

平成28年度発電用原子炉等利用環境調査
(トリチウム水の処分技術等に関する調査研究)

報告書

2017年3月

株式会社 三菱総合研究所

目次

1.	はじめに	1
2.	放射性液体廃棄物の処分に係る国内外調査	2
2.1.	英国	4
2.1.1.	原子炉施設	4
2.1.2.	再処理施設	8
2.2.	仏国	13
2.2.1.	原子炉施設	13
2.2.2.	再処理施設	18
2.3.	カナダ	23
2.4.	韓国	29
2.5.	米国	37
2.5.1.	原子炉施設	37
2.5.2.	TMI-2（文献調査結果）	43
2.5.3.	TMI-2（ヒアリング調査結果）	45
2.6.	日本	50
2.6.1.	原子力関連施設	50
2.6.2.	非原子力関連事例	52
2.6.2.1.	香川県豊島における産業廃棄物問題	52
2.6.2.2.	北九州市における PCB 処理事業	55
3.	ALPS 処理水の各取扱い方法に係る被ばく線量評価	68
3.1.	評価概要	68
3.2.	被ばく線量評価の方針	69
3.2.1.	被ばく線量評価の考え方と方針	69
3.2.2.	基本条件	70
3.2.2.1.	評価対象被ばく期間	70
3.2.2.2.	評価対象地域	71
3.2.2.3.	評価対象核種	71
3.2.2.4.	評価対象者	73
3.2.2.5.	評価シナリオ	73
3.2.2.6.	その他	73
3.3.	被ばく線量評価方法	74
3.3.1.	海洋放出	74
3.3.1.1.	シナリオ	74

3.3.1.2.	モデルとパラメータ	74
3.3.1.3.	海洋希釈についての考慮.....	77
3.3.2.	水素放出	78
3.3.2.1.	前提条件	78
3.3.2.2.	シナリオ	79
3.3.2.3.	モデルとパラメータ	79
3.3.3.	水蒸気放出.....	85
3.3.3.1.	前提条件	85
3.3.3.2.	シナリオ	85
3.3.3.3.	モデルとパラメータ	85
3.3.4.	地下埋設	86
3.3.4.1.	前提条件	86
3.3.4.2.	シナリオ	86
3.3.4.3.	モデルとパラメータ	86
3.3.4.4.	海洋希釈についての考慮.....	87
3.3.5.	地層注入	87
3.3.6.	貯蔵継続	87
3.4.	被ばく線量評価における課題.....	88
4.	事故時リスク評価.....	90
4.1.	評価概要	90
4.2.	評価方針	90
4.2.1.	SED 指標	90
4.2.2.	地下埋設後のトリチウム水について.....	92
4.3.	評価方法	94
4.3.1.	条件の設定.....	94
4.3.2.	評価モデルの検討.....	95
5.	各選択肢についての情報整理.....	99
5.1.	貯蔵コスト試算	99
5.2.	社会影響評価検討.....	103
6.	まとめ.....	107

< 図目次 >

図 2-1	英国における原子力発電所の立地状況	5
図 2-2	セラフィールド・サイトの立地位置	10
図 2-3	各原子力発電所のトリチウム（液体廃棄物）排出量の推移（2011～2015 年）	13
図 2-4	仏国における原子力発電所の立地状況	14
図 2-5	仏国における再処理施設の立地状況	19
図 2-6	各発電所から放出されたトリチウム量	23
図 2-7	カナダにおける原子炉施設の立地状況	25
図 2-8	韓国の原子力発電所のトリチウム排出量の推移	29
図 2-9	韓国における原子炉施設の立地状況	30
図 2-10	韓国委員会告示第 2014-34 号別表（抜粋）	35
図 2-11	米国における原子炉施設の立地状況	40
図 2-12	スリー・マイル・アイランド原子力発電所の位置	44
図 2-13	放射性液体トリチウム放出実績（玄海原子力発電所）	50
図 2-14	放射性液体トリチウム放出実績（川内原子力発電所）	51
図 2-15	PCB 処理施設の立地検討における各主体の構成	58
図 2-16	北九州市が行ったリスクコミュニケーション、市民説明の原則	59
図 2-17	PCB 処理施設の立地受入後・処理開始後における各主体の構成	62
図 4-1	SED 指標の構造	92
図 5-1	影響因子の連鎖	104

< 表目次 >

表 2-1	調査対象国及び調査対象施設と調査項目の一覧	3
表 2-2	英国原子炉のトリチウム年間放出限度と実績	4
表 2-3	セラフィールドにおける海洋への排出量上限と実績	9
表 2-4	セラフィールドにおける工場排水への排出量上限と実績	9
表 2-5	ラ・アークにおける液状・ガス状のトリチウム総放出量（2014 年）	18
表 2-6	トリチウム（液体廃棄物）の周辺住民への影響（年間被ばく線量）	21
表 2-7	海産物サンプル調査結果（2000～2009 年）	22
表 2-8	各発電所から放出されたトリチウム量	24
表 2-9	各発電所の年間トリチウム放出限度	26
表 2-10	トリチウム影響評価委員会によるトリチウム影響評価結果	36
表 2-11	PWR からのトリチウム放出量（2008 年）	38
表 2-12	BWR からのトリチウム放出量（2008 年）	39

表 2-13	四半期毎の放出トリチウム濃度	40
表 2-14	TMI-2 における汚染水処理に係るステークホルダーの動向	46
表 2-15	PCB 廃棄物問題に関する主な経緯	56
表 2-16	北九州市における PCB 処理施設の受入及び操業に関する主な経緯	57
表 3-1	被ばく線量評価の基本条件の検討結果	70
表 3-2	評価対象核種と設定した原水濃度	72
表 3-3	評価対象核種と年間の処分量	73
表 3-4	海洋放出のシナリオ	74
表 3-5	海洋放出に係る内部被ばく線量評価モデルのパラメータ	75
表 3-6	海浜砂からのガンマ線による外部被ばく	76
表 3-7	海水面からのガンマ線による外部被ばく	76
表 3-8	海中におけるガンマ線による外部被ばく	76
表 3-9	船体からのガンマ線による外部被ばく	77
表 3-10	魚網からのガンマ線による外部被ばく	77
表 3-11	方位毎の放出地点から敷地境界までの距離	78
表 3-12	水素放出のシナリオ	79
表 3-13	大気中濃度評価モデルのパラメータ	80
表 3-14	大気放出に係る内部被ばく（吸入）線量評価モデルのパラメータ	81
表 3-15	農作物摂取による内部被ばく（核種の地表沈着量）	81
表 3-16	農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度(粒子状核種)）	82
表 3-17	農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度（トリチウム））	83
表 3-18	農作物摂取による内部被ばく（農作物摂取による実効線量）	83
表 3-19	畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中の放射性物質濃度）	84
表 3-20	畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中への移行係数（トリチウム））	84
表 3-21	畜産物摂取による内部被ばく（畜産物摂取による実効線量）	85
表 3-22	水蒸気放出のシナリオ	85
表 3-23	地下埋設のシナリオ	86
表 3-24	地下埋設に係る内部被ばく（経口）線量評価モデルのパラメータ	87
表 4-1	SED 指標の RHP 項の定義一覧	93
表 4-2	形態係数 FF のスコア	94
表 4-3	制御係数 CF のスコア	94
表 5-1	タンク設置コスト概算結果	101
表 5-2	タンク解体コスト概算結果	102

1. はじめに

平成 25 年 12 月 25 日より、汚染水処理対策委員会の下にトリチウム水タスクフォースが設置され、東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」という。）における汚染水問題の内、特にトリチウム水の取扱いを検討するための基礎資料の作成を行っている。

平成 26 年 4 月 24 日に開催された第 8 回会合においては、成立しうる最終的な処分の在り方として選択肢（地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設）の洗い出しが行われた。

平成 28 年 4 月 19 日に開催された第 14 回会合においては、各選択肢の具体的な評価ケースについて、処分に必要な期間、コスト、施設規模、処分に伴う二次廃棄物の発生量、処分に伴う作業員被ばく等の評価結果が整理された。

本業務では、福島第一原発のトリチウム水の長期的な取扱い方法の決定に向けた今後の検討（多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会における検討）に資するよう、必要な調査を行った。

2. 放射性液体廃棄物の処分に係る国内外調査

トリチウムを含む放射性液体廃棄物の処分事例は国内外に存在するため、福島第一原発におけるトリチウム水の取扱い方法を検討する上で、それら国内外の類似事例を整理しておくことは重要である。そのため、国内外の類似事例について、以下の観点で文献調査及びヒアリング調査を行い、情報を取りまとめた。

- ① 過去の処分実績に係る情報
 - 処分方法
 - 期間あたりの処分量
 - 処分する際の濃度
 - 処分地（サイト）の立地環境
 - 処分地（サイト）周辺における住民との関係
- ② 規制基準
 - 具体的な数値基準
 - 規制の根拠・考え方
- ③ 処分に当たっての社会影響・環境影響
- ④ 合意形成プロセス

なお、国内に関しては、福島第一原発におけるトリチウム水の取扱い方法について、風評被害等の観点から検討するため、原子力関連施設だけでなく、国民の生活に広く影響を及ぼし、かつ関係者が多岐にわたる事業について、特に、③処分に当たっての社会影響・環境影響、④合意形成プロセスの観点において、文献調査及びヒアリング調査を行い、情報を取りまとめた。

表 2-1 に調査対象国及び調査対象施設の一覧を示す。

調査対象国として英国、仏国を選定したのは、多量のトリチウムを含む放射性液体廃棄物の処分実績のある再処理工場を有しているためであり、カナダ、韓国を選定したのは、同様に多量のトリチウムを生成する CANDU 炉を有しているためである。一方、米国を調査対象国としたのは、事故炉から発生したトリチウムを含む放射性液体廃棄物の処分実績を有しているためである。

表 2-1 調査対象国及び調査対象施設と調査項目の一覧

	英国		仏国		カナダ	韓国	米国		日本	
	原子炉	再処理	原子炉	再処理	原子炉	原子炉	原子炉	TMI-2	原子力	原子力以外
処分方法										
期間あたりの処分量										
処分濃度										
処分地の立地環境										
処分地周辺における住民との関係										
規制基準値										
規制の根拠・考え方										
社会影響・環境影響										
合意形成プロセス										

以下、2.1 節～2.5 節に国外（英国、仏国、カナダ、韓国、米国）の事例、2.6 節に国内の事例の調査結果を示す。

2.1. 英国

英国には原子力関連施設として原子炉と再処理施設が存在するため、それぞれについて調査を行った。結果を 2.1.1 項及び 2.1.2 項に示す。

2.1.1. 原子炉施設

① 処分方法

英国の原子炉施設において、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海洋に放出処分されている。

② 期間あたりの処分量

英国では 2017 年 1 月末時点で、EDF エナジー社が所有する原子力発電所が 8 カ所あり、同社によって 15 基の原子炉が運転されている¹⁾。

これらの発電所の炉型と各機の設備容量、また規制当局である環境規制機関が認めているトリチウムを含む放射性液体廃棄物の発電所外への放出限度（年間）、環境規制機関が実施したモニタリングの結果である 2015 年の放出実績値を表 2-2 に示す。

表 2-2 英国原子炉のトリチウム年間放出限度と実績

炉型	発電所	運開年	設備容量 (万 kW)	①年間限度 (Bq)	②2015 年 実績 (Bq)	割合 (%) (②/①)
AGR	ヒンクリーポイント B1	1976	47.5	6.50E+14	2.43E+14	37
	ヒンクリーポイント B2	1976	47.0	6.50E+14	2.43E+14	
	ハートルプール-1	1983	59.5	6.50E+14	1.43E+14	22
	ハートルプール-2	1984	58.5	6.50E+14	1.43E+14	
	ヘイシャム 1-1	1983	58.0	6.50E+14	1.04E+14	16
	ヘイシャム 1-2	1984	57.5	6.50E+14	1.04E+14	
	ダンジネス B1	1983	52.0	6.50E+14	2.92E+14	45
	ダンジネス B2	1985	52.0	6.50E+14	2.92E+14	
	ヘイシャム 2-1	1988	61.0	6.50E+14	3.90E+14	60
	ヘイシャム 2-2	1988	61.0	6.50E+14	3.90E+14	
	ハンターストン B1	1976	47.5	7.00E+14	2.55E+14	36
	ハンターストン B2	1976	48.5	7.00E+14	2.55E+14	
	トーンズ-1	1988	59.0	7.00E+14	2.84E+14	41
	トーンズ-2	1989	59.5	7.00E+14	2.84E+14	
PWR	サイズウェル B	1995	119.8	8.00E+13	1.95E+13	24

(出所：IAEA PRIS 及び英国環境規制機関等報告書より MRI 作成)

③ 処分する際の濃度

環境規制機関は「環境への放射性物質放出規制に関する環境規制機関への法定指針」²⁾に基づいて、発電所ごとに年間当たりの各核種の放出限度 (Bq) を設定しているが、濃度基準は設定していない³⁾。そのこともあってか、原子力発電所において、トリチウムを含む放射性液体廃棄物を処分する際の濃度測定結果は見当たらなかった。

④ 処分地 (サイト) の立地環境

英国における原子力発電所の立地状況を図 2-1 に示す⁴⁾。いずれの原子力発電所も海に近接して立地していることは、日本と同様であると言える。

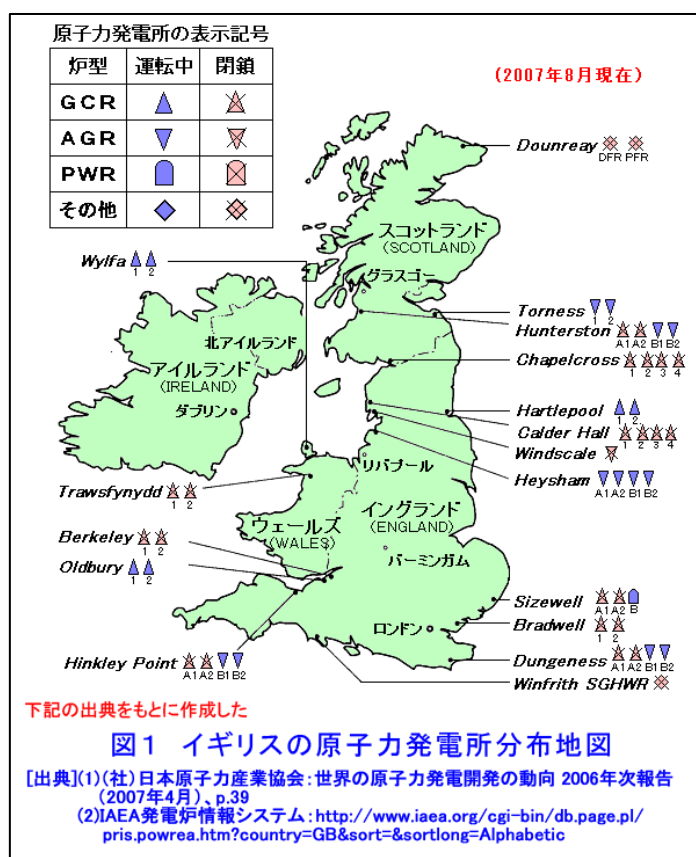


図 2-1 英国における原子力発電所の立地状況

⑤ 処分地 (サイト) 周辺における住民との関係

EDF エナジー社は、各発電所に関する環境許可取得の際に環境規制機関と合意した内容に基づき、各発電所にてボーリング調査による定期モニタリングを実施している。モニタリング結果に異常があった場合は、周辺地域・住民とのコミュニケーションのために作成している月次報告書に含めて、公表している⁵⁾。

トリチウムに関しては、EDF エナジー社は、ボーリング孔におけるモニタリングによっ

て検出された濃度が 100Bq/l よりも高い場合、原因究明のための調査を実施することについて、環境規制機関と合意している。これまでに、そのような放出値が検出された際の月次報告書の記述例について、以下に示す^{6),7)}。

【事例：ダンジネス B 発電所】

ダンジネス B 原子力発電所にて 2012 年 12 月に幾つかのボーリング孔によるモニタリングでトリチウム濃度の検出レベルが上昇した。そのレベルは公衆・従業員に及ぼす健康リスクは全く問題の無い範囲ではあるが、ボーリング孔の本数と調査回数を増加させることが、トリチウムについての基本的な説明とあわせて月次報告書において示されている。

また 2014 年 9 月にもトリチウムのレベルが上昇し、100Bq/l を超過したため、公衆・従業員に及ぼす健康リスクは全くないレベルではあるものの、環境規制機関と協力してモニタリングを行っていくとしている（その後、10 月に 250Bq/l、2015 年 1 月に 129Bq/l まで減少）。

なお、ボーリング孔におけるトリチウムの基準濃度は、1998 年 EU 飲料水指令⁸⁾及び英国の 2000 年水供給(水質)規則⁹⁾(飲料水基準規則とも呼ばれている)での基準値(100Bq/l)を参照している。なお、EU 指令での基準値は人が使用する水における基準値であることに對して、英国の規則での基準値は給水地点における基準値となっている。

⑥ 具体的な数値基準

規制基準として定められているものは、上記②に記載したとおり、年間の総放出量 (Bq/年) であり、上記③に記載したとおり、放出時の濃度に関する基準は定められていない。

⑦ 規制の根拠・考え方

英国では各原子力サイトからの年間放出量は、イングランド・ウェールズでは 2010 年環境許可規則 (EPR2010)、スコットランドでは 1993 年放射性物質法のもとで規制されており、事業者はそれぞれ地域の環境規制機関 (イングランド環境規制機関 (EA)、天然資源ウェールズ (NRW)、スコットランド環境保護局 (SEPA)) から許可を取得することとされている。また、EPR2010 及び EPR2010 で引用されている EU の基本安全基準 (BSS) では、個人の被ばく線量、線源線量、単一サイト線量の法定制限値 (それぞれ 1mSv/年、0.3mSv/年、0.5mSv/年) を超えないこととされている。

各原子力サイトからの年間放出量については、サイト操業者及び/または当該地域の環境規制機関が実施する評価に基づき、環境規制機関が許可する放出量を核種ごとに設定しており、それぞれの核種の限度値での放出があった場合でも、個人の被ばく線量、線源線量、単一サイト線量の法定制限値 (それぞれ 1mSv/年、0.3mSv/年、0.5mSv/年) を超えないように設定されている。また、設定の際には、食料摂取による線量も考慮されている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

原子力発電所の新規（変更）許可申請時に提出する影響評価の中に社会影響・環境影響が含まれる。事業者は、2009年インフラ計画（環境影響評価）規則¹⁰及び2011年都市田園計画（環境影響評価）規則¹¹に沿って、環境影響評価を実施しなければならない。同規則の附則（Schedule）4では、環境声明書（ES）で記載されるべき情報（どちらかのパターン）が以下のように示されている。実際には、事業者は評価対象、つまりESに記載すべき情報についての当局からの見解を踏まえて、評価対象（記載情報）を決定する¹²。

【パターン1】

- 開発概要；特に以下を含むこと
 - 建設・運転段階における開発全般及び土地利用の物理的特性
 - 物質の特性・量といった生産プロセスにおける主な特徴
 - 運転によって発生する残渣や放出物（水質・大気・土壌汚染、騒音、振動、光、熱、放射線等）の種類・量の見積
- 環境影響を踏まえての代替案の概要と選定理由
- 開発によって深刻な影響を受ける可能性のある環境面（特に人口、動植物、土壌、水質、大気、気候要因、建築遺産・考古学的遺産といった物質資産、景観、及びこれらの相関関係）
- 以下に挙げる開発によって生じる、直接的・間接的・第2次的・蓄積的・短期的・中期的・長期的・恒久的・一時的・プラス的・マイナス的影響、及び影響評価方法
 - 開発そのもの
 - 天然資源の利用
 - 汚染物の放出、公害の発生、廃棄物処分
- 環境への深刻なマイナス影響を防止、抑制、可能な場合は相殺する措置
- 上記5点に関する情報の非技術的要約
- これらの情報を編集するにあたっての問題点（技術不足または知見不足）

【パターン2】

- 開発サイト・設計・規模についての情報からなる開発概要
- 環境への深刻なマイナス影響を回避、抑制、可能な場合は改善するための措置
- 開発による環境への主な影響を特定・評価するために求められるデータ
- 環境影響を踏まえての代替案の概要と選定理由
- 上記4点に関する情報の非技術的要約

例えば、新設されるヒンクリーポイントCのESでは、パターン1に沿ってESが作成されている。そこでは、トリチウムも影響評価の対象となっており、海水、地下水、地表水、浅地及びそれよりも深いところにある土壌中における濃度評価が実施されている¹³。

⑨ 合意形成プロセス

各原子力発電所の立地地域には地域代表者委員会（LLC）、地域コミュニティ代表者会議（LCLC）、サイト・ステークホルダー・グループ（SSG）と呼ばれる地域コミュニティ・グループが設置されている。これらのグループは EDF エナジー社によって運営され、地域の全住民に関係がある事項を議論する会合が 4 半期に一度開催されている（開始時期は不明だが、かなり古い模様である）。これらのグループには、地域関係当局、労働組合、関心を有する地域グループ、地域住民等が参加している。なお、これらの地域コミュニティ・グループに関する法的な規定はない¹⁴⁾。

この他にも、EDF エナジー社は適宜、以下のように地域とのコミュニケーションを図っている⁵⁾。

- 事業に関する全ての事項について議論をすることを目的とした、発電所周辺のステークホルダーとの定期会合
- 地域で生じた懸念点について議論するための臨時会合
- 月次事業報告としてニュースレターの発行
- 地域住民の意見調査、ビジターセンター、地域コミュニティのイベント参加や学校訪問といった原子力コミュニケーション・プログラムの実施

2.1.2. 再処理施設

英国における再処理施設としてはセラフィールドに 2 つの施設が存在している。1 つはガス炉（GCR）から発生した使用済燃料を再処理するマグノックス再処理施設、もう 1 つはガス改良炉（AGR）及び海外軽水炉から発生した使用済燃料を再処理する酸化燃料再処理施設（THORP）である。

セラフィールド・サイトは原子力廃止措置機関（NDA）によって所有され、NDA との契約により、セラフィールド社が同サイトにある各原子力施設を操業している¹⁵⁾。

① 処分方法

英国の再処理施設において、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海中に放出処分されている。

② 期間あたりの処分量

前述した原子力発電所サイトと同様に、セラフィールド・サイトに対して、規制当局である環境規制機関が認めているトリチウムを含む放射性液体廃棄物のサイト外への放出限度（年間）、環境規制機関が実施したモニタリングの結果である 2015 年の放出実績値を以下に示す³⁾。

- ・年間限度（Bq） : 1.80E+16Bq
- ・2015 年実績（Bq） : 1.54E+15Bq

・割合（実績／限度） : 8.6%

一方、前述した原子力発電事業者と同様にセラフィールド社も毎年、モニタリングを実施しており、トリチウムのモニタリング後の海洋への放出量と工場排水としての河川への放出量や地下水に含まれる量を公表している。海洋・工場排水への放出量は表 2-3 および表 2-4 に示すとおりである。また、地下水モニタリングにより、最大約 10,000 Bq/l (1.0 E+07 Bq/m³)が検出されているが、同社は、WHO の飲料水基準 (10,000Bq/l) を参照し、特に問題となる数値ではないとしている¹⁶⁾。

表 2-3 セラフィールドにおける海洋への排出量上限と実績

海洋への年間排出量 (TBq)					承認されている
2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	排出量上限
2,100	1,100	1,400	1,300	1,500	18,000

表 2-4 セラフィールドにおける工場排水への排出量上限と実績

工場排水への年間排出量 (GBq)					承認されている
2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	排出量上限
13	9.9	6.6	4.6	7.4	68

セラフィールド社は、定期モニタリングの目的を、セラフィールド及びその周辺地域の地下水品質に関して、データ分析を行い、年度ごとの大きな数値変化の有無を確認することにあるとしている。また、環境許可において義務付けられている、放射性・非放射性の両面でのサイトの地下水モニタリング・プログラムに関する規制要件に関する概況を把握するためのものとしている。

③ 処分する際の濃度

処分する際の濃度に関する規制は存在せず、また、実際の処分濃度に関する情報も得られなかった。

④ 処分地（サイト）の立地環境

セラフィールド・サイトの立地環境を図 2-2 に示す¹⁷⁾。図 2-2 はモニタリングポイントを示す図であるが、セラフィールド・サイトが沿岸部に立地していることが分かる。図中左側に見える島はオートバイレースで有名なマン島であり、図中には見えないが、さらに西側にはアイリッシュ海を隔ててアイルランドが存在している。

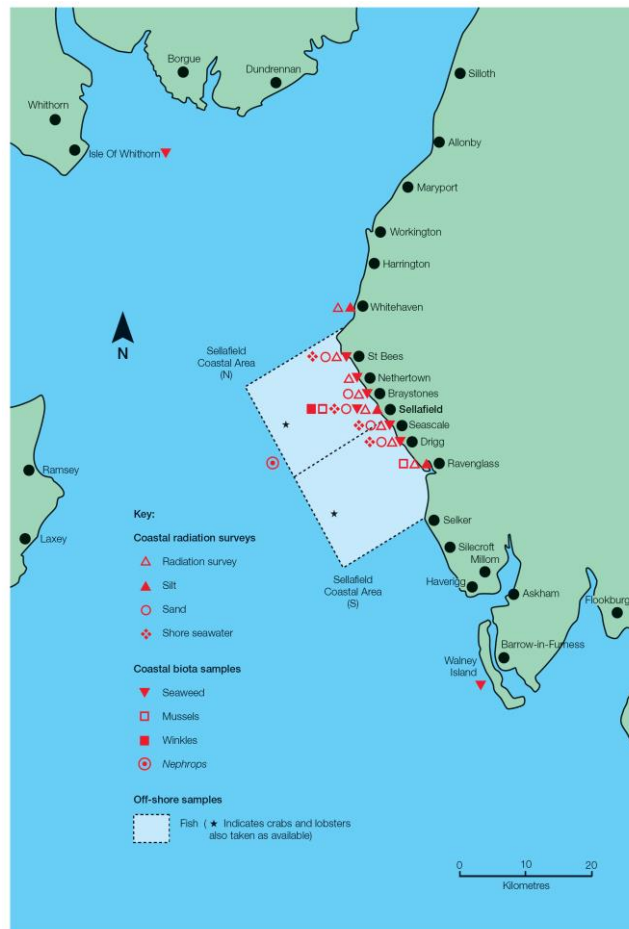


図 2-2 セラフィールド・サイトの立地位置

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

セラフィールド社による定期モニタリング報告書では、トリチウムをはじめとする放射性核種による決定グループ（大人、子供、幼児、胎児）への線量（ μSv ）、海水放出による集団線量（ $\text{人}\cdot\text{Sv}$ ）、吸引・摂取当たりの預託実効線量（ Sv/Bq ）、サイト近郊農場の動植物（ Bq/kg ）、海水サンプル（ Bq/l ）、水道水（ Bq/l ）、土壌（ Bq/kg ）、芝生（ Ba/kg ）、サイト内地下水（ Bq/kg ）に関する線量・濃度等が示されている¹⁶⁾。

また、同社はステークホルダーとのコミュニケーション向上、ステークホルダーへの適宜・適切な関連情報の提供を目的として土地品質管理チームを 2006 年に設置し、地下水に特化したモニタリング報告書を毎年作成し、規制当局によるレビューを受けた後、公衆とのコミュニケーション用に設けた独自のウェブサイト上で公表するなどしている¹⁵⁾。

セラフィールドに特徴的な点として、隣国であるアイルランドとの関係がある。アイルランドは、意識のレベルは長期的には変動が見られるが、基本的には「反セラフィールド」の立場をとっている。そのため、土地品質管理チームは、アイルランドの同等の立場の人達と定期的に話し合う場を設けており、政治家同士や規制機関同士で意見を交わしている。

過去に、セラフィールドはテクネチウム（海洋環境に放出された Tc99 は食物連鎖を通じ人体に影響を与えることが予想されている）の排出レベルが非常に高いという問題を抱え、アイルランドをはじめ、ノルウェーやその他の北海周辺の国々の懸念材料となっていた。そのため、セラフィールドでは積極的に放射性物質の排出削減プロセスを導入し、テクネチウムの排出量を大幅に削減したという経緯がある¹⁸⁾。

⑥ 具体的な数値基準

規制基準として定められているものは、上記②に記載したとおり、年間の総放出量（Bq/年）であり、上記③に記載したとおり、放出時の濃度に関する基準は定められていない。

⑦ 規制の根拠・考え方

英国の原子炉施設の項で記載した内容と同様であるが、念のため、以下再掲する。

英国では各原子力サイトからの年間放出量は、イングランド・ウェールズでは 2010 年環境許可規則（EPR2010）、スコットランドでは 1993 年放射性物質法のもとで規制されており、事業者はそれぞれ地域の環境規制機関（イングランド環境規制機関（EA）、天然資源ウェールズ（NRW）、スコットランド環境保護局（SEPA））から許可を取得することとされている。また、EPR2010 及び EPR2010 で引用されている EU の基本安全基準（BSS）では、個人の被ばく線量、線源線量、単一サイト線量の法定制限値（それぞれ 1mSv/年、0.3mSv/年、0.5mSv/年）を超えないこととされている。

各原子力サイトからの年間放出量については、サイト操業者及び/または当該地域の環境規制機関が実施する評価に基づき、環境規制機関が許可する放出量を核種ごとに設定しており、それぞれの核種の限度値での放出があった場合でも、個人の被ばく線量、線源線量、単一サイト線量の法定制限値（それぞれ 1mSv/年、0.3mSv/年、0.5mSv/年）を超えないように設定されている。また、設定の際には、食料摂取による線量も考慮されている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

セラフィールドでは、トリチウム水を海洋へ年間 2000TBq 程度放出している。その他の放射性核種の放出量に比較して遥かに多いが、サイト周辺の公衆への被ばくにおけるトリチウムの占める割合は、総線量の 0.2%未満である。セラフィールドがあらゆる放射性核種を上限まで排出したと仮定すれば、サイト周辺の公衆への被ばく線量は年間 225 μ Sv である。しかしながら、実際の被ばく線量は年間 20 μ Sv 程度である。英国の放射性物質に関する排出戦略では、未だ確定はしていないが、将来における排出量の上限をさらに厳しくすることを計画している¹⁸⁾。

