

# 原子力発電所の職業被ばく

ISOE プログラムの  
第 19 年次報告書 (2009)

© OECD 2011  
NEA/CRPPH/R(2011)4

原子力機関  
経済協力開発機構

## 序文

世界全体で、原子力発電所での職業被ばくは 1990 年代初頭以来着実に低減してきた。規制面の圧力、技術進歩、プラントの設計と運転手順の改善、ALARA 文化、及び経験の交換がこの低減傾向に寄与してきた。しかし世界中の原子力発電所で続いている経年変化と寿命延長の可能性、継続的な経済的圧力、規制、社会・政治の漸進的変化、及び原子力発電所新設の可能性を背景に、職業被ばくが合理的に達成可能な限り低く（ALARA）維持することを確実にするという任務は、運転コストと社会的要因を考慮に入れる時、放射線防護専門家に対して引き続き課題を提起している。

1992 年以来、OECD 原子力機関（NEA）と国際原子力機関（IAEA）の共同出資による職業被ばく情報システム（ISOE）は、世界中の原子力発電事業者と国内規制当局の放射線防護専門家が原子力発電所作業員の放射線防護のための国際的協力事業について協議、促進、調整するフォーラムを提供してきた。ISOE の目標は、職場での放射線防護を最適化する方法について広範で定期的に更新される情報、データ、経験を交換することによって、原子力発電所での職業被ばく管理を改善することである。

技術交換のイニシアチブとして、ISOE プログラムには世界職業被ばくデータ収集・分析プログラム（最終的に原子力発電所についての世界最大の職業被ばくデータベースになる）と線量低減の情報・経験を共有する情報ネットワークが含まれている。ISOE 発足以来、その参加者は職業被ばくのデータと情報を交換するこのデータベースと通信ネットワークのシステムを利用して線量傾向の分析、手法の比較、費用－便益及びその他の解析を行い、各地の放射線防護プログラムでの ALARA 原則の適用を促進してきた。

この ISOE プログラムの第 19 年次報告書（2009）は、2009 年における ISOE プログラムの状況を紹介する。

「……ALARA の経験、線量低減手法、原子力施設職員及び請負業者従業員の個人・集団放射線量について情報とデータを分析し交換することは、効果的な線量管理プログラムを実施し ALARA 原則を適用するために必須である。」(ISOE 規約、2008～2011 年)。

#### 2009 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム (ウィーンの IAEA にて)



# 目次

序文 .....	3
目次 .....	5
1. 職業被ばく情報システム (ISOE) への参加の状況 .....	9
2. 職業上の線量の調査、傾向、及びフィードバック .....	13
2.1 職業被ばくの傾向：運転中の原子炉 .....	13
欧州地域 .....	18
アジア地域 .....	19
北米地域 .....	19
2.2 職業被ばくの傾向：最終的に停止された原子炉 .....	23
2.3 姉妹ユニット・グループ別の3年移動平均年間集団線量 (1998～2008年) の分析 .....	26
3 主要機器の経験：Cook 2号機の停止時化学及びバッフル・ボルト交換でのALARAの経験 .....	39
3.1 序文 .....	39
3.2 Cook 2号機のソースターム低減プログラムの成果 .....	39
3.3 職員汚染事象 (PCE) .....	42
3.4 バッフル・ボルト交換作業範囲に起因する主要な作業追加 .....	43
3.5 原子炉容器の検査／修理 .....	43
3.6 炉心バレルでの活動と炉心バッフル・ボルトの修理 .....	45
3.7 キャビティの除染 .....	46
3.8 燃料取替復旧時放射線防護活動 .....	47
3.9 結論 .....	49
4. ISOEの経験交換活動 .....	50
4.1 ISOEALARA シンポジウム .....	50
4.2 ISOE ネットワーク (www.isoe-network.net) .....	50
4.3 ISOE ベンチマーキング視察 .....	52
5. 2009年のISOEプログラム管理活動 .....	57
5.1 正式なISOEデータベースの管理 .....	57
5.2 ISOE ネットワークの管理 .....	58
5.3 ISOEの管理及びプログラム活動 .....	58
6. ISOE参加国における2009年の主要な出来事 .....	60
アルメニア .....	60
ベルギー .....	62
ブルガリア .....	63
カナダ .....	64
中国 .....	66

チェコ共和国.....	67
フィンランド.....	68
フランス.....	71
ドイツ.....	74
ハンガリー.....	77
イタリア.....	78
日 本.....	78
大韓民国.....	80
リトアニア.....	81
メキシコ.....	84
オランダ.....	86
パキスタン.....	87
ルーマニア.....	87
ロシア連邦.....	90
スロバキア共和国.....	92
スロベニア.....	94
南アフリカ共和国.....	96
スペイン.....	97
スウェーデン.....	99
スイス.....	102
英 国.....	105
米 国.....	107
附属書 1 ISOE の組織構造と 2010 年に向けて提案されている作業プログラム .....	110
附属書 2 ISOE 刊行物のリスト .....	117
附属書 3 更新版 ISOE 規約（2008～2011 年）の下での ISOE 参加状況.....	122
附属書 4 ISOE ビューロー、事務局及び技術センター.....	128
附属書 5 ワーキング・グループ（2009、2010 年）.....	130
附属書 6 ISOE 運営委員会及び国内コーディネーター.....	133

## 表

表 1 : 正式の ISOE 参加者と ISOE データベース (2010 年 12 月現在) .....	10
表 2 : 運転中の原子炉についての平均集団線量の概要 (2009 年) .....	15
表 3 : 国別及び原子炉タイプ別について、1 基あたり平均年間集団線量 (2007~2009 年) (人・Sv/炉) .....	15
表 4 : 国別及び原子炉タイプ別について、1 基あたり年間集団線量 (3 年移動平均) (2005~2007 年から 2007~2009 年まで) (人・Sv/炉) .....	17
表 5 : 2007~2009 年の最終的に停止された原子炉についての国別及び原子炉タイプ別の 基数と 1 基あたり平均年間線量 (人・mSv/炉) .....	23

図

図 1 : ISOE に含まれている運転中の原子炉すべてについて、原子炉タイプ別の 1 基あたり平均集団線量、1992～2009 年 (人・Sv/炉) .....	14
図 2 : ISOE に含まれている運転中の原子炉すべてについて、原子炉タイプ別の 1 基あたり平均集団線量 (3 年移動平均)、1992～2009 年 (人・Sv/炉) .....	14
図 3 : 2009 年の国別の PWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉) .....	21
図 4 : 2009 年の国別 VVER 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉) .....	21
図 5 : 2009 年の国別 BWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉) .....	22
図 6 : 2009 年の国別 PHWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉) .....	22
図 7 : 2009 年の原子炉タイプ別 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉) .....	22
図 8 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : PWR/VVER (人・mSv/炉) .....	24
図 9 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : BWR (人・mSv/炉) .....	24
図 10 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : GCR (人・mSv/炉) .....	25
図 11 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : PWR/VVER、BWR、GCR (人・mSv/炉) .....	25
図 12 : フラマトム社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	28
図 13 : シーメンス社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	29
図 14 : ウェスチングハウス社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	31
図 15 : ABB アトム社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	33
図 16 : ゼネラル・エレクトリック社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	35
図 17 : シーメンス社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998～2008 年) .....	36

## 1. 職業被ばく情報システム（ISOE）への参加の状況

1992 年以来、ISOE は電気事業者及び各国規制当局の放射線防護専門家のための世界的な情報・経験交換ネットワークを通じて、また ALARA 管理のための関連技術資源の発表を通じて、原子力発電所における作業員の放射線防護の最適化を支援してきた。ISOE プログラムには、世界的規模の職業被ばくデータ収集・分析プログラム（最終的に原子力発電所の職業被ばくに関する世界最大のデータベースになる）と、線量低減情報・経験を共有するための通信ネットワークが含まれている。ISOE 発足以来、その参加者は、これらの資源を活用して、各地の放射線防護プログラムでの ALARA 原則の適用を促進する線量傾向分析、手法比較、費用－便益及びその他の解析のため、また経験を世界的に共有するため、職業被ばくのデータと情報を交換してきた。

ISOE の参加者は、規約（2008～2011 年）に従って ISOE の運営に参加することに同意した原子力発電事業者（公共及び民間）、国内規制当局（又はそれを代理する機関）、及び ISOE 技術センターが含まれている。4 カ所の ISOE 技術センター（アジア、欧州、北米、IAEA）は ISOE の 4 地域のメンバーを支援する日々の技術活動を管理している（国と技術センターの提携については附属書 3 を参照）。ISOE の目標は参加者に以下を提供することである。

- 原子力発電所での作業員の防護を改善する方法及び職業被ばくに関する、広範で定期的に更新される情報。
- 放射線防護の最適化に寄与するものとして、収集したデータの評価と分析を含むこれらの問題に関する情報を普及するメカニズム。

2010 年 12 月時点で ISOE 事務局が受領したフィードバックに基づき、ISOE プログラムは 26 カ国の 66 の参加電気事業者<sup>1</sup>（運転中が 320 基、停止中が 40 基）と、24 カ国の規制当局（3 カ国は 2 つの当局が参加）を含んでいた。参加状況を国、原子炉のタイプ、2010 年 12 月時点での原子炉の状態に分けて整理すると表 1 のとおりである。本報告書の発表時点で ISOE に正式に参加している原子炉、電気事業者及び当局の完全なリストを附属書 3 に掲げる。

参加電気事業者が毎年提供する被ばくデータとは別に、参加当局は、その認可取得者の何社かがまだ ISOE メンバーではない場合でも正式な国内データを提供することができる。したがって、ISOE データベースは 29 カ国にわたる 472 基（396 基が運転中、75 基が冷態停止状態若しくは廃止措置中のある段階、1 基が運転前段階）の原子炉について職業被ばく関連のデータと情報を含んでおり、世界中にある運転中の実用発電用原子炉の約 90%を網羅している。ISOE データベースは、ISOE ネットワーク・ウェブサイトを通じて及び CD-ROM により、すべての ISOE メンバーがその参加電気事業者又は当局としての立場に応じて入手できるようになっている。

---

<sup>1</sup> これは主たる電気事業者の数であり、複数の企業が発電所を所有／運営しているケースもいくつかある。



表 1 : 正式の ISOE 参加者と ISOE データベース (2010 年 12 月現在)

注 : 本報告書発表時点における正式の ISOE 参加者のリストを附属書 3 に示す。

運転中の原子炉 : ISOE 参加者							
国	PWR	VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	合計
アルメニア	-	1	-	-	-	-	1
ベルギー	7	-	-	-	-	-	7
ブラジル	2	-	-	-	-	-	2
ブルガリア	-	2	-	-	-	-	2
カナダ	-	-	-	22	-	-	22
中国	4	-	-	-	-	-	4
チェコ共和国	-	6	-	-	-	-	6
フィンランド	-	2	2	-	-	-	4
フランス	58	-	-	-	-	-	58
ドイツ	4	-	2	-	-	-	6
ハンガリー	-	4	-	-	-	-	4
日本	24	-	32 <sup>2</sup>	-	-	-	56
韓国	16	-	-	4	-	-	20
メキシコ	-	-	2	-	-	-	2
オランダ	1	-	-	-	-	-	1
パキスタン	1	-	-	1	-	-	2
ルーマニア	-	-	-	2	-	-	2
ロシア連邦	-	15	-	-	-	-	15
スロバキア共和国	-	6	-	-	-	-	6
スロベニア	1	-	-	-	-	-	1
南アフリカ共和国	2	-	-	-	-	-	2
スペイン	6	-	2	-	-	-	8
スウェーデン	3	-	7	-	-	-	10
スイス	3	-	2	-	-	-	5
ウクライナ	-	2	-	-	-	-	2
英国	1	-	-	-	-	-	1
米国	43	-	28	-	-	-	71
合計	182	36	75	27	-	-	320
運転中の原子炉 : ISOE に参加していないが ISOE データベースに含まれているもの							
国	PWR/VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	合計	
カナダ	-	-	1	-	-	1	
中国	1	-	-	-	-	1	
リトアニア	-	-	-	-	1	1	
パキスタン	1	-	1	-	-	2	
ウクライナ	15	-	-	-	-	15	
英国	-	-	-	14	-	14	
米国	37	6	-	-	-	43	
合計	54	6	2	14	1	77	
ISOE データベース内に含まれている運転中の原子炉の総数							
	PWR/VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	合計	
合計	272	81	29	14	1	397	

<sup>2</sup> 2009 年 11 月 18 日以来廃止措置過程にある浜岡 1、2 号機を含む。

表 1 : 正式の ISOE 参加者と ISOE データベース (2010 年 12 月現在) (続き)

最終的に停止された原子炉 : ISOE 参加者							
国	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	その他	合計
ブルガリア	4	-	-	-	-	-	4
カナダ	-	-	2	-	-	-	2
フランス	1	-	-	6	-	-	7
ドイツ	3	1	-	1	-	-	5
イタリア	1	2	-	1	-	-	4
日本	-	2	-	1	-	1	2
オランダ	-	1	-	-	-	-	1
ロシア連邦	2	-	-	-	-	-	2
スロバキア共和国	2	-	-	-	-	-	2
スペイン	1	-	-	1	-	-	2
スウェーデン	-	2	-	-	-	-	2
米国	-	-	-	9	-	-	9
合計	12	6	2	19	-	1	40
最終的に停止された原子炉 : ISOE に参加していないが ISOE データベースに含まれているもの							
国	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	その他	合計
リトアニア	-	-	-	-	1	-	1
ウクライナ	-	-	-	-	3	-	3
英国	-	-	-	19	-	-	19
米国	5	6	-	1	-	-	12
合計	5	6	-	20	4	-	35
ISOE データベースに含まれている最終的に停止された原子炉の総数							
	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	その他	合計
合計	17	12	2	39	4	1	75
ISOE データベースに含まれている原子炉の総数							
	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	その他	合計
合計	289	93	31	53	5	1	472
参加国の数							26
参加電気事業者の数 <sup>3</sup>							66
参加当局の数 <sup>4</sup>							24

<sup>3</sup> これは主たる電気事業者の数であり、複数の企業が発電所を所有/運営しているケースもいくつかある。

<sup>4</sup> 3カ国は2つの当局が参加している。



## 2. 職業上の線量の調査、傾向、及びフィードバック

ISOE の重要な要素の 1 つは、世界中の原子力発電施設における職業被ばくの傾向をベンチマーキング、比較分析、及び ISOE メンバー間での経験交換のために追跡することである。この情報は、参加電気事業者によって提供された年間職業被ばくデータ（一般的には運転線量測定システムに基づく）を含む ISOE 職業被ばくデータベース（ISOEDAT）の中で維持される。ISOE データベースには、以下のデータ・タイプが含まれている。

- 下記を含む運転中、停止中、又はいずれかの段階の廃止措置にある商業用原子力発電所からの線量測定情報。
  - － 通常運転の年間集団線量
  - － 保守／燃料取替停止
  - － 計画外停止期間
  - － 特定のタスクと作業員カテゴリーについての年間集団線量
- 核物質、水化学、起動／停止の手順、コバルト低減プログラムなどの線量低減に関連するプラント固有の情報。
- 特定の操作、作業、手順、機器、又はタスクについての放射線防護関連の情報（放射線学的教訓）。
  - － 効果的な線量低減
  - － 効果的な除染
  - － 作業管理原則の実施

ISOE メンバーは ISOE データベースを利用して、様々なベンチマーキングと傾向分析を国、原子炉のタイプ、又は姉妹号機グループ分けのようなその他の基準ごとに行うことができる。以下に、原子力発電所における職業被ばくの一般的傾向のうちの主要なものを要約する。

### 2.1 職業被ばくの傾向：運転中の原子炉

図 1 と図 2 は、1992～2009 年における原子炉タイプ別に、1 基あたり集団線量の傾向を、それぞれ年間平均と 3 年移動平均で示す。概して言えば、運転中の原子炉 1 基あたり平均集団線量は ISOE データベースの対象期間を通じ一貫して低下してきており、2009 年の平均値は直近数年間のレベルを維持した。年ごとのバラツキは多少あるものの、ほとんどの原子炉で線量の明確な下向き傾向が続いている。ただし例外として、PHWR は 1996～1998 年に低い値を達成した後わずかな上昇傾向をたどった。

2009 年の原子炉タイプ別平均年間集団線量を表 2 に示す。参加国別と技術センター地域グループ別の過去 3 年間の被ばく傾向を、年間平均と 3 年移動平均について 1 基あたり年間集団線量をそれぞれ表 3 と表 4 に示す。これらの結果は主に、2009 年に ISOE データベースに報告され記録

されたデータを各国の個別報告（第 6 章）によって適宜補完したものに基づいている。図 3～7 には 2009 年のデータの詳細内訳を棒グラフ形式で示し、平均線量を最高から最低まで格付した。すべての図において、「基数」は当該の年についてデータが報告された原子炉の基数を指す。

図 1：ISOE に含まれている運転中の原子炉すべてについて、原子炉タイプ別の 1 基あたり平均集団線量、1992～2009 年（人・Sv/炉）

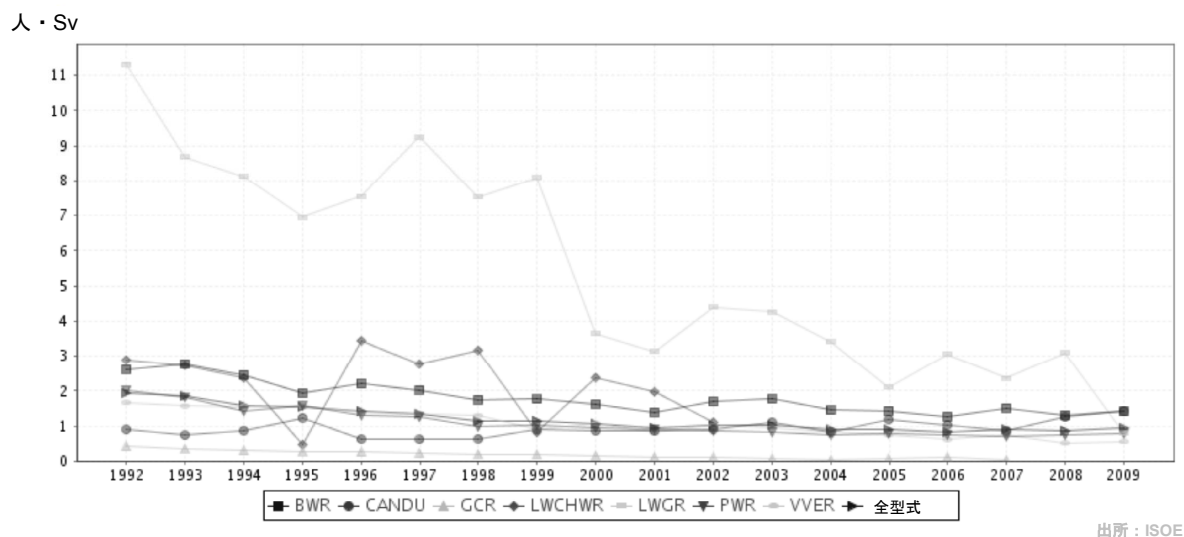


図 2：ISOE に含まれている運転中の原子炉すべてについて、原子炉タイプ別の 1 基あたり平均集団線量（3 年移動平均）、1992～2009 年（人・Sv/炉）

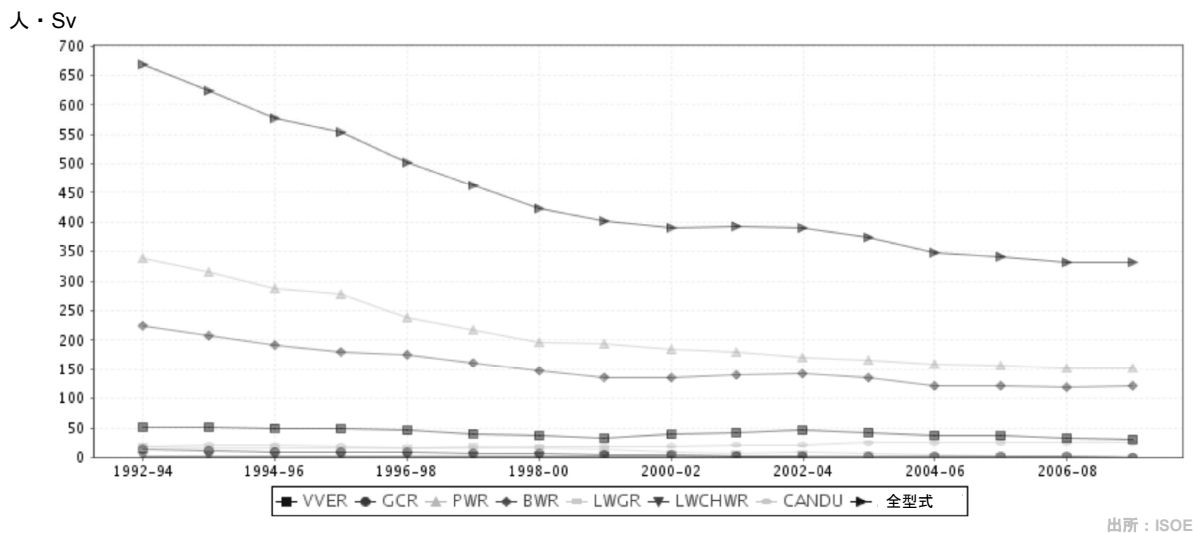


表 2 : 運転中の原子炉についての平均集団線量の概要 (2009 年)

	2009 年の平均年間集団線量 (人・Sv/炉)	2007～2009 年の年間集団線量 (3 年移動平均) (人・Sv/炉)
加圧水型原子炉 (PWR)	0.77	0.74
加圧水型原子炉 (VVER)	0.49	0.59
沸騰水型原子炉 (BWR)	1.41	1.39
加圧重水型原子炉 (PHWR/CANDU)	1.43	1.16
ガス冷却炉 (GCR) と軽水黒鉛炉 (LWGR) を含む全原子炉	0.93	0.88

表 3 : 国別及び原子炉タイプ別について、1 基あたり平均年間集団線量 (2007～2009 年)  
(人・Sv/炉)

	PWR			VVER			BWR		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
アルメニア				0.78	1.24	0.55			
ベルギー	0.29	0.39	0.37						
ブラジル	1.05	0.74	1.04						
ブルガリア				0.41	0.27	0.28			
カナダ									
中国	0.66	0.54	0.54						
チェコ共和国				0.17	0.13	0.15			
フィンランド				0.36	0.78	0.38	0.59	0.46	0.59
フランス	0.62	0.66	0.70						
ドイツ	1.04	0.62	1.05				0.99	1.19	1.00
ハンガリー				0.45	0.33	0.44			
日本※	1.35	1.57	1.61				1.47	1.45	1.36
韓国	0.60	0.49	0.47						
メキシコ							2.74	4.69	2.08
オランダ	0.23	0.27	0.24						
パキスタン	入手不能	0.59	入手不能						
ルーマニア									
ロシア連邦				0.91	0.69	0.80			
スロバキア共和国				0.24	0.16	0.17			
スロベニア	0.89	0.15	0.65						
南アフリカ共和国	0.74	0.75	0.74						
スペイン	0.50	0.29	0.72				4.15	0.50	2.31
スウェーデン	0.41	0.56	0.92				1.10	0.85	1.41
スイス	0.37	0.46	0.36				1.10	1.16	1.14
ウクライナ				1.17	0.65	0.72			
英国	0.05	0.26	0.34						
米国	0.65	0.68	0.66				1.58	1.23	1.49
平均	0.71	0.73	0.77	0.74	0.74	0.49	1.51	1.31	1.41

	PHWR			GCR			LWGR		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
カナダ	0.92	1.36	1.13						
韓国	0.80	0.59	2.21						
リトアニア							2.37	3.10	0.79
パキスタン	入手不能	3.70	入手不能						
ルーマニア	0.27	0.34	0.24						
英国				0.06	0.14	0.09			
平均	0.87	1.25	1.23	0.06	0.14	0.09	2.37	3.10	0.79

	2007	2008	2009
世界平均	0.89	0.86	0.88

	欧州			アジア			北米			IAEA		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
PWR	0.62	0.60	0.71	1.04	1.17	1.15	0.65	0.68	0.66	0.78	0.58	0.69
VVER	0.28	0.26	0.25							0.99	0.67	0.72
BWR	1.33	0.91	1.26	1.48	1.42	1.37	1.65	1.42	1.52			
PHWR				0.92	1.36	1.13	0.92	1.36	1.13	0.80	0.59	2.21
GCR	0.06	0.14	0.09									
LWGR										2.37	3.10	0.79

ISOE の 4 地域の国構成は附属書 3 を参照。

※日本のデータは電気事業者から国に報告されたデータに基づく。

表4：国別及び原子炉タイプ別について、1基あたり年間集団線量（3年移動平均）  
（2005～2007年から2007～2009年まで）（人・Sv/炉）

	PWR			VVER			BWR		
	05～07年	06～08年	07～09年	05～07年	06～08年	07～09年	05～07年	06～08年	07～09年
アルメニア				0.83	0.96	0.86			
ベルギー	0.36	0.35	0.35						
ブラジル	0.74	0.78	0.94						
ブルガリア				0.56	0.37	0.32			
カナダ									
中国	0.60	0.56	0.58						
チェコ共和国				0.17	0.15	0.15			
フィンランド				0.53	0.66	0.50	0.94	0.72	0.55
フランス	0.70	0.66	0.66						
ドイツ	1.06	0.83	0.90				1.05	1.11	1.06
ハンガリー				0.43	0.38	0.41			
日本※	1.14	1.34	1.51				1.40	1.41	1.43
韓国	0.57	0.54	0.52						
メキシコ							1.97	2.97	3.17
オランダ	0.35	0.38	0.25						
パキスタン	0.22	0.31	0.59						
ルーマニア									
ロシア連邦				0.87	0.77	0.80			
スロバキア共和国				0.30	0.23	0.19			
スロベニア	0.61	0.63	0.56						
南アフリカ共和国	0.89	0.76	0.74						
スペイン	0.43	0.39	0.50				2.29	1.69	2.32
スウェーデン	0.52	0.49	0.63				1.08	1.02	1.12
スイス	0.46	0.40	0.40				1.02	1.08	1.13
ウクライナ				1.04	0.93	0.85			
英国	0.31	0.28	0.22						
米国	0.76	0.73	0.66				1.54	1.38	1.43
平均	0.74	0.73	0.74	0.70	0.63	0.61	1.40	1.36	1.41

	PHWR			GCR			LWGR		
	05～07年	06～08年	07～09年	05～07年	06～08年	07～09年	05～07年	06～08年	07～09年
カナダ	1.07	1.09	1.14						
韓国	0.71	0.66	1.20						
リトアニア							2.51	2.84	2.09
パキスタン	2.96	4.09	3.70						
ルーマニア	0.52	0.38	0.29						
英国				0.08	0.11	0.10			
平均	1.04	1.06	1.12	0.08	0.11	0.10	2.51	2.84	2.09

	05～07年	06～08年	07～09年
世界平均	0.87	0.85	0.87



	欧州			アジア			北米			IAEA		
	05~07年	06~08年	07~09年	05~07年	06~08年	07~09年	05~07年	06~08年	07~09年	05~07年	06~08年	07~09年
PWR	0.66	0.60	0.60	0.90	1.02	1.12	0.76	0.73	0.66	0.66	0.63	0.68
VVER	0.32	0.28	0.26							0.91	0.81	0.79
BWR	1.07	1.02	1.13	1.35	1.40	1.42	1.54	1.38	1.43			
PHWR				1.07	1.09	1.14	1.07	1.09	1.14	0.71	0.66	1.20
GCR	0.08	0.11	0.10									
LWGR										2.51	2.84	2.09

※日本のデータは電気事業者から国に報告されたデータに基づく。

以下の解説は ISOE の 4 地域で観察された結果と傾向の概要である。ただし、発電所の設計が様々であり集団線量に影響するパラメータが複雑であるため、これらの分析と数字は対象国における放射線防護パフォーマンスの質に関するいかなる結論も支持しないということに留意されたい。個別国における線量のより詳細な解説と分析は本報告書の第 6 章に記す。

### 欧州地域

2009 年には、すべての PWR についての 1 基あたり平均年間集団線量は 2008 年より増加し、PWR については 0.60 人・Sv から 0.71 人・Sv への増加、VVER については横ばい（0.25 人・Sv 前後）であった。すべての BWR についての平均集団線量も 2008 年より増加し、2008 年の 0.91 人・Sv に対し 1.26 人・Sv であった。この増加を説明できる理由の 1 つとして、2009 年は関係主要国が以下の特徴的状況にあったということを指摘できる。

- スウェーデン：近代化のプロジェクトが進められた。
- ドイツ：全プラントが停止された（中でも 4 プラントは 10 カ月超停止された）。
- スペイン：BWR で計画外停止があり、PWR で大規模な燃料取替停止があった。
- フランス：多数の予想外の事象（その影響は 0.92 人・Sv）、原子炉容器上蓋の交換が 2 件、及び蒸気発生器の交換が 1 件あった。

線量の一般的傾向を的確に反映する 3 年移動平均での年間集団線量の推移を見ると、VVER については減少が続いた。PWR と BWR の場合、2007~2009 年の値は前期より増加している。これら 2 タイプの原子炉の 2007~2009 年の値は 2005~2007 年の値を依然下回っている。

VVER に関しては、2007~2009 年における 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量を見ると、チェコ共和国が提出した 0.15 人・Sv/炉が最低であり、これにスロバキア共和国（0.19 人・Sv/炉）、ハンガリー（0.41 人・Sv/炉）、フィンランド（0.50 人・Sv/炉）が続く。

欧州の PWR の国別データを見ると、2007~2009 年における 3 年移動平均の年間集団線量について 5 つの主要グループを識別できる。

- オランダ、英国：0.25 人・Sv/炉未満
- ベルギー、スイス：0.3~0.4 人・Sv/炉
- スペイン、スロベニア：0.5~0.6 人・Sv/炉

- フランス、スウェーデン：0.6～0.7 人・Sv/炉
- ドイツ：0.9 人・Sv/炉

BWR 1 基あたり年間集団線量 3 年移動平均は、ドイツ、スウェーデン、スイスが 1 人・Sv/炉前後のかなり類似の値を示した。フィンランドの 0.55 人・Sv/炉が最低であり、スペインの 2.32 人・Sv/炉が最高であった。

### アジア地域

アジア地域の 2009 年の原子炉 1 基あたり平均集団線量は、日本の BWR と韓国の PWR が過去 2 年にわたって減少傾向を示し、また長期的に安定傾向をたどってきた。ただし、日本の PWR と韓国の PHWR では増加傾向が観察された。

日本の BWR と PWR の 1 基あたり平均年間集団線量は、それぞれ 1.36 人・Sv と 1.61 人・Sv であった。2009 年の PWR の 1 基あたり集団線量は対前年比で 0.04 人・Sv の微増となった。この増加の主たる原因は、定期検査中の加圧器の修理や装置・配管の交換などといった、線量率の高い区域での改造作業にあった。日本の BWR と PWR では耐震安全裕度の改良工事も行われた。

韓国の原子力発電所を見ると、PWR と PHWR の 1 基あたり平均集団線量はそれぞれ 0.47 人・Sv と 2.21 人・Sv であった。2009 年の PHWR 1 基あたり集団線量は、Wolsung 1 号機での運転寿命期間延長のための大規模な施設改造のために前年より 1.62 人・Sv 増加した。

### 北米地域

北米地域では、北米技術センターが 2009 年、北米の ISOE 電気事業者・規制機関メンバーに対し放射線工学と ALARA 立案の技術支援を行った。以下では、原子力プラント近代化計画、主要機器の故障、及び号機改修に起因する職業上の線量の重要課題を国別に説明する。

カナダ：Pickering A の 4 号機では、ボイラー6 の配管に詰まっていた毎時 450,000 レントゲンの Co-60 粒子を、原子力プラントのホット・パーティクルの除去作業としては最初のこのプロジェクトのために開発されたロボット 4 台を使用して除去することに成功した。このプロジェクトをもつばらの目的として 20 カ月余りをかけた ALARA 立案作業が実施され、102 回の ALARA 会議が開かれた。様々なアプローチに対する広範囲の相互レビューのおかげで、Pickering は職業上の線量への影響を非常に低く抑えつつ、この重要な成功を収めた。

メキシコ：Laguna Verde 原子力プラントは、両方の BWR 号機の出力増強プログラムを 2008 年に開始し、2009 年もこれを継続した。工事範囲は高圧タービンと低圧タービンの改良、主復水器配管のチタン製配管への交換、一次格納容器の HVAC 系統の改良、及び湿分分離器の交換を含んでいた。Laguna Verde はさらに、コロイド軽減のため、Peach Bottom 2、3 号機のアプローチと類似した PRC-01 樹脂・停止プロトコルの使用を開始した。

米国：2004年に供用を開始した Davis Besse の交換用原子炉上蓋に、劣化して修理を要するノズルが 24 個あることが判明した。この交換用原子炉上蓋は 1980 年代にキャンセルされた Midland 原子力プラントから調達したものであった。

制御棒駆動機構ノズル内側の回転式 UT 試験が、アレバ社の Sumo Rocky UT ロボットを使用して行われた。原子炉上蓋は肉厚約 6 1/2 インチの炭素鋼でできていた。ノズルの径は約 4 インチであった。欠陥は原子炉上蓋の内側のノズル貫通部で発見された。機械加工による欠陥部分除去の後、ノズルが遠隔操作で再溶接された。主要な線量低減イニシアチブは、原子炉上蓋の除染への炭酸ガスの使用、シャドー遮へいの使用、全制御棒駆動機構 (CRDM) の撤去、実効線量当量 (EDE) モニタリングの使用、及びノズルの状態の程度を判定する渦電流探傷試験へのウェスチングハウス社製 Grooveman ロボット、原寸模型、試験アセンブリーの使用を含んでいた。ALARA グループと放射線防護責任者 (RPM) にとっての ALARA の課題は、アレバ従業員と原子炉上蓋ノズルの修理、追加試験手順、及び以下の追加作業のために訓練を受け Davis-Besse に派遣されたアレバの追加要員 80 人についての 12 移動月での上限 2 レム (20mSv) の管理を含んでいた。

- 追加の原子炉上蓋 2 個の移動
- 追加のキャビティ・ドレン 1 個
- 追加の炉内挿入 1 件
- 追加のキャビティ除染 1 件

原子炉上蓋 CRDM ノズルの修理による追加的停止被ばくは 120 人・レムであった。

Crystal River は PWR 格納容器コンクリートの修理が 2009 年の間続いたため、停止期間が引き続き長引いた。Susquehanna 1、2 号機では、2011 年 6 月完了予定の 14% の出力増強のために、装置の交換 (高圧及び低圧のタービン) と高度化が実施された。1 基あたりの出力は最終的に電気出力 1300 メガワットとなり、これは国内の BWR として最大である。Cook 1 号機では 2009 年 9 月 28 日に低圧タービン・バジの大規模破断があった。このタービンは 1800rpm から「整列休め」に 2 分間で移行した。発電機で水素火災が発生したが、幸いにも、この事象での負傷者はなく、火は消し止められた。1 号機のタービンには基礎部分からの全面的修理が必要になり、これには 15 カ月以上を要した。低圧ローター 3 本の修理とその他の工学的評価では日本、ロシア、フランス、ドイツ、カナダ、韓国のエンジニアが Cook のエンジニアを支援した。シーメンス社製タービン・ブレードが交換され、業界運転事象通知が業界に提供された。この通知は米国の別の BWR において、シーメンス製タービン・ブレードを特定し検査のため停止する際に役立てられ、このブレードには類似の破断が発見された。

米国では燃料取替を支援する上級放射線防護技術者の大幅な供給不足が依然として続いている。米国のいくつかのサイトでは、春季と秋季の停止時に 40% もの不足が生じた。米国の RPM は現場近くに下級 RPM を従えながら作業し、より多くの放射線防護技術者を将来の原子力プラントや請負業者で使える人材に育て上げようとしている。

図 3 : 2009 年の国別の PWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉)

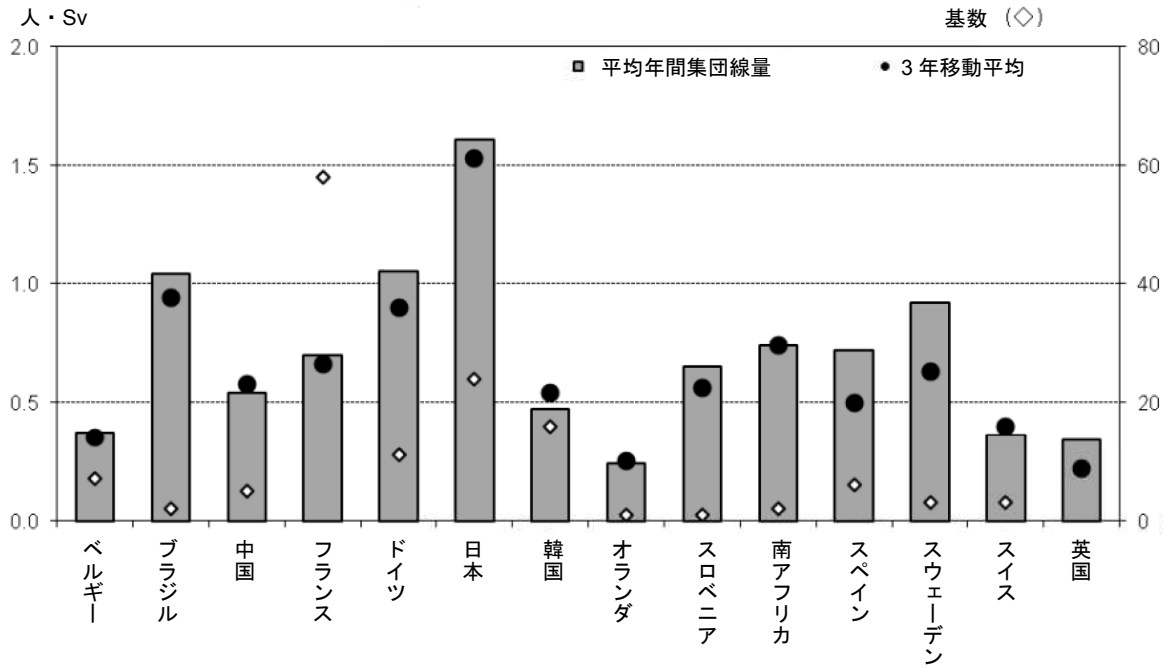


図 4 : 2009 年の国別 VVER 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉)

