河川水	河川産物消費者	河川産物摂取・内部	河川水利用(河川産物摂取)			
土地利用	河川岸利用建設	河川水中の放射能濃度と分配平衡を仮定した河川岸	建設作業	土壌直接線・外部	河川岸利用建設(直接線外部)	
	塵埃吸入・内部			河川岸利用建設(塵埃吸入)		
	居住		土壌直接線・外部	河川岸利用居住(直接線外部)		
			塵埃吸入・内部	河川岸利用居住(塵埃吸入)		
	河川岸利用農耕		農耕作業	土壌直接線・外部	河川岸利用農耕(直接線外部)	
				塵埃吸入・内部	河川岸利用農耕(塵埃吸入)	
			農作物消費	農作物摂取・内部	河川岸利用農耕(農作物摂取)	
			畜産物消費	畜産物摂取・内部	河川岸利用農耕(畜産物摂取)	

表 2.24 跡地利用制限を想定した計算ケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン分配係数	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2			100mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値

表 2.25 跡地利用制限を想定した計算における最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ		河川水利用			河川岸利用建設		
		経路	総量	飲料水摂取	(Pb-210)	総量	直接線外部
ウラン分配係数 1,670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.5E+00	4.7E-01	3.6E-01	2.1E-01	1.8E-01	1.8E-01
	最大線量出現時刻(年)	140,000	130,000	130,000	140,000	140,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.6E+00	4.9E-01	3.2E-01	2.0E-01	1.7E-01	1.7E-01
	最大線量出現時刻(年)	20,000	19,000	25,000	23,000	24,000	25,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

シナリオ		河川岸利用居住			河川岸利用農耕		
		経路	総量	直接線外部	(Ra-226)	総量	農作物摂取
ウラン分配係数 1,670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.3E+00	1.3E+00	1.3E+00	2.6E+00	1.9E+00	1.4E+00
	最大線量出現時刻(年)	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	1.2E+00	1.2E+00	1.2E+00	2.4E+00	1.8E+00	1.3E+00
	最大線量出現時刻(年)	24,000	24,000	25,000	22,000	21,000	25,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.26 河川岸利用等を考慮したケース

ケース	ウラン組成	ウランを含む廃棄物割合	ウラン 分配係数	備考
1	5%濃縮ウラン	25%	1,670mL/g	子孫核種の分配係数 1,670mL/g
2			100mL/g	子孫核種の分配係数 帯水層土壌の設定値

表 2.27 河川岸利用等を考慮した計算における最大被ばく線量と出現時刻

シナリオ		河川水利用			河川岸利用建設		
		経路	総量	飲料水摂取	(Pb-210)	総量	直接線外部
ウラン分配係数 1.670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.8E-01	1.2E-01	8.9E-02	5.2E-02	4.6E-02	4.6E-02
	最大線量出現時刻(年)	140,000	130,000	130,000	140,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.9E-01	1.2E-01	8.1E-02	5.0E-02	4.2E-02	4.2E-02
	最大線量出現時刻(年)	20,000	19,000	25,000	23,000	24,000	25,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

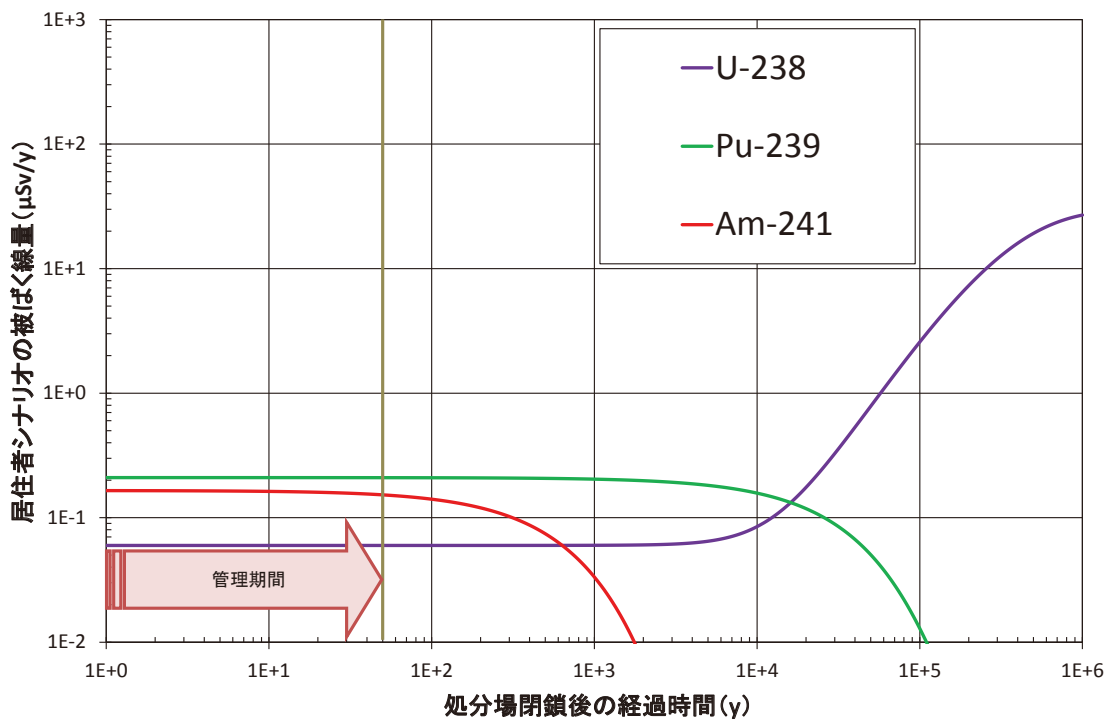
シナリオ		河川岸利用居住			河川岸利用農耕		
		経路	総量	直接線外部	(Ra-226)	総量	農作物摂取
ウラン分配係数 1.670mL/g*1	最大被ばく線量(μ Sv/y)	3.2E-01	3.2E-01	3.2E-01	6.4E-01	4.8E-01	3.6E-01
	最大線量出現時刻(年)	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ウラン分配係数 100mL/g*2	最大被ばく線量(μ Sv/y)	2.9E-01	2.9E-01	2.9E-01	6.1E-01	4.6E-01	3.3E-01
	最大線量出現時刻(年)	24,000	24,000	25,000	22,000	21,000	25,000

*1 子孫核種も含め放出係数から換算した分配係数を設定。

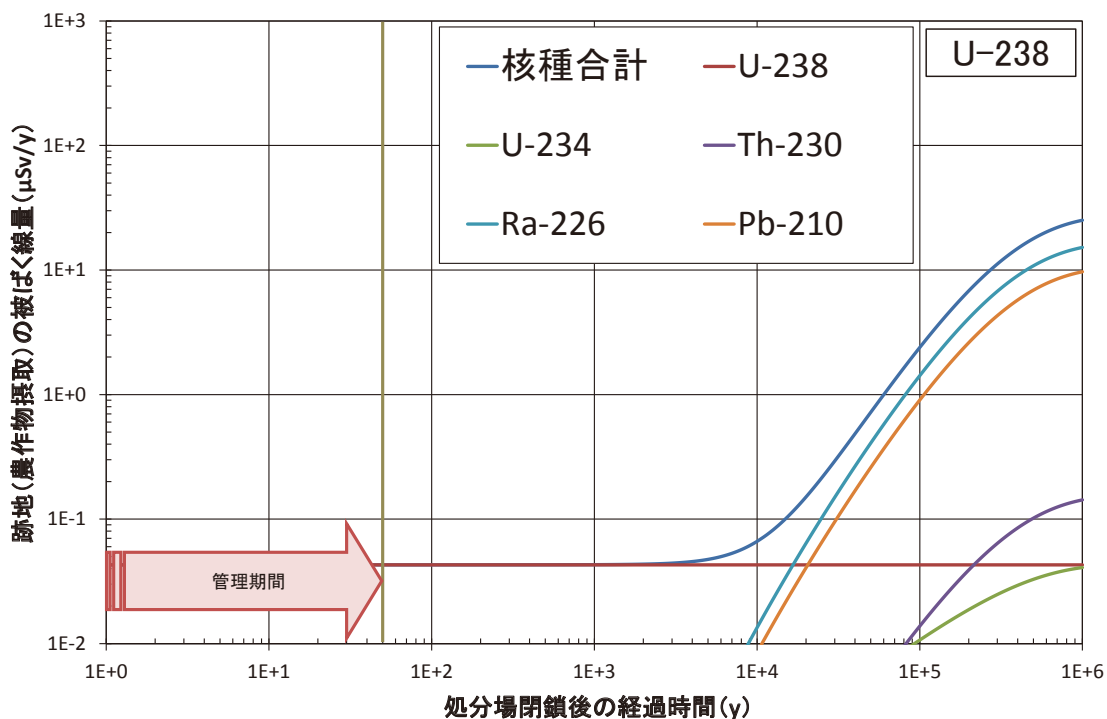
*2 子孫核種も含め帯水層土壌の分配係数を設定。

表 2.28 ケーススタディの代表例による最大被ばく線量、基準線量相当濃度の一覧

ケーススタディの代表例		処分場廃棄物 平均ウラン濃度 (Bq/g)	最大 被ばく線量 (μ Sv/y)	基準線量 相当濃度 (Bq/g)
跡地利用 シナリオ	核種移行無	10	43	2.3
	寒冷化:1千年後		31	3.2
	浸食速度:1E-4m/y		30	3.3
	5%濃縮ウラン廃棄物割合:50%		19	5.3
	埋設効率:0.3		18	5.6
	天然ウラン廃棄物割合:50%		12	8.3
	kd:1670		9.7	10.3
	kd:100		1.7	58.8
河川水利用 シナリオ	kd:10,000		0.31	322.6
	寒冷化サイクル		0.21	476.2

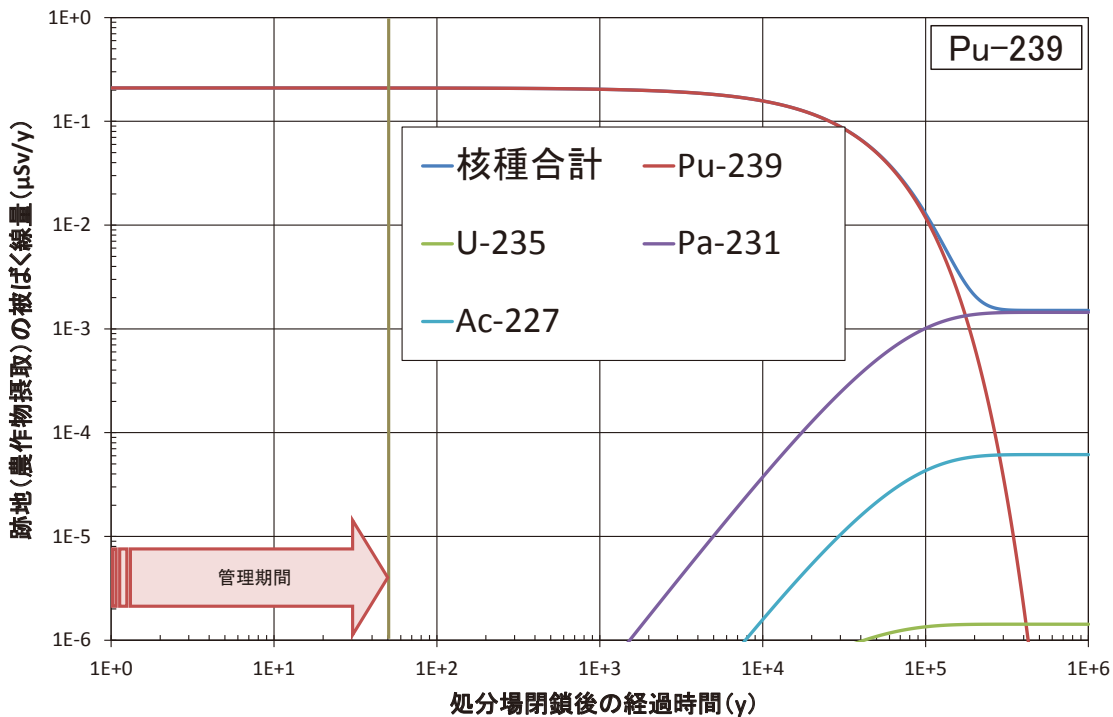


(a)核種比較

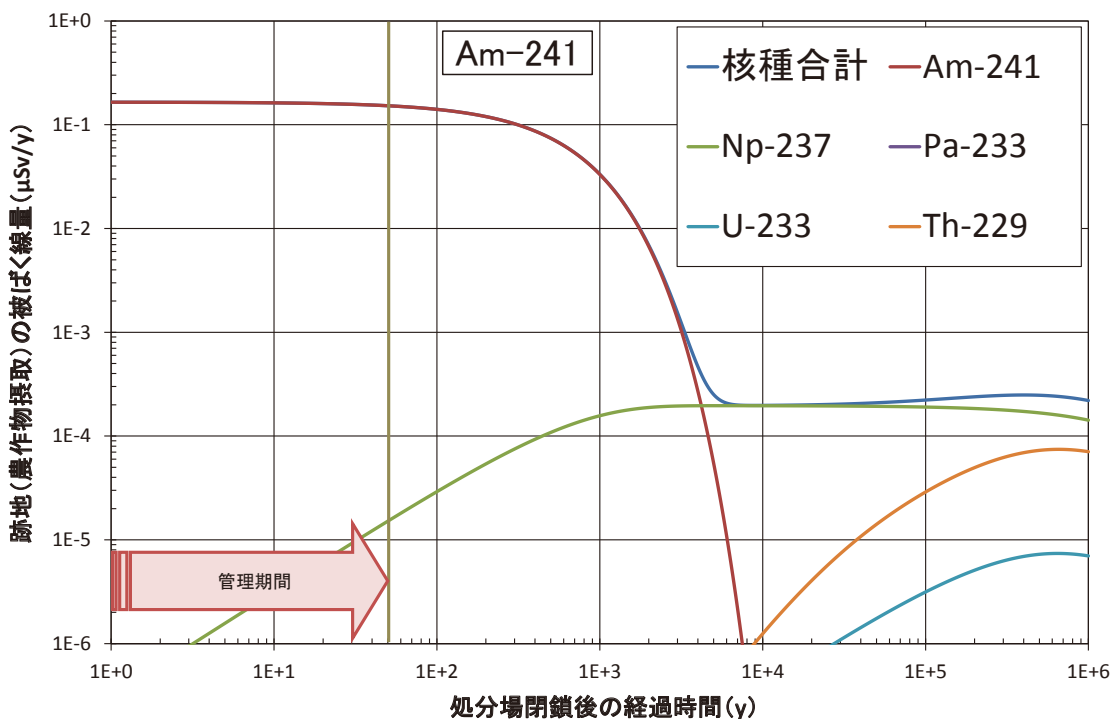


(b)U-238 の核種内訳

図 2.1 被ばく線量最大値出現時期の違い(1/2)



(c)Pu-239 の核種内訳



(d)Am-241 の核種内訳

図 2.1 被ばく線量最大値出現時期の違い(2/2)

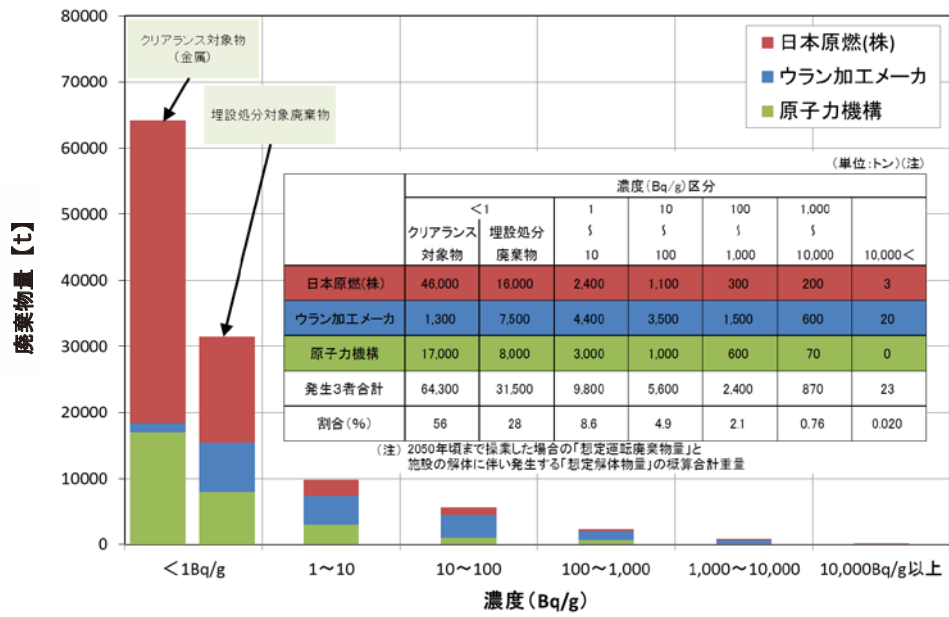
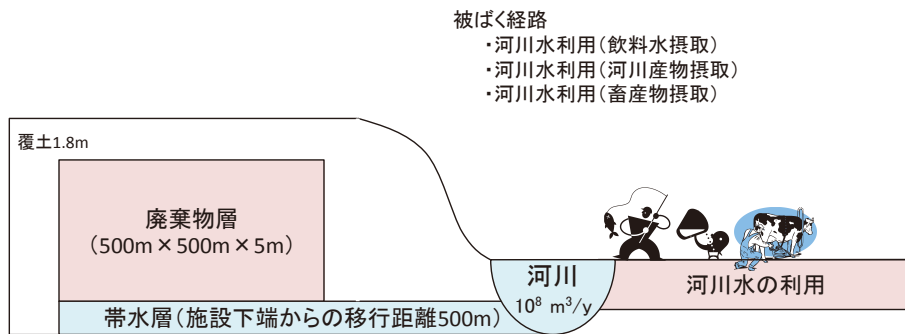
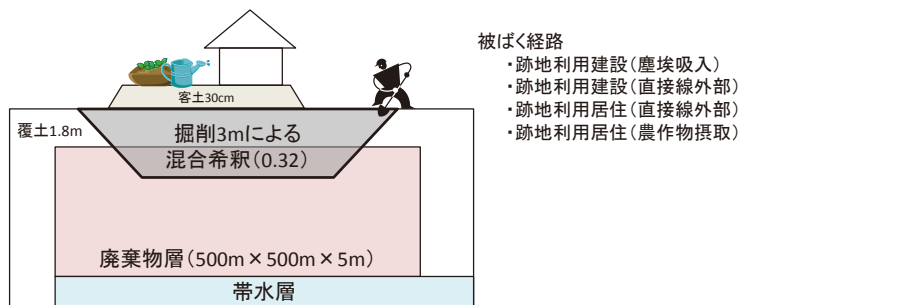


図 2.2 想定廃棄物量

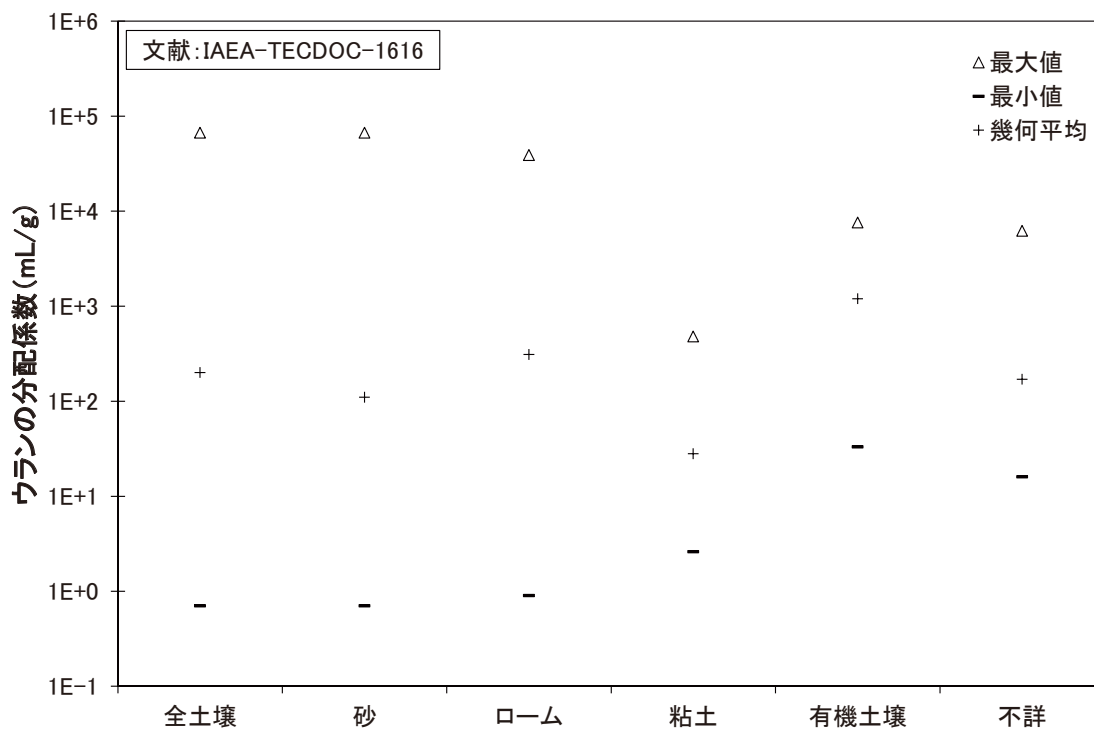


(a) 河川水利用

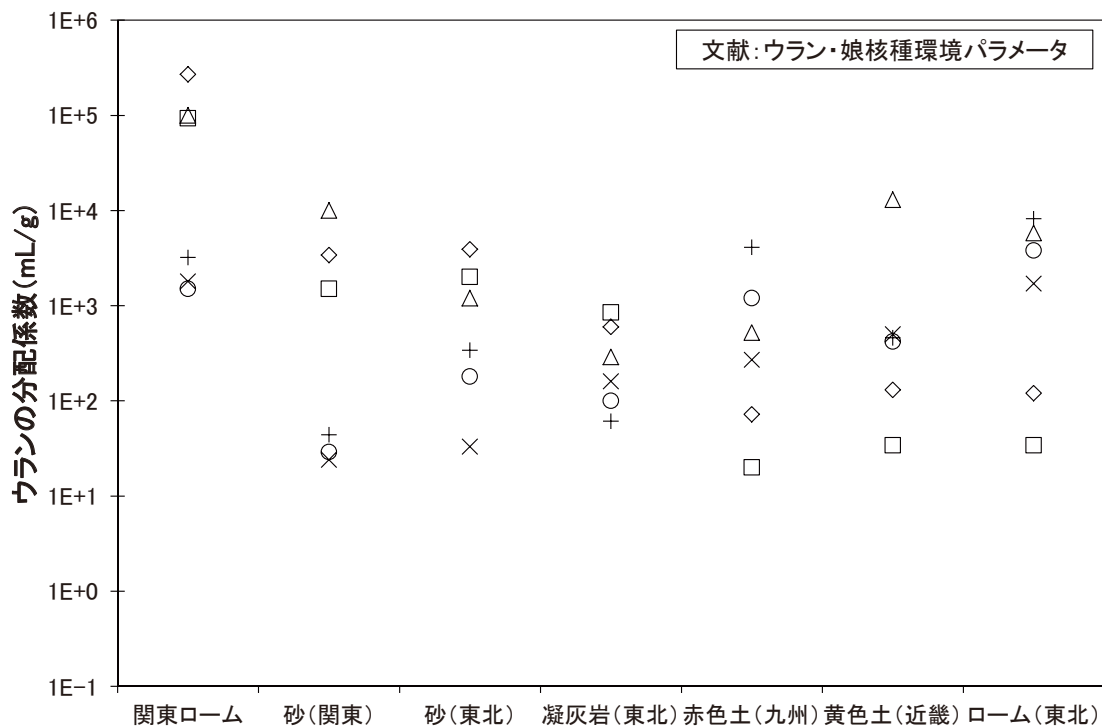


(b) 跡地利用

図 2.3 「濃度上限値報告書」で想定されているシナリオと被ばく経路の概要図



(a) IAEA-TECDOC-1616



(b) ウラン・娘核種環境パラメータ

図 2.4 土壌の違いによる分配係数の範囲

トレンチ埋設施設の形状

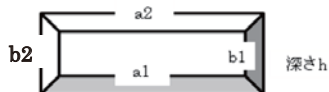


表 E-1 各トレンチ埋設施設毎の寸法と設置基数

-	-	a1	a2	b1	b2	h	設置基数
安定型	P	120.6	136.7	14.6	30.6	4	6
	S	132.1	148.1	14.6	30.6	4	6
管理型	P	173.1	189.9	13.6	30.4	4	3
	S	200.1	216.9	13.6	30.4	4	3

注) 本表の各寸法は、地表面の開口部の寸法で、図 E-1 に示した寸法は覆土の法面下部の寸法であるため、両者の値は異なる。

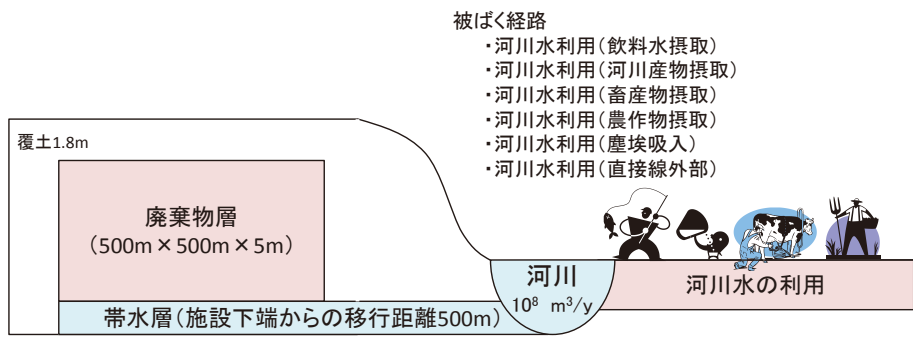
表 E-2 検討ケース毎の廃棄体定置効率

	埋設数量		施設総体積	定置効率
	(200ℓドラム 缶換算本数)	m ³	m ³	
ケース 1	380,000	7.6E+4	6.4E+5	0.12
ケース 2			3.6E+5	0.21
ケース 3			2.5E+5	0.30

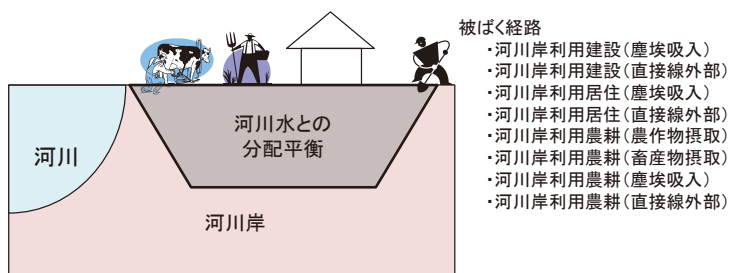
ケース 1: 施設総体積=P 埋設地、S 埋設地のそれぞれの面積の合計
 ケース 2: 施設総体積=掘削開口部の断面積×深さ×トレンチの基数
 ケース 3: 施設総体積=各トレンチの体積の合計

* 「概念設計」より抜粋

図 2.5 埋設効率（定置効率）の考え方



(a) 河川水利用



(b) 河川岸利用

図 2.6 跡地利用制限を想定したシナリオと被ばく経路の概要図

3. ウラン廃棄物のクリアランス対象物拡張の予察的な検討

3.1 目的

わが国におけるクリアランス制度は、現在、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（以下、「原子炉等規制法」という）において、原子炉施設等（発電用及び試験研究用等原子炉施設並びに原子炉において燃料として使用した核燃料物質等を取り扱う使用施設等）、ウラン取扱施設（ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料材の取り扱う加工施設及び使用施設等を除く）において用いた資材が対象となっている。

この中で、施設により対象となる資材が異なっており、原子炉施設等では、金属くず、コンクリート破片及びガラスくず（ロックウール及びグラスウールに限る）が対象であり、ウラン取扱施設では、金属くずが対象である。また、クリアランスのための放射能濃度の基準（以下、「クリアランスレベル」という）は、ウラン取扱施設の場合、金属くずを対象にした再利用・再使用のシナリオによる被ばく経路の線量計算から基準線量（ $10 \mu\text{Sv/y}$ ）に相当する濃度として求めている（以下、「基準線量相当濃度」という）。

以上のことから、本来クリアランス制度上においては、クリアランス後の扱いについての制限があるものではないことから、ウラン取扱施設から発生する金属、コンクリート及び安定 5 品目（廃プラスチック類・金属くず・ガラス陶磁器くず・ゴムくず・がれき類）の資材（以下、「金属及びコンクリート等」という）を対象として、埋設処分シナリオから導出されるクリアランスレベルの予察的な検討を行った。

3.2 対象廃棄物及び評価対象核種の設定

対象物は、ウラン取扱施設に対する金属及びコンクリート等とした。また、対象物に含まれる評価対象の核種は、ウラン取扱施設と同様の 5 核種（U-232、U-234、U-235、U-236、U-238）とした。ただし、U-232 と U-236 のクリアランスレベルは、IAEA RS-G-1.7³¹⁾ の放射能濃度の評価値を採用しており、拡張を検討する対象物も包含されているため、クリアランスレベルを修正する必要はない。このため、本報告で検討する核種は、U-234、U-235、U-238 の 3 核種とした。

3.3 被ばく経路及び計算モデルの設定

3.3.1 対象物拡張のためのシナリオ及び被ばく経路

クリアランスレベルの評価シナリオとしては、埋設処分、再利用・再使用等が考えられており、「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について」³²⁾（以下「原子炉等クリアランス」という。）、「ウランクリアランス」³³⁾、「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて」³⁴⁾（以下「RI クリアランス」という。）では、その中から網羅的な被ばく経路と

なるように、類似性や内包性を考慮して代表的な経路が選定され評価がなされている。

本報告では、ウラン取扱施設から発生する金属及びコンクリート等について、現行の「ウランクリアランス」の対象である金属では想定していない評価シナリオであるスラグの埋設処分以外の「埋設処分」に対して、ウランクリアランス対象物の拡張の可能性について検討を行った。表 3.1 に埋設処分シナリオについて、原子炉等クリアランス及び RI クリアランスにおける被ばく経路から評価の必要性を検討した結果を示すとともに、表 3.2 にその結果を整理した埋設処分の被ばく経路を示す。

3.3.1.1 埋設処分を対象としたケーススタディ

埋設処分を対象としたクリアランスの評価に当たっては、クリアランス後は産業廃棄物として埋設処分することを想定する。したがって、産業廃棄物の最終処分場に対する規制制度を前提とした被ばく経路の検討を行った。検討の対象としては、産業廃棄物の最終処分の規制制度を前提とした場合に幾つかのケースが考えられるとともに、埋設処分シナリオで基準線量相当濃度が厳しくなることが予想される「埋設地の掘り返し」、「公園利用」を対象に評価するケースを以下のように整理した。

産業廃棄物の最終処分場跡地は、制度上において利用制限されていない。ただし、跡地は、都道府県知事により指定区域に指定され、指定区域台帳に記録として保存される。跡地を形質変更する場合には、軽易な行為を除き都道府県知事へ届出をし、認可を受ける必要がある。よって、埋設処分の被ばく経路のうち、跡地利用そのものを制限することはできないが、跡地利用の個々の被ばく経路の選定には、産業廃棄物の最終処分場の規制制度から、除外または制限が可能と考えられる（付録 3. 「最終処分場の跡地利用に関する検討」参照）。跡地利用シナリオの場合、想定される被ばく経路は、建設作業員、居住者、農耕・牧畜作業員、農畜産物消費者を対象としたものが想定されている。

建設作業員の経路（直接線外部被ばく経路、皮膚被ばく経路、粉塵吸入経路、直接経口摂取経路）は、届出及び認可が必要なものの形質変更される可能性も想定されることから、評価の対象とする。

居住者の経路（成人と子どもの直接線外部被ばく経路、成人と子どもの粉塵吸入経路、子供の直接経口摂取経路）は、覆土の機能維持が求められていることを考慮し、個別に可否を判断した。覆土の厚さは 50cm 以上が必要となることから、粉塵吸入経路と直接経口摂取経路は発生しないと考えられる。直接線外部被ばく経路は、覆土厚 50cm の遮へいを考慮して評価することとした。

処分場跡地を農地や牧草地として利用する（直接線外部被ばく経路、粉塵吸入経路、農畜産物を摂取する経路）経路が考えられるが、最終処分場では廃棄物からの離隔距離の確保が覆いの機能の一つとして求められており、目的に応じた覆土厚を設定すると想定されることから農地や牧草地として利用する被ばく経路は想定されないと考えられる。ただし、家庭菜園の場合には、軽易な形質変更となる可能性も想定して、被ばく経路として想定した。ただ

し、小規模な菜園であることから、栽培されるものは葉菜と非葉菜に限定した。

以上のような被ばく経路が考えられ、本報告では以下の 4 ケースに整理して検討した。なお、各ケースの被ばく経路は、表 3.3 に示す。

- ・ケース 1 (C1) : 従来のクリアランスレベル評価で想定された被ばく経路 (廃棄物の掘削が発生し、覆土と混合される)
- ・ケース 2 (C2) : 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園を行わない。
- ・ケース 3 (C3) : 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園 (葉菜と非葉菜) を行う。
- ・ケース 4 (C4) : 廃棄物の掘削は発生せず利用目的に応じて設定した覆土厚が維持される。

3.3.2 計算モデルの設定

埋設処分の被ばく経路の計算モデルは、原子炉等クリアランス、ウランクリアランス、RI クリアランスを参照し、前節で選定したケーススタディの各ケースによって、対象となる被ばく経路の計算モデルを用いた。詳細は、付録 4 に示す。

3.4 基準線量相当濃度の試算

本報告では、対象とした埋設処分の経路を、1次元移流分散方程式をベースとした核種移行解析が可能な汎用シミュレーションソフトウェア「GoldSim」³⁵⁾ で構築したウラン廃棄物処分に係る解析ツールを利用して試算した。ただし、埋設処分の経路のうち、操業と跡地利用の経路については、解析ツールで求めた処分場内の核種量を基に Excel® で被ばく経路毎に計算し、地下水移行の経路については、解析ツールの結果を用いた。なお、飼料経由の畜産物摂取経路については、寄与が小さいと考えられるため本報告では除外した。

(1) 評価パラメータ設定

本報告で試算に使用したパラメータは、原子炉等クリアランス、ウランクリアランス、RI クリアランスを参照した。元素及び核種に依存しないパラメータを表 3.4、元素に依存するパラメータを表 3.5、核種に依存するパラメータを表 3.6 にそれぞれ示す。また、基準線量相当濃度を算出するための基準線量は、皮膚被ばく経路のみ 50mSv/y でその他の経路は 10 μ Sv/y とした。

(2) 計算結果

本報告の計算結果を表 3.7 に示す。跡地利用経路の計算では、保守的に処分場から核種が移行しないとし、核種別の跡地利用経路、地下水移行経路の経時変化図を図 3.1 から図 3.6 に示す。

基準線量相当濃度の最小値は、ケース C1 の場合、U-234 で 0.063Bq/g、U-235 で 0.1Bq/g、U-238 で 0.04Bq/g とウランのクリアランスレベル 1Bq/g を下回った。また、ケース C2 の場合、U-234 で 1.1Bq/g、U-235 で 0.22Bq/g、U-238 で 2.1Bq/g となり、ケース C3 の場合、U-234 で 1.1Bq/g、U-235 で 0.22Bq/g、U-238 で 1.2Bq/g となった。ケース C2 と C3 では、U-235 のみウランのクリアランスレベルを下回った。更に、ケース C4 の場合、U-234 で 1.4Bq/g、U-235 で 1.4Bq/g、U-238 で 7.3Bq/g となった。