社会影響と言う観点では、上記⑤項に記載したアイルランド等との関係を挙げるができる。（⑤項を参照）。

⑨ 合意形成プロセス

英国の原子炉施設の項でも記載した内容と同様に、セラフィールドについてもサイト・ステークホルダー・グループ（SSG）が設置されており、西カンブリア州 SSG（WCSSG）と呼ばれている（詳細は 2.1.1 の⑨項参照）。セラフィールド社は 6 カ月毎に環境・保健・安全・事業活動等の状況を纏めた報告書を WCSSG 向けに提出している。同報告書内では、トリチウムの放出量の状況（増減）も簡単に示されている¹⁹⁾。

また同社は、WCSSG の環境・保健ワーキンググループの定期会合にも参加しており、トリチウムの放出状況等について地図を利用して説明している²⁰⁾。

2.2. 仏国

仏国には原子力関連施設として原子炉と再処理施設が存在するため、それぞれについて調査を行った。結果を 2.2.1 項及び 2.2.2 項に示す。

2.2.1. 原子炉施設

① 処分方法

仏国の原子炉施設において、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海洋もしくは河川に放出処分されている。

② 期間あたりの処分量

トリチウム白書に示された各原子力発電所の 2011～2015 年にかけてのトリチウム（液体廃棄物）の排出量の推移を図 2-3 に示す²¹⁾。

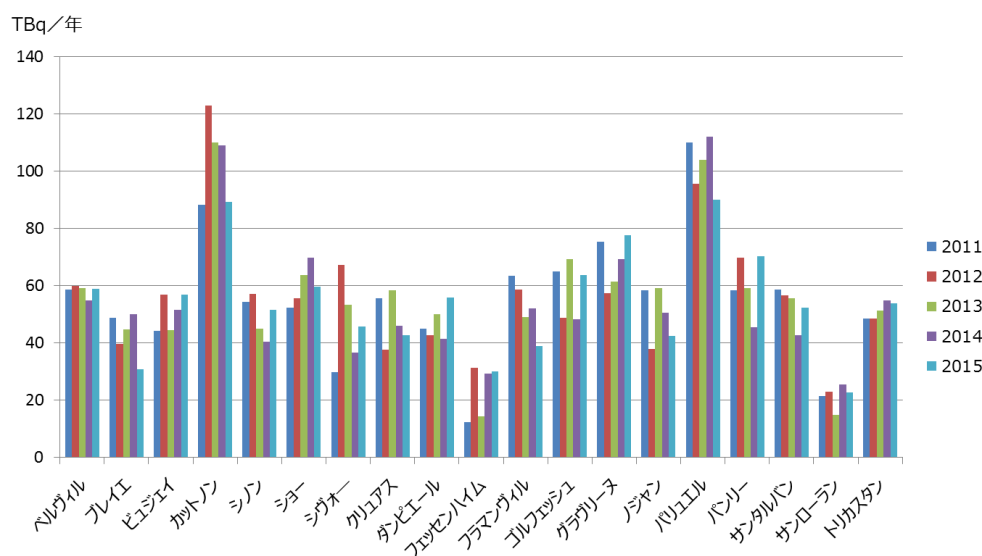


図 2-3 各原子力発電所のトリチウム（液体廃棄物）排出量の推移（2011～2015 年）

③ 処分する際の濃度

濃度に関する規制値は、⑥項に後述する様に、放水口の放射性物質の濃度の上限として 4 万 Bq/L が定められているが、実際にどの程度の濃度で処分しているかについての情報を得ることはできなかった。

④ 処分地（サイト）の立地環境

仏国における原子力発電所の立地状況を図 2-4 に示す²²⁾。いくつかの原子力発電所は海に近接して立地しているが、いくつかの原子力発電所は内陸に立地しており、その点において日本と異なっていると言える。海に近接している原子力発電所では、トリチウムを

む放射性液体廃棄物を海洋放出しており、内陸に立地している原子力発電所では、河川放出している。

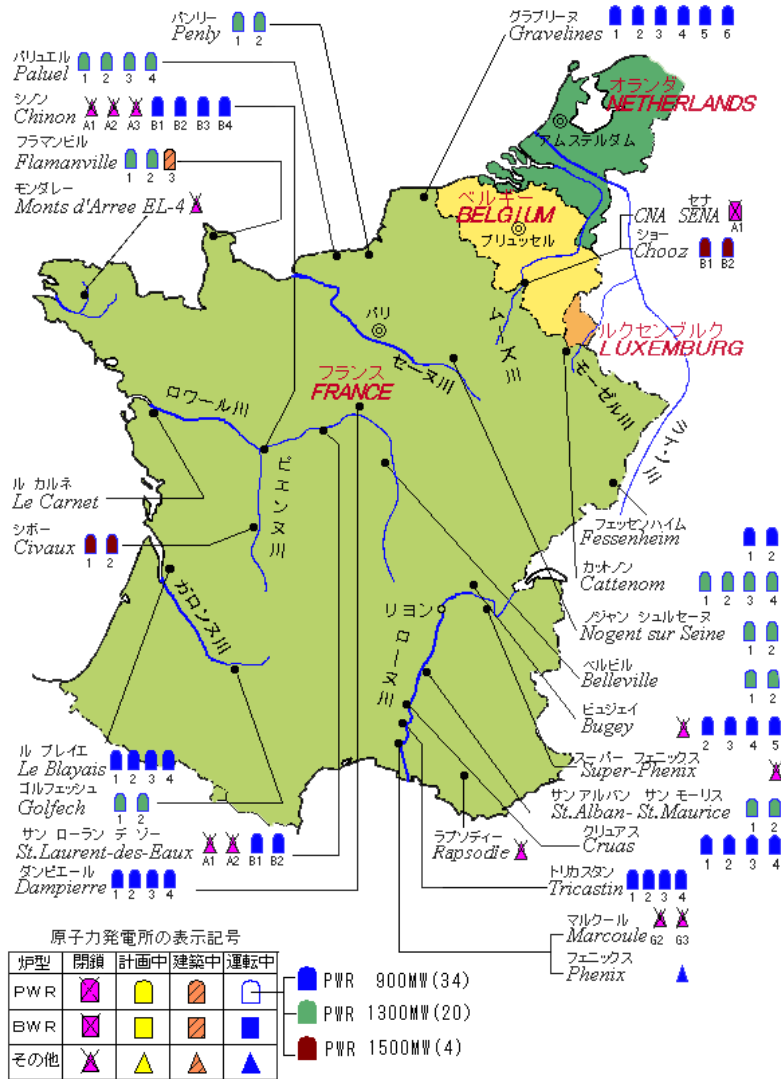


図1 フランスの原子力発電所分布地図

【出典】(社)日本原子力産業協会：世界の原子力発電開発の動向 2007/2008 (2008年4月)、p.55、p.82-87

図 2-4 仏国における原子力発電所の立地状況

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係
本項については、後述する⑨項に併せて詳述する。

⑥ 具体的な数値基準

フランスの環境法典第 L.593-10 条では、原子力施設から排出される放射性物質の排出上

限は原子力安全機関（ASN）が定める規則によって規定されること、当該 ASN 規則は、原子力安全を管轄する大臣の承認を得ることが定められている²³⁾。また、環境法典の施政令（デクレ）である「原子力基本施設及び原子力安全・放射性物質輸送管理に関する 2007 年 11 月 2 日の政令（2007-1557）」（以下、手続きデクレ）の第 3 条では、放射性物質の排出上限を定める ASN の規則（法的拘束力を持つ ASN の決定：decision）は、原子力安全を管轄する大臣の省令（アレテ）によって公布されること、また第 18 条では、排出上限に関する ASN の決定案は、その概略をまとめた報告書を添付した上で、当該原子力施設が立地する県の知事と、当該原子力施設の周辺に設置されている地域情報委員会（CLI）に送付されることが規定されている²⁴⁾。環境法典、手続きデクレの措置の施行のために定められた 2012 年 2 月 17 日のアレテの第 4.1.2 条では、施設の排出、取水、放出の制限値は、施設の性質、立地、及び地域の環境条件を考慮して受容し得る技術的・経済的条件において利用可能な最高の技術に基づいて設定されることが規定されている²⁵⁾。また放出量は、1998 年 2 月 2 日のアレテに定められた制限を超えてはならないことも規定されている²⁶⁾。

以下では、最近定められた ASN の決定のうち、フランス電力（EDF）のサン・ローラン・デ・ゾー原子力発電所の排出上限について定めたものを記載する。

2015 年 2 月 19 日付 ASN 決定 2015-DC-0498 の附属書のうち、セクション 3 の指示番号 [EDF-SLT-236] において、同発電所における排出管の出口における PH 値が 6～9 の範囲にあるか、または、排液によって、原子力発電所サイトからの排出口の周辺におけるロワール川の PH 値が悪化しないこととされている。また、1998 年 2 月 2 日のアレテに定められた排液の PH 値の上限を超えてはならないことも規定されている。これらの規定に続き、ASN 決定の指示番号 [EDF-SLT-236] の表において、トリチウム年間の液体放射性物質の放出量が「45,000GBq/年」を超えないことが定められている²⁷⁾。

この他の例として、サンタルバン原子力発電所の排出上限について定めた 2014 年 12 月 2 日付決定 2014-DC-0470 では、附属書のうち、セクション 3 の指示番号 [EDF-SAL-129] において、同発電所における排出管の出口の PH 値が 6～9 の範囲にあることが規定されている。ただし、排出管の手前における PH 値がこの範囲外にある場合、ローヌ川に注ぐ排出管の排液の PH 値は、ローヌ川の PH 値を悪化させないものとすることが規定されている。また、1998 年 2 月 2 日のアレテに定められた排液の PH 値の上限を超えてはならないことも規定されている。これらの規定に続き、ASN 決定の指示番号 [EDF-SAL-130] の表において、トリチウム年間の液体放射性物質の放出量が「80,000GBq/年」を超えないことが定められている²⁸⁾。

なお、トリチウム（液体廃棄物）の濃度に関しては、EDF の原子力発電所の従業員向けのガイド「原子力発電所と環境」において、放水口の放射性物質の濃度の上限が 4 万 Bq/L であることが規制上定められていることが示されている²⁹⁾。

⑦ 規制の根拠・考え方

上記のトリチウム（液体廃棄物）の年間排出上限値の考え方については、EDF、ASN、政府機関等の公式ウェブサイト上の公開情報からは確認できない。ただし、トリチウム白書において放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）は、年間排出上限値の設定に関して見解を示すにあたっての考え方について説明している。これによれば、まず、実際の運転及び安全報告書等に示された運転状況と整合した運転を行った場合に放出が予想される最大値を予測することから始めるとされている。この予測が、過去の運転実績データに基づくものである場合、総合的な運転状態、トリチウムの一時的なサイト内での貯蔵による影響、液体廃棄物中のトリチウム測定装置の性能を考慮して、試算された最大値を基に調整するとされている。

濃度については、EDFの放射線防護委員会のメンバーが執筆した論文によれば、2001年12月20日のデクレ第2001-1220号において、飲料水中のトリチウムの濃度が100Bq/Lと規定されたこと、また水質基準の総線量（Total Indicative Dose）が0.1mSv/年と規定されたことに基づき、算出されたという³⁰⁾。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

2009年9月に開催されたフランス放射線防護協会（SFRP）によるトリチウムに関する会議でのEDFの発表資料では、陸上及び水中の植物及び動物について実施されたトリチウム水蒸気（HTO）及び有機結合型トリチウム（OBT）の測定の結果、食物連鎖においてトリチウムが濃縮されている事実は確認されなかったとされている。また同資料では、BLIQID計算コードを用いて、年間排出量（Bq/年）、各サイト環境のパラメータ（気象条件、食習慣、液体廃棄物が排出される環境における希釈状況等）、食物や水の摂取による内部被ばくや外部被ばくとといった被ばく経路の違いを考慮して、トリチウム（液体廃棄物）による原子力発電所周辺住民の被ばく線量を試算した結果、19カ所の原子力発電所の周辺住民の合計被ばく線量は、 $1\mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下～ $10\mu\text{Sv}/\text{年}$ の範囲となる結果が得られた。この試算結果の中から、フラマンヴィル原子力発電所の周辺の漁師の被ばく線量結果が示されている。EDFに認められた上限までトリチウム（液体廃棄物）を排出した場合の被ばく線量は、一般住民レファレンスグループは $0.014\mu\text{Sv}/\text{年}$ であったのに対し、漁師レファレンスグループは $0.037\mu\text{Sv}/\text{年}$ となっている。

またその他の環境影響評価結果として、北東大西洋の海洋環境保護のための条約であるOSPAR条約対象地域の住民の被ばく線量へのトリチウムの影響に関する2002年の調査結果では、トリチウムの影響は、原子力産業起源の排出による被ばく線量の1%にも満たないとの結果が得られていることが紹介されている。さらに、欧州委員会の研究プロジェクトとして実施された「電離放射線汚染による環境リスク：評価と対処」（ERICA）の枠組みで実施された1995～2005年にかけての北大西洋における各放射性核種の濃縮状況の調査結果では、フラマンヴィル原子力発電所やラ・アーク再処理プラントが立地するラ・マンシ

ユ県近傍の英仏海峡や北海におけるトリチウムによる被ばく線量は、セシウム 137 の線量の 100 分の 1 以下であること等が明らかになったとされている。

⑨ 合意形成プロセス

EDF の原子力発電所からのトリチウム（液体廃棄物）の排出に係る合意形成に関する情報は、EDF、ASN、政府機関等の公式ウェブサイト上の公開情報からは確認できないが、関連する情報として、トリチウムを含む放射性物質の排出上限について定める ASN の決定案に関する地域情報委員会 (CLI) に対する意見聴取に関する情報をまとめる。意見聴取は、近年実施されたものを対象とした。

サン・ローラン原子力発電所

トリチウムを含む放射性物質の排出上限について定める ASN の決定は、正式に策定される前に、その概略をまとめた報告書を添付した上で、当該原子力施設が立地する県の知事と、当該原子力施設の周辺に設置されている CLI に送付されることが事業者には義務付けられている。サン・ローラン原子力発電所の排出上限に係る ASN 決定案に関しては、2014 年 11 月 26 日付でサン・ローラン発電所について設置されている CLI が見解を表明していることが、同決定を承認したアレテの記載から分かるが、その内容については、公開情報からは確認できない。

サンタルバン原子力発電所

サンタルバン原子力発電所におけるトリチウムを含む放射性物質の排出上限について定める ASN 決定案も、事前に CLI の見解が聴取された。CLI は 2014 年 9 月 15 日に見解を表明しているが、その際の議論について、当日の CLI 総会の議事録で確認できる内容、特に、CLI の ASN 決定案に関する見解の内容を以下にまとめる³¹⁾。

この CLI の会合では、トリチウム排出上限値の引き上げについて検討を行ってきた CLI の作業部会から、トリチウム（液体廃棄物）の排出上限値が、60,000GBq/年から 80,000GBq/年に引き上げる ASN 決定案の内容について、留保付きで肯定的な見解を示すとの案が示された。留保をつけた理由としては、以下の点が会合での質疑応答で挙げられている。

- 2009 年以降のトリチウム（液体廃棄物）の排出実績は 54,000GBq であり、既存の排出上限値の範囲内に収まっており、上限値を引き上げる必要性に疑問がある。
- トリチウム（液体廃棄物）の排出上限を引き上げると合わせて、トリチウム（気体廃棄物）の上限値を引き下げることが IRSN から提言されたにも関わらず、トリチウム（気体廃棄物）の上限値も引き上げられている。
- EDF や ASN からは、トリチウム（気体廃棄物）の上限値が引き上げられたことについての説明がない。

この CLI の見解案について、CLI 総会の出席者から意見や疑問が提起されて議論が行われた。例えば、“放射能に関する独立情報調査委員会 (Criirad)”の代表は、上限値の引き上げに関する文書が、インターネット上などで入手できず、離れた場所に照会に出向かね

ばならなかったことや、EDF に開示要求をしたものの拒否された資料があったことなどの問題が指摘された。これに対して ASN のリヨン支局の代表は、提供可能な資料は提供されており、十分な時間をかけて議論が行われたことを評価するとのコメントがあった。なお、ASN 代表が、トリチウム（液体廃棄物）の排出上限を引き上げたことによる被ばく線量は非常に小さく人体や環境への影響がないとの説明を行ったところ、総会の出席者の一部からは、仮定に基づく試算結果にすぎないとの批判もあった。

最終的に CLI の見解案は、出席者 32 名のうち、23 名が賛成票、9 名が反対票を投じ、可決された。

2.2.2. 再処理施設

① 処分方法

仏国の再処理施設において、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海中に放出処分されている。

② 期間あたりの処分量

仏国の再処理施設（ラ・アーク）における期間あたりのトリチウム処分量を表 2-5 に示す^{32),33)}。

表 2-5 ラ・アークにおける液状・ガス状のトリチウム総放出量（2014 年）

放射性物質（状態）	年間放出量 （TBq）	年間の制限値 （TBq）	年間制限値に対する 年間放出量（%）
トリチウム（液状）	12,700	18,500	68.59
トリチウム（ガス状）	66.30	150	44.17
※参考 放射性ヨウ素（液状）	1.55	2.60	59.97
※参考 放射性ヨウ素（ガス状）	0.005360	0.018	29.80

③ 処分する際の濃度

2013 年には、再処理施設 UP2-800（同年の使用済み核燃料の処理量は 669 トン）から合計で 20,062 m³ のトリチウム水が、再処理施設 UP3（同年の使用済み核燃料の処理量は 503 トン）から 18,880m³ のトリチウム水が排出され、すべて合わせると 40,000 m³ のトリチウム水が排出された。合計で 1.34×10¹⁶ Bq のトリチウム水が排出され、単純計算すると濃度はおよそ 3×10⁸ Bq/L である。

ただし、2013 年の数値は近年の排出量の標準的な量であったが、毎年排出されるトリチウム水の量は、再処理される燃料の量に依存して増減する¹⁸⁾。

④ 処分地（サイト）の立地環境

仏国における再処理施設の立地状況を図 2-5 に示す³⁴⁾。ラ・アークは海洋に近接しており、マルクールは内陸に立地している。



下記の出所をもとに作成した。

図 1 フランスの核燃料サイクル関連施設のサイト

[出所]AREVA NC Used fuel treatmentホームページ:<http://www.aveva-nc.com/servlet/ContentServer?pagename=cogema.fr/home>

図 2-5 仏国における再処理施設の立地状況

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

現在、フランスのラ・アーク再処理工場周辺のトリチウムに関する議論は行われていない。

下記に示す通り、北コタンタン放射線生態学グループ（GRNC）は、放射線物質および化学物質放出に対処する、複数の問題と密接に関連している。この委員会は多元的で、地元のステークホルダーが参加し、結果を一般公開している。また、GRNC が設立された際、市役所で会議が開かれた。そのため信頼できる方法で情報が共有され、始めは再処理工場に疑念を抱いていた人々たちを、確実に説得できた。

1990 年末、つまりラ・アーク再処理工場が運転を開始して約 30 年後に、ラ・アーク再処理工場周辺の白血病に関する疫学的評価が公表され、論争が起こった。そのため、1997 年に、当時の大統領、環境・衛生大臣が GRNC を設立した。

「北コタンタン放射線生態学グループ」（GRNC）は、国際的な専門家から成る多元的な委員会で、地元の組合や非政府機関等のステークホルダーから成る。同グループのミッションを以下に挙げる。

- 最初のミッション（1997～2000年）は、この県（北コタンタン）の気体・液体の放射性物質放出の一覧表の作成、環境中と食物連鎖の製品に含まれる放射能のモニタリング調査、潜在的に最も曝露された住民と関連リスクに関する、北コタンタンの核施設の放射線学的影響の調査である。

- 2つ目のミッション（2000～2002年）は、核施設の核設備、英国の委員会である「環境における放射線の医学的側面に関する委員会」の基準に従った評価、化学物質の放出による環境・健康への影響の調査に使われる主要パラメータに関する感度調査の実現である。
- 3つ目のミッション（2004～2010年）は、アレバ社のラ・アーク再処理工場で算出した影響評価の査定、北コタンタンの核施設周辺の化学物質の試料採取・測定の実現である。

前述のステークホルダー間のコミュニケーションの実施は、法律で定められている。

2006年以降、地域情報委員会（CLI）は、原子力法（「Nuclear Field Act」、フランスの「Loi TSN」）により透明性と安全を課されている。だが、アレバ社のラ・アーク再処理工場の地域情報委員会は、TSN法が施行されるかなり前の、1981年に設立された。すなわち、ラ・アーク再処理工場での、ステークホルダー間のコミュニケーションは、法律で定められる前から行われていた。

TSN法の第III編の第II章には、フランスのラ・アーク再処理工場を含む全ての核施設は、「地域情報委員会（フランス語では「CLI」）」の設立が定められている。CLIは、サイト設置と関わりのある原子力安全、放射線防護、再処理工場の運転による個人・環境への影響に関する情報の調整・共有というミッションが課されている。また、取組みの結果を、最大数の住人がアクセス可能な形で広く発信している。

更に、AREVA社のラ・アーク再処理工場のウェブサイトにも、公的報告書が2件公開されている³⁵⁾。

最初の報告書は、TSN法で求められているもので、原子力安全、廃棄物、環境について論じている。制限超過や、ラ・アーク再処理工場における放出の条件・制限を定めた決定ASN 2015-DC-0535や決定ASN 2015-DC-0536への順守違反といった、放出やあらゆる「環境事象」の記述に関する基本情報を得ることができる。

2つ目の報告書は、基本的な核施設に関する一般ルールを定めた2012年2月7日付けの規則、そして、環境に対処する規定を詳述した2013年7月16日付のASN決議2013-DC-0360によって義務付けられている。またASN決議2015-DC-0535には、アレバ社のラ・アーク再処理工場の放出の条件・制限を定めている。この環境モニタリングの年次報告書には、環境に関する詳細な情報が記載されている。どちらの報告書もASN、CLI、原子力安全大臣に送られる。

CLIは、地元の選出議員、国民、無所属の科学専門家、および原子力安全庁（ASN）の当局者で構成されている。CLIでは年に3～4回会議を開き、一般に公開している。CLIは、各会議の議題を決め、それぞれの会議に備えて、事前にアレバ社へリクエストや質問事項を送付している。アレバ側は、受け取ったリクエスト・質問事項への回答を準備し、アレバ社のメンバーが、CLIの会議で回答に関する説明を行う。会議は通常ほぼ一日かけて、朝10時から夕方4時まで行われる。

TSN法によれば、CLIのメンバーは、核施設のあるデパートメント（日本語の”県”に相当するフランス語）の総務会の議長によって任命される。アレバ社の代表者は、実際のCLIのメンバ

一ではないが、顧問の立場で会議に出席することが許されている。CLIの経費の資金調達は、アレバ社ではなく政府が行う。

⑥ 具体的な数値基準

再処理施設におけるトリチウム（液体廃棄物）の処分についても、原子炉施設における法令・規則体系が適用される。そのうえで、原子炉施設と同様に、個別の原子力施設におけるトリチウム（液体廃棄物）の上限値については、ASNの決定によって定められる。ラ・アーグ再処理プラントについては、2015年12月22日付の原子力安全機関（ASN）の決定第2015-DC-0536号によって定められており、同決定の指示番号〔AREVA-LH94〕の表において、トリチウム年間の液体放射性物質の放出量が「18,500TBq/年」を超えないことが定められている³⁶⁾。

⑦ 規制の根拠・考え方

上記のトリチウム（液体廃棄物）の排出量の上限値の考え方については、AREVA社、ASN、政府機関等の公式ウェブサイト上の公開情報からは確認できない。ただし、トリチウム白書において IRSN は、年間排出上限値の設定に関して見解を示すにあたっての考え方について説明している。これによれば、まず、実際の運転及び安全報告書等に示された運転状況と整合した運転を行った場合に放出が予想される最大値を予測することから始めるとされている。この予測が、過去の運転実績データに基づくものである場合、総合的な運転状態、トリチウムの一時的なサイト内での貯蔵による影響、液体廃棄物中のトリチウム測定装置の性能を考慮して、試算された最大値を基に調整するとされている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

ラ・アーグの周辺住民へのトリチウム排出による放射線影響は、北コタンタン放射線生態学グループ（GRNC）の取り組みにおいて、AREVA社と IRSN が共同で開発したソフトウェア ACADIE によって試算された。その結果、ラ・アーグ近傍のグリ自治体のレファレンス住民グループ及びディギュルヴィル自治体のレファレンス住民グループへのトリチウム排出による年間被ばく線量は、以下のとおり試算された²¹⁾。

表 2-6 トリチウム（液体廃棄物）の周辺住民への影響（年間被ばく線量）

	グリ自治体	ディギュルヴィル自治体
2004年	2.9×10^{-3}	13.4×10^{-3}
2008年	1.7×10^{-3}	7.9×10^{-3}

（単位： $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ）

いずれも $0.1 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下であり、自然放射線に 2 日間曝された場合の被ばく線量 10～

20 μ Sv/年の1%以下であり、周辺住民への放射線影響は非常に小さいことが確認された。

また IRSN のシェルブールの研究室が行った海産物のサンプル調査の結果、2000～2009年にかけてサンプルから検出されたトリチウム水蒸気（HTO）及び有機結合型トリチウム（OBT）は以下に示すとおりである²¹⁾。

表 2-7 海産物サンプル調査結果（2000～2009年）

	サンプル数	HTO (Bq/L)		OBT (Bq/L)	
		最小値	最大値	最小値	最大値
海藻	57	1.4	12.1	2.0	12.5
甲殻類	6	3.0	12.5	3.1	16.0
棘皮動物（ウニ、ヒトデ等）	1	-	2.5	-	9.7
軟体動物（タコ、イカ等）	15	2.4	19.3	4.2	14.2
魚	12	2.5	14.0	4.2	13.8

⑨ 合意形成プロセス

本項については、先述の⑤項に詳述したとおりである。

2.3. カナダ

カナダにおける原子炉施設に関して、以下調査結果を記載する。

① 処分方法

カナダの原子炉施設は海岸及び内陸に立地しており、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海洋、湖、河川に放出処分されていると考えられる。

② 期間あたりの処分量

カナダにおける原子力発電事業者は、環境モニタリングプログラム（EMP）を継続実施することが運転許可要件となっており、事業者は原子力安全規制当局であるカナダ原子力安全委員会（CNSC）に対して四半期モニタリングの結果の提出が義務付けられている³⁷⁾。CNSC は事業者から提出されたモニタリング結果についての評価内容や各発電所についての安全評価内容を纏めた「カナダの原子力発電所の規制監視報告書」として毎年公表している。同報告書（2015年版）によれば、2015年に各原子力発電所から放出されたトリチウム（液体廃棄物）の量は図 2-6 のようになっている³⁸⁾。

Figure 18: Radionuclides emitted to water by Canadian nuclear power plants in 2015*

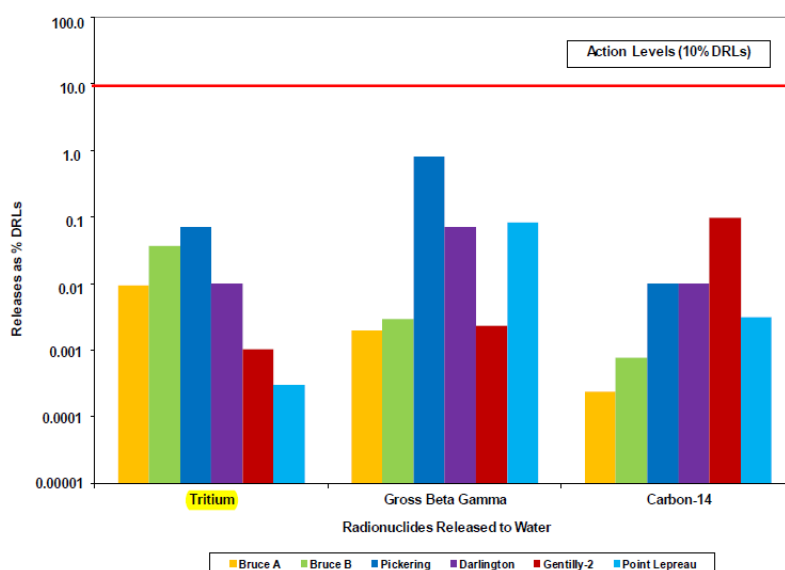


図 2-6 各発電所から放出されたトリチウム量

なお、アクションレベルは、放出限度（DRL）の約 10%の値に設定されており、その数値に達した場合は、許可取得者の環境プログラムの一部の管理能力が喪失していると捉えられ、特別な対策と CNSC への報告が必要とされている。

また、CNSC が作成している国際原子力機関（IAEA）の原子力安全条約第 7 回国別報告

書では、2013～2015年における各原子力発電所のトリチウム（液体廃棄物）の放出量が表2-8のように示されている³⁹⁾。

表 2-8 各発電所から放出されたトリチウム量

Table 2: Liquid effluent released from Canadian nuclear power plants, 2013–2015

Year	Tritium oxide (TBq)	Gross beta-gamma (TBq)	Carbon-14 (TBq)
Bruce A¹			
DRL, 2009–2013	2.13E+06	1.00E+02	2.61E+03
Since 2014	2.30E+06	4.58E+01	1.03E+03
2013	1.96E+02	2.12E-06	9.95E-04
2014	1.94E+02	1.02E-03	1.13E-03
2015	2.20E+02	9.17E-04	2.45E-03
Bruce B¹			
DRL, 2009–2013	2.27E+06	1.07E+02	2.78E+03
Since 2014	1.84E+06	5.17E+01	1.16E+03
2013	4.19E+02	3.95E-03	4.90E-03
2014	6.42E+02	1.99E-03	8.06E-03
2015	6.72E+02	1.53E-03	9.07E-03
Darlington			
DRL	5.3E+06	7.1E+01	9.7E+02
2013	1.09E+02	2.75E-02	3.20E-04
2014	1.74E+02	2.99E-02	5.51E-03
2015	2.41E+02	4.86E-02	7.29E-03
Gentilly-2²			
DRL, 2013–2014	1.16E+07	1.75E+02	2.40E+03
Since 2015	1.44E+07	2.23E+01	3.06E+02
2013	2.14E+02	1.84E-03	1.67E-01
2014	3.56E+02	2.86E-04	5.28E-02
2015	1.51E+02	5.28E-04	3.00E-01
Pickering Units 1–4			
DRL	3.7E+05	1.7+00	3.2E+01
2013	1.17E+02	6.71E-03	Note 3
2014	1.02E+02	8.98E-03	Note 3
2015	9.82E+01	4.87E-03	Note 3
Pickering Units 5–8			
DRL	7.0E+05	3.2E+00	6.0E+01
2013	1.89E+02	2.61E-02	1.72E-03
2014	2.42E+02	2.33E-02	1.47E-03
2015	2.74E+02	1.69E-02	2.80E-03
Point Lepreau			
DRL	4.6E+07	3.9E+01	3.3E+02
2013	2.9E+02	1.40E-07	4.30E-03
2014	3.2E+02	6.80E-05	6.60E-03
2015	1.4E+02	1.15E-03	1.00E-02

