

放射線防護

# 原子力発電所における 職業被ばく

ISOE プログラム  
第 25 回年次報告書(2015 年)

© OECD 2017  
NEA/ ISOE(2017)1

経済協力開発機構  
原子力機関

## 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、プラントの設計や運転手順の改善、ALARA文化、及び経験の交換がこの低減傾向に貢献してきた。しかし、世界中の原子力発電所で続いている経年劣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)なることを確実にするという任務は、経済的及び社会的要因を考慮した場合、放射線防護専門家に対して依然として課題を提起し続けている。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、調整するためのフォーラムを提供してきた。ISOEの目標は、職業放射線防護を最適化する方法について広範かつ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。1つの技術交換のイニシアティブとして、ISOEプログラムには、世界規模の職業被ばくデータの収集・分析プログラム(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となっている)並びに線量低減の情報及び経験を共有するための情報ネットワークが含まれている。ISOEの発足以来、その参加者は、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、並びに費用・便益及びその他の解析のために、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きた。このISOEプログラム第25回年次報告書では、2015年の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・集団放射線量に関する情報やデータを交換し、分析することは、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不可欠である。」(ISOE 規約、2012～2015 年)

## 目次

序文 .....	1
目次 .....	3
概要 .....	5
1. 職業被ばく情報システム (ISOE) への参加の状況 .....	7
2. 職業被ばく傾向 .....	10
2.1 職業被ばくの傾向: 運転中の原子炉 .....	10
欧州地域 .....	17
アジア地域 .....	17
2.2 職業被ばくの傾向: 最終的に停止された原子炉 .....	24
3. ISOE 参加国における主要事象 .....	28
アルメニア .....	29
ベルギー .....	31
ブラジル .....	33
ブルガリア .....	34
カナダ .....	35
中国 .....	39
チェコ共和国 .....	40
フィンランド .....	42
フランス .....	44
ドイツ .....	49
ハンガリー .....	51
イタリア .....	52
日本 .....	53
韓国 .....	56
リトアニア .....	57
メキシコ .....	59
オランダ .....	63
パキスタン .....	64
ルーマニア .....	65
ロシア連邦 .....	68
スロバキア共和国 .....	71
スロベニア .....	73
南アフリカ .....	74
スペイン .....	76
スウェーデン .....	80

スイス.....	83
ウクライナ .....	85
英国 .....	86
米国 .....	88
4. ISOE 経験交換活動.....	94
4.1 ISOE ALARA シンポジウム .....	94
4.2 ISOE ウェブサイト(www.isoe-network.net) .....	95
4.3 ISOE ベンチマーキング視察 .....	97
4.4 ISOE 管理 .....	98

## 表

表 1 正式な ISOE 参加者及び ISOE データベース(2015 年 12 月現在) .....	8
表 2 国別及び原子炉型式別の 1 基当たり平均年間集団線量(2013～2015 年、人・Sv/基) .....	13
表 3 国別及び原子炉型式別の 1 基当たり 3 カ年移動平均年間集団線量(2011～2013 年及び 2013～2015 年、人・Sv/基) .....	16
表 4 最終的に停止された原子炉に関する国別及び原子炉型式別の基数と 1 基当たり平均年間線量(人・mSv/基)(2013～2015 年) .....	25

## 図

図 1 ISOE に含まれている、運転中の全原子炉の原子炉型式別の 1 基当たり 3 カ年移動平均 (1992～2015 年、人・Sv/基) .....	11
図 2 2015 年における国別の PWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	14
図 3 2015 年における国別の VVER 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	14
図 4 2015 年における国別の BWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	15
図 5 2015 年における国別の PHWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	15
図 6 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(1) .....	20
図 7 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(2) .....	20
図 8 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(3) .....	21
図 9 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(4) .....	21
図 10 2002 年～2015 年における国別の VVER の平均集団線量(1) .....	22
図 11 2002 年～2015 年における国別の VVER の平均集団線量(2) .....	22
図 12 2002 年～2015 年における国別の BWR の平均集団線量(1) .....	23
図 13 2002 年～2015 年における国別の BWR の平均集団線量(2) .....	23
図 14 2002 年～2015 年における国別の PHWR の平均集団線量(2) .....	24
図 15 2011 年～2015 年における国別の PWR の平均年間集団線量 .....	26
図 16 2011 年～2015 年における国別の VVER の平均年間集団線量 .....	26
図 17 2011 年～2015 年における国別の BWR の平均年間集団線量 .....	27
図 18 2011 年～2015 年における国別の GCR の平均年間集団線量 .....	27

## 概要

1992 年以來職業被ばく情報システム (ISOE) は、原子力発電所及び国内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。この ISOE プログラム第 25 回年次報告書では、2015 年における ISOE プログラムの状況を紹介する。

ISOE は OECD/NEA と IAEA の共同出資によるものであり、その会員資格は、ISOE プログラムの規約を受け入れる世界中の電気事業者及び放射線防護規制当局に対して開かれている。2012～2015 年に関する現在の ISOE 規約は、2012 年 1 月 1 日に発効した。2015 年 12 月 31 日時点で、ISOE プログラムには 29 カ国<sup>1</sup>で 75 の電気事業者 (349 基の運転中のユニット及び 57 基の停止中ユニット) と 24 カ国の規制当局が参加していた。ISOE 放射線被ばくデータベースには、29 カ国 400 基を超える運転中の原子炉における職業被ばくレベル及び傾向に関する情報が取り込まれ、世界中の商業用発電用原子炉のおよそ 84% を網羅している。4 つの ISOE 技術センター (欧州、北米、アジア及び IAEA) が ISOE プログラムの日常的な技術的業務を管理している。

運転中の発電用原子炉について ISOE メンバーから提供された職業被ばくデータに基づくと、1 基当たりの 2015 年平均年間集団線量と、1 基当たりの 3 カ年移動平均 (2013～2015 年) は、以下のとおりであった。

	2015 年平均年間 集団線量 (人・Sv/基)	2013～2015 年の 3 カ年移動平均 (人・Sv/基)
加圧水型原子炉 (PWR)	0.48	0.49
加圧水型原子炉 (VVER)	0.45	0.44
沸騰水型原子炉 (BWR)	0.95	0.85
加圧重水型原子炉 (PHWR/CANDU)	0.76	0.78

ISOE データベースには、運転中の原子炉からの情報に加えて、停止中又は廃止措置段階にある原子炉 101 基からの線量データが含まれている。それらの原子炉ユニットは、一般的に型式と規模がさまざまであり、廃止措置プログラムのさまざまな段階にあるため、明確な線量傾向を特定することは困難である。しかし、より良いベンチマーキングを促進すべく、それらの原子炉に関するデータ収集を改善するための作業が 2015 年も継続された。運転中の原子炉及び廃止措置段階にある原子炉に関する職業線量傾向の詳細が、本報告書のセクション 2 で示されている。

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、この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目的に由来している。2015 年、ISOE 参加者には、ISOE ネットワーク・ウ

<sup>1</sup> ベラルーシとアラブ首長国連邦 (UAE) については、運転中 (もしくは廃止措置段階) の NPP を持たないため、2015 年の線量情報と主要事項は記載していない。

ウェブサイト(www.isoe-network.net)を通じ、ウェブベースで包括的に線量低減及び ISOEALARA 資源に関する情報や経験を交換する場が引き続き提供された。

原子力発電所における職業被ばく管理に関する年次 ISOE ALARA シンポジウムは引き続き、ISOE の参加者及び供給業者にとって、職業被ばく問題に関する実用的な情報や経験を交換する重要なフォーラムとなった。各技術センターは、引き続き地域的なシンポジウムを主催した。2015 年の例としては、1 月 12 日～14 日に北米技術センターが米国フォート・ローダーデールで主催した ISOE 北米地域 ALARA シンポジウムや、5 月 26 日～27 日に IAEA 技術センターがブラジル・リオデジャネイロで主催した ISOE 国際 ALARA シンポジウム、また 9 月 9 日～10 日にアジア技術センターが東京で主催した ISOE アジアシンポジウムが挙げられる。地域及び国際シンポジウムは、職業放射線被ばくを合理的に達成可能な限り低く維持するためのアイデアや管理方法の交換を推進する世界規模のフォーラムとなっている。

重要な点は、迅速な技術的フィードバックを求める特別な要請に対して、また ISOE 地域間の線量低減情報交換を目的とする自発的なサイト・ベンチマーキング視察の企画において、各技術センターが支援を行っているという点である。ISOE シンポジウムと技術的視察の組み合わせによって、放射線防護専門家らが会合し、情報を共有し、ISOE 地域間で連携を構築し、職業被ばく管理のための世界的なアプローチを構築する手段が提供されている。

ISOE データ分析ワーキング・グループ(WGDA)は、ISOE データベースの完全性及び一貫性の維持に重点を置きながら、ISOE データ及び経験の技術的解析を継続的に支援した。

原子力発電所 NPP のデコミッショニング活動における放射線防護に関するワーキンググループ(WGDECOM)が正式に発足し、運転中放射線防護(RP)のデータと、廃止措置段階もしくはその準備段階にある原子力発電所(NPP)の経験を十分に共有するためのプロセスを ISOE プログラム内で開発する活動を開始した。

シビアアクシデント管理及び事故後復旧における職業放射線防護に関する ISOE 専門家グループ(EG-SAM)は、2015 年初頭に最終報告書である「シビアアクシデント管理及び事故後復旧における職業放射線防護(EG-SAM)報告書」を発表した。本報告書は、OECD iLibrary と ISOE ネットワーク・ウェブサイトですぐ入手可能である。

ISOE 加盟国における主な出来事について本報告書のセクション 3 で概説している。

## 1. 職業被ばく情報システム (ISOE) への参加の状況

1992 年以來 ISOE は、電気事業者及び国内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(原子力発電所に関する世界最大の職業被ばくデータベースとなっている)と、線量低減の情報と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らは、これらの資源を活用し、各地の放射線防護プログラムにおける ALARA 原則の適用を促進する線量傾向分析、手法比較、並びに費用・便益及びその他の解析のために、また経験を世界的に共有するために、職業被ばくのデータと情報を交換している。

ISOE の参加者には、規約(2012～2015 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(又はそれらを代理する機関)及び ISOE 技術センターが含まれている。4 つの ISOE 技術センター(アジア、欧州、北米、IAEA)は、4 つの ISOE 地域のメンバーを支援するために日常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付属書 3 を参照)。ISOE の目的は、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、広範かつ定期的に更新される情報
- 集められたデータの評価や分析など、上記の問題に関する情報を、放射線防護の最適化に寄与するものとして普及させるメカニズム

2015 年 12 月時点で ISOE 事務局が得たフィードバックによれば、ISOE プログラムに参加していたのは、349 基の運転中のユニット及び 57 基の停止中ユニット<sup>2</sup>を含む、29 カ国の 75 の電気事業者、並びに 24 カ国の規制当局である。表 1 には、2015 年 12 月時点におけるすべての参加者を、国別、原子炉型式別及び原子炉状況別にまとめている。本報告書発表の時点で ISOE に正式に加盟していた原子炉、電気事業者及び当局の完全なリストは、付属書 1 に示されている。

参加当局は、参加電気事業者によって毎年提供される被ばくデータに加えて、一部の認可取得者が ISOE メンバーではない場合においても公式の国内データにより貢献することができる。したがって、ISOE データベースには 29 カ国の 473 基の原子炉(372 基が運転中、101 基が冷温停止状態又は廃止措置の何らかの段階)での職業被ばくのデータと情報が含まれており、これは世界中にある運転中の商業用発電用原子炉の約 84%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、すべての ISOE メンバーがその参加電気事業者又は参加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>2</sup> 主要な電気事業者の数を示している。発電所が複数の企業によって所有又は運営されている場合もある。

表 1 正式な ISOE 参加者及び ISOE データベース(2015 年 12 月現在)