以上より、ケース C1、ケース C2 及びケース C3 の基準線量相当濃度は、クリアランスレベルである 1Bq/g より低くなる経路が見られる。しかしながら、IAEA RS-G-1.7 では **graded approach** と呼ばれる考え方のもと、IAEA RS-G-1.7 で示した放射能濃度の 10 倍までは規制当局の判断で規制免除あるいはクリアランスを認め得るとしているため、本試算結果も、クリアランスレベルの 10 倍程度までの範囲をケースバイケースでクリアランス可能であると考えたとすると本試算結果も概ね現状のクリアランスレベルと同等と考えられる。したがって、対象物を金属に限定し、用途を再利用に限定したクリアランス制度から、金属及びコンクリート等の埋設処分も対象としたクリアランス制度に拡張することが可能と考えられる。また、図 3.7 に示すように U-235 では子孫核種の寄与が大きいいため、跡地利用の経路において処分場からの核種移行を考慮すれば U-235 の試算結果は 0.6Bq/g (図 3.8 参照：地下水移行経路の条件により処分場から核種移行するものとした) となり、丸めて 1.0Bq/g となる。更に、ケース C4 では、**graded approach** の考え方をを用いることなくウランのクリアランス制度を金属の再利用限定から拡張することが可能と考えられる。

3.5 考察

本報告では、ウラン取扱施設におけるクリアランス対象物の拡張の可能性について、埋設処分の経路を対象として、産廃廃棄物の最終処分場に対する規制等を参考にケーススタディによる検討を予察的に行い、その可能性が確認された。しかしながら、更なる検討として再利用経路を含めるとともに、跡地利用時の評価における一部保守的に簡略化した部分の詳細化（被ばく期間中の減衰期間 1 年の考慮、省略した地下水移行経路における飼料摂取による畜産物摂取経路の考慮等）と処分場からの核種流出の有無についても検討を行い、クリアランスレベルの試算が必要であると考えられる。

表 3.1 埋設処分シナリオの被ばく経路検討結果 (1/3)

処分形態	放射線・放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	経路評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	経路の必要性の有無			備考		
								原子炉及び核施設	ウラン採取施設	RI汚染物		放射性廃棄物	
処分施設への埋立作業	処分施設への埋立作業	大気中への飛散	大気	積み下ろし作業者	直接線	外部	1	○	△	○	○	経路との距離及び被ばく時間の点で経路3及び4に包含される。	
							2	○	△	○	○		
							3	○	△	○	○		
							4	○	△	○	○		
							5	○	△	○	○		
							6	○	△	○	○		
							7	○	△	○	○		
							8	○	△	○	○		
							9	○	△	○	○		
							10	○	△	○	○		
							11	○	△	○	○		
							12	○	△	○	○		
							13	○	△	○	○		
							14	○	△	○	○		
トリチウムの飛散	大気中への飛散	大気	大気	周辺居住者	直接線	外部	15	○	△	○	○	経路との距離が近い経路7に包含される。	
							16	○	△	○	○		
							17	○	△	○	○		
							18	○	△	○	○		
							19	○	△	○	○		
							20	○	△	○	○		
							21	○	△	○	○		
							22	○	△	○	○		
							23	○	△	○	○		
							24	○	△	○	○		
							25	○	△	○	○		
							26	○	△	○	○		
							27	○	△	○	○		
							処分場からの飛散	直接線・スカイシャイン線	大気中への飛散	土壌(糞土)	周辺居住者		建設
17	○	△	○	○									
18	○	△	○	○									
19	○	△	○	○									
20	○	△	○	○									
21	○	△	○	○									
22	○	△	○	○									
23	○	△	○	○									
24	○	△	○	○									
25	○	△	○	○									
26	○	△	○	○									
27	○	△	○	○									
28	○	△	○	○									
埋設地の掘り返し	埋設地の掘り返し	埋設地の掘り返し	埋設土	周辺居住者	建設	直接線						外部	
							30	○	△	○	○		
							31	○	△	○	○		
							32	○	△	○	○		
							33	○	△	○	○		
							34	○	△	○	○		
							35	○	△	○	○		
							36	○	△	○	○		
							37	○	△	○	○		
							38	○	△	○	○		
							39	○	△	○	○		
							40	○	△	○	○		
							41	○	△	○	○		
							42	○	△	○	○		
埋設地の掘り返し	埋設地の掘り返し	埋設地の掘り返し	埋設土	周辺居住者	建設	直接線	外部	43	○	△	○	○	埋設土の掘り返しによる埋設土中の放射性核種の濃度が経路16～27に包含される。
								44	○	△	○	○	
								45	○	△	○	○	
								46	○	△	○	○	
								47	○	△	○	○	
								48	○	△	○	○	
								49	○	△	○	○	
								50	○	△	○	○	

表 3.1 埋設処分シナリオの被ばく経路検討結果 (2/3)

区分 形態	放射線・ 放射性核種の 放出	移行経路	被汚染物	経路評価対象者	被汚染物の 利用形態	被ばく形態	経路 No.	評価の必要性の有無				備考		
								原子炉及び 核燃料施設	ウラン 取扱施設	PI 汚染物	災害 廃棄物			
共通	廃棄物の再処理		廃棄物	居住者	居住	直接線 内部	51	x	x	x	x	廃棄物が曝露するような掘土の程度が起こるまでに放射性核種は十分減衰しており問題とならない。		
	廃棄物の再処理	廃棄物の掘り返し	廃棄物	再利用者	建材	直接線 内部	52	x	x	x	x	土砂搬入理由なので再利用には不向きと判断される。		
内 陸 立 地 分	地下水への漏出	地下水へ移行 → 帯水層土壌への吸着 → 地表への湧出		井戸水利用者	飲用	飲料水摂取 内部	55	○	△	○	○			
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	56	○	△	○	○			
				牧畜作業者	牧畜業	粉塵吸入 内部	57	○	△	○	○			
				農作物採取者	採取	粉塵吸入 内部	58	○	△	○	○			
				畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	59	○	△	○	○			
				畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	60	○	△	○	○			
				畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	61	○	△	○	○			
				畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	62	○	△	○	○			
				畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	63	○	△	○	○			
				建設作業者	建設	粉塵吸入 内部	64	x	x	x	x	x	x	
				周辺居住者	居住	粉塵吸入 内部	65	x	x	x	x	x	x	
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	66	x	x	x	x	x	x	
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	67	x	x	x	x	x	x	
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	68	x	x	x	x	x	x	
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	69	x	x	x	x	x	x	
				農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	70	x	x	x	x	x	x	
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	71	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	72	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	73	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	74	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	75	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	76	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	77	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	78	x	x	x	x	x	x					
建設作業者	建設	粉塵吸入 内部	79	x	x	x	x	x	x	線源の放射性核種の濃度の高い経路16～28に包含される。				
建設作業者	建設	粉塵吸入 内部	80	x	x	x	x	x	x					
建設作業者	建設	粉塵吸入 内部	81	x	x	x	x	x	x					
立入者	立入	粉塵吸入 内部	82	x	x	x	x	x	x					
農作物採取者	採取	粉塵吸入 内部	83	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	84	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	85	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	86	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	87	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	88	x	x	x	x	x	x					
農耕作業者	農作業	粉塵吸入 内部	89	x	x	x	x	x	x					
農作物採取者	採取	粉塵吸入 内部	90	x	x	x	x	x	x	線源の放射性核種の濃度の高い経路55～63に包含される。				
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	91	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	92	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	93	x	x	x	x	x	x					
畜産物採取者	採取	粉塵吸入 内部	94	x	x	x	x	x	x					

表 3.1 埋設処分シナリオの被ばく経路検討結果 (3/3)

処分形態	放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	経量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	評価の必要性の有無				備考	
								原子炉及び核施設	ウラン採取施設	RI汚染物	災害廃棄物		
内陸埋立処分	地下水への漏出	河川への流入	河川水	河川水利用者	飲用	飲料水摂取	内部	95	x	x	x	x	燃料の放射性核種の濃度の高い経路55に 含まれる。 燃料施設クリアランス報告書で他の経路 と比較して線量が十分小さいと判断された 経路であり評価経路として除外した。 経路の放射性核種の濃度の高い経路56~ 68に包含される。
			河川水	河川水面活動者	遊泳	直接線	外部	96	○→x	x	x	x	
			河川水	河川水面活動者	遊泳	サブマージョン	外部	97	○→x	x	x	x	
			河川水	河川産物採取者	採取	河川産物摂取	内部	98	○→x	x	x	x	
			河川水	河川岸砂	活動	直接線	外部	99	○→x	x	x	x	
			河川水	魚網	再浮遊砂吸入	再浮遊砂吸入	内部	100	○→x	x	x	x	
			河川水	魚網	漁労作業者	直接線	外部	101	○→x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	直接線	外部	102	○→x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	粉塵吸入	内部	103	x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	粉塵吸入	外部	104	x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	粉塵吸入	内部	105	x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	農作物摂取	内部	106	x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	畜産物摂取	内部	107	x	x	x	x	
			河川水	農地土壌	農地土壌	畜産物摂取	内部	108	x	x	x	x	
海面埋立処分	海水への漏入	海への流入	海水	海水利用者	製造	塩採取	内部	109	x	x	x	x	海に直接流入する経路110~129に包含さ れる。
			海水	海水水面活動者	遊泳	直接線	外部	110	x	x	x	x	
			海水	海水水面活動者	遊泳	サブマージョン	外部	111	x	x	x	x	
			海水	海水産物採取者	採取	海産物摂取	内部	112	x	x	x	x	
			海水	海岸活動者	活動	直接線	外部	113	x	x	x	x	
			海水	周辺居住者	居住	再浮遊砂吸入	内部	114	x	x	x	x	
			海水	周辺居住者	居住	吸入	内部	115	x	x	x	x	
			海水	周辺居住者	居住	直接線	外部	116	x	x	x	x	
			海水	周辺居住者	居住	直接線	内部	117	x	x	x	x	
			海水	海水利用者	製造	塩採取	内部	118	○→x	x	x	x	
			海水	海水水面活動者	遊泳	直接線	外部	119	○→x	x	x	x	
			海水	海水水面活動者	遊泳	サブマージョン	外部	120	○→x	x	x	x	
			海水	海水産物採取者	採取	海産物摂取	内部	121	○→x	x	x	x	
			海水	海岸活動者	活動	直接線	外部	122	○→x	x	x	x	
共通	公園利用	公園利用	覆土厚さ30cmのある廃棄物 (災害廃棄物)	公園利用者	公園利用	直接線	外部	125	○→x	x	x	○	災害廃棄物の処理・処分では公園利用を想 定した。

表 3.2 埋設処分の被ばく経路

処分形態	放射線・放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	経路 No.	備考	
共通	放射線・放射性核種の放出			積み下ろし作業者		直接線	1		
						皮膚	2		
	処分施設への運搬作業						粉塵吸入	3	
							直接経口摂取	4	
							直接線	5	
							粉塵吸入	6	
							直接線	7	
							皮膚	8	
							粉塵吸入	9	
							直接経口摂取	10	
埋設地の掘り返し 廃棄物と土壌の混合 (掘削残渣を含む)			土壌(残土)	建設作業者	建設	直接線	11		
						皮膚被ばく	12		
						粉塵吸入	13		
						直接経口摂取	14		
						直接線	15		
						粉塵吸入	16		
				居住者-成人	居住	直接線	17		
						粉塵吸入	18		
						直接経口摂取	19		
				農耕作業者	農作業	直接線	20		
						粉塵吸入	21		
						農作物摂取-成人	22		
						農作物摂取者-子ども	23		
						畜産物摂取-成人	24		
						畜産物摂取者-子ども	25		
				公園利用者-成人	公園利用	公園利用者-成人	26		
						公園利用者-子ども	27		
						井戸水利用者-成人	28		
井戸水利用者-子ども	29								
農耕作業者	30								
農作物摂取者-成人	31								
地下水への漏出	地下水へ移行	灌漑水	農地土壌	農作物	農作業	粉塵吸入	32		
		飼育水		畜産物		農作物摂取	33		
		養殖水		畜産物		畜産物摂取者-成人	34		
				水産物		水産物摂取者-成人	35		
		水産物		水産物摂取者-子ども		36			
		水産物		水産物摂取者-子ども		37			
内陸埋立処分									

表 3.3 跡地利用経路のケース設定

処分形態	放射線・放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	経路評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態		経路 No.	評価の必要性の有無				備考			
						直接線	皮膚被ばく		C1	C2	C3	C4				
共通	埋設地の掘り返し	廃棄物と土壌の混合 (掘削残土を含む)	土壌(残土)	建設作業者	建設	直接線	外部	11	○	○	○	×				
						皮膚被ばく	外部	12	○	○	○	×				
						粉塵吸入	内部	13	○	○	○	×				
						直接経口摂取	内部	14	○	○	○	×				
				居住者-成人	居住	直接線	外部	15	○	○	○	×			C1は混合されるため遮へい無 C2とC3は覆土厚50cmの遮へい有	
						粉塵吸入	内部	16	○	×	×	×		C1は混合されるため粉塵の発生有 C2とC3は覆土厚50cmのため粉塵の発生無		
						直接線	外部	17	○	○	○	×		C1は混合されるため遮へい無 C2とC3は覆土厚50cmの遮へい有		
				居住者-子ども	居住	粉塵吸入	内部	18	○	×	×	×		C1は混合されるため粉塵の発生有 C2とC3は覆土厚50cmのため粉塵の発生無		
						直接経口摂取	内部	19	○	×	×	×		C1は混合されるため線源との接触有 C2とC3は覆土厚50cmのため線源との接触無		
				農耕作業者	農作業	直接線	外部	20	○	×	×	×		C1は混合されるため遮へい無 C2とC3は遮へいにより建設作業者や居住者に包含		
						粉塵吸入	内部	21	○	×	×	×		C1は混合されるため粉塵の発生有 C2とC3は覆土のため粉塵の発生無		
						農作物摂取	内部	23	○	×	○	×		C1は混合されるため農作物の汚染有 C2は覆土により農作物の汚染無 C3は家庭菜園を想定するため農作物の汚染有 (ただし、葉菜と非葉菜のみ)		
				公園利用者	公園利用	農作物	農作物摂取者-成人	摂取	農作物摂取	内部	24	○	×	○	×	
							農作物摂取者-子ども		畜産物摂取	内部	25	○	×	×	×	
	畜産物	畜産物摂取者-成人	畜産物摂取			内部	26	○	×	×	×					
	畜産物	畜産物摂取者-子ども	畜産物摂取			内部	27	×	×	×	×		C4のみ公園利用を想定した。			

C1: 従来のアリランレベル評価で想定された被ばく経路としたケース

C2: 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園を行わないケース

C3: 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園(葉菜と非葉菜)を行うケース

C4: 廃棄物の掘削は発生せず利用目的に応じて設定した覆土厚が維持されるケース

表 3.4 埋設処分に関連するパラメータ（核種・元素非依存）(1/6)

パラメータ	単位	選定値根拠	選定値			
			C1	C2	C3	C4
混合率	—		0.1			
積み下ろし作業時の遮へい係数	—	IAEA-TECDOC-401 (Co-60)	0.4			
積み下ろし年間作業時間	h/y	1日8時間労働で、週5日、年間50週働くものとし、このうち半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(h/d) \times 5(d/w) \times 50(w/y) \times 0.5 = 1,000(h/y)$	1,000			
積み下ろし作業時の粉塵濃度	g/m ³	NUREG/CR-3585 IAEA-TECDOC-401	5E-4			
作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働（軽作業）時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。 *	1.2			
微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）	—	IAEA Safety Report Series No.44	4			
皮膚に堆積した粉塵の厚み	cm	IAEA Safety Report Series No.44	0.01			
皮膚に堆積した粉塵の密度	g/cm ³	IAEA-TECDOC-401	2			
微粒子への放射性物質の濃縮係数（皮膚被ばく）	—	IAEA Safety Report Series No.44	2			
微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）	—	IAEA Safety Report Series No.44	2			
粉塵の経口摂取率	g/h	IAEA S.S. No.111-P-1.1	0.01			
運搬作業時の遮へい係数	—	NUREG/CR-0134 (Co-60)	0.9			
運搬年間作業時間	h/y	1日8時間労働で、週5日、年間50週働くものとし、このうち半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(h/d) \times 5(d/w) \times 50(w/y) \times 0.5 = 1,000(h/y)$	1,000			
埋立作業時の遮へい係数	—	IAEA-TECDOC-401 (Co-60)	0.4			
埋立年間作業時間	h/y	1日8時間労働で、週5日、年間50週働くものとし、このうち半分の時間を廃棄物の側で作業するものとした。 $8(h/d) \times 5(d/w) \times 50(w/y) \times 0.5 = 1,000(h/y)$	1,000			
作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働（軽作業）時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。 *	1.2			
埋立作業時の粉塵濃度	g/m ³	NUREG/CR-3585 IAEA-TECDOC-401	5E-4			
廃棄物の総量	ton	原子炉等クリアランスと同じ設定とした。	500,000			

表 3.4 埋設処分に関連するパラメータ (核種・元素非依存) (2/6)

パラメータ	単位	選定値根拠	選定値			
			C1	C2	C3	C4
処分場幅	m	「廃棄物処理事業 施設年報平成 8」(厚生省水道環境整備局監修、(財)日本環境衛生センター編)に記載させている一般廃棄物処分場の内、全体用量が 10 万 m ³ 以上の廃棄物埋立地面積、全体容量の平均値を参考に設定した。	200			
処分場長さ	m		200			
処分場深さ	m		10			
処分場嵩密度	g/m ³	IAEA-TECDOC-401	2.0			
農作物の年間摂取量(成人)	米	kg/y	71	—		
	葉菜	kg/y	12	—	12	—
	非葉菜	kg/y	45	—	45	—
	果実	kg/y	22	—		
農作物の年間摂取量(子ども)	米	kg/y	25	—		
	葉菜	kg/y	5	—	5	—
	非葉菜	kg/y	23	—	23	—
	果実	kg/y	22	—		
農作物の市場係数	—	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。	1	—	1	—
農作物の輸送時間	d	保守的に、生産された農作物を直ちに消費する人を評価対象とした。	0	—	0	—
放射性核種を含む飼料の混合割合	—	保守的に、放射性核種を含む飼料のみで家畜を飼育するとした。	1	—		
家畜の飼料摂取量	肉牛	kg-dry/d	7.2	—		
	乳牛	kg-dry/d	16.1	—		
	豚	kg-dry/d	2.4	—		
	鶏	kg-dry/d	0.07	—		
畜産物の年間摂取量(成人)	牛肉	kg/y	8	—		
	豚肉	kg/y	9	—		
	鶏肉	kg/y	7	—		
	鶏卵	kg/y	16	—		
	牛乳	L/y	44	—		
畜産物の年間摂取量(子ども)	牛肉	kg/y	3	—		
	豚肉	kg/y	4	—		
	鶏肉	kg/y	5	—		
	鶏卵	kg/y	10	—		
	牛乳	L/y	29	—		
畜産物の市場係数	—	自給自足を考慮して、最も保守的に選定した。	1	—		
畜産物の輸送時間	d	保守的に、生産された畜産物を直ちに消費する人を評価対象とした。	0	—		
処分場閉鎖後から評価時点までの期間	y	IAEA-TECDOC-401	10	—		

表 3.4 埋設処分に関連するパラメータ（核種・元素非依存）(3/6)

パラメータ	単位	選定値根拠	選定値			
			C1	C2	C3	C4
覆土厚さ	m	産業廃棄物の最終処分場に関する技術上の基準が、「埋設処分が、終了した埋立地は、その表面を土砂でおおむね50cm覆う棟の措置を講ずることにより開口部を閉鎖すること」としていることに基づき選定した。	0.5			
建設掘削深さ	m	IAEA-TECDOC-401	3		—	
建設作業時における遮へい係数	—	IAEA-TECDOC-401	0.5		—	
建設作業時による年間作業時間	h/y	IAEA-TECDOC-401	500		—	
建設作業時の粉塵濃度	g/m ³	IAEA-TECDOC-401	5E-4		—	
建設作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働（軽作業）時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。	1.2		—	
粉塵の経口摂取率	g/h	IAEAS.S.No.111-P-1.1	0.01		—	
年間住居時間	h/y	保守的に、1年間絶えず処分場の跡地で住居しているとした。	8760		—	
居住時の遮へい係数	—	IAEA-TECDOC-401	0.2		—	
居住時の粉塵濃度	g/m ³	IAEA-TECDOC-401	6E-6	—		
居住時の呼吸量(成人)	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の1日の呼吸量の数値 2.3×10 ⁴ (L/d)を基に算定した。	0.96	—		
居住者の呼吸率(子ども)	m ³ /h	IAEA Safety Report Series No.44	0.22	—		
直接経口摂取率(子ども)	g/h	NCRP Report No.129	0.02	—		
年間被ばく時間(子ども)	h/y	屋外滞在中のみ手等に土壌が付着しているとし、その間の直接経口摂取を考慮した。	1752		—	
農耕作業時における年間作業時間	h/y	「日本の統計」(総務庁統計局編)から2009年のデータ	500	—		
農耕作業時の遮へい係数	—	保守的に遮へいを考慮しない。	1	—		
耕作深さ	m	耕作深さは一般的に数10cm程度までであることから、保守的に1.0mと選定した。	1.0	—		
農耕作業時の粉塵濃度	g/m ³	建設作業者と同一の値を使用した。	5E-4	—		
農耕作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働（軽作業）時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。	1.2	—		
牧畜作業における年間作業時間	h/y	農耕作業時の年間作業時間と同じとした。	500	—		
牧畜作業の遮へい係数	—	保守的に遮へいを考慮しない。	1	—		
牧畜作業の粉塵濃度	g/m ³	建設作業者と同一の値を使用した。	5E-4	—		

表 3.4 埋設処分に関するパラメータ (核種・元素非依存) (4/6)

パラメータ	単位	選定値根拠	選定値			
			C1	C2	C3	C4
牧畜作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。	1.2	—		
微粒子への放射性物質の濃縮係数(吸入摂取)	—	IAEA Safety Report Series No.44	4	—		
根からの吸収割合	—	保守的に選定した。	0.1	—	0.1	—
浸透水量(廃棄物処分場、耕作地土壌)	m/y	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)	0.4	—	0.4	—
帯水層厚さ	m	IAEA-TECDOC-401	3			
地下水流速(ダルシー流速)	m/d	「新版地下水調査法」(山本 莊毅、(株)古院書院、1983年)	1			
帯水層空隙率	—	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)	0.3			
帯水層土壌密度	g/cm ³	「土質工学ハンドブック」(土質工学会編 1982年)	2.6			
地下水流方向の分散長	m	保守的に選定した。	0			
X 方向の分散係数	m ² /y	保守的に選定した。	0			
処分場下流端から井戸までの距離	m	保守的に選定した。	0			
井戸水の混合割合	—	「地下水ハンドブック」(地下水ハンドブック編集委員会編、(株)建設産業調査会、1979年)	0.33			
人の年間飲料水摂取量(成人)	m ³ /y	ICRP Publ.23 の標準人の値を参考に、1日の摂取量を 1.65L とし算出した。	0.61			
人の年間飲料水摂取量(子ども)	m ³ /y	IAEA Safety Report Series No.44	0.1			
灌漑水量(畑、牧草値)	m ³ / m ² /y	「日本の農業用水」(農業水利研究会編、(株)地球社、1980年)に示された畑地に対する平均単位用水量 4mm/d と年間灌漑日数 300 日程度に基づいて選定した。	1.2			
土壌水分飽和度(畑、牧草値)	—	JAEA 原科研敷地内(砂層)における測定結果より選定した。	0.2			
土壌実効表面密度	kg/ m ²	U.S.NRC Regulatory Guide1 .109	240			
灌漑土壌真密度	g/ cm ³	「土質工学ハンドブック」に示された砂の粒子密度を基に選定した。	2.60			
実効土壌深さ	cm	U.S.NRC Regulatory Guide1 .109	15			
放射性核種の土壌残留係数	—	保守的に、全ての灌漑水中の放射性核種が土壌に残留するものとした。				

表 3.4 埋設処分に関連するパラメータ (核種・元素非依存) (5/6)

パラメータ	単位	選定値根拠	選定値			
			C1	C2	C3	C4
灌漑土壌空隙率	—	「水理公式集」(土木学会水理公式集改訂委員会、土木学会、1971年)	0.3			
農耕時における年間作業時間	h/y	跡地利用シナリオの農耕作業の時間と同一に選定した。	500			
農耕時の遮へい係数	—	保守的に遮へいを考慮しない。	1			
農耕時の粉塵濃度	g/m ³	農耕作業時の粉塵濃度と同一にした。	5E-4			
農耕作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。	1.2			
牧畜時における年間作業時間	h/y	跡地利用シナリオの牧畜作業と同一に選定した。	500			
牧畜時作業時の遮へい係数	—	保守的に遮へいを考慮しない。	1			
牧畜時作業時の粉塵濃度	g/m ³	農耕作業時の粉塵濃度と同一にした。	5E-4			
牧畜作業者の呼吸量	m ³ /h	ICRP Publ.23 で示されている標準人の労働(軽作業)時の呼吸量の数値 20L/min を基に算定した。	2.4			
灌漑水量(田)	m ³ / m ² /y	「日本の農業用水」(農業水利研究会編、(株)地球社、1980年)に示された畑地に対する平均単位用水量 24mm/d と水田に対する年間灌水期間 100 日程度に基づいて選定した。	2.4			
土壌水分飽和度(田)	—	田の土壌水分飽和度は、水田を想定しており、1 と選定した。	1			
農作物(葉菜、牧草)の栽培密度	kg/ m ²	「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」(原子力安全委員会、平成元年 3 月 27 日)				
放射性核種の農作物(葉菜、牧草)表面への沈着割合	—	保守的に全ての放射性核種が、農作物表面へ沈着するとした。	1			
灌漑水年間生育期間	d	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量当量評価について」に示させた葉菜に関する栽培期間の値(60d/y)を使用した。	60			
weathering 効果による植物表面沈着放射性核種の除去係数	1/y	「発電用軽水型原子炉施設の安全評価における一般公衆の線量当量評価について」に基づき、weathering half-life を 14 日として計算した。	18.08			

表 3.4 埋設処分に関連するパラメータ（核種・元素非依存）(6/6)

パラメータ		単位	選定値根拠	選定値			
				C1	C2	C3	C4
家畜の飼育 水摂取量	肉牛	L/d	PNL-3209	50			
	乳牛	L/d		60			
	豚	L/d		10			
	鶏	L/d		0.3			
養殖淡水産物(魚類)の年間 摂取量(成人)		kg/y	「日本の統計 1997 年版」に記載されている平成 6 年の内水面養殖業の生産量の内、魚類の生産量の合計値 76,579t を人口 1 億 2 千万人で除して算出した。	0.7			
養殖淡水産物(魚類)の年間 摂取量(子ども)		kg/y	全年齢の魚介類語形摂取量の平均値(96.9g/日)と 1-6 歳の平均値(45.7/日)の比(0.47)を成人の年間摂取量 0.7kg/年に乗じた 0.33kg/年を算出した。	0.33			
養殖淡水産物の地下水利用 率		—	「日本の水資源(平成 19 年版)」(国土庁長官官房水資源部編、大蔵省印刷局、2008 年)より算出した。	0.25			
養殖淡水産物の市場係数		—	自足自給を考慮して、最も保守的に選定した。	1			
養殖淡水産物の輸送時間		d	保守的に、養殖された淡水産物を直ちに消費する人を評価対象とした。	0			
年間公園利用時間(成人、 子ども)		h/y	広島市が実施した公園利用実態調査より、公園の一日平均地用時間 30 分で、保守的に公園を毎日利用すると、約 182 時間の利用時間となる。この結果から、年間の公園利用時間を 200 時間に設定した。	—			200
公園利用時の遮へい係数		—	保守的に遮へい効果が無いとして設定した。	—			1

表 3.5 元素依存パラメータ(1/2)

パラメータ名称		単位	選定値	選定値根拠
米への移行係数	Pb	—	4.0E-3	IAEA-TRS-No.364
	Po		2.0E-3	IAEA-TRS-No.364
	Ra		6.6E-4	IAEA-TRS-No.364
	Ac		1.0E-3	IAEA-SS-No.57
	Th		1.9E-5	IAEA-TRS-No.364
	Pa		4.0E-2	IAEA-SS-No.57
	U		1.1E-3	IAEA-TRS-No.364
葉菜、非葉菜、果実への移行係数	Pb	—	3.4E-3	IAEA-SS-No.364
	Po		1.5E-3	IAEA-SS-No.364
	Ra		4.0E-2	IAEA-SRS-No.44
	Ac		1.0E-3	IAEA-SS-No.57
	Th		1.0E-3	IAEA-SRS-No.44
	Pa		4.0E-2	IAEA-SS-No.57
	U		1.0E-2	IAEA-SRS-No.44
飼料への移行係数	Pb	—	1.1E-3	IAEA-SS-No.364
	Po		9.0E-2	IAEA-SS-No.364
	Ra		8.0E-2	IAEA-SS-No.364
	Ac		4.0E-3	IAEA-SS-No.57
	Th		1.1E-2	IAEA-SS-No.364
	Pa		1.0E-1	IAEA-SS-No.57
	U		2.3E-2	IAEA-SS-No.364
牛乳への移行係数	Pb	d/L	3.0E-4	IAEA-SS-No.57
	Po		3.4E-4	IAEA-SS-No.364
	Ra		1.3E-3	IAEA-SS-No.364
	Ac		2.0E-5	IAEA-SS-No.57
	Th		5.0E-6	IAEA-SS-No.57
	Pa		5.0E-6	IAEA-SS-No.57
	U		4.0E-4	IAEA-SS-No.364
牛肉への移行係数	Pb	d/kg	4.0E-4	IAEA-SS-No.364
	Po		5.0E-3	IAEA-SS-No.364
	Ra		9.0E-4	IAEA-SS-No.364
	Ac		2.0E-5	IAEA-SS-No.57
	Th		1.0E-4	IAEA-SS-No.57
	Pa		1.0E-3	IAEA-SS-No.57
	U		3.0E-4	IAEA-SS-No.364
豚肉への移行係数	Pb	d/kg	3.1E-2	DOE/RW/88.083
	Po		3.1E-2	Pb と同一に設定
	Ra		3.5E-2	DOE/RW/88.083
	Ac		1.7E-4	DOE/RW/88.083
	Th		4.6E-3	DOE/RW/88.083
	Pa		1.1E-4	DOE/RW/88.083
	U		6.2E-2	IAEA-SS-No.364
鶏肉への移行係数	Pb	d/kg	1.2	DOE/RW/88.083
	Po		1.2	Pb と同一に設定
	Ra		4.8E-1	DOE/RW/88.083
	Ac		6.6E-3	DOE/RW/88.083
	Th		1.8E-1	DOE/RW/88.083
	Pa		4.1E-3	DOE/RW/88.083
	U		1.0	IAEA-SS-No.364

表 3.5 元素依存パラメータ(2/2)

パラメータ名称	単位	選定値	選定値根拠
鶏卵への移行係数	Pb	1.2	DOE/RW/88.083
	Po	1.2	Pb と同一に設定
	Ra	2.5E-1	DOE/RW/88.083
	Ac	1.6E-2	DOE/RW/88.083
	Th	1.8E-1	DOE/RW/88.083
	Pa	4.1E-3	DOE/RW/88.083
	U	1.0	IAEA-SS-No.364
放出係数	Pb	3.0E-4	NRPB-R161
	Po	3.0E-4	NRPB-R161
	Ra	3.0E-4	NRPB-R161
	Ac	3.0E-4	NRPB-R161
	Th	3.0E-4	NRPB-R161
	Pa	3.0E-4	NRPB-R161
	U	3.0E-4	NRPB-R161
帯水層分配係数	Pb	2.7E+2	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	Po	1.5E+2	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	Ra	4.9E+2	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	Ac	4.5E+2	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	Th	3.0E+3	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	Pa	5.4E+2	IAEA-TRS-No.364 (砂)
	U	3.3E+1	IAEA-TRS-No.364 (砂)
農耕土壌分配係数	Pb	2.2E+4	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	Po	6.6E+3	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	Ra	2.4E+3	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	Ac	5.4E+3	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	Th	8.9E+4	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	Pa	6.6E+3	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
	U	4.0E+2	IAEA-TRS-No.364 (有機土)
魚類への濃縮係数	Pb	3.0E+2	IAEA-TRS-No.364
	Po	5.0E+1	IAEA-TRS-No.364
	Ra	5.0E+1	IAEA-TRS-No.364
	Ac	2.5E+1	NUREG/CR-3585
	Th	1.0E+2	IAEA-TRS-No.364
	Pa	1.0E+1	IAEA-TRS-No.364
	U	1.0E+1	IAEA-TRS-No.364

表 3.6 核種依存パラメータ

パラメータ名称		単位	選定値		
			作業者	成人	子ども
吸入内部被ばく線量係数	U-238	Sv/Bq	5.71E-6	2.91E-6	9.43E-6
	U-234		6.80E-6	3.50E-6	1.10E-5
	Th-230		2.80E-5	1.40E-5	3.50E-5
	Ra-226		2.20E-6	3.50E-6	1.10E-5
	Pb-210		1.20E-6	1.20E-6	4.00E-6
	Po-210		2.20E-6	3.30E-6	1.10E-5
	U-235		6.10E-6	3.10E-6	1.00E-5
	Pa-231		8.90E-5	1.40E-4	2.30E-4
	Ac-227		6.43E-4	5.67E-4	1.65E-3
経口内部被ばく線量係数	U-238	Sv/Bq	4.74E-8	4.84E-8	1.45E-7
	U-234		4.90E-8	4.90E-8	1.30E-7
	Th-230		2.10E-7	2.10E-7	4.10E-7
	Ra-226		2.80E-7	2.80E-7	9.60E-7
	Pb-210		6.80E-7	6.90E-7	3.60E-7
	Po-210		2.40E-7	1.20E-6	8.80E-6
	U-235		4.60E-8	4.70E-8	1.30E-7
	Pa-231		7.10E-7	7.10E-7	1.30E-6
	Ac-227		1.21E-6	1.21E-6	4.27E-6
皮膚被ばく線量換算係数	U-238	Sv/h per Bq/cm ²	3.89E-6		
	U-234		1.00E-8		
	Th-230		1.07E-7		
	Ra-226		6.05E-6		
	Pb-210		2.63E-6		
	Po-210		4.79E-13		
	U-235		2.51E-6		
	Pa-231		1.48E-7		
	Ac-227		3.98E-6		
積み下ろし及び運搬作業 (埋設処分シナリオ)	U-238	Sv/h per Bq/g	1.97E-9		
	U-234		6.80E-12		
	Th-230		2.40E-11		
	Ra-226		1.30E-7		
	Pb-210		5.20E-11		
	Po-210		6.60E-13		
	U-235		1.40E-8		
	Pa-231		2.90E-9		
	Ac-227		3.12E-8		
埋立作業、建設作業、居住者及び農耕業者 (埋設処分シナリオ)	—	Sv/h per Bq/g	遮へい無	遮へい有 (50cm)	
	U-238		7.47E-9	2.61E-11	
	U-234		2.70E-11	3.80E-16	
	Th-230		9.00E-11	4.40E-15	
	Ra-226		5.00E-7	3.80E-9	
	Pb-210		1.80E-10	5.80E-20	
	Po-210		2.50E-12	8.00E-15	
	U-235		5.10E-8	5.30E-12	
	Pa-231		1.10E-8	4.46E-12	
	Ac-227		1.18E-7	7.74E-11	