Note 1: DRLs revised on licence renewal in 2014

Note 2: DRLs revised through licence amendment in 2015

Note 3: The carbon-14 releases in liquid effluent from Pickering Units 1–4 are reported in the carbon-14 releases in liquid effluent from Pickering Units 5–8

なお、公衆防護・環境保護のために、各州の規制当局・自治体でも上限値を設定し（原子力発電所が立地されている州においては国と同じ 7,000Bq/l）、継続的・定期的に環境モニタリングを実施し、トリチウム濃度等を計測している。

③ 処分する際の濃度

処分する際の濃度に関する規制は存在せず、また、実際の処分濃度に関する情報も得ら

れなかった。

④ 処分地（サイト）の立地環境

カナダにおける原子炉施設の立地状況を図 2-7 に示す⁴⁰⁾。先述のとおりサイトは海岸及び内陸に立地している。

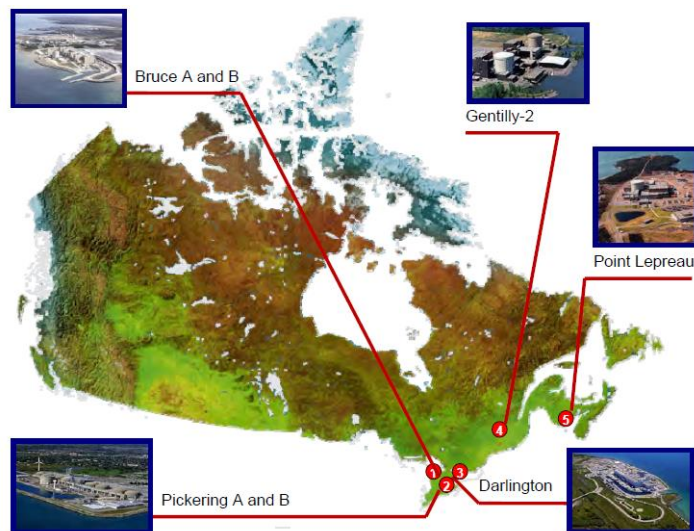


図 2-7 カナダにおける原子炉施設の立地状況

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

カナダでは、原子力発電所からのトリチウム放出による健康・環境影響は周辺地域での重要な関心事となっている。特に飲料水に関してはステークホルダーから基準値を厳しくすることなどが求められている。

カナダ健康省及び各原子力発電所が立地している州における、飲料水のトリチウム濃度の規制基準値は 7,000Bq/l であるが、OPG 社、BP 社、NBP 社の各社とも 100Bq/l 未満に抑えることを公約し、通常状態では 100Bq/l 未満になっている。

CNSC も飲料水におけるトリチウムに関する FAQ をウェブサイトで公表しており、原子力発電所からのトリチウム放出による健康リスクはないことや規制機関として継続的に監視を行っていることを示している。

⑥ 具体的な数値基準

カナダでは 2017 年 1 月末時点で、原子力発電所が 4 カ所あり、19 基の原子炉が運転されている。これらの発電所の炉型と各機の設備容量、また原子力安全規制当局であるカナダ原子力安全委員会 (CNSC) が認めているトリチウムを含む放射性液体廃棄物の発電所外への放出限度 (年間) を表 2-9 に示す。

カナダでは、原子力安全管理法（NSCA）の下、事業者が各原子力発電所から放出される核種ごとに導出した放出限度を設定し、CNSC がそれを承認している。事業者は、2000 年放射線防護規則によって定められている公衆に対する線量限度である年間 1mSv を下回るように各核種の DRL（Bq）の上限値を導出しなければならない。なお、各核種の放出濃度基準は設定されていない。

表 2-9 各発電所の年間トリチウム放出限度

事業者	原子炉	炉型	運開年	設備容量 (万 kW)	原子力発電所	年間限度 (TBq)
BP 社	ブルース 1	CANDU 炉 (PHWR)	1977	760	ブルース A	2.3 x 10 ⁶
	ブルース 2	同上	1976	730		
	ブルース 3	同上	1977	750		
	ブルース 4	同上	1978	750		
	ブルース 5	同上	1984	817	ブルース B	1.84 x 10 ⁶
	ブルース 6	同上	1984	817		
	ブルース 7	同上	1986	817		
	ブルース 8	同上	1987	817		
OPG 社	ダーリントン 1	同上	1990	878	ダーリントン	5.3 x 10 ⁶
	ダーリントン 2	同上	1990	878		
	ダーリントン 3	同上	1992	878		
	ダーリントン 4	同上	1993	878		
	ピッカリング 1	同上	1971	515	ピッカリング A	3.7 x 10 ⁵
	ピッカリング 4	同上	1973	515		
	ピッカリング 5	同上	1982	516	ピッカリング B	7.0 x 10 ⁵
	ピッカリング 6	同上	1983	516		
	ピッカリング 7	同上	1984	516		
	ピッカリング 8	同上	1986	516		
NBP 社	ポイント・ ルプロー	同上	1982	660	ポイント・ ルプロー	4.6 x 10 ⁶

⑦ 規制の根拠・考え方

上述（⑥項）のとおり、放出限度（DRL）は、公衆に対する線量限度である年間 1mSv を下回るように導出されている。なお、1987 年以降、DRL の導出は、カナダ規格協会（CSA）発行の「CAN/CSA N288.1-M87」の基準で推奨している方法に基づいて行われている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

カナダでは、事業者が原子力発電所の新設または拡大・拡張を申請する際には、環境影響声明書（EIS）を CNSC に提出しなければならない。CNSC は EIS についての評価（環境評価（EA））を実施し、環境に重大な悪影響を及ぼさないことを確認する。EIS には、トリチウム放出量などの環境評価に加え、社会経済評価も含まれる。

最近の評価事例としては、ダーリントン原子力発電所の改修・運転継続に関する評価事例が挙げられる。CNSC の「ダーリントン原子力発電所の改修・運転継続に関する環境評価についてのスクリーニング報告書案（2012年）」では、その環境評価において、トリチウム濃度は豪雨の際には 5,430Bq/l、通常の降雨の際には最高 2,000Bq/l と評価されている。また、社会影響評価に関しては、発電所周辺 20km 圏内（RSA）における 2010 年における平均住宅価格は 2001 年比で約 58% 上昇していることや 10km 圏内（LSA）の住宅資産価値が過去 10 年で住宅価格と同様に上昇傾向にあることが示されている。また同報告書案では、地域における世論調査の結果、LSA 居住者の回答者の 1% のみが地域特性・イメージに発電所による影響があると回答していることから、風評被害（stigma）があるとは強く言えないとしている。

なお、環境モニタリングに関しては、規制当局である CNSC 及び原子力事業者の双方が実施している。

⑨ 合意形成プロセス

OPG 社は周辺住民等のステークホルダーを対象に、既存の発電所に関しては定期的に、また新設及び既設の仕様変更のための許可申請時において、情報提供・情報共有のための会合を開催しており、それらの会合で飲料水に含まれるトリチウムについての情報提供や議論などがなされている。

OPG 社は、ダーリントン原子力発電所の運転許可の更新申請にあたって、ステークホルダーとの会合を開催しており、その 2015 年 2 月 12 日の会議議事録における、ステークホルダーとのやりとりを以下に示す。

前述したように、カナダ健康省は飲料水に含まれるトリチウムの上限濃度を 7,000Bq/l までとすることを推奨しており、複数の州がこの数値を採用している。オンタリオ州における飲料水のトリチウム規制基準値も 7,000Bq/l であるが、実際にダーリントン原子力発電所から放出されているトリチウム量はオンタリオ州の水質目標に比べて、極わずかとなっている。

2013 年における同発電所からのトリチウムの放出量は $1.1E+14$ Bq で DRL の 0.01% 未満であった。

また、2015 年 2 月 19 日に開催された会合の議事録によれば、OPG 社は、トリチウムは湖水に放出されており、地下水には放出されていないこと、また発電所の停止時には放出量が上昇する可能性があるものの、規制基準値内であるとした。

これに対し、ステークホルダー側は、『現行の規制枠組みは古いこと、トリチウムの構成要素の全てが決定グループに到達する前に酸化してしまうために放出量は、現行の古い規制枠組み上ではゼロになってしまうこと』を指摘した。(原典では、**A stakeholder noted that the regulatory framework is old, from a regulatory standpoint the emission levels are basically zero because every element of tritium is oxidized prior to hitting the critical group.**と記載されている)。またステークホルダー側は、OPG 社が規制要件を満たせばいいという方針を維持し、追加的な措置を取ったとしても経済性が保たれる範囲内の努力しかしなければ、放出量の改善はされないと述べた。

これに対して OPG 社側は、同社は作業員の放射線防護や種の多様性保持など、多くの分野で規制要件以上の対応を取っていると反論したが、ステークホルダー側は、それらの対応が非環境分野である点を指摘した。

両者間では、トリチウムの放出を飲料水レベルで 100Bq/l 未満になるように維持するという OPG 社の公約に関しての議論もあった。ステークホルダー側は、オンタリオ州飲料水諮問委員会が提案する 20Bq/l を州政府・連邦政府が規制基準値として採用するよう、OPG 社が働きかけるように求めた。なお、この議論はステークホルダーとのコミュニケーション・セッションの中で何度も繰り返し議論されたとされている。

2.4. 韓国

韓国における原子炉施設に関して、以下調査結果を記載する。

① 処分方法

韓国の原子炉施設は海岸に立地しており、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海洋に放出処分されている。

② 期間あたりの処分量

図 2-8 に韓国の原子力発電所におけるトリチウムの排出量の年別推移を示す。

韓国の原子力発電所全体のトリチウム排出量は 2009 年まで 600TBq 以上を維持していたが 2010 年から減少し始め、2013 年以降は、360TBq（最高値に比べ約 45%減少）水準を維持している。

古里、ハンビット、ハンウル発電所のトリチウム排出量は、年度によって大きな変化はなく 100TBq 以下を維持している。

一方、重水炉を有する月城発電所のトリチウム排出量は 2010 年から大きく減少し、現在は国内の原子力発電所全体のトリチウム排出量の約 50%の水準にまで下がっている。

月城発電所については、トリチウム除去設備（TRF）操業開始（2007 年 7 月）によるトリチウム排出量の減少に加え、継続運転審査のための月城 1 号機の運転停止（2012 年 10 月 29 日～2015 年 6 月 9 日）が、トリチウム排出量の減少に大きく寄与したとみられる。（月城 1 号機は、2012 年 11 月に 30 年間の設計寿命を迎えるため、発電事業者である韓国水力原子力株式会社（KHNP）が 2009 年末に運転延長の許可申請を行ったが、審査が長期化する中で同機は設計寿命満了日を迎え、2012 年末以降は、運転が停止された状態で審査が続けられた。さらに、2013 年 2 月に就任した朴大統領の選挙公約に基づき、運転延長許可審査に平行して、EU ストレステストの評価方法を参考にした、韓国独自のストレステストも実施されるなどして、運転停止期間がさらに長期化した）。

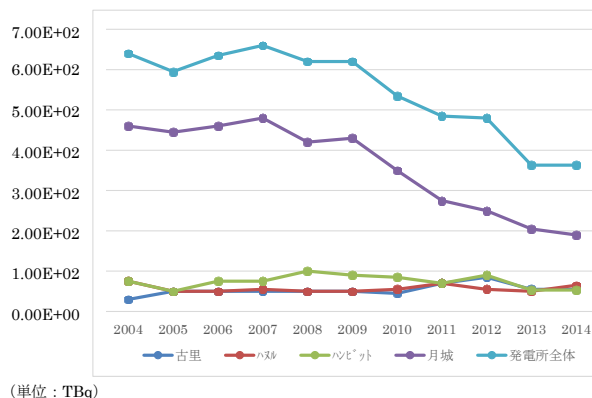


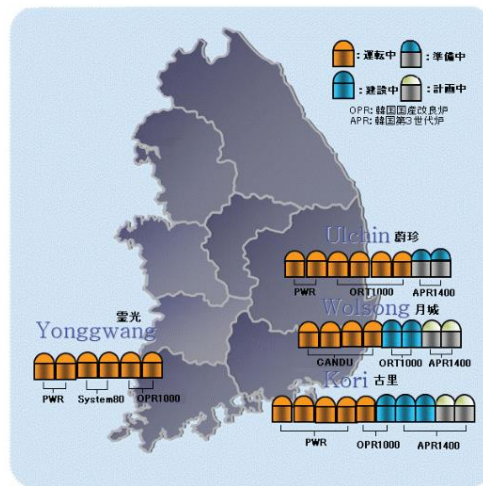
図 2-8 韓国の原子力発電所のトリチウム排出量の推移

③ 処分する際の濃度

濃度に関する規制値は、⑥項に示す様に、放水口の放射性物質の濃度の上限として 4 万 Bq/L が定められているが、実際にどの程度の濃度で処分しているかについての情報を得ることはできなかった。

④ 処分地（サイト）の立地環境

韓国における原子炉施設の立地状況を図 2-9 に示す⁴¹⁾。先述のとおりサイトは海岸に立地している。



下記の出典とともに作成した。

図1 韓国の原子力発電所配置図

図 2-9 韓国における原子炉施設の立地状況

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

月城原子力発電所が立地する慶州市には、慶州市月城原子力発電所・放射性廃棄物処分場民間環境監視機構という常設組織が設置されている。この、民間環境監視機構という仕組みは韓国に独特のものであり、現在全国 5 か所に設置されている。

民間環境監視機構は、1990 年代後半に、霊光（現ハンビット）5、6 号機の許認可に関連して、当時の原子力安全規制機関（科技部及び KINS）が建設許可を発給したのに対し、立地自治体である霊光郡が安全性に疑問ありとして立地に強力に反対したことが契機になり、全国の原子力発電所立地地域に設置することが制度として定められた。

現在では、民間環境監視機構の設置・運営は、電源立地周辺地域に対する国の支援の対象のひとつに位置づけられ、地域住民が運営する同組織の財源は電力産業基盤基金から拠出されている。

この仕組みは、あくまで地域住民が主体となって、原子力発電所の建設・運転による周

辺地域の環境・放射線測定・監視、安全性に対する評価を行い、これを公表し、環境・放射線安全に関して、政府・事業者に対して建議を行うことのできる場と位置づけられている。法的な根拠に基づき国が支援する組織であること、住民が主体となっていることなどフランスの地域情報委員会（CLI）と類似する点もあるが、規制機関の主体的な関与はない点などで異なる。

民間環境監視機構の組織概要を以下に示す^{42),43),44)}。

機構の目的
原子力発電所の建設・運転による周辺地域の環境・放射線測定、安全性に対する評価を行い、これを公表すること。環境・放射線安全に関する政府・事業者に対する建議の場。
設置場所
古里、新古里、月城、ハンビット、ハンウル地区
構成員
監視委員会：学界、住民代表等 20 名以内 監視センター：一定の資格または学位を持つ者 7 人以内
会議開催頻度・招集
定期開催（半期に一度） 臨時開催（委員長または在籍の委員の 1/3 が要求するとき）
協議会運営費用
電力産業基盤基金から拠出

民間環境監視機構は現在、原子力発電所が立地する地域にそれぞれ設置されている。立地地域、発電所名、監視機構の設立年及び原子炉の運転・建設基数を以下に示す⁴⁵⁾。

立地地域（発電所名）	設立年	運転・建設状況
機張（古里）	1998	運転中：4 基
霊光（ハンビット）	1999	運転中：6 基
蔚珍（ハンウル）	2003	運転中：6 基
蔚州（新古里）	2006	建設中：4 基
慶州（月城）	2007	運転中：4 基、建設中：2 基

民間監視環境機構の設置根拠法（慶州市の例）

民間環境監視機構の設置に係る根拠法は、発電所周辺地域支援に関する法律及び同施行令などである。

民間環境監視機構の運営に関する細則は、立地自治体が条例等で定めており、慶州市月城原子力発電所・放射性廃棄物処分場民間環境監視機構（以下、法令・条例等の正式名称

を述べる部分以外では、慶州市民間環境監視機構と言う。) の場合は、慶州市の条例及び同施行規則が細則を定めている⁴⁶⁾。

民間環境監視機構の設置根拠となる関連法令文及び関連条例

- ・ 発電所周辺地域支援に関する法律 (第 10 条)
- ・ 発電所周辺地域支援に関する法律施行令 (第 25 条)
- ・ 中低レベル放射性廃棄物処分施設の誘致地域支援に関する特別法 (第 9 条、第 23 条)
- ・ 産業通商資源部原子力発電所放射性廃棄物処分施設民間環境監視機構運営指針
- ・ 慶州市月城原子力発電所放射性廃棄物処分場民間環境監視機構運営条例 (慶州市条例第 917 号)
- ・ 慶州市月城原子力発電所放射性廃棄物処分場民間環境監視機構運営条例施行規則 (慶州市施行規則第 519 号)

民間環境監視機構の権利

民間環境監視機構の監視範囲、権限については以下のとおりである⁴⁵⁾。

監視範囲

- ・ 立地自治体及び同自治体が管轄する区域の環境、原子力発電所の故障等原子力発電所の運転をモニタリングし、放射能・放射線を測定し、原子力発電所等周辺地域環境の安全性を確認する
- ・ 次の各項に該当する場合、監視機構は事業者に関連資料を要求すること、原子力発電所等敷地を含む制限区域内の施設または地域に対する政府または事業者の調査に環境監視機構の立会いを要求することができ、事業者は法的な制限がない限りこれに協力しなければならない。
 - 環境調査中に法定基準値を超える環境影響が発見された場合
 - 原子力発電所等に一定レベル以上の故障・事故が発生した場合
 - 政府または事業者の要請があった場合
 - 原子力発電所等に関する報道や世論を受け、委員会委員の 2/3 の要請があった場合
 - 敷地内の試料採取を行う場合 (事業者と合意して共同資料採取)
 - 原子力発電所等に防災訓練がある場合
 - 原子力発電所等の計画予防整備時の参観

事業者からの関連情報・資料の提供

- ・ 事業者は以下の民間環境監視に関連する情報・資料を民間環境監視機構に提供しなければならない。ただし、故障停止、放射能放出など社会的な影響のある事案については 48 時間以内に民間環境監視機構に対して主な状況を説明しなければならない。

- 原子力発電所等周辺の環境調査結果：半期ごとに半期終了後 90 日以内
- 放射性廃棄物貯蔵状況：四半期ごとに四半期終了後 30 日以内
- 原子力発電所の発電量、稼働率、発電停止状況：月ごとに翌月 10 日まで
- 放射性廃棄物処分施設の廃棄物処分量：四半期ごとに四半期終了後 30 日以内
- 環境放射能監視機によって測定した空間線量率：リアルタイム（ただし、監視機構に空間線量率受信端末が設置されている場合に限る）
- クリアランス物質処理・処分時に数量及び放射能レベル関連資料報告
- 原子力安全委員会原子力発電所事故故障情報公開指針によるマスコミ及びインターネット公開対象発生時：遅滞なく報告
- ・ 監視機構が環境調査・監視と関連して公開を要請するその他の資料について、事業者は法的な制限がない限り資料提供または閲覧許可をしなくてはならない。

慶州市民間環境監視機構

慶州市民間環境監視機構は、2006 年に慶州市が慶州市月城原子力発電所民間環境監視機構設置・運用条例（条例 625 号）を制定し、2007 年 1 月に第 1 回委員会を開催、正式に発足した。

現在、監視機構の中心的役割を担う監視委員会の運営については慶州市条例第 917 号第 4 条に以下のように定められている⁴⁵⁾。

監視委員会の概要（慶州市条例第 917 号第 4 条による）

- ・ 委員会は、委員長を含む 25 人以内の委員で構成することを原則とする。
- ・ 委員長は、市長がつとめ、副委員長 1 人、監査 2 人は、委員の中から互選する。
- ・ 委員は、次の各号に該当する者の中から委員長が委嘱する。
 - 慶州市の議会が推薦する議員 3 人
 - 関係公務員のうち市長が指名する者 2 人
 - 月城原子力発電所、月城原子力環境管理センターの職員のうち（事業者側本部の）本部長が指名する者各 1 人
 - 各周辺地域の長と住民団体が推薦する住民代表 6 人
 - 市民団体の推薦を受けた者 4 人
 - 原子力発電及び放射性廃棄物に関する放射能・環境・生物・医学・安全分野に関する専門知識と豊富な経験を備えた者のうち、市長、市民団体・地域住民の代表が推薦する者 7 人

なお、委員会の構成において、過去 3 年以内に管轄事業者と商取引があった者及びその 4 親等以内の親・姻戚（本人が代表である法人を含む）を委員に選任してはならない。

トリチウム影響評価委員会

慶州市民間環境監視機構の傘下には、随時のトピカルなテーマ・動向に対応した委員会が設置されている。トリチウム影響評価委員会は下に示すような背景状況を受け、トリチウムの影響評価を調査・研究し市民に示すことを目的として設けられた。2012年3月に委員長等が選任され、2014年6月まで影響評価の実施方法、予算等の検討を重ねた上で、2014年6月から2015年8月までの間、調査研究活動を行った。報告書の完成・報告を以て、2015年10月、トリチウム影響評価委員会の活動終了決議が可決された⁴⁷⁾。

トリチウム影響評価委員会設置の背景

慶州市民間環境監視機構は、国内の原子力発電所周辺地域環境のトリチウム濃度を比較・分析し、月城原子力発電所周辺のトリチウム濃度が他原子力発電所周辺地域に比べ有意に高いことを確認した。これに伴い、月城原子力発電所周辺地域住民の尿試料を分析した結果、住民の体内に微量のトリチウムが存在することを確認した。

慶州市民間環境監視機構は、住民の体内から発見されたトリチウムの量はごく微量であり、人体にほとんど影響を及ぼさないと判断したが、人体から人工核種が発見されたという事実に注目し、持続的なモニタリングが必要であると地元住民に説明した。

これに対し、地域住民はトリチウムが人体に及ぼす影響の評価を要求した。慶州市民間環境監視機構は地域住民の意見を受けて問題解決の重要性を認識し、トリチウム問題解決のためのロードマップを策定して KHNP と（旧）教育科学技術部に伝え、最終的に住民が直接参加する、トリチウム影響評価委員会を組織することを議決した。

推進目的

トリチウム影響評価委員会の活動目的は、住民の意見を受け、実現可能な範囲内で効率的に影響評価を実施することである。また、科学的かつ客観的な評価を通じて月城原子力発電所周辺のトリチウムが人体に及ぼす影響に関する真実にアプローチすることである。

委員会の構成

トリチウム影響評価委員会は、慶州市民間環境監視機構の監視委員会委員、地域住民代表、事業者など、委員長を含む23名で構成された。

トリチウム影響評価委員会の活動の結果、2015年9月に「月城原子力本部周辺住民トリチウム影響評価業務最終報告書」が作成された。

⑥ 具体的な数値基準

日本と同様に化学形態毎に濃度限度が設定されており（図 2-10）、水形態のトリチウム放出濃度限度は 40Bq/cm^3 と設定されている。

1	2	3	4	5	6	7	8
핵종	흡입			섭취			
	화학적 형태	연간 섭취한도	유도 공기중농도	배기중의 배출관리기준	화학적 형태	연간 섭취한도	배수중의 배출관리기준
		Bq	Bq/m ³	Bq/m ³		Bq	Bq/m ³
Hydrogen							
H-3	G. 삼중수소가 결합된 물 (과부흡수 포함)	1E+09	3E+05	3E+03	삼중수소가 결합된 물	1E+09	4E+07
	G. 유기적으로 결합된 삼중수소	5E+08	2E+05	2E+03	유기적으로 결합된 삼중수소	5E+08	2E+07
	G. 원소상태의 삼중수소	1E+13	5E+09	4E+07			
	G. 삼중수소가 결합된 메탄	1E+11	5E+07	4E+05			

圖 2-10 韓國委員會告示第 2014-34 號別表 (抜粋)

⑦ 規制の根拠・考え方

上記の濃度限度は、放出される放射性物質により周辺公衆が受ける線量が 1mSv/y となる様、職業人の摂取限度から換算して濃度限度を求めている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

慶州市民間環境監視機構・トリチウム影響評価委員会の委託を受け、東国大学慶州キャンパス産学協力団らが、月城原子力本部周辺住民を対象とした尿分析、染色体分析等を含む影響評価を実施し、2015年9月、「月城原子力本部周辺住民トリチウム影響評価役務最終報告書」を作成した。研究資金は KHNP が提供した。

委託側であるトリチウム影響評価委員会はこの内容をウェブサイトで公開しており、その結果は以下のとおりである。なお、この活動を以てトリチウム影響評価委員会の活動は終了している。

- ・ 研究期間：2014年6月2日から2015年9月1日まで（15か月間）
- ・ 研究方法：標本抽出、アンケート調査、人尿中トリチウム放射能濃度分析、染色体分析
- ・ 研究対象：月城原子力発電所周辺地域（陽南、陽北、甘浦）250名、慶州市内125名、蔚珍郡地域125名

※このうち50名を選定し人体に及ぼす影響の有無を判断するための染色体調査を実施

- ・ 研究結果
 - 月城原子力発電所からの距離が近いほど尿中トリチウム検出率と放射能濃度が高かった。
 - 染色体分析では異常頻度の差は確認できなかった。

表 2-10 トリチウム影響評価委員会によるトリチウム影響評価結果

試料群		検出率 (%)	放射性濃度 (Bq/L)		
			平均	最小	最大
原子力発電所 周辺	陽南	100.0	8.4	3.0	28.8
	陽北	96.0	5.8	< 1.9	21.6
	甘浦	80.0	3.8	< 1.5	21.7
蔚珍郡		40.0	4.3	< 2.1	120.0
慶州市内		18.0	3.2	< 1.8	36.2

⑨ 合意形成プロセス

住民とのコミュニケーションに係る事例を以下に列記する。

トリチウム影響評価結果報告会

2015年8月25日、トリチウム影響評価委員会が慶州市及び月城原子力発電所周辺地域で住民対象の研究結果報告会を開催した。住民からは以下の意見が出された。

- ・ 本研究によって原子力発電所周辺地域が他地域よりもトリチウムに露出されていることが公式に立証され、慶州市内まで影響があるということに不安である。
- ・ 本研究に対し、尿中放射能分析は一定年齢の住民だけでなく全年齢層に対する全数調査が必要である。
- ・ 染色体分析をより多くの住民に対して行ってほしい。
- ・ 本研究結果を補強するため、今後全面的な再調査または疫学調査が実施されるべきである。

地域住民との環境放射能共同資料採取

慶州市民間環境監視機構は地域住民と共同で原子力発電所・放射性廃棄物処分場周辺地域の環境放射能資料採取を行い、周辺環境影響に関する客観的な情報を提供するとともに、環境放射能分析の透明性と信頼性を確保する試みを行っている。

慶州市環境監視機構の地域説明会

慶州市民間環境監視機構は地域の各種社会団体に向けた説明会を持続的に開催し、互いの活動を理解し監視機構に対する意見を受け取る機会を設けている。

開かれたコミュニケーションフォーラム

原子力安全規制機関と原子力発電所周辺地域との意見交換と相互理解の推進、規制情報や懸案に関する疑問解消のために TSO である原子力安全技術院 (KINS) (※日本で言うところの旧 JNES に相当) が主催し、各原子力発電所地域の監視委員会や監視センター職員らが出席している。

2.5. 米国

米国の参考事例としては、原子炉施設に加えて実際に事故を経験している TMI-2 の事例を調査した。原子炉施設に係る結果を 2.6.1 項に、TMI-2 に係る文献調査結果を 2.6.2 項に、TMI-2 に係るヒアリング調査結果を 2.6.3 項に示す。

2.5.1. 原子炉施設

① 処分方法

米国の原子炉施設は海岸及び内陸に立地しており、トリチウムを含む放射性液体廃棄物は、海洋、湖、河川に放出処分されていると考えられる。

② 期間あたりの処分量

2008 年に米国における PWR 及び BWR から放出された液体排出物におけるトリチウムの年間総量を表 2-11、表 2-12 に示す。PWR の液体排出物に含まれるトリチウムは 159～1,660 Ci/year で、全プラントの中央値は 526 Ci/year である。一方、BWR の液体排出物に含まれるトリチウムは 0.1 Ci/year 未満～127 Ci/year で、全プラントの中央値は 2.45 Ci/year である。(1Ci は 3.7×10^{10} Bq)。

表 2-11 PWR からのトリチウム放出量 (2008 年)

PWR Facility	H-3 (Ci)
Palo Verde 1	
Palo Verde 2	
Palo Verde 3	
Kewaunee	1.59E+02
Three Mile Island 1	1.67E+02
St. Lucie 1	1.70E+02
St. Lucie 2	1.70E+02
Fort Calhoun	1.77E+02
Indian Point 2	2.10E+02
Prairie Island 1	2.19E+02
Prairie Island 2	2.19E+02
Seabrook	2.21E+02
Oconee 1	2.52E+02
Oconee 2	2.52E+02
Oconee 3	2.52E+02
Davis-Besse	2.58E+02
Point Beach 1	2.67E+02
Point Beach 2	2.67E+02
Salem 2	2.67E+02
Sury 1	3.01E+02
Sury 2	3.01E+02
Harris	3.26E+02
Turkey Point 3	3.27E+02
Turkey Point 4	3.27E+02
GINNA	3.30E+02
Catawba 1	3.35E+02
Catawba 2	3.35E+02
Crystal River 3	3.48E+02
Salem 1	4.24E+02
Waterford 3	4.45E+02
Millstone 2	4.77E+02
San Onofre 2	5.22E+02
San Onofre 3	5.22E+02
Arkansas 2	5.26E+02
Farley 1	5.62E+02