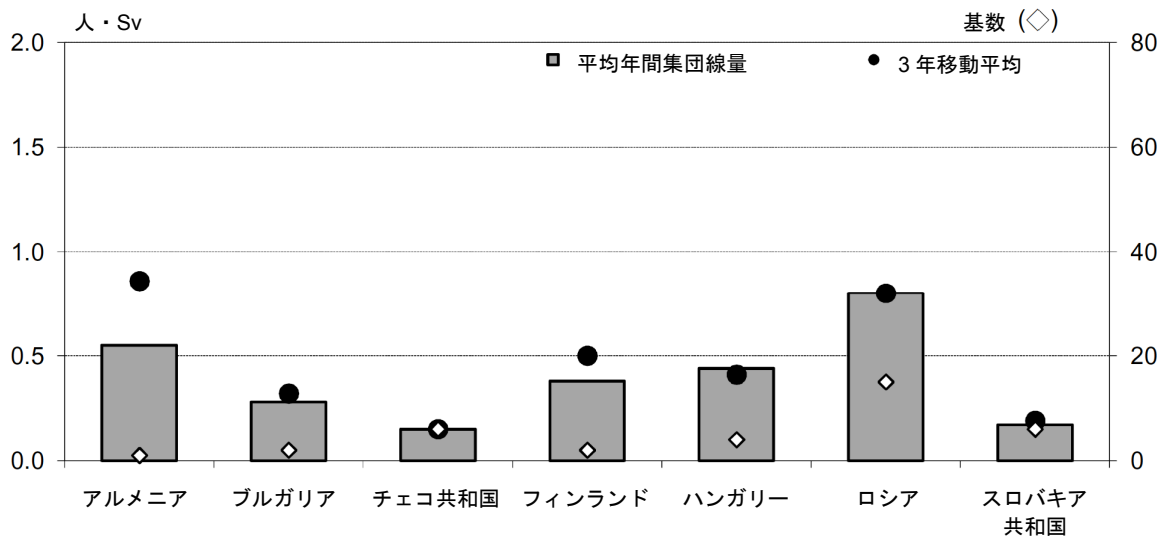


図 5 : 2009 年の国別 BWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉)

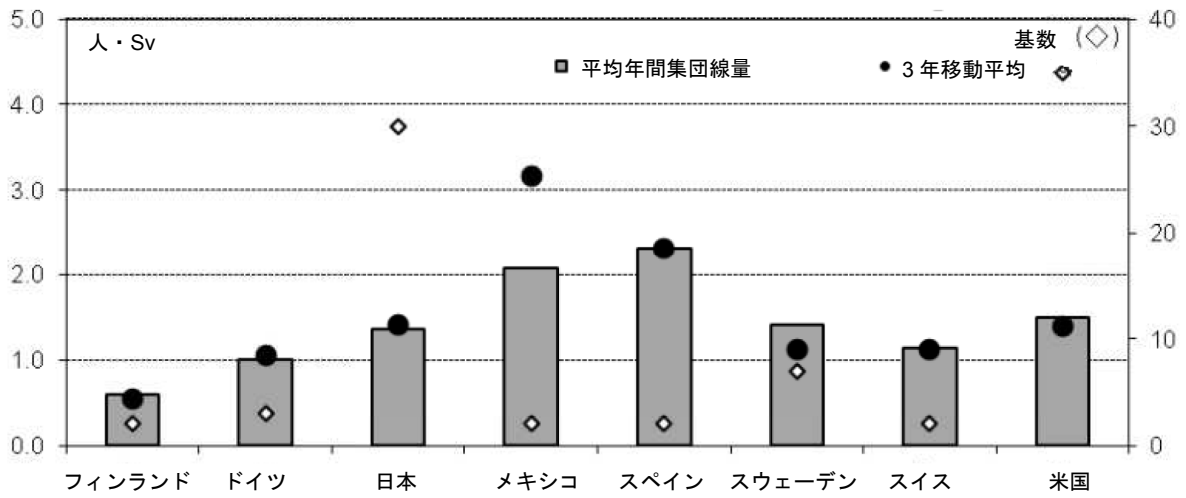


図 6 : 2009 年の国別 PHWR 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉)

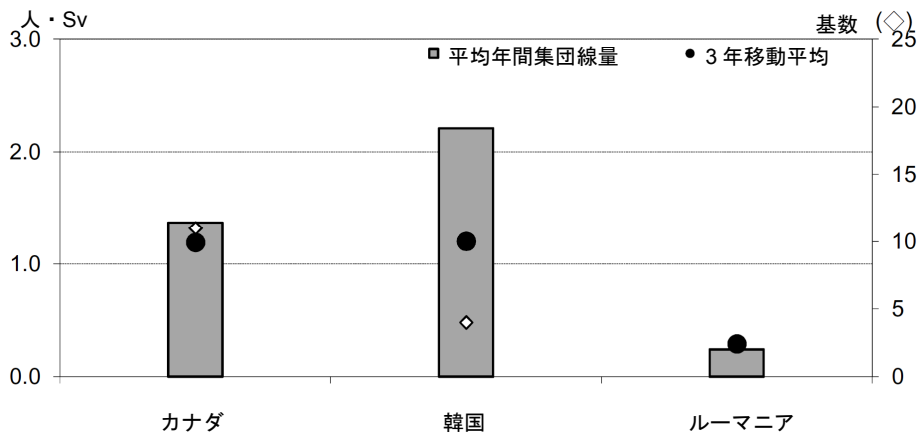
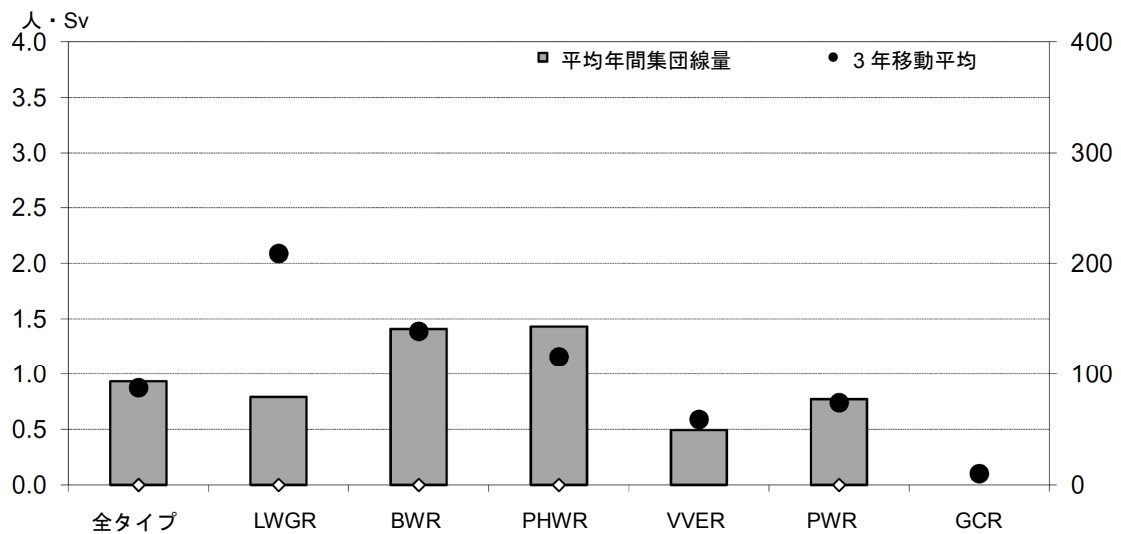


図 7 : 2009 年の原子炉タイプ別 1 基あたり平均集団線量 (人・Sv/炉)



## 2.2 職業被ばくの傾向：最終的に停止された原子炉

運転中の原子炉からの情報に加え、ISOE データベースには、停止された原子炉又は廃止措置のいずれかの段階にある原子炉 75 基からの線量データが含まれている。本節では、2007～2009 年に報告されたこれらの原子炉について線量傾向の概要を示す。これらの原子炉は、一般にタイプと規模が様々であり、廃止措置プログラムの様々な段階にあり、また提供されるデータの詳細さも様々である。これらの理由から、またこれらの数字が限られた数の停止された原子炉に基づいているため、明確な結論を引き出すことはできない。ベンチマーキングの改良を促進するため、停止された原子炉と廃止措置が取られた原子炉についてのデータ収集の改善を目指す作業が ISOE データ分析ワーキング・グループの下で 2009 年も継続された。

表 5 は、最終的に停止された原子炉の 1 基あたり平均年間集団線量を 2007～2009 年について国別及び原子炉タイプ別に示したものであり、ISOE データベースに記録されたデータを国別報告書（第 6 章）で適宜補完したものに基いている。図 8～11 に、停止された原子炉の 1 基あたり平均集団線量を、1992～2009 年について原子炉タイプ別（PWR、BWR、GCR）に示す。いずれの図においても、「基数」は当該年についてデータが報告された基数を参照している。

表 5：2007～2009 年の最終的に停止された原子炉についての国別及び原子炉タイプ別の基数と 1 基あたり平均年間線量（人・mSv/炉）

		2007		2008		2009	
		基数	Dose	基数	Dose	基数	Dose
PWR	フランス	1	10.4	1	23.2	1	62.1
	ドイツ	3	322.9	5	160.0	5	128.0
	イタリア	1	0.5	1	1.1	1	2.0
	スペイン	1	292.9	1	134.7	n/a	n/a
	米国	6	26.5	10	7.1	4	1.7
VVER	ブルガリア	4	60.4	4	31.0	4	29.4
	ドイツ	5	28.6	5	27.0	5	20.0
	ロシア連邦	2	100.6	2	78.0	2	84.0
BWR	ドイツ	1	405.1	3	179.0	3	138.0
	イタリア	2	6.5	2	29.1	2	618.0
	日本					2	674.0
	オランダ	1	0.4	1	0.3	1	0.6
	スウェーデン	2	70.5	2	39.1	2	27.0
	米国	3	137.5	3	13.4	2	9.7
GCR	フランス	6	2.2	6	2.8	6	8.8
	ドイツ			2	13	2	17.0
	イタリア	1	0.5	1	2.9	1	0
	日本	1	30	1	20	1	20
	英国	18	44.1	16	48	16	42
LWGR	リトアニア	1	215.8	1	188.4	1	144.7
LWCHWR	日本	1	85.7	1	431.3	1	114.6

図 8 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : PWR/VER (人・mSv/炉)

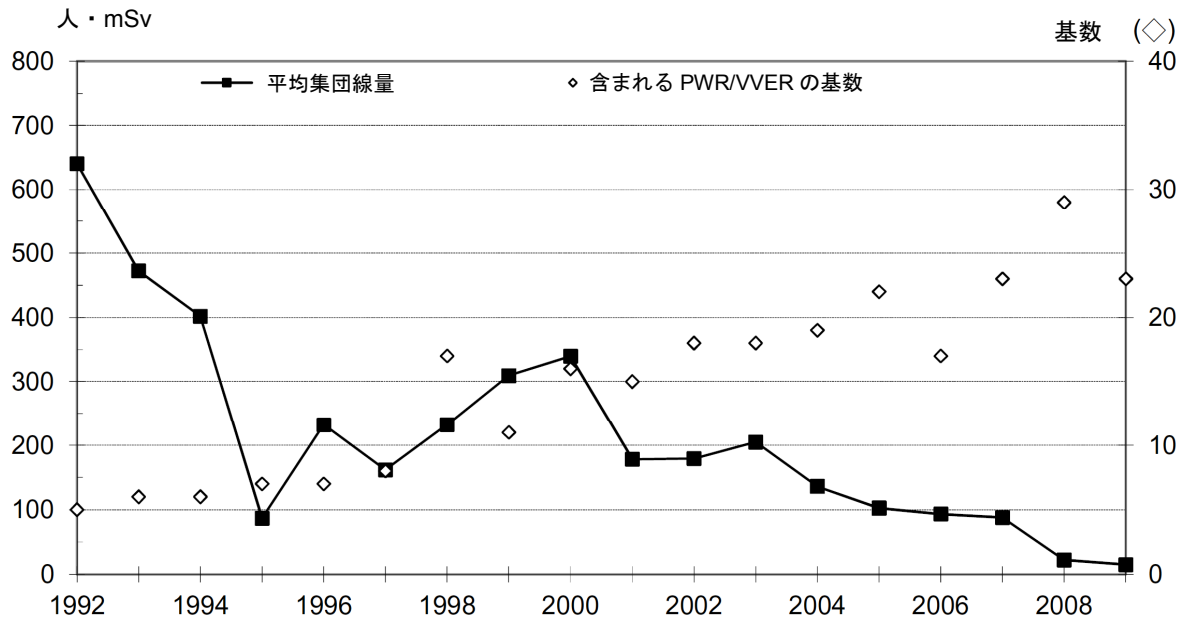


図 9 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : BWR (人・mSv/炉)

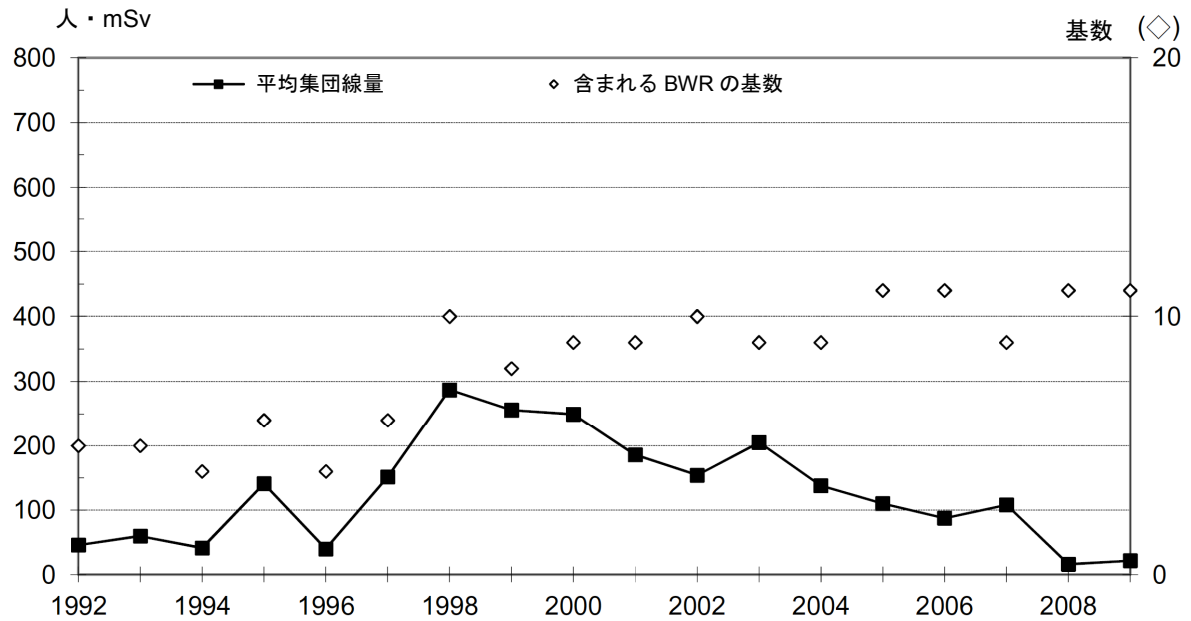


図 10 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : GCR (人・mSv/炉)

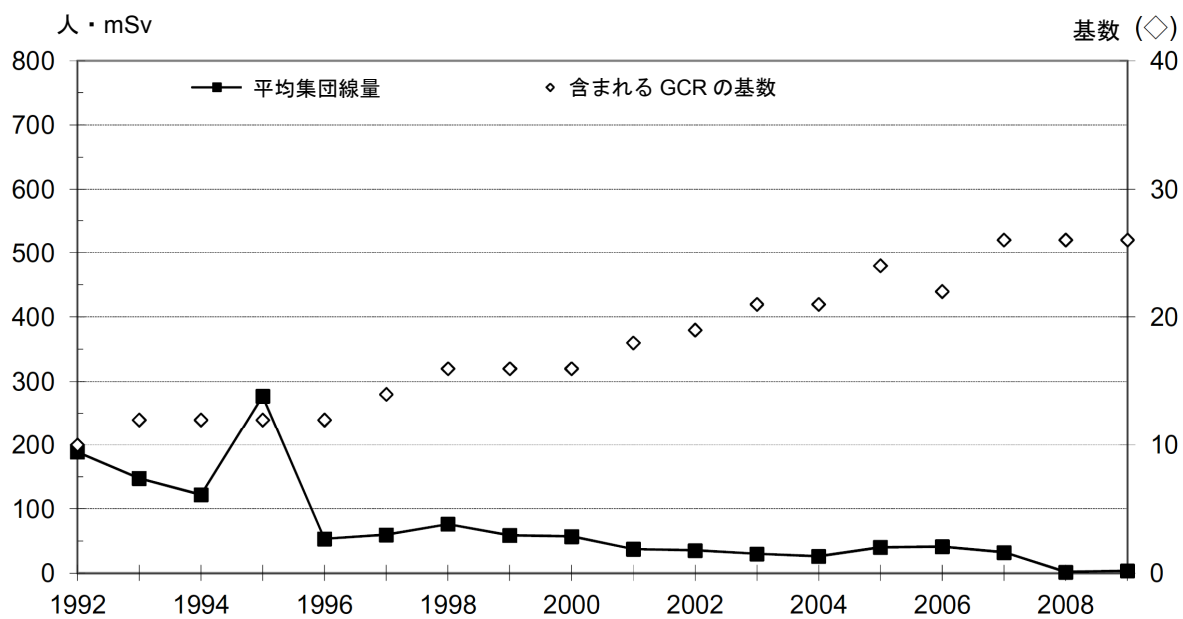
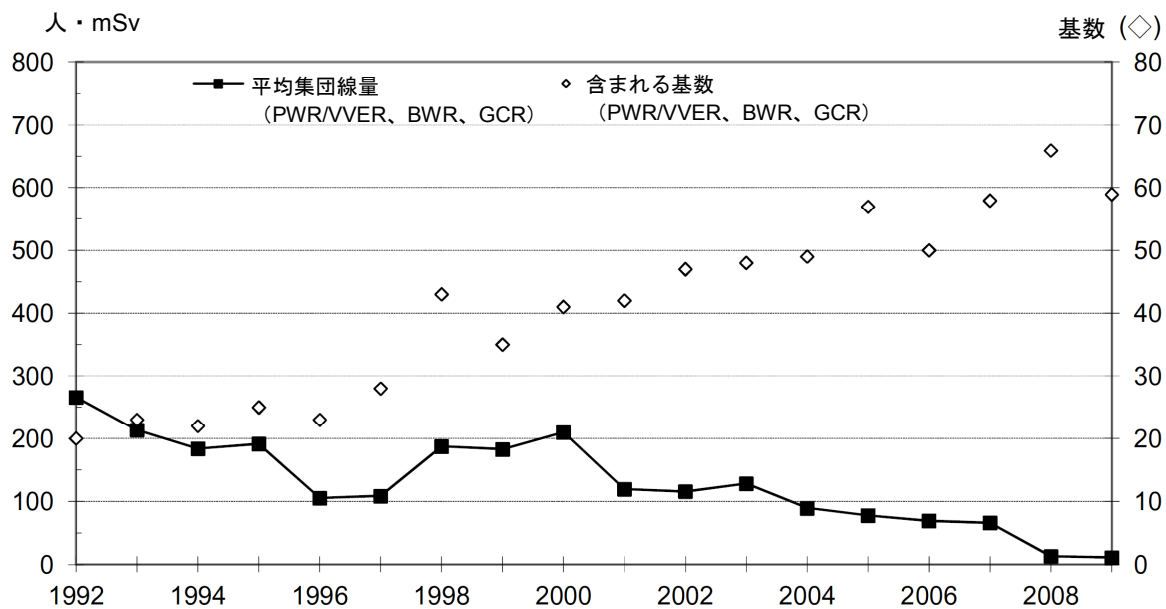


図 11 : 停止された原子炉 1 基あたりの平均集団線量 : PWR/VVER、BWR、GCR (人・mSv/炉)





## 2.3 姉妹ユニット・グループ別の3年移動平均年間集団線量（1998～2008年）の分析

本節では、設計に依存する PWR と BWR の線量測定パフォーマンスを 1998～2008 年について比較するため、姉妹ユニット・グループ別の3年移動平均年間集団線量の分析を示す。

注：

- 各姉妹ユニット・グループの3年移動平均年間集団線量は、当該グループに属する全原子炉の年間集団線量を3年移動ベースで平均することにより計算した（柱状グラフ）。
- 1998～2008年の年間集団線量の平均は、当該姉妹ユニット・グループに属する全原子炉の年間集団線量を平均することにより計算した（点線）。
- BWR の場合、分析に際しては原子炉の設計のみを考慮に入れ、姉妹グループ内で異なることもありうる総出力は考慮に入れなかった。
- 日本の場合、ISOE データベースに記載された玄海、伊方、美浜、大飯、高浜、泊の各 PWR 原子炉と福島第一、浜岡、柏崎、女川、志賀、島根の各 BWR 原子炉の集団線量は、サイトの集団線量を原子力発電所の数で除したものに等しい。したがって、それは各原子炉の正確な年間集団線量を表していない。さらに、原子力発電所は同じ姉妹ユニット・グループに入っていない。結局、これらのサイトは考慮に入れられていない。

### PWR 原子炉

PWR の場合、フラマトム、シーメンス、ウェスチングハウス各社の設計による3、4ループの原子炉のみを考慮した。

#### フラマトム社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループの原子炉を下表に示す。

姉妹ユニット・グループ	国	原子炉（建設開始日）
F31 - フラマトム、3ループ、第1世代	フランス	Bugey 2、3、4、5 (1972-73-74年) Fessenheim 1、2 (1971-72年)
	中国	Daya Bay 1、2 (1987-88年)
F32 - フラマトム、3ループ、第2世代	フランス	Blayais 1、2、3、4 (1977-78年) Chinon B1、B2、B3、B4 (1977-80-81年) Cruas 1、2、3、4 (1978-79年) Dampierre 1、2、3、4 (1975年) Gravelines 1、2、3、4、5、6 (1975-76-79年) Saint-Laurent B1、B2 (1976年) Tricastin 1、2、3、4 (1974-75年)
	韓国	Ulchin 1、2 (1983年)
	南アフリカ	Koeberg 1、2 (1976年)

姉妹ユニット・グループ	国	原子炉（建設開始日）
F42 - フラマトム、4 ループ、 第2世代	フランス	Belleville 1, 2 (1980年) Cattenom 1, 2, 3, 4 (1979-80-82-83年) Flamanville 1, 2 (1979-80年) Golfech 1, 2 (1982-84年) Nogent 1, 2 (1981-82年) Paluel 1, 2, 3, 4 (1977-78-79-80年) Penly 1, 2 (1982-84年) Saint-Alban 1, 2 (1979年)
F43 - フラマトム、4 ループ、 第3世代	フランス	Chooz B1, B2 (1984-85年) Civaux 1, 2 (1988-91年)

F32 を除き、フラマトムの原子炉はすべてフランス国内にある。

- 3 ループ原子炉

F31 の姉妹ユニット・グループの 6 基は最も古い設計に対応しており、すべてフランスにある。このグループの 3 年移動平均年間集団線量の顕著な減少が期間全体を通じて認められ（1998～2000 年から 2006～2008 年まで約 50%減少）、減少は特に 2000～2002 年から 2003～2005 年にかけて大幅であった。

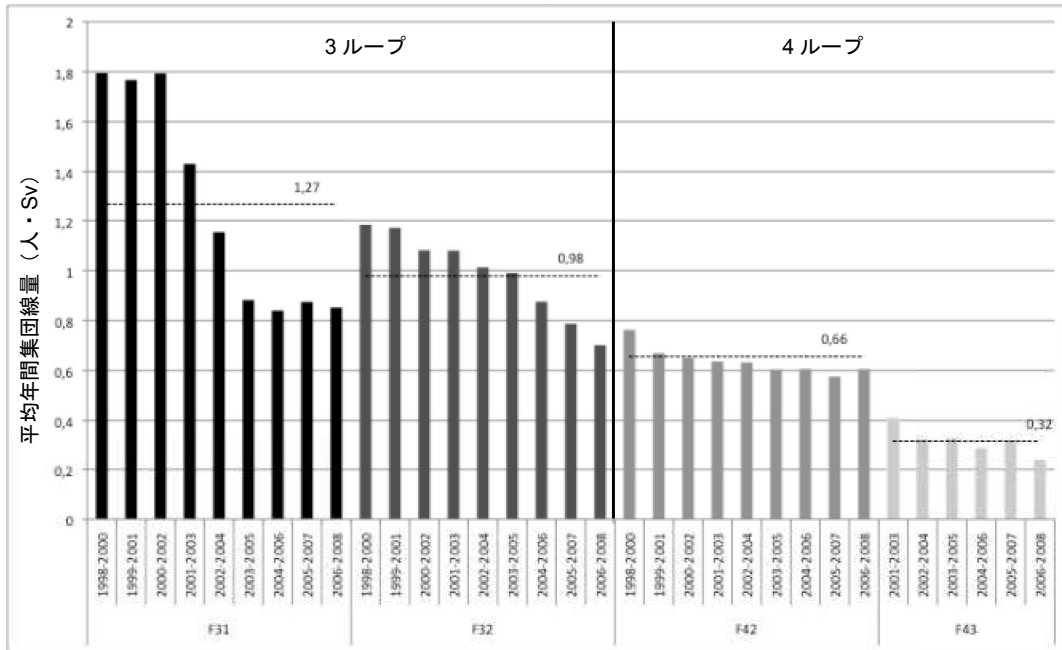
F32 の姉妹ユニット・グループ（34 基あり、このうち 2 基が中国、2 基が南アフリカ、2 基が韓国にそれぞれ所在している）においても 3 年移動平均年間集団線量の顕著な減少が認められるが（1998～2000 年から 2006～2008 年まで約 50%減少）、F31 の傾向と異なり減少傾向はきわめて規則的である。

その他、「世代効果」を指摘することができ、原子炉の第 1 世代と第 2 世代の間で 30%の平均年間集団線量の減少が 1998～2008 年に認められた（1.3 人・Sv から約 1 人・Sv へ減少）。

- 4 ループ原子炉

F42 の姉妹ユニット・グループ（20 基）においては、3 年移動平均年間集団線量が期間中、かなり安定していた（約 0.6 人・Sv）。最新世代である F43 の姉妹ユニット・グループ（4 基のみ）の 3 年移動平均年間集団線量はフラマトム原子炉の中で最低であった（約 0.2 人・Sv）。1998～2008 年の期間、50%の平均年間集団線量の減少が 4 ループ原子炉の第 2 世代から第 3 世代にかけて認められ、これは設計の年間集団線量への影響を示している。

図 12：フラマトム社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量  
(1998～2008 年)



### シーメンス社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループの原子炉を下表に示す。

姉妹ユニット・グループ	国	原子炉 (建設開始日)
S32 - シーメンス、3 ループ、第 2 世代 (Konvoi 以前)	ドイツ	Neckar 1 (1972 年)
	スペイン	Trillo 1 (1979 年)
	スイス	Gösgen 1 (1973 年)
S41 - シーメンス、4 ループ、第 1 世代	ドイツ	Biblis A、B (1970-72 年) Unterweser 1 (1972 年)
S42 - シーメンス、4 ループ、第 2 世代 (Konvoi 以前)	ブラジル	Angra 2 (1976 年)
	ドイツ	Brokdorf 1 (1976 年)
		Grafenrheinfeld 1 (1975 年)
		Grohnde 1 (1976 年) Philippsburg 2 (1977 年)
S43 - シーメンス、4 ループ、第 3 世代 (Konvoi)	ドイツ	Emsland 1 (1982 年)
		Isar 2 (1982 年)
		Neckar 2 (1982 年)

シーメンス社製の原子炉はほとんどがドイツ国内にある (11 基)。しかし、S32 の姉妹ユニット・グループはスペインとスイスにもそれぞれ 1 基ずつある。S42 の姉妹ユニット・グループの 1 基はブラジルにある。

- 3 ループ原子炉

3 ループ原子炉は 1 世代のみ存在し、シーメンス社が設計した 3 基のみである。これらは Konvoi 以前の設計であり、1998～2008 年の平均年間集団線量は約 0.6 人・Sv であった。

- 4 ループ原子炉

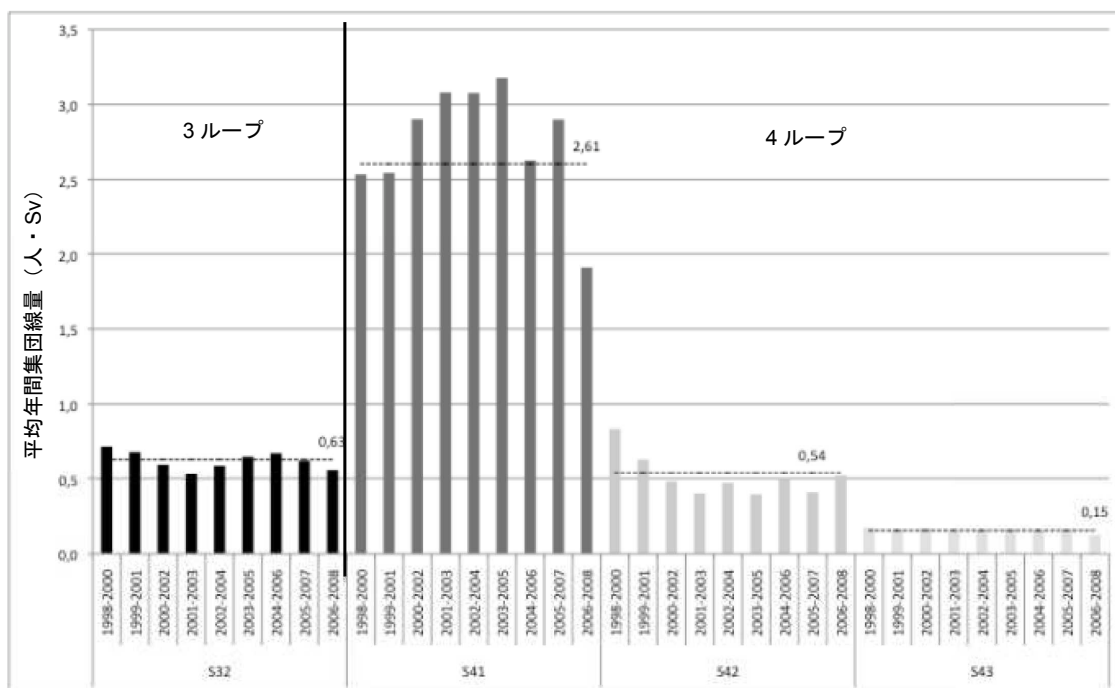
S41 の姉妹ユニット・グループ（わずか 3 基）は非常に「異常」であり、3 年移動平均の年間集団線量が 3 人・Sv に達するほど高い。この傾向は、このグループの原子炉の中に冠水問題や期間中に何度も行われた保守作業のため発生源の高いものがあつた、という事実により説明できるであろう。

原子炉が Konvoi 以前の S42 の姉妹ユニット・グループでは、1998～2008 年の平均年間集団線量が約 0.5 人・Sv であった。平均年間集団線量が何年かにわたり 1 人・Sv 程度、若しくはそれを超えた原子炉は 2 基に過ぎず、また他の原子炉は約 0.2～0.3 人・Sv であったことから、この値は上限として見なさなければならない。

線量が最低であったのは S43 の Konvoi 原子炉 3 基であり、それらの 1998～2008 年の平均集団線量は約 0.15 人・Sv であった。

非常に低い発生源と区画に分かれた区域により定義付けられる Konvoi 前と Konvoi の原子炉の固有の設計は、シーメンス社製の原子炉の良好なパフォーマンスを説明する。

図 13：シーメンス社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量（1998～2008 年）



## ウェスチングハウス社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループの原子炉を下表に示す。

姉妹ユニット・グループ	国	原子炉（建設開始日）
W31 - ウェスチングハウス、3 ループ、 第1世代	スウェーデン	Ringhals 2 (1970 年)
	米国	Beaver Valley 1, 2 (1970-74 年) Farley 1, 2 (1972 年) North Anna 1, 2 (1971 年) Robinson 2 (1967 年) Surry 1, 2 (1968 年) Turkey Point 3, 4 (1967 年)
W32 - ウェスチングハウス、3 ループ、 第2世代	ベルギー	Doel 4 (1978 年) Tihange 3 (1978 年)
	韓国	Kori 3, 4 (1979, 1980 年) Yonggwang 1, 2 (1981 年)
	スペイン	Almaraz 1, 2 (1973 年) Asco 1, 2 (1974-75 年) Vandellos 2 (1980 年)
	スウェーデン	Ringhals 3, 4 (1972-73 年)
	米国	Harris 1 (1978 年) Summer 1 (1973 年)
W41 - ウェスチングハウス、4 ループ、 第1世代	米国	Diablo Canyon 1, 2 (1968-70 年) Indian Point 2, 3 (1966-69 年) Salem 1, 2 (1968 年) Watts Bar 1 (1973 年)
W41-2 (アイス・コンデンサー) - ウェスチングハウス、4 ループ、 第1世代	米国	Catawba 1, 2 (1975 年) Cook 1, 2 (1969 年) McGuire 1, 2 (1973 年) Sequoyah 1, 2 (1970 年)
W42 - ウェスチングハウス、4 ループ、 第2世代	英国	Sizewell B1 (1988 年)
	米国	Braidwood 1, 2 (1975 年) Byron 1, 2 (1975 年) Callaway 1 (1976 年) Comanche Peak 1, 2 (1974 年) Millstone 3 (1974 年) Seabrook 1 (1976 年) South Texas 1, 2 (1975 年) Vogtle 1, 2 (1976 年) Wolf Creek 1 (1977 年)

ウェスチングハウス社製の原子炉は主に米国にある（41 基）。他の原子炉は次に所在している：スペインに 5 基（W32）、韓国に 4 基（W32）、日本に 3 基（W31 及び W41）、スウェーデンに 3 基（W31 及び W32）、ベルギーに 2 基（W32）、英国に 1 基（W42）。

### ● 3 ループ原子炉

W31 の姉妹ユニット・グループ（12 基）の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量は、1998～2000 年の約 1 人・Sv から 2005～2007 年の約 0.6 人・Sv に減少し、期間最後の 3 年間に若干増加した。

W32 の姉妹ユニット・グループ（14 基）でも 3 年移動平均年間集団線量が着実に減少している（0.7 人・Sv から 0.5 人・Sv へ）。第 1 世代と第 2 世代の間で世代効果を確認でき、1998～2008 年の平均年間集団線量は W31 で 0.8 人・Sv、W32 で 0.6 人・Sv と、設計の影響を示している。

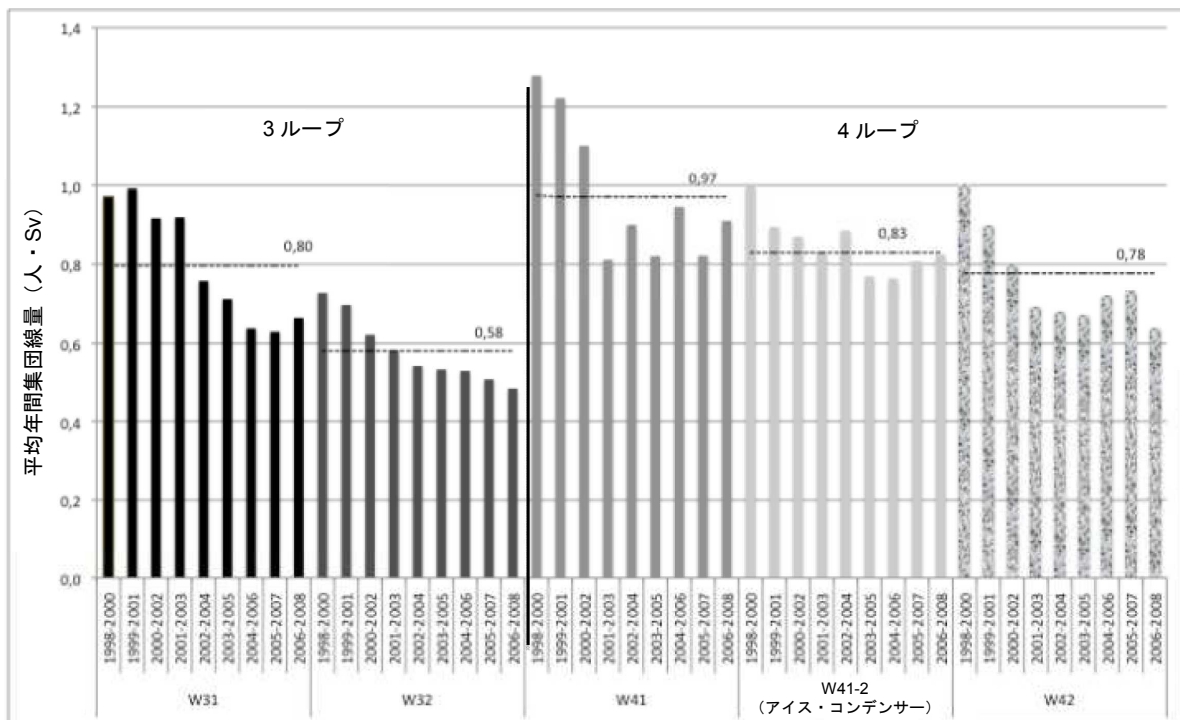
● 4 ループ原子炉

W41 の姉妹ユニット・グループ（7 基）は、この設計としては最大の 3 年移動平均年間集団線量を示した（1 人・Sv 超）。趨勢は 2001～2003 年の 0.8 人・Sv まで減少した後、この値と 0.9 人・Sv の間を変動しているが、これは年間集団線量が原子炉ごとに異なるためである（年間集団線量が 0.1 人・Sv 未満のものもあれば 3 人・Sv に達するものもある）。