注記:本報告書発表時点での正式な ISOE 参加者のリストは、付属書 1 で示されている。

運転中の原子炉：ISOE 参加者							
国名	PWR	VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Total
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	-	-	-	19	-	-	19
中国	7	2	-	-	-	-	9
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	7	-	2	-	-	-	9
ハンガリー	-	4	-	-	-	-	4
日本	24	-	24	-	-	-	48
韓国	20	-	-	4	-	-	24
メキシコ	-	-	2	-	-	-	2
オランダ	1	-	-	-	-	-	1
パキスタン	2	-	-	1	-	-	3
ルーマニア	-	-	-	2	-	-	2
ロシア	-	17	-	-	-	-	17
スロバキア共和国	-	4	-	-	-	-	4
スロベニア	1	-	-	-	-	-	1
南アフリカ	2	-	-	-	-	-	2
スペイン	6	-	1	-	-	-	7
スウェーデン	3	-	7	-	-	-	10
スイス	3	-	2	-	-	-	5
ウクライナ	-	15	-	-	-	-	15
英国	1	-	-	-	-	-	1
米国	57	-	29	-	-	-	86
合計	201	53	69	26	-	-	349
運転中の原子炉：ISOE には参加していないが、ISOE データベースに収載されているもの							
国名	PWR/VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Total	
ロシア	1	-	-	-	-	1	
英国	-	-	-	14	-	14	
米国	3	5	-	-	-	8	
合計	4	5	-	14	-	23	
ISOE データベースに含まれている運転中の原子炉の合計数							
	PWR/VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Total	
合計	258	74	26	14	-	372	

表 1 正式な ISOE 参加者及び ISOE データベース(2015 年 12 月現在)(続き)

最終的に停止した原子炉：ISOE 参加者							
国名	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Other	合計
ブルガリア	4	-	-	-	-	-	4
カナダ	-	-	3	-	-	-	3
フランス	1	-	-	6	-	-	7
ドイツ	4	4	-	-	-	-	8
イタリア	1	2	-	1	-	-	4
日本	-	8	-	1	-	1	10
リトアニア	-	-	-	-	2	-	2
ロシア	2	-	-	-	-	-	2
スペイン	1	1	-	1	-	-	3
スウェーデン	-	2	-	-	-	-	2
米国	8	4	-	1	-	1	14
<b>合計</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>59</b>
最終的に停止した原子炉：ISOE に参加してはいるが ISOE データベースに含まれているもの							
国名	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Other	合計
カナダ	-	-	3	-	-	-	3
ドイツ	3	1	-	2	-	-	6
オランダ	-	1	-	-	-	-	1
スペイン	-	-	-	-	-	-	0
ウクライナ	-	-	-	-	3	-	3
英国	-	-	-	20	-	-	20
米国	6	2	-	1	-	-	9
<b>合計</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>42</b>
ISOE データベースに含まれている最終的に停止した原子炉の合計数							
	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Other	合計
<b>合計</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>101</b>
ISOE データベースに含まれている原子炉の合計数							
	PWR/ VVER	BWR	PHWR	GCR	LWGR	Other	合計
<b>合計</b>	<b>288</b>	<b>99</b>	<b>32</b>	<b>47</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>473</b>
参加国数							29
参加電気事業者数 <sup>3</sup>							69
参加当局数 <sup>4</sup>							26

<sup>3</sup>主要電気事業者の数を表す。発電所が複数の企業によって所有又は運営されている場合もある。

<sup>4</sup>3カ国は2つの当局を伴って参加している。

## 2. 職業被ばく傾向

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追跡し、それにより ISOE メンバー間でベンチマーキング、比較分析及び経験交換を行うことである。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を含む ISOE 職業被ばくデータベースの中で維持される。現在の ISOE データベースには、以下の種類のデータが含まれている。

- 運転中、停止中又は廃止措置の何らかの段階にある商業用 NPP からの線量測定情報。例えば、以下のものである。
  - ・ 通常運転に関する年間集団線量
  - ・ 保守作業／燃料取替停止
  - ・ 計画外停止期間
  - ・ 特定の作業や作業員カテゴリーに関する年間集団線量

以下の 2 種類のデータ(以前は ISOE2 及び ISOE3 として知られていた)は過去数年間で回収されたものである。これらのデータは、ISOE ネットワーク・ウェブサイトの RP ライブラリーにて入手可能である。

- 材料、水化学、起動／停止手順、コバルト低減プログラムなど、線量低減に関するプラント固有の情報
- 特定の操作、業務、手順、設備又は作業に関する放射線防護関連情報(得られた放射線学的教訓)
  - ・ 効果的な線量低減
  - ・ 効果的な除染
  - ・ 作業管理原則の実施 (ISOE 3)

ISOE メンバーは、ISOE データベースを用いて国別、原子炉型式別、又は姉妹ユニットのグループ化など他の基準ごとの、さまざまなベンチマーキングと傾向分析を行うことができる。以下の概要は、原子力発電所における職業被ばくの一般的傾向を明らかにするものである。

### 2.1 職業被ばくの傾向:運転中の原子炉

#### a) 原子炉型式別の世界的な傾向

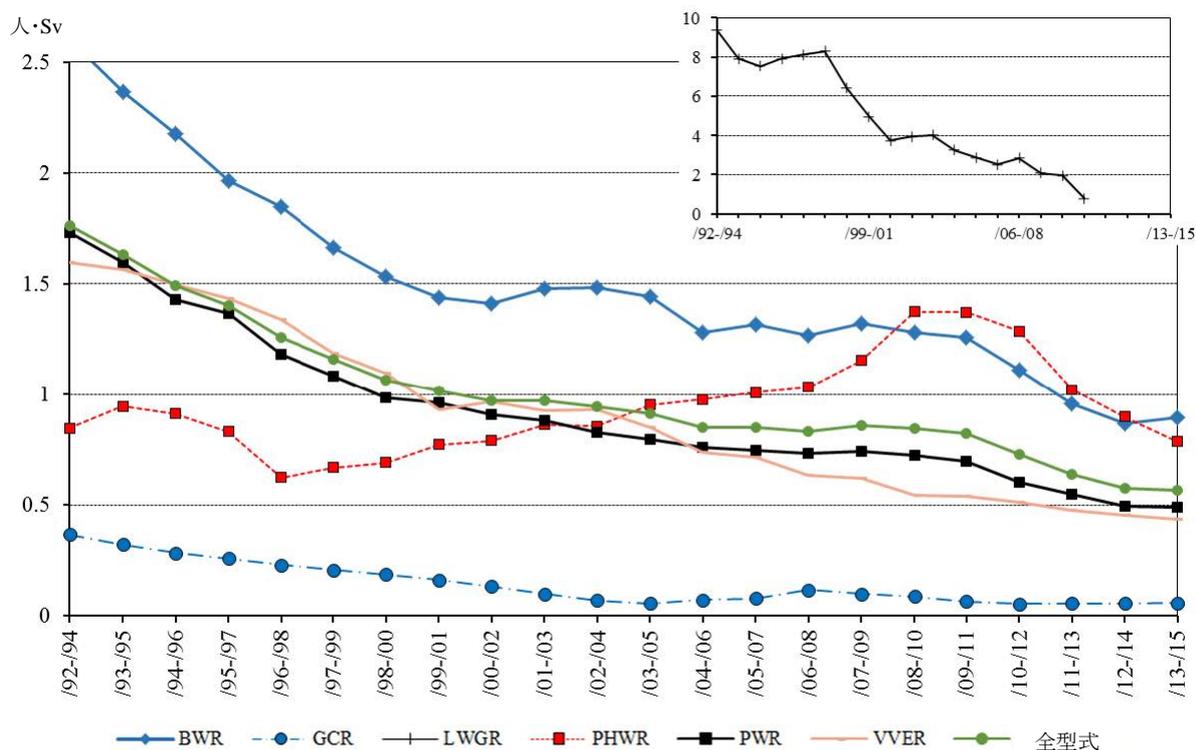
図 1 は、1992～2015 年について、原子炉 1 基当たりの 3 カ年移動平均集団線量に見られる傾向を原子炉型式別に示したものである。年ごとのばらつきが多少あるものの、ほとんどの原子炉で線量の明らかな低下傾向が続いている。例外として PHWR の場合、1996～1998 年に低い数値を達成して以来、わずかな上昇傾向を示している。

図 1 から分かるように、PHWR では 1996 年～1998 年及び 2009 年～2011 年における 3 カ年移動平均の年間集団線量が増加傾向にある。これは、ISOE データベースに掲載されている運転中の多くの PHWR が経年劣化していることで部分的に説明可能である。1996 年～1998 年の増加時には、運転中の PHWR の平均稼働年数が 15 年であった。そのうち最も稼働年数が長いものは 27 年(ピッカリング 1)だが、最も短いものはたった 1 年(月城 2 号機)であった。1998 年～2015 年の間に新たに運転を開始し、ISOE に報告があった PHWR はわずか 3 基であった。2012 年にジェンティリー 2 の運転が停止され廃止

措置の準備が開始されたことに加え、2010年にピッカリング2及び3が安全貯蔵状態に移行されたことで、PHWRの集団線量の減少に繋がったと考えられる。残りの運転中のPHWRは経年劣化が進んでおり、保守作業の増加を求める傾向が続いている。また経年劣化の結果として線量も増加している。ソースタームを低減させる取り組みと他のALARAイニシアティブは、こうした線量の増加傾向に対抗する目的で導入され、2011年のPHWR1基あたりの平均集団線量は再び減少傾向を見せた。PHWRに関する詳細は、カナダ、韓国、パキスタン、ルーマニアの国別報告書を参照。

2013年～2015年における国別及び原子炉型式別の1基あたりの平均集団線量は表2に、また2011年～2013年及び2013年～2015年における国別及び原子炉型式別の1基あたりの3カ年移動平均の年間集団線量は表3に、それぞれ示されている。これらの結果は主に、2015年の間にISOEデータベースに報告及び記録されたデータを個々の国別報告書(セクション3)によって適宜補完したものに基いている。図2～5は、PWR、VVER、BWR及びPHWR1基あたりの平均集団線量に関する情報を国別で示している。すべての図における「基数」は、2015年についてデータが報告された原子炉ユニットの数を意味している。

図1 ISOEに含まれている、運転中の全原子炉の原子炉型式別の1基当たり3カ年移動平均(1992～2015年、人・Sv/基)



## b) 国別の平均集団線量傾向

表 2 では、過去 3 年間に於ける 1 基あたりの平均集団線量に関する情報を、国別及び原子炉型式別で示している。この期間中、通常の周期的作業を伴う多少の年間変動を斟酌すれば、いくつかの例外を除く大多数の国において、比較的安定した平均集団線量が維持された。PWR ユニットでは、南アフリカとベルギーの平均集団線量が微増傾向にあるが、そのほとんどが保守活動にかかわるものである。逆に中国、ドイツ及びスロベニアでは減少傾向が見られたが、これは出力増強計画が完了したことで通常運転時の職業被ばくが減ったためである。ハンガリーの VVER も同様に、出力増強計画が完了したことで職業被ばくの減少に繋がった。

メキシコの 2 基の BWR ユニットについては、過去 2 年間で集団線量が増加したと報告されている。他の BWR ユニットよりも集団線量が高かった主な原因としては、機器の信頼性の問題及び燃料取替停止が挙げられる。特に国別報告書では、原子炉内構造物の応力腐食割れを防ぐために、2006 年以来貴金属と水素を交互に適用してきたことでソースタームが増加していると言及している。

図 2～5 は、表 2 における 2015 年のデータのみを棒グラフで示し、平均集団線量が最も高いものから順に並べたものである。ただし、集団線量に影響するパラメーターは複雑であり、また本報告書に貢献しているプラントが多種多様であることから、これらの分析と数値は対象国における放射線防護パフォーマンスの質についていかなる結論をも下すものではない。

表2 国別及び原子炉型式別の1基当たり平均年間集団線量(2013~2015年、人・Sv/基)

	PWR			VVER			BWR		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
アルメニア				0.73	1.01	0.89			
ベルギー	0.19	0.25	0.32						
ブラジル	0.48	0.34	0.33						
ブルガリア				0.23	0.30	0.45			
カナダ									
中国	0.86	0.46	0.52	0.23	0.25	0.26			
チェコ共和国				0.12	0.11	0.14			
フィンランド				0.27	0.42	0.26	0.32	0.32	0.40
フランス	0.79	0.72	0.71						
ドイツ	0.29	0.15	0.15				1.09	1.16	1.11
ハンガリー				0.50	0.39	0.33			
日本	0.23	0.23	0.19				0.20	0.19	0.22
韓国	0.53	0.36	0.36						
メキシコ							0.67	5.91	4.83
オランダ	0.83	0.23	0.22						
パキスタン	0.53	0.60	0.59						
ルーマニア									
ロシア連邦				0.52	0.62	0.56			
スロバキア共和国				0.13	0.14	0.18			
スロベニア	1.35	0.11	0.79						
南アフリカ	0.30	0.28	1.09						
スペイン	0.39	0.39	0.38				2.25	0.29	2.47
スウェーデン	0.52	0.72	0.68				0.71	0.94	0.83
スイス	0.35	0.26	0.57				1.11	1.23	1.23
ウクライナ				0.53	0.48	0.55			
英国	0.39	0.37	0.05						
米国	0.36	0.51	0.45				1.27	1.09	1.23
平均	<b>0.50</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>0.42</b>	<b>0.44</b>	<b>0.45</b>	<b>0.84</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>