※ 選定根拠

作業者の内部被ばく線量係数 : ICRP Publ. 68
 一般公衆の内部被ばく線量係数 : ICRP Publ. 72
 皮膚被ばく線量換算係数 : IAEA Safety Report Series No.44 (2005)"Kocher et al. Health Physics Vol.53 No.2 (1987)", CEA-R-5441 (1998)

外部被ばく線量換算係数 : QAD-CGGP2Rにより計算。

表 3.7 クリアランスレベルの試算結果 (埋設処分経路)

処分形態	放射性核種の放出	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	基準線量相当濃度 (Bq/g)																				
							C1			C2			C3			C4											
							U-234	U-235	U-238	U-234	U-235	U-238	U-234	U-235	U-238	U-234	U-235	U-238	U-234	U-235	U-238						
処分施設への運搬作業	運搬作業	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	1	3.7E+04	1.8E+01	1.9E+02	3.7E+04	1.8E+01	1.9E+02	3.7E+04	1.8E+01	1.9E+02	3.7E+04	1.8E+01	1.9E+02	3.7E+04	1.8E+01	1.9E+02					
							2	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03		
							3	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	
							4	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	
							5	1.6E+04	7.8E+00	5.8E+01	1.6E+04	7.9E+00	5.8E+01	1.6E+04	7.9E+00	5.8E+01	1.6E+04	7.9E+00	5.8E+01	1.6E+04	7.9E+00	5.8E+01	1.6E+04	7.9E+00	5.8E+01	1.6E+04	
							6	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	
							7	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	4.9E+03	3.2E+03	9.3E+03	
							8	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	5.0E+03	3.2E+03	1.2E+06	
							9	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	6.8E+00	7.3E+00	6.1E+00	
							10	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	1.1E+02	1.1E+02	1.0E+02	
処分施設への埋立作業	埋立作業	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	11	3.2E+03	5.3E+00	2.1E+00	3.2E+03	5.3E+00	2.1E+00	3.2E+03	5.3E+00	2.1E+00	3.2E+03	5.3E+00	2.1E+00	3.2E+03	5.3E+00	2.1E+00	3.2E+03				
							12	9.2E+03	7.2E+03	4.0E+03	1.1E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	7.0E+00	4.0E+03	1.1E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	7.0E+00	4.0E+03	1.1E+00	2.2E+01	3.9E+00		
							13	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	2.2E+01	3.9E+00	7.0E+00	
							14	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	9.8E+00	1.7E+01	2.7E+01	
							15	8.2E+02	1.4E+01	5.2E+02	1.1E+01	2.8E+02	7.0E+00	1.1E+01	2.8E+02	7.0E+00	1.1E+01	2.8E+02	7.0E+00	1.1E+01	2.8E+02	7.0E+00	1.1E+01	2.8E+02	7.0E+00	1.1E+01	
							16	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	1.3E+00	4.1E+01	7.2E+01	
							17	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	8.3E+00	2.1E+02	5.4E+00	8.3E+00	2.1E+02	5.4E+00	8.3E+00	2.1E+02	5.4E+00	8.3E+00	2.1E+02	5.4E+00	8.3E+00	2.1E+02	5.4E+00	8.3E+00	
							18	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	2.2E+00	6.3E+01	1.1E+02	
							19	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	4.8E+01	5.7E+01	9.1E+01	
							20	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	8.9E+00	3.4E+00	5.4E+00	
公団利用	公団利用	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	21	1.2E+01	3.8E+01	6.7E+00	1.2E+01	3.8E+01	6.7E+00	1.2E+01	3.8E+01	6.7E+00	1.2E+01	3.8E+01	6.7E+00	1.2E+01	3.8E+01	6.7E+00	1.2E+01	3.8E+01			
							22	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	3.8E+01	1.3E+00	2.0E+00	
							23	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	3.7E+01	5.7E+01	9.0E+01	
							24	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	1.8E+02	2.9E+01	4.7E+01	
							25	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02	1.9E+01	2.4E+01	1.8E+02
							26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
							27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
							28	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	2.3E+01	1.1E+02	1.8E+01	
							29	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	4.7E+01	1.2E+02	1.8E+01	
							30	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	8.3E+01	1.7E+02	2.6E+01	
内蔵埋立処分	地下水への漏出	移行経路	被汚染物	線量評価対象者	被汚染物の利用形態	被ばく形態	31	9.4E+01	2.3E+01	6.2E+02	9.4E+01	2.3E+01	6.2E+02	9.4E+01	2.3E+01	6.2E+02	9.4E+01	2.3E+01	6.2E+02	9.4E+01	2.3E+01	6.2E+02	9.4E+01	2.3E+01			
							32	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	2.3E+00	2.2E+01	3.3E+00	
							33	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	1.4E+00	8.9E+00	1.4E+00	
							34	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	8.9E+02	5.5E+03	8.9E+02	
							35	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04	1.6E+03	2.4E+02	1.1E+04
							36	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03	4.1E+03	6.2E+02	4.1E+03
							37	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03	1.7E+03	2.6E+02	2.7E+03
							38	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01	4.0E+02	6.3E+02	1.0E+01
							39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

C1: 従来のクリアランスレベル評価で想定された被ばく経路としたケース
 C2: 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園を行わないケース
 C3: 廃棄物の掘削は発生するが利用目的に応じて設定した覆土厚が維持され、家庭菜園(葉菜と非葉菜)を行うケース
 C4: 廃棄物の掘削は発生せず利用目的に応じて設定した覆土厚が維持されるケース

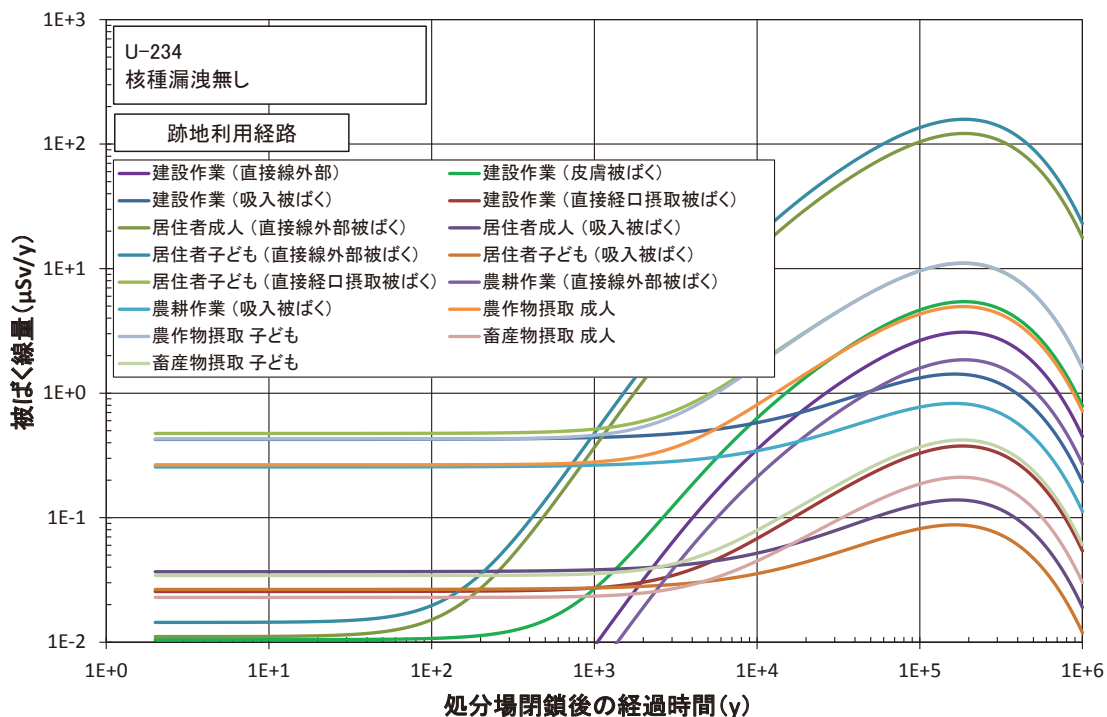


図 3.1 跡地利用経路の被ばく線量経時変化 (U-234)

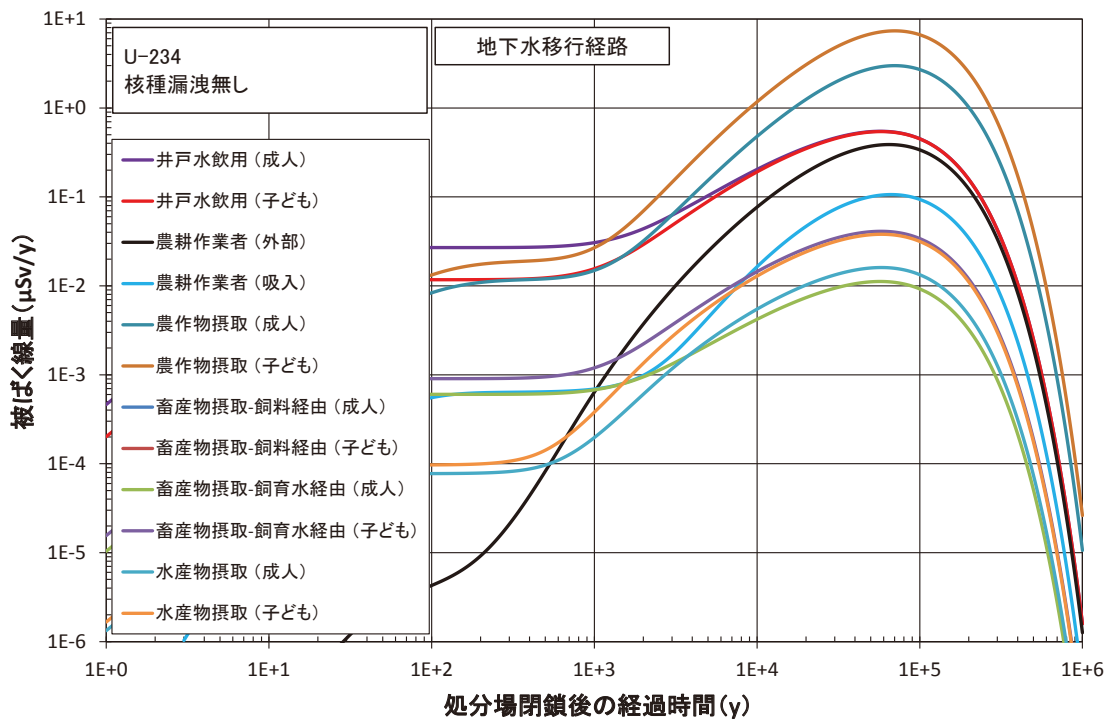


図 3.2 地下水移行経路の被ばく線量経時変化 (U-234)

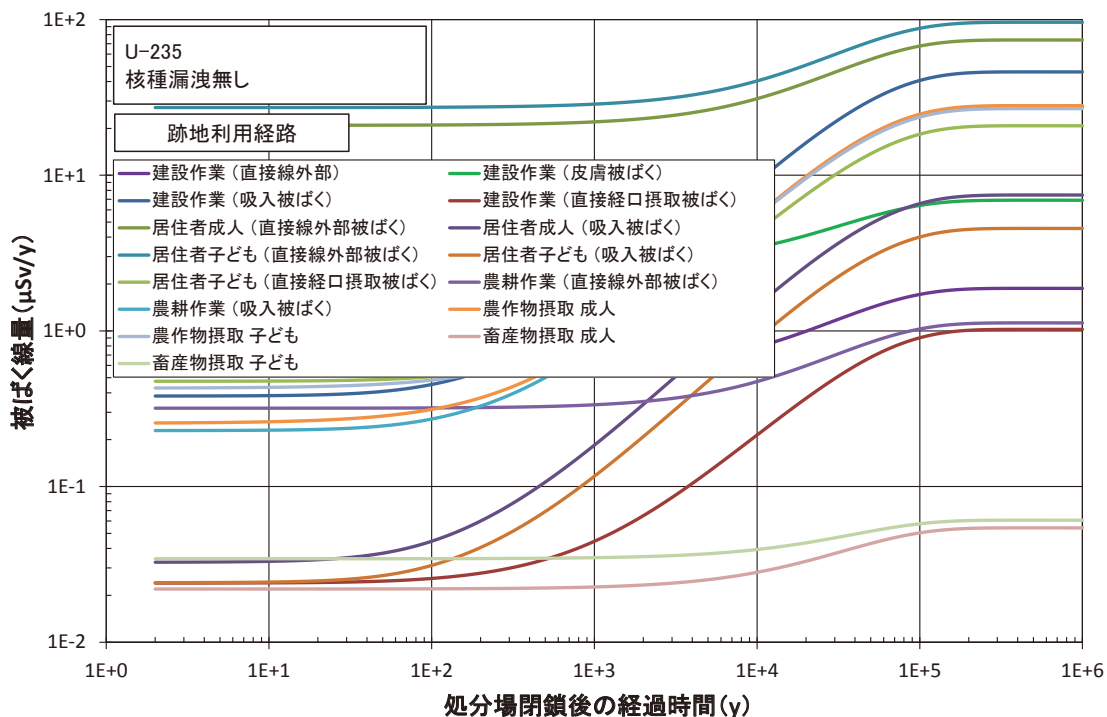


図 3.3 跡地利用経路の被ばく線量経時変化 (U-235)

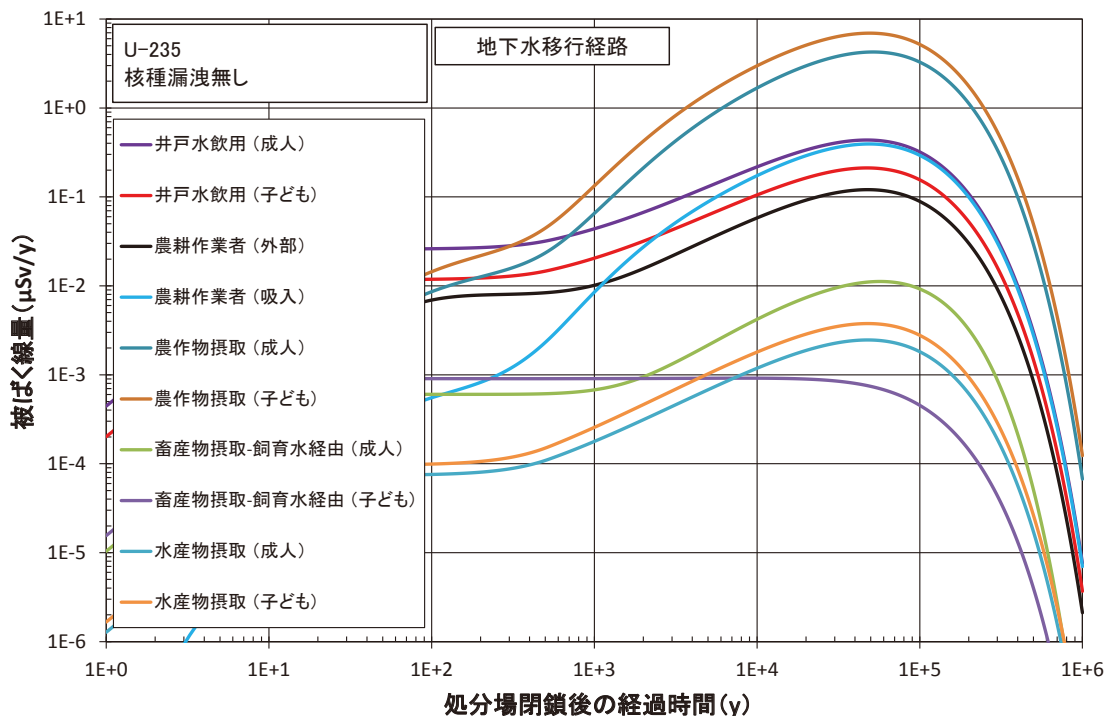


図 3.4 地下水移行経路の被ばく線量経時変化 (U-235)

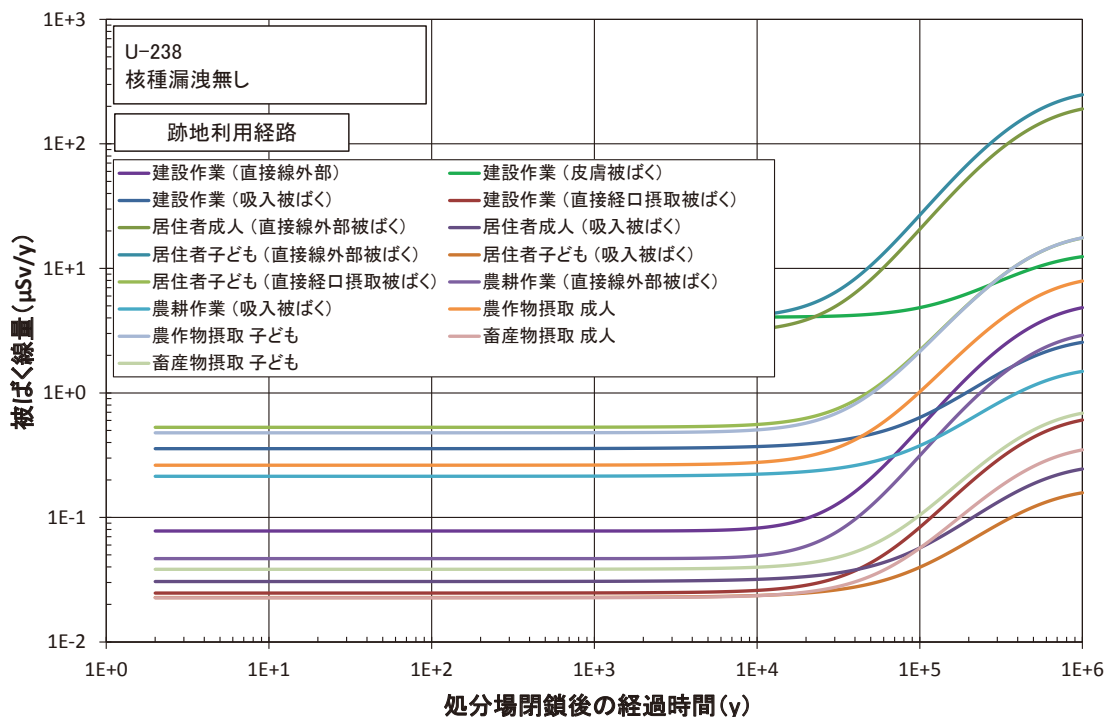


図 3.5 跡地利用経路の被ばく線量経時変化 (U-238)

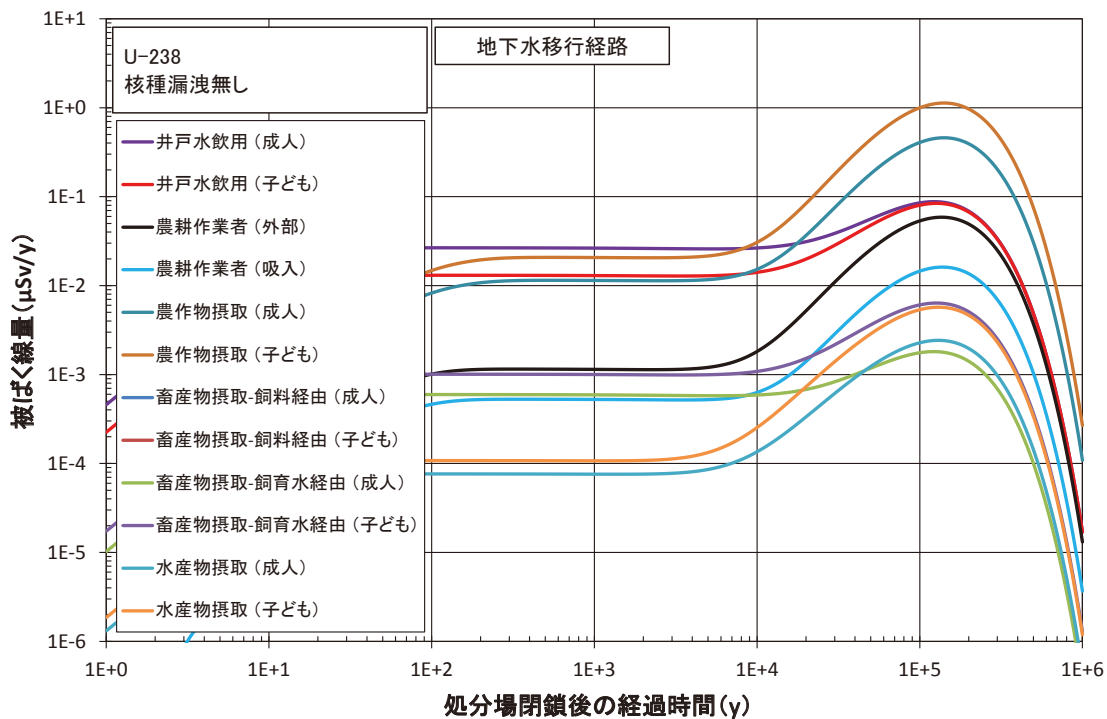


図 3.6 地下水移行経路の被ばく線量経時変化 (U-238)

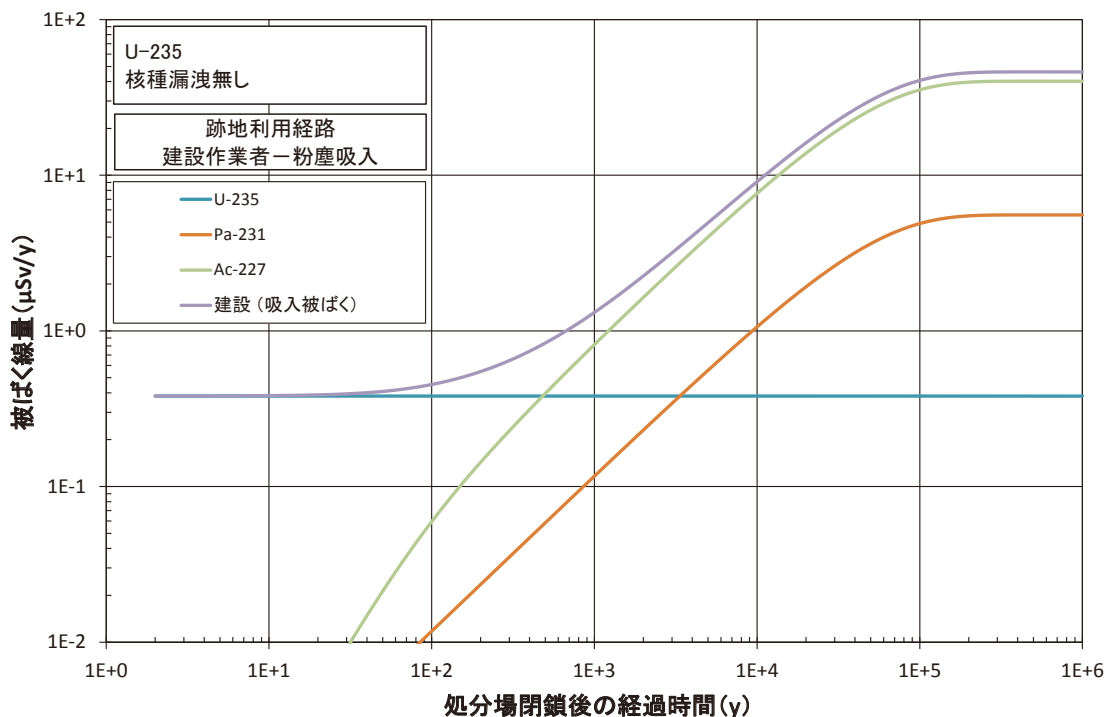


図 3.7 建設作業員の粉塵吸入による被ばく線量経時変化 (U-235 : 核種内訳)

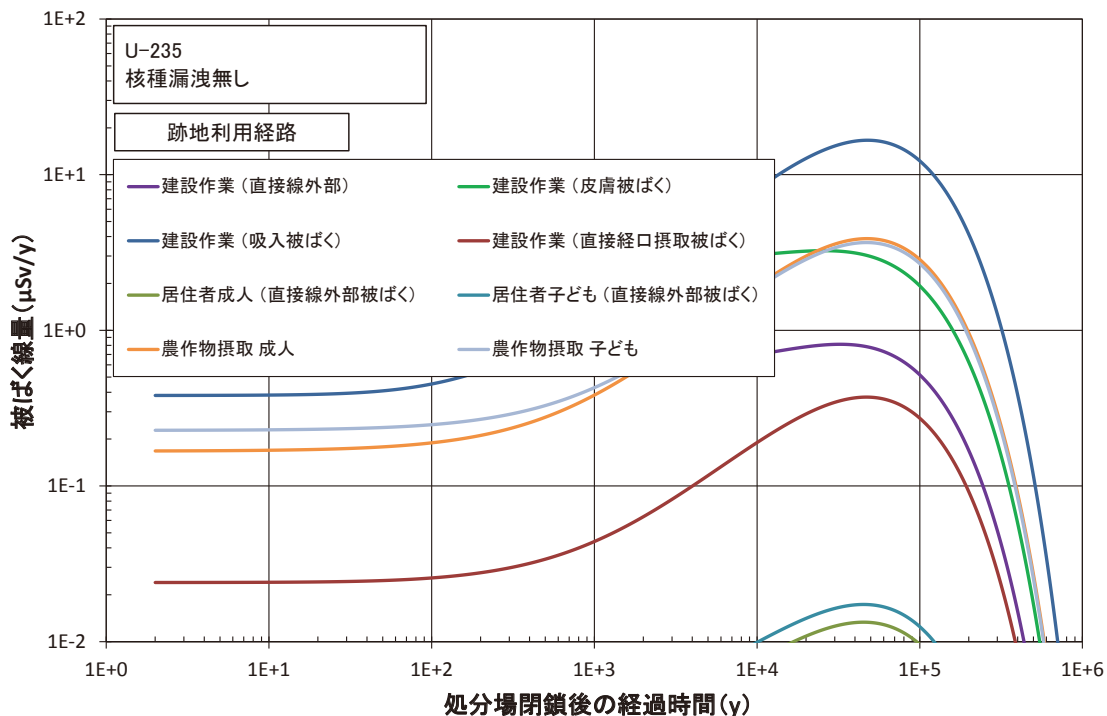


図 3.8 跡地利用経路の被ばく線量経時変化 (U-235 : 核種移行による減衰考慮)

4. 中深度処分廃棄物を対象とした濃度制限シナリオによる検討

4.1 目的

原子力規制委員会は、原子力発電所等の廃止措置及び運転に伴い発生する比較的放射能濃度が高い炉内構造物等の放射性廃棄物（以下「炉内等廃棄物」という。）の埋設に関し、原子炉等規制法に基づく第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則及び関連する事業規則等を整備することとし、平成 26 年 12 月、「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」（以下「L1 検討チーム」という。）を設置した。

L1 検討チームでは、平成 27 年 1 月から検討を開始し、平成 28 年 8 月までに計 13 回の会合を開催し、規制基準等の骨子（規則の条文の構成及び条文ごとの要求事項をとりまとめたもの）の基となる「炉内等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」（以下「規制の考え方」という。）を取りまとめたところである（平成 28 年 8 月末現在）。この会合の中で、以下のような理由から、長半減期核種の濃度を制限する方向性が示された。

炉内等廃棄物は、浅地中処分の対象廃棄物に比べ、長半減期核種の濃度が高く減衰に長期間を要する廃棄物を含む。また、10 万年を超えて更に数 10 万年の間には海水準変動等により侵食に係る状況が大きく変化する可能性があり、その場合の評価には最初の 10 万年の評価の不確実性に加え、更なる大きな不確実性が伴う。

これらを踏まえ、長半減期核種の潜在的な影響度を低減し、10 万年を超える評価に伴う更なる大きな不確実性を低減するため、不確実性が大きくなる前の時点（10 万年後）において、十分な深度が確保されているとしても、あえて廃棄物と人間の接触を仮想して線量評価を行い、影響が一定水準を超えないよう埋設する廃棄体の長半減期核種の濃度を制限することを要求する。この場合の線量評価に係る「一定水準」については、将来の人間侵入とそれによる線量評価及び対策との関係を検討した国際放射線防護委員会（ICRP）の報告及び国際原子力機関（IAEA）の基準を踏まえ、また上記の評価が仮想的なものであることを考慮して 20mSv/y とする。（平成 27 年度、第 20 回原子力規制委員会、資料 5³⁶ から抜粋）

原子力機構から発生する中深度処分対象廃棄物¹（以下、「機構廃棄物」という。）は、発生量は少ないものの、ウランや長半減期核種、 α 線を放出する核種が比較的高い濃度であることが特徴であり、今回整備が進んでいる炉内等廃棄物の規制基準等に対する適合性を検討することは、原子力機構のバックエンド対策及び処分方策の方向性を示す上で重要と考える。

そこで、L1 検討チーム会合の公開情報を基に、濃度を制限するための評価シナリオにつ

¹ 現行の第二種廃棄物埋設の事業規則の中では「余裕深度処分」と用いられているが、国際的な表記（intermediate depth disposal）との整合性等を踏まえた名称として、検討チーム会合で使用。

いて試行的にモデルや条件を設定して、機構廃棄物に対する評価を実施し、基準線量 20 mSv/y に対する機構廃棄物の線量レベルを確認して、各拠点の廃棄物に対する濃度制限の適合性について検討を行った。なお、規制の考え方では、基準線量について今後検討を行う放射線防護基準との整合を図りつつ設定するという結論であり、具体的な水準は示されなかったが、本検討では、平成 27 年度、第 20 回原子力規制委員会、資料 5³⁶⁾ で述べられている基準線量を用いた。

4.2 試行的な評価について

4.2.1 濃度制限シナリオの想定について

平成 27 年 6 月 7 日、L1 検討チーム会合、資料 6-2³⁷⁾ 「長半減期核種の濃度制限について」には、10 万年後に残存する放射能濃度を線量換算するための評価シナリオ（以下、「濃度制限シナリオ」という。）を設定する考え方が述べられている。

想定概要としては、「埋設し隔離が維持されている 10 万年後に、あえて廃棄物と生活環境との十分な隔離が保てなくなり、人間が廃棄物に接触する仮想的な状況を設定し、また、10 万年後の処分施設の残存放射能量は埋設地からの漏出は考慮せず、減衰のみ考慮する。」とされている。さらに、「人間が接触する廃棄物は廃棄物埋設地及び周辺岩盤をひとかたまりとして混合された状態（以下、「汚染土壌」という。）となっている。」とされ、これらの想定を踏まえ、「浅地中処分の対象廃棄物に対する濃度上限値の算出に用いられた評価経路を参考に、以下の①、②の被ばく経路を考慮する。なお、①と②の対象者は別と考える。」とされている。

①汚染土壌との接触による被ばく（汚染土壌上での居住等）

②汚染土壌から地下水への放射性核種の溶出による被ばく（河川水利用）

上記の L1 検討チームが示した想定を整理するとともに、今回我々が実施した試行的な評価の考え方を表 4.1 に示す。

4.2.2 評価内容

本評価では、4.2.1 に基づき、機構廃棄物を濃度制限シナリオ（汚染土壌上での居住等シナリオ、河川水利用シナリオ）で評価した場合の被ばく線量、被ばく経路及び支配核種を洗い出すものである。

以下に評価の前提となる「処分場の想定」、「汚染土壌の想定」及び「評価ケース」について整理した。

(1) 処分場の想定

処分場の想定は、「日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008」³⁸⁾（以下、「L1 学会標準」という。）に評価例として挙げられているトンネル型処分坑道の埋設施

設形状の想定値である坑道長 100m、坑道高さ 15m、坑道幅 15m を参考にし、原子力機構から発生する廃棄体数 3,293 体 (1.6m 角形容器換算) が定置可能な処分坑道数を 4 本と想定した。また、図 4.1 に示すように、各拠点からの廃棄体が 4 本の処分坑道に均等に埋設されるものと仮定した。

(2) 汚染土壌の想定

100m の処分坑道 4 本分の体積及びトンネル間の離間距離として坑道幅の 2 倍分の離間距離を仮定 (「TRU 核種を含む放射性廃棄物及びウラン廃棄物の余裕深度処分に対する濃度上限値の評価 (受託研究)」³⁹⁾、p.40「トンネル型施設の場合、工学的にトンネル間の離間距離をトンネル直径の 2 倍以上取る必要がある」より引用) した坑道幅の 12 倍の体積である約 270,000m³ の汚染土壌が 10 万年後に発生すると仮定した。また、処分坑道 1 本分の汚染土壌は、その 1/4 の約 67,500m³ とした。図 4.2 に汚染土壌の想定を示す。

(3) 評価ケース

濃度制限シナリオのうち、「河川水利用」シナリオは、10 万年後に処分場全体から河川への核種の漏出を考えていることから、4 本の処分坑道内の放射能濃度の分布は評価結果に影響ないが、廃棄体が均等に定置されていると想定した。それに対して、「汚染土壌上での居住等」シナリオは、処分坑道 1 本単位の放射能濃度を基に被ばく線量評価を行うことから、処分坑道への定置の考え方によって評価結果が異なる。廃棄体の定置条件としては、主に廃棄体の発生時期や保管条件が考えられ、それらが定まらなると処分坑道の総放射能、インベントリの想定が確定しない。また、機構廃棄物は発生量が少ないため、再処理施設のアスファルト固化体の数を除けば、拠点毎の廃棄体数は、今回想定したトンネル型処分坑道 1 本に収まってしまう量であり、1 本の処分坑道に対して偏った定置になる可能性が考えられる。

そのため今回の評価では、機構廃棄体全量を 4 本の処分坑道に均等に定置した時の一本の坑道を対象としたケース及び拠点毎の放射能インベントリの影響を見るために拠点毎に一本の処分坑道に全量定置したケース (図 4.1 に坑道 (L100m×□15m) に廃棄体を定置した概念図を示す。) の 2 通りの評価を行い、拠点毎の特徴について廃棄体の発生施設毎の放射能インベントリを比較して、被ばく線量への影響度合いを確認することとした。

4.2.3 評価モデル、評価パラメータ

4.2.3.1 河川水利用の評価モデル

10 万年後の地表面に埋設施設の形状の汚染土壌が在ると仮定する。また、その 10 万年間で埋設施設からの核種漏洩はなく、放射性核種は放射性崩壊による減衰のみを考慮する。その汚染土壌と降雨の浸透水による分配平衡、降雨浸透量によって放射性核種が 10 万年

後から直接河川に流出、その河川を介して一般公衆の被ばくが発生する。

被ばく経路は、飲料水摂取／灌漑水利用（農作物摂取、吸入、外部）／飼育水利用（畜産物摂取）／河川産物消費（河川産物摂取）とする。

評価は、10 万年以降の最大被ばく線量を確認し、基準線量 20mSv/y と比較するものである。また、被ばく線量は、河川水の利用による被ばく経路毎の被ばく線量の合計とする。付録 5 に被ばく経路等に係る評価式を示す。

4.2.3.2 汚染土壌上での居住等の評価モデル

10 万年後の地表面に埋設施設の形状の汚染土壌があると仮定する。また、その 10 万年間の核種漏洩はなく、放射性核種は減衰している。その汚染土壌との接触による一般公衆の被ばくが発生する。被ばく経路は、家庭菜園程度の農作業を行う居住者（外部、吸入）、農作物摂取とする。また、汚染土壌上の客土はないものとする。