W41-2 の姉妹ユニット・グループ（アイス・コンデンサーを備えた 8 基）の 3 年移動平均年間集団線量は非常に安定している（約 0.8 人・Sv）。W42 の姉妹ユニット・グループ（15 基）の値は 4 ループ原子炉の中で最も良好である（最終 3 年間は約 0.6 人・Sv）。このグループの原子炉も年間集団線量の差が非常に大きく、0.1 人・Sv 未満のものもあれば 2 人・Sv 以上のものもある。

3 ループと 4 ループの各原子炉について、それぞれ世代効果を確認できる。また、3 ループの最新世代は 4 ループの最新世代よりもパフォーマンスが良好であるということも指摘できる（1998～2008 年の平均を見ると、W32 は 0.6 人・Sv、W42 は 0.8 人・Sv である）。

図 14：ウェスチングハウス社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量（1998～2008 年）



BWR 原子炉

ABB アトム、ゼネラル・エレクトリック、シーメンス各社の原子炉を検討した。PWR の場合は姉妹ユニット・グループのユニットが特定の総出力に対応しているが、BWR の場合は総出力が姉妹ユニット・グループ内で必ずしも同一ではない。

### ABB アトム社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループ内の原子炉を総設備出力とともに下表に示す。

姉妹ユニット・グループ	国	原子炉		総出力 (MWe)
ABB1 - ABB アトム第1世代	スウェーデン	Ringhals 1		780
ABB2 - ABB アトム第2世代	スウェーデン	Barsebäck 1、2	Oskarshamn 2	600
ABB3 - ABB アトム第3世代	フィンランド	TVO 1、2		735
	スウェーデン	Forsmark 1、2		1000
ABB4 - ABB アトム第4世代	スウェーデン	Forsmark 3	Oskarshamn 3	1200

ABB アトム社製の原子炉は主にスウェーデン国内に所在し（8 基）、2 基のみがフィンランドに所在する。

#### • 第1世代

ABB1 の姉妹ユニット・グループに属する原子炉は 1 基のみであり、この原子炉では検討期間にわたり大幅な変化が見られる。3 年移動平均の年間集団線量は 1998～2000 年から 2000～2002 年まで減少し（1.8 人・Sv から 1.1 人・Sv へ）、その後 2005～2007 年の約 2 人・Sv へと増加した。2003～2005 年の 2 人・Sv を超えるピーク値は 2005 年の重要な保守作業に起因している。この作業のために 1 基の年間集団線量が約 3 人・Sv となり、それが次の 3 年移動平均年間集団線量に影響した。

#### • 第2世代

ABB2 の姉妹ユニット・グループ（3 基）の 3 年移動平均年間集団線量は、ABB 社の設計の中で最低である（2004～2006 年は 0.3 人・Sv）。2001～2003 年の値が大きかった主な理由は、1 基の年間集団線量が 2003 年に 2 人・Sv を超えたことにある。

#### • 第3世代

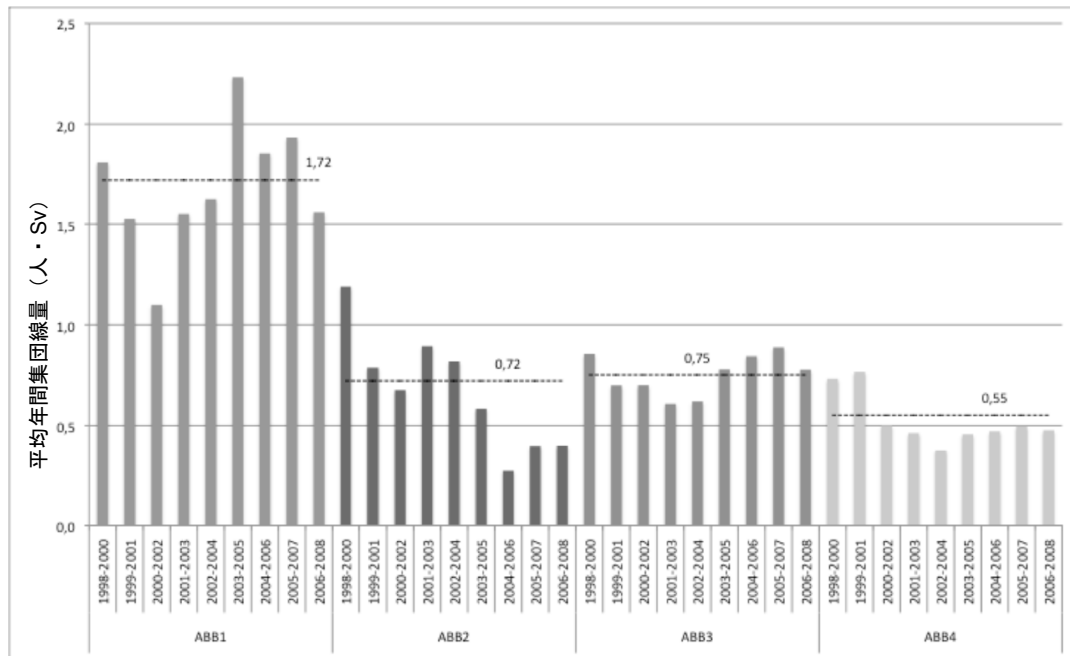
ABB3 の姉妹ユニット・グループ（4 基）の 1998～2008 年の平均年間集団線量は 0.7 人・Sv であり、これは第2世代の原子炉と同程度である。

#### • 第4世代

ABB4 の姉妹ユニット・グループ（2 基）の 1998～2008 年の平均年間集団線量は最小であった（0.5 人・Sv）。最初の 2 期間に 0.7 人・Sv という大きな値が記録された理由は、1 基の 1999 年の年間集団線量が 1 人・Sv を超えたことにある。ABB アトム社の設計については、1998～2008

年の平均年間集団線量が 0.7 人・Sv であった ABB2 と ABB3 を別として、ABB1、ABB2/ABB3、及び ABB4 の間で「世代効果」を確認できる。

図 15 : ABB アトム社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998~2008 年)





## ゼネラル・エレクトリック社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループの原子炉を下表に示す。

姉妹グループ	国	原子炉		総出力 (MWe)
GE1 — ゼネラル・エレクトリック 第1世代	日本	敦賀 1		
	米国	Nine mile point 1	Oyster Creek 1	650
GE2 — ゼネラル・エレクトリック 第2世代	スペイン	Garona 1		460
	米国	Dresden 2、3	Pilgrim 1	
		Monticello 1	Quad Cities 1、2	580~830
GE3 — ゼネラル・エレクトリック 第3世代	スイス	Muhleberg 1		372
	米国	Browns Ferry 1、2、3 Brunswick 1、2 Cooper 1 Duane Arnold 1 Fermi 2 Fitzpatrick 1	Hatch 1、2 Hope Creek 1 Limerick 1、2 Peach Bottom 2、3 Susquehanna 1、2 Vermont Yankee 1	500~1100
GE4 — ゼネラル・エレクトリック 第4世代	日本	東海 2		1100
	メキシコ	Laguna Verde 1、2		675
	米国	Lasalle 1、2	WNP 2	
		Nine Mile Point 2		1100
GE5 — ゼネラル・エレクトリック 第5世代	スペイン	Cofrentes 1		990
	スイス	Leibstadt 1		1000
	米国	Clinton 1 Grand Gulf 1	Perry 1 River Bend 1	985~1300

ゼネラル・エレクトリック社製の原子炉は主に米国に所在し（35基）、他は次に所在する：スペインに2基（GE2及びGE5）、スイスに2基（GE3及びGE5）、日本に2基（GE1及びGE4）、メキシコに2基（GE4）。

### • 第1世代

GE1の姉妹ユニット・グループに属するのは3基（米国の1基と日本の1基）であり、2人・Svを超す1998~2008年の平均年間集団線量はこの設計の中で最大である。1998~2000年の3年移動平均年間集団線量が2.5人・Sv超と非常に高かった理由としては、1999年の年間集団線量が（交換作業のため）4人・Svを超えた原子炉が1基あり、これが次の3年移動平均に影響したためである。

### • 第2世代

GE2の姉妹ユニット・グループ（7基）は2002~2004年に2.4人・Svというピーク値を示した。この原因は、あるサイトで2002年の年間集団線量が増加し（大規模修理のため17人・Svを超えた）、それが先行する3年移動平均に影響したためである。

- 第3世代

GE3 の姉妹ユニット・グループ (20 基) の 1998~2008 年の平均年間集団線量は約 1.4 人・Sv と、この設計として最小である。3 年移動平均の年間集団線量は 1998~2000 年から 2002~2004 年まで減少し (1.6 人・Sv から 1.2 人・Sv に)、その後 1.4 人・Sv に増加した。この増加は、いくつかの原子炉で年間集団線量が大きかったためである (たとえば 2003 年と 2007 年は 5 人・Sv)。

- 第4世代

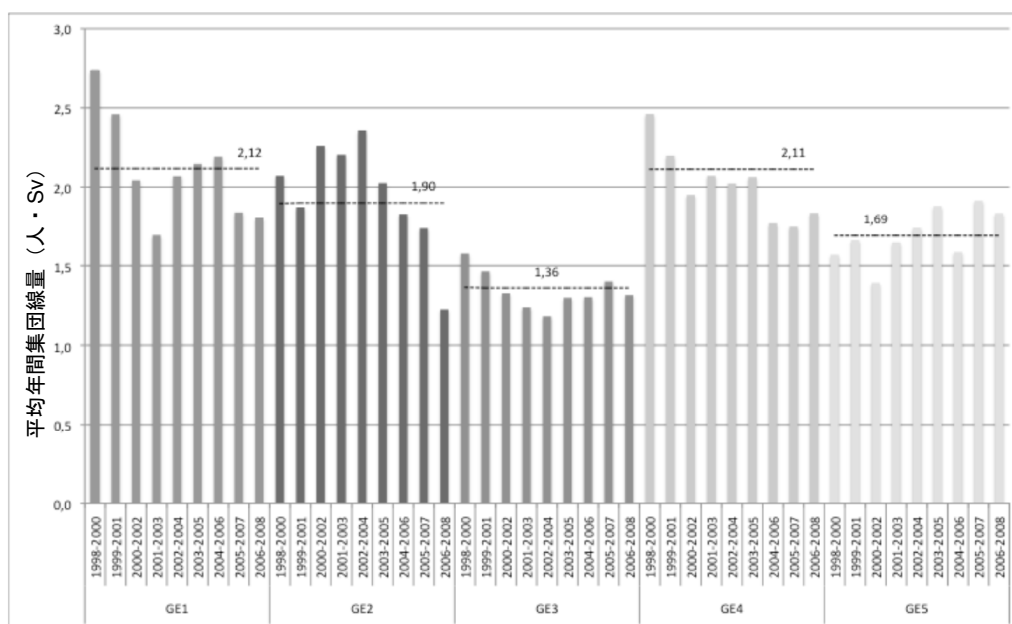
GE4 の姉妹ユニット・グループ (7 基) の 1998~2008 年の平均年間集団線量は GE1 に近い 2 人・Sv である。1998~2000 年のピーク、約 2.5 人・Sv は、ある 1 基の年間集団線量が 1998 年と 1999 年に約 6 人・Sv に達し、これが次の 3 年移動平均に影響したためである。この原子炉の 2008 年の年間集団線量は約 8.7 人・Sv であった。

- 第5世代

GE5 の姉妹ユニット・グループ (6 基) の 1998~2008 年の平均年間集団線量は 1.7 人・Sv であった。

ゼネラル・エレクトリック社製原子炉の最初の 3 世代について世代効果を確認でき、第 4、5 世代の値は GE1、GE2 の原子炉に近い。

図 16 : ゼネラル・エレクトリック社の設計による原子炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量 (1998~2008 年)



## シーメンス社製の原子炉

各姉妹ユニット・グループの原子炉を下表に示す。

姉妹グループ	国	原子炉		総出力 (MWe)
S69	ドイツ	Brunsbuttel 1	Krummel 1	800~1300
		Isar 1	Philippsburg 1	
S72	ドイツ	Gundremmingen B	Gundremmingen C	1300

6基のシーメンス社製原子炉がドイツ国内にある。

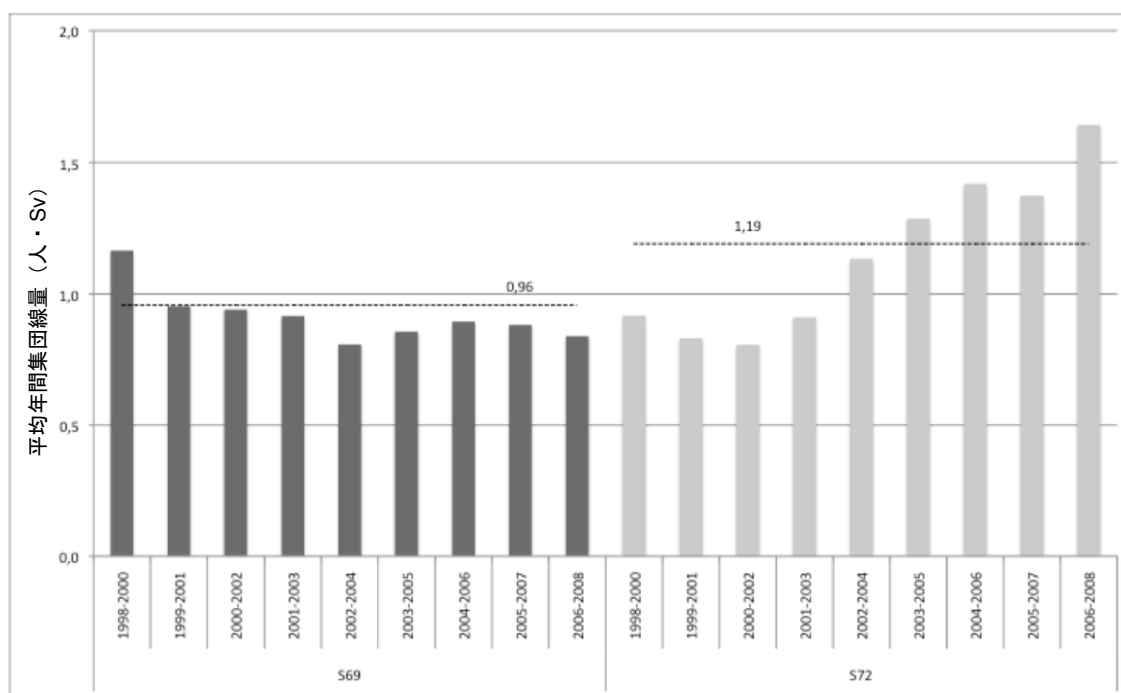
### ● 第1世代

S69の姉妹ユニット・グループ（4基）の3年移動平均年間集団線量は非常に安定している（約1人・Sv）。

### ● 第2世代

第1世代と異なり、S72の姉妹ユニット・グループ（2基）の3年移動平均年間集団線量は最終3年間に0.9人・Svから1.6人・Svに増加した。この増加の原因は、ある1地点の原子力発電所で追加的な保守作業があったため年間集団線量が2人・Svを超えたことにある。BWRのシーメンス製原子炉の場合、第1世代の原子炉は第2世代よりも平均年間集団線量の面で良好な結果を残している。

図 17：シーメンス社の設計による原子炉の3年移動平均の1基あたり年間集団線量（1998～2008年）



## 結論

この分析は、設計者が同一の原子炉の間で「世代効果」があり、その結果、PWR の場合は 3 ループ又は 4 ループの原子炉の連続する世代の間で、また BWR の場合は 1 つの世代と別の世代の間で、それぞれ 3 年移動平均の年間集団線量が減少したことを示している。

その他、世代は同じでも設計者が別の原子炉ではパフォーマンスが類似していることが PWR について指摘できる。つまり第 2 世代の場合、S32 と W32 は約 0.6 人・Sv、F42 と S42 は 0.5～0.6 人・Sv である。BWR では、このような傾向は確認し難い。

しかし、PWR と BWR の原子炉に見られる線量測定パフォーマンスの差異を設計の影響によってすべて説明できるわけではない。したがって、運転手順、保全のタイプ、放射線防護組織等の、年間集団線量に影響する可能性のある他の要因の検討が不可欠である。それによって以下のことが判明する可能性がある。

- 同じ世代に属する原子炉の間でのパフォーマンスの差異。
- 第 1 世代の原子炉が最新世代よりもパフォーマンスが良好ということもありうる。

これらの数字は原子炉のグループに見られる主要な傾向を反映するのみであるが、将来の原子炉の設計に際し考慮に入れることのできるいくつかのフィードバック要素を、特に年間集団線量の目標の設定という面で提供している。今回の調査での 1998～2008 年の平均年間集団線量をもとに考えると、将来の PWR 原子炉及び BWR 原子炉においては年間集団線量がそれぞれ 0.2 人・Sv 及び 0.6 人・Sv を超えないであろう。



### 3 主要機器の経験：

## Cook 2 号機の停止時化学及びバップル・ボルト交換での ALARA の経験

### 3.1 序文

Cook 原子力発電所はウェスチングハウス社製のアイス・コンデンサー型原子炉を 2 基有し、米国ミシガン州ブリッジマンのミシガン湖に面した場所に位置する。発電所は 1974 年以来、イリノイ州のミシガン湖を挟んだシカゴの対岸で操業されてきた。この ALARA の事例研究により、予定された燃料取替停止での特定された発見作業範囲に備えるために、欧州の ISOE RPM に速やかに連絡をとることの重要性が証明された。また、発生源の低減への長期的誓約によって、炉心バレルでのバップル・ボルト交換を要する追加的停止作業範囲による大量の停止線量が回避可能となることも証明された。

### 3.2 Cook 2 号機のソースターム低減プログラムの成果

Cook の ALARA グループの計画策定作業は、過去の 1、2 号機の停止での発生源低減の成功を再現することに重点があった。冷却の初期段階にスケッチを描く時間を停止スケジュールで確保すること、炉心堆積物の可溶化、RCS のガス抜き、腐食生成物の可溶性の維持、及び n,p Energy から提供された PRC-01 の使用等の組み合わせが相乗効果を発揮し、原子炉の停止は成功裏に完了した。停止化学の成功は以下を含んでいた。

- RCS の浄化／冷却に際し使用済みの原子炉冷却材フィルターが生じなかったが、フィルター 1 枚が起動時に生じた。これはキャビティでの放電機械加工 (EDM) /バップル・ボルト作業が大がかりだったためである。
- 過酸化水素添加後の RCS の浄化が、クリティカル・パス・タイムを失うことなくスケジュールより早く完了した。
- 下部格納容器での線量率が予測した一般区域線量率を下回った。
- 原子炉キャビティの水の透明度が過去の停止に比して同等、若しくはより良好と見なされた。
  - － 除去された Co-58 及び 60 の合計：677Ci
  - － クラッド・バーストのピーク：0.53 $\mu$ Ci/g
  - － クラッド・バーストの推定値：0.75 $\mu$ Ci/g
  - － 除去された Ni：594 グラム
  - － 浄化時間：26 時間
  - － 名目降下流量：155gpm

#### 媒質のパフォーマンス：観察と結果

原子炉停止後 48 時間以内の計画されたクラッド・バーストで PRC-01 媒質技術が利用された。この PRC-01 技術の目的は、クラッド・バーストとそれに続く浄化の間に、一次冷却材内の発生

源の堆積メカニズムをろ過とイオン交換によって除去し軽減することである。発生源は炉心とそのサポート・システムの中のクラッド堆積量に直接関連付けることができる。一次冷却材内からコロイド状の Co-58 と Co-60 を除去する上で PRC-01 技術が有効であることは、VC Summer、Turkey Point、及び Beaver Valley での業界の経験に基づき証明されている。これは、PRC-01 と他のあらゆる伝統的な混床イオン交換樹脂及び伝統的なマクロ孔質樹脂との間の重要な相違点である。

PRC-01 媒質は Cook 原子炉及び他の 21 基の米国 PWR 原子炉で、既存プラントの原子炉浄化システムに容易に組み込まれた。この製品の科学は、原子炉システム内でのコロイドの形成と移動についての応用化学的工学知識を選択抽出と組み合わせたものである。

バッフル・ボルトの撤去と交換の作業に際して重要である粒子汚染の除去には、Tri-Nuc フィルターが原子炉キャビティ内で使用された。炉心バレルを原子炉キャビティ内のスタンドに置き 2 個の Tri-Nuc を使用して、EDM と自動化バッフル・ボルト撤去・交換発見作業で発生した破砕片が除去された。

McGuire 発電所（Cook と姉妹関係のアイス・コンデンサー型 PWR）の RPM とともに行ったベンチマークキング目的の Cook 発電所視察では、McGuire では交換するフィルター・キャニスターの数が倍であることが分かった。キャニスターについて測定した燃料取替作業時の接触線量率も Cook の 3 倍であった。こうした比較は、Cook 2 号機の発生源が効果的に除去されていること、及びバッフル・ボルト作業がユニットの発生源に与える初期影響がコロイド軽減のため小さいということを証明している。

### コバルト 60 除去のハイライト

2 号機の第 19 サイクル（U2C19）の燃料取替停止は、プラントの配管システムから Co-60 発生源を除去する複数サイクル作業が成功したという意味で、Cook ALARA 委員会とサイト従業員にとって素晴らしい結果を残した。過去 8 年間の多くの計画された作業は、2 号機の燃料取替停止時に集中した。重要な活動は以下を含んでいた。

- 早期の機械的ガス抜き（原子炉停止の 1 日前）。
- ユニット停止の 48 時間以内に行うクラッド・バースト。
- 第 5 サイクル目の停止への PRC-01 特殊樹脂の使用。
- サイクル 19 のニッケル除去の開始における 2 号機の起動に際しての PRC-01 特殊樹脂の使用。
- 原子炉冷却材温度の華氏 350 度から 250 度への急速な引き下げによる燃料集合体被覆からの酸化鉄、クロム、コバルトの放出の排除等の、発生源についての以前の課題から得た教訓への配慮。
- クラッド・バーストのピーク放射能濃度の正確な予測。

- 先行する 3 サイクルでの全燃料集合体の完全な入れ替え。燃料集合体をすべて新しくすることにより特殊樹脂のメリットが得られる。

### 発生源除去の考察

#### クラッド・バーストの結果

Co-60 を除去（削減ではない）して停止線量を削減することの重要性は、Cook の ALARA プログラムの重点事項であった。特殊樹脂（PRC-01）の使用によるコロイドの軽減は 2 号機の燃料取替停止で好ましい結果をもたらした。クラッド・バーストのピークは  $0.53\mu\text{Ci/g}$  であった（予想は  $0.75\mu\text{Ci/g}$ ）。プラント内の線量率は、ほとんどのプラント内区域でサイクル 18 の燃料取替停止線量率と同等か、それを若干上回っている。原子炉キャビティの水の透明度は、燃料取り扱い担当者によると非常に良好である。電子式線量計（ED）15 台が RHR ポンプ、RHR 熱交換器、及び降下ラインに取り付けられて、クラッド・バーストの効率をモニタリングしている。

#### 燃料被覆に対するプラント配管からのコバルト除去

プラントは Co-60 と Co-58 の比率を、時間をかけてモニタリングし、その傾向が他の放射線測定による配管からの Co-60 除去の観察と合致するか確認する必要がある。その大きさは比率の減少／増加の履歴ほどには重要でないかもしれない（ユニットごとに材料が異なるため）。U2C19 の比率は 1:70 であり、これは、プラント配管インベントリーからの放出が燃料被覆に対し良好であることを示しているのかもしれない。Co-60 の半減期は 5.27 年であるのに対し、Co-58 のそれは 70.88 である。

#### 燃料集合体のローテーション

2 号機のサイクル 19 では炉心が完全に置き換えられた。特殊樹脂を最も効率的に働かせるには、Cook で特殊樹脂を使用する前に 6 サイクルを実施して、3 回の完全炉心装荷を完全に置き換え、燃料被覆上の関連するクラッド・インベントリーを除去する必要がある。

#### ウェスチングハウス社の標準的な放射線調査箇所

U2C19 の燃料取替停止でのウェスチングハウス社の 9 つのクラッド後調査測定値が、過去 10 回の 2 号機燃料取替停止と比較された。ウェスチングハウス社製蒸気発生器の線量率のチャートの履歴は、U2C19 での線量率が過去に比べて同水準であるか低いことを示した。

#### 他の特殊結果 PWR によるベンチマーキング

Cook の ALARA スタッフは他の特殊樹脂 PWR と緊密な連絡体制を維持した。2 号機の停止の化学・遠隔測定データが、よく類似していると思われる V.C. Summer のものと綿密に比較された。姉妹関係にあるアイス・コンデンサーとの連絡体制は、Cook 2 号機が姉妹ユニットよりもはるかに大量の Co-60 を除去したことを明確に証明した。Braidwood、Beaver Valley、及び McGuire／



Ocone の放射線防護責任者と化学担当者は、2010 年の春に Cook でベンチマーク作業を行った。Braidwood は 2010 年の秋に PCR-01 樹脂の使用を開始し、再生熱交換器のフランジで過去最低の線量率を、また格納容器と補助建屋の特定区域で 35%の線量率低減をそれぞれ達成した。Beaver Valley は 4 回目の PRC-01 樹脂の使用後、配管線量率の 30%の低減を達成した。

### 3.3 職員汚染事象 (PCE)

U2C19 では合計 28 件の PCE があつた。これには 26 件のレベル 1 事象と 2 件のレベル 2 事象が含まれ、レベル 3 の汚染事象はなかつた。28 件の PCE のうち 10 件はバップル・ボルトでの緊急作業によるものであつた。PCE のうち 13 件は粒子によるものであり、15 件は分散型汚染物質によるものであつた。17 件の PCE は上部格納容器で、8 件は補助建屋で、3 件は下部格納容器でそれぞれ発生した。

措置レベル 1 : 100ccpm 以上、5,000ccpm 未満の職員汚染レベル。

措置レベル 2 : 5,000ccpm 以上、50,000ccpm 未満の職員汚染レベル。

措置レベル 3 : 50,000ccpm 以上の職員汚染レベル。

#### 教訓

- EDM プロセスは非常に細かい粒子を残留させ、これがキャビティの全表面に沈着して、線量率を EDM 前のレベルに下げる除染を困難にした。
- 1 組の Tri-Nuc フィルター・システムが EDM プロセスの間に設置されて、キャビティと RCS 系統の全体に分散する粒子状物質の量を最小化した。
- 水面から現れる前に EDM Tri-Nuc へのホースを撤去して、線量率を一層管理しやすいレベルに低減させ、全体のツール変更をそれぞれ 15~20 ミリレムに低減させることが可能であることが分かつた。
- 計画作成の最初の数日間、ALARA が初期ブリーフィングに含まれていなかった。Rx 容器修理を伴うすべてのフォーカス・ミーティングについて ALARA を対象リストに入れてほしいとの要請があつた。
- 下部構造物バップル・ボルティング問題とミッドループに取り組む作業がアイス・コンデンサー工事の放射線学的パフォーマンスに影響し、上部アイスと下部アイス両方への移動経路での線量率を増加させた。
- 提供された線量チケットが各作業員の意識を高めた。
- ALARA 停止インセンティブ・プログラムは、U2C19 停止線量の結果を好ましいものにする 1 つの寄与因子であつた。線量低減に重点を置いた従業員の努力は、予想を超える決意を証明した。
- 錯綜する区域及び／又は線量率の高い区域での、経験済みの絶縁体の利用は線量を ALARA に維持する。
- リモート・カバレッジ・アプリケーション (遠隔線量測定、テレックス通信、CCTV) の放射線防護強化が累積線量測定の低減に役立つことが証明された。

- 任務や作業区域の線量源を熟知した、経験豊かな契約作業員の起用は、停止時の線量を低減させる。

### 3.4 バッフル・ボルト交換作業範囲に起因する主要な作業追加

燃料を 2 号機の炉心から使用済燃料プールに移動させる間、燃料と炉心構造物について検査が行われた。U2C19 の炉心オフロードの完了に続く炉心プレートの検査時、バッフル・ボルト用のロック・タブがいくつか炉心プレート上で発見された。フォローアップの目視検査は、炉心バッフル・ボルトとロック・タブが多少劣化していることを示した。

炉心のアンロードとリロードの線量は 180 ミリレムと当初推定していたが、実際には 231 ミリレムであった。これは、格納容器内の燃料取替デッキの線量率が推定していた 0.13 ミリレム/時（平均線量率）より高い約 0.21 ミリレム/時（平均線量率）であったためである。

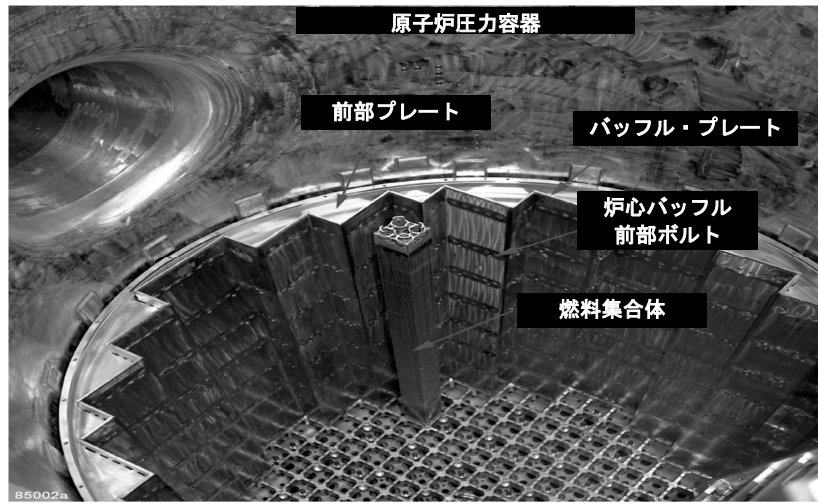
下部炉心プレートの検査は 1 ミリレムの推定に対し、実際には 36.4 ミリレムであった。検査は双眼鏡を使用して行うのが普通であるが、エンジニアリング部門（engineering）が南壁でカメラを使用することを要請した。

#### 教訓

- 炉心プレート上の 2-OME-1 で破砕片が発見された。炉心オフロードに続く下部炉心プレート初期検査の際、炉心プレート上のいくつかの場所で破砕片が発見された。破砕片は炉心バッフル・ボルト・ロック・タブと炉心バッフル・ボルト・ヘッドからのものと見られる。

### 3.5 原子炉容器の検査／修理

下部炉心プレートの検査時、運転部門（Operations）が異物を 6 個発見した。それはロッキング・タブ 4 個と、バッフル・ボルトのものであると特定されたキャップ・スクリュウ 2 個であった。バッフル・ボルトは垂直のバッフル・プレートと水平の前部プレートに固定する。前部プレートとバッフル・プレートは燃料集合体の構造物であり、原子炉に水を通す。Cook のバッフル・ボルトは径 5/8 インチ、長さ約 2 インチである。ロック・バーは所定の位置にボルト締めされると、ボルトが動かないようにボルト・ヘッドをまたがって溶接される。作業の第一段階は、特定された破砕片を撤去し状態の程度を検査することであった。バッフル・ボルトの位置がすべて高解像度カメラを使用してビデオテープに記録された。検査では劣化したボルトが他にも特定され、それらはすべて「南壁」にあった。最終の工学的評価は状態の程度を特定し、52 本のバッフル・ボルトが交換された。



この作業に伴う線量は当初の停止線量推定値に入っていなかった。Cook の ALARA グループは Farley と Point Beach の歴史と教訓をレビューし、その情報を ALARA 計画に織り込んだ。すべての作業は修理の複雑さに起因する、また想定外のリスクを抱えながら実施された。このプロジェクトのフェーズ 1 は破砕片を除去し状態の程度を検査することであった。フェーズ 2 は修理であり、このためには各ボルト締め状態に基づく様々な方法をとる必要があった。これは単なるボルトの引き抜きや、(EDM) プロセスによるスタッドの除去を含み、また所定位置のロック・バーの破損を示すボルト箇所では EDM プロセスによる溶接部分の除去と、同じ方法でのボルトの除去の試みがなされる。高度に特殊な修理装置ツールが PCI により設計され、Cook に搬入された。遮へいがブリッジ上に設置されたが、これは後に、遮へいを使用しマスト全体を水面上に出してツールを調整できるようにする場所を確保する構造に改造された。一対の Tri-Nuc フィルター・システムが EDM プロセスの間設置され、キャビティと RCS 系統の全体に分散する粒子状物質の量を最小化した。長引く修理の間ツール・ヘッドを水中に保持できるように、一定区域を確保してタンクを設けた。水面から現れる前にツールの下側を U 字型ノズルで洗って線量率を低減させることにより、ALARA 管理が一層高度なものになった。照射された機器が冶金学的解析のため、ピッツバーグのウェスチングハウス社事業所の PA エリアに向け合計 4 回出荷された。

### 教訓

- この作業は常に変化していたため、正確な線量評価値を確定することが困難であった。
- 計画作成の当初数日間の初期ブリーフィングには ALARA が含まれていなかった。原子炉容器の修理に伴うすべてのフォーカス・ミーティングについて対象リストに ALARA を含めてほしい、との要請があり許可された。

### 3.6 炉心バレルでの活動と炉心バツフル・ボルトの修理

米国とドイツでは修理のチームと装置が動員された。バツフル・ボルトの修理がウェスチングハウスのドイツにおける部門により行われたが、これには新しいボルト形状を下部構造物に合わせて加工する特殊な道具が必要であった。新しいボルトはロック・バーを必要とせずに製造された。炉心バレルを引くための準備作業が停止スケジュールに加えられた。修理はすべて、遮へいのため水面下にある燃料取替キャビティで実施された。3 個の大きな海上パンの追加的な放射性物質輸送にはドイツからの専用空輸が必要であった。

この作業は破損したシャンクの除去、ロック・リング・グループの付いた新しいボルト・ヘッド開口部の機械加工、新しいボルトの取り付けとネジ込み、及び機械加工したグループへの外側ロック・スリーブの延長を必要とした。

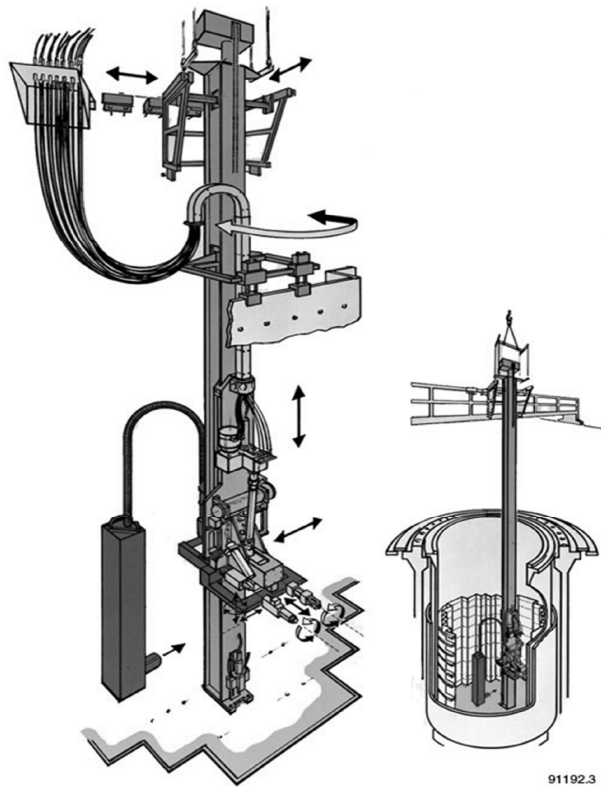
下部構造物の取り外しの際、リフト・コーディネーターと放射線防護技術者が下部構造物を常に目視するための、透明なウォーター・シールドと鉛製ブランケットから構成される遮へいされたブースが 650 フィートの高さに設置された。

クレーン操作員と放射線防護技術者が移動中に身を置くための遮へいされた囲いが 701 フィートの高さに設けられた。

装置が複雑でありツールが特殊であるために、作業のセットアップには約 6 回の修理用装置のシフトが必要であった。作業区域の状況は常に変化しており、臨時ブリッジ、操縦者用ブリッジ、修理用ポラー・クレーンから成っていた。装置はいくつかの異なる構成とツールを利用し、このため、装置を水面から部分的に引き上げる作業が繰り返し必要となった。

バツフル・プレートは、ツールが伸びてマストとヘッドのポジションを 1 つ確定できるグループを構成する、2~3 列のボルトから成るグループに分けられた。これは、欧州での数年間の経験を我々の特定の集団に合うように調整して考案されたものである。第 1 ステップは、ボルトを取り除く場合に、機械加工する穴に機械加工用の位置決めピンを取り付けることであった。第 2 ステップは、ロックリング・バーを削り取り、ボルトのある部分を取り除くことであった。ヘッドが落下するか折れた場合はシャフト除去ツールを取り付け、シャフトをボルト穴から取り出した。次に機械加工用の位置決めピンを取り付けた。第 3 ステップは、各ボルト穴について、バツフル・プレートにカウンター・ボアを、新しい径の範囲内で作ることであった。第 4 ステップは、位置決めピンを取り除くことであった。第 5 ステップは、真空吸引により穴から破砕片を取り除くことであった。第 6 ステップは、クリンプ・ロック機械加工グループを取り付けることであった。第 7 ステップは、穴を真空吸引することであった。

Tri-Nuc 真空システムが修理の全過程で使用された。ツールを水から引き上げる際、ホースが放射線源となった。ホースの構造を修正し、ツール交換の間水中に残しておくようにして、作業区域の線量率を低減させた。



上図にドイツからの修理用ツールを示す。

### 教訓

- 下部構造物修理の初期手順はドイツ語で書かれており、英語版への改訂が必要であった。翻訳の何箇所かで詳しい説明を加え、放射線学的な単位換算と用語を織り込む必要があった。
- 下部構造物の移動作業中、原子炉キャビティの水位を1号機のサイクル23に比して2~3インチ高くしたことが、現場の線量率低減を可能にした。これが下部構造物移動作業時の線量としては120ミリレムという過去最低の値を、原子炉容器からの取り出しと原子炉容器への再取り付けの両方で実現した。
- 化学部門（Chemistry）が約15ガロンの過酸化水素を原子炉キャビティ水に直接加え、これが水の透明度の維持に役立った。
- 線量率の高いもの（つまりフィルター、ツール、及び装置）の取り扱いがインシデントもなく無事に完了し、大量に照射された機器が4回、冶金学的試験のためウェスチングハウス社に発送された。