注記：ISOE データベースから計算したものではなく、国別報告書から直接的に取り出したデータ：英国(2010~2015:GCR)。日本に関する2015年BWR線量には、福島第一原子力発電所1~6号機の線量は含まれていない。

	PHWR			GCR		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
カナダ	0.85	0.90	0.83			
韓国	0.49	0.37	0.43			
パキスタン	1.68	2.01	1.84			
ルーマニア	0.25	0.30	0.19			
英国				0.03	0.08	0.07
平均	<b>0.78</b>	<b>0.81</b>	<b>0.76</b>	<b>0.03</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>

	2013	2014	2015
Global Average	<b>0.51</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>

図 2 2015 年における国別の PWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

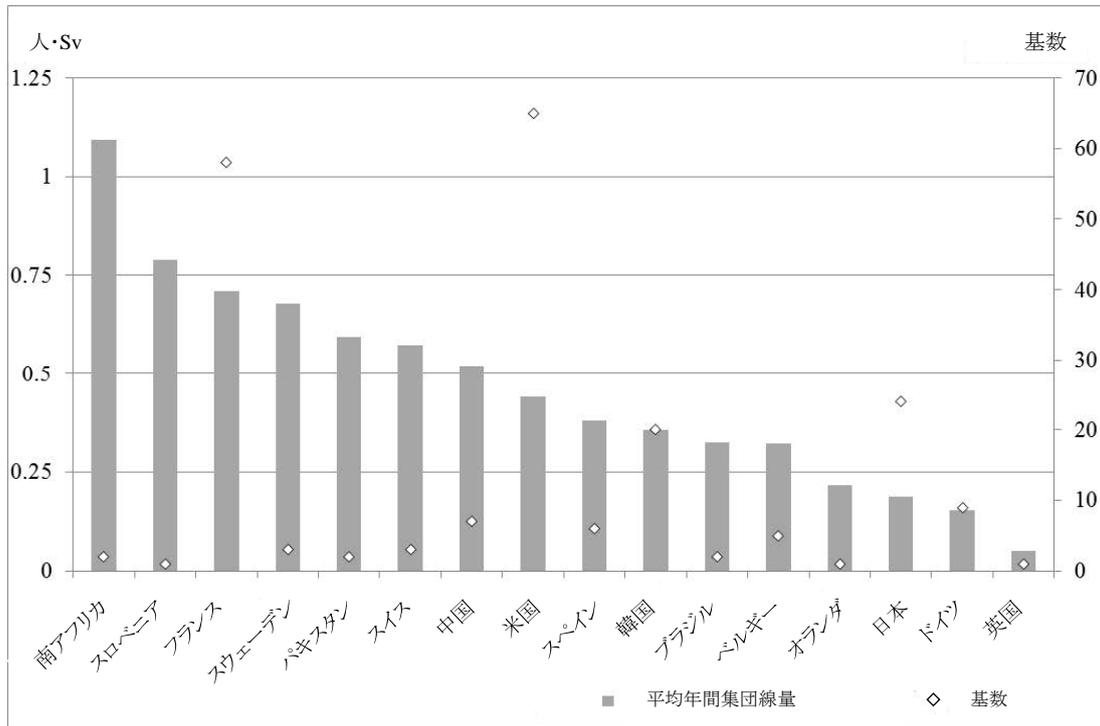


図 3 2015 年における国別の VVER 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

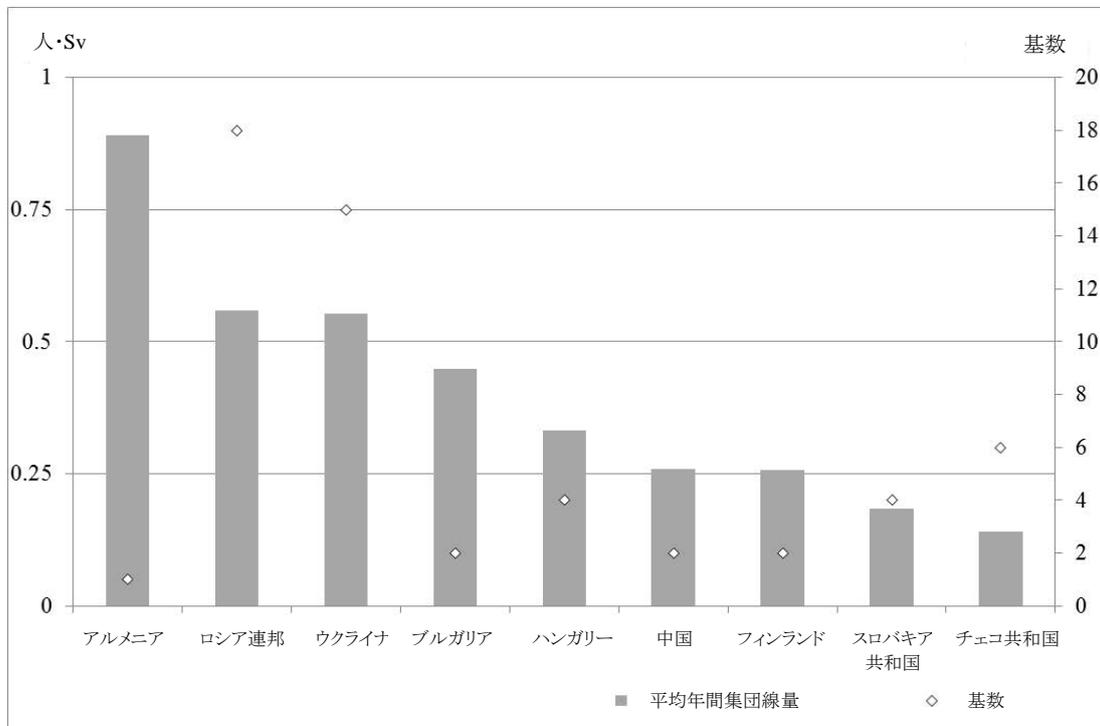


図 4 2015 年における国別の BWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

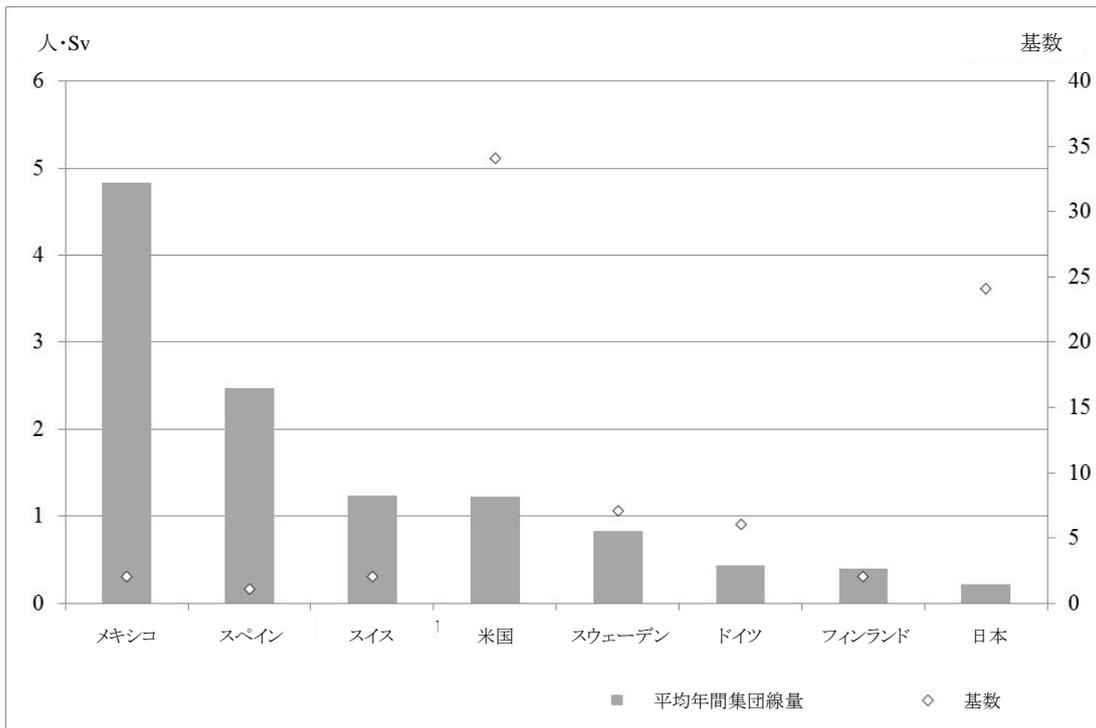
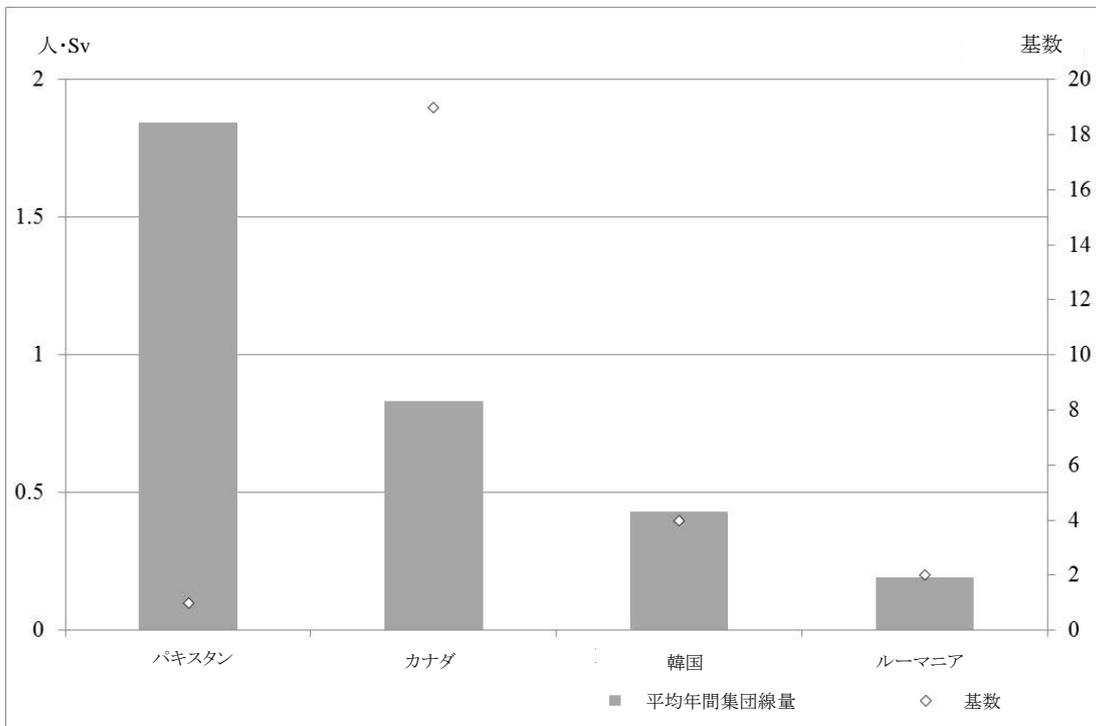


図 5 2015 年における国別の PHWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)



c) 国別の3カ年移動平均集団線量傾向

表3では、2011年～2013年及び2013年～2015年における3カ年移動平均集団線量に関する情報を、国別及び原子炉型式別で示している。図6～14では、1999年～2012年における運転中ユニットについて、原子炉型式(PWR、VVER、BWR及びPHWR)ごとの3カ年移動平均集団線量を国別で示している。

表3 国別及び原子炉型式別の1基当たり3カ年移動平均年間集団線量(2011～2013年及び2013～2015年、人・Sv/基)