評価は、10 万年以降の最大被ばく線量を確認し、基準線量 20mSv/y と比較するものである。また、被ばく線量は、汚染土壌上での居住等による被ばく経路毎の被ばく線量の合計とする。付録 5 に被ばく経路等に係る評価式を示す。

4.2.3.3 評価パラメータ

(1) 対象廃棄物

平成 27 年 2 月 12 日、L1 検討チーム会合、資料 2-2⁴⁰⁾「日本原子力研究開発機構から発生する低レベル放射性廃棄物等について」の p.5～p.17 に示された余裕深度処分（L1）相当の放射性廃棄物を対象とした。表 4.2 に原子力機構から発生する余裕深度処分対象廃棄物の拠点毎の放射能インベントリを示す。また、表 4.3 に拠点毎の廃棄体数を示すとともに、表 4.4 に放射性核種の廃棄物発生施設別の存在割合（単位：％）を示す。

(2) 河川水利用

表 4.5～表 4.12 に河川水利用のパラメータを示す。

(3) 汚染土壌上での居住等

表 4.13～表 4.15 に汚染土壌上での居住等のパラメータを示す。

4.2.4 評価に用いたソフトウェア

汚染土壌から河川への放射性物質の移行、被ばく線量計算については、1 次元移流分散方程式をベースとした核種移行解析が可能な汎用シミュレーションソフトウェア「GoldSim」を用いて作成した地下水シナリオ評価ツール⁴¹⁾、隆起浸食シナリオ評価ツール⁴²⁾を使用した。

4.3 評価結果

4.3.1 河川水利用

図 4.3 に、機構廃棄物を 4 本のトンネル型処分坑道で処分すると仮定し、4 本の処分坑道に均等に廃棄体が定置されるとした場合の濃度制限シナリオの中の河川水利用における被ばく線量を示す。本被ばく線量は、河川水利用の被ばく経路（地表水飲用、灌漑水利用、飼育水利用、水産物摂取）をすべて合計したものである。図 4.3 から河川水利用の被ばく線量評価の結果、10 万年以降の最大値としては、約 0.08mSv/y であった。最大被ばく線量の発生時期は、10 万年直後である事象発生時から 6 年後であった。濃度の制限を受ける基準線量 20mSv/y と比較すると $1/25$ 程度の被ばく線量であることが判る。

また、表 4.18 に河川水利用の被ばく経路毎の被ばく線量評価結果を核種ごとに示す。

表 4.18 から被ばく経路毎の結果を見ると、経路合計の被ばく線量に対して影響の高かった核種は、Cl-36、I-29、Nb-94 が上位の 3 核種であり、被ばく線量全体の約 91% を占めた。また、Cl-36 は、ほぼ灌漑水利用の農作物摂取の被ばく線量であった。

4.3.2 汚染土壌上での居住等

4.3.2.1 機構廃棄体全量を 4 本の坑道に均等に定置したケース

図 4.4 に、原子力機構の廃棄体を 4 本のトンネル型処分場で処分すると仮定し、4 本の処分坑道に均等に廃棄体を定置した場合の汚染土壌上での居住等の被ばく線量を示す。また、表 4.19 に汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果を核種毎に示す。評価の結果、図 4.4 を見るとウラン系列核種や長半減期核種の影響は見られず、減衰による被ばく線量の低下が確認でき、被ばく経路の合計の線量は約 12.3mSv/y であり、これは濃度制限を受ける基準線量 20mSv/y に対して余裕があり有意な値とはならないと考える。主要な上位 3 核種は、Nb-94、Cl-36、Tc-99 であり、被ばく線量全体の約 94% を占め、Nb-94 は居住による外部被ばく、Cl-36、Tc-99 は農作物摂取の影響によるとともに、外部被ばくと農作物摂取の被ばく線量の影響を比較すると外部被ばくの方が高い結果であった。

4.3.2.2 各拠点の廃棄体を坑道 1 本に定置したケース

総放射エネルギーが多く、インベントリの特徴が異なる原子力科学研究所（以下、「原科研」という。）、核燃料サイクル工学研究所（以下、「核サ研」という。）、大洗研究開発センター、原子炉廃止措置研究開発センター（以下、「ふげん」という。）の 4 拠点から発生する機構廃棄物について、図 4.1 のように各拠点の廃棄体を処分坑道 1 本に定置したと仮定して被ばく線量評価を実施し、各拠点の廃棄物の特徴を確認した。

(1) 原子力科学研究所：原科研

表 4.20 に原科研から発生する廃棄体を対象とした汚染土壌上での居住等による 10 万年後の被ばく線量評価結果を核種毎に示す。10 万年後の被ばく線量は、最大で約 0.24mSv/y であった。主要な上位 3 核種は、Nb-94、Cl-36、Ra-226 であり、被ばく線量全体の約 66% を占め、Nb-94 は外部被ばく、Cl-36 は農作物摂取、Ra-226 は外部被ばく及び農作物摂取の両方の影響による結果となった。

(2) 核燃料サイクル工学研究所：核サ研【ASP（アスファルト）固化体】

表 4.21 に核サ研から発生する ASP 固化体を対象とした汚染土壌上での居住等による 10 万年後の被ばく線量評価結果を核種毎に示す。10 万年後の被ばく線量は、最大で約 0.68mSv/y であった。主要な上位 3 核種は、I-129、Cl-36、Ra-226 であり、被ばく線量全体の約 96% を占め、すべての核種とも農作物摂取による線量が大きくなった。

(3) 核燃料サイクル工学研究所：核サ研【ASP（アスファルト）固化体 以外】

表 4.22 に核サ研から発生する ASP 固化体以外の再処理、Pu センターから発生する雑固体等を対象とした汚染土壌上での居住等による 10 万年後の被ばく線量評価結果を核種毎に示す。10 万年後の被ばく線量は、最大で約 1.21mSv/y であった。主要な上位 3 核種は、Ra-226、Pb-210、Tc-99 であり、被ばく線量全体の約 90% を占め、Pb-210、Tc-99 は農作物摂取、Ra-226 は農作物摂取及び外部被ばくによる線量が大きくなった。

(4) 大洗研究開発センター

表 4.23 に大洗研究開発センターから発生する廃棄体を対象とした汚染土壌上での居住等による 10 万年後の被ばく線量評価結果を核種毎に示す。10 万年後の被ばく線量は、最大で約 14.1mSv/y であった。主要な上位 3 核種は、Cl-36、Nb-94、Tc-99 であり、被ばく線量全体の約 98% を占め、Nb-94 は外部被ばく、Cl-36、Tc-99 は農作物摂取の線量が大きくなった。被ばく経路について、外部被ばくと農作物摂取の被ばく線量の影響を比較すると農作物摂取の方が高い結果であった。10 万年時点の最大被ばく線量は約 14.1mSv/y であり、大洗研究開発センターの廃棄体を単独で処分坑道に定置する場合には基準線量 20mSv/y に対して、他拠点と比較すると線量が高くなる傾向ではあるものの基準線量を超えることはなかった。

(5) ふげん

表 4.24 にふげんから発生する廃棄体を対象とした汚染土壌上での居住等による。10 万年後の被ばく線量評価結果を核種毎に示す。10 万年後の被ばく線量は、最大で約 16.6mSv/y であった。主要な上位 3 核種は、Nb-94、Cl-36、Ni-59 であり、被ばく線量全体の約 99% を占め、Nb-94 は外部被ばく、Cl-36、Ni-59 は農作物摂取の線量が大きくなった。また、

被ばく線量のほとんどの影響は、Nb-94 の外部被ばく（約 15.9mSv/y）となった。ふげんの廃棄体を単独で処分坑道に定置する場合、他拠点と比較して線量が高い結果となったが、基準線量である 20mSv/y を超えることはなかった。

4.3.3 被ばく線量に寄与する核種について

(1) 河川水利用

表 4.4 に放射性核種の廃棄物発生施設別の存在割合（単位：％）を示す。

評価結果を整理すると、河川水利用のシナリオで被ばく線量への寄与の高かった主な核種は Cl-36 であり、廃棄物発生施設別の存在割合が高かったのは大洗研究開発センターの JMTR,HTTR、常陽及びふげん等原子炉解体廃棄物であった。

濃度制限シナリオでは、仮想的に 10 万年間、埋設施設からの核種の漏出がない想定としている。中深度処分における地下水シナリオでは、主に放射化した廃棄物の腐食によって長期に渡り溶出する Cl-36 等は、収着性が低く、拡散性が高いことから、埋設施設付近の土壤に長期間に渡り留まることは考えにくい。今回の濃度制限シナリオの想定では、10 万年間核種の移行がないという想定をしており、埋設施設に隣接する河川に 10 万年後から瞬時放出されることから、河川水利用シナリオの被ばく経路（地表水飲用、農作物摂取、水産物摂取等）に対して長半減期核種である Cl-36 の影響が強調される傾向になっているものと考えられる。

(2) 汚染土壤上での居住等

表 4.4 に放射性核種の廃棄物発生施設別の存在割合（単位：％）を示す。

評価結果を整理すると、汚染土壤上での居住等のシナリオで被ばく線量への寄与の高かった主な核種は、Nb-94、Cl-36、Ni-59、Tc-99、I-129、Ra-226 及び Pb-210 であった。

廃棄物発生施設別の存在割合は、Nb-94 はふげんの炉心タンク内構造物、常陽の炉心構造物等の原子炉解体廃棄物、Ni-59 は大洗研究開発センターの JMTR,HTTR、常陽及びふげん等原子炉解体廃棄物、Tc-99 は常陽の炉心構造物等の原子炉解体廃棄物、I-129 は核サ研（再処理）の ASP 固化体が高かった。また、Ra-226 及び Pb-210 は、ウラン系列核種であり主に U-234、U-238 からの生成と考えられ、それらの存在割合は、核サ研（再処理）の運転廃棄物等の雑固体廃棄物等、原科研（照射後試験施設）の運転廃棄物等の雑固体廃棄物等が高かった。

前述のように、中深度処分の地下水シナリオでは、埋設施設付近の土壤に長期間に渡り Cl-36、I-129、Tc-99、Ni-59 が留まることは考えにくい。今回の濃度制限シナリオの想定では、10 万年間核種の移行がないという想定をしていることから、汚染土壤上での居住等シナリオの被ばく経路（居住者外部、吸入、農作物摂取）に対して長半減期核種である Cl-36、I-129、Tc-99、Ni-59 の影響が強調される傾向になっているものと考えられる。

4.3.4 濃度制限シナリオに対する適合性の検討

L1 検討チームの提示した濃度制限シナリオである河川水利用によるシナリオと汚染土壌上での居住等によるシナリオによる評価の結果、被ばく線量は汚染土壌上での居住等によるシナリオの方が高いことから、濃度制限の値を決定するシナリオは汚染土壌上での居住等によるシナリオと考える。

汚染土壌上での居住等シナリオによる 4 本の処分坑道に均等配置したケースでは、基準線量である 20mSv/y に対して十分低い値となった。また、各拠点の廃棄物を処分坑道 1 本に定置したケースでは、被ばく線量に大きな差があるものの、原科研、核サ研は基準線量に対して十分低い値となった。大洗センター、ふげんでは原子炉解体廃棄物等から発生する長半減期核種である Cl-36、Nb-94、Tc-99 が支配的な核種となって、比較的高い線量となったが、基準線量を超えることはなかった。しかしながら、拠点ごとの廃棄体の放射能濃度にも大きなばらつきがあることが明確となった。また、ウラン系列核種の子孫核種の影響で、評価時期である 10 万年以降に Pb-210、Ra-226 による被ばく線量のピークが発生することが確認されたが、基準線量に対して十分に低い線量であることも確認されている。

以上のことから、機構廃棄物は、発生拠点ごとの放射能濃度のばらつきが大きいものの、処分坑道 1 本に定置した場合の被ばく線量を発生拠点ごとに見ても、今回の評価条件では基準線量を超えることはなかった。また、払い出し計画や保管施設を含めた処分坑道の廃棄体の配置計画によって、処分坑道ごとの濃度の調整が可能と考えられ、原子力機構から発生する廃棄体は制限濃度を満足することが可能と考える。

4.4 考察

試行的な評価である今回の評価条件では、汚染土壌の放射能濃度を処分坑道体積と処分坑道の離間距離から求めた。シナリオ設定の考え方では、「人間が接触する廃棄物は廃棄物埋設地及び周辺岩盤をひとかたまりとして混合された状態となっている」とされており、周辺岩盤の範囲の考え方によって汚染土壌の濃度が決まることから、被ばく線量への影響が大きい。トンネル型施設の一般的な離間距離から周辺岩盤の範囲を定義した今回の考え方は、L1 検討チームが評価手法の考え方として示している「評価体系をできるだけ簡便なものとし、できるだけサイトに依存しないパラメータとすることが妥当」という考え方には整合した合理性のあるものと考えているが、更に図 4.2 中の処分坑道の離間距離を 2.5 倍、3 倍程度とすることも考えられ、その場合の評価結果としては、図 4.5 ふげん廃棄体を例にした離間距離と被ばく線量の関係のように 10 万年後を想定した被ばく線量は低下することになる。そのため、制限濃度に対する裕度はさらに広がる方向である。

このように評価パラメータの設定の考え方によって、被ばく線量への影響が大きい場合が考えられ、特にこの汚染土壌の濃度については影響が大きいものである。その他今回の評価で用いた 4.2.3.3 項に示したパラメータについては、居住者のシナリオの考え方によ

っては、被ばく時間や食物摂取量の値は検討の余地があるものとするが、土壌濃度の範囲に係るパラメータの影響と比較するとその影響は非常に小さいと考える。しかしながら、L1 検討チームでは今後評価方法に関するガイドラインの整備が考えられており、廃棄体あたりの濃度設定等の評価パラメータの設定については、今後も精査が必要である。

規制の考え方の中では、炉内等廃棄物以外から発生する炉内等廃棄物と同様の放射能特性を有する研究施設等の廃棄物や再処理施設から発生する廃棄物に対する規制の考え方も検討する必要があるとしている。また、廃棄体濃度の考え方、濃度制限シナリオの評価パラメータ等及び基準線量の具体的な水準については、L1 検討チームにおける検討が継続することから、今後も動向を注視していく必要があると考える。

表 4.1 「濃度制限シナリオ」の想定と試行的な評価の考え方等

L1 検討チーム「濃度制限シナリオ」の想定	試行的な評価の考え方
<p>○10 万年後に埋設物が生活環境にあると仮定</p> <p>○10 万年後の放射性核種濃度は、保守的に減衰のみ考慮</p> <p>○「人間が接触する廃棄物」は、廃棄物埋設地及び周辺岩盤をひとかたまりとして混合された状態（以下、汚染土壌という。）</p> <p>○被ばく経路は浅地中処分の濃度上限値の算出で検討された経路を参考に、以下のような考え方とする。</p> <p>①汚染土壌との接触による被ばく（汚染土壌の上での居住等）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・被ばく経路は、居住（外部、吸入）／農耕作業（外部／吸引）／農作物摂取。 ・居住者は農耕を行い、家庭菜園で栽培した農作物を摂取する。 ・居住者の外部被ばくで、作業者の被ばくを代表する。 ・汚染土壌上の客土はなしとする。 <p>②汚染土壌から地下水への放射性核種の溶出による被ばく（河川水利用、処分施設の端から河川までの移行距離はないとする）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・被ばく経路は、飲料水摂取／灌漑水利用（農作物摂取、吸入、外部）／飼育水利用（畜産物摂取）／河川産物消費（河川産物摂取）。 	<p>⇒10 万年後の公衆の被ばく線量（mSv/y）を評価。</p> <p>⇒処分場からの放射性核種の漏えいはなしとし、埋設当初のインベントリを10 万年後に減衰させたものを使用。</p> <p>⇒汚染土壌の体積の仮定として、処分坑道及び処分坑道の隔離距離を含む体積と仮定。</p> <p>⇒10 万年後の汚染土壌の性状等（分配係数、密度等）は、河川岸土壌と仮定。</p> <p>⇒河川水量、降雨浸透量、分配係数等のパラメータの想定は、浅地中処分の安全評価で用いられる一般的な値とする。</p> <p>⇒汚染土壌から地下水への溶出過程は、10 万年後の全核種が、汚染土壌との収着平衡を経て、河川に放出すると想定。</p> <p>⇒汚染土壌の上の居住者の農作物摂取は、市場希釈を考慮。</p> <p>⇒灌漑水を利用した農作物栽培は、農耕土壌を想定し、汚染土壌上での栽培は前出の河川岸土壌と仮定。</p> <p>⇒河川水を用いた飼料により飼育した家畜の摂取による被ばくは、飼育水利用より被ばく線量が低いことが明らかのため省略。</p>

表 4.2 原子力機構から発生する余裕深度処分対象廃棄物の拠点毎の放射能インベントリ (単位: Bq)

核種	原子力機構全量	処分空洞1本当りのインベントリ設定							4本に均等配置した
		各拠点の全量を1本に定置した							
		原科研	核サ研	大洗	ふげん	もんじゅ	むつ		
H-3	1.80E+17	1.19E+15	5.73E+13	1.79E+17	1.19E+13	5.66E+13	4.11E+10	4.50E+16	
Be-10	1.24E+12	6.92E+09	5.21E+03	1.23E+12	4.95E+06	2.16E+08	2.18E+04	3.10E+11	
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
C-14o	3.29E+12	2.67E+11	2.29E+11	7.92E+11	2.00E+12	0.00E+00	0.00E+00	8.23E+11	
C-14a	1.54E+14	3.01E+11	0.00E+00	3.51E+13	3.90E+12	1.15E+14	1.49E+10	3.86E+13	
C-14g	6.97E+12	2.52E+10	0.00E+00	6.95E+12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.74E+12	
C-136	3.80E+12	1.24E+10	5.89E+10	1.57E+12	1.49E+11	2.01E+12	2.83E+08	9.49E+11	
Ca-41	1.22E+11	6.34E+09	1.58E+05	8.17E+10	3.54E+09	3.06E+10	2.42E+06	3.05E+10	
Co-60	2.08E+17	6.09E+14	2.49E+11	8.01E+16	6.82E+15	1.20E+17	1.45E+13	5.20E+16	
Ni-59	8.00E+14	9.57E+12	1.63E+09	1.77E+14	2.38E+13	5.89E+14	9.90E+10	2.00E+14	
Ni-63	1.14E+17	8.74E+14	2.04E+11	2.11E+16	3.06E+15	8.87E+16	9.29E+12	2.84E+16	
Se-79	7.83E+10	5.12E+07	4.02E+07	3.67E+10	6.10E+08	4.10E+10	1.57E+06	1.96E+10	
Sr-90	1.08E+14	4.45E+12	1.01E+14	2.26E+12	2.34E+11	4.63E+11	9.69E+07	2.70E+13	
Zr-93	3.11E+12	2.26E+08	2.19E+09	3.92E+10	3.06E+12	6.58E+09	1.89E+04	7.78E+11	
Nb-93m	1.97E+12	1.51E+08	4.83E+08	2.29E+10	1.94E+12	3.93E+09	1.07E+04	4.93E+11	
Nb-94	1.20E+14	2.25E+11	3.10E+08	4.28E+13	5.89E+13	1.78E+13	2.83E+08	2.99E+13	
Mo-93	9.69E+13	5.63E+09	4.90E+05	5.38E+12	2.33E+10	9.15E+13	2.49E+08	2.42E+13	
Tc-99	2.03E+12	2.53E+09	1.67E+10	1.33E+12	3.79E+09	6.77E+11	1.34E+07	5.08E+11	
Pd-107	1.08E+08	4.56E+06	9.08E+07	5.76E+06	3.65E+06	3.43E+06	3.60E+02	2.70E+07	
Ag-108m	6.86E+12	3.94E+11	3.49E+06	1.25E+12	2.75E+12	2.38E+12	8.40E+10	1.71E+12	
Sn-121m	4.94E+12	2.63E+08	1.67E+08	9.85E+10	4.84E+12	3.36E+07	1.38E+02	1.23E+12	
Sn-126	9.03E+08	5.44E+07	7.53E+08	7.07E+07	9.06E+06	1.56E+07	1.40E+03	2.26E+08	
I-129	1.52E+11	2.59E+06	1.52E+11	2.38E+06	4.86E+05	5.72E+05	5.12E+01	3.81E+10	
Cs-135	8.67E+08	6.62E+07	4.82E+08	1.07E+08	7.82E+07	1.33E+08	3.33E+03	2.17E+08	
Cs-137	1.16E+14	5.37E+12	1.05E+14	4.28E+12	6.25E+11	1.06E+12	1.12E+08	2.90E+13	
Ba-133	1.63E+13	2.20E+10	1.45E-24	2.14E+12	4.69E+09	1.41E+13	1.07E+09	4.07E+12	
La-137	2.24E+10	7.54E+07	0.00E+00	3.92E+09	1.63E+06	1.84E+10	2.83E+06	5.61E+09	
Sm-151	9.31E+11	6.28E+10	4.65E+11	3.04E+11	9.31E+09	9.02E+10	2.28E+07	2.33E+11	
Tb-157	5.71E+10	3.60E+08	0.00E+00	3.13E+10	3.43E+08	2.50E+10	1.53E+07	1.43E+10	
Ho-166m	1.03E+12	2.44E+09	9.56E+05	3.29E+11	4.63E+09	6.99E+11	8.96E+07	2.59E+11	
Hf-182	3.08E+08	2.22E+07	0.00E+00	2.74E+08	1.06E+07	1.01E+06	3.90E+00	7.70E+07	
Pt-193	1.20E+10	2.25E+04	4.35E+00	4.14E+09	7.88E+09	0.00E+00	8.35E-05	3.01E+09	
Pb-210	1.44E+09	1.44E+09	1.76E+01	2.09E+04	9.50E-01	9.56E+02	5.94E-02	3.61E+08	
Po-210	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
Ra-226	7.94E+10	7.94E+10	2.89E+02	3.03E+03	2.87E+00	2.72E+03	2.28E-01	1.99E+10	
Ra-228	2.94E+06	1.28E+03	4.36E-02	1.23E+06	5.79E+03	1.70E+06	4.01E+03	7.34E+05	
Ac-227	4.37E+07	1.35E+05	4.42E+03	2.67E+07	1.06E+04	1.69E+07	4.61E+03	1.09E+07	
Th-228	1.59E+10	3.54E+06	1.60E+07	9.52E+09	7.08E+06	6.33E+09	1.39E+05	3.97E+09	
Th-229	1.24E+07	1.07E+05	9.81E+01	4.86E+06	1.13E+04	7.38E+06	2.30E+03	3.09E+06	
Th230	1.60E+06	6.20E+05	1.91E+05	5.06E+05	3.20E+02	2.76E+05	2.80E+01	3.99E+05	
Th-232	5.98E+06	2.82E+06	1.50E-01	1.39E+06	5.91E+03	1.76E+06	4.31E+03	1.49E+06	
Pa-231	1.07E+08	2.36E+05	2.97E+04	7.42E+07	1.63E+04	3.28E+07	9.46E+03	2.68E+07	
Pa-233	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
U-232	1.62E+10	1.05E+07	5.03E+08	9.56E+09	6.92E+06	6.16E+09	1.31E+05	4.06E+09	
U-233	6.13E+09	4.42E+07	3.29E+05	2.99E+09	3.57E+06	3.09E+09	1.17E+06	1.53E+09	
U-234	3.02E+10	1.71E+09	2.82E+10	1.32E+08	1.13E+06	2.13E+08	2.96E+04	7.56E+09	
U-235	5.97E+08	7.86E+07	5.15E+08	3.17E+06	6.95E+02	4.55E+05	1.15E+03	1.49E+08	
U-236	4.70E+09	3.37E+07	4.66E+09	9.34E+06	3.32E+04	9.85E+05	3.78E+02	1.18E+09	
U-238	7.23E+09	2.13E+09	5.09E+09	1.16E+07	1.15E+05	1.08E+07	2.64E+04	1.81E+09	
Np-237	1.84E+09	3.41E+08	1.42E+09	7.01E+07	5.93E+04	2.30E+06	3.28E+02	4.60E+08	
Pu-238	5.97E+12	2.49E+11	5.16E+12	5.13E+11	4.03E+09	3.94E+10	1.13E+05	1.49E+12	
Pu-239	1.92E+12	5.89E+11	1.17E+12	1.44E+11	3.76E+08	2.20E+10	4.11E+06	4.80E+11	
Pu-240	1.61E+12	3.35E+10	1.38E+12	1.92E+11	1.88E+09	5.09E+09	4.96E+05	4.03E+11	
Pu-241	2.71E+14	3.62E+12	2.57E+14	1.02E+13	1.20E+11	4.03E+11	5.34E+06	6.78E+13	
Pu-242	4.14E+09	6.57E+07	3.20E+09	5.71E+08	2.52E+08	5.34E+07	5.84E+00	1.04E+09	
Am-241	3.45E+12	1.81E+12	1.17E+12	4.36E+11	2.80E+09	2.75E+10	2.94E+05	8.62E+11	
Am-242m	2.47E+10	2.96E+08	1.16E+10	1.26E+10	2.71E+07	1.59E+08	8.72E+01	6.16E+09	
Am-243	1.26E+10	6.91E+08	7.93E+09	2.04E+09	7.94E+08	1.17E+09	2.00E+00	3.15E+09	
Cm-244	1.64E+12	3.79E+11	4.99E+11	7.51E+10	3.71E+11	3.18E+11	3.29E+00	4.10E+11	
Cm-245	2.88E+08	3.25E+07	8.15E+07	8.27E+06	4.71E+07	1.19E+08	3.00E-05	7.21E+07	

表 4.3 原子力機構から発生する余裕深度処分対象廃棄物の拠点毎の廃棄体数 (単位：体)

発生拠点 施設名 分類等	核サ研		原科研				大洗センター			ふげん		もんじゅ	むつ	合計	
	再処理	Pu センター	原子炉 解体	原子炉 運転等	照射後試 験施設	その他	JMTR、 HTTR	常陽	廃棄物 管理施設		原子炉				廃樹脂
									ASP固化体 (LA系)*1	雑固体等 (廃シカケル 含)					
	2,659	76	3	8	17	42	106	35	88	15	51	13	95	2	
廃棄体数	2,823		70				244			64		95	2	3,298	

*1 アスファルト固化体(LA系)

【発生拠点名】 核サ研：核燃料サイクル工学研究所
 原科研：原子力科学研究所
 大洗センター：大洗研究開発センター

表 4.5 河川水利用に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
ρ	kg/m ³	2.7	河川岸土壌（砂）、L1 学会標準
ε	—	0.45	河川岸土壌（砂）、L1 学会標準
$Kd(i)$	m ³ /kg	表 4.16	河川岸土壌（砂）、L1 学会標準
Q	m ³ /y	1E-7	地表水流量、L1 学会標準
R_{IN}	m ³ /(m ² ・y)	0.4	降雨浸透量、L1 学会標準
h	m	15	汚染土壌の深さ（処分坑道高さと仮定）、L1 学会標準

表 4.6 河川水利用、飲料水利用に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
M_{SW}	m ³ /y	0.6	飲料水摂取量、L1 学会標準
$DCF_{ing}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.7 河川水利用、灌漑水利用に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
V_{IR}	m ³ /(m ² ・y)	2.4	灌漑水量、L1 学会標準
ε_{IR}	—	0.38	有機土、間隙率、L1 学会標準
ρ_{IR}	kg/m ³	2.6	有機土、粒子密度、L1 学会標準
φ_{IR}	m	0.15	実効土壌深さ、L1 学会標準
R_{IN}	m ³ /(m ² ・y)	0.4	降雨浸透量、L1 学会標準
$Kd_{IR}(i)$	m ³ /kg	表 4.16	有機土、分配係数、L1 学会標準

表 4.8 河川水利用、灌漑水利用（農作物摂取）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
$T_{IR}(i)$	Bq/kg-wet 農作物/ Bq/kg-dry 土壌	表 4.17 (1/2)	土壌から農作物への移行係数、L1 学会標準
M_{IR}	kg/y	240	農作物の年間摂取量、L1 学会標準
G_{IR}	—	1	農作物の市場希釈係数、L1 学会標準
$DCF_{ing}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	経口内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.9 河川水利用、灌漑水利用（農作業外部）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
$S_{IR}(i)$	—	1	遮へい係数、L1 学会標準
t_{IR}	h/y	500	農耕作業時間、L1 学会標準
$DCF_{ext}(i)$	Sv/h/(Bq/kg)	表 4.17 (2/2)	外部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.10 河川水利用、灌漑水利用（農作業吸入）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
d_{IR}	kg/m ³	5.00E-7	ダスト濃度、L1 学会標準
B_{IR}	m ³ /h	1.2	呼吸率、L1 学会標準
$DCF_{inh}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	吸入内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.11 河川水利用、飼育水利用に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
M_{BRvn}	m ³ /d	肉牛：0.04、 乳牛：0.06、 豚：0.01、鶏： 0.0003	一日当りの飼育水摂取量、L1 学会標準
$T_{BRn}(i)$	d/kg	表 4.17 (1/2)	飼育水から家畜への移行係数、L1 学会標準
M_{BRn}	kg/y	牛肉：6、 豚肉：12、 鶏肉：7、 鶏卵：13、 牛乳：38	畜産物の年間摂取量、L1 学会標準
G_{BRn}	—	1	畜産物の市場希釈係数、L1 学会標準
$DCF_{ing}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	経口内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.12 河川水利用、河川産物摂取に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
$T_{FSm}(i)$	m ³ /kg	表 4.17 (2/2)	水産物への濃縮係数、L1 学会標準
M_{FSm}	kg/y	淡水魚：9.2 淡水貝：1.1	年間摂取量、第二種廃棄物埋設分科会（二分第 11-2 号）
G_{FSm}	—	1	市場希釈係数、L1 学会標準
$DCF_{ing}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	経口内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.13 汚染土壌上での居住等（居住者外部）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
$S(i)$	—	0.2	居住時の遮へい係数（家庭菜園程度の農耕作業を含むと仮定）、L1 検討チーム会合（資料 6-2）
t	h/y	8760	年間居住時間、L3 学会標準 ⁴³⁾
$DCF_{ext}(i)$	Sv/h/(Bq/kg)	表 4.17 (2/2)	外部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.14 汚染土壌上での居住等（居住者吸入）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
d	kg/m ³	6E-9	ダスト濃度、L3 学会標準 ⁴³⁾
B	m ³ /h	0.93	呼吸率、L3 学会標準 ⁴³⁾
t	h/y	8760	年間居住時間（家庭菜園程度の農耕作業を含むと仮定）、L3 学会標準 ⁴³⁾
$DCF_{inh}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	吸入内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.15 汚染土壌上での居住等（農作物摂取）に関するパラメータ

記号	単位	設定値	解説
$T(i)$	(Bq/kg-wet 農作物/ Bq/kg-dry 土壌)	表 4.17 (1/2)	土壌から農作物への移行係数、L1 学会標準
M	kg/y	240	年間摂取量、L1 学会標準
G	—	0.5	市場希釈係数（家庭菜園を考慮）、L1 学会標準
$DCF_{ing}(i)$	Sv/Bq	表 4.17 (2/2)	経口内部被ばく線量換算係数、L1 学会標準

表 4.16 分配係数

Kd[ml/g]	汚染土壌 (河川岸土壌:砂)	灌漑土壌 (有機土)
H-3	0	0
Be-10	240	3000
C-14i	2	2
C-14o	2	2
C-14a	2	2
C-14g	2	2
C-136	1	27
Ca-41	9	110
Co-60	60	990
Ni-59	400	1100
Ni-63	400	1100
Se-79	150	1800
Sr-90	13	150
Zr-93	600	7300
Nb-93m	160	2000
Nb-94	160	2000
Mo-93	7.4	27
Tc-99	0.14	1.5
Pd-107	55	670
Ag-108m	90	15000
Sn-121m	130	1600
Sn-126	130	1600
I-129	1	27
Cs-135	270	270
Cs-137	270	270
Ba-133	60	60
La-137	650	650
Sm-151	240	3000
Tb-157	650	650
Ho-166m	240	3000
Hf-182	450	5400
Pt-193	90	90
Pb-210	270	22000
Po-210	150	6600
Ra-226	490	2400
Ra-228	490	2400
Ac-227	450	5400
Th-228	3000	89000
Th-229	3000	89000
Th230	3000	89000
Th-232	3000	89000
Pa-231	540	6600
Pa-233	540	6600
U-232	33	400
U-233	33	400
U-234	33	400
U-235	33	400
U-236	33	400
U-238	33	400
Np-237	4.1	1200
Pu-238	540	1800
Pu-239	540	1800
Pu-240	540	1800
Pu-241	540	1800
Pu-242	540	1800
Am-241	2000	110000
Am-242m	2000	110000
Am-243	2000	110000
Cm-244	4000	12000
Cm-245	4000	12000

表 4.17 移行係数、濃縮係数及び被ばく線量換算係数 (1/2)