PWR Facility	H-3 (Ci)
PWR Median Release	5.26E+02
Vogtle 1	5.85E+02
Robinson 2	5.96E+02
Calvert Cliffs 1	6.01E+02
Calvert Cliffs 2	6.01E+02
Farley 2	6.13E+02
Sequoyah 1	6.35E+02
Sequoyah 2	6.35E+02
North Anna 1	6.47E+02
North Anna 2	6.47E+02
Arkansas 1	6.61E+02
Indian Point 3	6.67E+02
Millstone 3	6.95E+02
Braidwood 1	7.05E+02
Braidwood 2	7.05E+02
South Texas 1	7.17E+02
Wolf Creek	7.29E+02
Palisades	7.38E+02
Beaver Valley 1	7.52E+02
Beaver Valley 2	7.52E+02
Vogtle 2	7.78E+02
McGuire 1	8.15E+02
McGuire 2	8.15E+02
Summer	8.45E+02
Cook 1	1.01E+03
Cook 2	1.01E+03
Diablo Canyon 1	1.20E+03
Diablo Canyon 2	1.20E+03
Comanche Peak 1	1.21E+03
Comanche Peak 2	1.21E+03
South Texas 2	1.39E+03
Byron 1	1.50E+03
Byron 2	1.50E+03
Watts Bar	1.64E+03
Callaway	1.68E+03

表 2-12 BWR からのトリチウム放出量 (2008 年)

BWR Facility	H-3 (Ci)	BWR Facility	H-3 (Ci)
Clinton		Browns Ferry 2	2.45E+00
Columbia Generating		Browns Ferry 3	2.45E+00
Fermi 2		Quad Cities 1	2.83E+00
LaSalle 1		Quad Cities 2	2.83E+00
LaSalle 2		Fitzpatrick	3.81E+00
Monticello		Hope Creek	6.47E+00
Nine Mile Point 1		Nine Mile Point 2	7.26E+00
Oyster Creek		Hatch 2	1.44E+01
Pilgrim		Susquehanna 1	1.65E+01
Vermont Yankee		Susquehanna 2	1.65E+01
Duane Arnold	1.13E-03	Limerick 1	2.06E+01
Dresden 2	4.09E-02	Limerick 2	2.06E+01
Dresden 3	4.09E-02	Perry	2.07E+01
Cooper Station	8.74E-01	Hatch 1	2.98E+01
Peach Bottom 2	1.40E+00	River Bend	7.72E+01
Peach Bottom 3	1.40E+00	Grand Gulf	9.89E+01
Browns Ferry 1	2.45E+00	Brunswick 1	1.27E+02
BWR Median Release	2.45E+00	Brunswick 2	1.27E+02

③ 処分する際の濃度

毎年、原子力事業者は「放射性液体廃棄物に関する年間報告書」を原子力規制委員会 (NRC) に提出しなければならない。原子炉別の報告書のアーカイブは、下記の URL からアクセス可能である。

<https://www.nrc.gov/reactors/operating/ops-experience/tritium/plant-info.html>

この報告書には、1 年に亘る四半期毎のトリチウム濃度に関する情報が記載されている。2015 年の実績を表 2-13 に示す。

表 2-13 四半期毎の放出トリチウム濃度

	第一四半期	第二四半期	第三四半期	第四四半期
	トリチウム濃度 Bq/L μ Ci/mL	トリチウム濃度 Bq/L μ Ci/mL	トリチウム濃度 Bq/L μ Ci/mL	トリチウム濃度 Bq/L μ Ci/mL
ファーレイ 1号機	5.55E+03 1.50E-04	2.60E+03 7.03E-05	1.92E+02 5.18E-06	7.59E+03 2.05E-04
ファーレイ 2号機	3.77E+03 1.02E-04	3.81E+03 1.03E-04	7.10E+02 1.92E-05	4.26E+03 1.15E-04
ヴォーグル 1号機	4.44E+02 1.20E-05	1.81E+03 4.90E-05	1.48E+03 4.01E-05	2.43E+03 6.58E-05
ヴォーグル 2号機	4.26E+02 1.15E-05	5.14E+02 1.39E-05	1.14E+03 3.07E-05	2.24E+03 6.05E-05
スリーマイル 島1号機	2.13E+03 5.76E-05	2.38E+03 6.43E-05	9.73E+02 2.63E-05	1.35E+02 3.64E-06
ワッツバー 1号機	2.29E+03 6.19E-05	2.48E+03 6.69E-05	3.03E+03 8.18E-05	5.44E+03 1.47E-04

④ 処分地（サイト）の立地環境

米国における原子炉施設の立地状況を図 2-11 に示す⁴⁸⁾。先述のとおりサイトは海岸及び内陸に立地している。

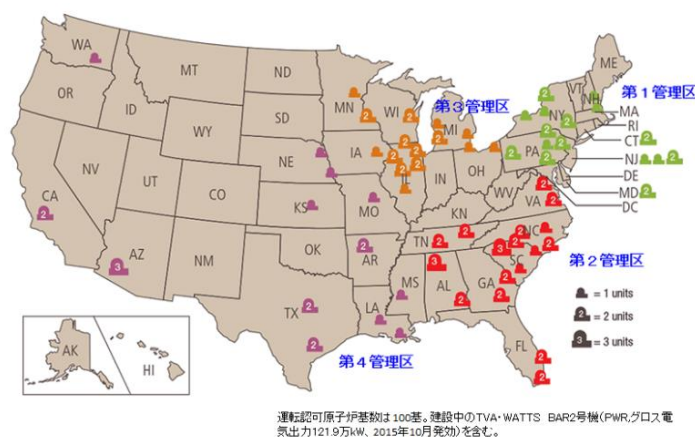


図3 米国における運転中原子力発電所のサイト

図 2-11 米国における原子炉施設の立地状況

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

歴史的に見ると、米国では原子力プラントにおける気体・液体排出物による定期的なトリチウム放出は、一般市民の懸念事項ではなかった。米国の一般市民は、トリチウムに取り立てて注意を払うこともなく、事業者はトリチウムに直接関連するパブリック・コミュニケーションに関与していなかった。

しかし、2000年代以降に、米国の多くの原子力プラントでトリチウム含有の放射性液体が環境へ放出されるという、意図的ではない基準外の放出事例が何件か発見された。NRCは、この放出に関する入手可能な情報をすべて調査し、一般市民への脅威とはならないと判断したが、一般市民から大きな反応があった。そのため事業者は、パブリック・コミュニケーションという方策を取っている。

主にシステム（パイプ、バルブ、またはタンク）の漏洩という理由で、放射性物質（最も顕著なのはトリチウム）が、一部の商業用原子力プラントの周辺の大気や地下水で確認された。NRCの記録によれば、米国で運転中または最近まで運転していた65カ所の商業用原子力プラントの内46カ所で、運転中のある時期に20,000 pCi/L（環境保護庁（EPA）の「安全飲料水法」の飲料水基準）のトリチウム濃度の漏洩または流出があった。2017年1月現在、7カ所の原子力プラントで、漏洩または流出したトリチウムが20,000 pCi/Lを超えていると報告されている。

多くの場合、漏洩または流出したトリチウムは、施設の境界線の外側では検出されていない。実際に過去のデータを見ると、20,000 pCi/L超のトリチウムがオンサイトおよびオフサイトの環境に漏洩または流出したのは、僅か1件であった（ブレードウッド原子力発電所）。2008年以降にブレードウッドで採取した全サンプルでは、オンサイトかオフサイトかに関わらず、環境中で20,000 pCi/L超のトリチウムは確認されていない。

このような状況に対し、一部の事例では、トリチウム漏洩問題に対する一般市民や政治家の反応は、非常に厳しいものであった。以下に、重要な事例の要旨をまとめる。

ブレードウッド原子力発電所（イリノイ州）の事例

2005年3月、イリノイ州環境保護庁は、ブレードウッドNPPを操業するエクセロン社に、周辺コミュニティの井戸中のトリチウムに関する報告を求めた。2005年11月、NRCは、同NPPの地下水観測井のトリチウム値が、58,000 pCi/Lレベルまで上昇しているという報告を受けた。原因は、循環水のブローダウン・ライン沿いのバキューム・ブレイカ・バルブからの漏洩による汚染であった。このラインからは、日常的に、放射性の液体がカンカキ一川へ放出されていた。ブレードウッドのラインの長さは約5マイルで、11の真空破壊装置のバルブが、ライン全体に沿って等間隔に配置されている。

ブレードウッドNPPに関する検査の結果、1996年、1998年、2000年に、11のバキューム・ブレイカ・バルブの内3つで、意図されていない、大規模な放射能放出が見つかった。バキューム・ブレイカ・バルブからの放出はすべて、ブローダウン・ラインを介し

た、継続的な液体放射能放出と同じ期間に発生した。結果的に、バキューム・ブレーカ・バルブから漏洩したトリチウムが付近の地下水系に侵入した。オンサイトとオフサイトで地下水のサンプルが採取され、225,000～250,000 pCi/L のトリチウムレベルが検出された。

2005年3月～2006年3月の間に、エクセロン社は、近隣の住宅所有者の飲料水用井戸の試料採取を行った。一世帯の住宅の飲料水用井戸から、1,400～1,600 pCi/L のトリチウムレベルが確認された。

エクセロン社は、地方自治体や住人等の一般市民の強い関心を受け、公開情報フォーラムを3回開催した。同フォーラムはイリノイ州ゴッドリーが、公開の会合は米国上院議員リチャード・ダービンが主催し、地元自治体との会議を、米国下院議員のジェリー・ウェラー氏が計画・準備した。

インディアンポイント原子力発電所（ニューヨーク州）の事例

2005年8月、燃料貯蔵建設の積載湾付近での掘削作業中に、同発電所2号機の使用済燃料プールの壁の2カ所の割れ目から水の漏出が発見された。分析の結果、その物質には使用済燃料プール水と同じ放射性及び化学的な特性があることが分かった。2005年9月、オンサイトの観測井で試料採取が行われ、トリチウムを含むという結果を得た。

ブレードウッドとインディアンポイントでトリチウムの問題が発覚したとき、ニューヨーク州上院議員のヒラリー・クリントン氏と当時イリノイ州上院議員だったバラク・オバマ氏が、インディアンポイントとブレードウッドそして二人が代表を務めた他の州の原子力プラントの地下水の汚染状況に高い関心を示した。

⑥ 具体的な数値基準

放射性液体廃棄物中のトリチウムの濃度限度として $1 \times 10^{-3} \mu \text{Ci/cm}^3 (=37\text{Bq/cm}^3)$ が設定されている。

⑦ 規制の根拠・考え方

濃度限度は、韓国の事例と同様に（実際には韓国が米国に倣ったと考えられるが）、放出される放射性物質により周辺公衆が受ける線量が 1mSv/y となる様、職業人の摂取限度から換算して濃度限度を求めている。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

上記⑤項に含む。

⑨ 合意形成プロセス

上記⑤項に含む。

2.5.2. TMI-2（文献調査結果）

① 処分方法

TMI-2の事故によって、合計で230万ガロン（約8700 m³）の汚染水が発生した。汚染水から、あらかじめトリチウム以外の放射性核種を除去・低減した後、二循環式蒸発装置を用いて、水蒸気として大気中へ放出した。

② 期間あたりの処分量

実際の蒸発処理作業は、1990年12月から1993年8月まで行われ、約33か月間で約8700m³（658 Ci=2.4×10¹³Bq）が処分された。

③ 処分する際の濃度

調査の結果、具体的な数値を得ることはできなかったが、汚染水量と総放射エネルギーの関係から、水状態における平均値は約2.8×10⁶Bq/Lと換算できる。ただし、この値は蒸発処理後の気体状の濃度では無いことに注意が必要である。（汚染水は蒸発処理後に排気筒から拡散される。よって、気体状の濃度として蒸発直後の濃度を計算したとしても、意味をなさないため、ここでは換算しないこととする。重要なのは濃度ではなく、⑥項で示す放出率である）。

④ 処分地（サイト）の立地環境

スリー・マイル・アイランド原子力発電所の立地状況を図2-12に示す⁴⁹⁾。同発電所はサスケハナ川の中州にあるスリーマイル島に設置されている。

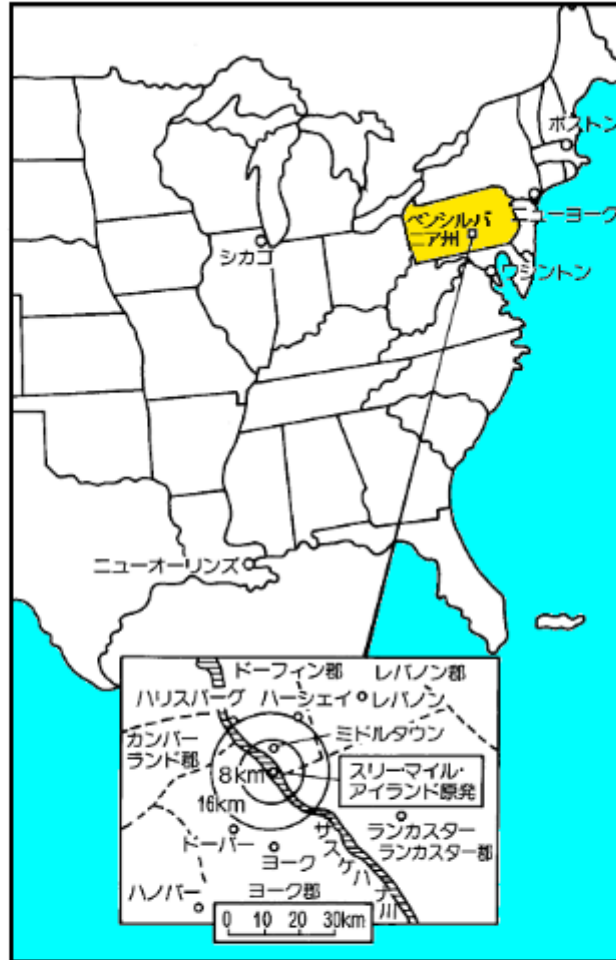


図1 スリー・マイル・アイランド原子力発電所の位置

(注) 原子力発電所はサスケハナ川の中州であるスリーマイル島に設置されている。

[出典] 科学技術庁原子力安全局(編):米国原子力発電所事故調査報告書第3次、原子力安全委員会月報 昭和56年6月号(通巻第33号)、p.34

図 2-12 スリー・マイル・アイランド原子力発電所の位置

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

本項は、2.5.3 項に詳述する。

⑥ 具体的な数値基準

蒸発処理の制約として、放射性核種の最大放出率 $570 \mu \text{ Ci/s}$ が定められた。

⑦ 規制の根拠・考え方

明確な根拠を得ることはできなかったが、汚染水の蒸発処理による作業員及び一般公衆の被ばく線量が制約になっていると考えられる。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

本項は、2.5.3 項に詳述する。

⑨ 合意形成プロセス

本項は、2.5.3 項に詳述する。

2.5.3. TMI-2（ヒアリング調査結果）

TMI-2 の事例に関しては、その詳細を調査するため、文献調査だけではなくヒアリング調査も実施した。具体的には、調査項目⑤「処分地（サイト）周辺における住民との関係」や⑧「処分に当たっての社会影響・環境影響」、⑨「合意形成プロセス」を念頭に置いて、事故発生時点から汚染水の処分完了までの検討事項、意思決定、ステークホルダーとのコミュニケーションに焦点を当ててヒアリング調査を行った。結果を以下に示す。

ヒアリング概要

【日時】2016年11月30日9:30~16:00

【場所】Holiday Inn Express Germantown 会議室

【対象者】Chuck Negin（元 PEC、当時 GPU の下請けとして活動）

Michael Masnik（NRC、当時の規制・評価担当）

James Byrne（元 GPU、当時の技術担当）

Doug Bedell（元 GPU、当時の広報・コミュニケーション担当）

ステークホルダー動向の時系列整理

これまでの文献調査においては、処分方法の検討等がどの様になされてきたのかについて断片的に情報が得られていたが、今回のヒアリング調査では、検討経過、意思決定の段階、ステークホルダーとの関係を詳細に明らかにし、時系列で取りまとめることを目指した。結果を表 2-14 に示す。

表 2-14 TMI-2 における汚染水処理に係るステークホルダーの動向

年月日	GPUの動き	NRCの動き	住民・自治体の動き
1979年3月28日	TMI-2の事故		
1979年4月初旬	GPUはNRCに「サスケハナ川に汚染水を放出したい」と相談した。	NRCは、今はまだ事故対応の真ただ中であるため、今は放出しない方が良く、と判断した。(放出しようとした汚染水は規制値以下ではあったが)。	
1979年5月			ランカスター市、及び、原子力発電に慎重な姿勢を取る団体が、NRCを相手取り、「汚染水をサスケハナ川に放出しない」様に裁判所に提訴した。 ※ランカスター市は、サスケハナ川のTMI-2から約30km下流に取水口を設けていた。
1979年後半		裁判の手続きの前に、NRC、ランカスター市、及び、原子力発電に慎重な姿勢を取る団体により、打開策の検討が行われた。	
1980年2月27日		三者の和解が成立。協定を締結。 ・NRCが環境影響評価書(PEIS)を策定すること。 ・NRCの環境影響評価書(PEIS)が策定されるまでは、汚染水をサスケハナ川に放出しないこと。 ・NRCで河川放出に関する会議を開催する場合は公示・公開すること。 ※「河川に放出しない」と決定した訳では無い。 ※NRCは74年に「環境法に従って行動しなかった」という判決を受けて以来、環境アセスに慎重になっていた。NRCは裁判を避けるために和解し、協定を締結する道を選んだ。	
1980年3月	汚染水の貯蔵容量が足りないため、二個の炭素鋼タンク(140万リットルずつ)の建設に着手した。		
1980年11月			TMI-2 Advisory Panelのミーティングが初めて開催された。 (その後、Advisory Panelは13年間にわたって、合計78回(平均6回/年)開催された)。 ※TMI-2 Advisory Panelは、事故処理に関して様々な情報が飛び交う中で、公開の、統一した議論の場が必要であるとの考えからNRCが設置した会議体である。何らかの意思決定を行う会議体ではなく、NRCに対して助言・相談する組織と位置付けられた。
1981年4月		「今後、汚染水の処分に関する提案は全て、NRCに報告し、同意を得る必要がある」と記載された、環境影響評価書(PEIS)の最終版の発行に係る政策綱領を発行した。	
1981年7月	二個の炭素鋼タンク(140万リットルずつ)を完成した。		
1986年			住民健康への影響が含まれるように、Advisory Panelのスコープが拡大された。
1986年1月		NRC委員は、GPUに対して汚染水処分方法を提案するよう依頼した。	
1986年7月	大気放出、河川放出、コンクリート固化&サイト外搬送埋設という3つのオプションの提案と評価結果をNRCに提出した。 評価項目は、公衆及び作業員の放射線被ばくリスク、事故の確率と影響、コスト、期間であった。 ※河川放出は行わないと決定していたが、国民に明示するため、敢えてオプションに入れている。		
1986年12月		汚染水の処分に関する環境影響評価書(PEIS)の付録の草案を発行した。	
1987年6月		汚染水の処分に関する環境影響評価書(PEIS)の付録の最終版を発行した。 ここでは、9つのオプション(貯蔵継続も含む)に対する評価結果を取りまとめた。 評価項目は、公衆及び作業員の放射線被ばくリスク、事故の確率と影響、コスト、期間、必要面積、必要体積、であった。 結論は、9つのオプション全てが許容可能(技術的観点から)であり、かつ、大差はない、というもの。	
1988年10月	大気放出(蒸発)により処分することを最終決定した。 コスト、期間、技術的実現性、作業員被ばく、公衆被ばくを考慮した。 ※コンクリート固化の場合は、その後に輸送する必要があり、経路の自治体からの反対が予想された(TMI-2から高速道路入口までは街中を通る)。 ⇒NRCに技術評価報告書を提出した。		
1988年11月		汚染水を蒸発させるというGPUの提案に対し、NRCの原子力安全・認可委員会パネルが行政公聴会を開催した。	
1989年2月		NRCの公聴理事会(ASLB)がGPUを全面的に支持する決定を下した。	
1989年4月		NRC委員会が上記のASLBの決定を承認した。	
1989年8月	蒸発機の製造開始		
1989年11月	蒸発機の作動開始		
1990年3月			コロンビア大学の研究者が、TMI-2エリアの癌の発生率が上昇しているという論文をAmerican Journal of Public Healthに提出した。
1990年9月			ペンシルベニア州が、コロンビア大学によるTMI-2エリアの癌の発生率に関する疫学調査をレビューする間、蒸発プロセスが一時中断した。
1991年1月	蒸発作業の開始		
1991年6月			上記のコロンビア大学の論文が科学ジャーナルで発表された。
1992年9月	約130万ガロン(≒5000m ³)の汚染水が気化された。		
1993年8月	223万ガロン(≒8474m ³)の汚染水の蒸発が完了した。(事故発生から14年5カ月後)		
1993年9月			TMI-2 Advisory Panelの最後のミーティングが開催された。

河川放出に対する反対

当初 GPU が汚染水を従来の処分方法（河川放出）で処分しようとした際に、具体的に以下の様な反対がなされた。

- サスケハナ川の下流にある複数の市町村（最大の都市はランカスター市）の住民及び政治家が反対した。その理由は、飲料水源となるサスケハナ川が汚染されるのではないかという根強い心配であった。
- サスケハナ川が流れ出るチェサピーク湾で活動していた漁業関係者は、湾の汚染を心配していた。

TMI-2 Advisory Panel（スリーマイル島原子力発電所 2 号機の廃炉に向けた諮問委員会）

スリーマイル島原子力発電所 2 号機（TMI-2）の事故後、TMI-2 の状況と除染計画に関する多くの相反する情報が流布した。原子力規制委員会（NRC）のスタッフは膨大な時間を費やして、地元の市民グループや一般市民のメンバーに廃炉・燃料除去に関する説明を行っていた。

TMI-2 の事故は、原子炉周辺地域の人々及びグループの社会的及び心理的な福祉に多大な影響をもたらした。多数の州、連邦、産業、市民グループ及び個人がさまざまな除染に関わり、それぞれが個別に市民に自分たちの活動を伝えていた。

その様な状況において、一般市民のメンバーに、TMI-2 の燃料除去及び廃炉の計画立案の全体構造が明らかになっていなかった。また、一般市民のメンバーが、質問したり、説明を受けたり、回答を得たりする機会や手段が無く、高度な技術課題に関する説明を理解可能なレベルで受ける機会も無かった。

そこで、NRC は、原子力規制委員会（NRC）スタッフの推奨により、1980 年に、スリーマイル島原子力発電所 2 号機の廃炉に向けた諮問委員会（以下、諮問委員会と言う。）を設立した。以下、諮問委員会に係る情報を記載する。

- 諮問委員会の当初の宣言書によれば、委員会のメンバーは NRC と協議し、TMI-2 施設の廃炉および安全な除染に必要な主な活動について助言を行うこととされていた。同宣言書では、委員会の役割を、TMI-2 の廃炉・除染に限定していた。最初、事故と直接関連のある影響は、委員会の権限外であった。委員会の第一回会議は、1980 年 11 月 12 日に開催された。
- 諮問委員会は、13 年間で 78 回（年平均 6 回）の会合を開いた。会議は TMI-2 近郊で開催された。諮問委員会は年に数回、NRC 本部の委員会と会議を開き、活動報告を行った。
- 諮問委員会の依頼によって、1986 年に委員会の宣言書が拡大され、事故関連の健康問題に関する調査が追加された。
- 諮問委員会の最後の会議は、1993 年 9 月 23 日に開催された。最初の数回の会議は、100 名超の人々が参加した。最後の数回の会議は、約 10 名の一般市民を招集した。

- 諮問委員会は、TMI-2 エリアから選出された議長 1 名と 11 名のメンバーから成る。NRC は当初、選出した役職者 3 名、科学者 3 名、ペンシルベニア州の代表メンバー 3 名、市民グループに関わる一般市民のメンバー 3 名を参加させることで、諮問委員会のバランスを保とうとした。GPU 及び連邦組織が、諮問委員会の代表を務めることは一切なかった。諮問委員会のメンバーは、旅費以外の報酬を得ずに奉仕した。
- 諮問委員会の会議はすべて一般に公開され、口述筆記され、マスコミの参加も歓迎された。

住民とのコミュニケーションの観点

以下に、ヒアリング結果から得られた情報の内、住民等とのコミュニケーションに関連する情報を以下に列記する。

- 事故当時、GPU にはコミュニケーションの機能は無かった。事故当日、GPU のメディア担当は技術者であった。当日、メディア担当者から、「GPU は全てを公開するつもりはない、公開する必要もない」という発言（失言）があり、不信を招く結果となった。
- GPU は、事故の前から住民との関係が悪く、事故後さらに悪くなったため、コミュニケーションという観点で対応が難しい状況であった。事故後、住民は団結して、反発は強くなった。（主な団体は「TMI-ALERT」という団体であり、現在も活動を行っている）。
- 国民と同様、メディアも GPU を信頼していなかった。
- その対策として、GPU はメディアから広報担当者をヘッドハントした。また、コミュニケーションに係る社内教育プログラムを実施した。
- GPU の広報担当者はメディアと関係を築き、レクを実施することで、AP（記者クラブ）との関係を構築した。町（ペンシルバニア州の州都）の地元新聞の記者とも関係を築き、維持した。ランカスター市のテレビ局の記者とも連絡をとり、常に情報交換を行った。
- 汚染水の蒸発処理を行う頃には、GPU と地元住民・メディアとの関係はかなり良くなってきていた。
- GPU が蒸発処理を行うと決めた際に、プレスリリース以外には何もしていない。（何もしなくとも大きな反発等は発生しなかった）。
- 蒸発処理を開始した日には、新聞、テレビ局の記者を招いて見せた。ただ、事故後 13 年後だったため、関心は薄れていた。その結果、大々的に報道されることはなかった。時間が経ったのみならず、信頼関係が構築されたからであると推察している。
- 蒸発処理中の 2 年間は、特段の積極的な、また定期的なコミュニケーション活動は行わなかった。質問があった時のみ、迅速に回答した。モニタリング結果は新聞の有料広告で定期的に公表していた。

- 環境影響・健康影響に関するパンフレットを作成した。会議での配布やビジターセンターへの設置を行ったが、全戸配布等を行わなかった。
- 住民に不安があることは当然であり、それに対して真摯に向き合うことが重要である。

社会的観点における評価事例

多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会では、社会的な観点等も含めて、総合的な検討を行うことを目的としているため、これに資することを意図して、TMI-2 の事例における社会的観点における評価事例を調査し、以下にまとめた。

- 当時、PNNL（国立研究所）が、社会経済的影響の評価を試みていたが、問題が複雑であり、多くのことを考慮する必要があったため、検討に欠陥が生じ、1983年に断念した。中間報告書が作成されているが公開はされていない。
- TMI-2 以外で社会経済的影響評価の事例は存在する（米国では良くある）。しかし、TMI-2 の問題は複雑で難しかったため、断念された。
- NRC や GPU が行った処分方法のオプションに対する評価においても、評価項目として社会的な項目は存在しなかった。
- GPU が、長期訴訟を恐れて河川放出というオプションを手放したこと、（輸送経路の）周辺住民の反対を予想しコンクリート固化&サイト外処分というオプションを辞めたことは、社会的側面を反映した意思決定（経営判断）であると言える。

その他特記事項

上述した観点以外で重要と考えられる事項について、以下に列記する。

- 汚染水の蒸発処理に関して、風評被害等は発生しなかった。TMI-2 の事故に関して、関係者に対して賠償金が支払われているが、「汚染水の蒸発処理」に関連して賠償金が支払われたことは無かった。
- 米国の NEPA（環境法）では、何もしない（貯蔵継続）というオプションも加えて検討すべきであるとしており、TMI-2 の事例でもこれに従った。ただし、何もしないというオプションは、基本的に問題解決につながらないため、過去の多くの事例を見ても採用されたことは稀である。

2.6. 日本

上記 2.1 節から 2.5 節では、国外の事例を取りまとめたが、本節では同様に国内の事例に係る調査結果を記載する。なお、国内に関しては、福島第一原発におけるトリチウム水の取扱い方法を検討する上で参考とすべく、原子力関連施設だけでなく、原子力関連施設以外で国民の生活に広く影響を及ぼし、かつ関係者が多岐にわたる事業について、文献調査及びヒアリング調査を行い、情報を取りまとめた。

2.6.1. 原子力関連施設

原子力関連施設に関する調査においては、国外の調査項目と同様に調査を行うこととしつつ、特に⑤「処分地（サイト）周辺における住民との関係」、⑧「処分に当たっての社会影響・環境影響」、⑨「合意形成プロセス」については、次項に示す非原子力関連事例調査に譲ることとした。

① 処分方法

原子力発電所で発生するトリチウムを含む放射性液体廃棄物は海洋放出により処分されている。

② 期間あたりの処分量

実際の処分量の例として、九州電力の玄海原子力発電所と川内原子力発電所（いずれも PWR）における放射性液体トリチウムの放出実績を図 2-13 及び図 2-14 に示す⁵⁰⁾。

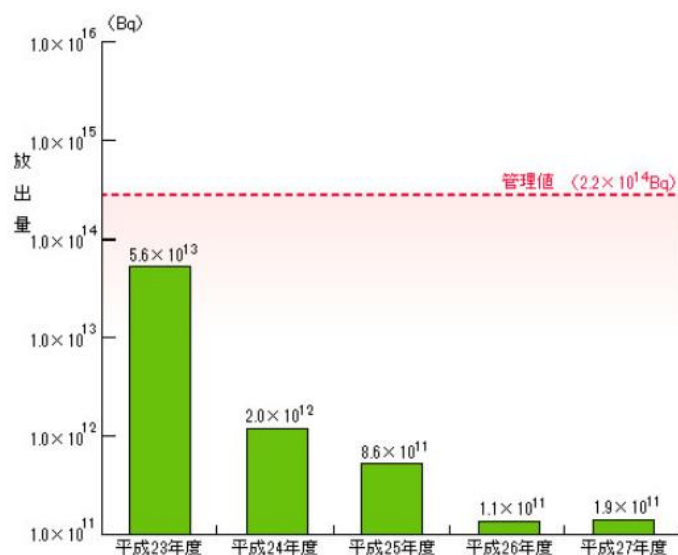


図 2-13 放射性液体トリチウム放出実績（玄海原子力発電所）

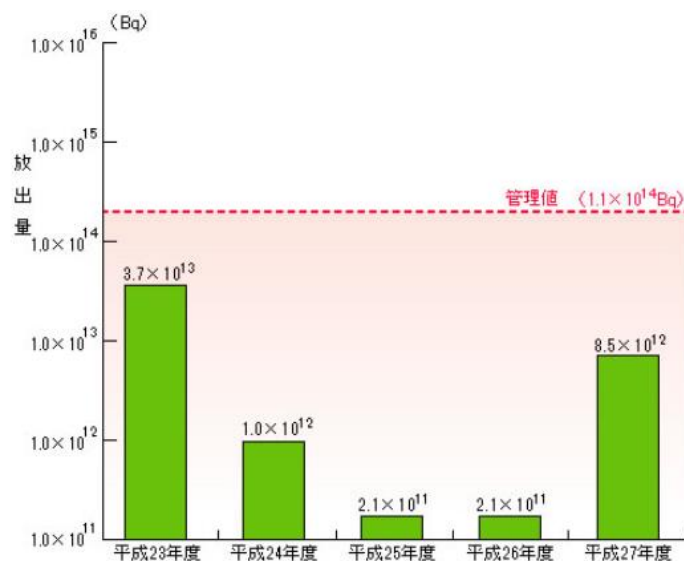


図 2-14 放射性液体トリチウム放出実績（川内原子力発電所）

③ 処分する際の濃度

⑥で後述するとおり、原子炉施設の周辺監視区域の外における排水中の放射性物質濃度は法令で定められており、トリチウム（化学形態は水として）の濃度限度は $60\text{Bq}/\text{cm}^3$ であるため、この濃度よりも低い値で処分されている。