	PWR			VVER			BWR		
	/11-/13	/12-/14	/13-/15	/11-/13	/12-/14	/13-/15	/11-/13	/12-/14	/13-/15
アルメニア				0.96	0.88	0.87			
ベルギー	0.30	0.26	0.26						
ブラジル	0.31	0.30	0.38						
ブルガリア				0.23	0.23	0.32			
カナダ									
中国	0.61	0.59	0.61	0.23	0.24	0.25			
チェコ共和国				0.12	0.12	0.13			
フィンランド				0.49	0.51	0.32	0.39	0.33	0.35
フランス	0.73	0.73	0.74						
ドイツ	0.32	0.23	0.22				0.92	1.11	1.12
ハンガリー				0.51	0.45	0.41			
日本	0.46	0.21	0.22				0.51	0.23	0.21
韓国	0.50	0.44	0.42						
メキシコ							1.93	3.62	3.81
オランダ	0.48	0.46	0.43						
パキスタン	0.28	0.40	0.57						
ルーマニア									
ロシア				0.60	0.58	0.56			
スロバキア共和国				0.15	0.15	0.15			
スロベニア	0.77	0.78	0.75						
南アフリカ	0.54	0.45	0.56						
スペイン	0.45	0.42	0.39				1.50	0.93	1.67
スウェーデン	0.83	0.59	0.64				0.82	0.77	0.83
スイス	0.38	0.35	0.39				1.23	1.28	1.19
ウクライナ				0.57	0.53	0.52			
英国	0.32	0.26	0.27						
米国	0.52	0.49	0.44				1.27	1.16	1.19
平均	<b>0.55</b>	<b>0.50</b>	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>0.45</b>	<b>0.44</b>	<b>0.96</b>	<b>0.87</b>	<b>0.89</b>

	PHWR			GCR			LWGR		
	/11-/13	/12-/14	/11-/13	/11-/13	/12-/14	/13-/15	/11-/13	/12-/14	/13-/15
カナダ	1.12	1.00	0.86						
韓国	0.55	0.50	0.43						
パキスタン	2.33	1.67	1.85						
ルーマニア	0.30	0.34	0.25						
英国				0.06	0.06	0.06			
平均	<b>1.02</b>	<b>0.90</b>	<b>0.78</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	-	-	-

	/11-/13	/12-/14	/13-/15
世界平均	<b>0.61</b>	<b>0.55</b>	<b>0.53</b>

注記: ISOE データベースに基づき計算し、各国から直接提供されたデータにより補足したものである(表2の注記を参照)。

以下の解説は、4つのISOE地域で見られた結果と傾向の概要である。ただし、発電所の設計がさまざまであり、集団線量に影響するパラメーターが複雑であるため、これらの分析と数値は対象国における放射線防護パフォーマンスの質についていかなる結論をも下すものではないことが指摘される。個々の国における線量傾向のより詳細な解説と分析については、セクション3で示す。

### 欧州地域

2015年は全てのPWRについて、原子炉型式別の1基当たりの平均集団線量が2014年の0.58人・Svから微増し、0.60人・Svとなった。これは主にスイスとベルギーの結果に起因している。逆にVVERでは、2014年の0.43人・Svから0.40人・Svに微減しているが、これは主にフィンランドとロシアの結果に起因している。全てのBWRについても、2014年の0.88人・Svから0.99人・Svに微増している。これは主にスペインの結果に起因している。2015年にける平均集団線量の増加を説明する理由の中でも、平均集団線量が影響を受けた以下主要国の状況が特徴的である。

- ↑スイス:全ユニットで停止が実施され、ベツナウNPPで大規模なプロジェクトが行われた。
- ↑ベルギー:2基で計画外停止があり、3基で長期停止が実施された。また、2基で原子炉容器上蓋の取り替えが行われた。
- ↓フィンランド:4基中3基で短期間の燃料取替停止があり、RI-ISIプログラムによる配管検査が行われた。
- ↓ロシア:修理のために5基で大規模な停止が実施された。前年の計画停止時に比べて基数及び期間が減少している。
- ↓スペイン:6基中5基で40～50日間の停止が実施された。1基では、停止期間が117日間続いた。1基で原子炉容器上蓋の取り替えが行われた。1基で陳腐化した要素の取り替えのための計画外停止が実施された。

3カ年移動平均集団線量は、線量の全体的な傾向をより適切に表しているが、PWRでは安定、VVERでは減少、BWRでは増加を示している。

各国の集団線量の推移に関する詳細は、ISOEネットワーク・ウェブサイトに掲載されている**ISOE 欧州技術センターのInformation Sheet No.60**を参照。

### アジア地域

2013年～2015年のアジア地域における3カ年移動平均集団線量は、2011年～2013年に日本のBWRとPWR、韓国のPWRで減少を見せてから順調に推移している。韓国のPHWRにおける3カ年移動平均集団線量は、2012年～2014年以降減少傾向が続いている。ISOEデータベースでは、2011年～2015年における日本のBWRの線量データから、福島第一原子力発電所1～6号機のデータを除外している。これは緊急時対応によって分析が混乱し、比較に影響を与えるのを防ぐためである。

日本のBWRとPWRにおける1基当たり平均年間集団線量は、それぞれ2.60人・Sv及び0.18人・Svであった。2015年におけるPWRの1基当たり集団線量は、前年比で0.05人・Sv微減した。2015年度に稼働していた日本のPWRは3基のみであった。

2015年度は、PWR21基(新古里3号機は試運転中)及びPHWR4基の、計25基のNPPが稼働した。基数の傾向は、図1に示す。2015年の平均集団線量は、354.46人・mSv/基であり、PWRでは310.52人・mSv/基、PHWRでは585.15人・mSv/基であった。

日本と韓国の測定値情報の詳細は、ISOE ネットワーク・ウェブサイト上の、**ISOE アジ技術センターの情報シートNo.43 及びNo.44**を参照。

## 北米地域

2015年、北米地域では北米技術センターが、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。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:

ブルースA:年間総線量の92%を停止作業が占める。計画停止作業範囲には、燃料検査、ボイラー工事、復水器修理、フィーダー修理、フィーダー交換、グレイロック改修、フィーダー交換が含まれる。

ブルースB:総集団線量の81%を、停止作業が占める。計画停止作業範囲には、6号機のフィーダー検査に加え、真空建屋検査が含まれる。日常の運転による年間線量は、総集団線量の19%であった。

ダーリントン1~4号機:日常運転による年間線量は0.329人・Svであった。総停止線量は2.312人・Svであった。内部線量は0.485人・Svであった。外部線量は2.155人・Svであり、平均集団線量は0.660人・Sv/基となった。

ピッカリング:集団線量の87%を、停止作業が占める。日常運転が総集団線量に占める割合は約13%であった。内部線量は、総集団線量の15%を占める。前年から線量が減少した理由は、作業の範囲と種類が変わったためである。

ポイントプロウ:計58日間の停止期間を除いて全て運転した。停止作業が総集団線量の約35%を占める。内部線量は昨年よりも微増し、総集団線量の20%を占めている。この増加の原因の一部には、一次熱伝達系の漏洩修復作業によるトリチウム被ばくが挙げられる。

ジェンティリー2:前年よりも集団線量が減少している。これは、ユニットを運転状態から安全貯蔵状態に移行させるなど、放射線作業の大部分を2014年に行ったためである。2015年の集団線量は、安全貯蔵への移行作業によるもののみである。

メキシコ:蒸気漏れ、原子炉水浄化系のポンプの故障、放射性廃棄物処理系の故障など、装置の信頼性が低かった。2006年以来、炉内構造物の応力腐食割れを防ぐ目的で貴金属及び水素を添加してきたことにより、原子炉水化学の不安定化が生じた。ラグナベルデNPSでの高い集団線量に関連する主な問題は、放射能ソースターム(原子炉冷却材と接触する配管、弁及び機器の内部表面に沈着した不溶性コバルト)の継続的な増加である。

米国: 運転中の 99 基の原子炉における 2015 年の総集団線量は 70185.15 人・mSv であった。これは、2014 年の 71244.6 人・mSv から 15%減少している。その結果、LWR1 基当たりの平均集団線量は 708.94 人・mSv/基となり、2014 年の 742.13 人・mSv/基から 4.6%減少した。2015 年には、PWR のサイトで 2 名が 20~30mSv に被ばくした。米国の BWR ユニットの燃料取替サイクルは、一般的に 24 カ月である。BWR は職業被ばくの問題に直面しているが、これは配管のクラッドレベルが高いことと、2015 年に出力増強率を変更したためである。PWR は、廃止措置への移行状態にある。

各国の詳細な情報については、セクション 3 の国別報告書を参照。

図 6 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(1)

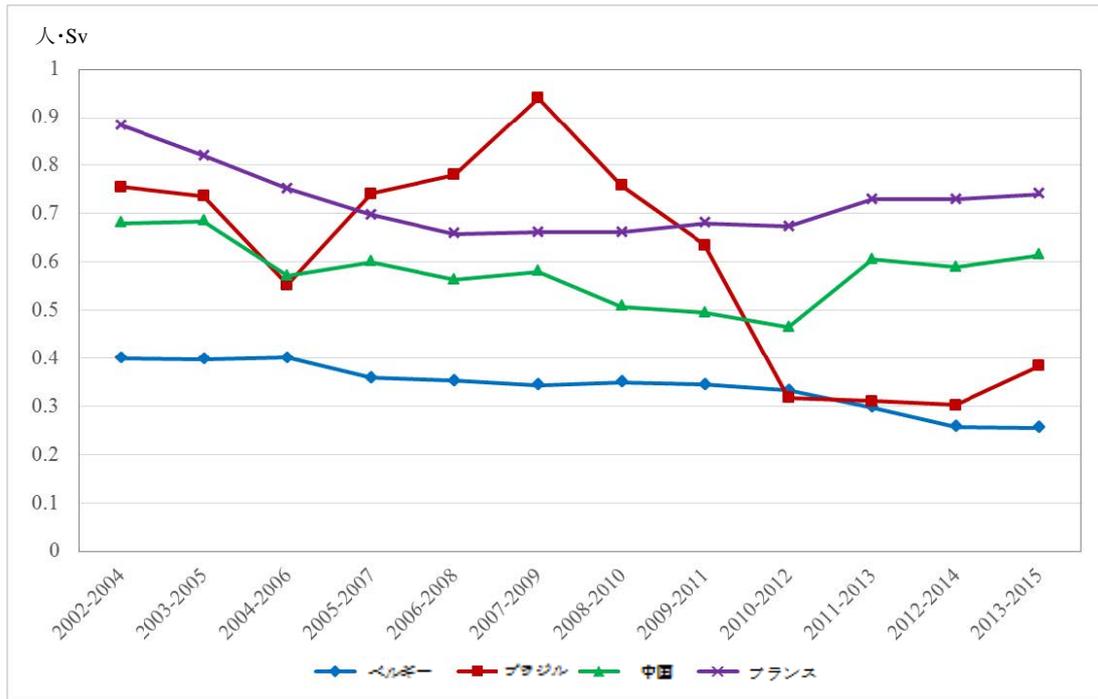


図 7 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(2)

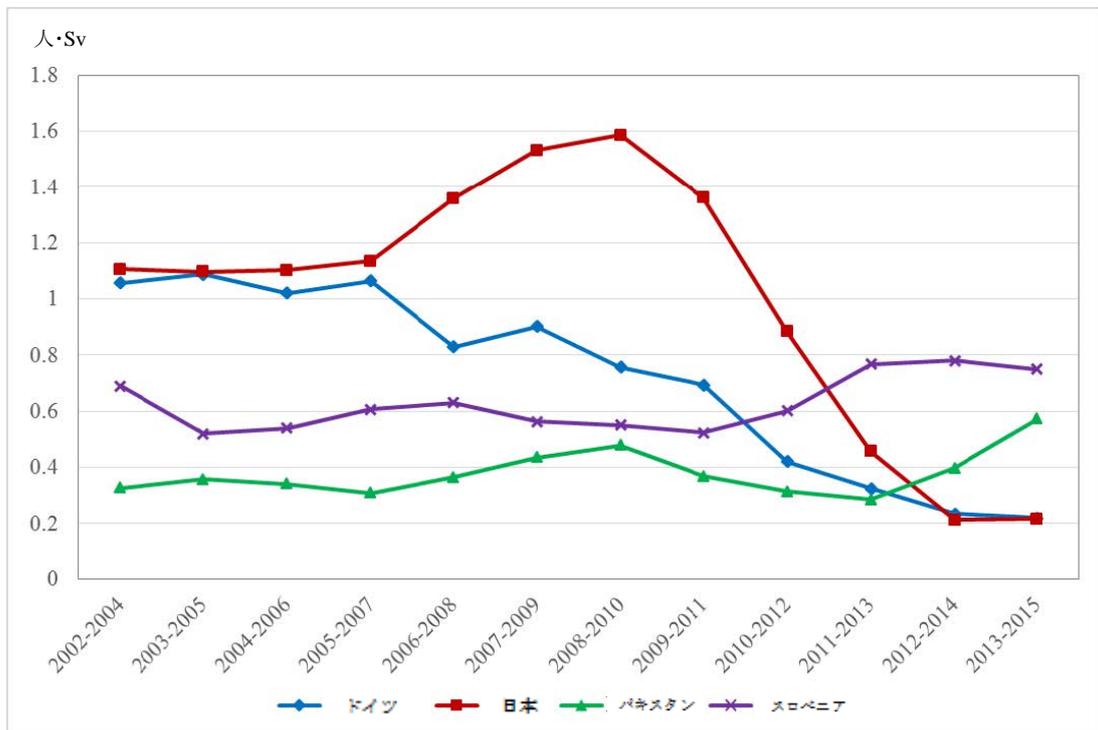


図 8 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(3)