移行係数 等	土壌から農作物への移行係数 (Bq/g-wet)/(Bq/g-dry soil)	飼料・飼育水から畜産物への移行係数 (d/kg)				
	農作物	牛肉	牛乳	豚肉	鶏肉	卵
H-3	5.0E+00	1.0E-02	1.5E-02	8.0E-02	2.5E+00	2.7E+00
Be-10	1.0E-02	5.0E-03	2.6E-06	1.0E-02	4.0E-01	8.7E-02
C-14i	5.5E-01	2.0E-02	5.0E-03	1.7E-01	3.7E+00	2.8E+00
C-14o	5.5E-01	2.0E-02	5.0E-03	1.7E-01	3.7E+00	2.8E+00
C-14a	5.5E-01	2.0E-02	5.0E-03	1.7E-01	3.7E+00	2.8E+00
C-14g	5.5E-01	2.0E-02	5.0E-03	1.7E-01	3.7E+00	2.8E+00
C-136	5.0E+00	2.0E-02	1.7E-02	2.2E-01	8.7E+00	8.7E+00
Ca-41	3.0E-01	2.0E-03	3.0E-03	5.2E-02	4.0E-02	4.0E-01
Co-60	8.0E-02	7.0E-02	1.0E-02	2.0E-03	2.0E+00	1.0E-01
Ni-59	5.0E-02	5.0E-02	2.0E-01	4.1E-02	1.7E+00	1.7E+00
Ni-63	5.0E-02	5.0E-02	2.0E-01	4.1E-02	1.7E+00	1.7E+00
Se-79	1.0E-01	1.0E-01	1.0E-03	3.2E-01	9.0E+00	9.0E+00
Sr-90	3.0E-01	1.0E-02	3.0E-03	4.0E-02	8.0E-02	2.0E-01
Zr-93	1.0E-03	1.0E-05	6.0E-06	3.5E-03	6.0E-05	2.0E-04
Nb-93m	1.0E-02	3.0E-06	4.0E-06	2.0E-04	3.0E-04	1.0E-03
Nb-94	1.0E-02	3.0E-06	4.0E-06	2.0E-04	3.0E-04	1.0E-03
Mo-93	2.0E-01	1.0E-02	5.0E-03	2.0E-02	1.0E+00	9.0E-01
Tc-99	5.0E+00	1.0E-03	1.0E-03	1.5E-04	3.0E-02	3.0E+00
Pd-107	1.0E-01	2.0E-04	1.0E-04	5.0E-03	1.4E-03	4.0E-03
Ag-108m	1.0E-02	6.0E-03	1.0E-04	2.0E-02	2.0E+00	7.9E-02
Sn-121m	3.0E-01	1.0E-02	1.0E-03	4.4E-03	1.8E-01	1.8E-01
Sn-126	3.0E-01	1.0E-02	1.0E-03	4.4E-03	1.8E-01	1.8E-01
I-129	2.0E-02	5.0E-02	1.0E-02	3.3E-03	1.0E-02	3.0E+00
Cs-135	4.0E-02	5.0E-02	1.0E-02	2.4E-01	1.0E+01	4.0E-01
Cs-137	4.0E-02	5.0E-02	1.0E-02	2.4E-01	1.0E+01	4.0E-01
Ba-133	5.0E-02	2.0E-03	5.0E-03	1.0E-02	9.0E-03	9.0E-01
La-137	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	1.0E-01	9.0E-03
Sm-151	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-05	5.0E-03	4.0E-03	7.0E-03
Tb-157	1.0E-02	5.0E-03	6.0E-05	5.0E-03	4.0E-03	7.0E-03
Ho-166m	1.0E-02	5.0E-03	6.0E-05	5.0E-03	4.0E-03	7.0E-03
Hf-182	3.5E-03	1.0E-03	2.0E-05	3.5E-03	6.0E-05	2.0E-04
Pt-193	1.0E-01	4.0E-03	5.0E-03	2.0E-03	2.0E+00	1.0E-01
Pb-210	2.0E-02	7.0E-04	3.0E-04	3.1E-02	1.2E+00	1.2E+00
Po-210	2.0E-03	5.0E-03	3.0E-03	3.1E-02	1.2E+00	1.2E+00
Ra-226	4.0E-02	5.0E-03	1.0E-03	3.5E-02	4.8E-01	2.5E-01
Ra-228	4.0E-02	5.0E-03	1.0E-03	3.5E-02	4.8E-01	2.5E-01
Ac-227	1.0E-03	2.0E-05	2.0E-06	1.0E-02	6.6E-03	1.6E-02
Th-228	1.0E-03	1.0E-04	5.0E-06	1.0E-02	1.8E-01	1.8E-01
Th-229	1.0E-03	1.0E-04	5.0E-06	1.0E-02	1.8E-01	1.8E-01
Th230	1.0E-03	1.0E-04	5.0E-06	1.0E-02	1.8E-01	1.8E-01
Th-232	1.0E-03	1.0E-04	5.0E-06	1.0E-02	1.8E-01	1.8E-01
Pa-231	1.0E-02	5.0E-06	5.0E-06	1.0E-02	4.1E-03	4.1E-03
Pa-233	1.0E-02	5.0E-06	5.0E-06	1.0E-02	4.1E-03	4.1E-03
U-232	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
U-233	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
U-234	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
U-235	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
U-236	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
U-238	1.0E-02	3.0E-03	6.0E-04	6.2E-02	1.0E+00	1.0E+00
Np-237	4.0E-02	1.0E-02	5.0E-05	1.0E-02	4.0E-03	1.7E-02
Pu-238	1.0E-03	2.0E-04	3.0E-06	8.0E-05	3.0E-03	5.0E-04
Pu-239	1.0E-03	2.0E-04	3.0E-06	8.0E-05	3.0E-03	5.0E-04
Pu-240	1.0E-03	2.0E-04	3.0E-06	8.0E-05	3.0E-03	5.0E-04
Pu-241	1.0E-03	2.0E-04	3.0E-06	8.0E-05	3.0E-03	5.0E-04
Pu-242	1.0E-03	2.0E-04	3.0E-06	8.0E-05	3.0E-03	5.0E-04
Am-241	2.0E-03	1.0E-04	2.0E-05	1.7E-04	6.0E-03	4.0E-03
Am-242m	2.0E-03	1.0E-04	2.0E-05	1.7E-04	6.0E-03	4.0E-03
Am-243	2.0E-03	1.0E-04	2.0E-05	1.7E-04	6.0E-03	4.0E-03
Cm-244	1.0E-03	2.0E-05	2.0E-06	1.0E-02	4.0E-03	4.0E-02
Cm-245	1.0E-03	2.0E-05	2.0E-06	1.0E-02	4.0E-03	4.0E-02

表 4.17 移行係数、濃縮係数及び被ばく線量換算係数 (2/2)

移行係数 等	水産物への濃縮係数 (L/kg)		線量換算係数		外部被ばく線量 換算係数 ((Sv/h)/(Bq/kg))
	淡水魚	淡水貝	経口摂取 (Sv/Bq)	吸入 (Sv/Bq)	
H-3	1.0E+00	9.0E-01	4.20E-11	4.50E-11	0.00E+00
Be-10	1.0E+02	1.0E+01	1.10E-09	3.50E-08	0.00E+00
C-14i	5.0E+04	9.1E+03	5.80E-10	2.00E-09	0.00E+00
C-14o	5.0E+04	9.1E+03	5.80E-10	2.00E-09	0.00E+00
C-14a	5.0E+04	9.1E+03	5.80E-10	2.00E-09	0.00E+00
C-14g	5.0E+04	9.1E+03	5.80E-10	2.00E-09	0.00E+00
C-136	5.0E+01	1.0E+02	9.30E-10	7.30E-09	4.60E-14
Ca-41	6.0E+01	3.3E+02	1.90E-10	9.50E-11	0.00E+00
Co-60	3.0E+02	1.0E+04	3.40E-09	1.00E-08	7.30E-10
Ni-59	1.0E+02	1.0E+02	6.30E-11	1.30E-10	4.90E-15
Ni-63	1.0E+02	1.0E+02	1.50E-10	4.80E-10	0.00E+00
Se-79	2.0E+02	1.7E+02	2.90E-09	1.10E-09	0.00E+00
Sr-90	7.5E+01	3.0E+02	3.10E-08	3.80E-08	2.20E-18
Zr-93	3.0E+02	1.0E+02	1.10E-09	1.00E-08	0.00E+00
Nb-93m	3.0E+02	1.0E+02	1.20E-10	5.10E-10	3.30E-15
Nb-94	3.0E+02	1.0E+02	1.70E-09	1.10E-08	4.70E-10
Mo-93	1.0E+01	1.0E+01	3.20E-09	1.10E-09	2.20E-14
Tc-99	2.0E+01	5.0E+00	6.40E-10	4.00E-09	1.50E-16
Pd-107	1.0E+01	3.0E+02	3.70E-11	8.50E-11	0.00E+00
Ag-108m	5.0E+00	7.0E+02	2.30E-09	7.40E-09	4.90E-10
Sn-121m	3.0E+03	1.0E+03	5.60E-10	4.70E-09	1.00E-13
Sn-126	3.0E+03	1.0E+03	5.10E-09	2.80E-08	6.00E-10
I-129	4.0E+01	4.0E+02	1.10E-07	3.60E-08	7.20E-13
Cs-135	1.0E+04	1.0E+03	2.00E-09	6.90E-10	0.00E+00
Cs-137	1.0E+04	1.0E+03	1.30E-08	4.60E-09	1.70E-10
Ba-133	4.0E+00	1.0E+00	1.50E-09	1.00E-08	9.70E-11
La-137	3.0E+01	1.0E+03	8.10E-11	8.70E-09	8.00E-13
Sm-151	2.5E+01	1.0E+03	9.80E-11	4.00E-09	3.80E-17
Tb-157	2.5E+01	1.0E+03	3.40E-11	1.20E-09	6.50E-12
Ho-166m	1.2E+04	1.0E+03	2.00E-09	1.20E-07	5.20E-10
Hf-182	4.0E+01	6.7E+00	4.50E-09	3.20E-07	3.60E-10
Pt-193	3.5E+01	3.0E+02	3.10E-11	2.10E-11	0.00E+00
Pb-210	3.0E+02	1.0E+02	6.90E-07	1.20E-06	1.80E-13
Po-210	5.0E+01	2.0E+04	1.20E-06	3.30E-06	2.50E-15
Ra-226	5.0E+01	3.0E+02	2.80E-07	3.50E-06	5.00E-10
Ra-228	5.0E+01	3.0E+02	6.90E-07	2.60E-06	2.70E-10
Ac-227	1.5E+01	1.0E+03	1.10E-06	5.50E-04	2.10E-13
Th-228	1.0E+02	5.0E+02	1.40E-07	4.40E-05	4.50E-10
Th-229	1.0E+02	5.0E+02	4.90E-07	7.10E-05	2.40E-11
Th230	1.0E+02	5.0E+02	2.10E-07	1.40E-05	9.00E-14
Th-232	1.0E+02	5.0E+02	2.30E-07	2.50E-05	3.80E-14
Pa-231	1.0E+01	1.0E+02	7.10E-07	1.40E-04	1.10E-11
Pa-233	1.0E+01	1.0E+02	8.70E-10	3.30E-09	6.10E-11
U-232	1.0E+01	1.0E+02	3.30E-07	7.80E-06	6.30E-14
U-233	1.0E+01	1.0E+02	5.10E-08	3.60E-06	8.50E-14
U-234	1.0E+01	1.0E+02	4.90E-08	3.50E-06	2.70E-14
U-235	1.0E+01	1.0E+02	4.70E-08	3.10E-06	5.10E-11
U-236	1.0E+01	1.0E+02	4.70E-08	3.20E-06	1.30E-14
U-238	1.0E+01	1.0E+02	4.50E-08	2.90E-06	2.70E-13
Np-237	3.0E+01	4.0E+02	1.10E-07	2.30E-05	5.80E-12
Pu-238	3.0E+01	1.0E+02	2.30E-07	4.60E-05	6.60E-15
Pu-239	3.0E+01	1.0E+02	2.50E-07	5.00E-05	1.50E-14
Pu-240	3.0E+01	1.0E+02	2.50E-07	5.00E-05	7.10E-15
Pu-241	3.0E+01	1.0E+02	4.80E-09	9.00E-07	1.40E-15
Pu-242	3.0E+01	1.0E+02	2.40E-07	4.80E-05	3.20E-14
Am-241	3.0E+01	1.0E+03	2.00E-07	4.20E-05	3.50E-12
Am-242m	3.0E+01	1.0E+03	1.90E-07	3.70E-05	4.60E-12
Am-243	3.0E+01	1.0E+03	2.00E-07	4.10E-05	6.20E-11
Cm-244	3.0E+01	1.0E+03	1.20E-07	2.70E-05	9.90E-15
Cm-245	3.0E+01	1.0E+03	2.10E-07	4.20E-05	2.50E-11

表 4.18 河川水利用による被ばく経路毎の被ばく線量評価結果

*太枠は各経路の上位 3核種を示す

(mSv/y)

核種	地表水飲用	灌漑水利用			飼育水利用 畜産物摂取	水産物摂取	経路合計
		農作物摂取	農耕作業外部	農耕作業吸入			
H-3	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Be-10	5.67E-06	1.26E-05	0.00E+00	1.57E-07	3.39E-08	9.69E-06	2.81E-05
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	3.19E-09	1.33E-09	0.00E+00	1.82E-15	2.94E-10	2.72E-06	2.70E-06
C-14a	1.35E-07	5.64E-08	0.00E+00	7.70E-14	1.24E-08	1.15E-04	1.14E-04
C-14g	6.75E-09	2.82E-09	0.00E+00	3.86E-15	6.22E-10	5.76E-06	5.73E-06
Cl-36	1.07E-03	4.81E-02	3.10E-10	4.67E-09	2.18E-04	1.07E-03	5.03E-02
Ca-41	1.13E-06	1.05E-05	0.00E+00	1.80E-11	2.86E-08	1.77E-06	1.32E-05
Co-60	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ni-59	5.11E-05	4.13E-04	3.11E-06	4.77E-08	4.11E-05	9.51E-05	5.99E-04
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	1.09E-06	2.12E-05	0.00E+00	2.68E-10	2.15E-07	3.99E-06	2.63E-05
Sr-90	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Zr-93	6.33E-06	3.03E-06	5.86E-08	6.38E-08	4.20E-09	3.32E-05	4.30E-05
Nb-94	3.58E-05	7.22E-05	1.32E-02	1.60E-07	2.29E-09	1.88E-04	4.40E-03
Mo-93	1.09E-09	2.01E-09	3.42E-14	2.58E-15	3.98E-11	2.03E-10	3.33E-09
Tc-99	3.24E-04	8.37E-04	3.94E-21	1.76E-13	7.71E-06	1.07E-04	1.27E-03
Pd-107	7.32E-11	9.14E-10	0.00E+00	4.64E-14	1.09E-13	4.95E-11	1.03E-09
Ag-108m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	2.61E-08	1.47E-06	3.34E-06	8.56E-11	2.74E-10	1.37E-06	4.04E-06
I-129	6.63E-03	1.19E-03	2.55E-10	1.21E-09	5.18E-04	8.83E-03	1.68E-02
Cs-135	6.39E-09	1.66E-08	0.00E+00	2.58E-13	9.17E-10	1.09E-06	1.13E-06
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-137	9.22E-10	2.25E-10	4.25E-09	2.79E-11	2.11E-12	2.03E-09	5.52E-09
Sm-151	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Tb-157	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ho-166m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Hf-182	3.20E-09	2.75E-09	7.53E-07	2.46E-10	3.77E-12	2.20E-09	1.37E-07
Pt-193	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pb-210	1.23E-04	1.74E-04	1.35E-08	1.61E-07	3.35E-06	2.94E-03	3.27E-03
Ra-226	1.02E-05	8.48E-05	2.90E-05	9.59E-08	1.64E-07	1.38E-05	1.16E-04
Ac-227	1.47E-06	3.28E-07	7.77E-10	7.22E-07	3.16E-09	2.87E-06	4.93E-06
Th-229	7.83E-07	2.57E-07	2.44E-07	2.00E-07	3.02E-09	1.99E-06	3.14E-06
Th-230	1.27E-06	3.61E-07	2.99E-09	1.26E-07	4.89E-09	3.21E-06	4.93E-06
Th-232	1.71E-09	1.43E-08	2.68E-09	7.43E-11	2.23E-11	2.83E-09	1.91E-08
Pa-231	7.98E-07	2.02E-06	4.06E-08	1.81E-07	1.64E-09	2.70E-07	3.14E-06
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	7.02E-06	6.22E-06	2.54E-09	7.88E-08	1.82E-07	2.37E-06	1.59E-05
U-234	3.91E-05	3.46E-05	4.67E-09	4.43E-07	1.01E-06	1.32E-05	8.86E-05
U-235	9.43E-07	8.35E-07	2.22E-07	9.88E-09	2.44E-08	3.19E-07	2.32E-06
U-236	7.36E-06	6.52E-06	4.42E-10	7.95E-08	1.90E-07	2.49E-06	1.67E-05
U-238	9.91E-06	8.78E-06	1.29E-08	1.01E-07	2.56E-07	3.35E-06	2.25E-05
Np-237	8.72E-05	6.10E-04	6.92E-06	5.14E-06	5.48E-07	1.02E-04	8.16E-04
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	5.24E-05	1.02E-05	3.96E-09	6.84E-06	6.35E-09	3.55E-05	1.02E-04
Pu-240	2.05E-08	3.99E-09	7.00E-13	2.63E-09	2.48E-12	1.39E-08	3.99E-08
Pu-241	7.47E-13	5.94E-14	1.36E-16	3.33E-14	9.05E-17	5.05E-13	1.35E-12
Pu-242	1.60E-06	3.13E-07	2.73E-10	2.10E-07	1.94E-10	1.08E-06	3.12E-06
Am-241	9.24E-12	5.18E-12	6.82E-13	2.62E-12	1.82E-15	2.03E-11	3.58E-11
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	1.10E-10	6.06E-11	1.73E-10	3.19E-11	2.16E-14	2.41E-10	4.43E-10
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	4.58E-12	1.20E-12	2.14E-12	1.15E-12	1.05E-14	1.01E-11	1.66E-11
Total Dose	8.47E-03	5.16E-02	1.33E-02	1.48E-05	7.91E-04	1.36E-02	7.81E-02

表 4.19 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果
(機構廃棄物を4本の坑道に均等に定置したケース)

*太枠は各経路の上位3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	5.95E-25	6.82E-18	6.82E-18
Be-10	0.00E+00	5.01E-06	3.86E-03	3.87E-03
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	4.86E-12	1.90E-06	1.90E-06
C-14a	0.00E+00	2.05E-10	8.05E-05	8.05E-05
C-14g	0.00E+00	1.03E-11	4.03E-06	4.03E-06
Cl-36	5.76E-04	2.55E-06	3.99E+00	3.99E+00
Ca-41	0.00E+00	6.80E-10	1.00E-03	1.00E-03
Co-60	3.17E-17	1.21E-23	8.09E-19	3.25E-17
Ni-59	6.57E-03	4.86E-06	2.89E-01	2.96E-01
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	7.18E-09	4.65E-03	4.65E-03
Sr-90	1.60E-26	7.70E-24	4.62E-18	4.62E-18
Zr-93	4.25E-05	3.77E-06	2.03E-03	2.07E-03
Nb-94	6.63E+00	4.33E-06	1.64E-02	6.65E+00
Mo-93	3.24E-10	4.52E-13	6.46E-07	6.46E-07
Tc-99	6.40E-07	4.76E-07	9.35E-01	9.35E-01
Pd-107	0.00E+00	1.09E-12	1.17E-07	1.17E-07
Ag-108m	2.04E-19	8.60E-26	6.56E-22	2.05E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	1.66E-03	2.17E-09	2.91E-04	1.95E-03
I-129	4.73E-04	6.60E-07	9.90E-02	9.94E-02
Cs-135	0.00E+00	6.88E-11	1.96E-05	1.96E-05
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	1.25E-18	1.08E-24	6.41E-20	1.31E-18
La-137	2.45E-05	7.43E-09	3.39E-07	2.48E-05
Sm-151	3.22E-26	9.46E-26	1.14E-23	1.15E-23
Tb-157	1.18E-20	6.10E-26	4.24E-23	1.19E-20
Ho-166m	4.32E-20	2.78E-25	1.14E-22	4.33E-20
Hf-182	4.76E-04	1.18E-08	1.43E-06	4.78E-04
Pt-193	0.00E+00	8.32E-28	3.02E-22	3.02E-22
Pb-210	2.25E-05	1.55E-05	1.37E-01	1.37E-01
Ra-226	6.16E-02	1.20E-05	9.45E-02	1.56E-01
Ac-227	7.07E-07	5.16E-05	2.54E-04	3.06E-04
Th-229	6.04E-04	4.98E-05	8.44E-04	1.50E-03
Th-230	1.11E-05	4.81E-05	1.77E-03	1.83E-03
Th-232	1.66E-05	4.61E-08	4.42E-05	6.08E-05
Pa-231	3.70E-05	1.31E-05	1.64E-03	1.69E-03
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	2.18E-06	2.57E-06	8.95E-04	9.00E-04
U-234	3.23E-06	1.17E-05	4.02E-03	4.04E-03
U-235	1.59E-04	2.70E-07	1.00E-04	2.60E-04
U-236	3.14E-07	2.16E-06	7.78E-04	7.80E-04
U-238	8.44E-06	2.53E-06	9.64E-04	9.75E-04
Np-237	2.35E-03	2.26E-05	1.06E-02	1.30E-02
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	7.04E-06	6.55E-04	8.04E-03	8.70E-03
Pu-240	1.37E-09	2.69E-07	3.30E-06	3.57E-06
Pu-241	5.23E-13	9.38E-12	1.23E-10	1.33E-10
Pu-242	4.77E-07	1.99E-05	2.45E-04	2.65E-04
Am-241	1.38E-09	4.61E-10	1.08E-08	1.26E-08
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	2.94E-07	5.43E-09	1.30E-07	4.30E-07
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	9.32E-09	4.37E-10	5.36E-09	1.51E-08
Total Dose	6.70E+00	9.29E-04	5.60E+00	1.23E+01

表 4.20 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果

(原科研廃棄体を 1 本の坑道に全量定置したケース)

*太枠は各経路の上位 3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	5.79E-25	6.63E-18	6.63E-18
Be-10	0.00E+00	1.12E-07	8.62E-05	8.63E-05
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	1.58E-12	6.17E-07	6.17E-07
C-14a	0.00E+00	1.78E-12	6.96E-07	6.96E-07
C-14g	0.00E+00	1.49E-13	5.82E-08	5.82E-08
Cl-36	7.85E-06	3.48E-08	5.43E-02	5.44E-02
Ca-41	0.00E+00	1.48E-10	2.19E-04	2.19E-04
Co-60	2.72E-17	1.04E-23	6.93E-19	2.78E-17
Ni-59	3.41E-04	2.53E-07	1.50E-02	1.54E-02
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	2.44E-11	1.58E-05	1.58E-05
Sr-90	1.45E-26	7.00E-24	4.20E-18	4.20E-18
Zr-93	1.23E-08	1.10E-09	5.89E-07	6.02E-07
Nb-94	6.05E-02	3.95E-08	1.50E-04	6.06E-02
Mo-93	7.74E-14	1.08E-16	1.54E-10	1.54E-10
Tc-99	4.73E-09	3.52E-09	6.92E-03	6.92E-03
Pd-107	0.00E+00	1.85E-13	1.98E-08	1.98E-08
Ag-108m	1.47E-19	6.17E-26	4.71E-22	1.47E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	4.04E-04	5.26E-10	7.06E-05	4.75E-04
I-129	3.21E-08	4.48E-11	6.73E-06	6.76E-06
Cs-135	0.00E+00	2.14E-11	6.09E-06	6.09E-06
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	1.41E-18	1.22E-24	7.22E-20	1.48E-18
La-137	3.29E-07	9.98E-11	4.56E-09	3.34E-07
Sm-151	5.33E-26	1.56E-25	1.88E-23	1.90E-23
Tb-157	8.88E-21	4.57E-26	3.18E-23	8.91E-21
Ho-166m	5.72E-20	3.68E-25	1.51E-22	5.73E-20
Hf-182	1.37E-04	3.40E-09	4.11E-07	1.38E-04
Pt-193	0.00E+00	1.17E-27	4.25E-22	4.25E-22
Pb-210	5.86E-06	4.03E-06	3.57E-02	3.57E-02
Ra-226	1.61E-02	3.14E-06	2.46E-02	4.07E-02
Ac-227	4.48E-07	3.27E-05	1.61E-04	1.94E-04
Th-229	2.42E-04	2.00E-05	3.39E-04	6.01E-04
Th-230	2.90E-06	1.26E-05	4.63E-04	4.78E-04
Th-232	3.50E-05	9.71E-08	9.31E-05	1.28E-04
Pa-231	2.34E-05	8.33E-06	1.04E-03	1.07E-03
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	8.92E-07	1.05E-06	3.67E-04	3.68E-04
U-234	9.40E-07	3.40E-06	1.17E-03	1.17E-03
U-235	1.03E-04	1.75E-07	6.50E-05	1.68E-04
U-236	1.19E-08	8.19E-08	2.95E-05	2.96E-05
U-238	9.93E-06	2.97E-06	1.13E-03	1.15E-03
Np-237	1.26E-03	1.21E-05	5.68E-03	6.95E-03
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	8.67E-06	8.06E-04	9.90E-03	1.07E-02
Pu-240	1.20E-10	2.35E-08	2.88E-07	3.12E-07
Pu-241	2.37E-13	4.24E-12	5.55E-11	6.00E-11
Pu-242	3.03E-08	1.27E-06	1.55E-05	1.68E-05
Am-241	6.23E-10	2.09E-10	4.88E-09	5.71E-09
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	6.46E-08	1.19E-09	2.86E-08	9.44E-08
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	4.22E-09	1.98E-10	2.43E-09	6.84E-09
Total Dose	7.91E-02	9.09E-04	1.58E-01	2.38E-01

表 4.21 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果
(核サ研 ASP を 1 本の坑道に全量定置したケース)

*太枠は各経路の上位 3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	5.19E-25	5.95E-18	5.95E-18
Be-10	0.00E+00	1.58E-14	1.22E-11	1.22E-11
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	1.35E-12	5.28E-07	5.28E-07
C-14a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14g	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cl-36	3.72E-05	1.65E-07	2.58E-01	2.58E-01
Ca-41	0.00E+00	7.28E-16	1.07E-09	1.07E-09
Co-60	4.49E-17	1.72E-23	1.15E-18	4.60E-17
Ni-59	9.79E-12	7.25E-15	4.31E-10	4.41E-10
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	5.82E-12	3.77E-06	3.77E-06
Sr-90	1.17E-26	5.65E-24	3.40E-18	3.40E-18
Zr-93	3.09E-09	2.74E-10	1.47E-07	1.51E-07
Nb-94	8.41E-10	5.49E-16	2.08E-12	8.43E-10
Mo-93	1.75E-19	2.44E-22	3.48E-16	3.49E-16
Tc-99	6.97E-10	5.19E-10	1.02E-03	1.02E-03
Pd-107	0.00E+00	8.84E-14	9.45E-09	9.45E-09
Ag-108m	2.27E-19	9.55E-26	7.29E-22	2.27E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	1.45E-04	1.88E-10	2.53E-05	1.70E-04
I-129	1.79E-03	2.50E-06	3.75E-01	3.76E-01
Cs-135	0.00E+00	4.05E-12	1.15E-06	1.15E-06
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sm-151	5.98E-26	1.76E-25	2.11E-23	2.14E-23
Tb-157	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ho-166m	5.22E-20	3.36E-25	1.38E-22	5.24E-20
Hf-182	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pt-193	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pb-210	2.57E-06	1.77E-06	1.56E-02	1.56E-02
Ra-226	7.03E-03	1.37E-06	1.08E-02	1.78E-02
Ac-227	7.53E-08	5.50E-06	2.70E-05	3.26E-05
Th-229	1.18E-04	9.77E-06	1.66E-04	2.94E-04
Th-230	1.27E-06	5.49E-06	2.02E-04	2.09E-04
Th-232	1.97E-08	5.47E-11	5.25E-08	7.23E-08
Pa-231	3.94E-06	1.40E-06	1.74E-04	1.80E-04
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	4.42E-07	5.22E-07	1.82E-04	1.83E-04
U-234	3.83E-07	1.38E-06	4.76E-04	4.78E-04
U-235	1.76E-05	2.98E-08	1.11E-05	2.87E-05
U-236	4.17E-08	2.86E-07	1.03E-04	1.04E-04
U-238	5.56E-07	1.67E-07	6.34E-05	6.42E-05
Np-237	7.12E-04	6.84E-06	3.22E-03	3.94E-03
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1.80E-06	1.67E-04	2.05E-03	2.22E-03
Pu-240	4.65E-10	9.14E-08	1.12E-06	1.21E-06
Pu-241	3.63E-13	6.52E-12	8.53E-11	9.22E-11
Pu-242	1.49E-07	6.24E-06	7.66E-05	8.30E-05
Am-241	9.57E-10	3.20E-10	7.49E-09	8.77E-09
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	4.57E-08	8.44E-10	2.02E-08	6.68E-08
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	6.48E-09	3.04E-10	3.73E-09	1.05E-08
Total Dose	9.86E-03	2.10E-04	6.66E-01	6.76E-01

表 4.22 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果
(核サ研 ASP 以外を 1 本の坑道に全量定置したケース)

*太枠は各経路の上位 3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	5.62E-25	6.44E-18	6.44E-18
Be-10	0.00E+00	6.82E-14	5.26E-11	5.27E-11
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	8.92E-17	3.49E-11	3.49E-11
C-14a	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14g	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cl-36	6.52E-09	2.89E-11	4.52E-05	4.52E-05
Ca-41	0.00E+00	2.96E-15	4.36E-09	4.36E-09
Co-60	2.85E-17	1.09E-23	7.27E-19	2.92E-17
Ni-59	5.82E-08	4.31E-11	2.56E-06	2.62E-06
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	1.34E-11	8.66E-06	8.66E-06
Sr-90	6.12E-27	2.95E-24	1.77E-18	1.77E-18
Zr-93	1.16E-07	1.03E-08	5.55E-06	5.68E-06
Nb-94	8.35E-05	5.45E-11	2.07E-07	8.37E-05
Mo-93	6.56E-18	9.16E-21	1.31E-14	1.31E-14
Tc-99	3.06E-08	2.27E-08	4.47E-02	4.47E-02
Pd-107	0.00E+00	3.60E-12	3.84E-07	3.84E-07
Ag-108m	1.76E-19	7.42E-26	5.66E-22	1.77E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	5.45E-03	7.10E-09	9.52E-04	6.40E-03
I-129	1.02E-04	1.42E-07	2.13E-02	2.14E-02
Cs-135	0.00E+00	1.52E-10	4.32E-05	4.32E-05
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
La-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sm-151	4.35E-26	1.28E-25	1.54E-23	1.55E-23
Tb-157	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ho-166m	4.38E-20	2.82E-25	1.15E-22	4.39E-20
Hf-182	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pt-193	0.00E+00	1.31E-27	4.74E-22	4.74E-22
Pb-210	8.00E-05	5.50E-05	4.86E-01	4.87E-01
Ra-226	2.19E-01	4.28E-05	3.36E-01	5.56E-01
Ac-227	2.29E-06	1.67E-04	8.22E-04	9.92E-04
Th-229	1.19E-03	9.78E-05	1.66E-03	2.94E-03
Th-230	3.94E-05	1.71E-04	6.30E-03	6.51E-03
Th-232	6.14E-07	1.70E-09	1.63E-06	2.25E-06
Pa-231	1.20E-04	4.26E-05	5.31E-03	5.47E-03
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	4.41E-06	5.21E-06	1.81E-03	1.82E-03
U-234	1.14E-05	4.12E-05	1.42E-02	1.42E-02
U-235	5.03E-04	8.54E-07	3.18E-04	8.22E-04
U-236	1.18E-06	8.08E-06	2.91E-03	2.92E-03
U-238	2.32E-05	6.95E-06	2.65E-03	2.68E-03
Np-237	6.95E-03	6.68E-05	3.14E-02	3.84E-02
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1.54E-05	1.43E-03	1.76E-02	1.90E-02
Pu-240	4.23E-09	8.30E-07	1.02E-05	1.10E-05
Pu-241	2.30E-13	4.13E-12	5.40E-11	5.84E-11
Pu-242	1.32E-06	5.54E-05	6.81E-04	7.37E-04
Am-241	6.06E-10	2.03E-10	4.74E-09	5.55E-09
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	6.96E-07	1.28E-08	3.07E-07	1.02E-06
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	4.10E-09	1.92E-10	2.36E-09	6.65E-09
Total Dose	2.34E-01	2.19E-03	9.75E-01	1.21E+00

表 4.23 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果
(大洗研究開発センター廃棄体を1本の坑道に全量定置したケース)

*太枠は各経路の上位3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	6.46E-25	7.40E-18	7.40E-18
Be-10	0.00E+00	1.99E-05	1.54E-02	1.54E-02
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	4.67E-12	1.83E-06	1.83E-06
C-14a	0.00E+00	1.18E-10	4.62E-05	4.62E-05
C-14g	0.00E+00	4.10E-11	1.61E-05	1.61E-05
Cl-36	8.96E-04	3.97E-06	6.21E+00	6.21E+00
Ca-41	0.00E+00	1.77E-09	2.61E-03	2.61E-03
Co-60	4.85E-17	1.85E-23	1.24E-18	4.97E-17
Ni-59	4.07E-03	3.01E-06	1.79E-01	1.83E-01
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	8.83E-09	5.71E-03	5.71E-03
Sr-90	1.18E-26	5.69E-24	3.42E-18	3.42E-18
Zr-93	2.12E-06	1.88E-07	1.01E-04	1.03E-04
Nb-94	5.79E+00	3.78E-06	1.43E-02	5.80E+00
Mo-93	3.88E-11	5.41E-14	7.72E-08	7.73E-08
Tc-99	1.25E-06	9.29E-07	1.83E+00	1.83E+00
Pd-107	0.00E+00	2.08E-13	2.22E-08	2.22E-08
Ag-108m	1.11E-19	4.67E-26	3.56E-22	1.11E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	4.72E-04	6.15E-10	8.24E-05	5.54E-04
I-129	2.72E-08	3.80E-11	5.70E-06	5.72E-06
Cs-135	0.00E+00	2.96E-11	8.43E-06	8.43E-06
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	1.15E-18	9.98E-25	5.93E-20	1.21E-18
La-137	1.71E-05	5.19E-09	2.37E-07	1.73E-05
Sm-151	3.40E-26	9.98E-26	1.20E-23	1.21E-23
Tb-157	1.33E-20	6.84E-26	4.76E-23	1.33E-20
Ho-166m	5.94E-20	3.82E-25	1.56E-22	5.95E-20
Hf-182	1.70E-03	4.21E-08	5.08E-06	1.70E-03
Pt-193	0.00E+00	1.15E-27	4.15E-22	4.15E-22
Pb-210	1.00E-06	6.88E-07	6.08E-03	6.08E-03
Ra-226	2.74E-03	5.35E-07	4.20E-03	6.94E-03
Ac-227	4.92E-08	3.60E-06	1.77E-05	2.13E-05
Th-229	4.84E-04	4.00E-05	6.77E-04	1.20E-03
Th-230	4.94E-07	2.14E-06	7.90E-05	8.16E-05
Th-232	8.81E-06	2.44E-08	2.34E-05	3.23E-05
Pa-231	2.58E-06	9.15E-07	1.14E-04	1.17E-04
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	1.66E-06	1.97E-06	6.84E-04	6.88E-04
U-234	1.62E-07	5.86E-07	2.01E-04	2.02E-04
U-235	1.02E-05	1.74E-08	6.47E-06	1.67E-05
U-236	2.58E-08	1.77E-07	6.38E-05	6.40E-05
U-238	3.48E-08	1.04E-08	3.98E-06	4.02E-06
Np-237	4.80E-04	4.61E-06	2.17E-03	2.65E-03
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1.96E-06	1.82E-04	2.24E-03	2.42E-03
Pu-240	6.41E-10	1.26E-07	1.55E-06	1.67E-06
Pu-241	5.22E-14	9.36E-13	1.23E-11	1.32E-11
Pu-242	2.62E-07	1.09E-05	1.34E-04	1.46E-04
Am-241	1.37E-10	4.60E-11	1.08E-09	1.26E-09
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	1.88E-07	3.46E-09	8.29E-08	2.74E-07
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	9.30E-10	4.36E-11	5.35E-10	1.51E-09
Total Dose	5.80E+00	2.81E-04	8.26E+00	1.41E+01

表 4.24 汚染土壌上での居住等による被ばく線量評価結果

(ふげん廃棄体を1本の坑道に全量定置したケース)

*太枠は各経路の上位3核種を示す (mSv/y)