④ 処分地（サイト）の立地環境

国内に立地する全ての原子力発電所は海洋に隣接している。

⑤ 処分地（サイト）周辺における住民との関係

本項については、2.6.2 項に譲る。

⑥ 具体的な数値基準

先述のとおり、原子炉施設の周辺監視区域の外における排水中の放射性物質濃度は法令で定められており、トリチウム（化学形態は水として）の濃度限度は $60\text{Bq}/\text{cm}^3$ である。

なお、国の指針では、法令により定められた年間の線量限度（ $1\text{mSv}/\text{y}$ ）を下回る様に、放出される放射性液体・気体廃棄物による一般公衆の線量「目標値」として、年間 0.05mSv を定めている。原子力発電所では、この線量「目標値」を十分満足できる値として、原子炉施設保安規定において、「放射性希ガス」、「放射性ヨウ素」、「トリチウムを除く放射性液体廃棄物」について、年間の放出管理「目標値」を定めて管理を行っている。「トリチウムを除く」とされているのは、トリチウムが一般公衆の被ばくに与える影響が非常に小さいためであり、その結果、トリチウムに対しては放出管理「目標値」を定めていない。ただし、トリチウム（液体状）の放出量の目安値は放出管理「基準値」として定めて運用上の

目安として管理を行っている⁵¹⁾。例えば、事故前の福島第一原発の保安規定に示された基準値は、 $2.2 \times 10^{13} \text{Bq/y}$ であった（繰り返すが、これは規制基準値ではなく、保安規定に示された運用上の目安である）。なお、東京電力は、 $2.2 \times 10^{13} \text{Bq/y}$ のトリチウムを放出した場合、トリチウム以外の他の各種（気体廃棄物、液体廃棄物）も含めて公衆の被ばくは 0.024mSv/y になると評価している⁵²⁾。

⑦ 規制の根拠・考え方

法令で示されているトリチウム（化学形態は水として）の濃度限度 60Bq/cm^3 は、公衆に対する線量限度（国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告に沿って定められた法令値：実効線量で 1mSv/y ）を超えない様に設定された値である⁵³⁾。

⑧ 処分に当たっての社会影響・環境影響

本項については、2.6.2項に譲る。

⑨ 合意形成プロセス

本項については、2.6.2項に譲る。

2.6.2. 非原子力関連事例

国内の非原子力関連事例として、原子力関連施設以外で国民の生活に広く影響を及ぼし、かつ関係者が多岐にわたる事業について調査することとし、その対象として、香川県豊島における産業廃棄物問題、及び、北九州市におけるPCB処理事業を選定した。以下に、それぞれの事例調査結果を記載する。

2.6.2.1. 香川県豊島における産業廃棄物問題

① 対象の選定

原子力関連施設以外で国民の生活に広く影響を及ぼし、かつ関係者（ステークホルダー）が多岐にわたる事業として、香川県豊島における産廃不法投棄から直島における処理事業に至るまでを対象とし、「処分地周辺における住民との関係」、「社会影響」、「合意形成プロセス」等に関する調査（文献調査、ヒアリング調査）を行った。

② 事業の概要・沿革

豊島問題は、香川県土庄町豊島における、戦後最大級の有害産業廃棄物の不法投棄事件である。公害調停を経て、当該廃棄物は近隣の直島にて処理されることが決定し、今なお処理が継続している。年譜を以下に示す。

1978年2月 豊島の処理業者に産業廃棄物処理業の許可

1980年後半～ 処理業者による不法投棄（強制捜査まで継続）

1990年11月	兵庫県警による事業場への強制捜査
1993年11月	豊島住民が公害調停を申請
1997年7月	中間合意が成立
1997年8月	豊島廃棄物等処理技術検討委員会が発足
1999年8月	香川県が廃棄物を直島町で熔融処理する案を表明
2000年3月	直島町長が県による直島処理案を受諾
2000年6月	香川県が一連の経緯を謝罪し、豊島住民と香川県との公害調停が成立
2002年3月	不法投棄現場の暫定的な環境保全措置工事が完了
2003年	各種施設の完成、処理事業の開始

③ 豊島における合意形成事例

技術選定の観点

豊島住民は、公害調停の開始時に、香川県、県職員、事業者等に対して一切の産業廃棄物を撤去することを求めていた。(1993年)。

1995年10月、国の公害等調整委員会が設置した調停委員会が7つの対策案を提示した。具体的な対策案と概算費用は以下に示すとおりである。なお、概算費用が2つ記載のあるものは、(焼却+セメント固化による中間処理の場合/熔融による中間処理の場合)を示している。

- 処分地で中間処理し、島外に搬出して最終処分 (151億円/167億円)
- 島外に搬出し、島外で中間処理を施して最終処分 (157億円/178億円)
- 島外に搬出し、現状のまま遮断型最終処分場で最終処分 (191億円)
- 処分地において中間処理を行うとともに、最終処分 (134億円/155億円)
- 島外で中間処理し、再度処分地に搬入し最終処分 (173億円/190億円)
- 処分地で掘削・移動しながら最終処分場に改変し最終処分 (173億円)
- 処分地において、遮水、揚水等の環境保全措置を講ずる (61億円)

これを受けて、県が検討を行った。当時の技術力・土地の制限などを考えると、選択の余地がほとんどない状況であった。熔融処理については、当時は技術的に完全とはいえなかった。豊島で最終処分するという案についても、そのための場所を確保することが困難であった。その結果、最も現実的な解は第7案の「処分地における環境保全措置」ではなにかという議論になった。しかし、豊島住民からも反対があったこともあり、再考することになった。

1998年8月、技術検討委員会が「中間処理施設の整備に関する事項」報告書を提出した。本報告書では、廃棄物等の中間処理の技術方式に関する検討を行い、焼却・熔融(熔融型ロータリーキルン)、ガス化熔融(ガス化熔融一体型)、表面熔融、焼却(ロータリーキルン)+エコセメントの4方式を選定した。

この選定の際の観点は、経済性、必要エネルギー量、実験的に確認できるか否か、再生

利用できるか等であった。社会的観点からは、公害が発生しないか、環境負荷が小さいかという点が考慮された。これらは、いずれも技術的・科学的な観点であり、風評被害等を勘案して技術の選定を行った訳では無かった。

各プレイヤーの役割

1997年に中間合意が成立し、県は豊島廃棄物等処理技術検討委員会を発足させた。但し、検討委員会は、中立的な立場であり、事務局も県ではなく民間企業が県からの委託で実施した。これは、検討委員会、住民、県の三者による共創の理念を元にしたものであると言える。

検討委員会では、情報公開を徹底し、住民の傍聴は自由であり、会議の冒頭と最後に住民が意見を述べる機会が設けられていた。

住民からの意見や要望は委員長が整理し、それを受けて、県が対応するという形式であった。住民から出される要望の中には実現が困難なものも含まれたが、最後は委員長が裁定を行った。

最終意思決定権は県にあり、県は検討委員会の検討結果をもとに判断するという建て付けであった。

検討委員会が第三者的・中立的立場であり、かつ情報公開を徹底し、共創の理念に基づいて住民参加の下で検討を行ったことが、合意形成を円滑にしたものと考えられる。

ステークホルダーコミュニケーションの範囲

直島での処理案が出るまでは自然と豊島に限定されていたが、直島案が提出された後は、豊島、直島に加え、地理的に近い岡山県の玉野市の議会や住民にも説明を行っている。

また、全てを公開しているため、上記以外の住民でも情報を入手することはでき、会議の傍聴等も可能であった。

④ 直島における合意形成事例

直島の特徴

直島には、三菱マテリアルの金属精錬プラントが立地していた。県庁職員は、豊島問題の以前から公害関連を担当していたため、直島町や三菱マテリアルとも付き合いがあり、県との円滑なコミュニケーションの素地があった。

また、住民の多くが三菱マテリアル関係者だったことから、事業に対する理解や、公害等に対する知見が豊富だったため、説明会等での説明は理解されやすかった様である。

処理施設受け入れのポイント

直島住民（特に漁業関係者）は、風評被害を最も懸念していた。そのため、香川県は条例を制定し風評被害に対応するための基金を設置した（30億円）。これにより、住民側は県

の力の入れ度合を感じた様である。このような取り組みは全国で初めてであった。風評被害の申請に対して、風評被害かどうかを審査する委員会も設置したが、今のところ一件も申請がない状況である。情報開示の徹底や信頼関係構築の成果ではないかと考えられている。

直島町側が示した受け入れのための条件の中に、「町民の賛同が得られること」があった。そのため、島全体と地区別に、それぞれ1度ずつ検討委員会委員長出席の住民説明会を行った。直島では住民アンケートが行われ、6割が受入賛成であった。その後、直島町長が受入を表明した。

漁業関係者の理解が得られたのは、風評被害に対応するための基金の条例が策定されるなど、県の真摯な姿勢が伝わったものと考えられている。

⑤ 処理開始後の住民対応のポイント

各種会議体（管理委員会、処理協議会、事務連絡会、等）を通じて、対面でのコミュニケーションが継続的に実施されている。

環境モニタリング情報やプラント情報、事故情報等について徹底した情報公開を実施しており、情報提供に関する追加要望はなされていない。

廃棄物を豊島から直島に輸送する際の住民に対する配慮として、季節によって航路を変える、極力波を立てない構造のフェリーの使用、水没しても漏えいしないコンテナの使用、等が挙げられる。これらは住民からの要望に基づくものではなく、実施者側の自発的な配慮である。この様な努力もあってか、住民側からの不満が出たことはない。

2.6.2.2. 北九州市における PCB 処理事業

原子力関連施設以外で国民の生活に広く影響を及ぼし、かつ関係者（ステークホルダー）が多岐にわたる事業として、福岡県北九州市におけるポリ塩化ビフェニル（PCB）処理事業を対象とし、主に、処理施設の受入に係る合意形成事例及び、立地受入・処理開始後のコミュニケーション活動に着目して文献調査を行った。結果を以下に示す。

① 事業の概要

PCB 問題の経緯

PCB は、トランスやコンデンサの絶縁油等に用いられたが、1968年に発生したカネミ油症事件（北九州市にあるカネミ倉庫株式会社で、食用油の製造中に PCB や熱で生じたダイオキシン類が混入し、福岡県、長崎県を中心とした西日本一帯で、この油を摂取した人々に障害等が発生した）を契機に PCB の毒性が社会問題となり、1970年代には、事業者による回収・保管が指示され、製造・輸入・使用が禁止された。

PCB 処理については、全国で高温焼却による処理施設設置が検討されたが、いずれも関係者の理解が十分に得られず頓挫した。このため、PCB 廃棄物は事業者において約 30 年以

上にわたり保管されることとなり、機器の紛失や不法投棄、漏洩などによる環境汚染等が懸念されていた。

これらの状況を受けて、国は2001年に「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」の制定及び「環境事業団法」の一部改正を行い、PCB廃棄物の処理を義務づけるとともに、環境事業団（2004年に環境事業団は解散し、日本環境安全事業株式会社が設立された。その後2014年に中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）に改組された）を活用した拠点的な処理施設整備の推進など、PCB廃棄物の処理体制の構築に向けた施策を実施した。主な経緯を表2-15に示す。

表 2-15 PCB 廃棄物問題に関する主な経緯

年	出来事等
1968年	カネミ油症事件発生
1972年	生産・製造中止、回収保管の行政指導
1973年	「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」制定 翌年、PCBの製造、輸入、使用が原則禁止に
2001年	「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」の採択 (PCB等残留性有機汚染物質の製造及び使用の廃絶・制限、排出の削減、これらの物質を含む廃棄物等の適正処理等を規定する条約)
2001年	「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」制定、「環境事業団法」改正

北九州市のPCB処理施設の経緯

PCB廃棄物の早期処理のため、2000年12月に国は北九州市に対して、岡山以西17県のPCB廃棄物を処理するPCB処理施設の立地について要請を行った。国が北九州市へ施設立地を要請した背景には、北九州市が公害問題で様々な経験を持ち、公害克服の過程で培われた環境技術や人的潜在能力が存在すること、また公害を克服した経験をもとに行っているエコタウン事業等の取組みが評価されていたこと、さらに、市内にPCB廃棄物を持っている事業所が多く存在し、物流機能も充実していること等があるとされている⁵⁴⁾。

この要請を受け、北九州市は2001年2月に、安全性、情報公開性等を確保することを前提として、国が準備作業にかかることを了解した。同時に、市独自で「PCB処理安全性検討委員会」を設置し、また市民説明会を実施する等、受入に係る検討を行った。

その後北九州市は、同委員会の提言や市民からの意見をふまえ、PCB処理事業を行う場合の考え方をとりまとめて市議会に報告し、議会は同年9月にPCB処理事業の受入に係る意見書を可決した。翌10月に北九州市は国に対し、「安全性確保のための条件」、「円滑な事業実施のための条件」、「広域的な資源循環拠点に向けた関連事業の推進支援」等の、受入にあたっての条件等を提示した。その後国が、これら条件等について適切に対応すると

の回答をしたことから、北九州市は同月に施設立地を受諾し、2004年12月からPCB処理施設の操業が開始された。主な経緯を表2-16に示す。

表 2-16 北九州市におけるPCB処理施設の受入及び操業に関する主な経緯

年月	出来事等
2000年12月	国が北九州市に対し、PCB処理施設の立地を要請
2001年2月	北九州市は、国が準備作業に取り掛かることを了解、北九州市PCB処理安全性検討委員会を設置
2001年9月	市議会がPCB処理事業の受入に係る意見書を可決
2001年10月	北九州市が、PCB処理事業受入に係る条件等を国に提示
〃	国の回答を受けて、北九州市がPCB処理施設の立地を受諾
2004年12月	第1期処理施設操業開始（北九州市内のPCB廃棄物の処理）
2009年7月	第2期処理施設操業開始（福岡県を含む17県分のPCB廃棄物の処理）
2013年10月	国が北九州市に対し、処理対象地域の拡大（岡山以西17県分に加え、近畿・東海・南関東地域14都府県のPCB廃棄物を一部受入）と、処理期限の延長（2014年末までから、2023年末（一部は2021年度末）までに延長）に関する検討を要請
2014年4月	北九州市が、処理対象地域の拡大と処理期限の延長に関する要請を受諾
2015年4月	処理対象地域の拡大と、処理期限の延長が開始

② 北九州市におけるPCB処理施設の立地に係る合意形成事例

各プレイヤーの役割・権限

PCB処理施設の立地検討における各主体の構成は下図の通りである。

北九州市は、処理施設受入の検討・準備に向けて、専門的な立場から、安全性の確保等に関する方策の提言、助言等を行うことを目的として、独自に北九州市PCB処理安全性検討委員会（学識経験者で構成、事務局：北九州市環境局）を設置した。

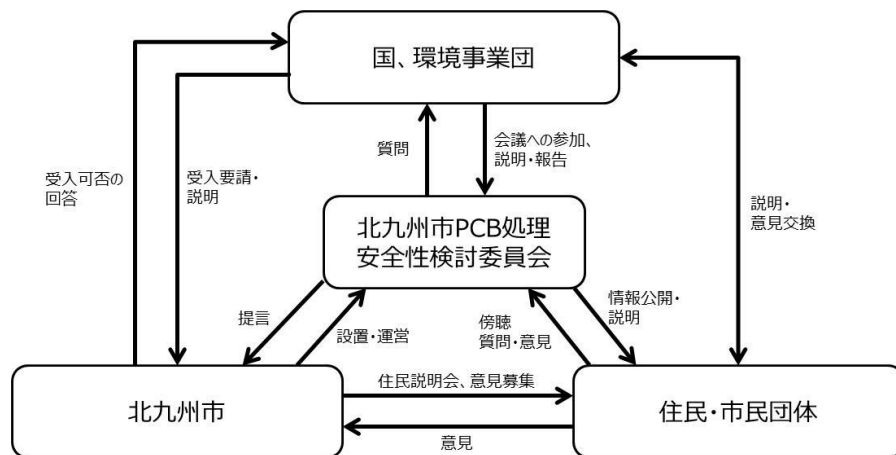


図 2-15 PCB 処理施設の立地検討における各主体の構成

(出所) 各種資料をもとに三菱総合研究所が作成

情報公開・リスクコミュニケーションの方法

北九州市が行った「情報公開」、「リスクコミュニケーション」の取組みには大きく以下の3つがある。

- 北九州市 PCB 処理安全性検討委員会での取組み

透明性、公開性の確保の観点から、委員会資料や議事録をホームページで公開するなど、徹底した情報公開のもとで委員会は開催された。当初は会場の制約等から委員会の傍聴は報道機関に限られていたが、当該事業への市民の関心の高さや意見等をふまえ、第3回からは報道機関以外にも傍聴席が設けられた。また同委員会は、市民説明会やホームページ、ファックス等を通じて北九州市に寄せられた市民の意見、要望を、検討の参考とした。

- 市民説明会の開催

北九州市は、処理施設の立地が予定されていた若松区の自治会を中心に、市民への説明会を100回以上、約3,800人に対して実施した。市は「いつでも」「どこでも」「だれにでも」をモットーにし、定例的な会合での説明のほか、要請があればいつでも説明を行った。同市は説明会において、PCBの性質や処理の課題、北九州市 PCB 処理安全性検討委員会における議論の内容等について OHP 等を用いて説明した。市は、説明後の質疑応答を通じてさまざまな質問や意見を聞いてその場で回答を行い、さらにその内容を取りまとめて全面公開した。

また、北九州市 PCB 処理安全性検討委員会が主催する形で、同委員会の委員と市民との意見交換会も開催された。

- 市政だよりやホームページ等による市民意見の募集

北九州市は、市政だよりやホームページ、メール、ファックス、郵便等を利用して市民から意見を受け付け、一つ一つ丹念に回答し、その内容を取りまとめて全面公開した。

北九州市は、エコタウン事業を通じて、市民に対して事業の説明を行う際には、「リスクはない」、「安全に処理を行うので安心してください」等と相手を説得するだけでは通用しないことを経験していた。そのため市は、PCB 処理施設受入については、市民と行政が同じ土俵に立てるよう双方向でのコミュニケーションを行うことに努めた。具体的には、リスク管理やリスクの評価の方法を具体的な事例の中で話し、お互いに同じ情報を共有し、意見交換や検討を行った。

また同市は、「市民に納得してもらおうのではなく、「不安感」、「不信感」を払拭し、理解を得る」という目的のもと、「科学的な知見に基づいた正確な情報の提供」、「リスクはゼロだということと言わない」、「経済効果でつらない」という市民説明の3つの原則に基づき、市民への説明を実施した（図 2-16 参照）。

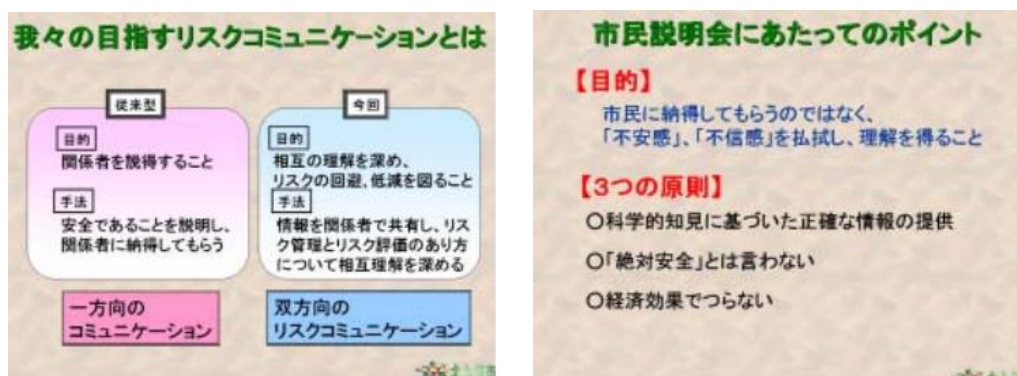


図 2-16 北九州市が行ったリスクコミュニケーション、市民説明の原則

（出所）北九州市環境局「リスクコミュニケーションについて－北九州市における PCB 処理施設設立地への取組みを通じて－」

検討・意思決定過程における安全性確保の考え方

北九州市環境局の職員によると、「要請を受けた時点では、本市の技術力やインフラなどを活かし、貢献できるのであれば役割を果たしたいと考えた。しかし、我が国初の広域的な一貫処理であり、安全性の確保が最優先であるとともに、市民の意見も総合的に考慮して、受入の可否を慎重に決定する必要があると判断し、そのための検討に着手した」とのことである⁵⁵⁾。

北九州市 PCB 処理安全性検討委員会の報告書では、「本事業での安全性を確保するためには、関係法令の遵守、処理段階における国の認めた処理技術の採用はもとより、その上でリスクの回避、低減化等をはかる『リスクマネジメント』が不可欠」とであると指摘されている。すなわち、「収集運搬や処理等の各段階においてフェイルセーフ（たとえ一つの誤動作やミスがあってもそれが事故に直結することがないように多重チェックを行うことや、安全側に働くように措置すること）とセーフティネット（万一トラブルが起こっても影響を最小限に抑える措置を講じておくこと）の概念から、発生頻度と発生した場合の影響を

総合的に勘案して、ハード、ソフトの両面から対策を講じることが必要である」とのことである。

また、北九州市 PCB 処理安全性検討委員会の指摘もふまえ、北九州市が国に提示した安全性確保のための条件では、「リスクマネジメント」の考え方が安全性確保の基本とされ、事業の実施にあたっては、①収集運搬時の安全性、②処理時の安全性、③責任の明確化、の3点が重視されるべきとされた。

技術選定の観点

北九州市 PCB 処理安全性検討委員会において、2001年時点で PCB 処理方法として認められていた焼却処理と化学処理のいずれを選択するかについて検討された。

焼却処理は、確実性及びコスト面から有効な方法であるが、燃焼ガスの発生が発生し、またバッチ確認（一定量の PCB の処理が完了してから、次の処理を行い、繰り返すことをバッチ処理と呼ぶ）ができないことから、他の自治体では地域住民に受け入れられず、ほとんど実現していなかった。一方化学処理は、一般的にコストが高いが、信頼性が高く、燃焼ガスが発生せず、バッチ確認が可能であった。

同委員会の報告書では、「焼却処理は実績もあり、有効な技術であるが、地域の安心感の観点から化学処理方式を採用する」、「特に初期運転時においては、地域の安心感の観点から確実に処理されたことを確認した後、系外に排気、排水及び残さを排出する（「バッチ確認体制」を確保する）」等という点について、確実に実施すべきとの提言が行われている。

同委員会の提言等をふまえ、北九州市が国に提示した安全性確保のための条件では、「処理方式は化学処理方式とする」、「バッチ確認体制を確保する」等という点について、確実に実行することとされていた。これに対し国は、提示された条件等の実施について万全を期すとの回答をしていた。

立地選定の観点

第1回北九州市 PCB 処理安全性検討委員会では、事務局である北九州市環境局が、PCB 処理事業に関する検討にあたっての前提として、若松区響灘エリアの響大橋の北側を対象に考えてほしいと委員に説明していた。

響灘地区には広大な土地があること、鉄道、船を利用した輸送が可能であることや、同地区で広義でのエコタウン事業（鉄・油のリサイクル）を実施していること、市街地からの距離等を鑑みて、同地区での処理施設の立地が検討された。

しかし委員会での検討と並行して行われた市民への説明会では、「なぜ北九州市なのか、なぜ若松区響灘地区なのか」、「多くの廃棄物処理施設が立地する若松区に、これ以上施設が集中することに、不安があると同時に疑問を感じる」という声が、特に若松区民から多く聞かれた。同委員会によれば、これらの声には、響灘地区において工業用地あるいは廃棄物の処分場として埋め立てが行われてきたことで若松区民の間に生じた、様々な感情が

含まれているという。

一方で市民は、工業地域あるいは廃棄物の処分場としての役割を果たしてきた同地区において、緑地を中心とした環境施設を併せて整備していくことを求めている。

同委員会は、「響灘地区における土地利用、特に廃棄物処理事業の将来展望について、引き続き市民に対して十分な説明責任を果たす必要がある。また緑地や環境施設の整備等、同地区の良好な環境整備に力を注ぐべきである」との提言を、報告書において示した。

同委員会の指摘等をふまえ、北九州市は国に対し、北九州市における PCB 処理事業が若松区響灘地区で展開されるにあたって、PCB 処理施設に十分な緑地等環境施設の整備を行うことを求め、また響灘地区の周辺環境及び物流インフラの整備、若戸大橋の無料化等に向けて、国としての特段の支援・配慮がなされるよう要望した。これに対し国は、「環境施設の整備については、市民の理解、信頼感を高めていくうえで重要であると認識しており、万全の配慮を行う」、「周辺環境及び物流インフラの整備、若戸大橋の無料化等に関する北九州市の要望は、いずれも他省にかかるものであるが、今後環境省としても関係省に誠意を持って伝え、実現に向けた取り組みがなされるよう最大限努力したい」と回答している。

立地検討段階における風評被害等の懸念

北九州市 PCB 処理安全性検討委員会や市民説明会、ホームページや市政だより等において、PCB 処理の危険性を懸念する意見は寄せられていたが、同市での PCB 処理により風評被害等が発生することを懸念する意見が寄せられたとの情報は確認できなかった。

処理施設受入のポイント

北九州市環境局の職員によると、処理の必要性については、今後保管を続けることと、早急に処理を行うこととのリスクの差を定量的に示すことで、市民のかなりの理解を得ることができたとある。

上記と別の北九州市環境局の職員は、リスクコミュニケーション活動の取り組み等を通じ、「当初寄せられていた、『とにかく危なそうだから嫌だ』という声は次第に少なくなり、処理の必要性や本市で処理が行われることの意義などについて、市民の理解が進んだと実感した」と述べている⁵⁷⁾。

③ 立地受入後・処理開始後のリスクコミュニケーションに係る取り組み

各プレイヤーの役割・権限

PCB 処理施設の立地受入後・処理開始後における各主体の構成は下図の通りである。

立地決定後の 2002 年 2 月に北九州市は、新たに北九州市 PCB 処理監視委員会（現：北九州市 PCB 処理監視会議。事務局は北九州市）を設置した。同委員会委員は最大で 20 名で、学識経験者の他、市民団体からの推薦者、公募で選出された市民から構成される。北九州市 PCB 処理監視委員会設置には条例等による枠組みはないが、同委員会の設置要綱に

基づき、事業の計画段階では、関係者から事業計画などの説明を受け、操業時は施設への立入や書類の閲覧を行うことができる。また同委員会は、必要に応じて市に意見を述べることもできる。

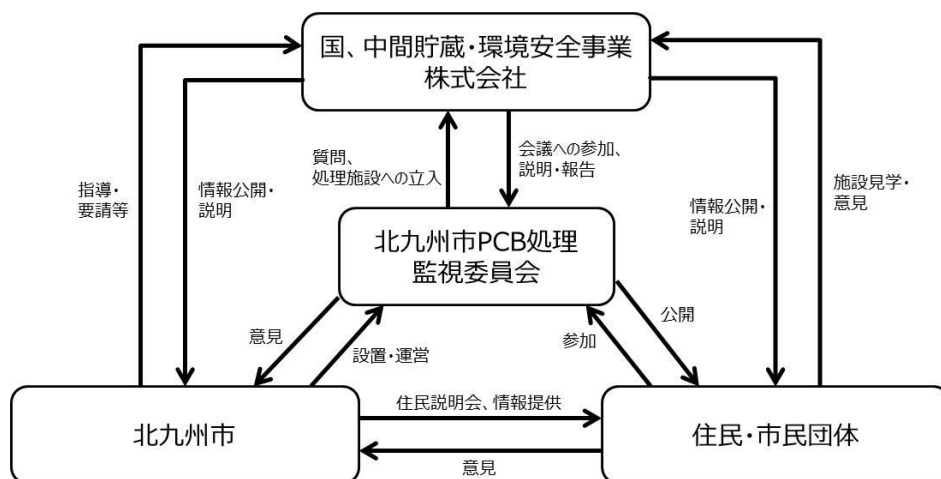


図 2-17 PCB 処理施設の立地受入後・処理開始後における各主体の構成
(出所) 各種資料をもとに三菱総合研究所が作成

安全性確保に向けた取組み

立地決定後から施設の操業開始前の 2003 年 4 月、北九州市と環境事業団（現：中間貯蔵・環境安全事業株式会社）は、PCB 処理事業の実施に伴う環境負荷を低減し、環境汚染の未然防止と良好な生活環境の確保を図ることで、市民の健康の保護と地球環境の保全に資することを目的として、環境保全協定を締結した。同協定では、PCB 廃棄物の受入、モニタリングの実施、緊急時の措置、情報公開の推進等について定められている。なお協定は、これまでに 2 回変更されている。

高濃度 PCB 廃棄物処理の環境への影響調査のため北九州市と中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）が、また低濃度 PCB 廃棄物処理の環境への影響調査のため民間企業が、処理施設の排出源、周辺環境監視点における PCB やダイオキシン類等の測定（環境モニタリング）をそれぞれ行っている。測定結果は、いずれも北九州市のホームページで公表されている。