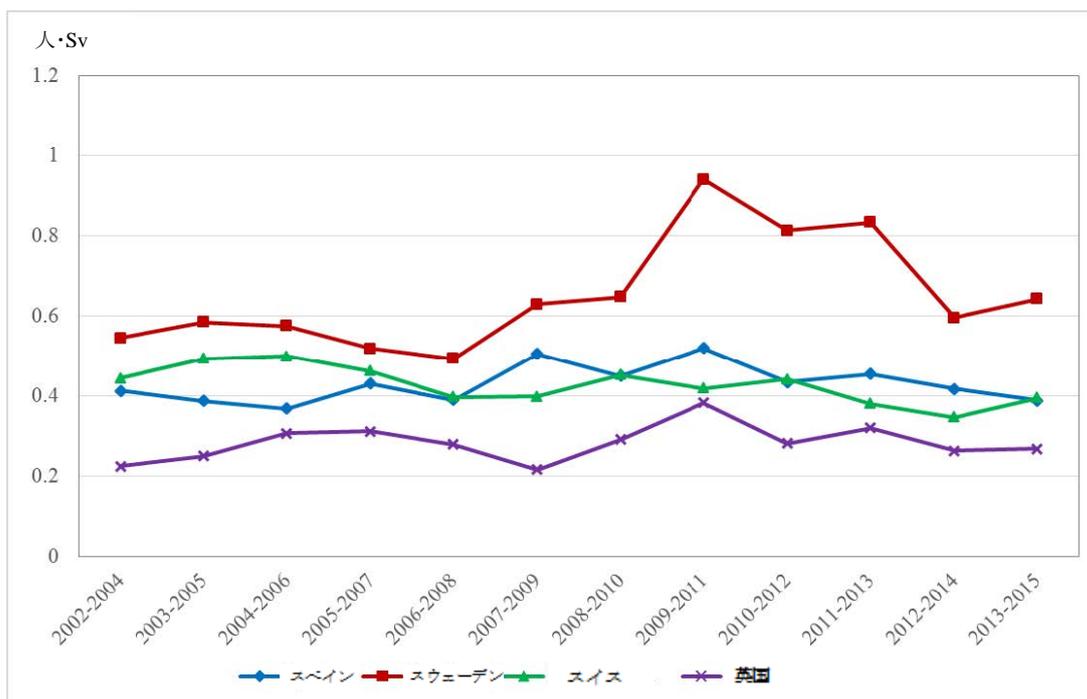


図 9 2002 年～2015 年における国別の PWR の平均集団線量(4)

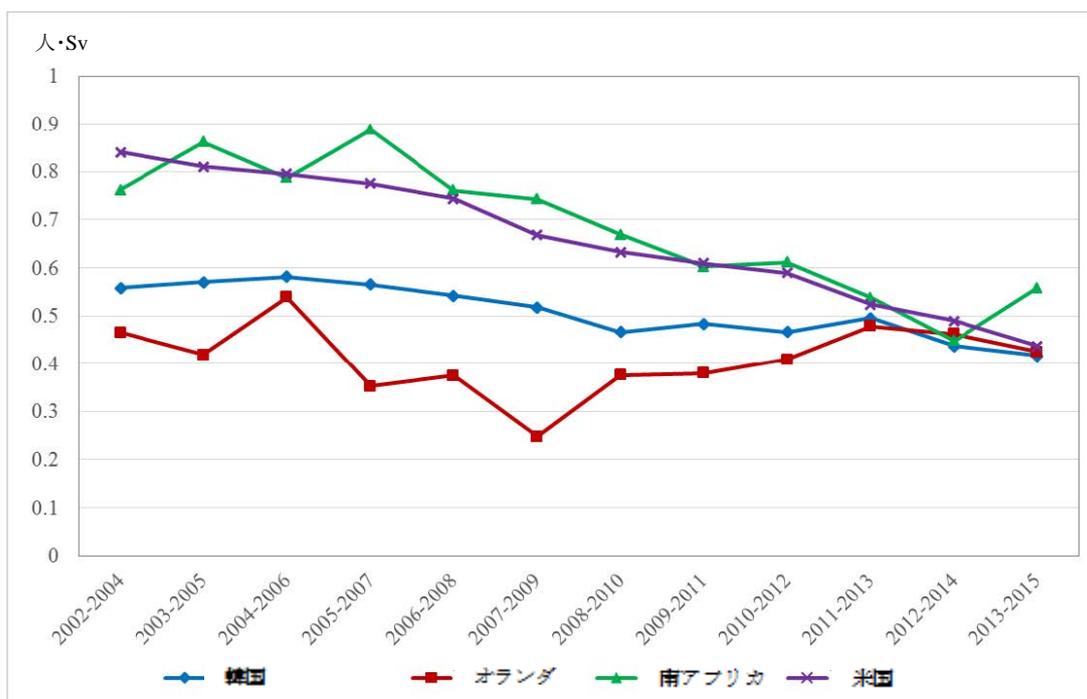


図 10 2002 年～2015 年における国別の VVER の平均集団線量(1)

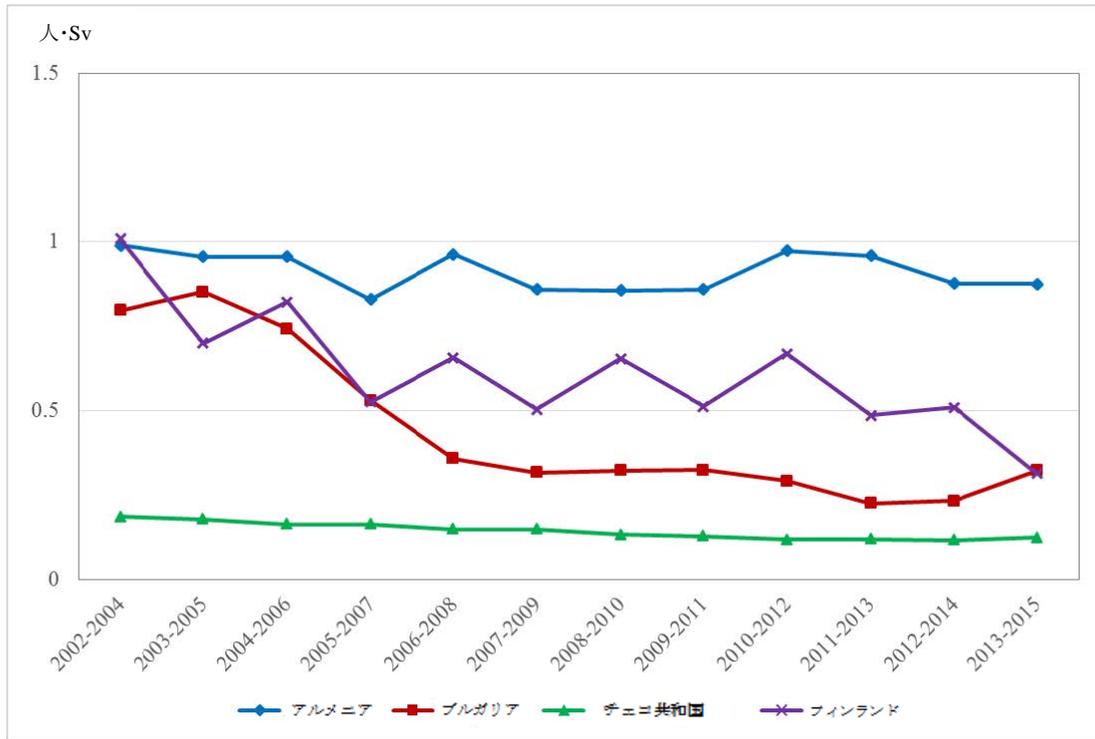


図 11 2002 年～2015 年における国別の VVER の平均集団線量(2)

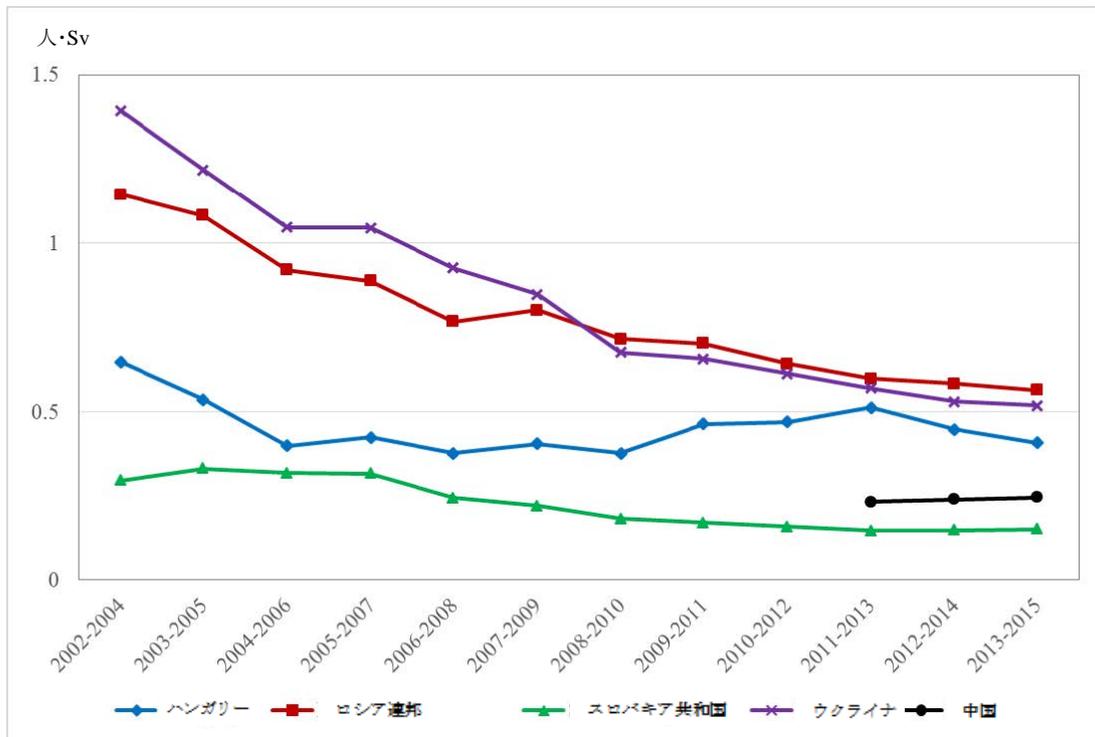


図 12 2002 年～2015 年における国別の BWR の平均集団線量(1)