### 3.7 キャビティの除染

キャビティ除染の放射線作業許可（RWP）は3つの主要任務、つまりキャビティ除染作業、Tri-Nuclear ろ過装置の作業、及び装置の動員／動員解除に分割された。主要グループは放射能関連の作業範囲において支援を行った放射線防護技術者と、上部キャビティと下部キャビティの両方

で高圧洗浄と線量低減リンス・ダウンを行った定量的スクリーニング（QNS）除染責任者であった。

Tri-Nuclear システムは、この停止の間問題なく機能した。2～400R/時の停止全体を通じ合計で 10 枚の 0.3 ミクロン・フィルターと 3 枚の 0.2 ミクロン・フィルターが作成された。複数スロット・カルーセルの使用が、キャスク・ユニットが良好に機能したことを覆い隠した。停止期間中を通して燃料取替キャビティの水の透明度は問題にならなかった。

### 教訓

- Tri-Nuclear 装置が炉心オフロードの前に設置され、炉心リロード後のモード 4 の前に撤去された。キャビティ除染装置が上部キャビティ除染の前にセットアップされ試験された。圧力水装置が 612 フィートの補助建屋の上に取り付けられ、給水ラインが下部格納容器を経由して上部キャビティ・ウィンドーにまで設けられた。リンス・ホースが 650 フィートの上部格納容器に取り付けられた。両方の給水は流量集計機によりモニタリングされた。
- 事後レビューに際し、過去の停止と比べると、キャビティ除染支援に対して除染責任者が不足状態にある、との指摘がなされた。かつては、除染責任者は通常、キャビティ除染のために倍の人数がいて、同時に発射できる圧力洗浄ガンを 2 丁持っていた。また、この停止では未経験の除染責任者が何人かいた。
- EDM プロセスは非常に細かい粒子を残し、これがキャビティの全表面に沈着したため、EDM 前のレベルにまで線量率を低減させる除染が困難となった。
- 放射線防護では、その連続的遂行のためテレックス、Gedd、カメラが使用された。キャビティのパワー・ウォッシングでは A06 フードのあるプラスチックが使用された。高圧ホース除染の間、小容量空気サンプルは下部キャビティで 0.06DAC、650 の高さで 0.05DAC であった。
- アペンダー・ピットからのモップ・ヘッドの読取値は 13R/時（接触）及び 4R/時（12 インチ）であった。ゴミ 1 袋の読取値は 1.2R/時（接触）及び 625 ミリレム（12 インチ）であった。

### 3.8 燃料取替復旧時放射線防護活動

原子炉再組立プロセスのための炉心リロードの後には、原子炉キャビティ内の線量率が分解時に観察された状態に比して倍になるケースがいくつかあった。上部キャビティと下部キャビティでのこの線量率増加は、バッフル・ボルト・プロジェクトと EDM プロセスの結果であるこの小さく細かい破砕片に起因する。

原子炉上蓋セットはこの時間を 2 号機のサイクル 18 の停止よりも長引かせた。この理由は、原子炉上蓋が大気中にあり最終セットの前に配列が正確になるよう確実に期している間に、新しい SROCA が追加の時間を要し、約 200 ミリレムが加わったためである。

## 教訓

- スケジュールに余裕がなく時間を確保できなかったため、この停止では真空吸引が原子炉スタッドの周辺で実施されなかった。
- (EDM) プロセスのため、炉心リロード後のドレン・ダウンの際に放射線学的状況が劇的に変化した。EDM プロセスは非常に細かい粒子を残し、これがキャビティの全表面に沈着して、線量率を EDM 前のレベルに低下させる除染を困難にした。

放射線防護作業要員は Bartlett Nuclear、USA Alliance、及び放射線防護の経験を有する非伝統的役割を担った作業員により補完された。Bartlett とアメリカ電力会社 (AEP) の非伝統的技術者はプラントに入場する前に、手順と原寸模型の資格認定訓練 (QVEP) を受けた。この QVEP プロセスは技術者の資格と習熟度を評価する貴重なツールである。

放射線防護グループは、遠隔線量測定、カメラ、無線通信装置により時間を極力短縮し放射線区域での被ばくを最小化することにより実現した前回の燃料取替停止時の成功を、引き続き維持した。格納容器内の作業員の大半が遠隔線量測定によりモニタリングされた。この方針は、線量又は線量率に関する問題を有する作業員が建屋内にいないかどうかを放射線防護技術者が観察できるようにした。

さらに、線量の傾向を把握するため、補助建屋と格納容器の (将来反復可能な) 特定の場所に、区域モニターとして遠隔線量電子式線量計 (ED) を設置した。作業の被ばくを最小化する上で多くの ALARA 手法が有効であった。定型的調査を必要な場合に限定し冗長性を回避するため、調査頻度を綿密にモニタリングした。高放射線区域で調査情報を遠隔から収集するため、遠隔線量測定と遠隔線量 ED を使用した。

## 教訓

- AEP は、この停止でも放射線防護技術者及び監督の支援として非常に有益な非伝統的役割を果たした。
- 二重の汚染防止 (Anti-C) 服の装着方法に変化があった。内側は紙製のつなぎ服であり、外側は布製のつなぎ服であった。この理由は、停止期間のほぼ中程で要員汚染事象 (PCE) が増加するためである。また、要員汚染事象の有害な傾向が継続していることについて、2 通の放射線作業員通信書簡が停止期間中に発信された。
- 遠隔カバレッジ・アプリケーション (遠隔線量測定、遠隔通信、及び CCTV) の放射線防護強化が、この RWP の累積線量を低減させる上で役立つことが証明された。
- 放射線防護のためには、停止期間を通じてヘッドセットの所有を拡大し、作業上のコミュニケーションの絶え間ない供給を維持しなければならない。停止時の下部格納容器でのテレックス通信を高度化すること。Rx Pit 及び様々なアニュラス立ち入りの間、RADS との我々のコミュニケーションは貧弱であるか又は不在であった。

### 3.9 結論

Cook 2 号機でのバッフル・ボルトの交換は、発見型の燃料取替停止作業の範囲拡大のために優れた ALARA 成果をもたらした。この 1 つの理由は、類似の作業を以前に完了させていた欧州の RPM に速やかに連絡しコミュニケーションを取ったことにある。新しいベンダー・ツールが、ALARA の優れた慣行、及び類似のバッフル・ボルト交換を既に行っていた欧州のプラントの教訓と十分連携しながら機能した。世界の原子力プラントは経年化を続けるのであるため、ISOE が有する RPM とデータベース/ALARA レポートの世界的ネットワークへの迅速なアクセスは、個々のプラントが ALARA の効果的な立案と作業を行う上でますます重要になる。



## 4. ISOE の経験交換活動

ISOE はその職業被ばくのデータと分析でよく知られているが、プログラムの強みはそうした情報をその参加者間で広く共有するという取り組みに由来する。ISOE シンポジウム、ISOE ネットワーク及び技術者視察の組み合わせは、放射線防護専門家が会議を持ち、情報を共有し、ISOE 地域間の連携を構築して、職業被ばく管理に対する世界的アプローチを展開する手段を提供している。本章では、2009 年における ISOE 内の主要な情報・経験交換活動に関する情報を提供する。

### 4.1 ISOEALARA シンポジウム

#### ISOE 国際 ALARA シンポジウム

IAEA TC は、OECD/NEA と IAEA の後援を得て 2009 年 10 月 13～14 日にオーストリア、ウィーンの IAEA 本部における 2009 年 ISOE 国際シンポジウムを企画した。このシンポジウムには 27 カ国の原子力発電事業者及び国内規制当局から約 110 名の参加者が出席した。英国ケンブリッジで開催される 2010 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウムでのプレゼンテーションのために、参加技術センターが選定した優れた論文には、以下のものが含まれた。

- 「CANDU 6 号機の改修及び放射線防護の最適化」 S. Alavi, J. Pequegnat (カナダ)
- 「Angra 1 号機の蒸気発生器の交換停止」 M.A. do Amaral *et al.* (ブラジル)

2010 年及び 2012 年の ISOE 国際 ALARA シンポジウムは、それぞれ ETC と NATC が企画する。

#### ISOE 地域 ALARA シンポジウム

NATC は、電力研究所 (EPRI) と協力して、2009 年 1 月 12～14 日に米国のフォート・ローダーデールにおける 2009 年 ISOE 北米 ALARA シンポジウムと EPRI 放射線防護会議を企画・開催した。

ATC は 2009 年 9 月 8、9 日に日本の青森において 2009 年 ISOE アジア地域 ALARA シンポジウムを企画・開催した。

様々なシンポジウムの議事録と結論は、ISOE ネットワークにて入手できる。

### 4.2 ISOE ネットワーク ([www.isoe-network.net](http://www.isoe-network.net))

ISOE ネットワークは、ISOE 参加者のための線量低減と ALARA 資源に関する包括的な情報交換ウェブサイトであり、簡単なウェブ・ブラウザ・インターフェースを通じた ISOE 資源への迅速かつ統合的なアクセスを提供するものである。公開情報とメンバー限定情報の両方を含むこのネットワークは、ISOE 刊行物、報告書やシンポジウム議事録、参加者間のリアルタイム・コミュニケーションのためのウェブ・フォーラム、メンバーのアドレス帳、及び ISOE 職業被ばく

データベースへのオンライン・アクセスを含む、広範かつ範囲を拡大し続ける ALARA 資源へのアクセスを参加者に提供している。2009 年に、使い勝手を高めユーザーのニーズをより満たすために、当該ウェブサイトの大がかりな再構築が行われた。

### **ISOE 職業被ばくデータベース**

ISOE 内のデータへのユーザー・アクセスを増加させるために、ISOE 職業被ばくデータベースは、ISOE ネットワークを通じて ISOE 参加者がアクセスできるようになっている。2005 年以降、MADRAS の名称で知られるデータベース統計解析モジュールがネットワーク上で利用可能となっている。事前定義された解析の主要カテゴリーには以下が含まれている。

- ユニット・レベルでのベンチマーキング
- 1 基あたりの平均年間集団線量
- 年間合計集団線量
- TWh あたりの年間集団線量
- 外部従業員及び停止の、合計集団線量に対する寄与
- 原子炉ユニット数の傾向
- 1 基あたり集団線量の 3 年移動平均
- 様々なクエリー

これらの解析からのアウトプットは、グラフや表形式で提示され、ユーザーがローカルで印刷や保存を行うことによって、さらに利用・参照することができる。ISOE 1 質問票に対するオンライン・データ入力のためのモジュールは 2009 年に完成し、ISOE ネットワーク上で展開されている。

### **ALARA ライブラリー**

最も利用されているウェブサイト機能の 1 つである ALARA ライブラリーは、ISOE と ALARA の資源の総合カタログを ISOE メンバーに提供して、放射線防護専門家の職業被ばく管理を支援している。ALARA ライブラリーには、広範な一般向け及び技術者向けの ISOE 刊行物、報告書、プレゼンテーションや議事録が含まれている。

### **放射線防護フォーラム**

ALARA ライブラリーに加え、登録 ISOE ユーザーは、放射線防護フォーラムにアクセスして、職業放射線防護に関する質問、コメント、その他の情報をネットワークの他のユーザーに提出することができる。全メンバーに共通のユーザー・グループに加え、このフォーラムには、専用規制機関グループ、一般電気事業者グループ、及び原子炉タイプ (PWR、BWR 又は CANDU) 別に整理されたいくつかの電気事業者サブグループが含まれている。放射線防護フォーラムに入力された質問と回答はすべてウェブサイト検索エンジンを用いて検索可能であり、これが入力情報の潜在的読者を拡大させている。

### 4.3 ISOE ベンチマーキング視察

放射線防護の慣行と経験の直接的交換を促進するため、ISOE プログラムは、4 つの技術センター地域内の参加電気事業者間の自主的なサイト・ベンチマーキング視察を支援している。これらの視察は、電気事業者の要請に応じ、技術センターの支援を得て企画され、次年度の作業プログラムに含まれる。この視察の目的は、主催プラントにおける優良な放射線防護慣行を特定して、そうした情報を視察プラントと直接共有することである。ISOE の下でこうした視察を要請したり主催したりすることはいずれも電気事業者と技術センターの自主性に基づくが、視察後の報告書は、ISOE ネットワークのウェブサイトを通じて ISOE メンバーが入手できるようにして（電気事業者や当局としてのその立場に応じて）、ISOE 内における当該情報の広範な普及を促進している。2009 年に実施された視察のハイライトを以下に要約する。

#### **ETC が企画したベンチマーキング視察**

2009 年に、ETC がフランスの電気事業者 EDF のためにベンチマーキング視察を企画し、その際に ISOE/ETC の資源ではなく、ISOE との接点を利用した。それに関する報告書は ISOE ウェブサイトで閲覧できる（電気事業者のみが閲覧可能な Doel 及び Cook 報告書と、一般人が閲覧可能な Braidwood 報告書）。

#### Doel NPP（ベルギー）

このベンチマーキングはおよそ 2 回の視察で構成された。

- 2009 年 1 月 19～21 日：サイト RPM、CEPN 代表、及び EDF の R&D／ヒューマン・ファクター・グループとの会合
- 2009 年 4 月 21、22 日の Doel 1 号機停止期間：CEPN 及び EDF の R&D／ヒューマン・ファクター・グループの代表らが、現場における放射線防護専門家の慣行を視察

#### 視察の目的

主な目的は以下のとおりであった。

- 2003 年の第 1 回ベンチマーキング視察以降の、放射線防護の組織的・慣行的な変化を分析する。
- ALARA 文化の社会的・組織的な分析について検討する（EDF の R&D 代表者）。

#### 主な結果

##### サイト・レベルにおける放射線防護組織

- 2003 年以降、変化はほとんど見られなかった（CEPN 報告書 No. 279 を参照）。

### 企業レベルにおける放射線防護組織

- 企業レベルで組織化された放射線防護を確立するために重要な変更や取り組みが行われた。約 20 名を補充することにより、安全及び放射線防護の側面に関する特定の部門の強化が図られてきた（2003 年には約 4 名の補充があった）。
- Electrabel 社の共通政策を支持し同社における放射線防護の慣行並びに文化との調和を図ろうとする意欲が見られる（Tihange NPP 及び Doel NPP）。

### Doel 原子力発電所における放射線防護文化

- 放射線防護がその技術特性の 1 つであり、そのために多額の投資をしており、また、その他の特性についても評価を得ている。
- 放射線防護専門家（Electrabel 社及び請負業者）が管理区域に常駐しており、他の作業員らのアシスタント及びアドバイザーとしての立場にあり、また作業中の放射線防護に責任を負っている（フランスの場合とは異なる状況）。作業員らは放射線防護専門家に信頼を置いている。

### Braidwood NPP（米国）

2009 年 10 月 20～22 日に視察が行われた。フランス・チームは EDF 代表者 2 名と CEPN 代表者 2 名で構成された。

#### 視察の目的

3 つの主題が検討された。

- Braidwood 発電所における、放射線防護の一般的組織及び管理（特に停止期間について）
- 放射線防護専門家及び被ばく作業員のための放射線防護訓練
- プラントで利用可能な放射線防護計装

#### 主な所見

プラントの日常的な運営から得られる重要な考察が、放射線防護に貢献している。特に停止期間中に、強力な放射線防護体制が実現されている。したがって準備期間中に、詳細な「放射線防護停止準備チェックリスト」が策定されている。このリストは 275 以上の作業を含んでおり、すべての放射線防護事項が考慮されるようになっている。停止期間中に放射線防護部門は昼夜 12 時間交替制を採っている。したがって放射線防護部門は停止管理センターにおける常駐を確実なものとしている。停止管理センターの代表者は監督責任者であり、これは放射線防護管理者に次ぐ階層である。

Braidwood における放射線防護職員らはまさに現場に配置され、放射線防護要件を順守すべく作業員を支援している。被ばく作業員らは短期的な放射線防護訓練を受けるだけで、自身の防護に責任を負っていないため、それらの職員らの役割はなおさら重要である。

訓練については、最近になって INPO が放射線防護初期訓練を強化するための具体的なプログラムを開始し、経験を積んだ就業者の老齢化に対処している。Exelon 社及び Braidwood 発電所は、このプログラムに積極的に参加している。それらの初期訓練セッションはきわめて完成されたものと思われ、実習（実地訓練プロセス）が大部分を占めている。さらに、継続的な訓練セッションが年間を通じて提供されている。放射線防護請負業者らには、発電所での作業許可を得るために 4 週間にわたる特定の訓練が義務付けられているという点は、注目に値する。

現在 Braidwood 発電所は放射線防護スタッフの更新に備えているところである。更新の目的は、経験を積んだ人材が退職する 2 年前までに若手の技術者を雇用することによって、今後の退職をすべて埋め合わせることにある。このようにして同発電所は、新人が仕事に就くまでに十分な能力を備えることを確実にすることができよう。

最後に、計装については、Braidwood 発電所は EDF のプラントよりも少ない放射線防護機器を用いて稼働しているという点が指摘される。その上、一部のモニタリング領域は EDF のプラントと同様には網羅されていない。たとえば、管理区域のガンマ線線量率の常時モニタリングは、定まった計測器のみによって実施されており、特定のビーコンに依存していない。その他の点として、Exelon 社の場合、装置の購入、提供及び保全を確実にを行う中心的な企業（Powerlabs）と提携しているという特性は、きわめて効率的であると思われる。

### Cook NPP（米国）

2009 年 10 月 23～27 日に視察が行われた。フランス・チームは EDF 代表者 2 名と CEPN 代表者 2 名により構成された。

#### 視察の目的

3 つの主題が検討された（Braidwood の場合と同様）。

- Braidwood 発電所における、放射線防護の一般的構成及び管理（特に停止期間について）
- 放射線防護専門家及び被ばく作業員の放射線防護訓練
- プラントで利用可能な放射線防護計装

#### 主な所見

Cook 発電所は放射線防護にきわめて意欲的であると思われ、その放射線防護目標（今後数年間に 200～250 人・mSv まで集団線量を低減）を達成するために一連の整備を実施してきた。

- 発生源の低減を図るために重要なプログラムが策定され、そのために 5 年間で 3,200 万ドルが投じられた。
- 同プラントは重要な役割を果たす遠隔監視システム (RMS) を活用しており、それによって放射線防護部門は放射線管理区域 (RCA) の放射線作業員を監視することができる。同発電所 RMS は、燃料取替停止時に最大で 50 台のカメラを使用して操作することができる。さらに、RMS は遠隔線量測定器とリンクしており、特定の操作を把握することができる。また、停止中に最大で 300 台の遠隔線量測定器を作業員らに配分することができる。さらに、遠隔操作電子線量計が使用されており、抽出ライン、RHR ポンプ及び RHR 熱交換器の線量率を、PWR 停止クラッドバースト (破断) の際にリアルタイムで計測することができる。

燃料取替停止の間、特定の放射線防護体制が実施される。RPM 停止管理者らは放射線防護責任者 (RPM) によって任命されている。放射線防護部門は昼夜 12 時間交替制に依存している。RPM 停止管理者らは Outage Control Center (OCC : 停止管理センター) と連携している。統括監督者ら (RPM の直下の階層) が OCC の放射線防護部門を代表している。

Cook 発電所は、放射線防護訓練に関連する独自の能力を開発し、60 名から成る有力な訓練部門を設けている。放射線防護に関しては、放射線防護技術者のための初期訓練モジュールがきわめて完成されたものとなっている。それらのモジュールによって、放射線防護技術者は資格を得る際に必要なあらゆる放射線防護業務技能を徐々に網羅できるようになっている。これらの訓練要件は非常に厳しいもののように思えるが、現場の放射線防護業務を割り当てられる放射線防護技術者が、「ツール・ボックス・スキル・セット (作業能力)」という点で十分に訓練された有能な人材となることを確実なものとしている。さらに、放射線防護請負業者らも訓練部門が実施する Cook 放射線防護訓練モジュールを履修することを義務付けられているという点は注目に値する。2000 年初旬におけるいくつかの深刻な安全事象を経た後、Cook 発電所は原子力安全に関連する大がかりな実地訓練プログラムを実施してきた。このプログラムはすべての作業員と監督者を対象としている。作業を安全に遂行するという事は、作業員の責任及びそれらの監督者の責任となっている。

放射線防護計装については、Cook 発電所で利用されている装置はプラントの運転年数に比較すると非常に新しいように見える。あらゆる「計測領域」が網羅されている。現在利用されている計装のほとんどが ThermoFisher Scientific 社製であるが、同プラントは移動型機器については Fluke Biomedical (Victoreen) 社、またポータルについては Canberra 社との連携を次第に高めていく予定である。プラント内での計装の管理及び較正が可能のため、同発電所の自立性強化につながっている。

### **ATC が企画したベンチマーキング視察**

日本原子力安全基盤機構 (JNES) が ISOE-ATC を管理しており、2009 年 2 月 15~22 日の米国へのベンチマーキング視察を企画した。これは、経済産業省が JNES に委託した被ばく低減プロ

プロジェクトの一環として実施された。視察グループは、JNES のスタッフや放射線防護関係の大学スタッフなどで構成された。

この視察の目的は、ALARA に関連する検査システムを調査し、ALARA 活動に関する情報を交換することであった。同グループは、Salem NPP (PWR)、Hope Creek NPP (BWR)、及び米国 NRC 本部を視察し、また放射線管理学会の検査官らによる検査、並びに教育・訓練の実情を調査した。

#### **NATC が企画したベンチマーキング視察**

EDF 及び ETC は 2009 年 10 月 21 と 22 日に、Braidwood 原子力発電所 1、2 号機に対する ISOE ベンチマーキング・サイト視察に参加した。Braidwood 原子力発電所はその視察の間、燃料取替停止状態にあり、放射線防護計装、汚染管理、及び停止時線量・放射線作業許可 (RWP) の管理に視察の焦点が置かれた。Goldfish (EDF PWR) のプラント・マネージャー及び EDF 企業放射線防護計装管理者がサイト視察に参加した。Goldfish は、2004 年の South Texas Project EDF ISOE ベンチマーキング視察に基づき“street clothes” PWR 格納容器アクセスを初めて達成した EDF PWR である。

同チームは 2009 年 10 月 23～25 日に Cook 原子力発電所も視察し、放射線防護作業員の優良慣行を強化するための動的学習実習授業を参観した。

## 5. 2009 年の ISOE プログラム管理活動

2009 年、ISOE プログラムでは、職業被ばくデータの収集・分析と、地域間の協力と調整の強化を含めた運転放射線防護の情報及び経験の効果的な交換に引き続きその焦点が置かれていた。これは、ISOE ALARA シンポジウム、ISOE ネットワークのウェブサイト、及び ISOE が企画したベンチマーキング視察を通じて促進された（詳細については第 4 章を参照）。これらのイニシアチブでは、原子力発電所での職業放射線防護と ALARA 慣行の分野におけるエンドユーザー（放射線防護専門家）の運用ニーズにより適切に対処できるように、引き続き ISOE プログラムの位置付けを行った。

### 5.1 正式な ISOE データベースの管理

#### 正式データベースの公表

ISOE 参加者らは Microsoft ACCESS に基づく ISOE データベース・ソフトウェアを使用して 2009 年のデータを提供し、それらのデータは ETC のデータベースに組み込まれた。開発の延長及びオンライン・データ入力モジュールの試験日程延長により、ISOE ネットワーク・ウェブサイトを通じたデータ提出は不可能となった。

ETC は引き続き正式な ISOE データベースの管理を行い、2007 年のデータが入った CD-ROM/MS-ACCESS バージョンを作成し、2009 年 2 月に、欧州の参加電気事業者には直接的に、その他の技術センターにはその地域メンバーへの配付用として、同バージョンを配付した。各参加当局に対する個別のデータベースも ETC により作成され、2009 年 3 月に、欧州のすべての参加当局に配られ、またその他の技術センターに対してはそれぞれの参加当局への配布用として配られた。ATC は CD-ROM を参加事業者に配布した。2008 年のデータ（一部）が入った ISOEDAT データベースの第 1 回公表版は、ISOE ネットワークを通じて 2009 年 6 月に入手できるようになり、その後はネットワーク上で定期的に更新されるようになった。ISOE 運営委員会の年次会議の後、CD-ROM でのデータベースと ISOE ソフトウェアの年末公表分がすべての ISOE 参加者に提供された。

#### ISOEDAT オンラインの開発

NEA と ETC は、ウェブ対応データ入力モジュールの開発を ISOEDAT ウェブ移行プロジェクト・フェーズ 2 の一環として継続した。それと並行して、オンライン MADRAS インターフェースの更新により、その使い勝手が改善され、ISOE 1 データ入力モジュールとのより良い統合が実現した。データ分析ワーキング・グループ (WGDA) は 2008 年 12 月～2009 年 1 月にかけてアプリケーションの広範な試験を実施し、広範囲にわたるコメントを提示した。それらのコメントは開発チームにより対処された。2009 年 5 月の WGDA 主催会議で提示された指示に従い、2009 年 7～9 月にかけてアプリケーションの最終的な実証試験及び妥当性確認試験が実施され



た。ETC が提案した新たな MADRAS クエリーは停止時ベンチマーキングに焦点を置いたものであり、WGDA から推奨された。

ISOE 運営委員会は 2009 年 11 月におけるその年次会議で、ISOE ネットワーク上における ISOE 1 データ入力モジュール及び新たな MADRAS クエリーの正式な実施・使用を承認した。WGDA は 2009 年 11 月会議でテーマ別セッションを開き、その際に ISOE データ収集・分析におけるあらゆる食い違いを特定し、それらを解決するよう勧告した。ISOE 1 オンライン・ヘルプが開発され、同アプリケーションに統合された。

廃止措置が進行中の原子炉に関するデータ収集・分析に対処するための変更については、変更データ質問票の草案が WGDA によって作成され、フィードバックを得るために廃止措置進行中の特定の原子炉プラントに配布された。

ISOE 2 質問票のネットワークへの移行について WGDA 内部で検討が行われ、そのことを 2010 年の作業項目に追加するという事で意見が一致した。ISOE 3 については、文書形式の最新レポート・テンプレートが開発され、参加者らが使用できるように ISOE ネットワークに掲載された。

## 5.2 ISOE ネットワークの管理

ISOE ネットワークは、ISOE データベースを含む ISOE 関連の情報と資源の中心的ポータルとして引き続き機能した。ETC は新たな ISOE ネットワーク・ウェブサイトの再設計を完了し、試験的に ISOE 運営委員会に提出し、2009 年 10 月より実施した。ISOE 国内コーディネーター又は個人から要請があった新たなユーザー・アカウントが、NEA 事務局及び ETC によってすべて作成され、実施された。2009 年末には、およそ 499 の電気事業者と 80 の規制側メンバーのアカウントが作成されていた。

## 5.3 ISOE の管理及びプログラム活動

ISOE プログラムの全体的運用の一環として、以下を含む進行中の技術・管理会議が 2009 年全体を通じて開催された。

ISOE 会議	日付
ISOE 事務局	2009 年 5 月及び 11 月
データ分析ワーキング・グループ	2009 年 5 月及び 11 月
基本安全基準 (BSS) に関する特別専門家グループ	2009 年 5 月
第 19 回 ISOE 運営委員会会議	2009 年 11 月
NEA-ETC ウェブ・ワーキング・グループ	NEA と ETC の間の特別会議
ETC-NATC 調整会議	2009 年 2 月
NEA/CRPPH-ISOE 共同活動	
職業被ばくに関する専門家グループ	2009 年 5 月及び 10 月

## **ISOE 運営委員会**

ISOE 運営委員会は、引き続き ISOE プログラムの管理に重点を置いて、2009 年の年次会議でプログラムの進捗状況をレビューし、2010 年の作業プログラムを承認した。ISOE 事務局の 2009 年年次会議での焦点は、2009 年 ISOE 活動状況、ISOE 規約の更新状況、2009 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウムの計画、及び原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）との覚書への署名を通じた協力における選択肢であった。

## **ISOE データ分析ワーキング・グループ**

データ分析ワーキング・グループ（WGDA）は 2009 年の 5 月及び 11 月に会合し、ISOE データベースの整合性・完全性・適時性、オンライン・データ入力モジュールの完成、及び ISOE データ収集・分析を向上させる際の選択肢（新たな定義済み MADRAS クエリーの実施など）に、引き続き焦点を定めた。複数の技術センターが新たに提案した情報シートと、ETC が提示した ISOE ネットワークの改定について検討が行われた。WGDA は 2009 年 11 月会議でテーマ別セッションを開き、その際に ISOE データ収集・分析におけるあらゆる食い違いを特定し、それらを解決するよう勧告した。WGDA の指導の下で NEA と ETC は、ISOE ネットワーク上での最終試験・実施に向けて、ウェブ対応 ISOE 1 データ入力モジュール及び MADRAS 更新を完了した。

*廃止措置に関するタスク・チーム*：廃止措置が進行中の原子炉に関するデータ収集・分析に対処するための変更については、変更データ質問票の草案が作成され、フィードバックを得るために廃止措置進行中の特定の原子炉プラントに配布された。

## **BSS の改定に関する特別専門家グループ**

この特別専門家グループは、国際基本安全基準の改定草案が ISOE 合同事務局（BSS 協賛組織）を通じて入手できるようになったため、それらの改定草案を職業被ばくにおける優良慣行に照らしてレビューするため、2007 年の年次会議の際に ISOE 運営委員会によって立ち上げられた。同グループは、BSS 草案作成及びコメント・プロセスの中に ISOE 事務局を通じて総合的なコメントを提供するために、NEA 内部の正式レビュー会議などの会合を 2009 年 5 月に開催した。

## **NEA/CRPPH-ISOE 共同活動：職業被ばくに関する専門家グループ (EGOE)**

EGOE が NEA 放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH）によって創設され、ISOE はその活動への参加を要請された。EGOE は、すべての技術センターを含む相当数の ISOE メンバーの参加を伴う会合を 2009 年に 2 度にわたり開催した。EGOE は、ベンダー、当局及び電気事業者を対象とした新規原子力発電所の設計に関する放射線防護基準の策定に主な焦点を定めた。それと関連する報告書がまとめられ、2009 年 5 月に NEA/CRPPH により承認された。また同グループは、職業被ばくに関する新たな ICRP 勧告の実施面に対処する作業も開始した。

## 6. ISOE 参加国における 2009 年の主要な出来事

要約データにはつきものであるが、第 2 章「職業上の線量の調査、傾向、及びフィードバック」で示した情報は、2009 年の平均的な数値結果の全般的概要を示しているに過ぎない。こうした情報は、大まかな傾向を特定するのに役立ち、さらなる調査によって関連する経験や教訓が示される可能性のある特定分野を浮き彫りにする際に有益である。しかし、この数値データを充実させる一助として、本章では、2009 年中に ISOE 参加国で発生し、職業被ばくの傾向に影響した可能性のある重要な出来事のショートリストを提示する。これらは、個々の国による報告に従って示されている<sup>1</sup>。本章に記載されている国内報告には、運転及び／又は公式線量測定システムの混在から生じた線量データが含まれている場合があるということを指摘できる。

### アルメニア

同地域内で唯一の原子力発電所であるアルメニア原子力発電所（ANPP）は、2 基の VVER/440/270 ユニット（VVER/440/230 耐震設計改造型）で構成されている。1 号機は 1976 年に、2 号機は 1980 年に商業運転を開始した。両ユニットは、1988 年の Spitak 地震の直後に停止された。再試運転作業が 1993 年から 1995 年にかけて実施され、1995 年 11 月に 2 号機が運転を再開した。現在、ANPP N1 号機は、保全体制（長期停止）状態となっている。新たな ANPP ユニットの建設が予定されており、立地活動が開始された。

#### 国内線量測定値の傾向の概要

2009 年における ANPP 発電所の線量測定値の傾向としては、集団線量及び最大個人線量が若干減少した。これは良好に計画された補修作業のおかげである。最大個人線量は 18.2mSv であった。請負業者の集団線量は 0.10 人・Sv であった。

1995 年の ANPP の再起動後の年間集団線量（人・Sv）

年	集団線量	年	集団線量	年	集団線量
1995	4.18	2000	0.96	2005	0.82
1996	3.46	2001	0.66	2006	0.85
1997	3.41	2002	0.95	2007	0.78
1998	1.51	2003	0.86	2008	1.05
1999	1.57	2004	1.08	2009	0.54

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

線量計測値傾向に影響を及ぼすような重大な事象は記録されなかった。

<sup>1</sup> 国内報告アプローチが様々であるため、各国で使用されている線量単位は標準化されていない。

### **機器又は系統の交換**

2009年の停止期間中に取り替えられた系統や機器はなかった。

### **想定外の事象**

2009年に想定外として記録された事象はない。

### **オンラインの新規プラント／プラントの停止**

新規プラントの建設が進んでおり、また立地の検討が現在進行中である。

### **安全関連事項**

放射線管理システムの一部の要素が時代遅れとなっており、交換する必要がある。中レベル放射性廃棄物貯蔵事業に起因するいくつかの安全関連事項が想定される。

### **新規／実験的線量低減プログラム**

2009年に新規／実験的線量低減プログラムの申請はなかった。

### **組織の変更**

線量計画立案は、依然としてスタッフの個人線量低減における主要ツールである。

### **2009年の主要作業に関する技術計画**

個人線量モニタリング及び汚染散布モニタリング装置を含む放射線管理システムの近代化計画、並びに放射性廃棄物管理を目的とする線量低減プログラムが開始された。

### **主な展開**

十分な ALARA 文化が欠如しているため ALARA 原則実施の進行が遅い。

### **2009年の懸念事項**

2009年においては、放射性廃棄物ドラムの交換及び状態調整作業が予定されている。管理及び技術対策については、プラントが日程計画を作成して、アルメニア原子力規制当局の承認を得なければならない。

### **規制計画**

新たなユニット建設により、放射線防護と安全及び放射性廃棄物管理の観点からの安全評価報告書（SAR）のレビューが予定されている。

## ベルギー

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
Tihange 原子力発電所（PWR）	3	1基あたり 0.368 人・Sv 注意事項：3基の Tihange ユニットすべてのサイクルが 18 カ月である。したがって、年間あたり平均 2 回の停止が行われる。各停止時の総線量は約 0.550 人・Sv である。
Doel 原子力発電所（PWR）	4	1基あたり 0.375 人・Sv
合計：全タイプ	7	1基あたり 0.372 人・Sv

#### 国内線量測定値の傾向の概要

合計集団被ばく量の平均は減少しつつある。

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

継続的な改善が予想される。

#### 停止の回数と期間

2009 年は以下のとおりであった。

- Doel 4 回停止（D1 = 6 週間〈蒸気発生器交換作業を除く〉、D2 : 4 週間、D3 : 5 週間、D4 : 6 週間）
- Tihange 2 回停止（Tihange 3 号機 : 7 週間、Tihange 2 号機 : 8 週間）

#### 2010 年の主要作業に関する技術計画

Doel : Doel 1 号機の蒸気発生器交換（2009 年末及び 2010 年初頭）

#### 2010 年の主要作業に関する規制計画

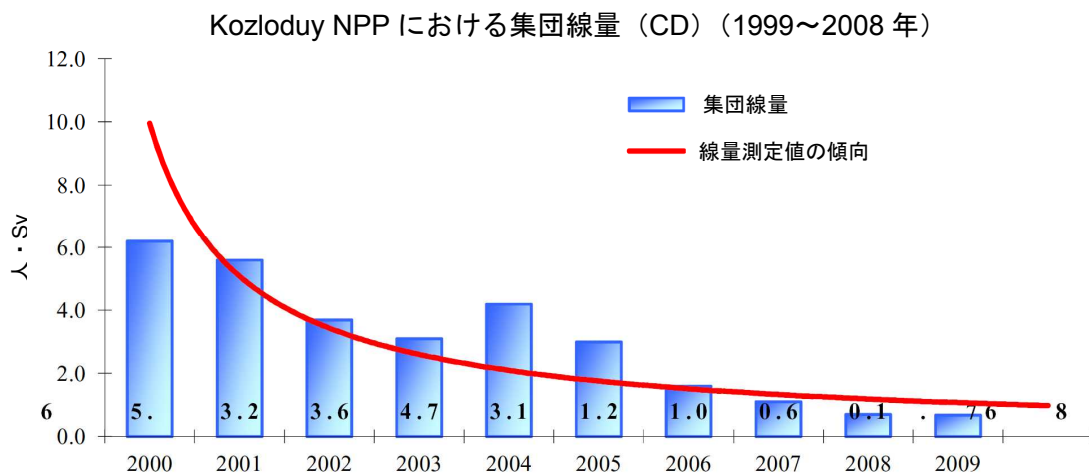
Doel : 2010 年 3 月の OSART ミッション

## ブルガリア

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
VVER-1000	2	0.279
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
VVER-440	4	0.0294

### 国内線量測定値の傾向の概要



### 停止の回数と期間

ユニット番号	停止期間（日）	停止に関する情報
5号機	42日間	燃料取替及び保全活動
6号機	50日間	燃料取替及び保全活動

### 機器又は系統の交換

管理区域での交換なし。

### 組織の変更

1、2号機の廃止措置のための新たな外部組織を設立。

### 2010年の懸念事項

1、2号機についていくつかの廃止措置活動が提案されている。

## 2010 年の主要作業に関する技術計画

5、6 号機における燃料取替及び保全。

## カナダ

### 国内線量測定値の傾向に関する概要

2009 年に、CANDU フリートのうち原子炉 20 基（運転中ユニット 17 基と改修中ユニット 3 基）の集団線量は 26.412 人・Sv であった。これは平均 1.321 人・Sv/炉に相当する。17 基の運転中ユニットの合計集団線量は 16.957 人・Sv、平均で 0.99 人・Sv/炉あるいは 99 人・レム/炉であった。2009 年において改修中のユニット（Bruce A 1、2 号機及び Point Lepreau）の集団線量は 9.42 人・Sv であった（改修中の平均集団線量：3.14 人・Sv/炉又は 314 人・レム/炉）。

2007～2009 年において、運転中及び改修中のカナダ CANDU 炉の 3 年移動平均の 1 基あたり年間集団線量は 1.19 人・Sv/炉（119 人・レム/炉）であった。これは、2006～2008 年の 3 年移動平均の年間集団線量 1.10 人・Sv/炉（110 人・レム/炉）よりもおよそ 5%の増加に相当する。安全貯蔵中ユニット（Pickering-A 2、3 号機）の集団線量は 0.185 人・Sv（平均集団線量 0.0925 人・Sv/炉又は 9.25 人・レム/炉）であった。規制線量限度を超える放射線被ばくは見られなかった。