核種	居住外部	居住吸入	農作物摂取	経路合計
H-3	0.00E+00	7.62E-25	8.73E-18	8.73E-18
Be-10	0.00E+00	7.98E-11	6.16E-08	6.17E-08
C-14i	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
C-14o	0.00E+00	1.18E-11	4.63E-06	4.63E-06
C-14a	0.00E+00	2.30E-11	9.02E-06	9.02E-06
C-14g	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cl-36	9.42E-05	4.17E-07	6.52E-01	6.52E-01
Ca-41	0.00E+00	8.29E-11	1.22E-04	1.22E-04
Co-60	2.83E-17	1.08E-23	7.21E-19	2.90E-17
Ni-59	8.48E-04	6.27E-07	3.73E-02	3.82E-02
Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Se-79	0.00E+00	2.91E-10	1.88E-04	1.88E-04
Sr-90	1.27E-26	6.12E-24	3.68E-18	3.68E-18
Zr-93	1.67E-04	1.49E-05	7.98E-03	8.17E-03
Nb-94	1.59E+01	1.04E-05	3.93E-02	1.59E+01
Mo-93	3.21E-13	4.47E-16	6.39E-10	6.39E-10
Tc-99	7.09E-09	5.28E-09	1.04E-02	1.04E-02
Pd-107	0.00E+00	1.48E-13	1.58E-08	1.58E-08
Ag-108m	1.94E-19	8.18E-26	6.24E-22	1.95E-19
Sn-121m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sn-126	6.73E-05	8.76E-11	1.18E-05	7.90E-05
I-129	6.03E-09	8.41E-12	1.26E-06	1.27E-06
Cs-135	0.00E+00	2.53E-11	7.19E-06	7.19E-06
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-133	1.39E-18	1.20E-24	7.14E-20	1.46E-18
La-137	7.13E-09	2.16E-12	9.89E-11	7.23E-09
Sm-151	4.65E-26	1.36E-25	1.64E-23	1.66E-23
Tb-157	8.45E-21	4.35E-26	3.03E-23	8.48E-21
Ho-166m	5.44E-20	3.50E-25	1.43E-22	5.45E-20
Hf-182	6.55E-05	1.62E-09	1.96E-07	6.56E-05
Pt-193	0.00E+00	8.66E-28	3.14E-22	3.14E-22
Pb-210	9.00E-09	6.19E-09	5.47E-05	5.48E-05
Ra-226	2.47E-05	4.82E-09	3.78E-05	6.25E-05
Ac-227	1.27E-10	9.26E-09	4.55E-08	5.48E-08
Th-229	1.50E-06	1.24E-07	2.10E-06	3.72E-06
Th-230	4.45E-09	1.93E-08	7.11E-07	7.34E-07
Th-232	7.35E-08	2.04E-10	1.96E-07	2.69E-07
Pa-231	6.64E-09	2.36E-09	2.93E-07	3.02E-07
U-232	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
U-233	5.31E-09	6.28E-09	2.18E-06	2.20E-06
U-234	1.43E-09	5.17E-09	1.78E-06	1.78E-06
U-235	3.66E-08	6.20E-11	2.31E-08	5.97E-08
U-236	4.34E-10	2.98E-09	1.08E-06	1.08E-06
U-238	5.72E-10	1.71E-10	6.53E-08	6.60E-08
Np-237	4.25E-06	4.08E-08	1.92E-05	2.35E-05
Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Pu-239	1.12E-08	1.05E-06	1.28E-05	1.39E-05
Pu-240	1.32E-11	2.59E-09	3.18E-08	3.45E-08
Pu-241	3.43E-13	6.14E-12	8.04E-11	8.69E-11
Pu-242	1.16E-07	4.85E-06	5.96E-05	6.45E-05
Am-241	9.02E-10	3.02E-10	7.06E-09	8.27E-09
Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Am-243	7.43E-08	1.37E-09	3.28E-08	1.08E-07
Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cm-245	6.11E-09	2.86E-10	3.51E-09	9.91E-09
Total Dose	1.59E+01	3.24E-05	7.48E-01	1.66E+01

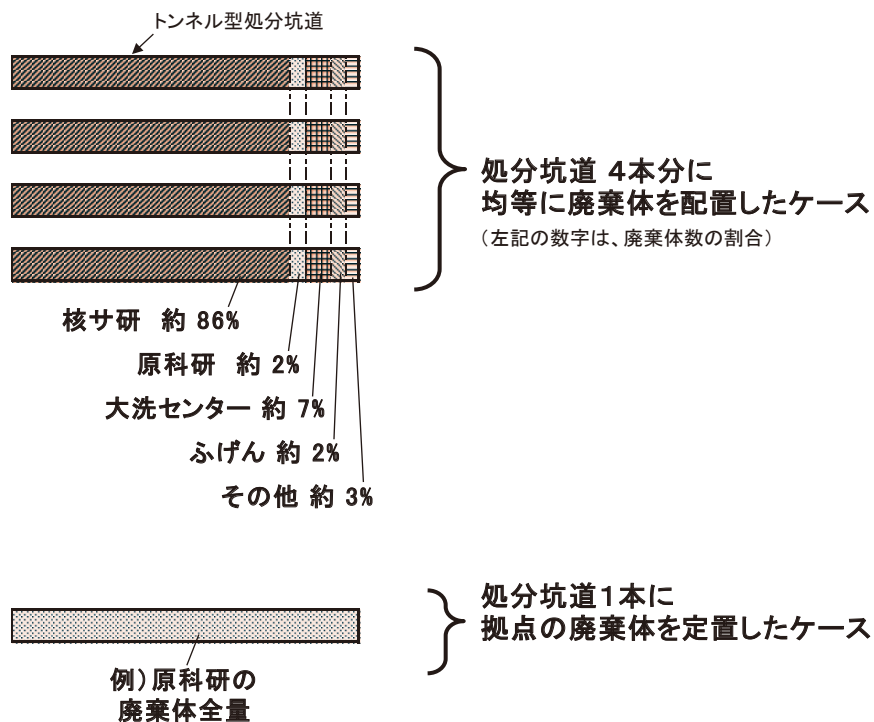


図 4.1 トンネル型処分坑道 (L100m×□15m) に廃棄体を定置した概念図

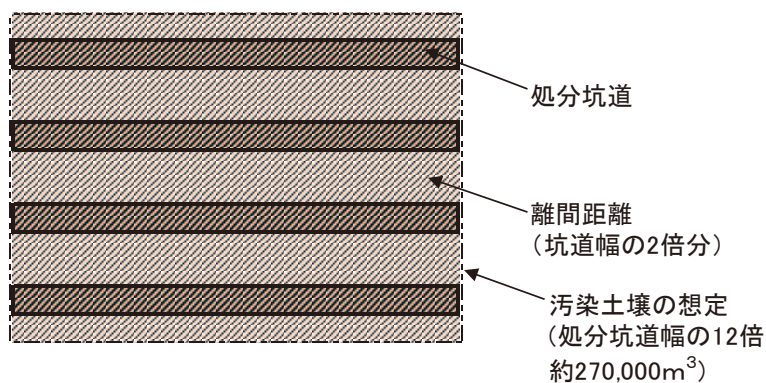


図 4.2 汚染土壌の想定

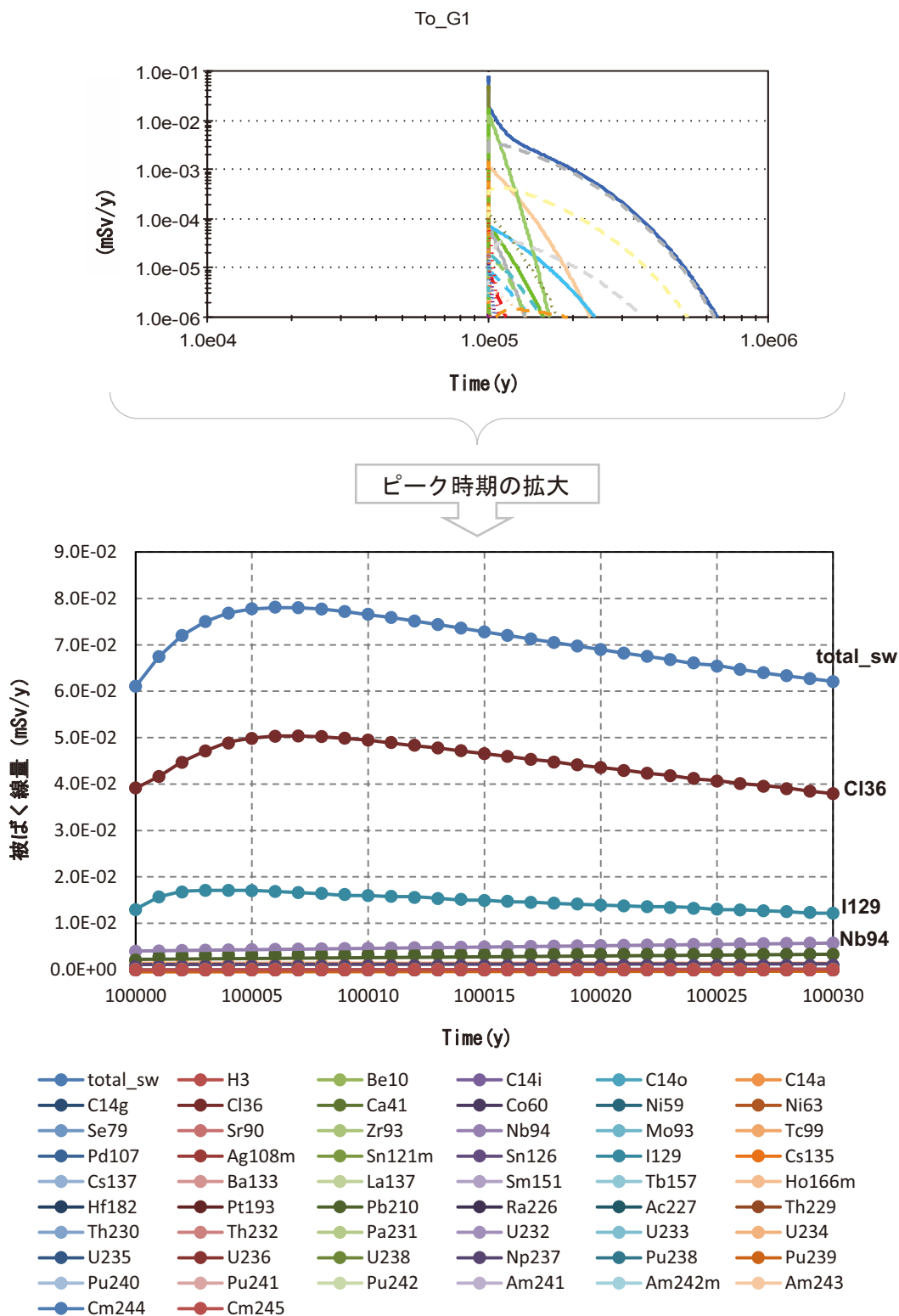


図 4.3 河川水利用による被ばく線量 (被ばく経路合計)

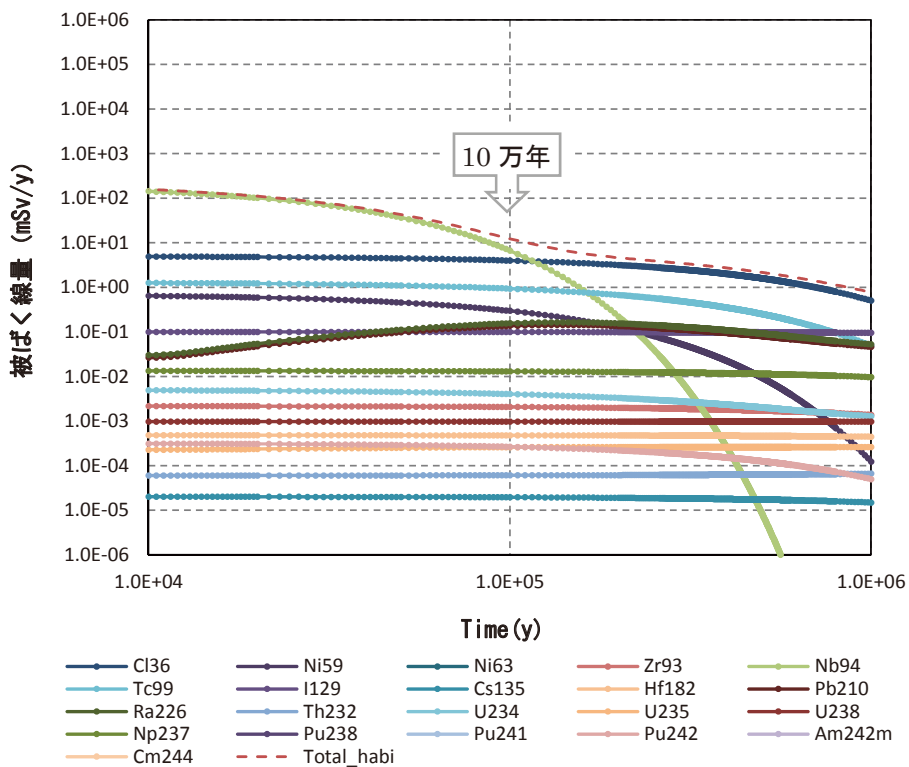


図 4.4 汚染土壌の上での居住等による被ばく線量
(機構廃棄物を 4 本の坑道に均等に定置したケース)

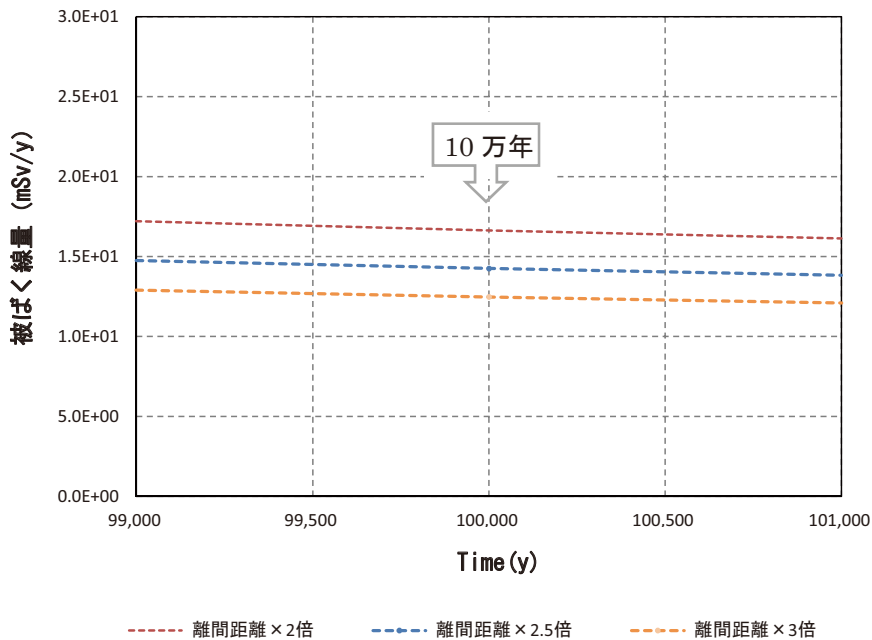


図 4.5 ふげん廃棄体を例にした処分坑道の離間距離と被ばく線量の関係

5. おわりに

研究施設等から発生するウラン及び長半減期の核種を含む廃棄物を処分するための技術的な検討を行った。

100Bq/g までの比較的濃度の低いウランを含んだ廃棄物に対するトレンチ処分を対象とした検討としては、被ばく線量に対する影響の大きいと考えられるパラメータ及び評価条件について地下水シナリオ、跡地利用シナリオによるケーススタディを行い、処分場跡地における最大被ばく線量の結果から、基準線量に対するウラン濃度を試算し、ウランを含んだ廃棄物のトレンチ処分の可能性を示した。

ウランを含んだ廃棄物に対するクリアランスによる対象物拡張の検討としては、金属、コンクリートを埋設処分するシナリオから導出されるクリアランスレベルを予察的に試算し、現在のクリアランスレベルで、金属、コンクリートへの対象物の拡張の見通しがあることを確認した。

ウラン及び長半減期核種を含んだ中深度処分対象の濃度範囲となる研究施設等廃棄物に対しては、原子力規制委員会が設置した「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム」が示した「廃炉等廃棄物の埋設に係る規制の考え方について」に示された濃度制限シナリオによる試算を行い、基準線量に対する機構廃棄物の線量レベルを確認した結果、中深度処分に対する濃度制限を満足する見通しを得た。

今後は、処分方策が決まっていない今回対象とした廃棄物やその処分区分に対して、原子力規制委員会の廃棄物埋設に係る検討チームの動向の把握や規制庁との面談、関係機関との連携を通して、処分方策を具体化するための技術的な検討を継続する予定である。

謝辞

本報告書をまとめるにあたり、ご指導及び貴重なご意見を頂いた廃棄物対策・埋設事業統括部 廃棄物処分計画課の武部慎一特別嘱託、貴重なご意見を頂いた人形峠環境技術センター 環境研究実証試験準備室の八木直人室長代理に感謝致します。

参考文献

- 1) 原子力安全委員会：低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について，平成 19 年 5 月 21 日原子力安全委員会。
- 2) 原子力安全委員会：第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方について，平成 22 年 8 月 6 日原子力安全委員会。
- 3) 天澤弘也、坂井章浩他：研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計，JAEA-Technology 2012-031，2012，338p.
- 4) 佐々木規行、大間知行、宮内善浩他：発電所廃止措置に伴い発生する低レベル放射性廃棄物処分に係る安全確保，日本原子力学会バックエンド部会，原子力バックエンド研究，Vol.7，No.1，2001，pp.3-10.
- 5) 日本原子力学会標準委員会：浅地中トレンチ処分の安全評価手法：2013，一般社団法人日本原子力学会，2014.
- 6) 日本原子力学会標準委員会：浅地中ピット処分の安全評価手法：2012，一般社団法人日本原子力学会，2013.
- 7) 日本原燃株式会社：六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター廃棄物埋設事業変更許可申請書，1997.
- 8) IAEA：Derivation Of activity limits for the disposal of radioactive waste in near surface disposal facilities.2003, IAEA-TECDOC-1380.
- 9) IAEA：Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities，2004.
- 10) 内田滋夫、保田浩志、馬原保典、木村英雄他：分配係数の測定法及び利用法，JAERI-Review 95-009，1995，64p.
- 11) 鈴木俊一、青木広臣、川上博人他：多重人工バリアシステムを有する放射性廃棄物処分施設の安全性能評価手法に関する考察，日本原子力学会バックエンド部会，原子力バックエンド研究，Vol.15，No.2，2009，pp.87-98.
- 12) 地下水ハンドブック編集委員会：地下水ハンドブック（1979年版），(株)建設産業調査会，1979.
- 13) 原子力安全委員会：低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第2次中間報告），平成4年6月18日原子力安全委員会。
- 14) 土木学会水理委員会，水理公式集（平成11年度版），丸善出版株式会社，1999.
- 15) IAEA：Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control，1987，TECDOC-401.
- 16) 土質工学会：土質工学ハンドブック，丸善出版株式会社，1982.
- 17) National Council on Radiation Protection and Measurements：Radiological Assessment: Predicting the Transport Bioaccumulation and Uptake by Man of Radionuclides Released to the Environment，1984, NCRP ReportNo.76.

- 18) 農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会：日本の地下水，株式会社地球社，1986.
- 19) 建設省河川局：流量年表，1978.
- 20) IAEA: Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, 2001, Safety Reports Series No.19.
- 21) 厚生労働省：平成15年国民健康・栄養調査報告，2005.
- 22) B.A.Napier、W.E.Kennedy Jr. and J.K.Soldat：Assessment of Effectiveness of Geologic Isolation System, 1980, PNL-3209.
- 23) ICRP：Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values, 2003, ICRP Publication 89.
- 24) A.V.Pinner、C.R.Hemming、M.D.Hill：An Assessment of the Radiological Protection Aspects of Shallow Land Burial of Radioactive Wastes, 1984, NRPB-R161.
- 25) IAEA：Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments, 2009, TECDOC-1616.
- 26) IAEA：Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Temperate Environments, 1994, Technical Report Series No.364.
- 27) IAEA：Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, 2010, Technical Reports Series No.472.
- 28) 原子力環境整備促進・資金管理センター：ウラン・娘核種環境パラメータ，平成13年，平成12年度ウラン廃棄物処理処分システム開発調査〈処分編〉.
- 29) 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1 わが国の地質環境Ⅱ-170 図 2.6-1, JNC TN1400 99-021.
- 30) 原子力安全委員会：代表的な安全評価シナリオの解析例の再解析について，平成20年9月24日，放射性廃棄物・廃止措置専門部会 第二種廃棄物埋設分科会配付資料二分第11-2号.
- 31) IAEA：Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. 2004. SAFETY STANDARDS SERIES No. RS-G-1.7.
- 32) 原子力安全委員会：原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するものうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について，平成16年12月16日原子力安全委員会（平成17年3月17日一部修正及び修正）.
- 33) 原子力安全委員会：“ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて，平成21年10月5日原子力安全委員会.
- 34) 文部科学省 放射線安全規制検討会：放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて，平成22年11月（平成24年3月一部修正）.

- 35) © 2016 GoldSim Technology Group : <<http://www.goldsim.com/Home/>> (accessed on 2016-07-29) .
- 36) 原子力規制委員会：“廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討状況について（第20回資料-5）”、平成27年7月22日.
- 37) 原子力規制庁 廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合資料：“長半減期核種の濃度制限について（資料6-2）”、平成27年6月9日.
- 38) 日本原子力学会：日本原子力学会標準 余裕深度処分の安全評価手法：2008（AESJ-SC-F012-2008）、2009.
- 39) 武田聖司 他：TRU核種を含む放射性廃棄物及びウラン廃棄物の余裕深度処分に対する濃度上限値の評価（受託研究）、JAEA-Research 2008-045, 2008, 60p.
- 40) 原子力規制庁 廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合資料：“日本原子力研究開発機構から発生する低レベル放射性廃棄物等について（資料2-2）”、平成27年2月12日.
- 41) 酒谷圭一 他：GoldSimによる余裕深度処分を対象とした地下水シナリオ評価ツールの作成、JAEA-Data/Code 2013-015, 2013, 63p.
- 42) 中谷隆良 他：余裕深度処分における人為・稀頻度事象シナリオに係る検討・評価、JAEA-Research 2009-064, 2010, 104p.
- 43) 日本原子力学会：日本原子力学会標準 浅地中トレンチ処分の安全評価手法：2013（AESJ-SC-F024-2013）、2014.

付録1 被ばく線量試算モデル

(1) 河川水利用

河川水利用の被ばく経路の線量は、廃棄物層内の核種*i*の総量を算出した後、廃棄物層から滞水層への移行量（漏えい量）、生物圏に流入する核種*i*の移行量の順に算出した。

ソースタームは、廃棄物層内を移行する核種*i*の間隙水中の核種濃度が、廃棄物層の構成材料の収着に依存するとし、その収着の程度を表すパラメータ（分配係数）と浸透水量により廃棄物層からの核種のフラックスを推定する分配係数モデルとし、数式1により求める。ソースタームモデルについては、「発電所廃止措置に伴い発生する低レベル放射性廃棄物処分に係る安全確保」⁴⁾において、地下水を介する移行現象について整理しており、分配係数モデルについてもアプローチの一つとして検討している。分配係数モデルは、浅地中処分の場合、地質環境が酸化雰囲気であることから、核種の漏洩評価には、日本原子力学会標準^{5) 6)}、六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターの申請書⁷⁾、IAEA-TECDOC-1380⁸⁾、ISAM Project⁹⁾等多く用いられている^{10) 11)}。

なお、廃棄物層からの漏えい率は数式2により求める。また、放出係数と分配係数の関係は数式3により設定した。

$$\frac{d}{dt} A_d^i(t) = -(\eta^i + \lambda^i) \cdot A_d^i(t) + \lambda^{i-1} \cdot A_d^{i-1}(t) \quad \text{(数式 1)}$$

$A_d^i(t)$: 廃棄物層内の核種*i*の総量 (Bq)

λ^i : 核種*i*の崩壊定数 (1/y)

η^i : 核種*i*の廃棄物層からの漏えい率 (放出係数) (1/y)

$$\eta^i = \frac{P}{H_w} \cdot R_c^i \quad \text{(数式 2)}$$

$$R_c^i = \frac{1}{\varepsilon_w \cdot \left(1 + \frac{1 - \varepsilon_w}{\varepsilon_w} \cdot \rho_w \cdot Kd_w^i \right)} \quad \text{(数式 3)}$$

R_c^i : 核種*i*の放出係数 (-)

数式1から3のうち、設定したパラメータ値及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
P	廃棄物層の浸透水量 (m/y)	0.3	「地下水ハンドブック」 ¹²⁾ に示された我が国の平均年地下水流出量は約400mmとなる。通常の土壌成分と考えられるシルト層に関しては、この値をさらに小さくした値300 mm/y程度となる。（「低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基準値について（第2次中間報告）」 ¹³⁾ （以下、「第2次中間報告書」）を踏襲）
H_w	廃棄物層の厚さ (m)	5	廃棄物総量に応じて設定する処分方法に係るパラメータであり、「第2次中間報告書」の非固化コンクリート処分に対する設定を踏襲する。
ε_w	廃棄物層の間隙率 (-)	0.3	帯水層土壌と同じと仮定し、「水理公式集」 ¹⁴⁾ に示された土壌の有効空隙率の値のうち、最大値である砂層の値として0.3 に設定する。
ρ_w	廃棄物層の真密度 (kg/m ³)	2,800	IAEA-TECDOC-401 ¹⁵⁾ から設定した見かけの密度2g/mLを1-0.3（廃棄物層間隙率）で除して単位換算した。
Kd_w^i	廃棄物層の核種 <i>i</i> の分配係数 (m ³ /kg)	付録2. 元素依存パラメータ参照	

廃棄物層から帯水層の地下水へ流入する核種*i*の漏えい量は、以下の式で評価した。数式及び設定したパラメータを示す。

$$A_f^i(t) = \eta_i \cdot C_d^i(t) \cdot L_w \cdot W_w \cdot H_w \cdot \rho_w \cdot 10^6 \cdot (1 - \varepsilon_w) \quad \text{(数式 4)}$$

$A_f^i(t)$: 廃棄物層から帯水層の地下水へ流入する核種*i*の漏えい量(Bq/y)

η_i : 核種*i*の廃棄物層からの漏えい率 (1/y)

$C_d^i(t)$: 廃棄物層内の核種*i*の濃度 (Bq/g)

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
L_w	廃棄物層の長さ (m)	500	廃棄物総量に応じて設定する処分方法に係るパラメータであり、「第2次中間報告書」の非固化コンクリート処分に対する設定を踏襲する。
W_w	廃棄物層の幅 (m)	500	

帯水層の移行は、廃棄物層より漏えいた核種の帯水層中における移行を評価し、生物圏に流入する核種移行量を評価するモデルである。帯水層中の核種移行は、分配平衡を仮定した数式 5 の一次元移流・分散式により表される。なお、解析法は、ラプラス変換法による解析解を採用した。

$$\frac{\partial}{\partial t} Rt_i \cdot C_{gw}^i(x, t) = D_x \cdot \frac{\partial^2 C_{gw}^i(x, t)}{\partial x^2} - U_{gw} \cdot \frac{\partial C_{gw}^i(x, t)}{\partial x} - Rt_i \cdot \lambda_i \cdot C_{gw}^i(x, t) + Br_{i-1}^i \cdot \lambda_{i-1} \cdot Rt_{i-1} \cdot C_{gw}^{i-1}(x, t) + Q_i(t) \quad \text{(数式 5)}$$

ここで、

Rt_i : 核種*i*の帯水層遅延係数 (-)

$$Rt_i = 1 + \frac{1 - \varepsilon_s}{\varepsilon_s} \cdot \rho_s \cdot Kd_s^i$$

$C_{gw}^i(x, t)$: 地点*x*、時刻*t*における地下水中核種濃度 (Bq/m³)

D_x : 地下水流方向(*x*方向)の分散係数 (m²/y)

$$D_x = D_l \cdot |U_{gw}| + D_m$$

D_m : 分子分散係数 (=3.15×10⁻²m²/y)

λ_i : 核種*i*の崩壊定数 (1/y)

Br_{i-1}^i : 核種*i-1*から核種*i*への分岐比 (-)

$Q_i(t)$: 核種*i*の流入量 (Bq/m³/y)

$$Q_i(t) = \frac{A_f^i(t)}{h_s \cdot W_s} \cdot \delta(x - x_0)$$

$\delta(x - x_0)$: デイラックのデルタ関数 (1/m)

数式5において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
ε_s	帯水層空隙率 (-)	0.3	「水理公式集」に示された土壌の有効空隙率の値のうち、最大値である砂層の値として0.3に設定する。
ρ_s	帯水層真密度 (g/cm ³)	2,600	土質工学ハンドブック ¹⁶⁾ に記載されている砂のデータをもとに設定した。(豊浦標準砂: 2.64、浦安標準砂: 2.65、相模砂: 2.76、日川砂: 2.73、梅田沖積砂: 2.65、風化珪砂: 2.6)
Kd_s^i	帯水層分配係数 (mL/g)	付録2. 元素依存パラメータ参照	
D_i	地下水流方向(x方向)の分散長 (m)	1	NCRP Report No.76 ¹⁷⁾ では、土壌中の分散長(標準拡散係数)として幅広く分布(0.034~134.1m)するが、概ね平均的と考えられる値を1mとみて、この値を設定した。(「第2次中間報告書」を踏襲)
U_{gw}	地下水実流速 (m/y)	109.5	「地下水ハンドブック」の極微粒砂を想定し、透水係数は10 ⁻³ cm/s、動水勾配(1/10)とすると、ダルシー流速は10 ⁻⁴ cm/sとなる。帯水層間隙率は30%としたので、濃度上限値では地下水実流速としては10 ⁻⁴ cm/s/0.3=3×10 ⁻⁴ cm/s ≒ 0.3 m/dとしており、単位換算をして設定。(「第2次中間報告書」を踏襲)
h_s	帯水層厚さ (m)	3	IAEA-TECDOC-401では、通気層の下に厚さ3mの帯水層があり、その帯水層に沿って処分場から河川まで流れていくと想定した。なお、「日本の地下水」 ¹⁸⁾ に記載されている帯水層厚さの中には100mを超えるものもある。
W_s	廃棄物層の幅 (m)	500	処分施設幅と同じとした。

核種*i*を含む地下水が、廃棄物層下端から x_r (m)下流において河川に湧出することを想定し、河川水による希釈効果は数式6で表される。

$$A_r^i(t) = h_s \cdot W_s \cdot \varepsilon_s \cdot U_{gw} \cdot C_{gw}^i(x, t) \quad \text{(数式 6)}$$

$$C_r^i(t) = A_r^i(x_r, t) / V_r$$

ここで、

$A_r^i(t)$: 地下水から河川への核種*i*の移行量 (Bq/y)

$C_{gw}^i(x, t)$: 地下水中核種*i*の濃度 (Bq/m³)

$C_r^i(t)$: 河川水中核種*i*の濃度 (Bq/m³)

数式6において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
V_r	河川水流量 (m ³ /y)	10 ⁸	「流量年表」 ¹⁹⁾ では、平均流量が1.0E+08 m ³ /y以上の河川水係数（流量観測点数）が全体の97%を占めており、河川水系の大部分を包含する値の最小の値である1.0E+08 m ³ /y に設定した。

河川水の飲料水摂取による内部被ばく線量は、数式7で与えられる。

$$D_{ING}^i(t) = C_r^i(t) \cdot Q_W \cdot DCF_{ING}^i \quad \text{(数式 7)}$$

$D_{ING}^i(t)$: 核種*i*の経口摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)

数式7において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
Q_W	年間飲料水摂取量 (m ³ /y)	0.6	IAEA SRS No.19 ²⁰⁾ よりFar Eastにおける値を設定した。
$DCF_{ING}^i(t)$	核種 <i>i</i> の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)	付録2. 核種依存パラメータ参照	

河川産物中の核種*i*の濃度は、河川水中の核種濃度に依存し、平衡関係が成立しているものとする濃縮係数法によって求める。

$$C_m^i(t) = C_r^i(t) \cdot 10^{-3} \cdot T_m^i \quad \text{(数式 8)}$$

$C_m^i(t)$: 河川産物*m*中の核種*i*の濃度 (Bq/kg)

数式8において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
T_m^i	核種 <i>i</i> の淡水産物 <i>m</i> への濃縮係数 (L/kg)	付録2. 元素依存パラメータ参照	

河川産物摂取による内部被ばく線量は、数式9で計算する。

$$D_{ING}^i(t) = \sum_m C_m^i(t) \cdot Q_m \cdot DCF_{ING}^i \quad \text{(数式 9)}$$

$D_{ING}^i(t)$: 核種*i*の経口摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)

$C_m^i(t)$: 河川産物m中の核種iの濃度 (Bq/kg)

数式9において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
Q_m	河川産物mの摂取量 (kg/y)	1.6	河川産物は「濃度上限値報告書」と同じく魚類とした。平成15年国民健康・栄養調査報告 ²¹⁾ に示された魚介類消費量(1日あたり86.7g)から、保守的に半分が河川産物として摂取するとして、汚染された河川産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(86.7g×0.5×365日×0.1=1.582kg/y)
DCF_{ING}^i	核種iの経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)	付録2. 核種依存パラメータ参照	

核種iを含む河川水を飼育水として利用して生産される畜産物中の核種i濃度は数式10で計算する。畜産物の種類としては、卵、牛乳、牛肉、豚肉、鶏肉を想定する。なお、汚染した井戸水または河川水の灌漑により育てられた牧草等の飼料中の核種iの濃度は次式によって求める。

$$C_{FWn}^i(t) = C_r^i(t) \cdot T_n^i \cdot 10^{-3} \cdot Q_{Wn} \quad \text{(数式 10)}$$

$C_{FWn}^i(t)$: 飼育水を経由した畜産物n中の核種iの濃度 (Bq/kgまたはBq/L)

数式10において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
T_n^i	核種iの飼育水から畜産物nへの移行係数 (d/kgまたはd/L)	付録2. 元素依存パラメータ参照	
Q_{Wn}	肉牛の飼育水摂取量 (L/d)	40	IAEA-SRS-No.19の値を設定
	乳牛の飼育水摂取量 (L/d)	60	IAEA-SRS-No.19の値を設定
	豚の飼育水摂取量 (L/d)	10	PNL-3209 ²²⁾ の値を設定
	鶏の飼育水摂取量 (L/d)	0.3	PNL-3209の値を設定

核種を含む畜産物を摂取することによる人の内部被ばく線量は、数式11で計算する。

$$D_{ING}^i(t) = \sum_n (C_{FWn}^i(t)) \cdot Q_n \cdot DCF_{ING}^i \quad \text{(数式 11)}$$

$D_{ING}^i(t)$: 核種*i*の経口摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)

$C_{FWn}^i(t)$: 飼育水を経由した畜産物*n*中の核種*i*の濃度 (Bq/kgまたはBq/L)

数式11において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
Q_n	牛肉の摂取量 (kg/y)	1	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1 人1 日当たりの牛肉摂取量 15.8 g) に対して、汚染された畜産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(15.8 g×365 日×0.1=0.6 kg/yを四捨五入してまるめた)
	牛乳の摂取量 (L/y)	4	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1 人1 日当たりの牛乳摂取量 96.1 g : 牛乳の密度を1 g/mL) に対して、汚染された畜産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(96.1 g× 365 日×0.1=3.5 L/yを四捨五入してまるめた)
	豚肉の摂取量 (kg/y)	1	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1 人1 日当たりの豚肉摂取量 26.9 g) に対して、汚染された畜産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(26.9 g×365 日×0.1=1.0 kg/yを四捨五入してまるめた)
	鶏肉の摂取量 (kg/y)	1	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1 人1 日当たりの鶏肉摂取量 20.4 g) に対して、汚染された畜産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(20.4 g×365 日×0.1=0.7 kg/yを四捨五入してまるめた)
	鶏卵の摂取量 (kg/y)	1	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1 人1 日当たりの鶏卵摂取量 36.4 g) に対して、汚染された畜産物以外の摂取と食習慣の変動を考慮して0.1を乗じて設定した。(36.4 g×365 日×0.1=1.3 kg/yを四捨五入してまるめた)
DCF_{ING}^i	核種 <i>i</i> の経口内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)	付録2. 核種依存パラメータ参照	