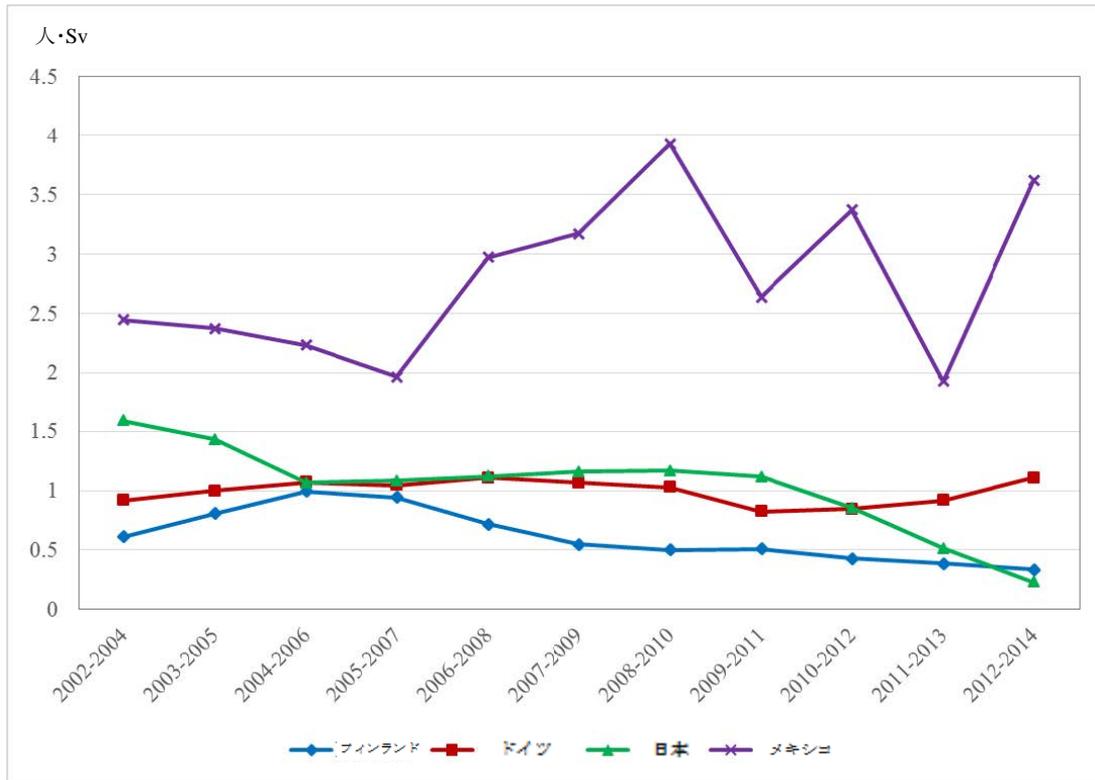


図 13 2002 年～2015 年における国別の BWR の平均集団線量(2)

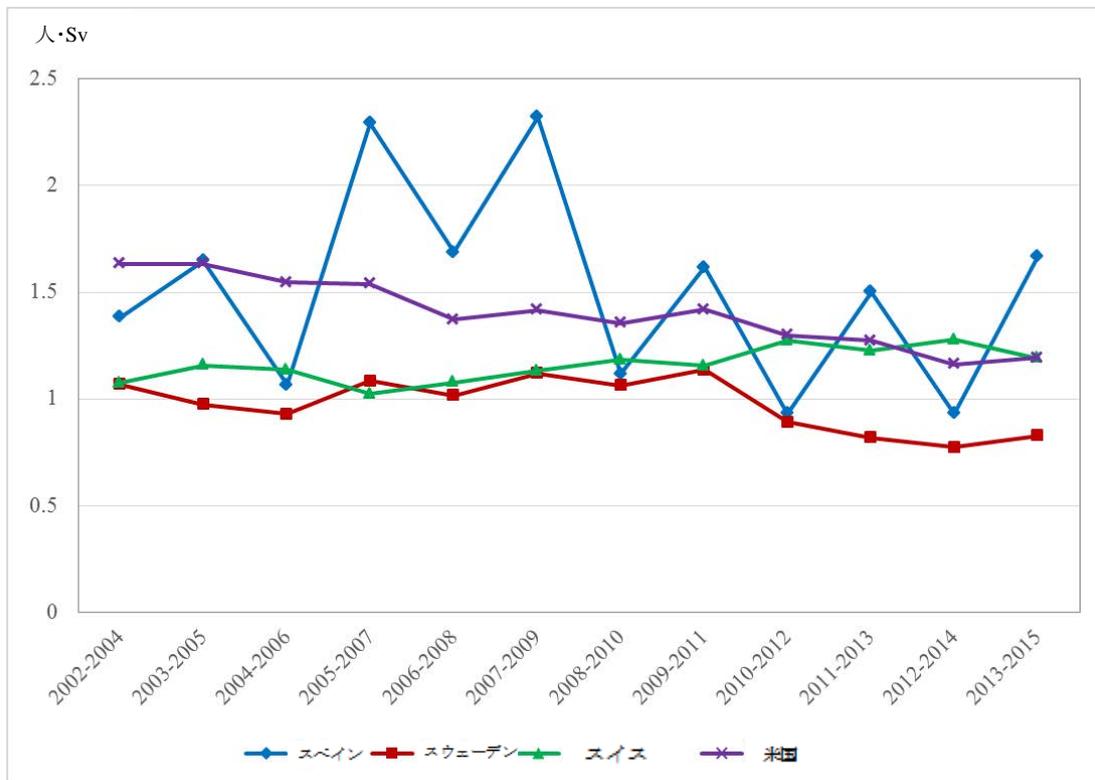
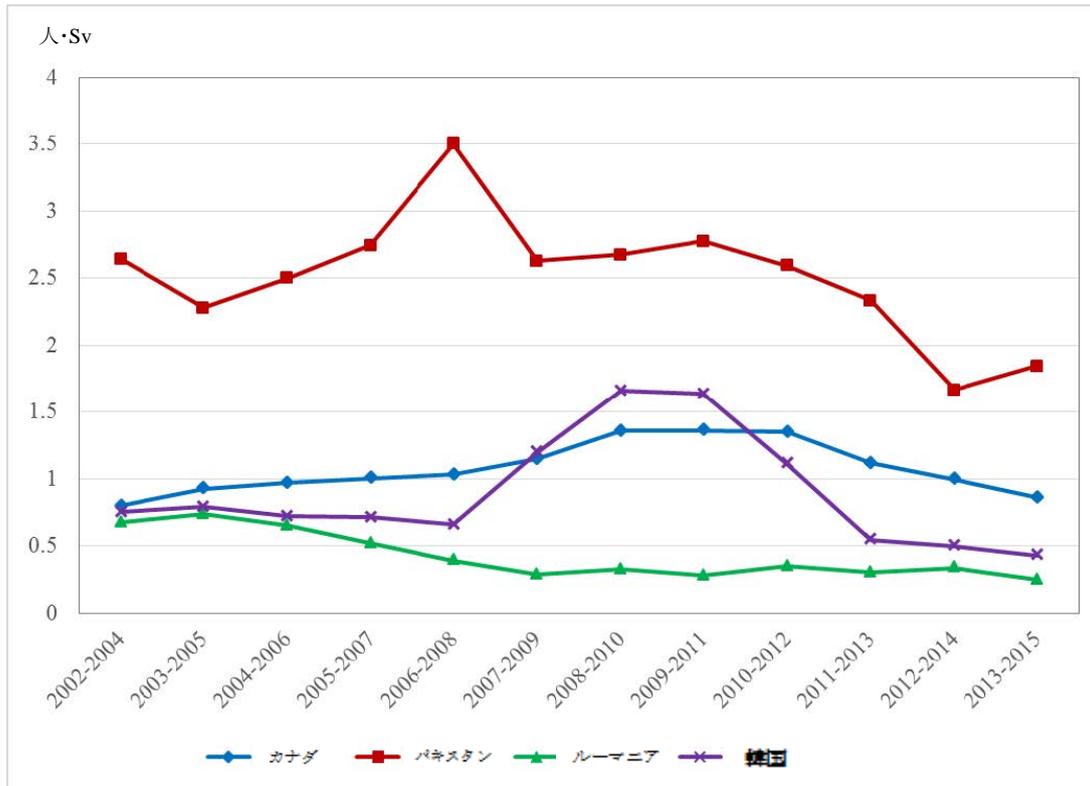


図 14 2002 年～2015 年における国別の PHWR の平均集団線量(2)



カナダの安全貯蔵状態ユニットにおける被ばくは運転中 PHWR に含まれている。詳細は、国別報告を参照。

## 2.2 職業被ばくの傾向:最終的に停止された原子炉

ISOE データベースには、運転中の原子炉からの情報に加えて、停止中原子炉又は廃止措置の何らかの段階にある原子炉 109 基からの線量データが含まれている。本セクションでは、2013～2015 年に報告されたそれらの原子炉に関する線量傾向の概要を示す。それらの原子炉ユニットは、一般に型式と規模がさまざまであり、廃止措置プログラムのさまざまな段階にあり、提供されるデータの詳細度がさまざまである。さらに、それらの数字が限られた数の停止中原子炉に基づいているため、断定的な結論を下すことはできない。表 5 に、この問題の一例が掲載されている。スペインの年間平均線量は、他国と比べて際だって高い。これは、現在スペインにおいて、停止中の PWR ユニットが解体の真っ最中であることに起因する。一方、その他の国々の停止中ユニットは、線量が高くない廃止措置段階にあるか、未だ潜伏期間にある。ISOE データ分析ワーキング・グループの下、より良いベンチマーキングを促進するために、停止中原子炉と廃止措置段階の原子炉に関するデータ収集の改善を目的とする作業が 2015 年においても継続された。

表 4 は、最終的に停止された原子炉の 1 基当たり平均年間集団線量を 2013～2015 年について国別及び原子炉型式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それぞれの国別報告書(セクション 3)で適宜補充したものに基いている。図 15～18 には、最終的に停止された原子炉の国毎の平均年間集団線量を 2011～2015 年について原子炉型式別(PWR、VVER、BWR、GCR)に示している。すべての図において、「基数」は、当該年にデータが報告されたユニットの数を意味している。

表 4 最終的に停止された原子炉に関する国別及び原子炉型式別の基数と1基当たり平均年間線量  
(人・mSv/基)(2013~2015年)

		2013		2014		2015	
		基数	線量	基数	線量	基数	線量
<b>PWR</b>	フランス	1	189.3	1	88.8	1	73.3
	ドイツ	7	139.7	7	76.0	7	84.0
	イタリア	1	5.2	1	7.3	1	17.8
	スペイン	1	468.9	1	591.3	1	438.4
	米国	12	47.3	10	83.4	12	121.5
	平均	22	100.4	20	131.7	22	110.6
<b>VVER</b>	ブルガリア	4	3.3	4	1.8	4	5.5
	ロシア連邦	2	49.6	2	44.7	2	69.4
	平均	6	18.7	6	16.1	6	26.8
<b>BWR</b>	ドイツ	5	80.2	5	61.9	5	73.0
	イタリア	2	34.2	2	17.4	2	40.0
	日本*	2	64.2	2	40.6	2	64.3
	オランダ	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	スペイン**	1	31.2	1	102.0	1	119.9
	スウェーデン	2	3.5	2	3.9	2	8.4
	米国	5	55.7	3	60.6	5	111.1
	平均	18	50.8	16	44.8	18	70.3
<b>GCR</b>	フランス	6	8.2	6	23.3	6	20.0
	ドイツ	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	イタリア	1	2.2	1	7.7	1	0.4
	日本	1	10.0	1	0.0	1	0.0
	スペイン	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	英国	19	57.3	19	52.0	20	90.2
	平均	29	39.7	29	39.2	30	64.1
<b>PHWR</b>	カナダ	3	17.3	3	36.3	4	1.8
<b>LWGR</b>	リトアニア	2	304.8	2	304.4	2	342.7
<b>LWCHWR</b>	日本	1	134.1	1	29.8	1	45.8