### Ontario Power Generation 社/Darlington 原子力発電所

Darlington 原子力発電所（DNGS）は、運転中のユニット 4 基（1～4 号機）を保有している。2009 年における発電所合計集団線量は 3.193 人・Sv 又は 0.798 人・Sv/炉であった。合計集団内部線量は 0.393 人・Sv であった。2009 年合計集団線量（停止時線量）は 2.937 人・Sv で、2008 年よりも増加した。この増加は、何回かの強制停止や真空建屋の停止によりすべてのユニットの停止が必要になったことが原因であった。Darlington 原子力発電所は、2013 年まで継続予定の戦略的発生源低減計画を通じ、引き続き放射線防護の向上に取り組んでいる。ヒューマン・パフォーマンスが向上したため、2009 年における内部及び外部の計画外被ばくは見られなかった。これは Darlington 原子力発電所にとって記録的な結果である。2009 年の通常運転から生じた年間集団線量は 0.256 人・Sv であった。

### Ontario Power Generation 社/Pickering 原子力発電所 A

Pickering 原子力発電所 A（PNGS-A）は、運転中のユニット 2 基（1、4 号機）と安全貯蔵中のユニット 2 基（2、3 号機）を保有している。

運転中の PNGS-A ユニット（1、4 号機）：これら 2 基のユニットの合計集団線量は 2.44 人・Sv 又は 1.22 人・Sv/炉であった。外部線量は 1.89 人・Sv で、内部線量は 0.55 人・Sv であった。計画されていた停止（P841）は 2009 年までの延期となった。1、4 号機の計画的強制停止がもたら

した「停止時集団線量」は 1.97 人・Sv であった。通常運転による年間線量は 0.47 人・Sv であった。通常運転時の線量低下は、ヒューマン・パフォーマンスの向上及び 4 号機の稼働時間減少の結果であった。

安全貯蔵中の PNGS-A ユニット (2、3 号機) : 2、3 号機の合計集団実効線量は 0.185 人・Sv 又は 0.092 人・Sv/炉であった (外部線量は 0.097 人・Sv に相当し、内部線量は 0.087 人・Sv であった)。2008 年と比較して安全貯蔵中の線量が増加した理由は、2009 年にこれら 2 基のユニットを安全貯蔵状態にする際に作業範囲が著しく拡大したことである。

#### *Ontario Power Generation 社/Pickering 原子力発電所 B*

Pickering 原子力発電所 B は運転中ユニット 4 基 (5~8 号機) を保有している。合計集団実効線量は 3.41 人・Sv (0.852 人・Sv/炉) であった。この線量は停止作業の減少により 2008 年における値より低かった。通常運転による年間線量は 0.573 人・Sv であったが、他方運転停止期間の場合には、合計集団線量は 2.836 人・Sv であった。合計集団外部線量は 2.877 人・Sv、合計集団内部線量は 0.532 人・Sv であった。0.133 人・Sv/炉という内部線量成分は、Pickering 原子力発電所 B にとってこれまで最小の集団内部線量である。これはいくつかの大気被ばく低減イニシアチブの結果である (乾燥機の性能向上、減速材と熱伝達系 D2O のトリチウムのキュリー含有量減少、アクセスを容易化する傾向、ユニット内の現在のトリチウム濃度など)。

#### *Hydro-Quebec 社/Gentilly-2 原子力発電所*

Hydro-Quebec 社は、Gentilly-2 原子力発電所に運転中ユニット 1 基を保有している。2009 年における合計集団実効線量は 0.677 人・Sv であった。外部成分は 0.571 人・Sv、内部成分は 0.106 人・Sv であった。停止時集団線量は 2008 年の場合よりも低かった。これは、停止作業が減少したためであり、また停止時合計集団線量は 0.521 人・Sv であった。2009 年の通常運転による年間線量は 0.156 人・Sv であった。

#### *New Brunswick Power 社/Point Lepreau 発電所*

New Brunswick Power 社は、Point Lepreau 発電所に運転中ユニット 1 基を保有している。同発電所は 2008 年 3 月 28 日に、計画改修のため停止した。2009 年に同発電所は、改修のため運転停止状態が続いた。その多くの作業が高度のハザードを伴う改修工事のため、例年よりも作業員の集団線量が高くなっている。2009 年の合計集団実効線量は 4.08 人・Sv (外部線量 : 3.96 人・Sv、内部線量 : 0.123 人・Sv) であった。

#### *Bruce Power 社/Bruce 原子力発電所 A*

Bruce 原子力発電所 A (Bruce-A) は、運転中のユニット 2 基 (3、4 号機) と改修中のユニット 2 基 (1、2 号機) を保有している。



Bruce A の運転中ユニット（3、4号機）：合計集団実効線量は 2.734 人・Sv（すなわち 1.37 人・Sv/炉）で、その内部成分は 0.244 人・Sv、外部線量は 2.499 人・Sv であった。2009 年に、2 回の計画停止があった。「停止時集団線量」は 2.402 人・Sv であった。一方、2009 年に通常運転で生じた年間線量は 0.341 人・Sv であった。

Bruce A の 1、2 号機再起動プロジェクト：1、2 号機は停止中であり、2005 年以降改修を行っている。高線量作業の大部分は、2007 年と 2008 年に実施された。1、2 号機の合計集団線量は 5.110 人・Sv（外部線量 4.545 人・Sv、内部線量 0.565 人・Sv）であった。この内部線量には 2009 年のアルファ事象に起因する内部線量は含まれていない。

#### Bruce Power 社/Bruce 原子力発電所 B

Bruce B は運転中のユニット 4 基（5～8号機）を保有している。合計集団実効線量は 4.307 人・Sv（1.077 人・Sv/炉）で、外部線量は 3.974 人・Sv、内部線量は 0.333 人・Sv であった。2009 年の停止による合計集団線量は 3.737 人・Sv であった。2009 年の通常運転で生じた年間線量は 0.570 人・Sv であった。

## 中 国

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの年間平均集団線量（人・Sv/炉）
PWR	4	0.562

Daya Bay NPP の場合、2009 年の年間集団線量は 732.71 人・mSv である。Lingao NPP の場合、2009 年の年間集団線量は 1,513.86 人・mSv である。

### 停止の回数と期間

ユニット	期間	集団線量（人・mSv）	備考
Daya Bay 1 号機	第 13 回燃料取替停止： 2009/04/12～2009/05/10（合計 29 日間）	545.88	
Daya Bay 2 号機	停止なし		
Lingao 1 号機	第 7 回燃料取替停止： 2009/02/25～2009/03/26（合計 30 日間）	740.29	
Lingao 2 号機	第 6 回燃料取替停止： 2008/12/09～2009/01/11（合計 34 日間）	545.52	2009 年の集団線量：82.39 人・mSv
Lingao 2 号機	第 7 回燃料取替停止： 2009/12/13～2010/01/04（合計 22 日間）	514.109	2009 年の集団線量：506.93 人・mSv

## チェコ共和国

### Dukovany NPP

#### 線量測定値の傾向の概要

1985年以降商業運転をしている PWR-440 タイプ 213 のユニットが 4 基ある。2009 年における集団実効線量 (CED) は 0.696 人・Sv であった。電気事業者及び請負業者の従業員の CED は、それぞれ 0.068 人・Sv、0.628 人・Sv であった。被ばく作業員の総人数は 1,825 人 (電気事業者従業員 558 人、請負業者 1,267 人) であった。1 基あたりの年間平均集団線量は 0.174 人・Sv であった。

停止期間中に断熱作業を行った請負業者の作業員の最大個人実効線量は 11.14mSv に達していた。

#### 停止の回数と期間

集団線量に対する主な寄与因子は 4 回にわたる計画停止であった。

	停止に関する情報	CED [人・mSv]
1 号機	24 日間。燃料取替を伴う標準保全停止	0.092
2 号機	23 日間。燃料取替を伴う標準保全停止	0.060
3 号機	85 日間。燃料取替を伴う標準保全停止 原子炉出力が 500MWe まで上昇。	0.326
4 号機	62 日間。燃料取替を伴う標準保全停止	0.165

#### 主な展開

停止時及び合計実効線量の値が非常に低いということは、良好な一次系水化学状況、十分に組織化された放射線防護体制、及び高放射線リスクを伴う作業に関連する活動期間中の厳格な ALARA 原則の実施結果を表している。CED 値はすべて電子式個人線量計による測定値に基づいている。

#### 想定外の事象

2009 年に Dukovany NPP で異常又は特別な放射線事象はなかった。

### Temelín NPP

#### 線量測定値の傾向の概要

2004 年以降商業運転している PWR 1,000MWe タイプ V320 のユニットが 2 基ある。2009 年における集団実効線量 (CED) は 0.226 人・Sv であった。電気事業者及び請負業者従業員の CED

は、それぞれ 0.038 人・Sv、0.188 人・Sv であった。被ばく作業員の総数は 1,535 人（電気事業者従業員 487 人、請負業者従業員 1,048 人）であった。1 基あたりの年間平均集団線量は 0.113 人・Sv であった。最大個人実効線量 3.52mSv は、停止期間中に原子炉容器上蓋の解体・組立作業を行った契約作業員の数値である。

### 停止の回数と期間

集団実効線量値に対する主な寄与因子は 2 回の計画停止であった。

	停止に関する情報	CED (人・Sv)
1 号機	82 日間。燃料取替を伴う標準保全停止	0.074
2 号機	82 日間。燃料取替を伴う標準保全停止	0.119

### 主な展開

停止及び合計実効線量の値が非常に低いということは、良好な一次系水化学状況、十分に組織化された放射線防護体制、及び高放射線リスクを伴う作業に関連する活動期間中の厳格な ALARA 原則の実施結果を表している。CED 値はすべて電子式個人線量計による測定値に基づいている。

### 予定外の事象

2009 年に Temelin NPP において異常又は特別な放射線事象はなかった。

## フィンランド

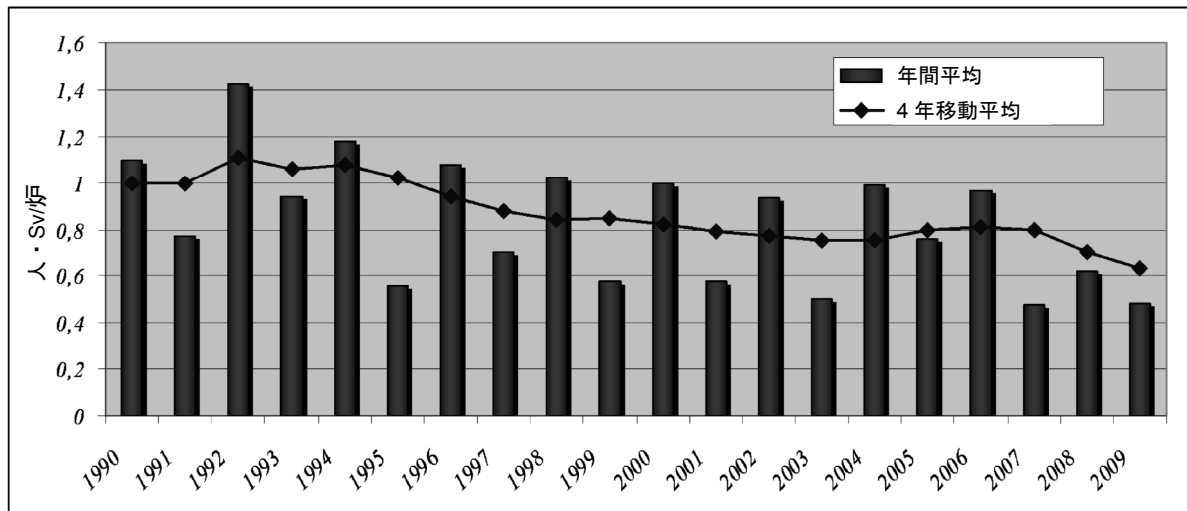
### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの年間平均集団線量 (人・Sv)
BWR	2	0.593
VVER	2	0.377
合計：全タイプ	4	0.485

### 国内線量計測値の傾向の概要

年間集団線量は、年次停止の期間の長さと同様に強く依存している。2009 年におけるフィンランドの原子力発電所の集団線量 (1.94 人・Sv) は、すべてのユニットにおける停止期間が比較的短かったことが主な理由で、これまでの運転履歴の中で最も低かった。また長期的にも、集団線量の 4 年移動平均は 1990 年代初期以降若干の減少傾向を示している。

集団線量：フィンランドの原子力発電所における年間平均及び4年移動平均



### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

#### Olkiluoto NPP

2009年にOlkiluoto 1号機で実施された年次停止は燃料取替停止であり、およそ8日間を要した。燃料取替に加え、1つの原子炉主循環ポンプの保全、数回にわたる原子炉内部構造検査、及び低圧タービン検査も含まれた。Olkiluoto 1号機の燃料取替停止により生じた集団線量は0.265人・Svであった。Olkiluoto 2号機における保全停止はおよそ16日間を要した。この作業には燃料取替、停止時冷却系弁の交換、2台の低圧タービンの検査、及び計画保全・試験が含まれ、その結果、集団線量が0.725人・Svとなった。Olkiluoto NPPの双方のユニットの蒸気乾燥機が2006年と2007年に交換され、タービン・プラントにおける停止期間中線量率の減少傾向につながった。

#### Loviisa NPP

双方のユニットにおける2009年の停止はおよそ18日間の短期燃料取替停止であった。2号機の場合、運転期間中に燃料漏れが検出され、漏えいした燃料集合体は停止期間中に原子炉から除去された。停止中の集団線量は同プラントの運転履歴中で最も低く、0.38人・Svと0.28人・Svであった。集団線量蓄積の主な寄与因子は、原子炉関連業務（分解・組立）、放射線防護のための清掃・除染や付帯工事、断熱、及び足場組立であった。

### 2010年の主要作業に関する技術計画

Olkiluoto 1号機：広範な保全停止。予定期間25日間（いくつかの機器の交換などを含む〈低圧タービン、内部主蒸気弁、主要海水ポンプ、発電機冷却系などの交換〉）。

Olkiluoto 2号機：短期間の燃料取替停止。予定期間9日間。

Olkiluoto 3 号機：建設中。

Loviisa 1 号機：23 日間の短期保全停止が行われる予定で、その場合には大規模な保全作業は計画されていない。Loviisa 2 号機においては、39 日間にわたる広範な検査停止が予定されており、すべての主要機器が検査され、いくつかの大規模な保全・改修作業が予定されている。それらの作業には、蒸気発生器 6 台すべての検査、圧力制御系の改修、計装制御（I&C）更新に関連する配管の格納容器建屋内設置などが含まれる。

### **2010 年の主要作業に関する規制計画**

規制ガイド（放射線防護も含む）の更新に関する作業が、2010 年にも引き続き行われる予定である。このプロセスは、新規原子力発電所の認可の際に達成した経験などを考慮したものとなる。目標には、同ガイドを新たに構成し、既存の規制ガイドを組み合わせることによるガイドの数の最小化も含まれる。

STUK は、Olkiluoto 3 号機に関する文書を引き続きレビューする。レビュー・プロセスには放射線防護の側面も含まれる。3 社、すなわち Teollisuuden Voima Oyj (TVO)、Fortum Power and Heat Oyj (Fortum)、及び Fennovoima Oy が、フィンランド雇用経済省（MEE）に対して新たな原子力発電所ユニットに関する原則決定手続（DIP）を申請した。申請提出前に、それらのプロジェクトに向けた環境影響評価が実施された。STUK は DIP 申請に対して予備的な安全評価を行った。それに先立ち STUK は、環境影響評価のプログラム及び報告書に関する MEE の見解を発表した。

2010 年 5 月 6 日に、フィンランド政府は原子力発電所の追加的建設を支持する 2 件の DIP を発行した。TVO 及び Fennovoima Oy の申請はいずれも認可された。ただしフィンランド政府は、Fortum の申請に対し否定的な DIP を提示した。肯定的な DIP については、2010 年 7 月に、さらにフィンランド議会の承認を経ることになっている。その際の投票結果が、2010 年後半の規制業務に大きな影響を及ぼすであろう。

## フランス

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
PWR	58	0.69
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
PWR	1	$1.93 \times 10^{-3}$
CANDU	1	$0.02 \times 10^{-3}$
GCR	4	$1.22 \times 10^{-3}$

### 年間集団線量

2009年の平均集団線量は0.69人・Sv/炉であった。ただし目標は0.65人・Sv/炉であった。3ループ原子炉（34基）に関する平均集団線量は0.79人・Sv/炉で、4ループ原子炉（24基）に関する平均集団線量は0.57人・Sv/炉であった。

2009年には、19件の短期停止、26件の標準停止、5件の10年ごとの停止、1件の強制停止があり、7基は無停止であった。また、蒸気発生器の交換が1回と原子炉容器上蓋の交換が2回行われた。停止時集団線量が合計年間集団線量の86%を占めている。運転期間の集団線量は、年間集団線量の14%を占めている。中性子合計集団線量は約0.27人・Svである（使用済燃料輸送による線量：0.23人・Sv）。

### 個人線量

2009年末時点で、連続12カ月間において16mSvを上回る線量を受けたのは2名の作業員（機械工）のみであった。この職種は高度に被ばくする分野（断熱、足場組立、溶接、機械整備）に属している。12カ月間の線量が18mSvを上回った作業員はいなかった。

被ばくした集団の77%の蓄積線量は12カ月間で1mSv未満であった。

被ばくした集団の99%の蓄積線量は12カ月間で10mSv未満であった。

### 主な事象

0.918人・Svの影響を及ぼす不測の事象が著しい数に上った。

線量測定値に影響を及ぼした有意な事象は以下のとおりである。

- 0.165人・Sv：Saint-Laurent B2における、弁や容器に関する追加的作業、及び改修
- 0.160人・Sv：Blayais 4号機における、安全注入系弁＋第2開放／閉鎖容器
- 0.157人・Sv：Fessenheim 2号機における、蒸気発生器伝熱管の亀裂

- 0.156 人・Sv : Cattenom 3 号機における、再起動中の中性子検出チャンバーでの不測の事象 (フランス原子力安全局の要請を受けて蒸気発生器伝熱管プラグを検査した後)
- 0.107 人・Sv : Bugey 3 号機における、蒸気発生器伝熱管の亀裂
- 0.100 人・Sv : Saint-Alban 1 号機における、ETV 蒸気発生器プラグ及び核計装システム・チャンバーへの追加的作業、並びに余熱除去系統・化学体積制御系統の水圧試験による不測の事象
- 0.073 人・Sv : Penly 2 号機における、蒸気発生器二次側の水圧試験の際の蒸気発生器ループの保温材除去

### **EDF 3 ループ原子炉**

2009 年における 3 ループ原子炉の停止プログラムは、14 件の短期停止、16 件の標準停止 (蒸気発生器の交換が 1 件、原子炉容器上蓋の交換が 2 件)、及び 3 件の 10 年ごとの停止で構成された。様々な停止形態における最低集団線量は以下のとおりであった。

- 短期停止 : Chinon 4 号機 (0.178 人・Sv)
- 標準停止 : Dampierre 1 号機 (0.567 人・Sv)
- 10 年ごとの停止 : Chinon 3 号機 (1.667 人・Sv)

1 基の原子炉では停止がなかったという点、また強制停止はなかったという点を指摘できる。

蒸気発生器交換 (SGR) による最低集団線量は、Blayais 1 号機の 0.545 人・Sv であった。

原子炉容器上蓋交換 (RVHR) による最低集団線量は、Chinon 3 号機の 0.122 人・Sv であった。

### **EDF 4 ループ原子炉**

2009 年における 4 ループ原子炉の停止プログラムは、5 件の短期停止、10 件の標準停止及び 3 件の 10 年ごとの停止で構成された。様々な停止形態における最低集団線量は以下のとおりであった。

- 短期停止 : Golfech 1 号機 (0.211 人・Sv)
- 標準停止 : Chooz 1 号機 (0.405 人・Sv)
- 10 年ごとの停止 : Belleville 2 号機 (1.152 人・Sv)

6 基の原子炉では停止がなかったという点、また集団線量 0.182 人・Sv を生じる強制停止 (Cattenom 3 号機) が 1 回あったという点を指摘できる。

### **放射線防護事象 (ESR)**

2 件の ESR があった。

- Flamanville 2 号機において、INES 2 レベルの、加圧器ヒーター溶接の放射線検査中の事象が 1 件（摂取線量 = 4.57mSv）
- Saint-Alban 1 号機において作業員 5 名の体内汚染が 1 件。大気汚染が原因であったと思われる（線量 < 0.50mSv）。

### 2010 年の目標

年間集団線量に関する EDF の目標は 0.65 人・Sv/炉である。個人線量については 2 つの目標がある。すなわち、(1) 高度被ばく作業員の個人線量を 3 年後に 10%低減し、(2) 「18mSv を上回る作業員はいない」という良好な結果を今後も維持することである。

### 2010 年の将来活動

個人線量に関して：現在の活動の継続

集団線量に関して：作業プログラムよりも高度な集団線量目標を達成するための ALARA 復活

### Autorité de Sûreté Nucléaire（原子力安全局）

2009 年にフランス原子力安全局（ASN）は、管理区域における汚染の管理・封じ込め、並びに放射性線源の管理（特にガンマ線ラジオグラフィ）に焦点を置きながら、加圧水型原子炉（PWR）に対する立ち入り放射線防護検査を 19 回（プラントごとに 1 回ずつ）実施した。ASN とその技術支援組織である放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）は、管理区域における放射線モニタリング・システムの分析・評価、並びに保全活動に関する放射線防護要件を、引き続き実施した。またそれらの組織は、EDF のコンピューター制御線量測定管理システムにも興味を示した。

ASN と IRSN は欧州加圧水型炉（EPR）に関する予備安全報告書の評価プロセスをさらに主導し、その際に、高度な放射線目標を掲げた活動や、保全活動のための運転中アクセスを可能にする「2 室」コンセプトに焦点を置いた。

2009 年に ASN は、発生源低減管理の進捗状況に肯定的な評価を下した。ただし ASN は、個人線量については改善が見られたものの集団線量については未だ改善の余地があると考えた。

2010 年に ASN 及び IRSN は、特に原子炉停止期間について、線量目標及び線量目標を達成するための組織的・技術的方策の設定に対して、引き続き注視していく構えである。また、ASN と IRSN は汚染管理に細心の注意を払い、さらに、EPR に関する予備安全報告書の評価プロセスを継続する予定である。



## ドイツ

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
PWR	11	1.05
BWR	6	1.00
合計：全タイプ	17	1.03
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの年間平均集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
PWR	5	0.128
BWR	3	0.138
GCR	2	0.017
VVER	5	0.020

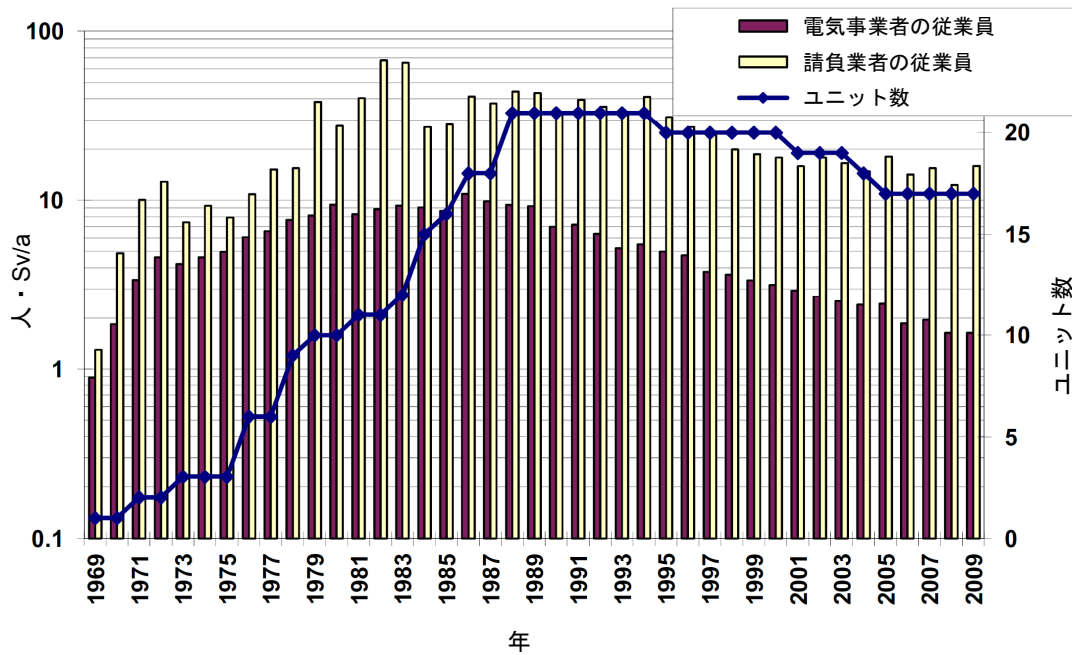
廃止措置中の各原子炉の年間集団線量に対する寄与度は、原子炉のタイプと年間に実施された廃止措置作業に大きく左右されるという点に留意しなければならない。したがって、冷態停止中又は廃止措置中の原子炉には、年間線量平均に対してわずかな寄与しかしていない一部の小型原型炉、及び同様にごくわずかな寄与しかしていない安全閉鎖状態の2基の原子炉（1基のGCR及び1基のBWR）が含まれているという点を指摘できる。

ISOEに参加している5基の原子炉の場合、2008年の平均線量は、3基のPWRにつき0.194人・Sv、1基のBWRにつき0.258人・Sv、そして安全閉鎖状態の1基のGCRにつき0人・Svとなっている。

#### 国内線量測定値の傾向の概要

2009年には、17の原子力発電所（11基のPWR及び6基のBWR）が運転していた。合計年間集団線量の傾向を下図に示す。合計年間集団線量は17.56人・Svで、電気事業者の従業員については1.64人・Sv、請負業者の従業員については15.92人・Svであった。

運転中の全ユニットに関する 1969～2009 年の年間集団線量  
 (電気事業者及び請負業者の従業員、並びに運転中ユニットの数)



### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

2008 年には 2 地点の原子力発電所において停止が行われず、またある 1 地点の原子力発電所の場合には、停止による線量寄与はきわめて低かった。2009 年においてそれら 3 地点の原子力発電所の停止により生じた合計年間集団線量は、数カ月間にわたり部分的に増加した。したがって、2009 年のデータはここ数年間に関する一般的データの範囲内である。

### 停止の回数と期間

17 地点の原子力発電所のそれぞれにおいて停止が実施された。計画停止及び計画外停止は合計で約 1,660 日であった。2 基の PWR の場合、停止期間はそれぞれにつき 10 カ月であった。2 基の BWR の場合、停止期間はそれぞれにつき 11 カ月と 12 カ月であった。

### 安全関連事項

一部の原子力発電所の停止期間中に、壁プラグの検査・補修が行われた。一部の原子力発電所においては、塩化物により誘発された腐食や亀裂に対する調査及び可能な改善措置のためのプログラムが実施された。

### 想定外の事象

99 件の事象が、報告に関するドイツの法規命令 (AtSMV) に基づいてドイツの Länder 所管当局に報告された。それらの事象のいずれも INES 0 を上回るとする分類はなされなかった。それら

のうち 15 件の事象は小規模な漏えいに関連するもので、放射線防護の側面に直接的に関連していた。

### **新規／実験的線量低減プログラム**

2009 年に、ドイツ国内で最初に運転開始した原子力発電所が、年次停止に備えて系統全体の除染を開始した。その結果は良好で、来年以降、他の原子力発電所もこのアプローチを踏襲する予定である。

### **2009 年のその他の事項**

放射線防護に関する VGB（ドイツ原子炉運転事業者）作業グループが、ドイツの原子力発電所における放射能摂取に対する監視及び回避のコンセプトに取り組んでいた。トリチウム摂取に対する監視には一定の注意が必要であることがこれまでの経験で示されている。同作業グループはこの項目に関する検討を今後の会議においても継続する予定である。

共同イニシアチブとして、原子力サービス・プロバイダーである VGB と、スイスの規制機関 ENSI が、新たな放射線防護専門家のための教育制度を開発した。新たな資格である「Strahlenschutz Techniker (VGB)」「Strahlenschutz Ingenieur (VGB)」及び「Strahlenschutz Meister (IHK)」は、既存の資格を補完する共通基準として貢献している。

2009 年 7 月 1 日以来、原子力発電所における原子力安全と放射線防護に関する新たな技術規則（「原子力発電所の安全基準」<http://regelwerk.grs.de>）を、BMU 及び Länder 当局が試験的に採用した。これらの技術規則のモジュール 9 は放射線防護と関連している。これらの新たな技術規則は、既存のドイツ国内規制と並行して適用される予定である。当該技術規則は、15 カ月の試行期間を経た後、正式に採用される予定である。

2009 年 9 月の連邦選挙の結果、新たな政府が組織された。これに関与する政党は、キリスト教民主党派の 2 つの政党（CDU 及び CSU）と自由党（FPD）であった。今後 4 年間の連合協定の枠内において、それら 3 政党は原子力発電所の最終的な停止を遅延することで合意しており、これはエネルギーの低廉な価格を達成し、諸外国への依存度を低減させるためである。なお、同協定には新たな原子力発電所に関する声明は一切含まれていない。

## ハンガリー

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
VVER	4	0.587（電子線量計による数値） 0.613（フィルム・バッジによる数値）

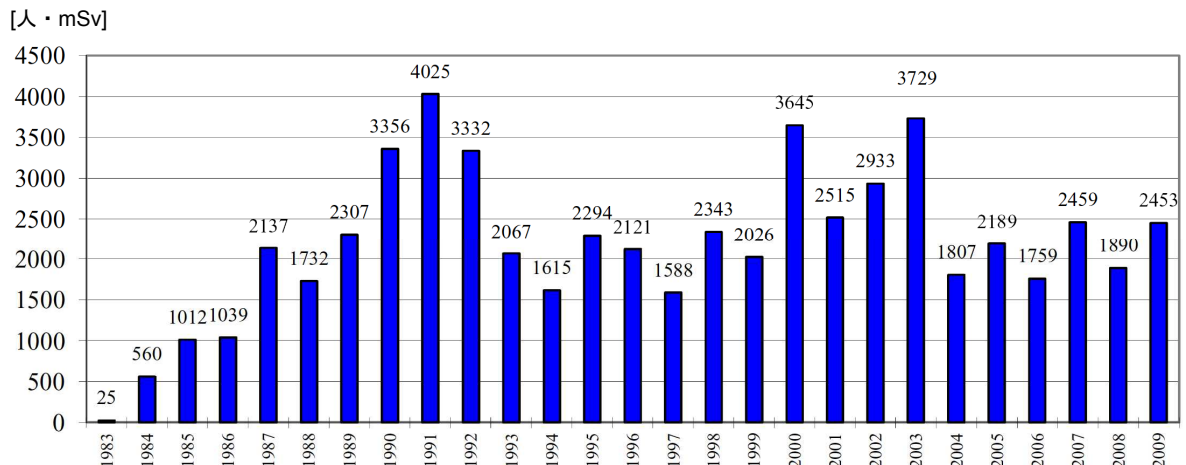
### 国内線量測定値の傾向の概要

運転線量測定結果に基づいて、Paks NPP における 2009 年の集団放射線被ばくは 2,347 人・mSv であった（線量測定作業許可を得たもの：1,745 人・mSv。線量測定作業許可を得ていないもの：601 人・mSv）。最高の個人放射線被ばくは 13.5mSv（電子線量計で測定）で、線量限度 50mSv/年と線量拘束値 20mSv/年をかなり下回っていた。集団線量は、前年と比べて増加した。集団被ばくが増加した主な理由は、実施されたすべての停止であり、特に 3 号機のいわゆる「長期停止」であった。

### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

2009 年には総分解点検（長期保全停止）が 1 回あった。停止による集団線量は、3 号機において 740.5 人・mSv であった。

Paks 原子力発電所における年間集団線量値の変化  
（当局によるフィルム・バッジ・モニタリングの結果に基づく）



2000 年からこのデータは個人線量当量/Hp(10)/として読むものとする。

### 停止の回数と期間

停止期間は 1 号機が 34 日、2 号機が 28 日、3 号機が 70 日、4 号機が 43 日であった。

## 主な展開

Paks NPP の 4 基のユニットが、1982 年から 1987 年にかけて運転状態に入った。設計寿命（30 年間）を考慮すると、それらは、2012 年から 2017 年にかけて停止されるはずである。ハンガリーが現在有している技術的知識に基づき、ユニットの設計寿命を少なくともあと 10 年間延長することが現実的な長期目標として考えられる。

## 機器又は系統の交換及び安全関連事項

2009 年における 3 号機及び 4 号機の放射線防護モニタリング・システム交換は完了した。

## イタリア

### 線量情報

冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
PWR	1	0.002
BWR	2	0.124
GCR	1	0

### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

Garigliano NPP (BWR) : 原子炉建屋におけるアスベスト除去作業

Caorso NPP (BWR) : 使用済燃料の除去・移送作業

## 日本

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv) 及び原子炉タイプ
PWR	24	1.61
BWR	32 (*1)	1.36
合計：全タイプ	56 (*1)	1.47
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv) 及び原子炉タイプ
GCR	1	0.02
LWCHWR	1	0.11

注 (\*1) : 2009 年 11 月 18 日より廃止措置が進んでいる浜岡原子力発電所 1 及び 2 号機 (BWR) を含む。

## 国内線量測定値の傾向の概要

2009 年度における全 LWR による合計集団線量は 82.06 人・Sv で、これは 2008 年度の値 84.02 人・Sv よりも低かった。すべての LWR、BWR 及び PWR に関する 1 基あたりの平均年間集団線量は、それぞれ 1.47 人・Sv、1.36 人・Sv、1.61 人・Sv であった。2009 年の BWR 1 基あたりの集団線量は前年よりも 0.18 人・Sv 減少した。2009 年の PWR 1 基あたりの集団線量は、前年よりも 0.04 人・Sv 増加した。BWR の平均集団線量は、2004 年度以降安定している。一方、PWR の平均集団線量は、去年と今年に増加した。

## 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

PWR の集団線量増加は主に、定期検査期間中の加圧器の修理や装置・配管の交換など、高線量率区域における改修作業によるものであった。また、耐震安全裕度の改善作業が日本の BWR と PWR で実施された。

## 停止の回数と期間

11 基の BWR と 21 基の PWR における定期検査が 2009 年度に完了した。定期検査による平均停止期間は、BWR の場合で 189 日間、PWR の場合で 88 日間であった。BWR における平均期間は前年よりも 51 日間増加し、PWR については前年よりも 56 日間減少した。

## オンラインの新規プラント／プラントの停止

北海道電力の PWR である泊発電所 3 号機が 2009 年 12 月 22 日に商業運転を開始した。

中部電力の浜岡原子力発電所 1、2 号機が 2009 年 1 月 30 日に運転を終了し、2009 年 11 月 18 日より廃止措置に入っている。

## 主な展開

新たな規制検査システムが 2009 年 1 月に実施された。新たな検査システムは、保全プログラムに基づく安全活動を目的とし、安全保障を重要な措置として目指している。このシステムにおいて、一様な検査から、各プラントの特性に沿ったきめ細かな検査に切り替わり、以前は 13 カ月に制限されていた運転期間が最大で 18 カ月又は 24 カ月まで可能となっている。

## 機器又は系統の交換

蒸気発生器と原子炉容器上蓋の交換が一部の PWR プラントで実施された。

## 大韓民国

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv)
PWR	16	0.47
CANDU	4	2.21
合計：全タイプ	<b>20</b>	<b>0.82</b>

#### 国内線量測定値の傾向の概要

2009年においては、20基の原子力発電所（PWRユニット16基、CANDUユニット4基）が運転していた。2009年度における1基あたりの平均集団線量は0.82人・Svであった。前年と同様、2009年の原子炉停止は、大部分の集団線量の原因となっており、集団線量の90.2%は停止期間中に実施された作業によるものであった。20基の運転中ユニットの放射線作業に関与した者は合計で11,723人おり、その合計集団線量は16,320人・Svであった。

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

Wolsung 1号機施設のきわめて大がかりな改良工事により、2009年の集団線量は2008年の10,137人・Svと比べて61%増加した（16,320人・Sv）。

#### 停止の回数と期間

11基のPWRと4基のPHWRで定期検査が完了した。定期検査の合計期間は、PWRの場合で341日間、PHWRの場合で345日間であった。

#### オンラインの新規プラント／プラントの停止

Shin Kori 1号機（PWR、1000MWe）において5月に初めて燃料集合体が装荷され、2010年12月に商業運転が開始される予定である。

#### 機器又は系統の交換

運転年数28年のWolsung 1号機（PHWR）の原子炉圧力管は、運転寿命延長によって生じた圧力管及びカランドリア管のたるみ、伸び、直径拡大及び減肉のため交換が行われている。これら大規模な作業は今年度末までに完了する予定である。

#### 2010年の懸念事項

2010年ISOEアジア地域ALARAシンポジウムが、大韓民国慶州市において8月30日～9月1日に組織された。

## 2010 年の主要作業に関する技術計画

発生源低減のための亜鉛注入が Ulchin 1 号機で実験的に行われている。

## 2010 年の主要作業に関する規制計画

規制専門機関である韓国原子力安全技術院（KINS）は、より客観的かつ広範な規制活動を目指し、利害関係者らの意見を反映させるために、2007 年から規制基準及び規制指針の策定に着手した。これまで小委員会において 18 の分野に関する 115 の規制基準及び 192 の規制指針が作成、検討、決議されており、それらは 2010 年に承認を求めて主要委員会と教育科学技術部（MEST）に提出される予定である。

## リトアニア

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）
LWGR	1	0.7887
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）
LWGR	1	0.1447

### 国内線量測定値の傾向の概要

2009 年における Ignalina NPP (INPP)の職業上の線量は 2005～2008 年のレベルで、0.9334 人・Sv であった（運転中の 2 号機では 0.7887 人・Sv、冷態停止中の 1 号機では 0.1447 人・Sv）。INPP 従業員の集団線量は 0.8639 人・Sv、外部作業員の場合 0.0695 人・Sv であった。2009 年には、2,153 名の INPP 従業員と 1,179 名の外部作業員が INPP 管理区域内の電離放射線の影響下で作業していた。INPP スタッフの平均個人実効線量は 0.40mSv、また INPP スタッフと外部作業員については 0.28mSv であった。INPP スタッフの最大個人実効線量は 11.59mSv で、外部作業員については 2.71mSv であった。