情報公開とリスクコミュニケーション

立地受入後・処理開始後において、北九州市及び JESCO により行われている「情報公開」、「リスクコミュニケーション」の、主な取組みを以下に挙げる。

- 北九州市 PCB 処理監視委員会での取組み

同委員会は、PCB 処理安全性検討委員会において設置が提言されたもので、立地決定後から現在に至るまで、同委員会（会議）において、事業者（JESCO）、市、市民とのリスク

コミュニケーションが継続的に実施されている。

また同委員会は原則公開で、傍聴も可能であり、監視委員会の資料及び議事要旨はホームページにすべて掲載されている。さらに、会議の内容は「北九州市 PCB 監視委員会だより」にまとめられ市役所・区役所で配布されている。なお若松区内においては、委員会だよりを全戸回覧する等、情報公開が徹底されている。

- 市民説明会の開催

北九州市では、国、JESCO、市等が連携し、定期的に市民説明会を開催している。

- 処理施設におけるトラブルに関する情報公開

北九州市の PCB 処理施設において、これまで 11 件のトラブルが生じた（いずれも PCB 等の施設外への漏洩や作業員への影響はなし）。JESCO と北九州市は、トラブルの詳細・原因・改善策等に関する情報を、ホームページ等で公開している。

- 処理施設における情報公開

北九州市は PCB 処理施設の受入にあたって、環境事業団に対し、事業全般に係る情報を一元的に集約・管理する情報センターを設置し、事業関係者や市民が情報を共有できるリスクコミュニケーションの場を設けることを条件としていた。この条件を受けて JESCO は、PCB 処理施設内に情報公開ルームや見学者ホールを設けて、PCB 処理に関する情報を集約・公開している。

- 北九州市 環境・コミュニティセンターにおける取組み

2015 年 3 月に北九州市は、北九州市における環境の取組みの情報発信や地域コミュニティの拠点として「北九州市環境・コミュニティセンター」を若松区に新たに開設した。同センターでは、PCB 処理の状況をはじめ、響灘の環境先進地域における環境の取組みや地域の情報を、モニターやパネルを用いて展示している。

全国的に PCB 廃棄物の処理が遅れていたことを受けて、2013 年 10 月に国が北九州市に対し、処理対象地域の拡大と処理期限の延長に関する要請を行った際には、北九州市 PCB 処理監視委員会や市議会等を通じて、要請の受入について議論され、市民説明会も 70 回以上行われた。市民や市議会等の意見をふまえて 2014 年 3 月に市は、要請の受入にあたっての条件を国に提示し、同年 4 月に国が全条件を承諾すると回答したことを受けて、市は国の要請を受け入れた。

立地受入後・処理開始後における、風評被害等の懸念、風評被害等の発生の有無

2015 年 10 月に北九州市がサンプリングした排気中に、JESCO と市との協定に基づく協定値を超えるベンゼンが検出された。当事案について、2016 年 1 月 21 日に北九州市 PCB 処理監視会議で検討が行われ、その際に座長が北九州市に対し、「PCB の施設で PCB と同じような毒物が出た」等という誤解を与えて風評被害を招かないよう、市民に対し科学的観点から正確な説明を行い、市民の不安を取り除いてほしいとの要望を行った⁵⁶⁾。

同日、同会議の直後に若松区で開催された市民説明会では、JESCO、国、北九州市が、

当事案について報告を行った。なお各ステークホルダーが市民に対し、ベンゼンの性質や、当事案の環境・健康影響に関してどのような説明を行ったかについては情報を確認できなかった。また説明会に際して行われた、各ステークホルダーと市民との意見交換において、ベンゼンの毒性に関する誤解に基づくような意見や、当事案による風評被害を懸念する意見が、市民から寄せられたとの情報は確認できなかった。

なお同日実施された、北海道 PCB 廃棄物処理事業監視円卓会議の委員等との意見交換会において、北九州市 PCB 処理監視会議の委員は、「今回のベンゼンの件については、蓄積性がないこと、PCB やダイオキシンと違うことなど、明白に区別して説明しないと、地元の報道のように不安だけ煽り、風評被害等を引き起こしてしまうので、十分注意しなければならぬ」との考えを示した⁵⁷⁾。

当事案を受けて北九州市は、同市による監視指導強化策の一つとして、市民に対する情報提供の強化を掲げた。具体的には、北九州市環境・コミュニティセンター等を活用して、操業状況に係る最新情報や最新の環境モニタリング結果を市民に提供し、また PCB 処理事業の経緯や現状が一連で詳しく理解できるよう、PCB 処理監視会議等の資料を閲覧できるようにした。さらに市は、PCB 処理に関する情報サイトを通じて提供する情報の内容や、同サイトの発信機能を充実させた。

また当事案を発生させた JESCO は、地域の信頼回復に向けて、地域住民への情報提供や対話を丁寧にきめ細かく行うことや、地元企業としての地域貢献や理解を得るための取組を一層強化することを掲げた。

2001 年の立地受入後・2004 年の処理開始後及び、2015 年の協定値超のベンゼン検出事案の発生後に、風評被害等が発生したとの情報は確認できなかった。

(2 章参考文献)

- 1) IAEA PRIS ウェブサイト
- 2) 英国政府, Statutory Guidance to the Environment Agency concerning the regulation of radioactive discharges into the environment, 2009
- 3) ENVIRONMENT AGENCY, FOOD STANDARDS AGENCY, FOOD STANDARDS SCOTLAND, NATURAL RESOURCES WALES, NORTHERN IRELAND ENVIRONMENT AGENCY, SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, “Radioactivity in Food and the Environment”, 2015
- 4) ATOMICA http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=14-05-01-01-05
- 5) EDF Energy, Working with our stakeholders
- 6) EDF Energy update to local stakeholders at Dungeness B – September 2014
- 7) Dungeness B monthly report, October 2015
- 8) COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption
- 9) The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000
- 10) The Infrastructure Planning (Environmental Impact Assessment) Regulations 2009
- 11) The Town and Country Planning (Environmental Impact Assessment) Regulations 2011
- 12) Department for Communities and Local Government, Environmental Impact Assessment: Technical consultation (regulations on planning and major infrastructure), December 2016
- 13) EDF Energy, Hinkley Point C, Development Consent Order Application, Environmental Statement – Volume 2
- 14) 原子力規制局 (ONR) ウェブサイト
- 15) セラフィールド社ウェブサイト
- 16) Sellafield Ltd, Monitoring our Environment, Discharges and Environmental Monitoring, Annual Report 2015
- 17) Sellafield Ltd, Monitoring our Environment Discharges and Monitoring in the United Kingdom Annual Report 2011, 2012.
- 18) 株式会社三菱総合研究所, 平成 26 年度発電用原子炉等利用環境調査事業 (トリチウム水の処分技術等に関する調査研究), 2015
- 19) Sellafield Ltd, Managing Director’s Report to WCSSG
- 20) WEST CUMBRIA SITES STAKEHOLDER GROUP, ENVIRONMENTAL HEALTH WORKING GROUP, MEETING Report
- 21) 仏国, トリチウム白書
- 22) ATOMICA http://www.rist.or.jp/atomica/data/fig_pict.php?Pict_No=14-05-02-02-05

- 23) 環境法典第 L.593-10 条
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000025109696&dateTexte=&categorieLien=cid>
- 24) 手続きデクレ
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000469544&dateTexte=20161115>
- 25) INB アレテ
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2012/2/7/DEVP1202101A/jo#JORFSCTA00025338643>
- 26) 1998 年のアレテ
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000204891&dateTexte=20161115>
- 27) サン・ローラン・デ・ゾー原子力発電所の排出上限を定める ASN の 2015 年 2 月 19 日付決定 2015-DC-0498 を承認する 2015 年 3 月 19 日のアレテ
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/3/19/DEVP1505473A/jo>
- 28) サンタルバン原子力発電所の排出上限を定める ASN の 2014 年 12 月 2 日付決定 2014-DC-0470 を承認する 2014 年 12 月 26 日のアレテ
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030024933&dateTexte=&categorieLien=id>
- 29) 2013 年、EDF 「原子力発電所と環境」
http://energie.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/En_Direct_Centrales/Nucleaire/General/ebookedfbasedef.pdf
- 30) B.LE GUEN、Imptact du tritium autour des centrales nucléaires EDF、
<http://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2008/02/rad200806.pdf>
- 31) 2014 年 9 月 15 日、サンタルバン原子力発電所 CLI 会合議事録
<https://www.isere.fr/sites/default/files/cr-ag-cli-st-alban-2014.pdf>
- 32) <http://www.areva.com/EN/operations-2332/gaseous-releases-annual-statement.html>
- 33) <http://www.areva.com/EN/operations-2331/liquid-releases-annual-report.html>
- 34) ATOMICA <http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/04/04070308/04.gif>
- 35) <http://www.areva.com/FR/activites-1221/diffusion-de-l-information-areva-la-hague.html>
- 36) ラ・アーク再処理プラントから排出される放射性物質の上限値について定める 2015 年 12 月 22 日付の ASN の決定第 2015-DC-0536 号、
https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?id=JORFTEXT000031832595
- 37) REGDOC-3.1.1, Reporting Requirements for Nuclear Power Plants
- 38) CNSC NPP 報告書,2015 年版
- 39) 原子力安全条約第 7 回国別報告書、2016 年 8 月
- 40) http://nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads/2012-CNSC-NPP-Safety-Report-eng.pdf

- 41) ATOMICA <http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/14/14020104/04.gif>
- 42) 「原子力安全法一部改正法案検討報告書」(2015年11月、未来創造科学放送通信委員会専門委員キム・ジェナム提出)
www.lawmaking.go.kr/nl4al/atchFile/download/820104
- 43) 発電所周辺地域支援に関する法律
- 44) 発電所周辺地域支援に関する法律施行令
- 45) 慶州市月城原子力発電所・放射性廃棄物処分場民間環境監視機構ウェブサイト
- 46) 慶州市民間環境監視機構ウェブサイト
- 47) トリチウム影響評価委員会紹介ウェブサイト
- 48) ATOMICA <http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/14/14040102/10.gif>
- 49) ATOMICA <http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/02/02070401/01.gif>
- 50) http://www.kyuden.co.jp/nuclear_radiation_waste.html
- 51) https://www.chuden.co.jp/resource/energy/hama_haikibutsu_tritium_4.pdf
- 52) http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130228_08-j.pdf
- 53) ATOMICA http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=09-01-02-04
- 54) 入江隆司(北九州市環境局環境産業政策室主幹)「リスクコミュニケーションについてー北九州市における PCB 処理施設立地への取組みを通じてー」(総務省公害等調整委員会事務局『ちょうせい』vol. 37、2004年5月)
- 55) 垣迫裕俊 他3名(北九州市環境局)「北九州市における PCB 廃棄物処理に関する取り組み」(『年次学術大会講演要旨集』vol.17、2002年10月)
- 56) 北九州市 PCB 処理監視会議「第35回北九州市 PCB 処理監視会議 議事録」(2016年1月)
- 57) 北海道 PCB 廃棄物処理事業監視円卓会議「平成27年度北九州 PCB 廃棄物処理事業視察報告書(概要)」(2016年2月)

3. ALPS 処理水の各取扱い方法に係る被ばく線量評価

3.1. 評価概要

トリチウム水の各取扱い方法に係る被ばく線量評価について、評価手法の詳細を示す。具体的評価方法の検討に入る前に、本節では被ばく線量評価の目的、評価の考え方等の全般に係る事項を示す。

過年度に汚染水処理対策委員会の下に設置されたトリチウム水タスクフォースにより、東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における事故由来の放射性核種を含む汚染水の最終的な処分の在り方として成立し得る選択肢が洗い出された。処分選択肢は海洋放出、水素放出、水蒸気放出、地下埋設、地層注入の 5 つである。トリチウム水タスクフォースでは、各選択肢について、その処分期間やコスト、規模、二次廃棄物発生量、処分に伴う作業員被ばくについて結果の整理がなされている。

本調査研究では、このトリチウム水タスクフォースで示された 5 つの選択肢に貯蔵を継続した場合（以降、貯蔵継続を含めて「各選択肢」と呼ぶ。）を加え、その健康・環境影響の評価を行うための考え方の整理を行う。なお、被ばく線量は、規制で要求される保守的な被ばく状況での線量とは異なり、実際に各選択肢を実施した際にどの程度のリスクがあり得るかという観点から求められることが望ましい。従って、被ばく線量評価方法の検討は、現実的な状況を鑑みた評価方法を検討することにより、トリチウム水の取扱い方法を検討する材料を充実させることを目的とする。

3.2. 被ばく線量評価の方針

3.2.1. 被ばく線量評価の考え方と方針

トリチウム水タスクフォース報告書¹⁾によると、処分されるトリチウム水の濃度は、法令によって定められた告示濃度限度¹⁾以下である。従って、この濃度のトリチウム水の拡散や移行を考慮した被ばく線量評価の結果は一般公衆の被ばく線量限度である年間 1 mSv を大きく下回ることが予想され、規制免除の基準となる年間 10 μ Sv を下回る可能性もある。また、取扱い方法の詳細や場所も決定されておらず²⁾、現時点では、拡散や移行を精緻に考慮した線量評価を行うことはできない。このような状況を踏まえ、被ばく線量評価方法を検討する。

被ばく線量評価では適切なモデルとパラメータを設定する必要がある。被ばく線量評価で使用するモデルは、代表的なモデルとして公的に認められており、ALPS 処理水の取扱い方法に適合し、かつ適切に被ばく線量を評価できる必要がある。

一方、被ばく線量評価で使用するモデルに含まれるパラメータについては、地域依存性のあるパラメータと一般に広く適用可能なパラメータが存在する。地域依存性のあるパラメータには、放射性核種の大気中での拡散を把握するために必要な風速や、地域における自給の割合を示す市場希釈係数等がある。現実には即した被ばく線量評価を行うためには地域特性を把握した上で、これらのパラメータを設定する必要がある。ただし、パラメータ設定において十分に特性を把握できない場合には過小評価を避けるため、保守的に設定することも考慮する必要がある。そして、一般に広く適用可能なパラメータには、放射性核種の半減期のように、物理化学的な性質によってのみ決まるパラメータ等がある。なお、これらのパラメータについては専門機関等によって整理され、公的に認められているものを使用することが望ましい。例えば、内部被ばくの実効線量換算係数については、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成十二年科学技術庁告示第五号）²⁾」（以下、「告示」と呼ぶ。）に記載されている値を用いる。

ALPS 処理水の取扱いに係るトリチウムによる被ばく線量の評価においては、各取扱い方法に対して統一的な考え方の基、評価を実施できることが望ましい。被ばく線量評価で用いるパラメータには、専門機関によって整理され、公的に認められている資料であっても、参照する資料によってはパラメータの値が異なる場合がある。そのため、複数の資料を参照することにより ALPS 処理水の各取扱いに係る被ばく線量評価結果に偏りが出てしまうことを避けるために、なるべく統一的にまとめられた資料を参照することが望ましい。

また、ALPS 処理水にはトリチウム以外の核種が含まれていることから、核種に依存するパラメータについて、より多くの核種に対する数値が記載されている資料を参照すること

¹⁾ 公衆がある放射性核種を含む水または空気を生まれてから 70 歳まで毎日、経口または吸入摂取した場合に、平均の被ばく線量率として、法令に基づく実効線量限度である年間 1 mSv に達する濃度として算出される。

²⁾ トリチウム水タスクフォース報告書においても、各種の仮定を設定して評価を実施している。

が望ましい。例えば、六ヶ所再処理工場の再処理事業指定申請書⁴⁾で対象としている核種は、既設の原子力発電所における被ばく線量評価において対象としている核種よりも多くの核種を考慮に入れており、それら核種に依存するパラメータについて値が記載されている。その他に、廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）³⁾では、再処理事業指定申請書のパラメータを踏襲しつつ、より広く原子力施設の廃止措置工事に適用できるようにパラメータが整備されており、核種に依存するパラメータは再処理事業指定申請書よりも拡充されている。なお、廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）は中間貯蔵施設施設の概略安全評価⁸⁾にも活用されている資料である。

3.2.2. 基本条件

トリチウム水の取扱いの各選択肢における被ばく線量評価の基本条件の検討結果を表3-1に示す。なお、各選択肢の固有の条件は、3.3節の選択肢毎の評価方法の検討を行う際に個別に取り上げる。

表 3-1 被ばく線量評価の基本条件の検討結果

評価対象被ばく期間	海洋放出、水素放出、水蒸気放出： 放射性物質摂取および放射線暴露をする状況に置かれてから1年間 地下埋設： 最も被ばく線量が大きくなる時点での放射性物質摂取および放射線暴露をする状況に置かれてから1年間
評価対象地域	処分施設が福島第一原子力発電所内に存在すると仮定
評価対象核種	トリチウムのみ/ALPS 処理水に含まれる核種(48核種)の2ケース
評価対象者	公衆(成人)
評価シナリオ	処分の平常運転時

以下に、基本条件の項目ごとに詳細を示す。

3.2.2.1. 評価対象被ばく期間

年間の被ばく線量を算定するにあたり、環境に放出される気体や液体に含まれる核種の減衰を精緻に把握することは困難であるため、各選択肢について同じ時期に処分が開始されるものと仮定する。海洋放出および水素放出、水蒸気放出については、放射性物質摂取および放射線暴露をする状況に置かれてから1年間とする。これは海洋放出および水素放出、水蒸気放出が定常放出のため、減衰を考慮した場合に処分開始1年間が最も被ばく線量が大きくなるためである。埋設処分については海洋放出等と異なり、非定常に環境に漏出していくため、最大となる被ばく線量は処分開始からある程度の年数が経過してからになる。そのため、埋設処分の評価対象とする被ばく期間は最も被ばく線量が大きくなる時点での放射性物質濃度の放射性物質摂取および放射線暴露をする状況に置かれてから1年間とする。

3.2.2.2. 評価対象地域

被ばく線量を評価するためには、その地域の風速や風向、潮流等の条件を考慮する必要がある。ここでは、被ばく線量の評価に必要なデータをイメージするため、福島第一原子力発電所に関するデータを収集した。なお、この設定は福島第一原子力発電所において、実際に処分を行うことを意味するものではない。

ただし、評価に用いることのできる詳細な情報が得られない場合には、指針や標準、評価事例を参考に仮定を置くこととする。

3.2.2.3. 評価対象核種

対象とするソースタームについては、トリチウムのみを考慮した場合と ALPS 処理水に含まれる核種を考慮した 2 ケースを対象とする。ALPS 処理水に含まれる核種は、東京電力ホールディングス（株）が福島第一原子力発電所の変更認可申請⁵⁾において対象核種として 48 核種とする。これらの核種は事故から 3 年の減衰を考慮した上で、告示濃度限度に対して 1/100 を超える核種であり、被ばく線量評価上、有意な核種として選定されている。また、トリチウムの原水中の濃度については、保守的に、トリチウム水タスクフォース報告書に示されている濃度の最大値とし、その他、トリチウムを除く 47 核種については、高性能多核種除去設備タスクフォース（第 6 回）の資料⁶⁾に示されている、高性能多核種除去設備の初期性能の確認として行われた試験結果で得られた統計的な上限で、放射能濃度の検出下限値³⁾を濃度として設定した。具体的な値を表 3-2 に示す。

³⁾ 高性能多核種除去設備タスクフォース（第 6 回）の資料には多核種除去設備の除去対象核種である 62 核種（確認対象核種 48 核種を含む）の放射能濃度の評価結果が示されている。評価結果は 62 核種全てについて検出下限値であることが示されている。

表 3-2 評価対象核種と設定した原水濃度

核種	濃度 [Bq/L]	核種	濃度 [Bq/L]	核種	濃度 [Bq/L]
H-3	4.2×10^6	Sn-126	3.4×10^{-1}	Pm-147	1.9
Mn-54	5.5×10^{-2}	Sb-124	1.4×10^{-1}	Sm-151	1.5×10^{-2}
Co-60	6.1×10^{-2}	Sb-125	2.1×10^{-1}	Eu-152	2.8×10^{-1}
Ni-63	1.5×10	Te-123m	1.1×10^{-1}	Eu-154	1.8×10^{-1}
Zn-65	9.8×10^{-2}	Te-125m	2.1×10^{-1}	Eu-155	4.6×10^{-1}
Sr-89	5.4×10^{-2}	Te-127	9.0	Gd-153	3.1×10^{-1}
Sr-90	1.0×10^{-1}	Te-127m	9.3	Pu-238	8.4×10^{-2}
Y-90	1.0×10^{-1}	I-129	9.1×10^{-1}	Pu-239	8.4×10^{-2}
Y-91	2.1×10	Cs-134	9.0×10^{-2}	Pu-240	8.4×10^{-2}
Tc-99	1.7	Cs-135	3.9×10^{-7}	Pu-241	3.4
Ru-106	7.8×10^{-1}	Cs-137	6.5×10^{-2}	Am-241	8.4×10^{-2}
Rh-106	7.8×10^{-1}	Ba-137m	6.5×10^{-2}	Am-242m	2.3×10^{-3}
Ag-110m	5.3×10^{-2}	Ce-144	6.4×10^{-1}	Am-243	8.4×10^{-2}
Cd-113m	1.5×10^{-1}	Pr-144	6.4×10^{-1}	Cm-242	8.4×10^{-2}
Sn-119m	9.9	Pr-144m	6.4×10^{-1}	Cm-243	8.4×10^{-2}
Sn-123	9.9	Pm-146	9.5×10^{-2}	Cm-244	8.4×10^{-2}

※設定した濃度は、トリチウム（H-3）を除いて、全て検出限界値である。

これらの核種の年間の放出量はトリチウム水タスクフォース報告書で、各処分選択肢の比較評価のための条件として設定されている1日当たりの原水の処分量 400m^3 と仮定すると、年間に処分される放射性核種の量が表 3-3 の通り算出できる。

表 3-3 評価対象核種と年間の処分量

核種	処分量 [Bq/y]	核種	処分量 [Bq/y]	核種	処分量 [Bq/y]
H-3	6.1×10^{14}	Sn-126	5.0×10^7	Pm-147	2.8×10^8
Mn-54	8.0×10^6	Sb-124	2.0×10^7	Sm-151	2.2×10^6
Co-60	8.9×10^6	Sb-125	3.1×10^7	Eu-152	4.1×10^7
Ni-63	2.2×10^9	Te-123m	1.6×10^7	Eu-154	2.6×10^7
Zn-65	1.4×10^7	Te-125m	3.1×10^7	Eu-155	6.7×10^7
Sr-89	7.9×10^6	Te-127	1.3×10^9	Gd-153	4.5×10^7
Sr-90	1.5×10^7	Te-127m	1.4×10^9	Pu-238	1.2×10^7
Y-90	1.5×10^7	I-129	1.3×10^8	Pu-239	1.2×10^7
Y-91	3.1×10^9	Cs-134	1.3×10^7	Pu-240	1.2×10^7
Tc-99	2.5×10^8	Cs-135	5.7×10	Pu-241	5.0×10^8
Ru-106	1.1×10^8	Cs-137	9.5×10^6	Am-241	1.2×10^7
Rh-106	1.1×10^8	Ba-137m	9.5×10^6	Am-242m	3.4×10^5
Ag-110m	7.7×10^6	Ce-144	9.3×10^7	Am-243	1.2×10^7
Cd-113m	2.2×10^7	Pr-144	9.3×10^7	Cm-242	1.2×10^7
Sn-119m	1.4×10^9	Pr-144m	9.3×10^7	Cm-243	1.2×10^7
Sn-123	1.4×10^9	Pm-146	1.4×10^7	Cm-244	1.2×10^7

3.2.2.4. 評価対象者

評価対象者については、各選択肢でそれぞれ公衆（成人）の被ばくを考慮する。

3.2.2.5. 評価シナリオ

本事業における評価方法の検討では、安全指針や学会標準、これまでの評価事例を参考に各選択肢での取扱いが正常に行われることを前提としたシナリオを構築し、専門家へのヒアリングを実施することで、その妥当性を確認した。

3.2.2.6. その他

被ばく線量評価は、説明性・合理性の観点から、原子力安全委員会の定めた安全指針や学会標準等に準拠した方法で実施する。また、過去に公的に認められた評価事例も参考とし、その評価方法について明確にする。

3.3. 被ばく線量評価方法

被ばく線量は各選択肢ごと、被ばく経路ごとに評価する。それぞれの被ばく線量評価方法を以下に示す。

3.3.1. 海洋放出

3.3.1.1. シナリオ

海洋放出のシナリオは「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」⁷⁾、「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）」、「六ヶ所事業所再処理施設事業指定申請書」を参考とし、以下のとおりに設定した。

表 3-4 海洋放出のシナリオ

ソースターム	核種の移行	被ばく形態
トリチウム	<ul style="list-style-type: none"> • 原水が告示濃度限度まで希釈される • 希釈されたトリチウム水が海洋に放出される⁴ • 海水中のトリチウムを海産生物が体内に取り込む • トリチウムを含む海産物を公衆(成人)が経口摂取する 	<ul style="list-style-type: none"> • 内部被ばく(経口)
48 核種	<ul style="list-style-type: none"> • 希釈された 48 核種を含む水が海洋に放出される⁴ • 海水中の 48 核種を海産生物が体内に取り込む • 48 核種を含む海産物を公衆(成人)が経口摂取する • 海水中の 48 核種から放出されるガンマ線によって海洋活動を行う公衆(成人)が暴露する 	<ul style="list-style-type: none"> • 内部被ばく(経口) • 外部被ばく

3.3.1.2. モデルとパラメータ

海洋放出に係る被ばく線量の評価にあたり、モデルは廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）に記載されている液体廃棄物の環境移行モデルを参照した。モデルに含まれるパラメータにおいては、地域的な特性及び各取扱い方法によって決まるものを除けば「実効線量換算係数」「海産物に対する濃縮係数」「核種の物理的半減期」を核種毎に設定する必要がある。

(1) 内部被ばく（経口）

$$D_K = \sum_k \sum_i K_{Fi}^{50} \cdot H_{ki} \quad (3-1)$$

$$H_{ki} = 365 \cdot 10^{-3} \cdot C_{wki} \cdot F_k \cdot W_k \cdot f_{ki} \quad (3-2)$$

$$C_{wki} = K_{Fki} \cdot C_k \cdot Q_i \quad (3-3)$$

$$f_{ki} = \frac{3}{12} + \frac{T_{Ri}}{365 \cdot \ln 2} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{Ri}} \cdot 365 \cdot \frac{9}{12}\right) \right\} \quad (\text{海藻の場合}) \quad (3-4)$$

⁴ 海洋による希釈を考慮する場合は 3.3.1.3 項を参照

$$f_{ki} = \exp\left(-\frac{\ln 2}{T_{Ri}} \cdot t_k\right) \quad (\text{その他の海産物の場合}) \quad (3-5)$$

表 3-5 海洋放出に係る内部被ばく線量評価モデルのパラメータ

記号	意味	単位
D_K	海産物摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{Fi}^{50}	経口摂取による実効線量換算係数	$\mu\text{Sv/Bq}$
H_{ki}	核種 <i>i</i> の海産物 <i>k</i> による接種率	Bq/y
C_{wki}	海産物 <i>k</i> 中の核種 <i>i</i> の濃度	Bq/kg
365	年間日数への換算係数	day/y
10^{-3}	摂取量の重量換算	kg/g
K_{Fki}	核種 <i>i</i> の海産物 <i>k</i> に対する濃縮係数	$(\text{Bq/kg})/(\text{Bq/m}^3)$
F_k	海産物 <i>k</i> の市場希釈係数	-
W_k	海産物 <i>k</i> の摂取量	g/day
f_{ki}	海産物 <i>k</i> の採取から摂取までの核種 <i>i</i> の減衰比	-
T_{Ri}	核種 <i>i</i> の物理的半減期	day
t_k	海産物 <i>k</i> の採取から摂取までの時間	day
C_k	海産物 <i>k</i> を採取する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放出口における濃度	Bq/m^3

(2) 外部被ばく

1) 海浜砂からのガンマ線による外部被ばく

$$D_1 = \sum_i K_{1i} \cdot S_{1i} \cdot t_1 \quad (3-6)$$

$$S_{1i} = F_{1i} \cdot C_1 \cdot Q_i \quad (3-7)$$

表 3-6 海浜砂からのガンマ線による外部被ばく

記号	意味	単位
D_1	海浜砂からのガンマ線による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{1i}	核種 <i>i</i> に関する海浜砂からのガンマ線による実効線量換算係数	$(\mu\text{Sv/h})/(\text{Bq/kg})$
S_{1i}	核種 <i>i</i> に関する海浜砂の汚染密度	Bq/kg
F_{1i}	核種 <i>i</i> の海水中から海浜砂への移行係数	$(\text{Bq/kg})/(\text{Bq/m}^3)$
C_1	海浜砂からの被ばくを考慮する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放水口における濃度	Bq/m^3
t_1	被ばく時間	h/y

2) 海水面からのガンマ線による外部被ばく

$$D_2 = \sum_i K_{2i} \cdot C_2 \cdot Q_i \cdot t_2 \quad (3-8)$$

表 3-7 海水面からのガンマ線による外部被ばく

記号	意味	単位
D_2	海水面からの実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{2i}	核種 <i>i</i> に関する海水面からのガンマ線による実効線量換算係数	$(\mu\text{Sv/h})/(\text{Bq/m}^3)$
C_2	海水面からの被ばくを考慮する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放水口における濃度	Bq/m^3
t_2	被ばく時間	h/y

3) 海中におけるガンマ線による外部被ばく

$$D_3 = \sum_i K_{3i} \cdot C_3 \cdot Q_i \cdot t_3 \quad (3-9)$$

表 3-8 海中におけるガンマ線による外部被ばく

記号	意味	単位
D_3	海中における実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{3i}	核種 <i>i</i> に関する海中におけるガンマ線による実効線量換算係数	$(\mu\text{Sv/h})/(\text{Bq/m}^3)$
C_3	海中における被ばくを考慮する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放水口における濃度	Bq/m^3
t_3	被ばく時間	h/y