\*福島第一 NPP を除く

\*\* スペインの BWR は、該当期間中は停止段階

図 15 2011 年～2015 年における国別の PWR の平均年間集団線量

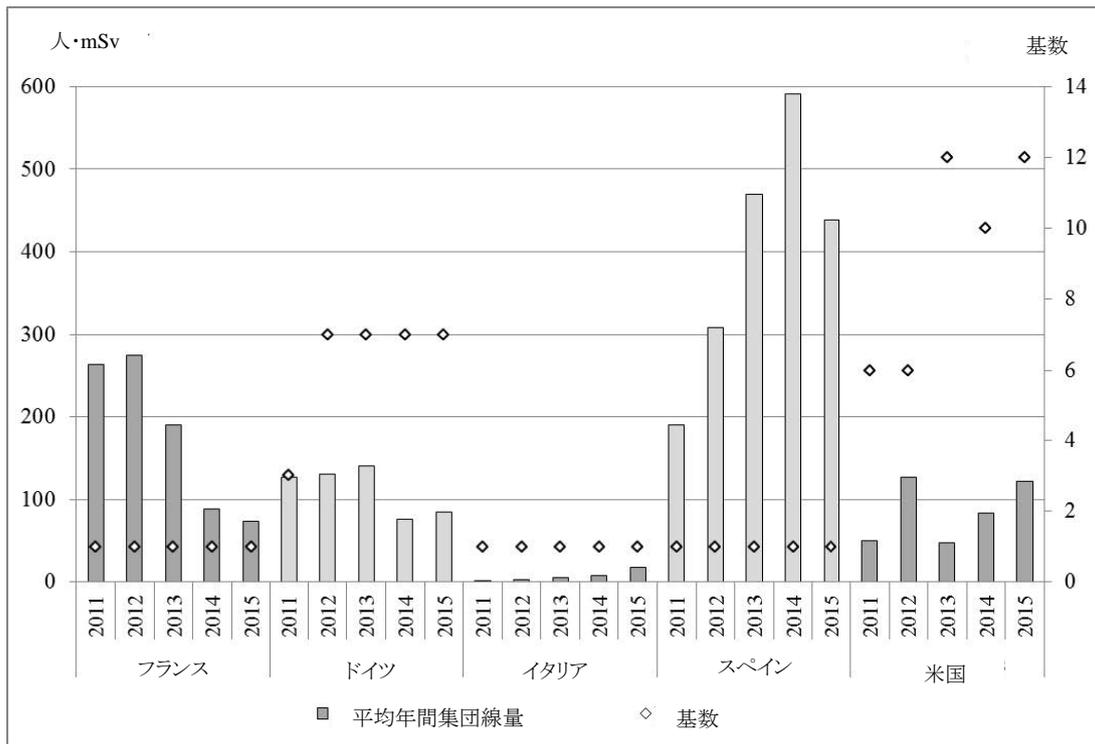


図 16 2011 年～2015 年における国別の VVER の平均年間集団線量

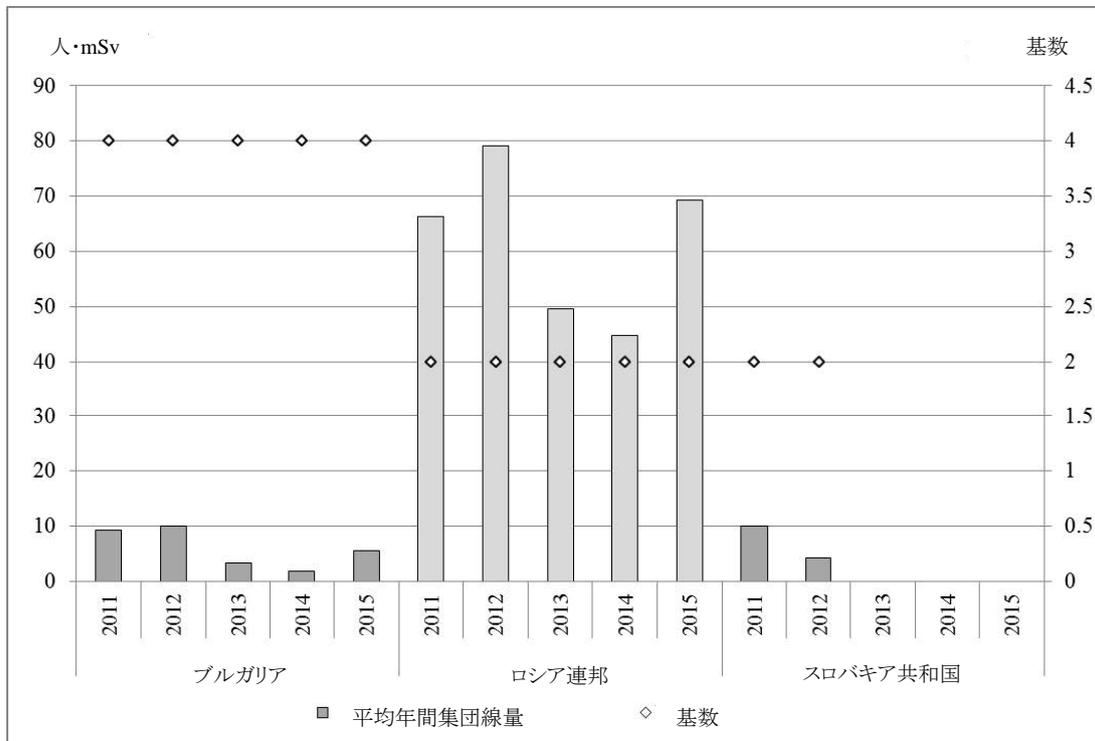


図 17 2011 年～2015 年における国別の BWR の平均年間集団線量

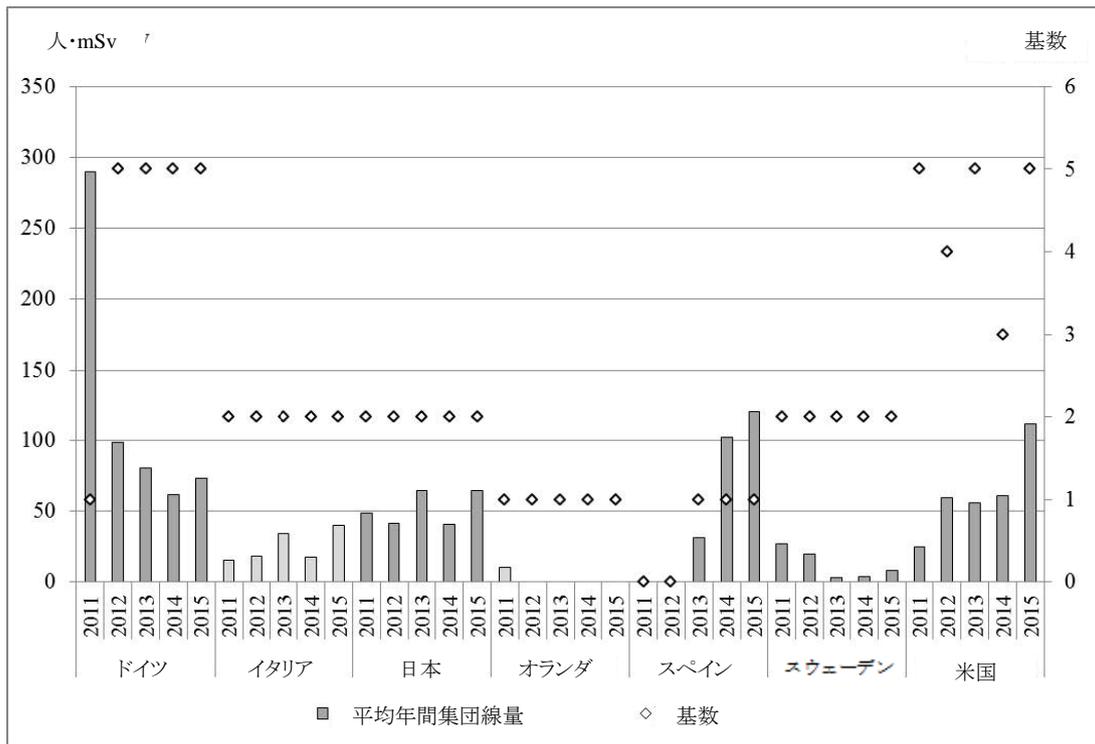
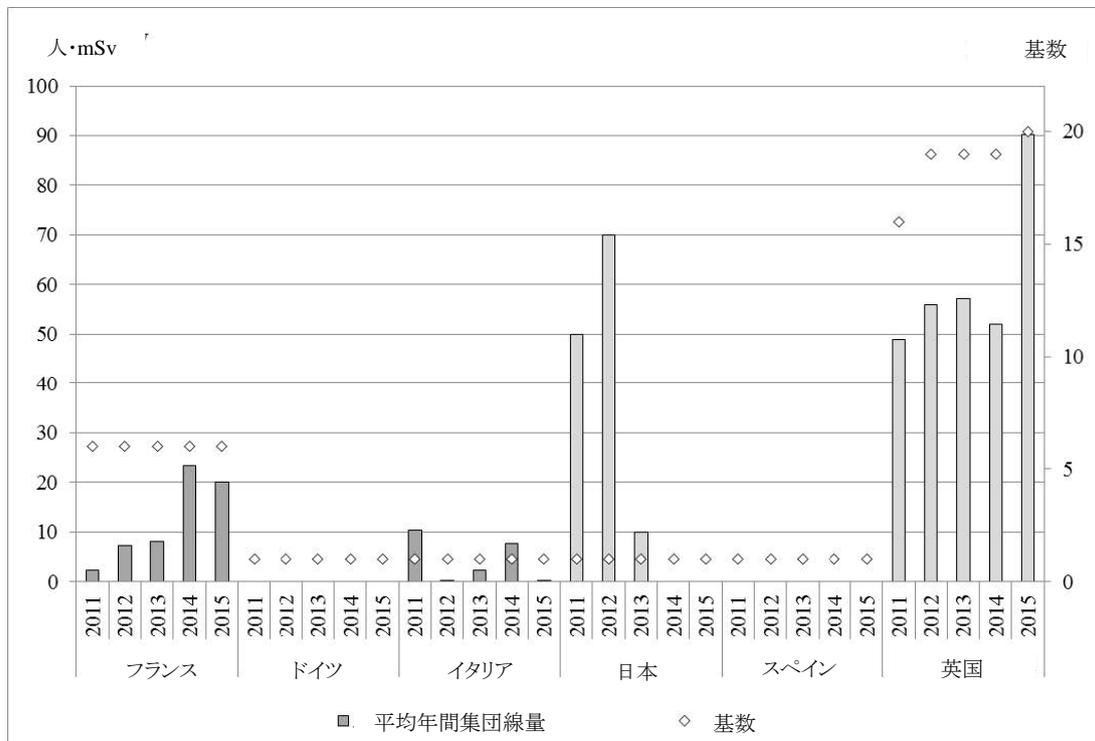


図 18 2011 年～2015 年における国別の GCR の平均年間集団線量



### 3. ISOE 参加国における主要事象

要約データにはつきものであるが、セクション2「職業線量の調査、傾向及びフィードバック」で示されている情報は、2015年の平均的な数値結果の一般的概要を提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経験や教訓が明らかになる可能性のある特定分野を浮き彫りにするのに有益である。しかし、この数値データを充実させるために、本セクションでは、2015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主要事象の短いリストを提示する。これらは、各国による報告に従って示されている<sup>1</sup>。本セクションに記載された国内報告書には、運転線量測定システムや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に留意されたい。

---

<sup>1</sup> 1国によって報告の様式がさまざまであるため、各国が使用している線量単位は標準化されていない。以下の各国国別報告書では、それぞれの国の法的枠組みに基づくユニットごとの集団線量単位を報告している。線量の比較上、男女の区別ない集団線量単位も同等であると見なす必要がある(人・mSv/基≒男性・mSv/基)。

## アルメニア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	1	890
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	1	個別のデータなし

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

2015 年におけるアルメニアの NPP での線量は減少傾向にある。これは、放射線管理区域内での作業について、十分に計画がなされていたためである。例えば、使用済み燃料の取り出しや輸送、原子炉機器系統における放射線物質の取り扱い、及びパイプの非破壊検査である。また、除染や放射性廃棄物に関する作業など、原子炉の停止中に行われる放射線管理区域内の作業についても、効果的な計画が立てられた。

最大個人線量は、17.3mSv であった。

外部からの作業員の集団線量は 17 人・mSv であった。外部からの作業員の線量が非常に低いのは、事業者が独自に修理会社を抱えているためである。

2015 年におけるアルメニアの NPP での線量は減少傾向にある。これは、放射線管理区域内での作業について、十分に計画がなされていたためである。例えば、使用済み燃料の取り出しや輸送、原子炉機器系統における放射線物質の取り扱い、及びパイプの非破壊検査である。また、除染や放射性廃棄物に関する作業など、原子炉の停止中に行われる放射線管理区域内の作業についても、効果的な計画が立てられた。

修理や停止による集団線量は、線量拘束値の観点から計画された。実際の線量は、計画線量の 79% であった。

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象  
線量測定傾向に影響を及ぼした重要な事象は特になし。
- 停止の回数及び期間  
2015 年は、85 日間の燃料取替停止が一回行われた。
- 新規に運転開始するプラント／停止するプラント  
新たなプラントの建設は、予定通りに進んでいる。現在はサイト選定が行われており、暫定的な

結果がアルメニア原子力規制当局に提出された。福島第一原子力発電所事故に関連する新たな安全性向上のアプローチが、プラント設計の規制要件やサイト評価検討の際に考慮された。サイトに関する新たな規制と設計要件が、アルメニア政府で承認された。この設計要件は、新たな設計特徴の基礎となる。

- 主な展開

2015 年の「ALARA 文化の実践を含む線量低減プログラム」は確立され、陳腐化した放射線制御系の改良はほぼ終了している。新たな放射線制御系は、すでに運用されている。