(2) 跡地利用

跡地利用の被ばく経路の線量は、廃棄物層内の核種*i*の総量を算出した後、生物圏に流入する核種*i*の移行量の順に算出した。跡地利用における廃棄物層内の核種*i*の濃度 $C_d^i(t)$ は、数式12と数式13で表される。

$$C_d^i(t) = \frac{10^{-3} \cdot A_d^i(t)}{W \cdot \rho_w \cdot (1 - \varepsilon_w)} \cdot D_w \quad \text{(数式 12)}$$

$$D_w = \frac{W}{L_w \cdot W_w \cdot H_w} \quad \text{(数式 13)}$$

$A_d^i(t)$: 廃棄物層内の核種*i*の総量 (Bq)

$C_d^i(t)$: 廃棄物層内の核種*i*の濃度 (Bq/g)

D_w : 放射性廃棄物の処分総量の処分施設容量に対する割合 (-)

数式12及び13において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
W	処分される放射性廃棄物の総量 (m ³)	2×10 ⁵	対象となる廃棄物総量は様々な値を取り得るので、「第2次中間報告書」の非固型化コンクリート処分に対する設定を踏襲する。

土地利用において線源となる汚染土壌は、混合層（廃棄物層と覆土との混合）となる。

混合層の核種濃度 $C_m^i(t)$ は、数式14によって求める。

$$C_m^i(t) = C_d^i(t) \cdot MIX \quad \text{(数式 14)}$$

$C_m^i(t)$: 混合土壌中の核種*i*の濃度 (Bq/g)

$C_d^i(t)$: 廃棄物層内の核種*i*の濃度 (Bq/g)

数式14において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
MIX	建設掘削による混合割合 (-)	0.32	IAEA-TECDOC-401と同様に傾斜角45度のオープンカットを想定し、底面積20 m×10 m、深さ3 mの掘削を行った場合の覆土1.8 mとの混合とした。

跡地利用シナリオにおける汚染土壌（核種濃度 $C_m^i(t)$ (Bq/g)）からの直接線による外部被ばく線量、及び塵埃吸入による内部被ばく線量は数式15と数式16で与えられる。

$$D_{ext}^i(t) = C_m^i(t) \cdot FS_w^i \cdot t_w \cdot DCF_{w,ext}^i \quad \text{(数式 15)}$$

$$D_{inh}^i(t) = C_m^i(t) \cdot Cd_w \cdot Br_w \cdot t_w \cdot DCF_{inh}^i \quad \text{(数式 16)}$$

$D_{ext}^i(t)$: 核種*i*による外部被ばく線量 (Sv/y)

$D_{inh}^i(t)$: 核種*i*の吸入経路の内部被ばく線量 (Sv/y)

数式15及び16において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
Fs_w^i	作業時における核種 <i>i</i> の外部被ばくに関する遮へい係数 (-)	0.2	IAEA-TECDOC-401を参考に居住者は居住時間の20%を屋外で過ごすとは定し、その間は遮蔽を考慮しないが、屋内に居る時間は、建物により安全に遮蔽されるとした。
Cd_w	作業時の空气中ダスト濃度 (kg/m ³)	5×10^{-4}	IAEA-TECDOC-401において提案されている、米国環境保護庁や英国のHamilton等が提案した範囲 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$ (g/m ³)の平均的な値を設定した。
Br_w	作業者の呼吸量 (m ³ /h)	1.2	ICRP Publ.89 ²³⁾ に示されている成人男性の就業中の平均呼吸率 (9.6 m ³ /8 h = 1.2 m ³ /h) を設定した。
t_w	年間建設作業時間 (h/y)	500	IAEA-TECDOC-401で提案されている値を設定した。
$DCF_{w,ext}^i$	作業時における核種 <i>i</i> の外部被ばく線量換算係数 ((Sv/h)/(Bq/kg))	付録2. 核種依存パラメータ参照	
DCF_{inh}^i	核種 <i>i</i> の吸入経路による内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)	付録2. 核種依存パラメータ参照	
Fs_w^i	居住時における核種 <i>i</i> の外部被ばくに関する遮へい係数 (-)	0.2	IAEA-TECDOC-401を参考に居住者は居住時間の20%を屋外で過ごすとは定し、その間は遮蔽を考慮しないが、屋内に居る時間は、建物により安全に遮蔽されるとした。
t_w	年間被ばく時間 (h/y)	8760	保守的に、1年間絶えず処分場の跡地で居住しているとした。
$DCF_{w,ext}^i$	居住時における核種 <i>i</i> の外部被ばく線量換算係数 ((Sv/h)/(Bq/kg))	付録2. 核種依存パラメータ参照	

なお、居住者の外部被ばく線量は、上記の作業者を居住者と置き換えて求める。

土地利用における農作物kの摂取による内部被ばく線量は、数式17で与えられる。

$$D_{ing}^i(t) = C_m^i(t) \cdot Tv_k^i \cdot Fr \cdot Qv_k \cdot DCF_{ing}^i \quad \text{(数式 17)}$$

ここで、

$D_{ing}^i(t)$: 農作物の摂取に伴う核種*i*による内部被ばく線量 (Sv/y)

数式17において、設定したパラメータ及び設定根拠は以下の通りである。

記号	パラメータ	設定値	設定根拠
Tv_k^i	土壌から農作物kの核種 <i>i</i> の移行係数 ((Bq/kg-wet)/(Bq/kg-dry))	付録2. 元素依存パラメータ参照	
Fr	根からの核種の吸収割合 (-)	1	保守的に経根吸収係数を1に設定した。
Qv_k	米の年間摂取量 (kg-wet/y)	13	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1人1日当たりの米類の摂取量350.4g) に対して、汚染された農作物以外の摂取を考慮して0.1を乗じて設定した。(350.4 g×365 日×0.1=12.8 kg/yを四捨五入してまるめた)
	葉菜の年間摂取量 (kg-wet/y)	3	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1人1日当たりの葉菜類67.3 g:ほうれん草20.5 g、キャベツ21.3 g、白菜19.1 g、葉類つもの6.4 g) に対して、汚染された農作物以外の摂取を考慮して0.1を乗じて設定した。(67.3 g×365 日×0.1=2.5 kg/yを四捨五入してまるめた)
	非葉菜の年間摂取量 (kg-wet/y)	9	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1人1日当たりの非葉菜の摂取量247.6 g:いも類59.7g、緑黄色野菜94.2g 及びその他の野菜161.0g の合計314.9 g から葉菜の摂取量67.3 gを除いた) に対して、汚染された農作物以外の摂取を考慮して0.1を乗じて設定した。(247.6 g×365 日×0.1=9.0 kg/yを四捨五入してまるめた)
	果実の年間摂取量 (kg-wet/y)	4	平成15年国民健康・栄養調査報告に示された摂取量 (1人1日当たりの果実の摂取量115.1 g) に対して、汚染された農作物以外の摂取を考慮して0.1を乗じて設定した。(115.1 g×365 日×0.1=4.2 kg/yを四捨五入してまるめた)
DCF_{ing}^i	核種 <i>i</i> の経口摂取による内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)	付録2. 核種依存パラメータ参照	

付録2 パラメータ一覧

元素依存パラメータ (1/2)

経路	パラメータ 元素	単位	基本設定	基本設定根拠	備考	
全経路	C	mL/g	5	IAEA-TECDOC-401の放出係数に相当する分配係数とした。 NRPB-R161の放出係数に相当する分配係数とした。	濃度上限値評価	
	Co		17			
	Sr		17			
	Cs		50			
	Pb		1670			
	Po		1670			
	Ra		1670			
	Ac		1670			
	Th		1670			
	Pa		1670			
	U		1670			
河川水利用シナリオ全経路	C	mL/g	10	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
	Co		100	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
	Sr		50	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
	Cs		1000	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
	Pb		100	同族元素のSn(IAEA TRS No.364(砂)をまるめた)と同じとした。	濃度上限値評価	
	Po		10	同族元素のS(加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4)と同じとした。	濃度上限値評価	
	Ra		50	同族元素のSr(加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4)と同じとした。	濃度上限値評価	
	Ac		1000	同じアクチノイドのAm(加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4)と同じとした。	濃度上限値評価	
	Th		1000	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
	Pa		100	同じアクチノイドのNp(加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4)と同じとした。	濃度上限値評価	
	U		100	加藤他、原子力学会誌Vol.28 No.4	濃度上限値評価	
跡地利用居住シナリオ農作物摂取	移行係数(米)	Bq/kg per Bq/kg	C	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Co	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Sr	8.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Cs	2.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pb	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Po	2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ra	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ac	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Th	5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pa	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			U	1.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	移行係数(葉菜)	Bq/kg per Bq/kg	C	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Co	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Sr	3.0E+00	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Cs	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pb	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Po	2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ra	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ac	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Th	5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pa	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			U	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	移行係数(非葉菜)	Bq/kg per Bq/kg	C	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Co	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Sr	3.0E+00	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Cs	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pb	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Po	2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ra	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ac	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Th	5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pa	4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			U	1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	移行係数(果実)	Bq/kg per Bq/kg	C	1.0E-01	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Co	3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Sr	3.0E+00	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
Cs			3.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Pb			1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Po			2.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Ra			4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Ac			1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Th			5.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
Pa			4.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	
U			1.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価	

元素依存パラメータ (2/2)

経路	パラメータ 元素	単位	基本設定	基本設定根拠	備考	
河川水利用シナリオ 畜産物摂取	移行係数 (牛肉)	day/kg	C	1.2E-01	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Co	1.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Sr	8.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Cs	5.0E-02	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pb	4.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Po	5.0E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ra	9.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Ac	1.6E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Th	2.7E-03	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			Pa	5.0E-05	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			U	3.0E-04	IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
			移行係数 (牛乳)	day/L	C	1.0E-02
	Co	3.0E-04			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Sr	3.4E-04			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Cs	1.3E-03			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Pb	3.0E-04			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Po	3.4E-04			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Ra	1.3E-03			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Ac	4.0E-07			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Th	5.0E-06			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Pa	5.0E-06			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	U	4.0E-04			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	移行係数 (豚肉)	day/kg			C	1.2E-01
			Co	1.7E-01	NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
			Sr	3.9E-02	NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
			Cs	2.5E-01	PNL-3209	濃度上限値評価
			Pb	3.1E-02	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
			Po	3.1E-02	Pbと同一に設定	濃度上限値評価
			Ra	3.5E-02	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
			Ac	1.7E-04	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
			Th	4.6E-03	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
			Pa	1.1E-04	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
			U	4.0E-02	NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
			移行係数 (鶏肉)	day/kg	C	1.2E-01
	Co	1.0E-03			PNL-3209	濃度上限値評価
	Sr	3.5E-02			NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
	Cs	4.4E+00			NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
	Pb	1.2E+00			DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
	Po	1.2E+00			Pbと同一に設定	濃度上限値評価
	Ra	4.8E-01			DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
	Ac	6.6E-03			DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
	Th	1.8E-01			DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
	Pa	4.1E-03			DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価
	U	1.2E+00			NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
	移行係数 (鶏卵)	day/kg			C	1.2E-01
			Co	1.0E-01	PNL-3209	濃度上限値評価
			Sr	2.2E-01	IAEA-SM-237/54	濃度上限値評価
			Cs	4.9E-01	NUREG/CR-2976	濃度上限値評価
Pb			1.2E+00	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価	
Po			1.2E+00	Pbと同一に設定	濃度上限値評価	
Ra			2.5E-01	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価	
Ac			1.6E-02	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価	
Th			1.8E-01	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価	
Pa			4.1E-03	DOE/RW/88.083*1	濃度上限値評価	
U			9.9E-01	NUREG/CR-2976	濃度上限値評価	
河川水利用シナリオ 河川産物摂取			濃縮係数 (魚類)	L/kg	C	5.0E+04
	Co	3.0E+02			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Sr	6.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Cs	2.0E+03			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Pb	3.0E+02			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Po	5.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Ra	5.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Ac	3.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Th	1.0E+02			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	Pa	1.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価
	U	1.0E+01			IAEA-TECDOC-1380	濃度上限値評価

*1 Pb, Po, Ra, Ac, Th, Paについては、PNL-3209に値が示されているが、DOE/RW/88.083の推奨する値を設定した。

核種依存パラメータ (1/2)

経路	パラメータ 元素	単位	基本設定	基本設定根拠	備考
跡地利用 建設シナリオ 塵埃吸入	C-14	Sv/Bq	5.8E-10	ICRP Publ.68	濃度上限値評価
	Co-60		1.7E-08	ICRP Publ.68	濃度上限値評価
	Sr-90		7.9E-08	ICRP Publ.68 (Y-90を加算)	濃度上限値評価
	Cs-137		6.7E-09	ICRP Publ.68 (Ba-137mを加算)	濃度上限値評価
	U-238		5.7E-06	ICRP Publ.68 (Th-234, Pa-234m, Pa-234を加算)	濃度上限値評価
	Th-234		*1		濃度上限値評価
	U-234		6.8E-06	ICRP Publ.68	濃度上限値評価
	Th-230		2.8E-05	ICRP Publ.68	濃度上限値評価
	Ra-226		2.2E-06	ICRP Publ.68 (Rn-222, Po-218, Rn-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Tl-210を加算)	濃度上限値評価
	Pb-210		1.2E-06	ICRP Publ.68 (Bi-210を加算)	濃度上限値評価
	Po-210		2.2E-06	ICRP Publ.68 (Hg-206, Tl-206を加算)	濃度上限値評価
	U-235		6.1E-06	ICRP Publ.68 (Th-231を加算)	濃度上限値評価
	Pa-231		8.9E-05	ICRP Publ.68	濃度上限値評価
	Ac-227		6.4E-04	ICRP Publ.68 (Fr-223, At-219, Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207を加算)	濃度上限値評価
	Th-227		*1		濃度上限値評価
	Ra-223		*1		濃度上限値評価
河川水利用シナリオ 飲料水摂取 河川産物 摂取 畜産物摂取 跡地利用 居住シナリオ 農作物摂取	C-14	Sv/Bq	5.8E-10	ICRP Publ.72	濃度上限値評価
	Co-60		3.4E-09	ICRP Publ.72	濃度上限値評価
	Sr-90		3.1E-08	ICRP Publ.72 (Y-90を加算)	濃度上限値評価
	Cs-137		1.3E-08	ICRP Publ.72 (Ba-137mを加算)	濃度上限値評価
	U-238		4.8E-08	ICRP Publ.72 (Th-234, Pa-234m, Pa-234を加算)	濃度上限値評価
	Th-234		*1		濃度上限値評価
	U-234		4.9E-08	ICRP Publ.72	濃度上限値評価
	Th-230		2.1E-07	ICRP Publ.72	濃度上限値評価
	Ra-226		2.8E-07	ICRP Publ.72 (Rn-222, Po-218, Rn-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Tl-210を加算)	濃度上限値評価
	Pb-210		6.9E-07	ICRP Publ.72 (Bi-210を加算)	濃度上限値評価
	Po-210		1.2E-06	ICRP Publ.72 (Hg-206, Tl-206を加算)	濃度上限値評価
	U-235		4.7E-08	ICRP Publ.72 (Th-231を加算)	濃度上限値評価
	Pa-231		7.1E-07	ICRP Publ.72	濃度上限値評価
	Ac-227		1.2E-06	ICRP Publ.72 (Fr-223, At-219, Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207を加算)	濃度上限値評価
	Th-227		*1		濃度上限値評価
	Ra-223		*1		濃度上限値評価
跡地利用 建設シナリオ 直接線外部	C-14	Sv/h per Bq/kg	0.0E+00	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
	Co-60		7.3E-10	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
	Sr-90		2.2E-18	JAEA-Data/Code 2008-003 (Y-90を加算)	濃度上限値評価
	Cs-137		1.7E-10	JAEA-Data/Code 2008-003 (Ba-137mを加算)	濃度上限値評価
	U-238		7.5E-12	JAEA-Data/Code 2008-003 (Th-234, Pa-234m, Pa-234を加算)	濃度上限値評価
	Th-234		*1		濃度上限値評価
	U-234		2.7E-14	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
	Th-230		9.0E-14	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
	Ra-226		5.0E-10	JAEA-Data/Code 2008-003 (Rn-222, Po-218, Rn-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Tl-210を加算)	濃度上限値評価
	Pb-210		1.8E-13	JAEA-Data/Code 2008-003 (Bi-210を加算)	濃度上限値評価
	Po-210		2.5E-15	JAEA-Data/Code 2008-003 (Hg-206, Tl-206を加算)	濃度上限値評価
	U-235		5.1E-11	JAEA-Data/Code 2008-003 (Th-231を加算)	濃度上限値評価
	Pa-231		1.1E-11	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
	Ac-227		1.2E-10	JAEA-Data/Code 2008-003 (Fr-223, At-219, Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207を加算)	濃度上限値評価
	Th-227		*1		濃度上限値評価
	Ra-223		*1		濃度上限値評価

核種依存パラメータ (2/2)

経路	パラメータ 元素	単位	基本設定	基本設定根拠	備考	
跡地利用 居住シナリオ 直接線外部	外部被ばく (居住者)	Sv/h per Bq/kg	C-14	0.0E+00	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
			Co-60	3.4E-11	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
			Sr-90	0.0E+00	JAEA-Data/Code 2008-003(Y-90を加算)	濃度上限値評価
			Cs-137	4.1E-12	JAEA-Data/Code 2008-003(Ba-137mを加算)	濃度上限値評価
			U-238	1.9E-13	JAEA-Data/Code 2008-003(Th-234, Pa-234m, Pa-234を加算)	濃度上限値評価
			Th-234		*1	濃度上限値評価
			U-234	3.2E-17	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
			Th-230	1.7E-16	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
			Ra-226	2.2E-11	JAEA-Data/Code 2008-003(Rn-222, Po-218, Rn-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Tl-210を加算)	濃度上限値評価
			Pb-210	3.6E-20	JAEA-Data/Code 2008-003(Bi-210を加算)	濃度上限値評価
			Po-210	7.4E-17	JAEA-Data/Code 2008-003(Hg-206, Tl-206を加算)	濃度上限値評価
			U-235	2.3E-13	JAEA-Data/Code 2008-003(Th-231を加算)	濃度上限値評価
			Pa-231	1.1E-13	JAEA-Data/Code 2008-003	濃度上限値評価
			Ac-227	1.2E-12	JAEA-Data/Code 2008-003(Fr-223, At-219, Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207を加算)	濃度上限値評価
			Th-227		*1	濃度上限値評価
			Ra-223		*1	濃度上限値評価

*1 核種移行の計算をせずに上位の核種と放射平衡と仮定して上位核種の線量換算係数に加算して評価した。

付録 3 最終処分場の跡地利用に関する検討

ウラン取扱施設のクリアランス対象物として安定 5 品目に拡張する場合、最初から埋設処分することが想定される。埋設処分の線量計算では、ウラン核種からの子孫核種の生成に伴う長期的な影響が考えられ、限定クリアランスを想定した検討も必要である。このため、産業廃棄物の最終処分場跡地の利用に関する規制制度等を整理した。なお、調査対象は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下、「廃掃法」という）、最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン、地方自治体における指針等である。

産業廃棄物の最終処分場は、廃掃法により規定されており、環境省令で定める技術上の基準に適合していれば都道府県知事の確認を受けて廃止することができる。廃止した後の跡地は、都道府県知事により指定区域に指定され、指定区域台帳により記録が保存される。指定区域は、再利用することが可能であるが、その土地の形質を変更する場合には都道府県知事に届出（軽易な行為等例外は法令により定められている）をし、認可を受ける必要がある（廃掃法第 15 条 17、18、19 及び廃掃法施行令第 5 章）。

廃掃法を基に、各地方自治体において横浜市（横浜市廃棄物埋立跡地利用に係る指導要綱集）や青森県（青森県産業廃棄物最終処分場の維持管理に係る指針）等の指針等を制定しているところもあるが、青森県のように原則として廃棄物を掘り返さないようにしているところは少ない。

指定区域の利用（利用のための工事等を含む）に関しては、土地の形質の変更の施行方法に関する基準、最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン（平成 17 年 6 月 6 日、環境省通達：環廃対 050606001 号、環廃産 050606001 号）に適合した形質変更を行う必要はあるものの、制限はない。このため、最終処分場跡地は、福岡市の例では、学校のグラウンド、公園や農地に、秋田市の例では、メガソーラー施設等様々に利用されている。

ただし、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、ガイドラインでは、覆いの機能維持を求めており、跡地の利用時には厚さ 50cm 以上の覆土が必要となる。ガイドラインに示されている覆いの機能を考慮すると、覆土には廃棄物の混合はないものと考えられる。

以上のことから、跡地利用を制限することは難しいと考えられる。ただし、被ばく経路や計算モデルは、排除も含めて検討可能と考えられる。ガイドラインでは、覆土の機能の一つとして廃棄物からの離隔距離の確保が挙げられていること、富士市土地利用事業の適正化に関する指導要綱関係資料集（廃棄物処理施設編管理型最終処分場）では、利用目的に応じて覆土の厚さを設定（埋立処分終了時、土砂で 1 メートル以上覆土。山林として跡地利用時は覆土厚 1.5 メートル以上など）していることから、被ばく経路毎に可否の判断が可能と考えられる。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律【一部抜出】

第三章の三 廃棄物が地下にある土地の形質の変更

(指定区域の指定等)

第十五条の十七都道府県知事は、廃棄物が地下にある土地であつて土地の掘削その他の土地の形質の変更が行われることにより当該廃棄物に起因する生活環境の保全上の支障が生ずるおそれがあるものとして政令で定めるものの区域を指定区域として指定するものとする。

2 都道府県知事は、前項の指定をするときは、環境省令で定めるところにより、その旨を公示しなければならない。

3 第一項の指定は、前項の公示によつてその効力を生ずる。

4 都道府県知事は、地下にある廃棄物の除去等により、指定区域の全部又は一部について第一項の指定の事由がなくなつたと認めるときは、当該指定区域の全部又は一部について同項の指定を解除するものとする。

5 第二項及び第三項の規定は、前項の解除について準用する。

(指定区域台帳)

第十五条の十八都道府県知事は、指定区域の台帳（以下この条において「指定区域台帳」という。）を調製し、これを保管しなければならない。

2 指定区域台帳の記載事項その他その調製及び保管に関し必要な事項は、環境省令で定める。

3 都道府県知事は、指定区域台帳の閲覧を求められたときは、正当な理由がなければ、これを拒むことができない。

(土地の形質の変更の届出及び計画変更命令)

第十五条の十九指定区域内において土地の形質の変更をしようとする者は、当該土地の形質の変更に着手する日の三十日前までに、環境省令で定めるところにより、当該土地の形質の変更の種類、場所、施行方法及び着手予定日その他環境省令で定める事項を都道府県知事に届け出なければならない。ただし、次の各号に掲げる行為については、この限りでない。
一第十九条の十第一項の規定による命令に基づく第十九条の四第一項に規定する支障の除去等の措置として行う行為
二通常管理行為、軽易な行為その他の行為であつて、環境省令で定めるもの

三指定区域が指定された際既に着手していた行為

四非常災害のために必要な応急措置として行う行為

2 指定区域が指定された際当該指定区域内において既に土地の形質の変更に着手している者は、その指定の日から起算して十四日以内に、環境省令で定めるところにより、都道府県知事にその旨を届け出なければならない。

3 指定区域内において非常災害のために必要な応急措置として土地の形質の変更をした者は、当該土地の形質の変更をした日から起算して十四日以内に、環境省令で定めるところにより、都道府県知事にその旨を届け出なければならない。

4 都道府県知事は、第一項の届出があつた場合において、その届出に係る土地の形質の変更の施行方法が環境省令で定める基準に適合しないと認めるときは、その届出を受理した日から三十日以内に限り、その届出をした者に対し、その届出に係る土地の形質の変更の施行方法に関する計画の変更を命ずることができる。

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令【一部抜出】

第五章 廃棄物が地下にある土地の形質の変更

(指定区域として指定する廃棄物が地下にある土地)

第十三条の二法第十五条の十七第一項の政令で定める土地は、次のとおりとする。

一法第九条第五項（法第九条の三第十一項において読み替えて準用する場合を含む。）の確認を受けて廃止された一般廃棄物の最終処分場又は法第十五条の二の六第三項において読み替えて準用する法第九条第五項の確認を受けて廃止された産業廃棄物の最終処分場に係る埋立地

二廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部を改正する法律（平成九年法律第八十五号）第二条の規定による改正前の廃棄物の処理及び清掃に関する法律第九条第三項（同法第九条の三第六項において読み替えて準用する場合を含む。）の規定による廃止の届出があつた一般廃棄物の最終処分場又は同法第十五条の二第三項において読み替えて準用する同法第九条第三項の規定による廃止の届出があつた産業廃棄物の最終処分場に係る埋立地

三一般廃棄物又は産業廃棄物の埋立地であつて、次のいずれかに該当するもの（前二号に掲げるものを除く。）

イ継続的に又は反復して埋立処分が行われた埋立地であつて環境省令で定めるもの

ロ環境省令で定める生活環境の保全上の支障の除去又は発生の防止のために必要な措置が講じられたもの

廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則【一部抜出】

(土地の形質の変更の施行方法に関する基準)

第十二条の四十五法第十五条の十九第四項 の環境省令で定める基準は、土地の形質の変更に当たり、生活環境の保全上の支障が生じないように次の各号に掲げる要件を満たすものであることとする。

一 廃棄物を飛散、又は流出させないものであること。

二 埋立地から可燃性ガス又は悪臭ガスが発生する場合には、換気又は脱臭その他必要な措置を講ずるものであること。

三 土地の形質の変更により埋立地の内部に汚水が発生し、流出するおそれがある場合には、水処理の実施その他必要な措置を講ずるものであること。

四 令第三条第三号 ホの規定による土砂の覆いの機能を損なうおそれがある場合には、当該機能を維持するために土砂の覆いに代替する措置を講ずるものであること。

五 土地の形質の変更により埋立地に設置された設備の機能を損なうおそれがある場合には、当該機能を維持するために埋立地に設置された設備に代替する措置を講ずるものであること。

六 土地の形質の変更に係る工事が完了するまでの間、当該工事に伴って生活環境の保全上の支障が生ずるおそれがないことを確認するために必要な範囲内で放流水の水質検査を行うものであること。

七 前号の規定による水質検査の結果、生活環境の保全上の支障が生じ、又は生ずるおそれがある場合には、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずるものであること。

八 石綿含有一般廃棄物、廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物が地下にあることが法第十五条の十八第一項の指定区域台帳から明らかな場合には、土地の形質の変更により当該廃棄物の飛散による生活環境の保全上の支障が生ずるおそれがないよう必要な措置を講ずるものであること。

青森県産業廃棄物最終処分場の維持管理に係る指針【一部抜出】

(27) 跡地の利用

ア 最終処分場の跡地については、原則として埋め立てた廃棄物を掘り返さないこと。

イ 最終処分場の跡地については、周辺環境等との調和を考慮するとともに、管轄環境管理事務所、関係市町村等と協議のうえ、適切な利用に努めること。(遮断型最終処分場を除く。)

最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン【一部抜出】

4. 4. 5 覆いの機能維持

土砂等の覆い又は廃棄物を掘削する場合は、掘削後に土砂等による覆いを 50cm 以上の厚さで実施しなければならない。ただし、覆いの機能と同等以上と認められる代替措置を講ずる場合にあっては、その限りではない。

【解説】

1. 覆いの機能

埋立が完了した後に廃棄物を被覆する土砂等の覆い（以下、「覆土」という。）は、下記の機能を有するものである。したがって、覆土の機能の消滅や減少を招くと、その機能が阻害される可能性がある。このような観点から廃棄物埋立地の土地の形質の変更にあたっては、覆土の機能を維持することが必要としたものである。

- ① 埋立廃棄物の露出・飛散防止：廃棄物を覆うことにより、露出や風による飛散を防止する機能
- ② 雨水の浸透抑制：雨水の表面排水を促進し浸透量を抑制することにより、浸出液の発生量を抑制する機能
- ③ 可燃性ガス等の放散抑制：可燃性ガス等の放散を一定限度抑制するとともに、完全に遮蔽しないことにより埋立廃棄物の分解を阻害しないような通気性を制御する機能
- ④ 臭気の抑制：廃棄物やガスに伴う臭気の放散を抑制するとともに、土壤による脱臭効果を期待する機能
- ⑤ 地表面利用時における廃棄物からの離隔距離の確保：車両による轍^{わだち}等による不陸や亀裂等によっても廃棄物が露出しないための機能

2. 代替措置の種類

覆土の代替措置としては、前述した覆土の機能を有するものでなければならない。したがって、下記のような代替措置が挙げられる。

- ① 新たな土砂等の覆土
- ② コンクリート等の床板（ただし、床板下部にはガスが滞留しやすいのでガス排除層を設ける必要がある。図 4-7 参照）
- ③ アスファルト舗装（ただし、舗装下部にはガスが滞留しやすいのでガス排除層を設ける必要がある。図 4-7 参照）
- ④ 透水性を抑制した遮水シート等（ただし、遮水シート等の下部にはガスが滞留しやすいのでガス排除層を設ける必要がある。また、上面は遮水シート等の保護と雨水の滞水防止のため、土砂等による 50cm 以上の厚さを有する保護層と排水層を設ける必要がある。
- ⑤ その他

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【一部抜出】

二安定型最終処分場の維持管理は、前条第二項第七号、第十九号及び第二十号の規定の例によるほか、次によること。この場合において、同項第二十号中「一般廃棄物」とあるのは「産業廃棄物」と、「石綿含有一般廃棄物」とあるのは「石綿含有産業廃棄物」と読み替えるものとする。

イ前項第三号イの規定により設けられた囲いは、みだりに人が埋立地に立ち入るのを防止することができるようにしておくこと。ただし、トの規定により閉鎖された埋立地については、同号イ括弧書の規定により設けられた囲い、杭その他の設備により、埋立地の範囲を明らかにしておくこと。

ロ産業廃棄物を埋め立てる前に、最終処分場に搬入した産業廃棄物を展開して当該産業廃棄物への安定型産業廃棄物以外の廃棄物の付着又は混入の有無について目視による検査を行い、その結果、安定型産業廃棄物以外の廃棄物の付着又は混入が認められる場合には、当該産業廃棄物を埋め立てないこと。

ハ浸透水による最終処分場の周縁の地下水の水質への影響の有無を判断することができる二以上の場所から採取された地下水の水質検査を次により行うこと。

(1) 埋立処分開始前に地下水等検査項目について測定し、かつ、記録すること。

(2) 埋立処分開始後、地下水等検査項目について一年に一回以上測定し、かつ、記録すること。

ただし、浸透水の水質等に照らして当該最終処分場の周縁の地下水の汚染が生ずるおそれがないことが明らかな項目については、この限りでない。

ニハの規定による水質検査の結果、水質の悪化（その原因が当該最終処分場以外にあることが明らかであるものを除く。）が認められる場合には、その原因の調査その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。

ホ採取設備により採取された浸透水の水質検査を、(1)及び(2)に掲げる項目についてそれぞれ(1)及び(2)に掲げる頻度で行い、かつ、記録すること。

(1) 地下水等検査項目 一年に一回以上

(2) 生物化学的酸素要求量又は化学的酸素要求量 一月に一回（埋立処分が終了した埋立地においては、三月に一回）以上

へ次に掲げる場合には、速やかに最終処分場への産業廃棄物の搬入及び埋立処分の中止その他生活環境の保全上必要な措置を講ずること。

(1) ホ(1)に掲げる項目に係る水質検査の結果、地下水等検査項目のいずれかについて当該地下水等検査項目に係る別表第二下欄に掲げる基準に適合していないとき。

(2) ホ(2)に掲げる項目に係る水質検査の結果、生物化学的酸素要求量が一リットルにつき二十ミリグラムを超えているとき、又は化学的酸素要求量が一リットルにつき四十ミリグラムを超えているとき。

ト埋立処分が終了した埋立地を埋立処分以外の用に供する場合には、厚さがおおむね五十センチメートル以上の土砂等の覆いにより開口部を閉鎖すること。

チトの規定により閉鎖した埋立地については、トに規定する覆いの損壊を防止するために必要な措置を講ずること。

三管理型最終処分場の維持管理は、前条第二項第五号及び第七号から第二十号まで（鉱さい、ばいじん等ガスを発生するおそれのない産業廃棄物のみを埋め立てる最終処分場にあつては、第十六号を除く。）の規定の例によること。この場合において、同項第二十号中「一般廃棄物」とあるのは「産業廃棄物」と、「石綿含有一般廃棄物が」とあるのは「石綿含有産業廃棄物が」と、「石綿含有一般廃棄物を」とあるのは「廃石綿等又は石綿含有産業廃棄物を」と読み替えるものとする。

富士市土地利用事業の適正化に関する指導要綱関係資料集
(廃棄物処理施設編管理型最終処分場)【一部抜出】

3.跡地利用については、次により行うこと。

ア 埋立処分を終了する場合には、その表面を土砂で1メートル以上覆土すること。

イ 周囲の環境に適した跡地利用を図ること。

ウ 山林としての跡地利用を図る場合の覆土厚は1.5メートル以上とし、掘削前の表土又は良質土（腐植質の多い肥えた土）を使用すること。

エ その他の跡地利用を図る場合の覆土厚については、別途協議すること。

付録 4 計算モデルの設定

埋設処分の被ばく経路の計算モデルは、原子炉等クリアランス、ウランクリアランス、RI クリアランスを参照し、前節で選定したケーススタディの各ケースによって、対象となる被ばく経路の計算モデルを用いた。

なお、本報告では、ウラン核種が長半減期核種であることから、被ばく期間中の減衰時間（1年）のパラメータは設定しなかった。また、本章に示す数式は、親核種からの生成を考慮する必要がない核種を対象として例示する。親核種からの生成がある場合は、各式に親核種からの生成項を追加する必要がある。

1. 操業の被ばく経路

この被ばく経路では、廃棄物そのものが線源となるので、被ばく評価にあたっては廃棄物の放射性核種（以下、「核種」という。）の濃度をそのまま用いる。ただし、クリアランス対象廃棄物は「放射性廃棄物でない廃棄物」と混合されるものとする。なお、本報告では各式中の被ばく期間中の減衰項 $[(1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)) / (\lambda_i \cdot t_i)]$ は考慮しないで計算することとした。

- (1) クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業、運搬作業及び埋立作業（直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i) = C_W(i) \cdot S_O \cdot t_O \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (1)$$

- (2) クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業、運搬作業及び埋立作業（粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(i) = C_W(i) \cdot C_{dust} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_O \cdot t_O \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (2)$$

- (3) クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業及び埋立作業（皮膚汚染による皮膚被ばく）

$$D_{skin}(i) = C_W(i) \cdot L_{dust} \cdot f_{dust,skin} \cdot \rho \cdot t_O \cdot DF_{skin}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (3)$$

- (4) クリアランスした廃棄物の積み下ろし作業及び埋立作業（直接経口摂取によ

る内部被ばく)

$$D_{direct}(i) = C_W(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_O \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (4)$$

小文字

- $f_{C,ing}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数 (経口摂取) (－)
- $f_{dust,inh}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数 (吸入摂取) (－)
- $f_{dust,skin}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数 (皮膚被ばく) (－)
- q : 粉塵の摂取率 (g/h)
- t_i : 被ばく期間中の減衰時間 (1年)
- t_O : 年間作業時間 (h/y)