4) 船体からのガンマ線による外部被ばく

$$D_4 = \sum_i K_{4i} \cdot S_{4i} \cdot t_4 \quad (3-10)$$

$$S_{4i} = F_{4i} \cdot C_4 \cdot Q_i \quad (3-11)$$

表 3-9 船体からのガンマ線による外部被ばく

記号	意味	単位
D_4	船体からの実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{4i}	核種 <i>i</i> に関する船体からのガンマ線による実効線量換算係数	$(\mu\text{Sv/h})/(\text{Bq/m}^2)$
S_{4i}	核種 <i>i</i> に関する船体の汚染密度	Bq/m^2
F_{4i}	核種 <i>i</i> の海水中から船体への移行係数	$(\text{Bq/m}^2)/(\text{Bq/m}^3)$
C_4	船体からの被ばくを考慮する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放水口における濃度	Bq/m^3
t_4	被ばく時間	h/y

5) 魚網からのガンマ線による外部被ばく

$$D_5 = \sum_i K_{5i} \cdot S_{5i} \cdot t_5 \quad (3-12)$$

$$S_{5i} = F_{5i} \cdot C_5 \cdot Q_i \quad (3-13)$$

表 3-10 魚網からのガンマ線による外部被ばく

記号	意味	単位
D_5	魚網からの実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{5i}	核種 <i>i</i> に関する魚網からのガンマ線による実効線量換算係数	$(\mu\text{Sv/h})/(\text{Bq/kg})$
S_{5i}	核種 <i>i</i> に関する魚網の汚染密度	Bq/kg
F_{5i}	核種 <i>i</i> の海水中から魚網への移行係数	$(\text{Bq/kg})/(\text{Bq/m}^3)$
C_5	魚網からの被ばくを考慮する地点の海水希釈係数	-
Q_i	核種 <i>i</i> の放水口における濃度	Bq/m^3
t_5	被ばく時間	h/y

3.3.1.3. 海洋希釈についての考慮

海洋の希釈は評価結果に大きく影響する因子であるため、その効果を見積もる。仮に、「中間貯蔵施設の概略安全評価について」⁸⁾で算出されている年間の海洋における希釈水量(8.0

×10⁹ m³)⁵で年間の放出水量(400m³/day×70倍希釈×365day/y)を除いた値を希釈係数とすると、その値は1.3×10⁻³となる。希釈水量は潮流によって1年間に混合する海水の体積を表している。放出水量を希釈水量で除した希釈係数は、放出水の媒質を希釈水量とした場合に元の濃度と比べどの程度薄まったかを表している。

3.3.2. 水素放出

3.3.2.1. 前提条件

水素放出における放出地点、すなわち排気筒は現在の福島第一原子力発電所の1,2号機共用排気筒に位置し、地表面の高低差はないものと仮定し、評価する。放出地点から敷地境界まで16方位に沿った距離を以下に示す。

表 3-11 方位毎の放出地点から敷地境界までの距離

方位	放出地点から敷地境界までの距離[m]
S	1340
SSW	1100
SW	1040
WSW	1270
W	1270
WNW	1170
NW	950
NNW	1870
N	1930
S方向沿岸部※	1400

※NNE～SSE方位のことを示す。

出所) 文献⁹⁾

なお本評価では、陸側に面した9方位中、最も大きな値を取るものを被ばく線量として評価する。その他、風速等の気象条件についても福島第一原子力発電所付近の風速として福島第一原子力発電所設置許可申請書¹⁰⁾の値を引用することとする。

⁵ 希釈水量の算出方法(「中間貯蔵施設の概略安全評価について」⁸⁾より引用): 理科年表 平成9年に記載された国内主要地点の平均大潮期における潮流の最小値0.5ノット(0.255m/s)、混合面積1,000m²(安全側)より1年の潮流を設定した。

3.3.2.2. シナリオ

水素放出のシナリオは「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」、「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）」、「六ヶ所事業所再処理施設事業指定申請書」、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」¹¹⁾を参考とし表 3-12 のとおりに設定した。

なお、より正確に評価する場合には放出後に水素が水蒸気に変換される割合を勘案する必要がある。保守的な評価を実施する場合は、実効線量換算係数の大きい水としての化学形を考慮する。

表 3-12 水素放出のシナリオ

ソースターム	核種の移行	被ばく形態
トリチウム	<ul style="list-style-type: none"> • トリチウム水が水素ガスとして大気に放出される • トリチウムが大気中に拡散する • トリチウムを含む空気を公衆(成人)が吸入摂取する • 大気中に含まれるトリチウムが地表に降下する • 農・畜産物が地表に降下したトリチウムを取り込む • トリチウムを含む農・畜産物を公衆(成人)が経口摂取する 	<ul style="list-style-type: none"> • 内部被ばく(吸入) • 内部被ばく(経口)

3.3.2.3. モデルとパラメータ

水素放出に係る被ばく線量の評価にあたり、大気中濃度を算定するモデルは発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針を参照した。また、算定された大気中濃度から被ばく線量を算定するモデルは廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）に記載されている気体廃棄物の環境移行モデルを参照した。モデルに含まれるパラメータにおいては、地域的な特性及び各取扱い方法によって決まるものを除けば「実効線量換算係数」「畜産物への核種移行割合」「可食部への移行係数」「土壌から農作物への移行割合」「核種の崩壊定数」を核種毎に設定する必要がある。

(1) 大気中濃度

$$\chi = \sum_{s,j} \frac{Q}{\pi \sigma_{ys} \sigma_{zs} U_{sj}} \cdot \exp\left(-\frac{H_j^2}{2\sigma_{zs}^2}\right) \cdot F_{sj} \quad (3-14)$$

$$F_{s1} = \frac{1}{y_1} \int_0^{y_1} dy \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_{ys}^2}\right) \quad (3-15)$$

$$F_{s2} = F_{s3} = \frac{1}{y_2 - y_1} \int_{y_1}^{y_2} dy \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_{ys}^2}\right) \quad (3-16)$$

$$y_1 = \frac{\pi}{16} x, y_3 = y_3 = \frac{3\pi}{16} x \quad (3-17)$$

$$\sigma_y = 0.677751\theta_{0.1} \cdot (5 - \log x) \cdot x \quad (3-18)$$

$$\sigma_z = \sigma_1 x^{a_1 + a_2 \log x + a_3 (\log x)^2} \quad (3-19)$$

$$\chi_{cont,s} = Q_{cont} \cdot \bar{\chi}_s \cdot \frac{1}{N_t} \cdot S_d \quad (3-20)$$

表 3-13 大気中濃度評価モデルのパラメータ

記号	意味	単位
χ	地表空気中の放射性物質濃度	Bq/m ³
s	大気安定度を表すインデックス	-
j	方位を表すインデックス	-
Q	放出率	Bq/s
σ_{ys}	大気安定度 s の場合の濃度分布の y 方向の拡がりパラメータ	m
σ_{zs}	大気安定度 s の場合の濃度分布の z 方向の拡がりパラメータ	m
U_{sj}	大気安定度 s 、方位 j の場合の風速	m/s
H_j	方位 j の放出源の有効高さ	m
F_{sj}	大気安定度 s 、方位 j の場合の濃度の平均化の係数	1/m
y_j	平均化の係数のパラメータ	m
x	放出点から着目地点までの距離	m
$\theta_{0.1}$	σ_{ys} の内挿パラメータ	-
σ_1	σ_{zs} の内挿パラメータ	m
a_1		-
a_2		-
a_3		-
$\chi_{cont,s}$	大気安定度 s の場合の年間平均濃度(連続放出)	Bq/m ³
Q_{cont}	連続の線量の総量が 1 年間一様に連続して放出されたとした時の放出率	Bq/s
$\bar{\chi}_s$	単位放出率、単位風速における地表空気中濃度の 1 方位内の平均値	Bq/m ³
N_t	総観測回数	-
S_d	風向別大気安定度別風速逆数の総和	s/m

(2) 内部被ばく（吸入）

$$D_B = \sum_i D_{Bi} \quad (3-21)$$

$$D_{Bi} = B_r \cdot K_{Ri} \cdot (\chi/Q)_B \cdot Q_i \cdot 365 \quad (3-22)$$

表 3-14 大気放出に係る内部被ばく（吸入）線量評価モデルのパラメータ

記号	意味	単位
D_B	呼吸摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
D_{Bi}	核種 <i>i</i> に関する呼吸摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
B_r	成人の呼吸率	m^3/day
K_{Ri}	呼吸摂取による核種 <i>i</i> の実効線量換算係数	$\mu\text{Sv/Bq}$
$(\chi/Q)_B$	呼吸摂取に関する相対濃度	s/m^3
Q_i	核種 <i>i</i> の年間平均の放射性物質放出率	Bq/s
365	年間日数への換算係数	day/y

(3) 内部被ばく（経口）

1) 農作物摂取による内部被ばく（核種の地表沈着量）

$$A_{Gi} = \frac{V_{Gi} \cdot (\chi/Q)_D \cdot Q_i}{\lambda_{Gi}} \cdot \{1 - \exp(-\lambda_{Gi} \cdot t_G)\} \quad (3-23)$$

$$\lambda_{Gi} = \lambda_i + \lambda_{Si} \quad (3-24)$$

$$\lambda_i = \frac{\ln 2}{T_{Ri}} \quad (3-25)$$

表 3-15 農作物摂取による内部被ばく（核種の地表沈着量）

記号	意味	単位
A_{Gi}	核種 <i>i</i> の地表沈着放射性物質質量	Bq/m^2
V_{Gi}	核種 <i>i</i> の乾燥沈着速度	m/s
$(\chi/Q)_D$	地表沈着に関する相対濃度	s/m^3
Q_i	核種 <i>i</i> の年間平均の放射性物質放出率	Bq/s
λ_{Gi}	土壌からの核種 <i>i</i> の実効除去率	$1/\text{s}$
λ_i	核種 <i>i</i> の崩壊定数	s^{-1}
λ_{Si}	土壌からの核種 <i>i</i> の系外除去率	s^{-1}
t_G	放射性物質の沈着を考慮する期間	s

2) 農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度(粒子状核種)）

$$C_{Vi} = C_{1Vi} + C_{2Vi} \quad (3-26)$$

$$C_{1Vi} = \frac{R_{LVi} \cdot F_{EVi}}{\lambda_{EVi} \cdot Y_V} \cdot V_{Gi} \cdot (\chi/Q)_F \cdot Q_i \cdot \{1 - \exp(-\lambda_{EVi} t_V)\} \quad (3-27)$$

$$C_{2Vi} = \frac{C_{FVi}}{S_V} \cdot A_{Gi} \quad (3-28)$$

$$\lambda_{EVi} = \lambda_i + \lambda_{WVi} \quad (3-29)$$

表 3-16 農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度(粒子状核種)）

記号	意味	単位
C_{Vi}	農作物V 中の核種 <i>i</i> の放射性物質濃度	Bq/kg
C_{1Vi}	葉面沈着による農作物V 中の核種 <i>i</i> の放射性物質濃度	Bq/kg
C_{2Vi}	経根吸収による農作物V 中の核種 <i>i</i> の放射性物質濃度	Bq/kg
R_{LVi}	農作物V に関する葉面付着割合(乾燥沈着)	-
F_{EVi}	農作物V に関する核種 <i>i</i> の葉面から可食部への移行係数	-
V_{Gi}	核種 <i>i</i> の乾燥沈着速度	m/s
$(\chi/Q)_F$	農作物摂取に関する相対濃度	s/m ³
Q_i	核種 <i>i</i> の年間平均の放射性物質放出率	Bq/s
λ_{EVi}	農作物V からの核種 <i>i</i> の実効除去率	s ⁻¹
λ_i	核種 <i>i</i> の崩壊定数	s ⁻¹
λ_{WVi}	農作物V に関する核種 <i>i</i> のウエザリング除去率	s ⁻¹
Y_V	農作物V の栽培密度	kg/m ²
t_V	農作物V への核種 <i>i</i> の沈着を考慮する期間	s
C_{FVi}	土壌から農作物V への核種 <i>i</i> の移行割合	(Bq/kg)/(Bq/kg)
S_V	農作物V に関する実効地表面密度	kg/m ²

3) 農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度（トリチウム））

$$C_{HV} = F_{HV} \cdot \frac{(\chi/Q)_F \cdot Q_H}{H_A} \quad (3-30)$$

表 3-17 農作物摂取による内部被ばく（農作物中の放射性物質濃度（トリチウム））

記号	意味	単位
C_{HV}	農作物 V 中のトリチウム濃度	Bq/kg
F_{HV}	農作物 V 中の水素重量割合	kg-H/kg
$(\chi/Q)_F$	農作物摂取に関する相対濃度	s/m ³
Q_H	トリチウムの年間平均の放射性物質放出率	Bq/s
H_A	空気中の水素重量割合	kg-H/m ³

4) 農作物摂取による内部被ばく（農作物摂取による実効線量）

$$D_F = \sum_i \sum_V D_{FVi} \quad (3-31)$$

$$D_{FVi} = K_{Fi} \cdot H_{Vi} \quad (3-32)$$

$$H_{Vi} = 365 \cdot 10^{-3} \cdot W_V \cdot C_{Vi} \cdot F_{KV} \quad (3-33)$$

表 3-18 農作物摂取による内部被ばく（農作物摂取による実効線量）

記号	意味	単位
D_F	農作物摂取による実効線量	μSv/y
D_{FVi}	核種 i に関する農作物 V 摂取による実効線量	μSv/y
K_{Fi}	経口摂取による核種 i の実効線量換算係数	μSv/Bq
H_{Vi}	農作物 V の摂取による核種 i の摂取量	Bq/y
W_V	人体の農作物 V の摂取量	g/day
C_{Vi}	農作物 V 中の核種 i の放射性物質濃度	Bq/kg
F_{KV}	農作物 V の核種 i の市場希釈係数	-
365	年間日数への換算係数	day/y
10^{-3}	摂取量の重量換算	kg/g

5) 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中の放射性物質濃度）

$$C_{ni} = F_{Lni} \cdot \sum_V (A_{Vn} \cdot C_{Vi}) \quad (3-34)$$

表 3-19 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中の放射性物質濃度）

記号	意味	単位
C_{ni}	畜産物 n 中の核種 i の放射性物質濃度	Bq/kg
F_{Lni}	核種 i の畜産物 n 中への移行割合	(Bq/kg)/(Bq/day)
A_{Vn}	家畜 n の飼料 V の摂取量	kg/day
C_{Vi}	飼料 V 中の核種 i の放射性物質濃度	Bq/kg

6) 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中への移行係数（トリチウム））

$$F_{Ln}^H = F_{Hn} / \left\{ \sum_V (A_{Vn} \cdot F_{HV}) + 0.112 \cdot A_{Wn} \right\} \quad (3-35)$$

表 3-20 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物中への移行係数（トリチウム））

記号	意味	単位
F_{Ln}^H	畜産物 n 中へのトリチウムの移行係数	day/kg
F_{Hn}	畜産物 n 中の水素重量割合	kg-H/kg
A_{Vn}	家畜 n の飼料 V の摂取量	kg/day
F_{HV}	飼料 V 中の水素重量割合	kg-H/kg
0.112	水中の水素重量割合	kg-H/kg
A_{Wn}	家畜 n の水摂取量	kg/day

7) 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物摂取による実効線量）

$$D_N = \sum_i \sum_n D_{Nni} \quad (3-36)$$

$$D_{Nni} = K_{Fi} \cdot H_{ni} \quad (3-37)$$

$$H_{ni} = 365 \cdot 10^{-3} \cdot W_{Sn} \cdot C_{ni} \cdot F_{Kn} \quad (3-38)$$

表 3-21 畜産物摂取による内部被ばく（畜産物摂取による実効線量）

記号	意味	単位
D_N	畜産物摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
D_{Nni}	核種 <i>i</i> に関する畜産物 <i>n</i> 摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
K_{Fi}	経口摂取による核種 <i>i</i> の実効線量換算係数	$\mu\text{Sv/Bq}$
H_{ni}	畜産物 <i>n</i> の摂取による核種 <i>i</i> の摂取量	Bq/y
W_{Sn}	人体の畜産物 <i>n</i> の摂取量	g/day
C_{ni}	畜産物 <i>n</i> 中の核種 <i>i</i> の放射性物質濃度	Bq/kg
F_{Kn}	畜産物 <i>n</i> の市場希釈係数	-
365	年間日数への換算係数	day/y
10^{-3}	摂取量の重量換算	kg/g

3.3.3. 水蒸気放出

3.3.3.1. 前提条件

水素放出における前提条件と同様の仮定を置く。

3.3.3.2. シナリオ

水蒸気放出のシナリオは水素放出と同様に、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量当量評価について」、「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第3次版）」、「六ヶ所事業所再処理施設事業指定申請書」、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」を参考とし以下のとおりに設定した。

表 3-22 水蒸気放出のシナリオ

ソースターム	核種の移行	被ばく形態
トリチウム	<ul style="list-style-type: none"> トリチウム水が水蒸気として大気に放出される トリチウムが大気中に拡散する トリチウムを含む空気を公衆(成人)が吸入摂取する 大気中に含まれるトリチウムが地表に降下する 農・畜産物が地表に降下したトリチウムを取り込む トリチウムを含む農・畜産物を公衆(成人)が経口摂取する 	<ul style="list-style-type: none"> 内部被ばく(吸入) 内部被ばく(経口)

3.3.3.3. モデルとパラメータ

水素放出におけるモデルとパラメータと同様である。ただし、方位*j*の放出源の有効高さ(H_j)はトリチウム水タスクフォース報告書の概念設計における放出高さである60mと設定すべきである。また、トリチウムの吸入摂取に関する実効線量換算係数は、水素放出時における化学形は水素であるが、水蒸気放出においては被ばく経路を勘案し、化学形が水であるとして設定することが望ましい。

3.3.4. 地下埋設

海洋放出における前提条件と同様の仮定を置く。

3.3.4.1. 前提条件

トリチウム水タスクフォース報告書ではベントナイト層から浸出水中のトリチウム水濃度の最大値が告示濃度以下となるようにベントナイト層の厚さが算出されている。本評価で設定するトリチウムの原水濃度は 4.2×10^6 Bq/L であり、その場合のベントナイト層の厚さは 2 m と算定されている。本評価ではトリチウム水タスクフォース報告書の処分概念に準じて、浸出水中のトリチウム水濃度を 5.2×10^4 Bq/L とし、浸出水量を 7.2×10^2 m³/y とした。また、浸出水の表層水や井戸水等への移行は保守的に瞬時に移行すると仮定する。

3.3.4.2. シナリオ

地下埋設のシナリオは「浅地中ピット処分の安全評価手法：2012」を参考とし以下のとおりに設定した。

表 3-23 地下埋設のシナリオ

ソースターム	核種の移行	被ばく形態
トリチウム	<ul style="list-style-type: none"> • トリチウムが施設から地下水に漏出する • トリチウムを含む地下水が海洋に移行する • 海水中のトリチウムを海産生物が体内に取り込む • トリチウムを含む海産物を公衆(成人)が経口摂取する • トリチウムを含む地下水を飲料水(井戸水)として公衆(成人)が経口摂取する 	<ul style="list-style-type: none"> • 内部被ばく(経口)

3.3.4.3. モデルとパラメータ

(1) 内部被ばく(経口)

海産物を經由する被ばくについては海洋放出と同様に評価する(3.3.1.2(1)を参照)。飲料水の摂取については以下のモデル及びパラメータで評価する。なお、飲料水の摂取は「廃止措置」では考慮されていないため、「学会標準」のモデルとパラメータを参照する。

$$D_{ing,i} = C_i \cdot M \cdot F \cdot K_{Fi}^{50} \quad (3-39)$$

表 3-24 地下埋設に係る内部被ばく（経口）線量評価モデルのパラメータ

記号	意味	単位
$D_{ing,i}$	核種 i の飲料水摂取による実効線量	$\mu\text{Sv/y}$
C_i	核種 i の飲料水中の濃度	Bq/L
M	飲料水の年間摂取量	L/y
F	市場希釈係数	-
K_{Fi}^{50}	経口摂取による実効線量換算係数	$\mu\text{Sv/Bq}$

(2) 外部被ばく

海水中の放射性物質から放出されるガンマ線による被ばくについては海洋放出と同様に評価する（3.3.1.2(2)を参照）。

3.3.4.4. 海洋希釈についての考慮

ここでは海洋の希釈を考慮した場合の計算方法を検討する。海洋の希釈は評価結果に大きく影響する因子であるため、海洋放出の場合と同様にその効果を見積もっておくことが重要である。仮に、「中間貯蔵施設の概略安全評価について」で算出されている年間の海洋における希釈水量（ $8.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ ）で年間の浸出水量（ $5.2 \times 10^4 \text{ m}^3$ ）を除した値を希釈係数とすると、その値は 6.5×10^{-6} となる。希釈水量は潮流によって1年間に混合する海水の体積を表している。放出水量を希釈水量で除した希釈係数は、放出水の媒質を希釈水量とした場合に元の濃度と比べどの程度薄まったかを表している。

3.3.5. 地層注入

トリチウム水タスクフォース報告書では地層注入の概念設計として、大深度地下（2500m）、泥岩などの遮へい層以下にある貯留層にトリチウム水を送り、地層内への封入が考えられている。漏洩を前提とする処分方法では無いため、主要な被ばく経路は無いと仮定した。

なお、地層注入において放射性物質が漏洩することを想定することも考えられるが、現状では大深度地下からの移行を考慮した被ばく線量評価方法は確立されていない。

3.3.6. 貯蔵継続

漏洩を前提としないため、主要な被ばく経路が無いと仮定した。

3.4. 被ばく線量評価における課題

本調査研究では、ALPS 処理水の取扱い方法に係る被ばく線量評価方法を検討した。検討した項目としては、トリチウムの各取扱い方法に係る被ばく線量評価方法、及びトリチウムを含む ALPS 処理水に含まれる 48 核種に対する海洋放出に係る被ばく線量評価方法である。

今後、より現実に即したリスクを把握するためには、トリチウム以外の核種を考慮に入れて、大気放出及び地下埋設に係る被ばく線量評価方法を検討する必要がある。

本節では、今後の被ばく線量評価方法の高度化に向けた課題を整理する。

■被ばく線量評価方法に関する課題

現状では、大気放出及び地下埋設について、トリチウム以外の核種を含む多核種の被ばく線量評価方法は検討していない。

今後の被ばく線量評価方法の検討にあたって、大気放出に関しては、公に認められている手法という観点から「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」及び「再処理事業指定申請書」を参考にすることが望ましい。また、地下埋設に関しては、中間貯蔵施設での活用事例がある「原子力学会、浅地中ピット処分の安全評価手法：2012」¹³⁾を参考として評価方法を検討することが望ましい。

なお、評価方法の検討においては核種の化学形を把握する必要があることにも留意するべきである。この理由は、核種の化学形が異なることで大気中及び土壌中における移行形態が異なるためである。特に、トリチウムの場合は元素状水素と有機物（メタンを除く）では体内挙動が異なるために被ばく線量への影響は約 20,000 倍異なる。核種の化学形を把握することは体内挙動だけではなく、処理水の取扱いに係る核種の放出挙動や環境を移行する核種の動態の正確な理解の一助となり、より現実に即した評価方法の構築に資すると考えられる。

また、水蒸気放出及び水素放出を実施した際のトリチウム以外の核種の挙動（気相として大気へ移行するか、固相として残渣となるか）も被ばく線量評価結果に影響を及ぼすため、把握することが重要となる。

■パラメータに関する課題

トリチウム以外の核種を含む多核種の被ばく線量評価方法の検討にあたっては、ALPS 処理水の取扱い選択肢に応じて、用いるパラメータを設定する必要がある。

特に、濃縮係数や実効線量換算係数の大きさには注意が必要である。ALPS 処理水ではトリチウムの濃度は他の核種に比べて極めて大きい、他の核種がトリチウムに比べて食物に対する濃縮係数や実効線量換算係数が大きい場合もあり、それらの核種が被ばく線量に大きく寄与する可能性があることに留意するべきである。

また、ALPS 処理水中のトリチウム以外の核種の濃度を正確に把握することで、より現実に即した評価が実施できる。現状では濃度を検出限界値の値で代用せざるを得ないが、検出限界値を用いた被ばく線量評価では過度に保守的な評価結果となる可能性があるためである。

(3 章参考文献)

- 1) トリチウム水タスクフォース：「トリチウム水タスクフォース報告書」、平成 28 年 6 月
- 2) 平成十二年科学技術庁告示第五号：「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」、(最終改正 平成二十四年三月二十八日 文部科学省告示第五十九)
- 3) 財団法人電力中央研究所：「廃止措置工事環境影響評価ハンドブック(第 3 次版)」平成 18 年度 発電用原子炉廃止措置工事環境影響評価技術調査(環境影響評価パラメータ調査研究)添付、平成 19 年 3 月
- 4) 日本原燃サービス株式会社：「六ヶ所事業所 再処理事業指定申請書」、平成元年 3 月
- 5) 東京電力ホールディングス株式会社：「「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請の認可について 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理 添付書類-3」、2015 年 10 月 16 日プレスリリース
- 6) 東京電力株式会社、日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社、株式会社東芝：「構成の多核種除去設備の検討状況について ～事業の成果～」、高性能多核種除去設備タスクフォース(第 6 回)資料 1、2015 年 3 月 30 日
- 7) 原子力安全委員会了承：「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」、平成元年 3 月 27 日(一部改定 平成 13 年 3 月 29 日)
- 8) 環境省：「中間貯蔵施設の概略安全評価について」、中間貯蔵施設安全対策検討会(第 4 回)資料 6、2013 年 9 月
- 9) 東京電力ホールディングス株式会社：「「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請の一部補正について 2.2 線量評価」、2017 年 1 月 26 日プレスリリース
- 10) 東京電力株式会社：「福島第一原子力発電所設置許可申請書 添六」
- 11) 原子力安全委員会決定：「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」、昭和 57 年 1 月 28 日(一部改定 平成 13 年 3 月 29 日)
- 12) 原子力委員会：「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する指針について」、昭和 51 年 9 月 28 日
- 13) 一般社団法人日本原子力学会：「日本原子力学会標準 浅地中ピット処分の安全評価手法：2012」、2013 年 7 月

4. 事故時リスク評価

本章では、貯蔵継続を含むトリチウム水の各取扱い選択肢に対するリスク評価の実施方法を検討する。本章で検討するリスク評価は、トリチウム水に対して何等かの取扱い方法を選択した場合に残存するリスクに焦点を当て、安全性を評価するものである。

4.1. 評価概要

各選択肢のリスク評価においては、科学的なリスク及び社会的なリスクを評価する必要があるが、ここでは科学的なリスクに焦点をあてる。科学的なリスクとは、放射性物質由来のリスクであり、被ばく線量などが該当する。そしてリスクとは“ある選択をした際に何等かの事態となる可能性”であるため、各選択肢を実行した場合の被ばく線量評価に加え、発生する可能性があると思込まれる中で最悪の事態を想定した場合の（事故時の）被ばく線量評価についても検討する必要がある。

4.2. 評価方針

リスク評価を行う場合には、リスク源を特定し、事故を仮定する必要がある。本検討においては、リスク源は「放射能の残存量（以下、インベントリと言う。）」であるとし、仮定する事故は「インベントリが全量海洋に放出される事象」であるとする。

ここでは、インベントリの全量放出を事故として仮定したが、これは英国廃止措置機関（以下、NDAと言う。）が開発した SED 指標と呼ばれる廃止措置におけるリスク評価手法と同様の考え方をとっている。SED 指標が活用された事例は多岐にわたる¹⁾が、特に原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）が発行する「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2016（以下、戦略プランと言う。）」において活用されている例がある。SED 指標の概要は 4.2.1 節を参照されたい。

トリチウム水の処分が実施された場合、“処分されるトリチウム水”と“処分が実施されずタンク内保管されているトリチウム水”が存在することとなる。インベントリは放射能の残存量であることから、事故時の被ばく線量評価におけるインベントリは“処分が実施されずタンク内保管されているトリチウム水”であると設定する。

実際の評価にあたっては、“処分が実施されずタンク内保管されているトリチウム水”の絶対量は時間変化するため、「処分速度」及び「増加量」を勘案する必要がある。また、経年でインベントリが変化することから、放射性物質特有の「半減期」も併せて考慮する必要がある。なお、評価対象期間としては「福島第一原子力発電所の廃止措置における中長期ロードマップに」において廃止措置が完了すると見込まれる 2050 年頃までとした。

4.2.1. SED 指標

本項では、トリチウム水の取扱いにおける事故時リスク評価の基礎とした SED 指標の概略を取りまとめる。英国廃止措置機関（NDA）が開発した SED 指標と呼ばれる廃止措置に

おけるリスク評価手法は、インベントリをリスク源として捉え、インベントリが全量放出された場合の影響を判断するリスク評価手法である²⁾。NDAはNDFおよび東京電力と共に福島第一原子力発電所サイトに合わせてSED指標を修正する協力をするとし³⁾、NDFが発行する戦略プランにおいてはSED指標が活用されている。

SED指標は本来、NDAが管轄する17のサイトに存在する多数の施設に点数付けを行い、安全対策を講ずる施設の優先順位付けをするための指標として活用されている⁴⁾。SED指標の計算式の中には放射性物質の潜在的影響度を表す項があり、同項がインベントリの全量放出時に公衆に及ぼす影響を表している。

① SED指標の概要

NDAがSED指標を策定した経緯として、当時英国内の複数の原子力施設でスクラップ&ビルドが行われたことから、限られた費用の中で、廃止措置における安全対策を選りすぐる必要があった。そのためNDAは、国内の廃止措置サイトの各施設を対象に、施設内の有害物質（ハザード）が保有する問題の程度を、統一した基準で定量的に比較評価するSED指標を策定している。

SED指標はNDAが策定した廃止措置におけるリスク評価手法の1つであり、放射性物質の潜在的ハザード及び安全マネジメントの2項から構成されている⁵⁾。SED指標は以下の式で表され、それぞれの項は図4-1のような構造となる。

$$\text{SED 指標} = \text{RHP} \times (\text{FD} \times \text{WUD})^4 \quad (4-1)$$

放射性物質の潜在的ハザード(RHP)の項は、リスク源が持つ放射性物質の全量に対して、漏えい又は移動のしやすさの観点から気体・液体・固体等の性状及び状態維持対策が失われた場合の被ばくまでの時間余裕を加味したものである。安全マネジメント(FD×WUD)⁴⁾の項は、リスク源の管理状態（施設状態、梱包状態等）を表す。