### 線量測定値の傾向の要因となった事象

2009 年の INPP 従業員及び外部作業員の職業被ばく要因に関する計画は、2 号機の停止も含めて作成された。2 号機の停止期間における計画集団線量は、INPP 従業員の場合 0.6 人・Sv、外部作業員の場合 0.185 人・Sv であった。計画的な年間集団線量は、INPP 従業員の場合 1.765 人・Sv、外部作業員の場合 0.258 人・Sv であった。



近日予定の2号機の廃止措置については、2009年末まで修理作業の量を低減し、2号機の通常運転に必要な作業のみを実施することが決定した。停止中の主な作業は、原子炉制御装置の修理作業、安全系統の検査、及び作業現場のガンマ線量低減活動であった。

したがって、INPP 従業員の集団線量は計画線量 (0.8639 人・Sv) の 49%、外部作業員については計画線量 (0.0695 人・Sv) の 27%であった。INPP 従業員及び外部作業員の全般的集団線量は計画線量 (0.933 人・Sv) の 46%であった。

INPP 2号機停止期間中の集団線量の原因となった主な作業を下表に示す。

主な作業	集団線量 (人・mSv)
原子炉容器及び原子炉装置の系統の保全・修理・交換	84.94
断熱作業	33.11
主循環回路の修理	24.73
定型的検査	9.50
原子炉水浄化系統の修理	5.30
照明、一般電気設備	4.81
作業現場の放射線モニタリング	4.69
主循環回路検査の準備	1.68
原子力換気系	1.13
敷地の除染	0.09
その他の作業	7.43

### 停止の回数と期間

2009年には2号機の計画停止が1回行われた (INPP 1号機は2004年12月31日に停止された)。2号機の停止期間は22日間であった。集団線量の分布は以下のとおりであった：通常運転時 - 2号機の年間集団線量 71% (0.432 人・Sv)、停止時 - 2号機の年間集団線量 29% (0.177 人・Sv)。

### オンラインの新規プラント／プラントの停止

政府の決定により、INPP 2号機は2009年12月31日に停止された。INPP 1号機は2004年12月31日に停止されていた。1号機は、技術基準に従い、核燃料を入れたままの冷却状態で使用された。

### 主な展開

2009年には、液体放射性廃棄物の処理のための新たなセメント固化施設 (CSF) と一時貯蔵建屋 (TSB) の運用が継続された。また2009年にはイオン交換樹脂のセメント固化が引き続き行われた。275個のコンテナが廃棄物で満たされ、各コンテナは8本の200リットル・ドラムを収納することができる。2009年において、207.4m<sup>3</sup>のパルプがリサイクルされた。貯蔵施設には684個のコンテナがある。

2009年には、1、2号機から使用済燃料中間貯蔵施設への使用済核燃料輸送が継続された。CONSTORタイプの10個のコンテナ（1号機から4個と2号機から6個）が輸送され、施設内には合計で112個のコンテナがある。使用済燃料中間貯蔵施設は拡張される予定であり、また2010年も使用済核燃料の搬入が継続される予定である。使用済燃料中間貯蔵施設には合計で120個のコンテナが収納される予定で、その作業は2010年3月に完了する予定である。2009年には2号機廃止措置の準備が活発に行われた。

2009年に、INPP 1号機に関する廃止措置プログラム実施計画で予定されていた措置が、さらに実施された。

2010年の目標：

- 1、2号機の安全な廃止措置の継続
- 安全文化レベルの評価と向上
- 品質改善システムの有効性の拡大とその支援
- 最高個人線量は19mSv未満とする。
- 集団線量は1.50人・Sv以下とする。
- ALARA原則の継続的実施

#### **機器又は系統の交換**

2009年には、一部燃焼済核燃料の1号機からの取り出しと、2号機原子炉で再利用するために2号機への輸送が継続され、完了した。2006年以降1号機から取り出された燃料集合体の数は316で、2009年には合計で988の燃料集合体が輸送された。これらの作業により核燃料の購入量を最大で50%低減することができる。2009年12月14日に、1号機からの燃料集合体取り出しが完了した。

#### **想定外の事象**

2009年6月に、2号機で計画外停止が1回あった。

#### **組織の変更**

2009年に、INPPの新たな管理体制が構築され、その妥当性が検証され、また2010年1月1日より、すべての部門がその新管理体制に基づいて刷新される予定である。

#### **2010年の主要作業に関する技術計画**

2009年9月に、B-1プロジェクトに基づき、新たな使用済燃料貯蔵施設の建設が開始された。2009年10月に、B-3/4プロジェクトに基づき、放射性廃棄物処理施設の建設も開始された。2009年11月に、放射性廃棄物貯蔵の設計に関する契約がB-5プロジェクトに基づいて承認された。これらのプロジェクトに関連するすべての作業が2010年において継続される予定である。

## 2010年の規制作業と来年の計画

リトアニア共和国の公衆及び環境を、INPP の活動がもたらす電離放射線の有害な影響から守るために、厚生大臣が適用する放射線防護の国内管理規制に基づいて、INPP 及び外部組織に対する国内放射線防護管理が確立・実施される。

2010 年に向けて、放射線防護センターは INPP における 4 回の検査と外部組織における 12 回の検査を実施するにあたっての計画を策定した。2010 年の INPP における検査の主な課題は以下のとおりである。

- 外部作業員の放射線防護
- 職業被ばく
- INPP で使用されるあらゆる電離放射線カテゴリー・ソース（線源）に対する放射線防護
- 輸送中の線源及び放射性廃棄物の放射線防護
- INPP で実施されるラジオグラフィー作業中の作業員の放射線防護

INPP 廃止措置関連文書の審査が引き続き行われる予定である。

リトアニアにおける放射線防護と原子力安全基盤を最適化するために、放射線防護センターと State Nuclear Power Safety Inspectorate（リトアニア原子力安全検査局）の再編成に関する Government Resolution No. 143（政府決定 No. 143）、並びに新たな規制機関である Nuclear and Radiation Protection Regulation Agency（原子力・放射線防護規制局）の設立が、2010 年 2 月 10 日に採択された。同局は、適切な法的基盤が確立された後に設立される予定である。

## メキシコ

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）
BWR	2	2.32

### 国内線量測定値の傾向の概要

Laguna Verde 原子力発電所（LVNPP 又は単に LV）は 2 基の GE 社製 BWR ユニットで構成され、メキシコで稼働している唯一の原子力発電所である。2008 年に集団線量のピークが見られて以来、同プラントのパフォーマンスは向上しており、2009 年の集団線量は 2008 年のおよそ半分であった。この数値は未だ高いと思われ、また、短期的な解決策はないように思われる。その理由は、放射線源を低減するために必要ないくつかのプラント改修が実施されるか否かに強く関わる問題であるからである。

## 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

- a) **クラッド・バースト**：原子炉水化学の不安定により生じ、炉内構造物の応力腐食割れを防ぐための貴金属及び水素の添加により誘発されるクラッド・バーストは、なおも当該プラントの線量率に著しい影響を及ぼしており、そしてそれは特に燃料取替停止時のドライウエル中においてである。BRAC 指数（再循環配管の表面線量率）が 2 サイクルで増加し、1 号機では 0.82mSv/h から 4mSv/h に、2 号機では 0.58mSv/h から 5mSv/h に増加した。
- b) **出力増強活動**：2 号機におけるフェーズ 1 の出力増強活動は、4 つの蒸気加熱器の置換、2 つの主蒸気再熱器の置換、及び主復水器パイプの置換（Cu-Ni からチタンへの置換）で構成された。
- c) **出力増強後の活動**：高放射線区域における蒸気漏れの補修、その他の改善活動が、出力増強プロジェクト（1、2 号機における改修、新たな機器及び配置）を通じて開始された。

## 停止の回数と期間

2 号機 — 第 10 回燃料取替停止（U2RFO10）：54 日間（出力増強プロジェクト・フェーズ 1 を含む）

## 主な展開

### 出力増強プロジェクト

LV 出力増強プロジェクトの目的は、各ユニットの定格出力を 20%増大させることである。このプロジェクトの 1 号機のフェーズ 1 は、2008 年 9～11 月に達成され、2 号機については 2009 年 4～5 月に達成された。

各ユニットのフェーズ 1 の主な構成は以下のとおりであった。

- 4 つの蒸気加熱器の置換
- 2 つの主蒸気再熱器（MRS）の置換
- 主復水器パイプ（Cu-Ni）のチタン製パイプへの置換
- タービン建屋換気空調系（HVAC）の再設計

双方のユニットに関する LV 出力増強プロジェクトのフェーズ 2（最終フェーズ）は、2010 年の U1RFO14（2009 年 4、5 月）及び U2RFO11（9、10 月）の期間に行われる予定である。フェーズ 2 は以下の活動を特徴としている。

- タービンの置換
- 発電機の置換
- 復水蒸気排出装置の再設計
- 復水浄化系への 2 段階追加
- 復水ポンプ及び復水ブースター・ポンプの追加
- 安全逃し弁（SRV）の補強

## 新規／実験的線量低減プログラム

LV の集団線量を大幅に低減するために解決すべき主要課題は、現在の高放射線発生源（発生源）に関連している。LVNPP は現在、この懸念事項に対する最善の解決策を電力研究所（EPRI）と共に追求している。計画案における主な対策には以下が含まれている：給水中の鉄分濃度の低減、運転中の貴金属添加、原子炉冷却材浄化設備（RWCU）及び復水浄化フィルターの効率向上、並びに化学的除染。これは中期的プロジェクトであると思われるが、成功させるためには適切な手順を適用することが不可欠である。

短期的には、両ユニットの原子炉容器からの物理的なクラッド除去（真空化）が、2010 年の両ユニット燃料取替停止で計画されている。

## 2010 年の懸念事項

集団線量・発生源の低減。

## 2010 年の主要作業に関する技術計画

出力増強プロジェクトのフェーズ 2（「主な展開」を参照）：1 号機燃料取替停止 14 日間（2010 年 4、5 月）及び 2 号機燃料取替停止 11 日間（2010 年 9、10 月）

## オランダ

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）
PWR	1	0.242
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）
BWR	1	0.00058

オランダは、Dodewaard と Borssele の 2 つの原子力発電所を保有している。

GKN が運営していた Dodewaard BWR（57MWe）は、政治的及び経済的理由により 1997 年 3 月に停止された。同プラントを「安全な閉鎖」（40 年間）に移行させるための改修作業が、2005 年 7 月 1 日に完了した。過去数年間において、多数の建屋が解体され、いくつかの廃止措置活動が実施されてきた。換気、水処理及び放出物モニタリングのための新しいシステムが構築された。今後は毎年、一部の監視及び保全活動が引き続き実施される予定である。2009 年の集団年間線量（自体のスタッフのみの線量）は 0.58 人・mSv で、主にいくつかの追加検査によるものであった。

NV EPZ 社が運営している Borssele プラント (515MWe) はベースロード・ユニットである。このプラントは、今年に至るまで 34 年間商業運転を行ってきた。同プラントにおける大規模バックフィットが 1997 年と 2006 年に完了した。プラントの電気出力は、2006 年に 515MWe まで引き上げられた。4 月の年次停止は 28 日間続き、いくつかの保全・検査作業を伴う短期停止であった。停止時の集団線量は 0.182 人・Sv であった。年間集団線量は合計で 0.242 人・Sv となった。2009 年における平均個人線量は、プラント要員の場合で 0.26mSv、請負業者従業員の場合で 0.43mSv であった。最高年間個人線量は、プラント要員の場合で 3.31mSv、請負業者従業員の場合で 3.53mSv であった。

プラントの将来について：2034 年までの長期運転 (LTO) を可能にするプログラムと計画が当該組織内で作成されつつある。

## パキスタン

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの年間平均集団線量 (人・Sv/炉)
PHWR (KANUPP)	1	1.858
PWR (CNPP-1)	1	0.232

## ルーマニア

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
CANDU	2	0.243

### 国内線量測定値の傾向の概要

#### Cernavoda NPP における職業被ばく (2000~2009 年 10 月)

	内部実効線量 (人・mSv)	外部実効線量 (人・mSv)	合計実効線量 (人・mSv)
2000	110.81	355.39	466.2
2001	141.42	433.44	574.86
2002	206.43	344.04	550.48
2003	298.02	520.27	818.28
2004	398.26	258.45	656.71
2005	389.3	342.29	731.59
2006	302.27	258.79	561.06
2007	83.34	187.49	270.83
2008	209.3	479.34	688.6
2009	67.6	417.7	485.3

## 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

### プラント（1、2号機）の通常運転

両ユニットの通常運転期間中、個人線量や集団線量に影響を及ぼした可能性のある放射線事象はなかった。2009年末の時点では以下のとおりであった。

- 個人線量が5mSvを上回る従業員が13名いたが、いずれも10mSvを超える個人線量（計画外被ばく）ではなく、15mSvを超える個人線量もなかった。
- 同年初め以降の最高個人線量は7.18mSvである。
- トリチウム摂取による内部被ばくへの寄与度は13.9%であった。

### 計画停止

2009年5月9日～6月1日に、2号機で23日間にわたる計画停止があった。集団線量の原因となった主な活動は以下のとおりであった。

- 13回の燃料チャネル検査
- フィーダーの検査／計測
- 燃料装荷機ブリッジ構成機器の予防保全
- 計画停止時の強制試験プログラム
- 強制検査プログラム

計画停止終了時の合計集団線量は133人・mSv（トリチウム摂取による、122人・mSvの外部線量と11人・mSvの内部線量）であった。

最終的に、この計画停止の2009年集団線量に対する寄与度は27%であった。

### 計画停止時の線量に関する履歴

年	ユニット	間隔	受けた集団線量（人・mSv）		
			外部	内部 ( <sup>3</sup> Hの摂取)	合計
2003	1	15.05～30.06	345	161	506
2004	1	28.08～30.09	153	179	332
2005	1	20.08～12.09	127	129	256
2006	1	9.09～4.10	103	107	210
2007	2	20～29.10	16	0	16
2008	1	10.05～03.07	187	111	298
2009	2	09.05～01.06	122	11	133

## **放射線防護関連の問題**

2009 年においては、1 号機の「空气中トリチウム・モニタリング」システムの改善が引き続き実施され、その際に 4 つのループが設置された。システム効率を向上させるために、1 つの補足的なローカル・モニタリング・ユニットが設置される予定である。したがって、このシステムには 5 つのローカル・モニタリング・ユニットが設けられることになる。

5 つ目のループの設置契約が締結され、この設置は 2010 年 7 月末に完了する予定である。

区域警報ガンマ線モニター（AAGM）システムの拡張及び改良が進行中である。

2009 年の 2 号機計画停止時に、4 つのループが改良され、1 つのループは作動中に改良が行われた。

2010 年の 1 号機計画停止時に、残り 3 つのループが改良される予定である。

長期間にわたる重水トリチウム除去施設プロジェクトが進行中である。CANDU 原子炉減速材・一次熱伝達系のトリチウム濃度を低減させる技術を試験するための試験プラントが試運転中である。

### **2009 年の懸念事項**

2009 年の主な懸念事項は、2 号機の計画停止期間中に実施された高い放射線影響を伴う重要作業であった。

### **2010 年の懸念事項**

2010 年の主な懸念事項は、1 号機計画停止中に実施される予定となっている高い放射線影響を伴う活動である（末端金具位置決めアセンブリーの再配置や蒸気発生器の ECT 検査など）。



## ロシア連邦

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
PWR (VVER)	15	0.805
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
PWR (VVER)	2	0.084

### 国内線量測定値の傾向の概要

6機の運転中 VVER-440MWe 型原子炉及び9機の運転中 VVER-1000MWe 型原子炉については、2009年の合計実効年間線量（電気事業者従業員及び請負業者作業員）は 12.070 人・Sv であった。この結果は、2008年合計集団線量 10.408 人・Sv よりも 23%すなわち 2.415 人・Sv の増加を意味している。

VVER-440 型原子炉と VVER-1000 型原子炉の比較分析では、平均年間集団線量にかなりの差異があることが示されている。2009年の数値は以下のとおりであった。

- VVER-440MWe 型の場合、1.254 人・Sv/炉
- VVER-1000MWe 型の場合、0.496 人・Sv/炉

ロシア内すべての、VVER を保有するプラントの最大個人線量は 18.46mSv であった。これは 2009年に Novovoronezh NPP で保全作業員 1名が徐々に受けた線量である。

### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

2009年における合計集団線量増加の主な原因は、一部の原子炉の年間停止期間が著しく増加したことと、修理・保全作業が増加したことであった。2009年における、ロシア内すべての VVER の計画停止合計期間は 753 日であった。2008年については 659 日であった。

年間集団線量が最も増加したのは Novovoronezh 3号機 (VVER-440MWe) であった。2009年に燃料取替を伴う大規模な保全停止が実施され、100%被覆管破損検出、燃料集合体の位置特定、及び蒸気発生器の一次側と二次側の間の漏えいの修理が実施された。この修理活動の結果、Novovoronezh 3号機の年間集団線量は、前年を 2.291 人・Sv 上回る 3.661 人・Sv に達した。また、この結果は、ISOEに初参加した 2002年（起動した年）以来、Novovoronezh 3号機における最高値であった。

### 計画停止の期間と集団線量

原子炉	期間 (日)	集団線量 (人・Sv)
Balakovo 1	停止なし	--
Balakovo 2	40	0.313
Balakovo 3	62	1.049
Balakovo 4	44	0.337
Kalinin 1	45	0.566
Kalinin 2	69	0.743
Kalinin 3	40	0.128
Kola 1	60	0.797
Kola 2	72	0.874
Kola 3	60	0.475
Kola 4	37	0.273
Novovoronezh 3(*)	71	2.492
Novovoronezh 4	50	1.264
Novovoronezh 5	69	0.615
Volgodonsk 1	34	0.043

(\*) Novovoronezh 3号機では2回の計画外修理停止があった(3月24日～4月5日と、4月16～6月12日)。これらの停止による合計集団線量は0.881人・Svであった。

### オンラインの新規プラント

2009年12月に、VVER-1000MWe型原子炉 Rostov NPP (Volgodonskとしても知られる) 2号機が初の臨界に達した。商業運転の予定日(暫定)は2010年10月である。

### 新規線量低減プログラム

新たな概念的プログラム「ロシアの原子力発電所における職業被ばく最適化」が、2009年にコンツェルン Rosenergoatom (ロシアの運転事業者)によって策定された。このプログラムの実施は2010～2014年に予定されている。この期間の終了までの目標は以下のとおりである。

- すべてのVVER型原子炉の平均年間集団線量：0.6人・Sv
- 年間個人線量18mSvを超える者を出さない。2010～2014年あたりで個人線量75mSvを超える者を出さない。また、年間個人線量1mSvを超える者の数を30%未満に抑える。

### 2010年の懸念事項

- ロシアの原子力発電所における職業被ばくの分析に基づく、年間個人管理線量レベルの数値の算定及び妥当性確認
- VVER-1000MWe型原子炉の18カ月燃料サイクル実施に向けた準備活動の継続
- 放射線関連の掲示や表示に関する一律のガイドラインの策定
- 放射線管理作業員プロフェッショナル・コンテスト最終段階の企画及び実施
- 新型の電子式個人線量計(EPD)の配布準備
- 職業放射線防護における自己評価に関する推奨事項策定
- 外部作業員のための放射線手帳に関するガイドライン策定

## スロバキア共和国

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
VVER	4	0.190
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
VVER	2	0.106

#### 国内線量測定値の傾向の概要

*Bohunice NPP* (2基 - Bohunice 3、4号機) : 法定フィルム線量計で算出した2009年のBohunice NPPにおける合計年間実効線量は、266.515人・mSv (従業員: 138.973人・mSv、外部作業員: 127.542人・mSv) であった。最大個人線量は4.553mSv (原子力発電所の従業員) であった。

*JAVYS NPP* (2基 - Bohunice 1、2号機) : 法定フィルム線量計で算出した2009年におけるJAVYS NPPの合計年間実効線量は、211.96人・mSv (従業員: 11.97人・mSv、外部作業員: 199.99人・mSv) であった。最大個人線量は5.273mSv (外部作業員) であった。

*Mochovce NPP* (2基) : 法定フィルム線量計及びE<sub>50</sub>に基づいて見積もった2009年におけるMochovce NPPの合計年間実効線量は、493.304人・mSv (従業員: 174.192人・mSv、外部作業員: 319.112人・mSv) であった。最大個人線量は5.770mSv (原子力発電所の従業員) であった。

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

*Bohunice NPP* : 標準運転と短期停止が、低い線量測定データの結果に影響を及ぼした。

*JAVYS NPP* : 1号機は運転しておらず、廃止措置の準備段階に入っている。2009年には、1号機のすべての核燃料が使用済燃料貯蔵施設に移送された。2号機は、計画停止のため2009年1月1日以降運転していない。

#### 停止の回数と期間

*Bohunice NPP* :

- 3号機: 24.4日間の標準保全停止。集団被ばく線量は99.59人・mSvであった。
- 4号機: 25.2日間の標準保全停止。集団被ばく線量は95.537人・mSvであった。

*JAVYS NPP* :

- 1号機: 2007年1月1日以降運転停止
- 2号機: 2009年1月1日以降運転停止

#### *Mochovce NPP :*

- 1号機：51.5日間の大規模な保全停止。集団被ばく線量は375.705人・mSvであった。
- 2号機：27日間の標準保全停止。集団被ばく線量は89.438人・mSvであった。

注：本項のすべてのデータは電子式運転線量計から得たものである。

#### **オンラインの新規プラント／プラントの停止**

新規原子力発電所：Mochovce 3、4号機の完成。2009年に主要供給業者との契約書に署名。完成に向けた準備作業が開始された。

JAVYS NPPの2号機の停止：2号機が2008年12月31日に停止された。両ユニット（1、2号機）は2011年までの運転認可を得ている（1号機：2011年6月、2号機：2011年10月）。両ユニットとも廃止措置の準備に入っている。

#### **主な展開**

*JAVYS NPP*：1、2号機の廃止措置の準備（廃止措置のための新たな認可への準備）

機器又は系統の交換

#### *Bohunice NPP :*

- 原子力発電所用定置型放射線防護システムの主要電子部品の交換
- 主要な原子力発電所のゲートの古い個人汚染モニターの交換
- 既存の放射線防護情報及び作業管理ソフトウェアを新たなソフトウェア環境に変換する作業（Bohunice NPPとMochovce NPPに共通）
- 古い液体放出物モニターの交換
- サイト内（非常用シェルター、保安事務所、制御室など）に追加的な検出器（14台）の設置
- 非破壊検査（NDT）室、非常用シェルター、消防事務所など、特定の場所における、EPDを含めた運転線量測定ターミナルの強化

*JAVYS NPP*：古い携帯計器の交換

*Mochovce NPP*：原子力発電所用定置型放射線防護システムの主要電子部品の交換

#### **安全関連事項**

*JAVYS NPP*：廃止措置のための新規認可への準備

#### **新規／実験的線量低減プログラム**

JAVYS NPP : 使用済燃料プール内の装置の遠隔・水中清掃

#### 2010 年の主要作業に関する技術計画

Bohunice NPP : 熱交換器室入口ゲートの古い個人汚染モニターの交換

JAVYS NPP : サイト内放射線の特性評価及び廃止措置関連データベースの完成

Mochovce NPP : 2010 年 1 月 1 日より、作業管理、RWP 管理、放射性線源管理、及び放射線防護実験結果の管理に関する、安全評価原則 (SAP) の実施、並びに個人線量管理システム SEOD の実施

#### 2010 年の主要作業に関する規制計画

- JAVYS NPP (Bohunice V1) の廃止措置、及び認可プロセス
- Mochovce NPP 3、4 号機の建設及び検査

## スロベニア

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
PWR	1	0.653

#### 国内線量測定値の傾向の概要

2000 年の蒸気発生器交換後の集団線量傾向は、過去 10 年間における減少を示している。2007～2009 年期間における 3 年間集団線量平均は、前回の 0.63 人・Sv から 0.55 人・Sv に減少した。燃料サイクルは 18 カ月である。

最大個人年間線量は 6.84mSv、1 人あたり平均線量は 0.56mSv であった。

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

停止時集団線量は 0.53 人・Sv であった。これは蒸気発生器と原子炉容器上蓋の供用期間中検査 (ISI) を伴う燃料取替停止による線量である。

#### 停止の回数と期間

31 日間の計画停止が 1 回あった。

#### 主な展開と線量低減プログラム

線量低減プログラムが、特別プラント管理マニュアルに基づいて策定されている。このプログラムは ALARA 委員会会議において定期的にレビューされている。線量低減プログラムを支援するための今後 3 年間の活動は以下のとおりである。

- 原子炉容器上蓋の供用期間中検査のための技術が開発されており、必要に応じて有能なロボットによるジョイント溶接部の研磨が可能である。ジョイント溶接部（完了済み）の余分材料のロボット研磨が最初を実施されたのは 2009 年であった。
- 原子炉容器上蓋交換プロジェクトが 2012 年に予定されており、新たな恒久的ガンマ遮へい体や着脱可能な中性子遮へい体が用いられ、設置・移送手順を簡素化するための、その他いくつかの改良が行われる予定である。
- 原子炉容器上蓋スタッドのテンショニング最適化
- 原子炉冷却材 pH の 7.1 から 7.2 への増加
- 原子炉キャビティ・サンプル清掃や水ろ過のための装置

#### **2010 年の主要作業に関する技術計画**

- 原子炉容器に関する 10 年間 ISI プログラム
- 加圧器溶接肉盛り
- タービン発電機起動装置の交換
- 2023 年以降 20 年間の運転許可延長

#### **2010 年の主要作業に関する規制計画**

スロベニア原子力安全委員会（SNSA）とスロベニア放射線防護管理部（SRPA）は、Krško NPP の運転に対する規制管理と検査・監督を実施する予定である。

## 南アフリカ共和国

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量 (人・Sv/炉)
PWR	2	0.744

#### 国内線量測定値の傾向の概要

2009年に Koeberg 原子力発電所は 1、2 号機双方の通常保全停止を実施した。2009 年の全般的な集団線量平均値 (0.744 人・Sv) は、2008 年の平均値 (0.749 人・Sv) をわずかに下回った。ただし、2008 年の通常保全停止が 1 回のみであったのに対し、2009 年には 2 回の停止が実施された。

#### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

1、2 号機双方で保全停止が実施され、それらの停止期間中に安全関連の改造が行われた。1 号機での 12 件の改造により 155.4mSv の被ばくが生じ、2 号機の改造により 67.2mSv の被ばくが生じた。

#### 停止の回数と期間

2009 年には 2 回の計画保全停止が実施された。Koeberg NPP における 2009 年の合計線量の約 80.3%が 2 回の停止によるものであった。1 号機の停止期間は 70 日、2 号機は 58 日であった。

#### 機器又は系統の交換

2009 年に新たな放射線作業員線量アクセス制度が実施された。

#### 2010 年の懸念事項

線量低減イニシアチブが引き続き Koeberg 原子力発電所の優先事項となる予定である。

## スペイン

### 国内線量測定値の傾向の概要

2009 年における PWR (5 基) の燃料取替停止 1 回あたりの平均線量は 0.842 人・Sv であった。BWR (2 基) の停止 1 回あたり平均線量は 1.88 人・Sv であった。プラントごとの年間集団線量と停止時集団線量は以下のとおりである。

原子力発電所	型	停止時集団線量 (人・Sv)	日数	年間集団線量 (人・Sv)	コメント
Almaraz I	PWR	0.730	71	0.764	(*) 停止なし
Almaraz II	PWR	0.696	52	0.747	
Ascó I	PWR	0.854	55	0.826	
Ascó II	PWR	----	----	0.023	
Vandellos II	PWR	1.122	137	1.211	
Trillo	PWR	0.808	53	0.777	
S.M Garoña	BWR	1.340	35	1.726	
Cofrentes	BWR	2.421	46	2.896	(*)

(\*) 停止時集団線量と年間集団線量との間で見られる不一致の理由は、停止時線量が ED (記録レベル 0.001mSv) を用いて記録された実用線量であり、年間線量が TLD (記録レベル 0.100mSv) を用いて記録された公式線量であることである。

PWR の年間集団線量に関しては、今年 (2009 年) の平均が 0.72 人・Sv で、3 年移動平均が 0.51 人・Sv であった。BWR の年間集団線量に関しては、平均合計集団線量は 2.31 人・Sv であった。3 年移動平均は 2.32 人・Sv であり、2007 年に得られた線量測定結果の影響が未だに見られる。来年には大幅な減少が予想される。

年	PWR			BWR		
	停止	集団線量 (人・Sv)	3 年移動平均	停止	集団線量 (人・Sv)	3 年移動平均
2004	4	0.31	0.41	0	0.46	1.38
2005	5	0.38	0.37	2	2.32	1.65
2006	5	0.38	0.36	0	0.41	1.06
2007	5	0.51	0.42	2	4.15	2.29
2008	3	0.29	0.39	0	0.50	1.69
2009	5	0.72	0.51	2	2.31	2.32

S. M. Garoña NPP では、高線量区域での弁の修理のために 2 回の計画外停止が行われ、活発な ALARA 活動につながったが、年間集団線量の増加が予想される。作業員 3 名が、一時的に再分類された「恒久的な規制管理区域」に不注意に侵入したため、それらの区域へのアクセスを封鎖する決定が下された。作業員らはアクセス・ドアの「立ち入り禁止」の掲示に気づかなかったのである。幸いにも被ばく線量は微少であった。

Vandellós II NPP では大規模な燃料取替停止が 137 日間に及び、これは使用済燃料貯蔵プールと余熱除去系統を冷却する非常用冷却系を改造するためであった。主な放射線影響を伴う作業は、加圧器ノズルの溶接肉盛りであった。一方、一次回路内への亜鉛注入の結果、蒸気発生器ゾーン



の線量率が 30%低下した。現在このプラントは、組織強化及び世代交代に向けた計画を実施している。

Almaraz I 及び II NPP における燃料取替停止による線量は、II 号機の蒸気発生器の非破壊検査後に発見された欠陥のため、予想を上回った（実際に、年間線量及び燃料取替による線量の目標値の評価をわずかに修正しなければならなくなった）。そのため、残りの蒸気発生器の検査と、158 の閉栓及び 78 の補強材の取り付けを余儀なくされた。また、これにより I 号機蒸気発生器の計画検査も長引いたが、管の閉栓は不要であることが判明した。加圧器の溶接肉盛りで生じた線量の測定結果はきわめて良好で、I 号機で 0.88 人・Sv、II 号機で 0.90 人・Sv であった。

Ascó I NPP の管理区域へのアクセスに変更があり、同様に Ascó II NPP も 2010 年に変更が予定されている。これらの変更は、II 号機の格納容器建屋出口の設計変更と併せて、汚染の拡散を最小化することが予想される。制御建屋の排水ウェルで汚染の形跡が検出されたため、放射線とは無関係な建屋におけるウェルとサンプの放射線管理が開始され、また、放射線モニタリングの対象となっていない建屋や構築物の内部並びに屋外区域に関する特別監視プログラムが策定された。放射線防護部門の人材拡張のためのプログラムが開始され、4 名の新規作業員を追加してスタッフの増強が図られた。追加スタッフは、訓練プログラムを経て、2010 年前半を通じて編入される予定である。

Jose Cabrera NPP は現在、最終的な冷態停止状態にあり、合計集団線量は 0.244 人・Sv となっている。2009 年 1 月から 9 月にわたる使用済燃料の乾式貯蔵容器への除去が、集団線量に影響を及ぼす最も重要な作業であった。2009 年に、放射線防護スタッフが 6 名から 3 名に削減された。これは、新たな状況によって作業量が減ったためである。

スペイン規制機関 (CSN) は、Jose Cabrera NPP の廃止措置要請について検討し、廃止措置活動に関する責任が ENRESA に委譲された。廃止措置プロセスは 2010 年に開始する予定である。

CSN が検討を行ったもう 1 つの重要問題は、S. M. Garoña NPP が要請した 10 年間の運転許可延長であった。CSN はその要請の適合性を産業大臣に報告した。産業大臣は 2009 年 7 月 3 日に、最終停止を 2013 年 7 月 6 日とする決定を発表した。

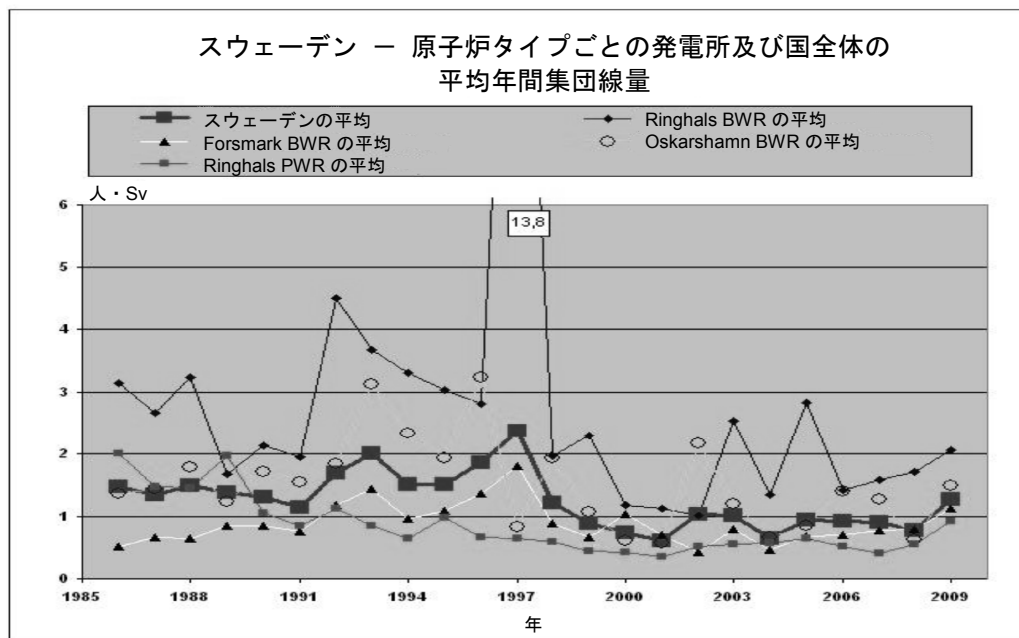
## スウェーデン

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
PWR	3	0.92
BWR	7	1.40
合計：全タイプ	10	1.26
冷態停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv）及び原子炉タイプ
BWR	2	0.028

### 国内線量測定値の傾向の概要

2005 年以降、スウェーデンの原子力発電所の集団線量及び個人線量は変動的傾向を示している。2009 年の少なくとも 1 カ月間（線量測定読み取り期間）で、原子力発電所の 6,400 人を超える人たちが少なくとも 0.1mSv（TLD 線量）に被ばくしたとして登録された。その結果、スウェーデンの合計集団線量は 12.6 人・Sv、平均個人線量は 1.95mSv、最高年間個人線量は 22.8mSv（プラント最高個人線量：19.6mSv）となった。ここに示す数値には Barsebäck NPP の閉鎖中の 2 基の原子炉における被ばく線量（0.1mSv を上回る線量を受けた者 82 名、集団線量 0.055 人・Sv、平均線量 0.1mSv、最大線量 4.21mSv）が含まれていることに留意されたい。



## 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

近代化、プラント寿命延長、安全関連対策（規制要求）及び出力増強に関するいくつかのプロジェクトが進行中である。これらのプロジェクトの数と範囲の増加は、必然的に運転期間及び停止期間中に実施される設置作業の量をますます増加させ、線量測定値の傾向に影響を及ぼしている。

Forsmark 2 号機では、停止期間中の合計集団線量はおよそ 2,250 人・mSv であった。およそ 1,500 人・mSv が、中間熱交換器／過熱器の交換（799 人・mSv）、HP タービン及び弁の交換（430 人・mSv）など、タービン側での作業によるものであった。

Ringhals 2 号機では、格納容器フロアの改修や壁面被覆（塗装）によりおよそ 800 人・mSv の集団線量が生じた（予測値は 300 人・mSv）。TWICE（Ringhals 2 号機の計装及び制御室の入れ替え）プロジェクト（制御室の完全な入れ替え）が終了し、408 人・mSv が生じた。

Oskarshamn 3 号機では、LP タービン、中間熱交換器、減速材タンクの蓋、原子炉容器湿水分離器、主蒸気・給水隔離弁、主循環ポンプのインペラなどの交換を伴う近代化が行われた。

## 2009 年における停止の回数と期間

プラント	原子炉タイプ	停止期間（日）	集団線量（人・Sv）	コメント
Forsmark 1	BWR	22	507	1 日の延長
Forsmark 2	BWR	108	2251	タービン・プラントの新規 HP タービン及び中間熱交換器・過熱器に関する大規模な作業による 62 日間の延長
Forsmark 3	BWR	47	235	制御棒シャフト検査・修理による 19 日間の延長
Oskarshamn 1	BWR	31	830	MTL 試験による 7 日間の延長
Oskarshamn 2	BWR	55	1050	LP タービン交換による 15 日間の延長
Oskarshamn 3	BWR	287	2530	近代化プロジェクトにおける技術的問題による 195 日間の延長
Ringhals 1	BWR	260	1924	計画では 63 日間であったが 2009 年に 260 日間に延長、プラント運転は 2010 年 3 月 9 日、合計で 359 日間。 プロジェクトにおける技術上の難点及びバルブ材に関する懸念による追加作業。
Ringhals 2	PWR	220	1912	計画では 145 日間であったが 2009 年に 220 日間に延長、プラント運転は 2010 年 2 月 28 日、合計で 281 日間。 主に近代化プロジェクト TWICE における遅延が原因。
Ringhals 3	PWR	22	195	予定どおり
Ringhals 4	PWR	26	462	予定どおり

（停止時集団線量は EPD 線量として登録されている）

## 機器又は系統の交換

スウェーデンの原子力発電所における近代化、プラント寿命の延長、安全関連対策（規制要求）及び出力増強の結果として、多くの機器・系統の改造・交換が行われ、かなりの線量結果をもたらしている。線量測定値の傾向に影響を及ぼしたその他の主要作業例として、原子炉保護系（RPS）の改造、多様性・冗長性のある余熱除去系統及び冷却水系統の設置（BWR）、HP/LPタービン及び原子炉容器内部構造物の交換などが挙げられる。