大文字

- B_O : 作業者の呼吸量 (m³/h)
- C_{dust} : 作業時の空气中粉塵濃度 (g/m³)
- $C_W(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 $C_W(i) = C_{W0}(i) \cdot F_{WC}$
 $C_{W0}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 F_{WC} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合 (－)
- $D_{direct}(i)$: 核種 i による直接経口摂取被ばく線量 (μ Sv/y)
- $D_{ext}(i)$: 核種 i による外部被ばく線量 (μ Sv/y)
- $D_{inh}(i)$: 核種 i による吸入被ばく線量 (μ Sv/y)
- $D_{skin}(i)$: 核種 i による皮膚汚染による皮膚被ばく線量 (μ Sv/y)
- $DF_{ext}(i)$: 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 (μ Sv/h per Bq/g)
- $DF_{ing}(i)$: 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数 (μ Sv/Bq)
- $DF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数 (μ Sv/Bq)
- $DF_{skin}(i)$: 核種 i の皮膚汚染による皮膚被ばく線量換算係数 (μ Sv/h per Bq/cm²)
- L_{dust} : 皮膚に堆積した粉塵の厚さ (cm)
- S_O : 外部被ばくに対する遮へい係数 (－)

ギリシア文字小文字

- λ_i : 核種 i の崩壊定数 (y⁻¹)
 $\lambda_i = \ln 2 / T_{1/2}(i)$
 $T_{1/2}(i)$: 核種 i の半減期 (y)

ρ : 皮膚に堆積した粉塵の密度 (g/cm³)

2. 跡地利用の被ばく経路

跡地利用の被ばく経路では、廃棄物処分場に廃棄物が定置され、隙間に埋め戻しがなされ、さらに覆土された状態が評価の開始点となる。ここでは、処分場跡地における建設作業に従事する者の被ばく、建設作業に伴って発生した残土の上で居住する者の被ばくを評価する。また、農耕作業または牧畜作業による跡地の掘り返しに伴う被ばく、また、処分場跡地直上で栽培された農作物を摂取する者またはその農作物で飼育された畜産物を摂取する者の被ばくを評価する。なお、本報告では各式中の被ばく期間中の減衰項 $[(1-\exp(-\lambda_i \cdot t_i)) / (\lambda_i \cdot t_i)]$ は考慮しないで計算することとした。

(1) 建設作業者

① 掘削土壌中の核種の濃度

建設作業によって発生する廃棄物を混入した掘削土壌中の核種の濃度は、廃棄物の隙間に埋め戻しされた土砂及び覆土の存在を考慮して、次式によって求める。なお、掘削土壌中の核種の濃度の計算にあたっては、放射性崩壊による減衰のみを考慮し、地下水への漏出は考慮しないものとする。

$$C_M(i) = C_W(i) \cdot \frac{T_U - T_C}{T_U} \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (5)$$

② 建設作業者（土壌直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_C \cdot t_C \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (6)$$

③ 建設作業者（粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,C} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_C \cdot t_C \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (7)$$

④ 建設作業者（皮膚汚染による皮膚被ばく）

$$D_{skin}(i) = C_M(i) \cdot L_{dust} \cdot f_{dust,skin} \cdot \rho \cdot t_C \cdot DF_{skin}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (8)$$

⑤ 建設作業者（直接経口摂取による内部被ばく）

$$D_{direct}(i) = C_M(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q \cdot t_C \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (9)$$

(2) 居住者

① 居住者（土壌直接線・外部被ばく）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_L \cdot t_L \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (10)$$

② 居住者（粉塵吸入による内部被ばく）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,L} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_L \cdot t_L \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (11)$$

③ 居住者（子どもの直接経口摂取による内部被ばく）

居住者のうち、子どもが土壌を直接経口摂取することによる内部被ばく線量を評価する。

$$D_{direct}(i) = C_M(i) \cdot f_{C,ing} \cdot q_{LC} \cdot t_{LC} \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (12)$$

(3) 農耕作業者

④ 掘削土壌中の核種の濃度

農耕作業者は、処分場跡地を農地とするために掘削することにより、廃棄物が地表面に露出することによる被ばくを評価する。その線源となる廃棄物を含んだ土壌中の核種の濃度は、次式により求める。

$$C_M(i) = C_W(i) \cdot \frac{T_A - T_C}{T_A} \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (13)$$

⑤ 農耕作業者（土壌直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_A \cdot t_A \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (14)$$

⑥ 農耕作業者（粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,A} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_A \cdot t_A \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (15)$$

(4) 牧畜作業者

牧畜作業場所における掘削土壌中の核種の濃度は、農地土壌中の核種の濃度 ((13)式) と等しいものとする。

⑦ 牧畜作業者 (土壌直接線・外部被ばく)

$$D_{ext}(i) = C_M(i) \cdot S_F \cdot t_F \cdot DF_{ext}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (16)$$

⑧ 牧畜作業者 (粉塵吸入による内部被ばく)

$$D_{inh}(i) = C_M(i) \cdot C_{dust,F} \cdot f_{dust,inh} \cdot B_F \cdot t_F \cdot DF_{inh}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (17)$$

(5) 農作物摂取者

⑨ 農作物中の核種の濃度

農作物栽培は処分場の跡地の直上で行われるとし、跡地における核種の量の減衰は崩壊によるもののみとする。核種は、根を経由して、農作物に移行するものとする。農業用水には放射能が含まれていないものとする。

$$C_{vk}(i) = T_k(i) \cdot K_N \cdot C_W(i) \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (18)$$

⑩ 農作物摂取者 (経口摂取による内部被ばく)

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,v}(i) = \sum_k C_{vk}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_k \cdot G_k \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{vk}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (19)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に 1 及び 0 と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,v}(i) = \sum_k C_{vk}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_k \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (20)$$

(5) 畜産物摂取者

⑪ 飼料中の核種の濃度

$$C_{vF}(i) = T_F(i) \cdot K_N \cdot C_W(i) \cdot \frac{W}{L_D \cdot W_D \cdot H_D \cdot \rho_D \cdot 10^6} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t_{dist}) \dots\dots\dots (21)$$

⑫ 畜産物中の核種の濃度

農作物（飼料）を摂取することによる畜産物中の核種の濃度を次式で計算する。農業用水及び飼育に使われる用水には核種が含まれていないものとする。畜産物の種類としては卵、牛乳、牛肉、豚肉及び鶏肉を想定する。なお、飼料中の核種 i の濃度は、(22)式により求める。

$$C_{Fn}(i) = T_n(i) \cdot M_F \cdot C_{vF}(i) \cdot 10^3 \cdot Q_{vn} \dots\dots\dots (22)$$

⑬ 畜産物摂取者（経口摂取による内部被ばく）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (23)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に1及び0と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(i) = \sum_n C_{Fn}(i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \cdot \frac{1 - \exp(-\lambda_i \cdot t_i)}{\lambda_i \cdot t_i} \dots\dots\dots (24)$$

小文字

- $f_{C,ing}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（経口摂取）（－）
- $f_{dust,inh}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）（－）
- $f_{dust,skin}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（皮膚被ばく）（－）
- q : 粉塵の摂取率（g/h）
- q_{LC} : 汚染物質の摂取率（子ども）（g/h）
- t_A : 農耕作業における年間作業時間（h/y）
- t_C : 建設作業における年間作業時間（h/y）
- t_F : 牧畜作業における年間作業時間（h/y）
- t_{Fn} : 畜産物 n の輸送時間（d）
- t_L : 年間居住時間（h/y）
- t_{LC} : 年間被ばく時間（子ども）（h/y）

t_{vk} : 農作物 k の輸送時間 (d)

大文字

- B_A : 農耕作業者の呼吸量 (m^3/h)
- B_C : 建設作業者の呼吸量 (m^3/h)
- B_F : 牧畜作業者の呼吸量 (m^3/h)
- B_L : 居住者の呼吸量 (m^3/h)
- $C_{dust,A}$: 農耕作業時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
- $C_{dust,F}$: 牧畜作業時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
- $C_{dust,L}$: 居住時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
- $C_{dust,C}$: 建設作業時の空气中粉塵濃度 (g/m^3)
- $C_{Fn}(i)$: 畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
- $C_M(i)$: 掘削土壌中の核種 i の濃度 (Bq/g)
- $C_{vF}(i)$: 飼料中の核種 i の濃度 (Bq/g)
- $C_{vk}(i)$: 農作物 k 中の核種 i の濃度 (Bq/g)
- $C_W(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 $C_W(i) = C_{wo}(i) \cdot F_{wc}$
 $C_{wo}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 F_{wc} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合 (—)
- $D_{direct}(i)$: 核種 i による直接経口摂取被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $D_{ext}(i)$: 核種 i による外部被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $D_{ing,v}(i)$: 農作物の摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $D_{ing,F}(i)$: 畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $D_{inh}(i)$: 核種 i による吸入被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $D_{skin}(i)$: 核種 i による皮膚汚染による皮膚被ばく線量 ($\mu \text{Sv}/\text{y}$)
- $DF_{ext}(i)$: 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 ($\mu \text{Sv}/\text{h}$ per Bq/g)
- $DF_{ing}(i)$: 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数 ($\mu \text{Sv}/\text{Bq}$)
- $DF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数 ($\mu \text{Sv}/\text{Bq}$)
- $DF_{skin}(i)$: 核種 i の皮膚汚染による皮膚被ばく線量換算係数 ($\mu \text{Sv}/\text{h}$ per Bq/cm^2)
- G_k : 農作物 k の市場係数 (—)
- G_n : 畜産物 n の市場係数 (—)
- H_D : 処分場の深さ (m)
- K_N : 根からの核種の吸収割合 (—)

L_{dust}	: 皮膚に堆積した粉塵の厚さ (cm)
L_D	: 処分場の長さ (m)
M_F	: 核種を含む飼料の混合割合 (-)
Q_k	: 農作物 k の年間摂取量 (kg-wet/y)
Q_n	: 畜産物 n の摂取量 (kg/y または L/y)
Q_{vn}	: 畜産物 n を生産する家畜の飼料摂取量 (kg-dry/d)
S_A	: 農耕作業時の遮へい係数 (-)
S_C	: 建設作業時における遮へい係数 (-)
S_F	: 牧畜作業時の遮へい係数 (-)
S_L	: 居住時における遮へい係数 (-)
T_A	: 耕作深さ (m)
T_C	: 覆土厚さ (m)
$T_F(i)$: 土壌から飼料への核種 i の移行係数 (Bq/g-dry per Bq/g-dry)
$T_k(i)$: 土壌から農作物 k への核種 i の移行係数 (Bq/g-wet per Bq/g-dry)
$T_n(i)$: 飼料から畜産物 n 中への核種 i の移行係数 (d/kg または d/L)
T_U	: 建設掘削深さ (m)
W	: 廃棄物の総量 (g) (クリアランス対象物量+放射性廃棄物でない廃棄物量)
W_D	: 処分場の幅 (m)

ギリシア文字小文字

λ_i	: 核種 i の崩壊定数 (y^{-1}) $\lambda_i = \ln 2 / T_{1/2}(i)$ $T_{1/2}(i)$: 核種 i の半減期 (y)
ρ	: 皮膚に堆積した粉塵の密度 (g/cm^3)
ρ_D	: 処分場嵩密度 (g/cm^3)

3. 地下水移行の被ばく経路

地下水移行の被ばく経路では、埋設された廃棄物から核種が浸透水中に漏出し、帯水層へ移行するものとする。この核種を含む地下水を飲用、灌漑、飼育及び養殖に利用することを考慮する。なお、各経路において被ばく線量が最大となる時点の線量を評価するものとする。

(1) 井戸水飲用

① 処分場からの漏出モデル

政令濃度上限値の計算方法と同様に、IAEA 技術文書「TECDOC-401」における放出係数モデルを用いて、処分場からの核種の漏出量を次式により求める。

$$J(t,i) = \eta_i \cdot C_w(i) \cdot W \cdot \exp\{-(\lambda_i + \eta_i) \cdot t\} \dots\dots\dots (25)$$

② 帯水層中の核種の移動

処分場から漏洩した核種は、処分場と同一の幅を有する帯水層に流入するものとする。帯水層の厚さ (hs) は一定で、土壌の空隙率、密度は一樣とし、地下水流方向のみに一定速度で流れているものとする。基礎式は次式で表される。

$$\frac{\partial}{\partial t} R_s(i) \cdot C_{GW}(x,t,i) = D_x \cdot \frac{\partial^2 C_{GW}(x,t,i)}{\partial x^2} - U_s \cdot \frac{\partial C_{GW}(x,t,i)}{\partial x} \dots\dots\dots (26)$$

$$- R_s(i) \cdot \lambda_i \cdot C_{GW}(x,t,i)$$

なお、以降の計算では、(26) 式の $-L_D \leq x \leq 0$ (L_D は処分場の長さ) の範囲における境界条件として、(25) 式により計算した $J(t,i)$ を、処分場の幅 (W_D)、帯水層の厚さ (hs) 及び地下水流速 (U_s) の積で割った値を与えた場合の解を使用する。

③ 井戸水中の核種の濃度

井戸水中の核種の濃度は、井戸の汲み上げによる周囲の核種を含まない地下水の流入を考慮している。

$$C_{WW}(t,i) = C_{GW}(x_w,t,i) \cdot R_w \dots\dots\dots (27)$$

④ 井戸水飲用者 (経口摂取による内部被ばく)

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,w}(t,i) = C_{WW}(t,i) \cdot Q_w \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (28)$$

(2) 農耕作業者 (灌漑土壌)

⑤ 灌漑土壌の核種の濃度

灌漑用水中の核種は蓄積するものとする。また、核種の浸透による減衰効果を考慮する。

$$C_{S,k}(t,i) = F_R \cdot \int_0^t \frac{V_{Ik} \cdot C_I(t',i)}{P_k} \cdot e^{-E_{Lk}(i) \cdot (t-t')} dt' \dots\dots\dots (29)$$

灌漑用水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度に等しいものとしている。

$$C_I(t,i) = C_{GW}(x_w,t,i) \cdot R_w \dots\dots\dots (30)$$

- ⑥ 農耕作業者（灌漑水、土壌直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot S_I \cdot t_I \cdot DF_{ext}(i) \dots\dots\dots (31)$$

- ⑦ 農耕作業者（灌漑水、粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot C_{dust,I} \cdot f_{dust,inh} \cdot 10^{-3} \cdot B_I \cdot t_I \cdot DF_{inh}(i) \dots\dots\dots (32)$$

- (3) 牧畜作業業者（灌漑土壌）

- ⑧ 牧畜作業業者（灌漑水、土壌直接線・外部被ばく）

$$D_{ext}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot S_B \cdot t_B \cdot DF_{ext}(i) \dots\dots\dots (33)$$

- ⑨ 牧畜作業業者（灌漑水、粉塵吸入による内部被ばく）

$$D_{inh}(t,i) = C_{S,k}(t,i) \cdot C_{dust,B} \cdot f_{dust,inh} \cdot 10^{-3} \cdot B_B \cdot t_B \cdot DF_{inh}(i) \dots\dots\dots (34)$$

- (4) 農作物摂取者（灌漑土壌）

- ⑩ 灌漑農作物中の核種の濃度

農作物（穀類、葉菜、非葉菜、果物）中の核種の濃度は、灌漑土壌からの経根吸収と灌漑水の葉面沈着を考慮する。

$$C_{vk}(t,i) = T_k(i) \cdot C_{S,k}(t,i) + \frac{C_I(t,i) \cdot V_{lk} \cdot F_{IEk} \cdot (1 - e^{-\lambda_{ei} \cdot T_I})}{\lambda_{ei} \cdot Y_{Bk}} \dots\dots\dots (35)$$

- ⑪ 農作物摂取による内部被ばく線量

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,v}(t,i) = \sum_k C_{vk}(t,i) \cdot Q_k \cdot G_k \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{vk}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (36)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に1及び0と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,vk}(t,i) = \sum_k C_{vk}(t,i) \cdot Q_k \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (37)$$

- (5) 畜産物摂取者（灌漑土壌）

⑫ 飼料中の核種の濃度

$$C_{vF}(t,i) = T_F(i) \cdot C_{S,k}(t,i) + \frac{C_I(t,i) \cdot V_{Ik} \cdot F_{IEk} \cdot (1 - e^{-\lambda_{ei} \cdot T_I})}{\lambda_{ei} \cdot Y_{Bk}} \dots\dots\dots (38)$$

⑬ 畜産物中の核種の濃度

$$C_{Fn}(t,i) = T_n(i) \cdot M_F \cdot C_{vF}(t,i) \cdot Q_{vn} \dots\dots\dots (39)$$

⑭ 畜産物摂取による内部被ばく線量

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{Fn}(t,i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (40)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に1及び0と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{Fn}(t,i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (41)$$

(6) 畜産物摂取者（飼育水）

⑮ 畜産物中の核種の濃度

核種を含む井戸水を飼育水として利用して生産される肉や牛乳等の畜産物中の核種濃度は、その家畜が摂取する飼育水中の核種の濃度に依存するものとし、次式により求める。

$$C_{FWn}(t,i) = C_{FW}(t,i) \cdot 10^{-3} \cdot Q_{Wn} \cdot T_{Wn}(i) \dots\dots\dots (42)$$

なお、飼育水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度に等しいものとし、次式により求める。

$$C_{FW}(t,i) = C_{GW}(x_w, t, i) \cdot R_w \dots\dots\dots (43)$$

⑯ 畜産物摂取者（飼育水、畜産物摂取による内部被ばく）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{FWn}(t,i) \cdot Q_n \cdot G_n \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Fn}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (44)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に1及び0と選定しているため、上式は以下のよ

うになる。

$$D_{ing,F}(t,i) = \sum_n C_{FWn}(t,i) \cdot Q_n \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (45)$$

(7) 養殖淡水産物摂取者

⑰ 養殖淡水産物中の核種の濃度

養殖淡水産物中の核種の濃度は、養殖水中の核種の濃度に依存し、両者の濃度間に平衡関係が成立しているものとする濃縮係数法によって求める。なお、養殖水中の核種の濃度は、井戸水中の核種の濃度と養殖淡水産物の地下水利用率を考慮して計算する。

$$C_{Sm}(t,i) = C_{WW}(t,i) \cdot R_{SW} \cdot 10^{-3} \cdot T_{Sm}(i) \dots\dots\dots (46)$$

⑱ 養殖淡水産物摂取者（養殖淡水産物摂取による内部被ばく）

この経路は子どもについても評価する。

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i) \cdot Q_m \cdot G_m \cdot \exp\left(-\frac{\lambda_i \cdot t_{Sm}}{365}\right) \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (47)$$

市場係数と輸送時間をそれぞれ保守的に1及び0と選定しているため、上式は以下のようになる。

$$D_{ING}(t,i) = \sum_m C_{Sm}(t,i) \cdot Q_m \cdot DF_{ing}(i) \dots\dots\dots (48)$$

小文字

- $f_{dust,inh}$: 微粒子への放射性物質の濃縮係数（吸入摂取）（－）
- t_B : 牧畜作業における年間作業時間（h/y）
- t_{Fn} : 畜産物 n の輸送時間（d）
- t_I : 農耕作業における年間作業時間（h/y）
- t_{Sm} : 養殖淡水産物 m の輸送時間（d）
- t_{vk} : 農作物 k の輸送時間（d）

大文字

- B_B : 牧畜作業者の呼吸量（m³/h）
- B_I : 農耕作業者の呼吸量（m³/h）
- $C_{dust,B}$: 牧畜作業時の空气中粉塵濃度（g/m³）
- $C_{dust,I}$: 農耕作業時の空气中粉塵濃度（g/m³）

- $C_{Fn}(t,i)$: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
 $C_{FWn}(t,i)$: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
 $C_{FW}(t,i)$: 時間 t における飼育水中濃度 (Bq/m³)
 $C_{FWn}(t,i)$: 時間 t における畜産物 n 中の核種 i の濃度 (Bq/kg または Bq/L)
 $C_{GW}(x,t,i)$: 地下水中の核種 i の濃度 (Bq/m³)
 $C_I(t,i)$: 時間 t における灌漑用水中の核種 i の濃度 (Bq/m³)
 $C_I(t',i)$: 時間 t における灌漑用水中の核種 i の濃度 (Bq/m³)
 $C_{S,k}(t,i)$: 時間 t における農作物 k を生産する灌漑土壌中の核種 i の濃度 (Bq/kg)
 $C_{Sm}(t,i)$: 時間 t における養殖淡水産物 m 中の核種 i の濃度 (Bq/kg)
 $C_{vF}(t,i)$: 時間 t における飼料中における核種 i の濃度 (Bq/kg)
 $C_W(i)$: 「放射性廃棄物でない廃棄物」とクリアランス対象廃棄物を混合した廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 $C_W(i) = C_{wo}(i) \cdot F_{WC}$
 $C_{wo}(i)$: クリアランス対象廃棄物中の核種 i の濃度 (Bq/g)
 F_{WC} : 廃棄物中に占められるクリアランス対象廃棄物の割合 (—)
 $C_{GW}(x_w,t,i)$: 地下水中の核種 i の濃度 (Bq/m³)
 $C_{WW}(t,i)$: 時間 t における井戸水の核種 i の濃度 (Bq/m³)
 $D_{ext}(i)$: 核種 i による外部被ばく線量 (μ Sv/y)
 $D_{ING}(t,i)$: 時間 t における養殖淡水産物摂取による内部被ばく線量 (μ Sv/y)
 $D_{ing,F}(i)$: 畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 (μ Sv/y)
 $D_{ing,F}(t,i)$: 時間 t における畜産物摂取に伴う核種 i による内部被ばく線量 (μ Sv/y)
 $D_{ing,w}(t,i)$: 時間 t における核種 i による飲料水摂取での内部被ばく線量 (μ Sv/y)
 $DF_{ext}(i)$: 核種 i の外部被ばくに対する線量換算係数 (μ Sv/h per Bq/g)
 $DF_{ing}(i)$: 核種 i の経口摂取の内部被ばく線量係数 (μ Sv/Bq)
 $DF_{inh}(i)$: 核種 i の吸入被ばくに対する線量係数 (μ Sv/Bq)
 D_x : 地下水流方向の分散係数 (m²/y)
 $D_x = D_{mx}|U_s| + D_d$
 D_{mx} : 地下水流方向の分散長 (m)
 D_d : 分子拡散係数 (3.15×10^{-2} m²/y)
 $E_{Lk}(i)$: 農作物 k を生産する土壌中核種 i の実効減衰係数 (y⁻¹)
 $E_{Lk}(i) = \lambda_i + R_{MSk}(i)$
 $R_{MSk}(i)$: 核種 i の浸透による灌漑土壌からの減衰係数 (y⁻¹)
 $R_{MSk}(i) = \frac{R_{IN} + V_{Ik}}{\alpha \cdot \{f_u \cdot s_{uk} + (1 - f_u) \cdot \rho_u \cdot Kd_u(i)\}}$

	R_{IN}	: 浸透水量 (m/y)
	α	: 実効土壌深さ (m)
	f_u	: 灌漑土壌空隙率 (-)
	s_{uk}	: 土壌水分飽和度 (-)
	ρ_u	: 灌漑土壌真密度 (g/cm ³)
	$Kd_u(i)$: 灌漑土壌の分配係数 (mL/g)
F_{IEk}		: 核種の農作物 k 表面への沈着割合 (-)
F_R		: 核種の土壌残留係数 (-)
G_k		: 農作物 k の市場係数 (-)
G_m		: 養殖淡水産物 m の市場係数 (-)
G_n		: 畜産物 n の市場係数 (-)
$J(t,i)$: 時間 t における核種 i の漏出量 (Bq/y)
M_F		: 核種を含む飼料の混合割合 (-)
P_k		: 農作物 k を生産する土壌実効表面密度 (kg/m ²)
Q_k		: 農作物 k の年間摂取量 (kg-wet/y)
Q_m		: 養殖淡水産物 m の摂取量 (kg/y)
Q_n		: 畜産物 n の摂取量 (kg/y または L/y)
Q_{vn}		: 畜産物 n を生産する家畜の飼料摂取量 (kg-dry/d)
Q_W		: 人の年間飲料水摂取量 (m ³ /y)
Q_{Wn}		: 畜産物 n の飼育水摂取量 (L/d)
$R_s(i)$: 帯水層遅延係数 (-)
	$R_s(i) = 1 + \frac{1-f_s}{f_s} \cdot Kd_s(i) \cdot \rho_s$	
	f_s	: 帯水層空隙率 (-)
	ρ_s	: 帯水層土壌真密度 (g/cm ³)
	$Kd_s(i)$: 帯水層土壌に対する核種 i の分配係数 (mL/g)
R_{SW}		: 養殖淡水産物の地下水利用率 (-)
R_w		: 井戸水の混合割合 (-)
S_B		: 牧畜作業時の遮へい係数 (-)
S_I		: 農耕作業時の遮へい係数 (-)
$T_F(i)$: 土壌から飼料への核種 i の移行係数 (Bq/g-dry per Bq/g-dry)
T_I		: 灌漑水年間生育期間 (y)
$T_k(i)$: 土壌から農作物 k への核種 i の移行係数 (Bq/g-wet per Bq/g-dry)

$T_n(i)$: 飼料から畜産物 n 中への核種 i の移行係数 (d/kg または d/L)
$T_{Sm}(i)$: 核種 i の養殖淡水産物 m への濃縮係数 (L/kg)
$T_{Wn}(i)$: 核種 i の飼育水から畜産物 n への移行係数 (d/L または d/kg)
U_s	: 地下水流速 (m/y)
V_{lk}	: 農作物 k に対する灌漑水量 ($m^3/m^2/y$)
W	: 廃棄物の総量 (g) (クリアランス対象物量+放射性廃棄物でない廃棄物量)
Y_{Bk}	: 農作物 k の栽培密度 (kg/m^2)

ギリシア文字小文字

η_i	: 核種 i の漏出率 (y^{-1}) $\eta_i = \frac{R_{IN}}{H_D} \cdot R_c(i)$ $R_{IN} \quad : \quad \text{浸透水量 (m/y)}$ $R_c(i) \quad : \quad \text{放出係数 (-)}$ $H_D \quad : \quad \text{処分場の深さ (m)}$
λ_{ei}	: 沈着した核種 i の実効減衰係数 (y^{-1}) $\lambda_{ei} = \lambda_i + \lambda_{wi}$ $\lambda_{wi} : \text{weathering 効果による植物表面沈着核種 } i \text{ の除去係数 (y}^{-1}\text{)}$ $\lambda_i : \text{核種 } i \text{ の崩壊定数 (y}^{-1}\text{)}$
λ_i	: 核種 i の崩壊定数 (y^{-1}) $\lambda_i = \ln 2 / T_{1/2}(i)$ $T_{1/2}(i) : \text{核種 } i \text{ の半減期 (y)}$

付録 5 被ばく経路とその評価式

1. 河川水の利用による被ばく経路等に係る評価式を示す。

(1) 河川中の放射能濃度

$$C_{SW}(t,i) = \frac{A(t,i)}{Q} \cdot k(i) \cdot e^{-(k(i)+\lambda(i))t}$$

$$k(i) = \frac{R_{IN}}{\varepsilon \cdot Rf(i) \cdot h}$$

$$Rf(i) = 1 + \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} \cdot \rho \cdot Kd(i)$$

ここで、

$C_{SW}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の地表水中の濃度 (Bq/m ³)
$A(t,i)$: 10 万年後における放射性核種 i の汚染土壌中の放射エネルギー (Bq)
Q	: 河川水流量 (m ³ /y)
$k(i)$: 汚染土壌からの放射性核種 i の溶出率 (-)
$\lambda(i)$: 放射性核種 i の崩壊定数 (1/y)
R_{IN}	: 降雨浸透量 (m ³ /(m ² ・y))
$Rf(i)$: 汚染土壌からの放射性核種 i の遅延係数 (-)
h	: 汚染土壌の厚さ (m)
ρ	: 汚染土壌の粒子密度 (kg/m ³)
ε	: 汚染土壌の間隙率 (-)
$Kd(i)$: 汚染土壌の分配係数 (m ³ /kg)

(2) 地表水飲用による内部被ばく

$$D_{SW\ ing}(t,i) = C_{SW}(t,i) \cdot M_{SW} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

$D_{SW\ ing}(t,i)$: 時間 t における地表水飲用による放射性核種 i の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
$C_{SW}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の地表水中の濃度 (Bq/m ³)
M_{SW}	: 年間飲料水摂取量 (m ³ /y)
$DCF_{ing}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(3) 灌漑水利用による被ばく

① 灌漑水農耕土壌中の放射性核種の濃度

$$\frac{dC_{IR}(t,i)}{dt} = \frac{C_{SW}(t,i) \cdot V_{IR}}{(1 - \varepsilon_{IR}) \cdot \rho_{IR} \cdot \varphi_{IR}} + \lambda(i-1) \cdot C_{IR}(t,i-1) - \lambda_E(i) \cdot C_{IR}(t,i)$$

$$\lambda_E(i) = \lambda(i) + \frac{R_{IN} + V_{IR}}{\varphi_{IR} \cdot \{\varepsilon_{IR} + (1 - \varepsilon_{IR}) \cdot \rho_{IR} \cdot Kd_{IR}(i)\}}$$

ここで、

- $C_{IR}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)
- $C_{SW}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の地表水中の濃度 (Bq/m³)
- V_{IR} : 灌漑水量 (m³/(m²・y))
- ε_{IR} : 灌漑土壌の間隙率 (-)
- ρ_{IR} : 灌漑土壌の粒子密度 (kg/m³)
- φ_{IR} : 灌漑土壌の実効土壌深さ (m)
- $\lambda(i)$: 放射性核種 i の崩壊定数 (1/y)
- R_{IN} : 降雨浸透量 (m³/(m²・y))
- $Kd_{IR}(i)$: 時間 t における灌漑土壌中の放射性核種 i の分配係数 (m³/kg)

② 農作物摂取による内部被ばく

$$D_{IRing}(t,i) = C_{IR}(t,i) \cdot T_{IR}(i) \cdot M_{IR} \cdot G_{IR} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{IRing}(t,i)$: 時間 t における農作物摂取による放射性核種 i の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{IR}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)
- $T_{IR}(i)$: 土壌から農作物への放射性核種 i の移行係数 (Bq/kg-wet 農作物 / Bq/kg-dry 土壌)
- M_{IR} : 農作物の年間摂取量 (kg/y)
- G_{IR} : 農作物の市場希釈係数 (-)
- $DCF_{ing}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

③ 農耕作業による外部被ばく

$$D_{IRext}(t,i) = C_{IR}(t,i) \cdot S_{IR}(i) \cdot t_{IR} \cdot DCF_{ext}(i)$$

ここで、

- $D_{IRext}(t,i)$: 時間 t における農耕作業による放射性核種 i による外部被ばく線量 (Sv/y)
- $C_{IR}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)
- $S_{IR}(i)$: 農耕作業における放射性核種 i の遮へい係数 (-)

t_{IR} : 年間の農耕作業時間 (h/y)
 $DCF_{ext}(i)$: 放射性核種 i の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h/(Bq/kg))

④ 農耕作業中の粉塵吸入による内部被ばく

$$D_{IR\,inh}(t,i) = C_{IR}(t,i) \cdot d_{IR} \cdot B_{IR} \cdot t_{IR} \cdot DCF_{inh}(i)$$

ここで、

$D_{IR\,inh}(t,i)$: 時間 t における農耕作業による放射性核種 i の吸入による内部被ばく線量 (Sv/y)
 $C_{IR}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の灌漑土壌中の濃度 (Bq/kg)
 d_{IR} : 農耕作業時のダスト濃度 (kg/m³)
 B_{IR} : 農耕作業者の呼吸率 (m³/h)
 t_{IR} : 年間の農耕作業時間 (h/y)
 $DCF_{inh}(i)$: 放射性核種 i の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(4) 飼育水畜産物摂取による内部被ばく

$$D_{BR\,ing}(t,i) = \sum_n C_{SW}(t,i) \cdot M_{BRwn} \cdot T_{BRn}(i) \cdot M_{BRn} \cdot G_{BRn} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

$D_{BR\,ing}(t,i)$: 時間 t における畜産物摂取による放射性核種 i の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
 $C_{SW}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の地表水中の濃度 (Bq/m³)
 M_{BRwn} : 家畜 n の 1 日あたりの飼育水摂取量 (m³/d)
 $T_{BRn}(i)$: 飼育水から家畜 n への放射性核種 i の移行係数 (d/kg)
 M_{BRn} : 畜産物 n の年間摂取量 (kg/y)
 G_{BRn} : 畜産物 n の市場希釈係数 (-)
 $DCF_{ing}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(5) 水産物摂取による内部被ばく

$$D_{FS\,ing}(t,i) = \sum_m C_{SW}(t,i) \cdot T_{FSm}(i) \cdot M_{FSm} \cdot G_{FSm} \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

$D_{FS\,ing}(t,i)$: 時間 t における水産物摂取による放射性核種 i の摂取による内部被ばく線量 (Sv/y)
 $C_{SW}(t,i)$: 時間 t における放射性核種 i の地表水中の濃度 (Bq/m³)
 $T_{FSm}(i)$: 放射性核種 i の水産物 m への濃縮係数 (m³/kg)

- M_{FSm} : 水産物 m の年間摂取量 (kg/y)
 G_{FSm} : 水産物 m の市場希釈係数 (-)
 $DCF_{ing}(i)$: 放射性核種 i の経口摂取内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

2. 汚染土壌上での居住等による被ばく経路とその評価式を示す。

(1) 居住時による外部被ばく

$$D_{ext}(t, i) = C(t, i) \cdot S(i) \cdot t \cdot DCF_{ext}(i)$$

ここで、

- $D_{ext}(t, i)$: 時間 t における居住時の放射性核種 i による外部被ばく線量 (Sv/y)
 $C(t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の汚染土壌中の濃度 (Bq/kg)
 $S(i)$: 居住時の放射性核種 i の遮へい係数 (-)
 t : 年間居住時間 (h/y)
 $DCF_{ext}(i)$: 放射性核種 i の外部被ばく線量換算係数 (Sv/h/(Bq/kg))

(2) 居住時の粉塵吸入による内部被ばく

$$D_{inh}(t, i) = C(t, i) \cdot d \cdot B \cdot t \cdot DCF_{inh}(i)$$

ここで、

- $D_{inh}(t, i)$: 時間 t における居住時の放射性核種 i の吸入による
 内部被ばく線量 (Sv/y)
 $C(t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の汚染土壌中の濃度 (Bq/kg)
 d : 居住時のダスト濃度 (kg/m³)
 B : 居住者の呼吸率 (m³/h)
 t : 年間居住時間 (h/y)
 $DCF_{inh}(i)$: 放射性核種 i の吸入内部被ばく線量換算係数 (Sv/Bq)

(3) 農作物摂取による内部被ばく

$$D_{ing}(t, i) = C(t, i) \cdot T(i) \cdot M \cdot G \cdot DCF_{ing}(i)$$

ここで、

- $D_{ing}(t, i)$: 時間 t における農作物摂取による放射性核種 i の摂取による
 内部被ばく線量 (Sv/y)
 $C(t, i)$: 時間 t における放射性核種 i の汚染土壌中の濃度 (Bq/kg)
 $T(i)$: 土壌から農作物への放射性核種 i の移行係数
 (Bq/kg-wet 農作物/Bq/kg-dry 土壌)
 M : 農作物の年間摂取量 (kg/y)

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량	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 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	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	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

組立量	SI 組立単位			
	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
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
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	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	C		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 ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	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
光照射量	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
放射線量, 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	m ² s ⁻²
酸素活性化濃度	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	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角加速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
角加速度	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	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	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電表面積	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	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 s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
放射線輝度	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
酵素活性化濃度	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	名称	記号	乗数	名称	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	ヘクタ	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=60 s
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/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) 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 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=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) 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。
ベレル	B	
デシベル	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 =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フォット	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm 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=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 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=1cGy=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=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリー	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリー), 4.1868J (「IT」カロリー), 4.184J (「熱化学」カロリー)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