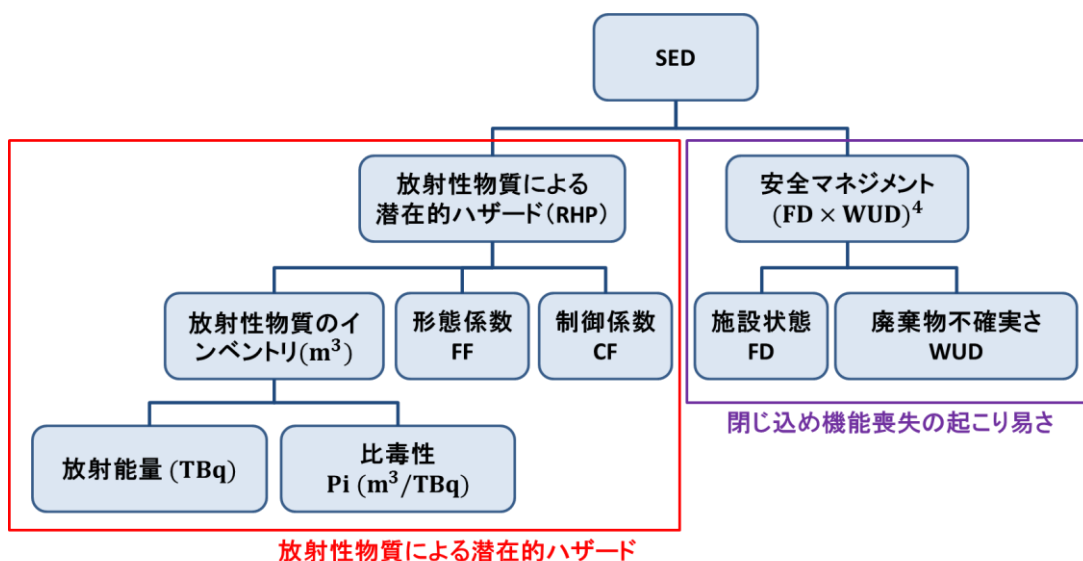


図 4-1 SED 指標の構造
(参考資料 5)を基に三菱総合研究所作成)

② 戦略プランにおける SED 指標の活用

NDFはNDAの開発したSED指標を1F廃止措置におけるリスク評価のツールとして活用するにあたり、評価項目に追加・修正を加えている。NDFはNDAとの協力に関する覚書を締結⁶⁾しており、NDAの知見であるSED指標を取り入れやすい環境にあった。さらにSED指標は、通常炉の廃止措置に“リスク”という概念を取り入れている指標であり、かつ策定した手法の具体的な内容を公開しているという点が特徴的である。

NDFは、NDAが開発したSED指標の1Fへの適用にあたり、SED指標の評価項目を見直している。具体的には、評価項目に対して1F特有の事故状態（例えば燃料デブリ、構造材の材質等）に関する項目を追加し、安全マネジメントに対してリスク源を特徴づける要素の任意の組合せで序列化することで福島第一原子力発電所の様々なリスク源に対応させている。

4.2.2. 地下埋設後のトリチウム水について

本項では、地下埋設後のトリチウム水について、放射線リスクという観点での考え方を整理する。事故時リスク評価において“処分が実施されずタンク内保管されているトリチウム水”としたが、地下埋設処分に関しては別途検討が必要である。なぜなら地下埋設処分は固化又はゲル化した後にコンクリートピット等の区画内に埋設する処分方法であり⁷⁾、ピット内のトリチウム水がインベントリの定義である「残存する放射エネルギー」に該当するためである。ここで、地下埋設処分後のトリチウム水を「地下埋設で固化したトリチウム」とする。

本検討において仮定する事故は「インベントリが全量放出される事象」であるが、SED

指標においては、「インベントリ」と並列に、「形態係数」及び「制御係数」の2つが「放射性物質による潜在的ハザード（RHP）」の項に存在する（図 4-1 参照）。また、各パラメータの定義を表 4-1 に示す。両係数におけるスコア（NDA が策定したリスクの大きさを表すスコア：以下、スコアと言う。）上で、リスク源として設定している「タンクに貯蔵されているトリチウム水」と「地下埋設で固化したトリチウム」とでは大きく異なることが判明した。

表 4-1 SED 指標の RHP 項の定義一覧

パラメータ	パラメータの定義
インベントリ	放射性物質の量を表す。
形態係数 FF	放射性物質の形態（気体、液体、粉体、スラッジなど）を表し、危険性が高い（拡散しやすい）ほど数値は大きい。
制御係数 CF	放射性物質の状態を維持するための対策（冷却、不活性ガスなど）が失われた場合、放射線被ばくが生じるまでの時間余裕を表す。数値が小さいほど危険性が高い。

① 形態係数 FF の違い

形態係数のスコアを表 4-2 に示す⁵⁾。地下埋設は固化処理で安定化という意図を持った処理を行うため、タンク貯蔵に比べて低スコアとなる。タンクに貯蔵されている液体のトリチウムと比較した場合、地下埋設で固化したトリチウムは「塊上の固体、放射化物」に該当する。そのため、SED 指標の形態係数のスコア上は 6 オーダーの違いがある。

② 制御係数 CF の違い

制御係数のスコアを表 4-3 に示す⁵⁾。制御係数は、閉じ込め機能に影響を及ぼす事象が生じ、それを緩和する工学的安全施設の機能に失敗した場合に、敷地境界での公衆の内部被ばくに至るまでの時間的余裕を表すものである。このため、「タンクに貯蔵されているトリチウム水」に対して、施設の多重な格納機能を有する「地下埋設で固化したトリチウム」の方が優れたスコアを獲得するものと推察される。

表 4-2 形態係数 FF のスコア

性状	スコア
気体、液体	1
スラッジ、粉末	0.1
不連続な固体	0.00001
塊状の固体、放射化物	0.000001

表 4-3 制御係数 CF のスコア

分類	時間換算	スコア
時間	1 時間	1
日	24 時間	10
週	168 時間	100
月	730 時間	1,000
年	8,760 時間	10,000
十年	87,600 時間	100,000

③ 地下埋設後のインベントリ

SED 指標の評価項目である形態係数 FF 及び制御係数 CF のスコアを勘案した結果、「地下埋設で固化したトリチウム」の形態係数 FF 及び制御係数 CF のスコアは、貯蔵継続されているトリチウム水と比較して数オーダーレベルで小さくなることがわかった。そのため、事故時リスク評価については地下埋設で固化したトリチウムは SED 指標の評価項目に則って大気放出や海洋放出と同様の評価とする。

4.3. 評価方法

4.2 節にて検討してきた内容を基に、事故時の被ばく線量評価方法を検討する。

4.3.1. 条件の設定

評価にあたっては“処分が実施されずタンク内保管されているトリチウム水”の絶対量は時間変化するため、通常の被ばく線量評価に必要な情報に加え、「トリチウム水の処分速度」「増加量」「半減期」を考慮する必要がある。そこで主に「トリチウム水タスクフォース報告書」等の公開情報を基に、被ばく線量評価における条件設定の検討を行った。結果

を以下に示す。

1. 評価開始時のトリチウム水の総量は 80 万 m^3 とする ⁷。
2. タンク中トリチウムの累積量は 7.6×10^{14} Bq とし、平成 28 年 3 月 24 日から減衰が始まるものとする ⁷。(トリチウム水 TF 報告書 P.3 より)
3. 処分するトリチウム水の量は 400 m^3 /日とし、その濃度はタンク中トリチウム水の平均濃度とする。
4. 増加するトリチウム水の量は 100 m^3 /日とし⁶、その濃度は 30 万 Bq/L とする ⁷。
5. 簡単のため、増加するトリチウム水は、タンクに入ってから減衰が始まるものと仮定する。
6. 処分選択肢毎に、処分開始時期が変わるものとする。処分開始までの期間はトリチウム水 TF 報告書「処分開始までの期間」を参考に設定する。
7. 上記によりソースタームを決定し、被ばく線量は海洋放出の平常運転時におけるトリチウムによる海産物摂取による内部被ばくを考慮する。

4.3.2. 評価モデルの検討

本設では初期条件を基に被ばく線量評価を行うにあたり使用する評価モデルの検討結果を示す。

① ソースタームの評価

ソースターム N は評価開始時から存在するインベントリ N_i および日々増加するトリチウム N_+ 、処分により減少するトリチウム N_- で表現することができる。

$$N(t, t_d) = N_i(t) + N_+(t) - N_-(t, t_d) \quad (40)$$

ここで t および t_d はそれぞれ評価開始時 (平成 28 年 3 月 24 日) を 0 とする評価時刻と処分開始時刻を表す。右辺において N_- のみが t_d に依存する。

② 評価開始時から存在するインベントリ N_i

評価開始時から存在するインベントリは 4.3.1 項で示した条件 1 より、評価開始時 (平成 28 年 3 月 24 日) から減衰が始まる。従って、 N_i は評価開始時 (平成 28 年 3 月 24 日) のインベントリを $N_{i,0}$ とすると、トリチウムの崩壊定数 λ を用いて以下のように表すことができる。

$$N_i(t) = N_{i,0}(t)e^{-\lambda t} \quad (41)$$

③ 日々増加するトリチウム N_+

日々増加するトリチウムは 4.3.1 項で示した条件 5 により、増加と共に減衰を始めていく。

⁶ 東京電力ホールディングス株式会社 (2016) . 廃炉・汚染水対策チーム会合資料 滞留水の貯蔵状況

ある時刻 t から $t + \Delta t$ にかけて増加する N_+ は、その増加率を n_+ とすると、以下の式で表すことができる。

$$N_+(t + \Delta t) = n_+\Delta t - \lambda N_+(t)\Delta t \quad (42)$$

Δt の極限を取ることで、式(42)から微分方程式を得ることができる。得られる微分方程式は1階の線形微分方程式であり、容易に解くことができる。

$$N_+(t) = \frac{n_+}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \quad (43)$$

④ 処分により減少するトリチウム N_-

評価する時刻 t において処分が開始されない場合、すなわち $t < t_d$ のときには $N_- = 0$ となることは自明である。一方、 $t \geq t_d$ においては減少率 n_- を用いて $N_- = n_-(t - t_d)$ と表すことができる。以上より、処分により減少するトリチウムは式(44)でまとめることができる。

$$N_-(t, t_d) = \begin{cases} 0 & (t < t_d) \\ n_-(t - t_d) & (t \geq t_d) \end{cases} \quad (44)$$

式(40)と(41)、(43)、(44)より、ソースタームは

$$N(t, t_d) = \begin{cases} N_{i,0}(t)e^{-\lambda t} + \frac{n_+}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) & (t < t_d) \\ N_{i,0}(t)e^{-\lambda t} + \frac{n_+}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) + n_-(t - t_d) & (t \geq t_d) \end{cases} \quad (45)$$

と書き下すことができるが、実際に条件から値を設定してソースタームを算定するためには条件 3 より、減少率 n_- を濃度として表現する必要がある。単位時間あたりに減少するトリチウム水の体積を v_- 、全体のトリチウム水の体積を V と置くと、4.3.1 項で示した条件 3 は

$$n_- = N \frac{v_-}{V} \quad (46)$$

と表すことができる。式(45)に式(46)を代入することで、条件から計算可能なソースタームについて立式することができる。

($t < t_d$ の場合)

$$N(t, t_d) = N_{i,0}(t)e^{-\lambda t} + \frac{n_+}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \quad (47)$$

($t \geq t_d$ の場合)

$$N(t, t_d) = \left[N_{i,0}(t)e^{-\lambda t} + \frac{n_+}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \right] / \left[1 + \frac{v_-(t - t_d)}{V_0 + v_+t - v_-(t - t_d)} \right]$$

ここで、 V_0 および v_+ はそれぞれ評価開始時から存在するトリチウム水の体積と単位時間あたりに増加するトリチウム水の体積であり、全体のトリチウム水の体積が以下で表されることを用いた。

$$V = V_0 + v_+t - v_-(t - t_d) \quad (48)$$

4.3.1 項で示した条件 7 より、海洋放出で求められる被ばく線量をそのときのトリチウムの放射エネルギーで除した値を換算係数として用いる。最終的に、事故時の被ばく線量は式(8)に換算係数を掛けることで計算することができる。

(4 章参考文献)

- 1) 東京電力ホールディングス「地震・津波対策の進め方について」、平成 28 年 6 月
- 2) NDA, Doc No EGPR02-WI01 Instruction for the calculation of the Radiological Hazard Potential Rev3, March2010
- 3) NDA, リスク情報を活用した廃止措置およびサイト修復への取り組み, 福島第一廃炉国際フォーラム、平成 28 年 4 月 10～11 日
- 4) 一般社団法人海外電力調査会, 「NDA (英国原子力廃止措置機関)」
- 5) NDF, 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2016, 平成 28 年 7 月 13 日
- 6) NDF 公式ホームページ
- 7) トリチウム水タスクフォース: 「トリチウム水タスクフォース報告書」、平成 28 年 6 月
- 8) 東京電力ホールディングス株式会社「廃炉・汚染水対策チーム会合資料 滞留水の貯蔵状況」、2016 年 11 月 24 日

5. 各選択肢についての情報整理

トリチウム水の各取扱い方法（地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設）に係る情報（処分に必要な期間、コスト、施設規模、処分に伴う二次廃棄物の発生量等）については、過年度に取りまとめられている。今年度、検討対象とする取扱い方法として「貯蔵継続」を追加したため、貯蔵継続に係るコストの試算を行った（5.1 節）。また、各取扱い方法の社会影響評価に関する検討を行った（5.2 節）。

5.1. 貯蔵コスト試算

上述の通り、トリチウム水を貯蔵継続した際に、どれだけのコストが必要となるかを明らかにするため、コスト試算を行った。コスト試算の方法は、過年度に行った各処分選択肢に対するコスト試算と同等とした。なお、貯蔵を継続する期間、トリチウム水の増加量（建屋への地下水の流入量）について将来に亘って予測することは困難であるため、ここでは単位量（タンク 25 基と設定）あたりのコスト試算を行うこととした。

コスト試算対象

- タンク（溶接型の 1,000t タンク）25 基（5×5 の行列）を設置する場合のコスト（基礎工事、タンク機器費、タンク設置費、その他現地工事費 等）
 - 上記に対し、堰、堰カバー、雨どいを設置する場合のコスト
 - 上記のタンク、堰、堰カバー、雨どいを解体・撤去する場合のコスト
- なお、以下は試算外とする。
- 汚染水処理施設からタンクまでの水の移送に係る設備、及び、移送に係る運用コスト
 - 解体・撤去の際の除染コスト、処分コスト

詳細条件設定

- タンク並びにその他構造物の搬送費用は試算範囲外とする。
- タンクは溶接構造とし、現地製作とする。
- 汚染水処理施設からタンクまでの水の移送に係わる設備（ポンプ設備、配管設備、付帯電気設備）の費用は試算範囲外とする。
- タンク設備内の水位検知、堰内の水位検知などの設備の制御、電気設備は試算範囲外とする。
- 地盤面は整地され、強固な支持力があるとする。（杭基礎は不要とし、直基礎とする。）
- 作業環境（放射能汚染等）による制約はないものとする。
- 放射能による重機、搬送車両などの全損は考慮しない。
- 解体による廃棄物（タンクの鉄くず、基礎のコンクリートがら等）の搬送費、処分費は試算範囲外とする。
- 除染は考慮しない。

コスト試算結果

タンク 25 基（堰、堰カバー、雨どい含む）を設置するために必要なコストの概算結果を表 5-1 に示す。また、それらを解体するために必要なコストの概算結果を表 5-2 に示す。

タンク 25 基の設置には約 46 億円、解体には約 13 億円が必要との試算結果となった。

表 5-1 タンク設置コスト概算結果

No.	項目	仕様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)	備考
1	直接工事費						
1	トリチウム水貯留タンク 製作据付費	溶接型鋼製タンク、1000m3	25	基			
1	工場製作費		25	基	30,000	750,000	単価 部材の工場製作費
2	現地製作据付費		25	基	71,000	1,775,000	単価 現地にて最終製作、据付
1S	小計					2,525,000	
2	堰カバー、雨樋 製作据付費		1	式			
1	工場製作費		1	式	78,000	78,000	実績 工場製作費
2	現地据付費		1	式	88,000	88,000	実績
2S	小計					166,000	
3	土木工事費	基礎、堰作成工事					
1	掘削工		8313	m3	10	83,126	単価
2	埋戻工		595	m3	8	4,760	単価
3	残土運搬	場内運搬	7718	m3	4	30,871	単価
4	基礎栗石工		772	m2	12	9,261	単価
5	コンクリート工(材料)	FC18:均しコンクリート	257	m3	13.5	3,473	単価 材料費
6	コンクリート工(打設)	FC18:均しコンクリート	257	m3	4	1,029	単価
7	コンクリート工(材料)	FC24:基礎、堰(1m高さ)	7775	m3	15.1	117,406	単価 材料費
8	コンクリート工(打設)	FC24:基礎、堰(1m高さ)	7775	m3	7	54,426	単価
9	鉄筋工(材料)	SD345	1166	t	59	68,811	単価 材料費
10	鉄筋工(加工・組立)	SD345	1166	t	160	186,605	単価
11	型枠工	普通型枠	1008	m2	16	16,125	単価
12	足場工	地足場	5768	m2	1.2	6,922	単価
13	防食塗装工	ポリウレタン樹脂系塗装ライニング	5461	m2	14	76,451	単価
14	その他雑工事	1~13小計の3%	1	式		19,778	比率
3S	小計					679,042	
1S	直接工事費小計					3,370,042	
2	間接工事費						
1	共通仮設費		1	式		134,802	直接工事費4%
2	現場管理費		1	式		539,207	直接工事費16%
2S	間接工事費小計					674,009	
3	設計技術費		1	式		84,251	直接工事費2.5%
4	工事原価		1	式		4,128,302	1,2,3合計
5	一般管理費		1	式		495,396	工事原価12%
6	工事価格		1	式		4,623,698	4,5合計
7	設計費		1	式		94,361	3×1.12
8	工場製作費、材料費		1	式		1,139,812	備考欄(工場製作費、材料費)合計×1.12
9	現地工事費		1	式		3,389,525	6-設計費、材料製作費
S	合計					4,623,698	

表 5-2 タンク解体コスト概算結果

No.		項目	仕様	数量	単位	単価 (千円)	金額 (千円)	備考
1		直接工事費						
	1	トリチウム水貯留タンク 撤去工事費	溶接型鋼製タンク、1000m3	25	基			
	1	撤去工事費		25	基	28,400	710,000	比率 現地掘付工事×0.4
1S		小計					710,000	
	2	堰カバー、雨樋 撤去工事費		1	式			
	1	撤去工事費		1	式	35,200	35,200	比率 現地掘付工事×0.4
2S		小計					35,200	
	3	土木工事費						
	1	埋戻工		7718	m3	8	61,741	単価
	2	鉄筋コンクリート解体工事		8032	m3	17.0	136,552	単価
3S		小計					198,293	
1S		直接工事費小計					943,493	
2		間接工事費						
	1	共通仮設費		1	式		37,740	直接工事費4%
	2	現場管理費		1	式		150,959	直接工事費16%
2S		間接工事費小計					188,699	
3		設計技術費		1	式		23,587	直接工事費2.5%
4		工事原価		1	式		1,155,779	1,2,3合計
5		一般管理費		1	式		138,693	工事原価12%
6		工事価格		1	式		1,294,472	4,5合計
7		設計費		1	式		26,417	3×1.12
8		工場製作費、材料費		1	式		0	備考欄(工場製作費、材料費)合計×1.12
9		現地工事費		1	式		1,268,055	6-設計費、材料製作費
S		合計					1,294,472	

5.2. 社会影響評価検討

事故後、福島第一原子力発電所では、原子炉建屋への地下水の流入により、日量 100～400m³程度の汚染水が発生している。発生した汚染水は多核種除去設備等で処理され、放射性物質は除去されるが、唯一、トリチウムのみが残る。これが「トリチウム水」として、タンクに貯蔵されている（約 72 万 m³、2017 年 2 月 16 日時点）。

このトリチウム水の取扱いについて、様々な選択肢について評価することを目的に、汚染水処理対策委員会の下にトリチウム水タスクフォースが設置された（2013 年 12 月 25 日）。

トリチウム水タスクフォースでは、地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設の 5 つの処分選択を対象に、「技術的成立性」、「規制成立性」、「期間」、「コスト」、「規模（面積）」、「二次廃棄物」、等を評価した。（技術的観点からの評価）。

トリチウム水タスクフォース報告書（2016 年 6 月）の「まとめ」では、『トリチウム水の取扱いについては、風評に大きな影響を与えることから、今後の検討にあたっては、成立性、経済性、期間などの技術的な観点に加えて、風評被害などの社会的な観点等も含めて、総合的に検討を進めていただきたい。』とされた。

上記報告書を受けて、2016 年 11 月から、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会（以下、「ALPS 小委員会」と言う。）が開始され、以下についての検討が行われている。

- トリチウム水タスクフォースで示された選択肢について、風評被害などの社会的観点からの検討
- トリチウム水タスクフォースで示された選択肢について、被ばく評価に基づく影響の検討
- トリチウム水タスクフォースで取りまとめた知見を踏まえつつ、上記の観点から、総合的な検討

本節で検討しようとする「社会影響評価」は、上記の検討に資することを目的としている。

影響の定義と評価項目の検討

先述のとおり、ここでは各選択肢に係る被ばく影響と社会影響の検討を行うことを目指す。被ばく影響の定義は自明であり、各選択肢を採用した際の公衆の被ばく線量で定義することができ、評価項目としては被ばく線量そのものとして良い。一方、社会影響については、「社会とは何か」、「影響とは何か」の詳細検討が必要である。

社会とは何かについては「影響を受ける対象」を指すと定義でき、影響を受ける対象は細分化する必要がある。これについては後述する。一方、影響とは何かについてであるが、影響は多様にあり得るため、これを自明に定義することは難しい。そのため、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する意思決定・実行がなされた際にどのような因子の連鎖が生じるかについて検討、想定する必要がある。なお、この際、多核種除去設備等処理水の取扱いの如何に関係せず、福島第一原発の事故により既に社会影響が発生しているという事実にも留意が

必要である。

図 5-1 に因子の連鎖に関する検討結果を示す。なお、現実には影響因子の連鎖はより複雑で不確定要素を多く含むものと考えられるが、ここでは主要と考えられる因子のみを取扱い、また関係性はできるだけ簡単に表現した。

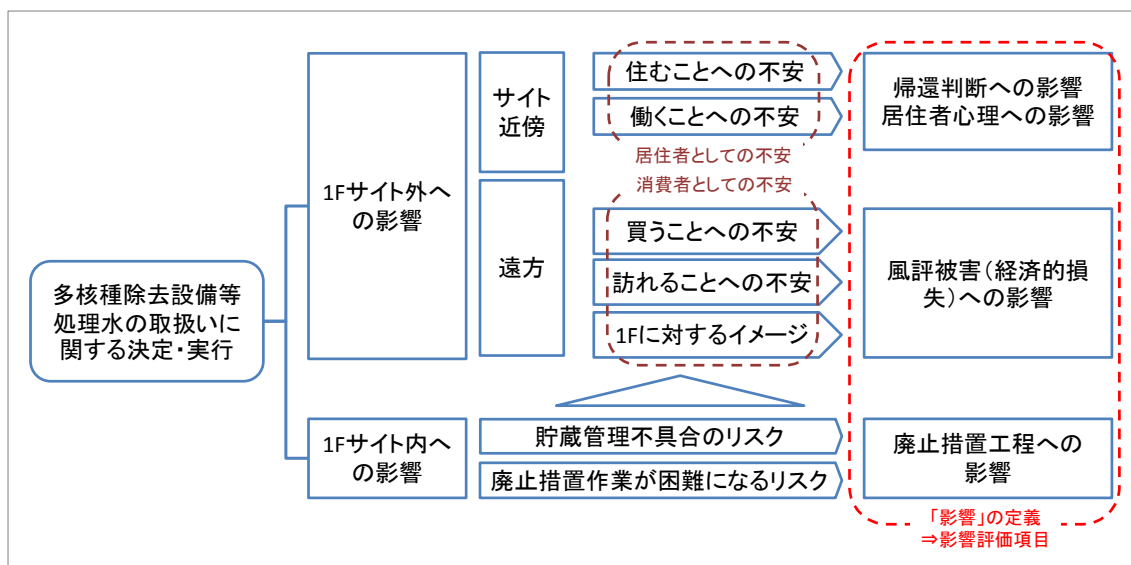


図 5-1 影響因子の連鎖

影響の種類は大きく「サイト外への影響」と「サイト内への影響」の2つに分けることができる。なお、図示されているとおり、サイト内への影響はサイト外への影響にも寄与することには留意が必要である。

サイト外への影響としては、サイト近傍において「住むことへの不安」、「働くことへの不安」が挙げられ、これは居住者としての不安とすることができる。この不安は最終的に「帰還判断」、「居住者心理」に影響すると考えられる。一方、遠方においては「買うことへの不安」、「訪れることへの不安」、「1Fに対するイメージ」が挙げられ、これらは消費者としての不安とすることができる。これらの不安は最終的に「風評被害（経済的損失）」に影響すると考えられる。

サイト内への影響としては、「貯蔵管理不具合のリスク」（貯蔵タンクからの漏えい等のリスク）及び「廃止措置作業が困難になるリスク」（作業用敷地がひっ迫して配置措置作業ができなくなるリスク）が挙げられる。これらのリスクは最終的に「廃止措置工程」に影響する。これらは、直接的には社会的影響とは言えないが、それらのリスクが現実のものとして発生した場合（もしくは発生するとの認識が高まった場合）には、サイト外へも影響し、各種不安の増幅、1Fに対するイメージの悪化を招くものと考えられる。

なお、先述したとおり、現実には影響因子はより多く存在し、その連鎖もより複雑であると考えられる。例えば、報道の結果は全体に影響すると考えられる。また、流通業界の判

断は風評被害（経済的損失）に影響すると考えられる¹⁾。さらに、風評被害には「経済的損失」以外にも「デマ・差別」も存在することが指摘されている²⁾が、「デマ・差別」については現時点においては取り扱っていない。これら「報道の結果」、「流通業界の判断」、「デマ・差別」については、現時点において不確実性が高く、取り扱いが困難であることが予想されるため、今回の検討からは除外している。今後、これらの影響因子について検討範囲に含めるか否かも含め慎重な検討が必要である。

以上の検討より、社会影響を評価するための評価項目として、「帰還判断への影響／居住者心理への影響」、「風評被害（経済的損失）への影響」、「廃止措置工程への影響」の3つを選定した。（「廃止措置工程への影響」は直接的な社会影響ではないが、間接的には社会に影響を及ぼすと言えるため、ここでは評価項目に含めている）。

なお、先述したとおり、影響を受ける対象である「社会」は細分化する必要がある。例えば、凶中における「居住者・消費者」について、「避難者」、「近隣居住者」、「国内居住者」、「国外居住者」等に細分化することが考えられる。また、経済的損失を被る対象として、「農業」、「漁業」、「観光業」等に細分化することが考えられる。しかし、これらを細分化した場合でも、影響因子の連鎖の構造が変わることは無いと考えられるため、影響を受ける対象によって、評価項目を変える必要は無いと考えられる。影響を受ける対象の違いについては、評価項目ではなく、評価結果そのものに反映させることが妥当であると考えられる。すなわち、影響を受ける対象が異なるからと言って、例えば不安を感じる項目が全く異なる訳ではなく、不安を感じる度合いが異なるという考え方である。

今後は、ここで設定した評価項目の妥当性について、有識者等に確認するとともに、各評価項目に対する評価指標、評価方法についてより詳細に検討していく必要がある。

(5 章参考文献)

- 1) 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 (第 2 回) 資料 2
- 2) 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 (第 2 回) 資料 3

6. まとめ

本業務では、福島第一原発のトリチウム水の長期的な取扱い方法の決定に向けた今後の検討（多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会における検討）に資することを目的に、以下の調査を行い、調査結果を取りまとめた。

- 福島第一原発におけるトリチウム水の取扱い方法を検討する上で、トリチウムを含む放射性液体廃棄物の処分事例等を参考にすることが考えられるため、それら国内外の類似事例について、文献調査及びヒアリング調査を行い、情報を取りまとめた。（2章）
- 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会では、被ばく評価に基づく影響の検討を行うこととされているため、これに資することを目的として、各選択肢を実行した際の被ばく線量を評価可能な手法の整備を行った。（3章）
- また、各選択肢が有するリスクを評価するため、その考え方の整理と評価手法の整備を行った。（4章）
- 各選択肢を統合的に評価可能とするため、過年度までに実施していなかった貯蔵継続に係るコストの試算を行った。（5章）
- 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会では、技術的観点に加え、風評被害などの社会的観点も踏まえた総合的な検討を行うこととされており、これに資するため、各取扱い方法に係る社会影響評価に関する検討を行った。（5章）

今後は、被ばく線量評価手法を用いた実際の評価を行うこと、社会的影響評価について実際の評価を行うこと、その他、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会における議論に資する情報を調査・整理することが重要であると考えられる。

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：平成28年度発電用原子炉等利用環境調査（トリチウム水の処分技術等に関する調査研究） 報告書

委託事業名：平成28年度発電用原子炉等利用環境調査（トリチウム水の処分技術等に関する調査研究）

受注事業者名：三菱総合研究所

頁	図表番号	タイトル
5	図2-1	英国における原子力発電所の立地状況
10	図2-2	セラフィールド・サイトの立地位置
13	図2-3	各原子力発電所のトリチウム（液体廃棄物）排出量の推移（2011～2015年）
14	図2-4	仏国における原子力発電所の立地状況
19	図2-5	仏国における再処理施設の立地状況
23	図2-6	各発電所から放出されたトリチウム量
24	表2-8	各発電所から放出されたトリチウム量
25	図2-7	カナダにおける原子炉施設の立地状況
29	図2-8	韓国の原子力発電所のトリチウム排出量の推移
30	図2-9	韓国における原子炉施設の立地状況
35	図2-10	韓国委員会告示第2014-34号別表（抜粋）
38	表2-11	PWRからのトリチウム放出量（2008年）
39	表2-12	BWRからのトリチウム放出量（2008年）
40	図2-11	米国における原子炉施設の立地状況
44	図2-12	スリー・マイル・アイランド原子力発電所の位置
50	図2-13	放射性液体トリチウム放出実績（玄海原子力発電所）
51	図2-14	放射性液体トリチウム放出実績（川内原子力発電所）
59	図2-16	北九州市が行ったリスクコミュニケーション、市民説明の原則
94	表4-2	形態係数FFのスコア
94	表4-3	制御係数CFのスコア