Forsmark 3号機及びOskarshamn 3号機：それぞれのユニットにつき、104個及び169個の制御棒シャフトを、亀裂の生じにくい新設計のシャフトと交換

## 安全関連事項

Forsmark 3号機及びOskarshamn 3号機：制御棒シャフトに亀裂を発生させないための恒久的対策を実施

## 想定外の事象

Oskarshamn 1号機：炉心境界に位置するCRDMメカニズムにおいて高線量率（650mSv/h）が検出された。

## 組織の変更

2005年のBarsebäck NPP (BKAB) の運転終了以降、BKABは国内外の組織及び企業の研修コース・試験・研究のためにサイトを開放した。現在予定されている研修コースは、作業方法、安全規制・安全文化、ALARA及び優秀な専門家パフォーマンスに関する、全般的な訓練を目指している。全系統の除染が2007、2008年に実施され、その結果は両ユニット共に良好で、線量率の低減及びプラント可用性の向上につながった。詳細情報についての問い合わせ先：  
bengt.sikland@barsebackkraft.se

ALARAに関する欧州コース（原子力施設の理論から実践）が2011年2月にBarsebäckで開催される予定である（<http://www.eu-alara.net/>）。

## 2010年の懸念事項

スウェーデンの原子力発電所では、OSART検査が完了した（Forsmark：2008年、Oskarshamn：2009年及びRinghals：2010年）。大規模な追加作業を伴うフォローアップが、原子力発電所の放射線防護の最善慣行に向けた最適化につながっている。スウェーデンの原子力発電所における協同的な歩調及び放射線防護分野で用いられている方法は、OSARTミッションがもたらした結果の一例である。

## 2010 年の主要作業に関する技術計画

スウェーデンの原子力発電所の例として Forsmark NPP を挙げると、炉内構造物の交換が行われ、これにより蒸気中の水分含有量が低下し、タービン系統の線量率低下につながる事が期待される。また、出力増強に先立ち、タービン・プラント内の重要な改造作業に向けた準備の変更があった。HP タービン・バルブ振動の問題を解決するために対策が講じられた。

Ringhals 1 号機：主循環弁へのプレストレスト・クランプの設置（12 カ所）、及び給水弁の交換（ステライト）

## 2010 年の主要作業に関する規制計画

Ringhals NPP、Oskarshamn NPP、及び Forsmark NPP の定期安全審査が 2010 年に実施される予定である。特に放射線防護問題が対象となり、この分野への取り組みが予定されている。

SSM は、基本的な規制監督に加え、以下の職業被ばく分野に対する監督に重点を置く予定である。

- スウェーデンの全身放射能計測システム検査。2010 年に、同システムは新たな認可に向けて再審査される予定である。
- 原子力発電所におけるラジオグラフィ作業の検査。特に放射線防護問題における原子力発電所と請負業者の間の共同作業が検査対象となる予定である。

## スイス

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1 基あたりの平均年間集団線量（人・mSv）及び原子炉タイプ
PWR	3	359
BWR	2	1038

### 国内線量測定値の傾向の概要

およそ 10 年前以降、スイスの原子力発電所における 5 年間平均集団線量は安定している。1 件の想定外の事象（下記参照）を除いて、2009 年の最高個人線量は 8.9mSv/年であった。すべての原子力発電所ですべての者の個人線量が運転中の年間線量拘束値（原子力発電所の目標）10mSv/年を大幅に下回ったのは、スイスにおける原子力発電開始以来初めてである。

### 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

全般的な傾向として、水化学の発達による発生源減少が、一次冷却ループにおける線量率低下に徐々につながりつつある。ただし、Gösgen NPP では 2008 年及び 2009 年にいくつかの小規模な燃料被覆漏れが発生した。

### 停止の回数と期間

各原子力発電所は 2009 年に計画停止を 1 回実施し、平均期間は 27.2 日（最短：12 日、最長：47 日）であった。計画外の停止はなかった。

### オンラインの新規プラント

2008 年に 3 地点の新規原子力発電所に関する一般認可申請があった。2009 年には、規制機関スイス連邦原子力安全検査庁（ENSI）が専門家の意見をとりまとめた。2010 年中旬に技術的な知見が発表される予定である。2014 年に国民投票が実施される可能性がある。建設認可が 2018 年頃に発行される予定である。

### 機器又は系統の交換

Beznau NPP においてバップル・ボルトの交換が開始され、2010 年の停止期間中に終了した。

### 想定外の事象

2009 年 8 月 3 日に、Beznau NPP (KKB) の作業員 2 名が法定年間線量限度 20mSv を超える放射線に被ばくし、保全作業員 1 名が 37.8mSv、放射線防護作業員（放射線防護管理者）が 25.4mSv の線量を受けた。このインシデントは様々な安全対策の不具合を示している。この事故は INES レベル 2、すなわち「作業員の過剰被ばく」として評価された。これらの線量が決定的な有害影響レベルに達しなかったことは、幸運であった。

### 事象前の状況／背景

停止期間中に、10 年ごとの一次回路圧力テストを実施する予定になっていた。準備作業として、投光照明器とカメラ・レールを、原子炉圧力容器の下に位置する部屋（原子炉キャビティ室）に仮設しなければならなかった。この作業に加え、高放射性の炉心計装システムのインナーチューブを炉心から引き抜き、耐圧密封しなければならなかった。最初の計画では、これらの作業（容器下部での作業及び炉心チューブの引き抜き）は、間に設けられた制御ステップ（原子炉キャビティ室の遮へい及びロック）により分離されることになっていた。

## 直接的な原因

計画のミスによって、シール・テーブルにおける炉心チューブの耐圧密封に予定されていた時間が短すぎた。この問題を解決するために、炉心チューブ引き抜き開始が工程よりも繰り上げられ、その際に原子炉キャビティ室内の作業との錯綜が認識されなかった。

## 事故の経過及び展開

原子炉キャビティ室内の作業を開始する前に、線量率（約 1.5mSv/時）が放射線防護管理者によってモニターされた。放射線防護管理者が保全作業員に対して、キャビティ室に入室し照明の設置を開始することを許可した。従業員 2 名がそれぞれ、原子炉圧力容器の下の部屋の外で作業している間、原子炉圧力容器からインナーチューブが引き抜かれた。炉内心環の引き抜きによって、原子炉キャビティ室内の線量率は急激に増加する。2 つのチューブの引き抜きにより 2.8Sv/時が生じることがテストにより示されている。

偶然にもこの事態に、スケジュール変更を知らない当直の放射線防護コーディネーターが気づいた。このコーディネーターが原子炉キャビティ室内の作業員に警告したため、作業員はできるだけ速やかに退室した（37.8mSv の線量を受けた）。その直後、同コーディネーターが放射線防護管理者に対して、原子炉キャビティ室内の線量率をモニターするよう命じた。放射線防護管理者は線量率計を適切に使用せず、およそ 20 秒の間、線源にかなりの程度まで接近した（その結果 25.4mSv の線量を受けた）。

## 事故解析で得られた所見（根本原因と付加的要因）

- コンピューターベースの計画ツールによる安全チェックがなく、特に、錯綜する可能性のある作業に対するインターロック機構が使用されていなかった。
- 停止スケジュールの作業時系列が紛らわしかった。先行すべき作業が後続する作業と表示され、時間的に逆の組み合わせとされてしまい、したがって先行する作業との錯綜がマニュアル点検によって認識されなかった。
- 停止スケジュールが計画ツールによって実際の変更どおり更新されず、実際の作業時系列と異なってしまった。
- 停止スケジュールを変更する際に、関係部門が安全チェックに関わっていなかった。特に、放射線防護部門が相談を受けていなかった。
- スケジュール変更情報の文書化・配布に欠陥があった。
- 放射線防護作業員（放射線防護管理者）が十分な実地経験を積んでいなかった。同作業員は KKB NPP で最初に勤務する数カ月前に訓練コースを終えたばかりであった。
- 放射線防護区域における責任の所在が不明瞭であった（機能分裂）。様々な人員が作業の調整や整理に責任を負っていたため、コミュニケーション・エラーが生じた際の総括ができなかった。

- 電子個人線量計の設定が不十分であった。警報レベル（通常設定：1mSv/時）が、原子炉キャビティ室内の実際の線量率（約 1.5mSv/時）どおりに調整されていなかった。その結果、入室後の作業開始当初から線量計が警報を発していた。そのため、原子炉キャビティ室に入った作業員は警報信号に反応せず、また作業場の線量率が急激に上昇していたことも知らなかった。
- 原子炉キャビティ室が開いた状態で作業員のアクセスが可能な場合に、インナーチューブの引き抜きを防ぐための技術的対策が現場に欠如していた。
- 線量率の急激な上昇について視覚・音響的な信号を発生させる、恒久的な（又は一時的な）局所線量率を計測する線量率計が設置されていなかった。
- 放射線状況を検証するための携帯用線量率モニターの使用法が誤っていた。放射線防護管理者は、高放射線量区域に入る際に、伸縮式線量計を使用せず、その代わりに携帯用線量率モニターを使用した。こうした行動は、ストレス状態における人間の誤った反応がもたらすものかもしれない。

得られたこれらの教訓は、放射線防護要員などの教育・訓練に活かされている。スイス連邦原子力安全検査庁（ENSI）は KKB に対して、上記所見に関する是正・改善措置の実施を義務付けた。スイス国内のその他の原子力施設はすべて、想定外の高線量率を伴う上記のような事象に備えるよう勧告を受けている。

### 組織の変更

規制機関 ENSI は、Paul Scherrer 研究所サイトから、Beznau NPP と Gösgen NPP の中間に位置する町 Brugg に移転した。移転先：Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate（ENSI：スイス連邦原子力安全検査庁），Industriestrasse 19, CH 5200 Brugg. Tel：+41 56 460 8631（ISOE National Coordinator S.G. Jahn）

## 英 国

### 線量情報

運転中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）及び原子炉タイプ
PWR	1	0.337
GCR (AGR)	14	0.1
GCR（マグノックス）	4	0.072
冷温停止中又は廃止措置中の原子炉		
原子炉タイプ	基数	1基あたりの平均年間集団線量（人・Sv/炉）及び原子炉タイプ
GCR（マグノックス）	16	0.042



## 国内線量測定値の傾向の概要

Sizewell B を除く英国のすべての原子力発電所はガス冷却型である。Hinkley Point 及び Hunterston の改良型ガス冷却炉（AGR）における線量は、広範にわたる容器内検査と修理のため、前年よりも高かった。しかし、これら 2 つの原子炉サイトからの線量は、依然として AGR による集団線量の約 90%を占めた。一連のブリティッシュ・エナジー社改良型ガス冷却炉による集団放射線被ばくは約 1.4 人・Sv であった。2009 年末の時点で、Sizewell の PWR における 3 年移動集団線量傾向は 0.22 人・Sv である。

## 線量測定値の傾向に影響を及ぼした事象

AGR サイトにおける平均年間集団線量も、Hinkley Point 及び Hunterston の AGR における容器内作業の際に受けた線量が支配的であった。これらの発電所の以前の検査で、ボイラー配管工事の欠陥が検出され、追加的な検査と修理が必要となった。この作業は 2009 年においても継続され、原子炉容器内、すなわち線量率が高い区域内の、長期に及ぶ作業が必要となった。容器内に入る者に対する遠隔線量測定やモックアップ訓練を含む多くの線量管理イニシアチブが成功裏に活用された。

## 停止の回数と期間

ガス冷却炉は 2 年に 1 回の停止頻度で運転しており、したがって各サイトは一般的に 1 年あたり 1 回の原子炉停止を行っている。ガス冷却炉の燃料取替は運転中に実施される。ガス冷却炉による最高停止時線量被ばくは、Hinkley Point B 及び Hunterston B プラントで発生し、その停止時線量はそれぞれ約 0.63 人・Sv と 0.48 人・Sv であった。Hinkley Point B と Hunterston における線量の大半は、定型的停止時作業ではなく、容器内検査や修理と関連していた。

Sizewell B における年間線量は、第 10 回燃料取替停止によるものが多くを占めており、これが年間合計のうち 84%の原因であった。標準停止は 35 日間続き、集団線量 0.283 人・Sv が記録された。

## 廃止措置サイト：主な展開

マグノックス炉のサイトはすべて、国有の管理体である原子力廃止措置機関が所有しており、サイトは運転中であるか、若しくは多くのコンソーシアムとの請負契約の下で廃止措置が進められている。当初のマグノックス炉群のうち、Oldbury と Wylfa の 2 つのサイトが出力運転を続けている。Oldbury NPP における原子炉は、しかるべき規制上の承認の後に運転寿命が延長された。適切な規制上の承認を条件として、Wylfa NPP に対して予定されている 2010 年最終停止日に対する同様の延長も予想される。恒久的に停止されたサイトのうちのいくつかは、完全に燃料取り出しを行い、廃止措置の様々な段階にある。他のサイトは、原子炉が今もなお燃料装荷されたままで、空気冷却状態で停止している。これらのサイトの燃料取り出しは、燃料の受け入れと処理を行う Sellafield 再処理プラントの能力によって作業速度の制限が継続される。

## 英国の新規原子炉の建設

2009 年下旬に英国政府は、多くのサイトが新規原子炉建設に適すると考えられていたことを発表した。それらのサイトはすべて、既存の原子力施設の中あるいはその近傍に位置している。今やブリティッシュ・エナジー社を所有している EDF 社は、Hinkley Point と Sizewell にツイン型の欧州加圧水型炉（EPR）を 2 基建設する予定である。EON & RWE は、さらに原子力発電所を建設することに関心を示した。規制当局は、提案されている原子炉設計に対する一般的認可評価を引き続き行っている。

## 米 国

### 職業線量の傾向

2009 年に 104 基の運転中原子炉ユニットで、米国の軽水炉（LWR）における年間平均集団線量の増加が記録された。軽水炉における 2009 年の米国平均集団線量は、1 基あたり 96.4 人・cSv（人・レム）、であった。合計集団線量は 10,024.804 人・cSv（人・レム）で、2008 年の合計集団線量 9,195.940 人・cSv（人・レム）よりも 9%高い。

2009 年における米国の年間集団線量は、米国の過去 5 年間の線量傾向がほぼ横ばい状態であることを示している。これは、1980 年の米国 LWR 1 基あたり平均線量 790 人・cSv（人・レム）と比較して、劇的な改善である（1980 年の数値のおよそ 10 分の 1）。現在の線量傾向は米国の産業界に対して、サイトにおける強固な ALARA 文化の促進、発生源の低減、効果的な被ばく低減のための発電所強化策実施、並びに装置の高信頼性維持によって、被ばく線量低減への継続的な誓約が達成できるということを示している。

2009 年に米国の 69 基の PWR から生じた合計集団線量は 4,741.935 人・cSv（人・レム）であった。その結果、2009 年の PWR 1 基あたり平均集団線量は 68.7 人・cSv（人・レム）となった。この平均値は、2008 年の数値、1 基あたり 68 人・cSv（人・レム）よりも 1%の増加を示している。（2004 及び 2007 年には、それぞれ 71 人・cSv（人・レム）、69 人・cSv（人・レム）が記録された。）これは、米国年間平均 PWR 線量が 1 基あたり 100 人・cSv（人・レム）未満となった 11 回目の年である。

2009 年の米国 BWR 35 基の合計集団線量は 5,282.869 人・cSv（人・レム）であった。その結果、2009 年の BWR 平均集団線量は 150.94 人・cSv（人・レム）となった。この平均値は 2008 年の数値すなわち 1 基あたり 129.212 人・cSv（人・レム）よりも 17%の上昇を意味する。2008 年の数値は、これまでに記録された BWR 平均集団線量の最低値であった。

米国の電気事業者は、年間集団線量の上昇傾向を覆すために、革新的な ALARA イニシアチブを実施している。米国のプラントは、新たな 2015 INPO BWR/PWR 線量目標を達成するために、新たな 5 年間 ALARA 計画を策定中である。サイトにおけるイニシアチブには以下が含まれる：放

射線作業員の優良慣行を強化するための動的学習実習授業、ALARA 作業計画、効果的な ALARA 業務前ブリーフィング、発生源低減プログラム、効率的な停止、原子炉冷却材の化学管理の強化、低線量プラントのベンチマーキング、一部の作業員による遮へいベストの着用、各発電所 ALARA プログラムに対する上級管理者の強力な支援など。

2006 年、2007 年、2008 年及び 2009 年に記録された集団線量の顕著な相違の 1 つは、各年において、集団線量が 100 人・cSv (人・レム) 以下となったユニットの数である。2006 年には集団線量が 100 人・cSv (人・レム) 以下の LWR は 5 基で、2007 年にはこの範囲の年間集団線量の LWR は 9 基であり、2008 年には年間集団線量が 100 人・cSv (人・レム) 以下の LWR はわずか 2 基であった。また 2009 年には、この範囲の年間集団線量の LWR は 3 基であった。

2000 年以降、米国 NRC は、プラントの ALARA パフォーマンスの指標として 3 年移動平均集団線量を用いてきた。職業放射線安全基本項目の重要度決定プロセスにおいて、各認可取得者の 3 年移動平均が、以前 (1995~1997 年) に定められた基準、すなわち PWR の場合は 1 基あたり 135 人・cSv (人・レム)、BWR の場合は 1 基あたり 240 人・cSv (人・レム) と比較され、これを参考に翌年の ALARA 検査レベルが決定される。2007~2009 年の場合、69 基中 3 基の PWR (Waterford 3 号機、Crystal River 3 号機及び Palisades) が PWR 基準を超えた。35 の BWR サイト中で、Perry は同期間に基準を超えた唯一の BWR サイトであった。

Davis Besse は米国 PWR 年間集団線量の最低値 3.621 人・cSv (人・レム) を達成した。Grand Gulf は米国 BWR 年間集団線量の最低値 30.721 人・cSv (人・レム) を達成した。

### **米国の原子力発電に関する概要及び結果**

2009 年に、104 基の米国内ユニットが設備利用率 91%を達成した。米国内で運転中の BWR ユニットの数は 35 基である (1 ユニット・サイトが 14 カ所、2 ユニット・サイトが 9 カ所、3 ユニット・サイトが 1 カ所 (Browns Ferry 1、2、3 号機))。2009 年に運転が行われた PWR ユニットの数は 69 であった (1 ユニット・サイトが 15 カ所、2 ユニット・サイトが 24 カ所、3 ユニット・サイトが 2 カ所 (Palo Verde 1、2、3 号機と Oconee 1、2、3 号機))。Palo Verde 1、2、3 号機 (アリゾナ州) は、それぞれのユニット出力が 1,311MWe、1,314MWe、1,312MWe の、米国内最大規模のサイトである。Palo Verde における合計出力は 3,937MWe である。米国内で最小規模のサイトは Ft. Calhoun (ネブラスカ州) で、出力は 482MWe である。米国内で最も古いユニットは Oyster Creek (ニュージャージー州) で、1969 年 4 月に商業運転を開始した。

32 社が米国の 31 州で原子炉を運転する認可を得ている。これら 31 州のうちバーモント州が最高原子力発電量 73.7%を占めており、次いで、サウスカロライナ州 (51.2%)、ニュージャージー州 (50.7%)、コネティカット州 (48.9%)、イリノイ州 (47.8%) となっている。

## 米国原子力規制委員会に関する最新情報

米国原子力規制委員会は新たな放射線防護検査マニュアルを施行しており、このマニュアルには 2 つの追加的な検査モジュールと前置き文書が含まれている。前回の放射線防護検査マニュアルには、ALARA 検査など 6 つの検査テーマが含まれていた。新たな 2 つのモジュールは、危険物質や、緊急時計画検査の放射線防護的側面を取り上げている。この新たな検査マニュアルの目標の 1 つは、これまでの放射線事象報告書ファイルを審査することではなく、現地視察による立入検査に重点を置くことである。もう 1 つの目標は、新規放射線管理検査官がリスクに基づく検査を効果的に行えるよう支援することである。

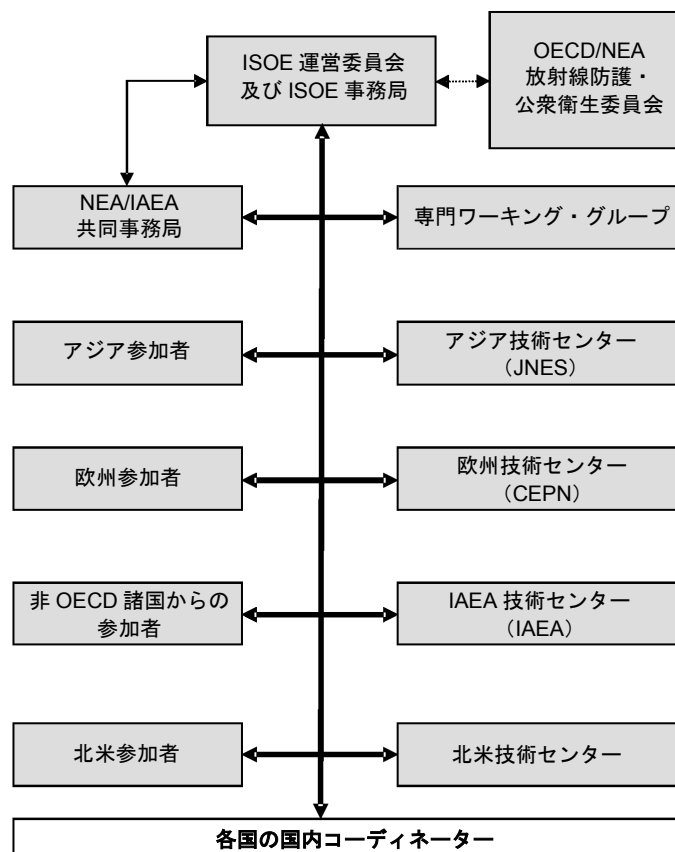
## 附属書 1

### ISOE の組織構造と 2010 年に向けて提案されている作業プログラム

#### A.1 ISOE の組織構造

ISOE は分散的な形態で運営されている。運営委員会はすべての参加国からの電気事業者及び規制当局の代表で構成され、NEA 及び IAEA の共同事務局の支援を受けており、また全般的な指示・助言を行っている。ISOE 運営委員会は、NEA 放射線防護・公衆衛生委員会を通じて、原子力機関運営委員会に報告を行っている。組織構造に関する詳細情報は、NEA ウェブサイト ([www.oecd-nea.org](http://www.oecd-nea.org)) で入手できる。

4 つの ISOE 技術センター（欧州、北米、アジア及び IAEA）は、プログラムの日常の技術的運営を管理し、参加者間の情報伝達の接点としての役割を果たしている。各国のコーディネーターは、ISOE 参加者と ISOE プログラムの間の連絡路を提供している。国内コーディネーターのリストを附属書 6 に示す。



## ISOE の参加

2008～2011 年の期間に関する現在の ISOE 規約は 2008 年 1 月 1 日に発効し、この規約に対する引き続きの承認を確認するために、以前の規約に基づく参加者らが招集された。2010 年 12 月に得られたフィードバックに基づいて、ISOE プログラムには以下が含まれた。

- 26 カ国からの 66 の参加電気事業者<sup>1</sup> (320 の運転中ユニット及び 40 の停止中ユニットを含む。)
- 24 カ国の規制当局 (3 カ国については 2 つの当局が参加)

**目的：**2010 年に、ISOE 技術センターと ISOE 合同事務局は、現在の ISOE 規約に基づいて、引き続き以前の参加者（電気事業者：リトアニア、パキスタン、ウクライナ、及び米国。当局：中国及び南アフリカ）の正式な更新を目指し、また、新たな参加者を募っている。

**目標：**2010 年に、参加当局によるデータ・アクセス制限の撤廃について、運営委員会及び電気事業者からのフィードバックに関する提案と、ISOE 事務局による決定に関する提案があった。しかし、これは運営委員会の承認を得られなかった。

## ISO プログラム活動

### 1) ISOE データベース管理

#### データ収集及び管理

**目的：**ISOE 1、ISOE 2 及び ISOE 3 のデータの収集：ISOE 参加者は、新たな ISOE ネットワーク・ウェブサイト・データ入力モジュールを通じて、及び／又は Microsoft ACCESS に基づく ISOE ソフトウェアを使用して、自体の 2009 年 ISOE 1 データを提供することになっている。ISOE 2 データは、Microsoft ACCESS に基づく ISOE ソフトウェアを使用して提供される予定である。ISOE ネットワーク・ウェブサイトは、新たな ISOE 3 タイプの情報（すなわち特定の活動又は作業に関する放射線防護関連情報）を交換し合い、記録するために用いられる予定である。新たな ISOE 3 報告書はすべて、ウェブサイトで入手できる標準テンプレートを使用して ISOE ネットワーク・ウェブサイト RP ライブラリーに掲載されることになっている。

#### ISOE データベースの管理

**目的：**正式データベース - オンライン更新及び CD-ROM の公表：ISOE ネットワークを通じて参加者から直接的に提出されるデータは、有効化（データ確認）され次第直ちに入手可能となる。電子形態（アクセス・データベース）を通じて ETC に提出されるデータは、年間を通じて定期的にネットワークを介して入手できる予定である。2009 年のデータを含む全データベースの年次 CD-ROM が、2010 年末に公表されることになっている。

---

<sup>1</sup> 主要電気事業者の数を表し、プラントが複数の事業者によって所有／運営されている場合もある。

## **ISOEDAT オンラインの継続的な開発**

目的：ISOEDAT ウェブ移行のフェーズ3では、以下の要素に焦点が置かれる。

- ISOE 1：CANDU 炉に関する作業・課題リストの反映
- ISOE 1：廃止措置に関する WGDA 提案に基づく変更の反映（年末）
- ISOE 2：ISOE 2 データ入力モジュールの開発に関する提案の作成
- MADRAS：新たな分析の実施
- 新たなデータ・エクスポート・システムの初期開発

## **2) ISOE 管理及びプログラム活動**

目的：関連する ISOE グループ（ISOE 運営委員会、事務局及び WGDA）、その他の特別専門家グループの公式会議の日程を、運営委員会の指示に従って効率よく維持する。

### **ISOE 運営委員会及び ISOE 事務局**

目的：ISOE 運営委員会は、ISOE 事務局の支援を得ながら、引き続き ISOE プログラムの管理に重点を置く。そのために、年次会議において同プログラムの進捗状況について検討・指導し、次の年の作業プログラムを策定・承認し、具体的活動の範囲を特定し、ISOE プログラムを推進し、またサブグループに指示を与える。

### **ISOE データ分析ワーキング・グループ**

目的：データ分析ワーキング・グループ（WGDA）又は技術センターは、

- ISOE データ収集の完全性と品質について引き続き検討する。
- 特定の技術分析（標準ルーチン分析など）を実施して ISOE 会員に発信し、ISOE 年次報告書の作成に貢献する。
- ISOEDAT ウェブ対応データ入力モジュールに関するオンライン・ヘルプ/ユーザーズ・ガイドを検証する。
- 停止中又は何らかの廃止措置段階にある原子力発電所からのデータの収集と分析を強化するために、技術提案を入念に作成し、承認された ISOEDAT 修正を実施する。
- 技術提案を入念に作成し、新たなデータ・エクスポート・システムの実施を通じて、承認された ISOEDAT データ分析機能強化を実施する。
- エンド・ユーザーからのフィードバックに基づき、また、ISOE 年次報告書をサポートするために、運営委員会から指示されたその他の技術分析を実施する。
- 発生源を低減するための亜鉛注入実施に関する調査の展開について検討する。

### **BSS の改定に関する特別専門家グループ**

目的：基本安全基準（BSS）の改定に関する特別専門家グループは、改定された国際基本安全基準の草案を職業放射線防護の優良慣行に照らして検討するために、草案（ISOE 合同事務局より提供）の入手可能性に応じて、また、所定の NEA/CRPPH レビュー・プロセスを通じて改定プロセスにコメントを提供する（BSS 共同スポンサーの一組織として）機会に応じて、適宜会合を持つ。

### **NEA/CRPPH-ISOE 共同活動：職業被ばくに関する専門家グループ (EGOE)**

目的：ISOE メンバーは、EGOE が定めた会議日程に従って NEA の放射線防護・公衆衛生委員会（CRPPH）が組織する EGOE の活動に引き続き参加する。

### **ISOE の刊行物と報告書**

目的：関連 ISOE 刊行物の作成及び発行。2010 年には下記の ISOE 刊行物と報告書が作成され発行される予定である。成果物は、適宜、ISOE ネットワークを通じて入手することができるようになる。

- ISOE 年次報告書
  - 第 18 回年次報告書（2008）の発行
  - 第 19 回 ISOE 年次報告書（2009）の発行
- ISOE ニュース：ISOE 運営委員会が決定する発行頻度（一般的に年 2 回）に従い、ISOE ニュースを通じた ISOE 最新情報の電子的な発行を継続する。
- ISOE シンポジウム議事録：ETC は、各センターからの提供により入手可能となったシンポジウム議事録と報告書に基づいて ISOE ネットワークを更新する。
- ベンチマーキング視察報告書：ISOE の下で企画されたベンチマーキング視察に関する報告書は、ISOE ネットワークを通じて ISOE 会員が入手できるようになる。さらに、ETC は、ISOE 資源以外によって企画されたベンチマーキング視察についても、視察を受けたプラントの同意を得た上で ISOE 参加者がその報告書を入手できるようにするために、最善の努力をする。

### **3) ISOE ALARA シンポジウム（国際的及び地域的シンポジウム）**

目的：下記の国際・地域的 ISOE シンポジウムの開催を組織する（注記：国際シンポジウムは技術センターに義務付けられた任務であると考えられている。一方、地域的シンポジウムは任意とされている）。

#### **国際シンポジウム**

- 2010 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム及び RPM/規制機関会議。英国ケンブリッジ（2010 年 11 月 16～19 日）。ETC による企画。
- 2012 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム。米国フォート・ローダーデール（2012 年 1 月 8～11 日）。NATC による企画。



## 地域シンポジウム

- 2010年 ISOE 北米 ALARA シンポジウム。米国フォート・ローダーデール（2010年1月11～13日）、NATCの企画。
- 2010年 ISOE アジア地域シンポジウム。大韓民国（8月30～31日）。ATCによる企画。

## 4) ISOE ネットワーク・ウェブサイト管理と技術センターの入り

### ネットワーク・ウェブサイト管理

目的：ETC は引き続きウェブサイト进行管理する予定である。ISOE ネットワーク・ウェブサイトの強化は、引き続き運営委員会のガイダンスに沿って実施される。

### ISOE ネットワークに関する技術センターの入り

目的：技術センターは、今後も自体の情報を ISOE ネットワークへの掲載によって利用できるようにする。ETC は、引き続きすべての地域からのすべての情報と成果物を、入手でき次第提示する。ETC は、ウェブサイト・フォーラム上に掲載する統合要請文書と、Eメール受信用の統合要請文書を引き続き作成する。これらの文書は、ウェブサイト・フォーラム上にも掲載され、統合要請文書にも添付される。

## 5) 報告書・文書、情報シート、及び情報交換

目的：ISOE 参加者間の情報交換活動を効果的に支援する。

### 新たな報告書及び文書

目的：下記の新たな文書及び報告書が作成される予定である。

- ISOE データベースの完全性に関する報告書（ETC）

### 2010年に計画されている技術センター情報シート

目的：以下の技術センター情報シートが作成される予定である。

2010年に計画されている技術センター情報シート				
年次分析	ATC	ETC	IAEATC	NATC
ATC：日本の線量測定結果：2009年度のデータと傾向	X			
ATC：韓国（大韓民国）：国内線量測定値の傾向の要約	X			
ETC：2008年の欧州の線量測定結果		X		
特殊分析				
原子炉の年数に応じた年間集団線量分析		X		
PWR及びBWRの姉妹ユニット・グループに関する停止時集団線量分析		X		
世界のアルファ値		X		

工業用ラジオグラフィック - フランス・ワーキング・グループによる報告		X		
現場内テレメトリー（遠隔測定法）（ED 位置やクラッド・バーストに関する結果）				X

#### 情報交換活動：

目的：技術センターは引き続き、技術的フィードバックを求めるユーザーからの特別な要請に対応し、そのような情報を、公益事業者又は当局のメンバーとしてのアクセス特権に応じて、すべての参加者と世界規模で共有する。

目的：運転経験から得られた放射線防護に関する教訓を交換し合うためのテンプレートが作成され、ISOE 事務局の承認を経る予定である。

#### 6) ISOE 企画のベンチマーキング視察

計画はない。

#### 7) その他のトピックス

##### ISOE/UNSCEAR の連携

目的：NEA 及び UNSCEAR 事務局は、「電離放射線の線源及び影響」に関する UNSCEAR 報告書に貢献するために、承認済み ISOE データの UNSCEAR に対する定期的な提供に関する条件及び関連プロセスを策定する。

##### ISOE 利用の推進

目的：

- ユーザーからフィードバックを収集し、ユーザーに情報を提供するメカニズムは、ISOE ネットワーク、その他の手段を通じて、適宜履行される。
- ISOE に関する詳細情報は、IAEA 加盟国（非 OECD 諸国）に対する IAEA 技術協力プロジェクトを通じて、非 OECD 諸国の参加者に配付される。
- その他、関連会議やワークショップなど ISOE を推進する機会（たとえば IRPA 欧州 2010）を模索する。

#### 全般的な 2010 年の ISOE 会議日程

2010 年の ISOE 会議	1 月	5 月	9 月	11 月
技術センター調整会議				
ISOE 事務局/技術センター		X		X
データ分析ワーキング・グループ			X	
第 20 回 ISO 運営委員会会議				X

ISOE 国際 ALARA シンポジウム				X
ISOE 北米 ALARA シンポジウム	X			
ISOE アジア ALARA シンポジウム			X	

\* 特別会議を除く。

## 附属書 2

### ISOE 刊行物のリスト

#### 報告書

1. 原子力発電所における職業放射線防護を最適化する作業管理、OECD、2010年（フランス語版）
2. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第18年次報告書（2008年）、OECD、2010年
3. 原子力発電所における職業放射線防護を最適化する作業管理、OECD、2009年
4. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第17年次報告書（2007年）、OECD、2009年
5. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第16年次報告書（2006年）、OECD、2008年
6. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第15年次報告書（2005年）、OECD、2007年
7. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第14年次報告書（2004年）、OECD、2006年
8. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第13年次報告書（2003年）、OECD、2005年
9. 運転時の放射線防護の最適化、OECD、2005年
10. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第12年次報告書（2002年）、OECD、2004年
11. 原子力発電所における職業被ばくの管理：第3回ISOE 欧州ワークショップ、Portoroz、スロベニア、2002年4月17～19日、OECD、2003年
12. ISOE—情報リーフレット、OECD、2003年
13. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第11年次報告書（2001年）、OECD、2002年
14. ISOE—職業被ばくに関する情報システム、10年間の経験、OECD、2002年
15. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第10年次報告書（2000年）、OECD、2001年
16. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第9年次報告書（1999年）、OECD、2000年
17. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第8年次報告書（1998年）、OECD、1999年
18. 原子力発電所における職業被ばく：ISOE プログラムの第7年次報告書（1997年）、OECD、1999年
19. 原子力発電業界における作業管理、OECD、1997年（中国語、ドイツ語、ロシア語及びスペイン語版も入手可能）
20. ISOE — 第6年次報告書：原子力発電所における職業被ばく：1969～1996年、OECD、1998年
21. ISOE — 第5年次報告書：原子力発電所における職業被ばく：1969～1995年、OECD、1997年
22. ISOE — 第4年次報告書：原子力発電所における職業被ばく：1969～1994年、OECD、1996年
23. ISOE — 第3年次報告書：原子力発電所における職業被ばく：1969～1993年、OECD、1995年
24. ISOE — OECD 諸国における原子力発電所職業被ばく：1969～1992年、OECD、1994年
25. ISOE — OECD 諸国における原子力発電所職業被ばく：1969～1991年、OECD、1993年

## ISOE ニュース

- 2009 No. 13 (1月)、No. 14 (7月)  
2008 No. 12 (10月)  
2007 No. 10 (7月)、No. 11 (12月)  
2006 No. 9 (3月)  
2005 No. 5 (4月)、No. 6 (6月)、No. 7 (10月)、No. 8 (12月)  
2004 No. 2 (3月)、No. 3 (7月)、No. 4 (12月)  
2003 No. 1 (12月)

## ISOE 情報シート

### アジア技術センター

- No. 32 : 2009年1月 日本の線量測定結果：2007年度のデータと傾向  
No. 31 : 2007年11月 大韓民国：国内線量傾向の要約  
No. 30 : 2007年10月 日本の線量測定結果：2006年度のデータと傾向  
No. 29 : 2006年11月 日本の線量測定結果：2005年度のデータと傾向  
No. 28 : 2005年11月 日本の線量測定結果：2004年度のデータと傾向  
No. 27 : 2004年11月 大韓民国における放射線防護の達成点と問題点  
No. 26 : 2004年11月 2003年度に終了したPWRとBWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 25 : 2004年11月 日本の線量測定結果：2003年度のデータと傾向  
No. 24 : 2003年10月 日本におけるシュラウド交換に際しての職業被ばく  
No. 23 : 2003年10月 日本における蒸気発生器交換に際しての職業被ばく  
No. 22 : 2003年10月 大韓民国：国内線量傾向の要約  
No. 21 : 2003年10月 2002年度に終了したPWRとBWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 20 : 2003年10月 日本の線量測定結果：2002年度のデータと傾向  
No. 19 : 2002年10月 大韓民国：国内線量傾向の要約  
No. 18 : 2002年10月 2001年度に終了したPWRとBWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 17 : 2002年10月 日本の線量測定結果：2001年度のデータと傾向  
No. 16 : 2001年10月 2000年度に終了したPWRとBWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 15 : 2001年10月 日本の線量測定結果：2000年度のデータと傾向  
No. 14 : 2000年9月 1999年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 13 : 2000年9月 日本の線量測定結果：1999年度のデータと傾向  
No. 12 : 1999年10月 1998年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 11 : 1999年10月 日本の線量測定結果：1998年度のデータと傾向  
No. 10 : 1999年11月 ABWRの第1回年次検査停止の経験  
No. 9 : 1999年10月 日本のBWRにおける原子炉内部機器の交換と系統全体の除染  
No. 8 : 1998年10月 1997年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 7 : 1998年10月 日本の線量測定結果：1997年度のデータ  
No. 6 : 1997年9月 1996年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 5 : 1997年9月 日本の線量測定結果：1996年度のデータ  
No. 4 : 1996年7月 1995年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 3 : 1996年7月 日本の線量測定結果：1995年度のデータ  
No. 2 : 1995年10月 1994年度に終了したLWRの定期検査に際する日本の職業被ばく  
No. 1 : 1995年10月 日本の線量測定結果：1994年度のデータ

### 欧州技術センター

- No. 51 : 2009年12月 2008年における欧州の線量測定結果  
No. 50 : 2009年9月 1996-2006年のVVERの停止期間と停止時集団線量  
No. 49 : 2009年9月 1996-2006年のBWRの停止期間と停止時集団線量

No. 48 : 2009 年 9 月	1996-2006 年の PWR の停止期間と停止時集団線量
No. 47 : 2009 年 2 月	2007 年の欧州の線量測定結果
No. 46 : 2007 年 10 月	2006 年における欧州の線量測定結果
No. 44 : 2006 年 7 月	2005 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 43 : 2006 年 5 月	Essen のシンポジウムからの結論と勧告
No. 42 : 2005 年 11 月	欧州における自営の作業員
No. 41 : 2005 年 10 月	欧州の原子炉における年次停止の期間と線量の更新情報 (1994~2004 年)
No. 40 : 2005 年 8 月	作業員の内部汚染慣行の調査
No. 39 : 2005 年 7 月	2004 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 38 : 2004 年 11 月	欧州の原子炉における年次停止の期間と線量の更新情報 (1993~2003 年)
No. 37 : 2004 年 7 月	NPP における職業被ばく管理に関する第 4 回欧州 ISOE ワークショップからの結論と勧告
No. 36 : 2003 年 10 月	欧州の原子炉における年次停止の期間と線量の更新情報 (1993~2002 年)
No. 35 : 2003 年 7 月	2002 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 34 : 2003 年 7 月	人・シーベルトの金銭的価値の調査 (2002 年更新)
No. 33 : 2003 年 3 月	欧州の原子炉における年次停止の期間と線量の更新情報 (1993~2001 年)
No. 32 : 2002 年 11 月	原子力発電所における職業被ばく管理に関する第 3 回欧州 ISOE ワークショップからの結論と勧告
No. 31 : 2002 年 7 月	2001 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 30 : 2002 年 4 月	職業被ばく及び蒸気発生器交換－更新
No. 29 : 2002 年 4 月	欧州諸国の規制における基本安全基準の履行
No. 28 : 2001 年 12 月	1995 年から 2000 年までの業務当たり集団線量の傾向
No. 27 : 2001 年 10 月	欧州の原子炉における年次停止の期間と線量
No. 26 : 2001 年 7 月	2000 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 25 : 2000 年 6 月	原子力発電所における職業被ばく管理に関する第 2 回 EC/ISOE ワークショップからの結論と勧告
No. 24 : 2000 年 6 月	BWR と CANDU の姉妹ユニット・グループのリスト
No. 23 : 2000 年 6 月	1999 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 22 : 2000 年 5 月	一部の欧州の PWR における断熱業務に関連する集団線量の推移の分析
No. 21 : 2000 年 5 月	NPP における外国人作業員に対するアクセス及び線量測定フォローアップ規則についての調査
No. 20 : 1999 年 4 月	1998 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 19 : 1998 年 10 月	ISOE 3 データベース－受領した新 ISOE 3 質問票 (1998 年 9 月以降)
No. 18 : 1998 年 9 月	1997 年における人・シーベルトの金銭的価値の使用
No. 17 : 1998 年 12 月	職業被ばく及び蒸気発生器交換、更新
No. 16 : 1998 年 7 月	1997 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 15 : 1998 年 9 月	業務当たりの PWR 集団線量 1994~1995~1996 年のデータ
No. 14 : 1998 年 7 月	業務当たりの PWR 集団線量 1994~1995~1996 年のデータ
No. 12 : 1997 年 9 月	職業被ばく及び原子炉容器焼鈍
No. 11 : 1997 年 9 月	年間個人線量の分布：入手データ及び統計的バイアス
No. 10 : 1997 年 6 月	1996 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 9 : 1996 年 12 月	原子炉容器上蓋の交換
No. 7 : 1996 年 6 月	1995 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 6 : 1996 年 4 月	最初の 3 回の系統全体除染の概要
No. 4 : 1995 年 6 月	1994 年における欧州の予備的線量測定結果
No. 3 : 1994 年 6 月	欧州における最初の線量測定結果：1993 年のデータ
No. 2 : 1994 年 5 月	原子炉の使用年数及び設備出力が集団線量に及ぼす影響：1992 年のデータ
No. 1 : 1994 年 4 月	職業被ばく及び蒸気発生器交換

No. 9 : 2003 年 8 月	2002 年における予備的線量測定結果
No. 8 : 2002 年 11 月	原子力発電所における職業被ばく管理に関する第 3 回欧州 ISOE ワークショップからの結論と勧告
No. 7 : 2002 年 10 月	2001 年に収集された被ばくデータに関する情報
No. 6 : 2001 年 6 月	2000 年における予備的線量測定結果
No. 5 : 2000 年 9 月	1999 年における予備的線量測定結果
No. 4 : 1999 年 4 月	原子力発電所の運転における ALARA 原則の履行と管理に関する IAEA ワークショップ、ウィーン、1998 年 4 月 22～23 日
No. 3 : 1999 年 4 月	原子力発電所における職業放射線防護の改善に関する IAEA 技術協力プロジェクト
No. 2 : 1999 年 4 月	職業放射線防護に関する IAEA 刊行物
No. 1 : 1995 年 10 月	ISOE 専門家会議

#### 北米技術センター

NATC-No. 05-6 :	カナダの CANDU の 3 年移動平均年間線量の比較 (2002～2004 年)
NATC-No. 05-5 :	米国の BWR の 3 年移動平均年間線量の比較 (2002～2004 年)
NATC-No. 05-2 :	2004 年における米国の BWR の燃料取替停止の継続期間と線量傾向
NATC-No. 05-1 :	2004 年における米国の PWR の燃料取替停止の継続期間と線量傾向
NATC-No. 04-4 :	米国の PWR の 3 年移動平均年間線量の比較 (2002～2004 年)
No. 02-6 : 2002 年	回避された人・レムの金銭的価値
No. 02-5 : 2002 年 7 月	米国の BWR の 2001 年における職業線量のベンチマーキング・チャート
No. 02-4 : 2002 年 7 月	米国の PWR の 2001 年における職業線量のベンチマーキング・チャート
No. 02-2 : 2002 年 7 月	米国の BWR の 3 年移動平均年間線量の比較 (1999～2001 年)
No. 02-1 : 2002 年 11 月	米国の PWR の 3 年移動平均年間線量の比較 (1999～2001 年)
No. 8 : 2001 年	回避された人・レムの金銭的価値 : 2000 年
No. 7 : 2001 年	米国の BWR の 2000 年における職業線量のベンチマーキング・チャート
No. 6 : 2001 年	米国の PWR の 2000 年における職業線量のベンチマーキング・チャート
No. 5 : 2001 年	CANDU の 3 年移動平均年間線量の比較、1998～2000 年
No. 4 : 2001 年	米国の BWR の 3 年移動平均年間線量の比較、1998～2000 年
No. 3 : 2001 年	米国の PWR の 3 年移動平均年間線量の比較、1998～2000 年
No. 2 : 1998 年	回避された人・レムの金銭的価値、1997 年
No. 1 : 1996 年 7 月	原子力発電所の放射線防護に対するスウェーデンのアプローチ : Peter Knapp による NATC サイト視察報告書

### ISOE 国際及び地域シンポジウム

#### アジア技術センター

2009 年 9 月	青森、日本、2009 年 ISOE アジア地域 ALARA シンポジウム
2008 年 11 月	敦賀、日本、2008 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム
2007 年 9 月	ソウル、韓国、2007 年 ISOE アジア地域 ALARA シンポジウム
2006 年 10 月	湯沢、日本、2006 年 ISOE アジア地域 ALARA シンポジウム
2005 年 11 月	浜岡、日本、第 1 回アジア ALARA シンポジウム

#### 欧州技術センター

2008 年 6 月	Turku、フィンランド、2008 年 ISOE 欧州地域 ALARA シンポジウム
2006 年 3 月	Essen、ドイツ、2006 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム
2004 年 3 月	Lyon、フランス、原子力発電所の職業被ばく管理に関する第 4 回 ISOE 欧州ワークショップ

- |         |  |
|---------|--|
| 2002年4月 | Portoroz、スロベニア、原子力発電所の職業被ばく管理に関する第3回 ISOE 欧州ワークショップ  |
| 2000年4月 | Tarragona、スペイン、原子力発電所の職業被ばく管理に関する第2回 EC/ISOE ワークショップ |
| 1998年9月 | Malmö、スウェーデン、原子力発電所の職業被ばく管理に関する第1回 EC/ISOE ワークショップ   |

**IAEA 技術センター**

- |          |  |
|----------|--|
| 2009年10月 | Vienna、オーストリア、2009年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム |
|----------|--|

**北米技術センター**

- |         |  |
|---------|--|
| 2009年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2009年 ISOE 北米 ALARA シンポジウム |
| 2008年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2008年 ISOE 北米 ALARA シンポジウム |
| 2007年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2007年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム |
| 2006年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2006年 ISOE 北米 ALARA シンポジウム |
| 2005年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2005年 ISOE 国際 ALARA シンポジウム |
| 2004年1月 | フロリダ州 Ft. Lauderdale、米国、2004年北米 ALARA シンポジウム       |
| 2003年1月 | フロリダ州 Orlando、米国、2003年国際 ALARA シンポジウム              |
| 2002年2月 | フロリダ州 Orlando、米国、北米国内 ALARA シンポジウム                 |
| 2001年2月 | フロリダ州 Orlando、米国、2001年国際 ALARA シンポジウム              |
| 2000年1月 | フロリダ州 Orlando、米国、北米国内 ALARA シンポジウム                 |
| 1999年1月 | フロリダ州 Orlando、米国、第2回国際 ALARA シンポジウム                |
| 1997年3月 | フロリダ州 Orlando、米国、第1回国際 ALARA シンポジウム                |



### 附属書 3

## 更新版 ISOE 規約（2008～2011 年）の下での ISOE 参加状況

注：この附属書は、本報告書の刊行時点（2010 年 12 月）での ISOE 正式参加の状況を示している。

### 正式参加電気事業者：運転中の原子炉

国名	電気事業者 <sup>1</sup>	プラント名	
アルメニア	Armenian (Medzamor) NPP	Medzamor 2 号機	
ベルギー	Electrabel	Doel 1、2、3、4 号機	Tihange 1、2、3 号機
ブラジル	Eletronuclear A/S	Angra 1、2 号機	
ブルガリア	Kozloduy 原子力発電所	Kozloduy 5、6 号機	
カナダ	Bruce Power Hydro Quebec New Brunswick Power Ontario Power Generation	Bruce A1、A2、A3、A4 号機 Gentilly 2 号機 Pt. Lepreau Darlington 1、2、3、4 号機	Bruce B5、B6、B7、B8 号機   Pickering A1、A2、A3、A4 号機 Pickering B5、B6、B7、B8 号機
中国	Guangdong 原子力発電共同企業体株式会社 Ling Ao 原子力発電株式会社 Qinshan 原子力発電株式会社	Daya Bay 1、2 号機  Ling Ao 1、2 号機 Qinshan 1 号機	
チェコ共和国	CEZ	Dukovany 1、2、3、4 号機 Temelin 1、2 号機	
フィンランド	Fortum Power and Heat Oy Teollisuuden Voima Oyj	Lovisa 1、2 号機 Olkiluoto 1、2 号機	
フランス	Électricité de France (EDF)	Bellevalle 1、2 号機 Blayais 1、2、3、4 号機 Bugey 2、3、4、5 号機 Cattenom 1、2、3、4 号機 Chinon B1、B2、B3、B4 号機 Chooz B1、B2 号機 Civaux 1、2 号機 Cruas 1、2、3、4 号機 Dampierre 1、2、3、4 号機 Fessenheim 1、2 号機	Flamanville 1、2 号機 Golfech 1、2 号機 Gravelines 1、2、3、4、5、6 号機 Nogent 1、2 号機 Paluel 1、2、3、4 号機 Penly 1、2 号機 Saint-Alban 1、2 号機 Saint Laurent B1、B2 号機 Tricastin 1、2、3、4 号機
ドイツ	E.ON Kernkraft GmbH  EnBW Kernkraft AG RWE Power AG  Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH	Brokdorf Grafenheinfeld Grohnde Philippsburg 1、2 号機 Biblis A、B 号機 Emsland Brunsbüttel	Isar 1、2 号機 Unterweser  Gemeinschaftskraftwerk-Neckar 1、2 号機 Gundremmingen B、C 号機 Krümmel
ハンガリー	Magyar Villamos Muvek Zrt	Paks 1、2、3、4 号機	

<sup>1</sup> 複数の所有者及び／又は事業者が関与している場合には、主導事業者のみを記載している。

国名	電気事業者 <sup>1</sup>	プラント名
日本	中部電力株式会社 中国電力株式会社 北海道電力株式会社 北陸電力株式会社 日本原子力発電株式会社 関西電力株式会社  九州電力株式会社 四国電力株式会社 東北電力株式会社 東京電力株式会社	浜岡 1、2、3、4、5 号機 島根 1、2 号機 泊 1、2、3 号機 志賀 1、2 号機 東海 2 号機 美浜 1、2、3 号機 大飯 1、2、3、4 号機 玄海 1、2、3、4 号機 伊方 1、2、3 号機 女川 1、2、3 号機 福島第一 1、2、3、4、5、6 号機 福島第二 1、2、3、4 号機  敦賀 1、2 号機 高浜 1、2、3、4 号機  仙台 1、2 号機  東通 1 号機 柏崎刈羽 1、2、3、4、5、6、7 号機
韓国	Korean Hydro and Nuclear Power	Kori 1、2、3、4 号機 Ulchin 1、2、3、4、5、6 号機  Wolsong 1、2、3、4 号機 Yonggwang 1、2、3、4、5、6 号機
メキシコ	Comisión Federal de Electricidad	Laguna Verde 1、2 号機
ルーマニア	Societatea Nationala Nuclearelectrica	Cernavoda 1、2 号機
ロシア連邦	Energoatom Concern OJSC	Balakovo 1、2、3、4 号機 Kalinin 1、2、3 号機 Kola 1、2、3、4 号機  Novovoronezh 3、4、5 号機 Volgodonsk 1 号機
スロバキア共和国	JAVYS Slovenské Elektrárne	JAVYS 1、2 号機 Bohunice 3、4 号機  Mochovce 1、2 号機
スロベニア	Nuklearna Elektrarna Krško	Krško 1 号機
南アフリカ	ESKOM	Koeberg 1、2 号機
スペイン	UNESA	Almaraz 1、2 号機 Asco 1、2 号機 Cofrentes  Santa Maria de Garona Trillo Vandellos 2 号機
スウェーデン	Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA) OKG Aktiebolag (OKG) Ringhals AB (RAB)	Forsmark 1、2、3 号機 Oskarshamn 1、2、3 号機 Ringhals 1、2、3、4 号機
スイス	Forces Motrices Bernoises (FMB) Kernkraftwerk Gösgen-Däniken (KGD) Kernkraftwerk Leibstadt AG (KKL) Axpo AG	Mühleberg Gösgen  Leibstadt Beznau 1、2 号機
オランダ	N.V. EPZ	Borssele
ウクライナ	ウクライナ燃料・エネルギー省	Khmelnitski 1、2 号機 Rovno 1、2、3、4 号機  South Ukraine 1、2、3 号機 Zaporozhe 1、2、3、4、5、6 号機
英国	British Energy Genera <sup>1</sup> Ltd.	Sizewell B 号機
米国	American Electric Power Co. Constellation Energy Group  Exelon Corporation  First Energy Corporation  Florida Power and Light	D.C. Cook 1、2 号機 Calvert Cliffs 1、2 号機 Ginna Braidwood 1、2 号機 Byron 1、2 号機 Clinton 1 号機 Dresden 2、3 号機 LaSalle County 1、2 号機 Beaver Valley 1、2 号機 Davis Besse 1 号機 Duane Arnold 1 号機 Point Beach 1、2 号機 Seabrook  Nine Mile Point 1、2 号機  Limerick 1、2 号機 Oyster Creek 1 号機 Peach Bottom 2、3 号機 Quad Cities 1、2 号機 TMI 1 号機 Perry 1 号機  St. Lucie 1、2 号機 Turkey Point 3、4 号機

国名	電気事業者 <sup>1</sup>	プラント名
	PPL Susquehanna, LLC South Carolina Electric Co. Southern Nuclear Operating Co. Tennessee Valley Authority (TVA) (テネシー峡谷開発公社) XCel Energy	Susquehanna 1、2 号機 Virgil C. Summer 1 号機 Vogtle 1、2 号機 Browns Ferry 1、2、3 号機 Sequoyah 1、2 号機 Monticello Watts Bar 1 号機

### 正式参加電気事業者：最終的に停止した原子炉

国名	電気事業者	プラント名
ブルガリア	Kozloduy 原子力発電所	Kozloduy 1、2、3、4 号機
カナダ	Hydro Quebec Ontario Power Generation	Gentilly 1 号機 NPD
フランス	Électricité de France (EDF)	Bugey 1 号機 Chinon A1、A2、A3 号機 Chooz A 号機 St. Laurent A1、A2 号機
ドイツ	E.ON Kernkraft GmbH EnBW Kernkraft AG Energiewerke Nord GmbH RWE Power AG	Würgassen Obrigheim AVR Jülich Mülheim-Kärlich Stade
イタリア	SOGIN	Caorso Garigliano Latina Trino
日本	日本原子力研究開発機構 日本原子力発電株式会社	ふげん(LWCHWR) 東海 1 号機
リトアニア	Ignalina 原子力発電所	Ignalina 1、2 号機 (Ignalina 2 号機は 2009 年 12 月 31 日に停止)
ロシア連邦	Energoatom Concern OJSC	Novovoronezh 1、2 号機
スペイン	UNESA	Jose Cabrera Vandellos 1 号機
スウェーデン	Barsebäck Kraft AB (BKAB)	Barsebäck 1、2 号機
オランダ	BV GKN	Dodewaard
ウクライナ	ウクライナ非常事態及びチェルノブイリ大惨事の影響からの住民防護事項担当省	Chernobyl 1、2、3 号機
米国	Exelon Corporation	Dresden 1 号機 Peach Bottom 1 号機 Zion 1、2 号機

## 参加規制当局

国名	規制当局
アルメニア	Armenian Nuclear Regulatory Authority (ANRA) (アルメニア原子力規制局)
ベルギー	Federal Agency for Nuclear Control (連邦原子力規制局)
ブラジル	Comissão Nacional de Energia Nuclear
ブルガリア	Bulgarian Nuclear Regulatory Agency (ブルガリア原子力規制機関)
カナダ	Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) (カナダ原子力安全委員会)
中国	Nuclear and Radiation Safety Commission (NSC) (中国原子力安全センター)
チェコ共和国	State Office for Nuclear Safety (国家原子力安全局)
フィンランド	Säteilyturvakeskus (STUK) (放射線・原子力安全局)
フランス	Autorité de sûreté nucléaire (ASN) 雇用・社会連帯・住居省の Direction Générale du Travail (DGT)、原子力安全放射線防護研究所 (IRSN) が代表
ドイツ	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, represented by GRS (環境・自然保護・原子力保安省)、GRS が代表
日本	経済産業省 (METI)
韓国	教育科学技術省 (MEST) 韓国原子力安全技術院 (KINS)
リトアニア	Radiation Protection Centre (放射線防護センター)
メキシコ	Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (原子力安全防護国家委員会)
オランダ	Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
パキスタン	Pakistan Nuclear Regulatory Authority (パキスタン原子力規制委員会)
ルーマニア	National Commission for Nuclear Activities Control (CNCAN) (原子力管理国家委員会)
スロバキア共和国	Public Health Authority of the Slovak Republic (スロバキア共和国公共保健局)
スロベニア	Slovenian Nuclear Safety Administration (SNSA) (スロベニア原子力安全管理部) Slovenian Radiation Protection Administration (SRPA) (スロベニア放射線防護管理部)
スペイン	Consejo de Seguridad Nuclear (原子力安全審議会)
スウェーデン	Swedish Radiation Safety Authority (スウェーデン放射線安全局)
スイス	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) (スイス連邦原子力安全検査局)
ウクライナ	State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine (ウクライナ国家原子力規制委員会)
米国	U.S. Nuclear Regulatory Commission (US NRC) (米国原子力規制委員会)

## 各国の加入技術センター

国名	技術センター*	国名	技術センター
アルメニア	IAEATC	メキシコ	NATC
ベルギー	ETC	オランダ	ETC
ブラジル	IAEATC	パキスタン	IAEATC
ブルガリア	IAEATC	ルーマニア	IAEATC
カナダ	NATC	ロシア連邦	IAEATC
中国	IAEATC	スロバキア共和国	ETC
チェコ共和国	ETC	スロベニア	IAEATC
フィンランド	ETC	南アフリカ共和国	IAEATC
フランス	ETC	スペイン	ETC
ドイツ	ETC	スウェーデン	ETC
ハンガリー	ETC	スイス	ETC
イタリア	ETC	ウクライナ	IAEATC
日本	ATC	英国	ETC
大韓民国	ATC	米国	NATC
リトアニア	IAEATC		

\* 注：ATC：アジア技術センター    IAEATC：IAEA 技術センター  
 ETC：欧州技術センター    NATC：北米技術センター

## ISOE ネットワーク及び技術センター情報

### ISOE ネットワーク・ウェブ・ポータル

ISOE ネットワーク	<a href="http://www.isoe-network.net">www.isoe-network.net</a>
-------------	--

### ISOE 技術センター

欧州地区 (ETC)	原子力防護評価研究所 (CEPN)、フォントネ・オ・ローズ、フランス
	<a href="http://www.isoe-network.net">www.isoe-network.net</a>
アジア地区 (ATC)	原子力安全基盤機構 (JNES)、東京、日本
	<a href="http://www.jnes.go.jp/isoe/english/index.html">www.jnes.go.jp/isoe/english/index.html</a>
IAEA 地区 (IAEATC)	国際原子力機関 (IAEA、AIEA)、ウィーン、オーストリア
	<a href="http://www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.asp">www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.asp</a>
北米地区 (NATC)	イリノイ大学、アーバナ・シャンペーン、イリノイ州、米国
	<a href="http://hps.ne.uiuc.edu/natcisoe/">http://hps.ne.uiuc.edu/natcisoe/</a>

### 共同事務局

OECD/NEA (パリ)	<a href="http://www.oecd-nea.org/jointproj/isoe.html">www.oecd-nea.org/jointproj/isoe.html</a>
IAEA (ウィーン)	<a href="http://www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.asp">www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.asp</a>

## 国際協力

- 欧州委員会（EC）
- 原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）

## 附属書 4

### ISOE ビューロー、事務局及び技術センター

#### ISOE 運営委員会・ビューロー

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
議長 (電気事業者)	水町 渉 原子力安全基盤機構 日本		SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP ルーマニア		ABELA, Gonzague EDF フランス	
次期議長 (電気事業者)	SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP ルーマニア		ABELA, Gonzague EDF フランス		HARRIS, Willie EXELON 米国	
副議長 (規制当局)	RIIHILUOMA, Veli フィンランド放射線・原子力安全局 (STUK) フィンランド		HOLAHAN, Vincent 米国原子力規制委員会 米国		DJEFFAL, Salah カナダ原子力安全委員会 カナダ BROCK, Terry 米国原子力規制委員会 米国	
前議長 (電気事業者)	GAGNON, Jean-Yves Centrale Nucleaire Gentilly-2 カナダ		水町 渉 原子力安全基盤機構 日本		SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP ルーマニア	

#### ISOE 共同事務局

##### OECD 原子力機関 (OECD/NEA)

AHIER, Brian (2010年6月まで)  
OKYAR, Halil Burcin (2010年9月から)  
OECD 原子力機関  
放射線防護・放射性廃棄物管理  
12, boulevard des Iles  
F-92130 Issy-les-Moulineaux, France

Tel : +33 1 45 24 10 45  
E メール : halilburcin.okyar@oecd.org

##### 国際原子力機関 (IAEA)

HUNT, John (2010年9月まで)  
MA, Jizeng (2010年9月から)  
IAEA 技術センター  
放射線安全・モニタリング課  
国際原子力機関  
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria  
CZARWINSKI, Renate  
放射線安全・モニタリング課長  
放射線・輸送・廃棄物安全部  
国際原子力機関  
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

問い合わせ先 :  
PUCHER, Inge  
Tel : +43 1 2600 22717  
E メール : I.pucher@iaea.org

## ISOE 技術センター

### アジア技術センター (ATC)

林田 芳久  
アジア技術センター  
原子力安全基盤機構 (JNES)  
TOKYU REIT 虎ノ門ビル7階  
東京都港区虎ノ門 3-17-1  
〒105-0001 日本

Tel : +81 3 4511 1801  
E メール : hayashida-yoshihisa@jnes.go.jp

### 欧州技術センター (ETC)

SCHIEBER, Caroline  
欧州技術センター—CEPN  
28, rue de la Redoute  
F-92260 Fontenay-aux-Roses, France

Tel : +33 1 55 52 19 39  
E メール : schieber@cepn.asso.fr

### IAEA 技術センター (IAEATC)

MA, Jizeng  
IAEA 技術センター  
放射線安全・モニタリング課  
国際原子力機関  
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

問い合わせ先 :  
PUCHER, Inge  
Tel : +43 1 2600 22717  
E メール : I.pucher@iaea.org

### 北米技術センター (NATC)

MILLER, David W.  
NATC 地域コーディネーター  
北米 ALARA センター  
放射線防護部  
Cook 原子力発電所  
One Cook Place  
Bridgman, Michigan 49106, USA

Tel : +1 269 465 5901 x 2305  
E メール : dwmiller2@aep.com

## ISOE ニュース編集者

BREZNIK, Borut  
放射線防護管理者  
Krško 原子力発電所  
Vrbina 12  
SI-8270 Krško  
Slovenia

Tel : +386 7 4802 287  
E メール : borut.breznik@nek.si



## 附属書 5

### ISOE ワーキング・グループ (2009、2010 年)

#### ISOE データ分析ワーキング・グループ (WGDA)

議長 : HENNIGOR, Staffan (スウェーデン)	副議長 : STRUB, Erik (ドイツ)
カナダ	
DJEFFAL, Salah	カナダ原子力安全委員会
McQUEEN Maureen	Bruce Power
チェコ共和国	
FARNIKOVA, Monika	Temelin NPP
フランス	
BADAJOZ, Caroline	CEPN (ETC)
D'ASCENZO, Lucie	CEPN (ETC)
SCHIEBER, Caroline	CEPN (ETC)
COUASNON, Olivier	ASN
ROCHER, Alain	EDF
ドイツ	
KAULARD, Jorg	Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH
STRUB, Erik	Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH
JENTJENS, Lena	VGB-PowerTech
BASCHNAGEL, Michael	Biblis NPP
日本	
林田 芳久	原子力安全基盤機構 (ATC)
水町 涉	原子力安全基盤機構 (ATC)
鈴木 亜紀子	原子力安全基盤機構 (ATC)
大韓民国	
CHOI, Won-Chul	韓国原子力安全技術院 (KINS)
JUNG, Kyu-Hwan	韓国原子力安全技術院 (KINS)
ROH, Hyun-Suk	韓国 水力原子力発電 (株) (KHNP)
メキシコ	
ZORRILLA, Sergio H.	Central Laguna Verde
ルーマニア	
SIMIONOV, Vasile	Cernovoda NPP
ロシア連邦	
GLASUNOV, Vadim	ロシア原子力発電所運転研究所 (VNIIAES)
スロベニア	
BREZNIK, Borut	Krsko NPP
スペイン	
Miguel Angel de la Rubia Rodiz	CSN
スウェーデン	
HENNIGOR, Staffan	Forsmarks Kraftgrupp AB
SOLSTRAND, Christer	OKG AB
SVEDBERG, Torgny	Ringhals AB
米国	
HAGEMEYER, Derek	オークリッジ大学連盟 (ORAU)
LEWIS, Doris	米国原子力規制委員会
MILLER, David .W.	D.C. Cook 発電所 (NATC)
HARRIS, Willie	EXelon

## 作業管理に関する WGDA 専門家グループ

議長：水町 渉（日本）

### フランス

ABELA, Gonzague	EDF
BERTIN, Hélène	EDF
DROUET, François	CEPN (ETC)
SCHIEBER, Caroline	CEPN (ETC)

### ドイツ

STEINEL, Dieter	Philippsburg NPP
-----------------	------------------

### 日本

林田 芳久	原子力安全基盤機構 (ATC)
水町 渉	原子力安全基盤機構 (ATC)

### 大韓民国

CHOI, Won-Chul	Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) (韓国原子力安全技術院)
----------------	---

### メキシコ

ZORRILLA, Sergio H.	Central Laguna Verde
---------------------	----------------------

### ルーマニア

SIMIONOV, Vasile	Cernovoda NPP
------------------	---------------

### ロシア連邦

GLASUNOV, Vadim	Russian Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES) (ロシア原子力発電所運転研究所)
-----------------	---

### スロベニア

BREZNIK, Borut	Krsko NPP
----------------	-----------

### スペイン

GARROTE PEREZ, Fernando	TECNATOM
-------------------------	----------

### スウェーデン

HENNIGOR, Staffan	Forsmarks Kraftgrupp AB
-------------------	-------------------------

### 英国

LUNN, Matthew	Sizewell B NPP
RENN, Guy	Sizewell B NPP

### 米国

DOTY, Rick	PPL Susquehanna LLC
HUNSICKER, John	VC Summer NGS
MILLER, David .W.	D.C. Cook 発電所 (NATC)
OHR, Ken	Quad Cities NGS

## 廃止措置に関する WGDA タスク・チーム

議長：KAULARD, Jorg（ドイツ）

### アルメニア

AVETISYAN, Aida	Armenian Nuclear Regulatory Authority (ANRA) (アルメニア原子力規制局)
-----------------	---

### フランス

CROUAIL, Pascal	CEPN (ETC)
-----------------	------------

### ドイツ

JURETZKA, Peter	Stade NPP
-----------------	-----------

KAULARD, Jorg	Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH
---------------	--

### 日本

林田 芳久	原子力安全基盤機構 (ATC)
水町 渉	原子力安全基盤機構 (ATC)
メキシコ	
ZORRILLA, Sergio H.	Central Laguna Verde
ルーマニア	
SIMIONOV, Vasile	Cernovoda NPP
スペイン	
ORTIZ RAMIS, Maria Teresa	ENRESA
スウェーデン	
LINDVALL, Carl Göran	Barsebäck Kraft AB
LORENTZ, Hakan	Barsebäck Kraft AB
米国	
MILLER, David W.	D.C. Cook 発電所 (NATC)

## 附属書 6

### ISOE 運営委員会及び国内コーディネーター

注：ISOE 国内コーディネーターは太字により識別する。

アルメニア	
<b>ATOYAN, Vovik</b>	Armenian Nuclear Power Plant Company (アルメニア原子力発電所会社)
AVETISYAN, Aida	Armenian Nuclear Regulatory Authority (アルメニア原子力規制局)
ベルギー	
<b>NGUYEN Thanh Trung</b>	Electrabel (Tihange NPP)
SCHRAYEN, Virginie	FANC-Federal Agency for Nuclear Control (FANC 連邦原子力規制局)
ブラジル	
<b>do AMARAL, Marcos Antônio</b>	Angra NPP
ブルガリア	
<b>NIKOLOV, Atanas</b>	Kozloduy 原子力発電所
KATZARSKA, Lidia	Bulgarian Nuclear Regulatory Agency (ブルガリア原子力規制機関)
カナダ	
<b>McQUEEN, Maureen</b>	Bruce Power
DJEFFAL, Salah	Canadian Nuclear Safety Commission (カナダ原子力安全委員会)
GAGNON, Jean-Yves	Centrale Nucleaire Gentilly-2
VILLEMAIRE, Mike	Pickering NPP
ALLEN, Scott	Bruce Power
中国	
<b>LI, Ruirong</b>	Daya Bay NPS
ZHANG, Jintao	China National Nuclear Corporation
チェコ共和国	
KOC, Josef	Temelin NPP
<b>FARNIKOVA, Monika</b>	Temelin NPP
URBANCIK, Libor	State Office for Nuclear Safety (SUJB) (国家原子力安全局)
KULICH, Vladimir	Dukovany NPP
フィンランド	
<b>KONTIO, Timo</b>	Fortum, Loviisa NPP
RIIHILUOMA, Veli	Centre for Radiation and Nuclear Safety (放射線・原子力安全局) (STUK)
KUKKONEN, Kari	TVO, Olkiluoto NPP
VILKAMO, Olli	Centre for Radiation and Nuclear Safety (放射線・原子力安全局) (STUK)
フランス	
<b>ABELA, Gonzague</b>	EDF
CORDIER, Gerard	EDF
COUASNON, Olivier	IRSN
CHEVALIER, Sophie	ASN
GUZMAN LOPEZ-OCON, Olvido	ASN
ドイツ	
<b>JENTJENS, Lana</b>	VGB-PowerTech e. V.
BASCHNAGEL, Michael	RWE Power AG, Kraftwerk Biblis
FRASCH, Gerhard	Bundesamt für Strahlenschutz
KAULARD, Joerg	Gesellschaft fuer Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH
STRUB, Erik	Gesellschaft fuer Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH
ハンガリー	
<b>BUJTAS, Tibor</b>	PAKS 原子力発電所会社
イタリア	
<b>MANCINI, Francesco</b>	SOGIN Spa
日本	

林田 芳久	原子力安全基盤機構 (ATC)
小林 正英	原子力安全基盤機構 (ATC)
水町 渉	原子力安全基盤機構 (ATC)
鈴木 晃	東京電力株式会社
辻 政俊	原子力安全・保安院 (NISA)
米丸 賢一	九州電力株式会社
金岡 正	中国電力株式会社
<b>大韓民国</b>	
<b>CHOI, Won-Chul</b>	Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) (韓国原子力安全技術院)
An, Yong Min	Korea Hydro and Nuclear Power. Co. Ltd
LEE, Hee-hwan	Korea Hydro and Nuclear Power. Co. Ltd
NA, Seong Ho	Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) (韓国原子力安全技術院)
<b>リトアニア</b>	
<b>PLETNIOV, Victor</b>	Ignalina 原子力発電所
BALCYTIS, Gintautas	Radiation Protection Centre (放射線防護センター)
<b>メキシコ</b>	
<b>ZORRILLA, Sergio H.</b>	Central Laguna Verde
MEDRANO, Marco.	National Nuclear Research Institute
<b>オランダ</b>	
<b>MEIJER, Hans</b>	Borssele NPP
BREAS, Gerard	環境省
<b>パキスタン</b>	
NASIM, Bushra	Pakistan Nuclear Regulatory Authority (パキスタン原子力規制機関)
<b>MUBBASHER, Makshoof</b>	Chashma NPP (Unit 1)
<b>ルーマニア</b>	
<b>SIMIONOV, Vasile</b>	Cernavoda NPP
RODNA, Alexandru	National Commission for Nuclear Activities Control (原子力管理国家委員会)
VELICU, Oana	National Commission for Nuclear Activities Control (原子力管理国家委員会)
<b>ロシア連邦</b>	
<b>BEZRUKOV, Boris</b>	Energatom Concern OJSC
GLASUNOV, Vadim	Russian Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES) (ロシア原子力発電所運転研究所)
<b>スロバキア共和国</b>	
<b>DOBIS, Lubomir</b>	Bohunice NPP
VIKTORY, Dusan	Public Health Institute of the Slovak Republic (スロバキア共和国公共保健局)
<b>スロベニア</b>	
<b>BREZNIK, Borut</b>	Krsko NPP
JANZEKOVIC, Helena	Slovenian Nuclear Safety Administration (スロベニア原子力安全局)
JUG, Nina	Slovenian Radiation Protection Administration (スロベニア放射線防護管理部)
CERNILOGAR RADEZ, Milena	Slovenian Nuclear Safety Administration (スロベニア原子力安全局)
<b>南アフリカ共和国</b>	
<b>MAREE, Marc</b>	Koeberg NPS
<b>スペイン</b>	
<b>HERRERA Borja Rosell</b>	Almaraz NPP
LABARTA, Teresa	Consejo de Seguridad Nuclear (原子力安全審議会)
ROSALES CALVO, Maria Luisa	Consejo de Seguridad Nuclear (原子力安全審議会)
DE LA RUBIA, Miguel Angel	Consejo de Seguridad Nuclear (原子力安全審議会)
<b>スウェーデン</b>	
<b>SVEDBERG, Torgny</b>	Ringhals NPP
FRITIOFF, Karin	Swedish Radiation Safety Authority (スウェーデン放射線安全局)
LINDVALL, Carl Göran	Barsebäck NPP
SOLSTRAND, Christer	Oskarshamn NPP
HENNIGOR, Staffan	Forsmark NPP
<b>スイス</b>	

**JAHN, Swen-Gunnar**  
ウクライナ

**LISOVA, Tetyana**

RYAZANTSEV, Viktor

英国

**RENN, Guy**

ZODIATES, Anastasios

米国

**MILLER, David**

GREEN, Bill

LEWIS, Doris

BROCK, Terry

HARRIS, Willie

DALY, Patrick

JONES, Patricia

OHR, Kenneth

HUNSICKER, John

ENSI (スイス連邦原子力安全検査局)

Ministry of Fuel and Energy of Ukraine  
(ウクライナ燃料エネルギー省)

SNRCU (ウクライナ国家原子力規制委員会)

Sizewell B 発電所

British Energy

D.C. Cook 発電所 (NATC)

Clinton 発電所

米国原子力規制委員会

米国原子力規制委員会

Exelon - Corporate

Exelon - Braidwood

constellation Energy – Calvert Cliffs

Exelon – Quad Cities Station

South Carolina Electric – V. C. Summer