- 機器又は系統の取り替え

2015 年の停止期間中に、機器又は系統の取り替えは行われなかった。アルメニアの NPP の寿命延長 (LTE) の枠組みの中で、放射線制御や放射線管理といった、安全系統と安全機器の改良が予測される。

- 安全関連問題

中レベル放射性廃棄物処理と貯蔵作業に伴ういくつかの安全関連問題が、引き続き存在する。放射性廃棄物管理に関する国家戦略の作成が完了し、現在政府の承認段階にある。LTE に向け、放射性廃棄物管理を大幅に改善中である。

- 不測の事象

2015 年に不測の事象は記録されなかった。

- 新規又は試験的な線量低減プログラム

2015 年に申請された新規又は試験的な線量低減プログラムはなかった。

- 組織の変化

職員の個人線量低減のため線量計画と線量制約が、引き続き ALARA 実践の主要ツールとなっている。

2016 年に向けて

- 懸案事項

LTE と安全系統の改良プログラムの下、いくつかの安全系統の改良及び改善が行われている。

- 主要作業に関する技術計画

1. 浮遊物質及び液体の放出に関する放射線制御系改良計画
2. いくつかの安全系統の改良と安全性向上 (LTE プログラムに含まれる)

- 主要作業に関する規制計画

認可条件、規制要件及び追跡活動の遵守を確保するため、アルメニアの NPP の検査に向けた検査手順のレビューと、特別な作業に関連する新たなチェックリストの作成を行う。

LTE のため、NPP が報告した従業員と公衆の放射線防護及び放射性廃棄物管理の安全性の観点から、安全評価報告書 (SAR) をレビューし、追跡活動の準備を行う。

## ベルギー

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	7	320

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

- a) ドール 3 号機及びチアンジュ 2 号機の原子炉容器について、2015 年末まで続いた欠陥指示(水素白点)により、計画外停止が行われた。これは同年 11 月 17 日のベルギー原子力規制庁による再起動許可後である。
- b) 2014 年に引き続き、ドールにおける放射性廃棄物については、コンクリート容器にアルカリ骨材反応が見られたことから、コンクリート容器での保管を中止している。新たな処理の認可が進められている。
- c) ドール 1 及び 2 号機の運転期間が長期(10 年強)に渡ることを鑑み、長期停止の回数増加が 2014 年 10 月 9 日に政府で承認された。
- d) ドール 4 号機及びチアンジュ 3 号機では、原子炉容器上蓋の取り替えによる停止が行われた。
- e) チアンジュ 1 号機の LTO(長期間運転プログラム)による停止(ただし燃料交取替は無し)
- f) 詳細な集団線量測定(停止情報):

2015	ドール 1	ドール 2	ドール 3	ドール 4	チアンジュ 1	チアンジュ 2	チアンジュ 3
停止期間	3/1~12/31	5/2~5/18 10/23~12/25	1/1~12/21 12/25~12/31	8/28~10/17	6/20~9/15	9/7~10/16 11/18~12/14	3/24~5/10
停止中 人・mSv	152.6	254.8	394.4	0.0	644.4	0.0	218.2
合計 人・mSv	601.3		181.2	405.6	393.6	176.5	454.6

- 新規又は試験的な線量低減プログラム

- a) ドール 3 号機において線量率がわずかに下がっている。これは、亜鉛注入プログラムによるものと考えられる。(追跡調査中)
- b) チアンジュ 2 号機では、長期運転が想定されない限り、亜鉛注入は実施されない。
- c) ソースターム(例:Ag110m)低減のため、代替のイニシアチブが執られた。
- d) 「探索」線量(保守作業が必要な機器の探索によって蓄積された線量)の最小化に向け、更なる取り組みが実施された。

- 組織の変化

- a) 2015 年は、ドールのプロトコル(防護服、全てを着替えるわけではない)を利用した、RCA への立ち入りに関する追加的な試験段階であった。完全な試験は、2016 年に実施されるチアンジュ 3 号機の次回停止時に実施される予定である。
- b) 2016 年半ばまでに、ドールにおける個人電子線量計の交換が完了した。

- 規制要件

国家安全当局は、Euratom BSS の公開に続き、電離放射線防護に関する基礎的な規制の修正のためのプロジェクトを始動させた。本プロジェクトは進行中である。

## ブラジル

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	2	651.232 (アングラ 1: 389.322 アングラ 2: 261.91)

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

停止情報:アングラ 1 号機-計画停止日数:59

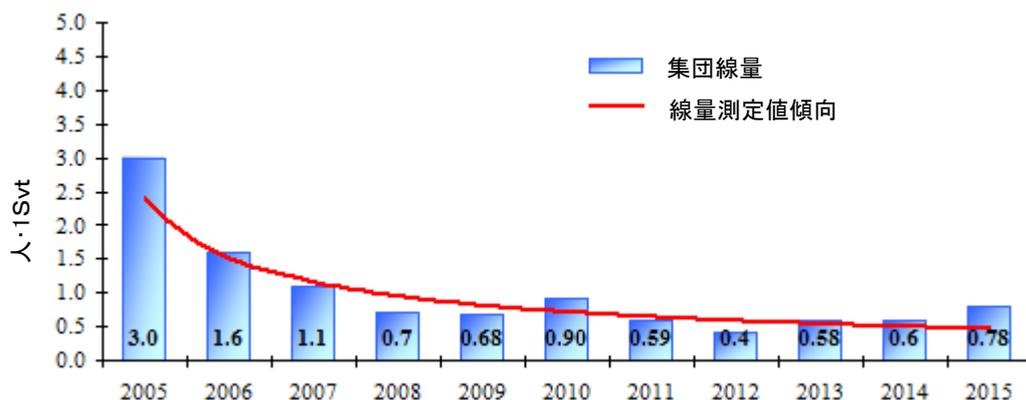
アングラ 2 号機-計画停止日数:30

## ブルガリア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER-1000	2	377
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER-440	4	5.5

### 2) 2015 年主要事象



ユニット番号	停止期間(日)	その他情報
5 号機	39 日	燃料交換及び保守活動
6 号機	54 日	燃料交換及び保守活動

#### － 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2015 年における作業員の被ばくの約 60%が、2 つの大きなプロジェクト、つまり 5 号機と 6 号機における熱出力の向上と、寿命延長によるものである。これに関連し、RCA のユニットシステムでは、多くの最新化作業や回収作業が行われた。以下がその例である。

- 蒸気発生器の分離系統の最新化が 2 段階で実施された。5 号機では、全ての SG において 1 段階目が終了した。6 号機では、SG1 と SG2 において、第 2 段階が完了している。
- 一次系の温度測定システムの最新化
- 放射線透過検査の回数の増加。
- 断熱材の取り替え
- 系統と機器の検査 等

## カナダ

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
CANDU	19	830
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
CANDU	3	7*

\*ジェンティリー2 は、運転中の原子炉ユニット又はその他の認可済活動とは別に、個別で職業被ばく線量を報告した唯一の停止中原子炉である。その他の停止中原子炉 2 基(ピッカリング 2 号機及び 3 号機)については、個別に報告がされていないため、記載の線量には含まれていない。

### 2) ISOE 加盟国における主要事象

2015 年の国内線量測定傾向

- 19 基の運転中ユニットでは 15.84 人・Sv であった。
- 1 基当たりの平均年間線量は 0.83 人・Sv であった。

運転中の原子炉について、1 基当たりの合計集団実効線量及び平均集団線量は、2014 年からわずかに(約 7%)減少した。しかし、線量測定傾向は 2013 年から一定に保たれている。職業線量の減少は、実施された作業範囲のタイプを反映しており、ポイントプローブ及びブルース 1 及び 2 号機の改修作業中に比べて線量の値が下がっている。

2015 年の平均線量は、19 基のユニットをもとに算出された。安全貯蔵状態の 2 基のユニット(ピッカリング 2 号機及び 3 号機)での活動に関連する線量はごく少量のため、個別の報告はなされていないが、代わりに運転中のピッカリングのユニットの線量に含めている。ジェンティリー2 号機は、2013 年に運転中状態から安全貯蔵状態へと移行した。

カナダの原子力発電所(NPP)は、ALARA イニシアティブを実行し、業務計画と管理を向上させたことで、引き続き年間集団線量が減少した。カナダにおける NPP 作業員の年間実効線量の分布を見ると、作業員の約 86%が 1mSv 未満の年間実効線量を受けていることがわかる。

2015 年は、集団線量の約 87%が停止期間中の活動によるものであり、作業員が受けた線量の多くは外部被ばくによるものである。作業員が受けた千両の約 11%は内部被ばくであるが、その主な原因はトリチウムである。

### 3) カナダにおける主要事象

#### ブルース原子力発電所 A

2015 年は、ブルース原子力発電所 A の全 4 ユニットが運転していた。2015 年は、ブルース A の 1~4

号機で 160 日間の停止期間があった。ブルース A の合計年間線量の 92%を、停止時の作業範囲が占める。計画停止時の作業範囲は、燃料検査、ボイラー作業、主復水器修理、フィーダー修理、フィーダー交換、グレイロックの改修及びフィーダー交換である。

日常の運転が、合計集団線量に占める割合は約 8%である。内部線量は、ブルース A の合計集団線量の約 5%を占めている。2015 年の内部線量は、2014 年の 7%と比較してわずかに減少している。内部線量に関する 2015 年の ALARA イニシアティブには、一次主冷却系の漏洩率を下げることに、廃棄物貯蔵施設の蒸気回収システムの修理が含まれていた。

2015 年のブルース A の 1～4 号機では、日常の運転による線量が 0.376 人・Sv であった。また、保守作業のための停止(計画停止が 1 回と、複数回の強制停止)による線量は 4.394 人・Sv であった。内部被ばく線量は、0.260 人・Sv、外部被ばく線量は 4.510 人・Sv であった。合計集団線量は 4.771 人・Sv であったため平均集団線量は 1.193 人・Sv/基となった。

### ブルース原子力発電所 B

2015 年、ブルース B では 5～8 号機が運転し、停止期間は計 110 日間であった。停止期間中の活動による線量が、合計集団線量の約 81%を占める。計画停止中の作業範囲には、6 号機のフィーダーの点検及び真空建屋の点検が含まれている。通常運転による線量は、発電所の合計集団線量の約 19%を占める。

ブルース B の 5～8 号機における、日常の運転による線量は 0.505 人・Sv であった。また、2015 年の停止期間中の線量は 2.147 人・Sv であった。内部被ばく線量は 0.155 人・Sv で、外部被ばく線量は 2.498 人・Sv であった。合計集団線量は 2.652 人・Sv であったため、平均集団線量は 0.663 人・Sv/基となった。

### ダーリントン 1～4 号機

2015 年、ダーリントン原子力発電所では、4 基すべてが運転し、停止期間は計 101 日間であった。停止期間中の活動による線量が、合計集団線量の約 88%を占めている。これは、2014 年よりもわずかに高い数字であるが、停止中の作業範囲のタイプを反映している。計画停止中の作業範囲には、3 号機におけるフィーダーとボイラーの点検及び、真空建屋の点検が含まれる。日常の運転による線量は、合計集団線量の約 12%を占める。

内部被ばく線量が合計集団線量に占める割合は約 18%で、2014 年に報告された 15%から微増している。この微増の原因は、大気中のトリチウムレベルの上昇に加えて、格納容器に入った作業員の数が増えたことが一因と考えられる。

ダーリントン 1～4 号機における日常の運転による線量は 0.329 人・Sv であった。また停止期間中の線量は 2.31 人・Sv であった。内部被ばく線量は 0.485 人・Sv で、外部被ばく線量は 2.155 人・Sv であったため、平均集団線量は 0.660 人・Sv/基となった。

### ピッカリング原子力発電所

2015 年のピッカリング原子力発電所では、6 基(1、4、5～8 号機)が運転しており、停止期間は計 416 日ほどであった。2 及び 3 号機は、引き続き安全貯蔵状態である。

合計集団線量に対し、停止期間中の活動による線量が 87%、日常の運転による線量が 13%を占めている。

内部被ばく線量が合計集団線量の約 15%を占めており、2014 年の 17%から微減した。この微減の原因は、停止中の作業範囲とタイプであると考えられる。

2015 年の運転中ユニットにおける、日常の運転に伴う集団線量は 0.747 人・Sv であった。

停止期間中の集団線量は 4.802 人・Sv であった。内部被ばく線量は 0.821 人・Sv で、外部被ばく線量は 4.728 人・Sv であった。合計集団線量は 5.549 人・Sv であったため、平均集団線量は 0.925 人・Sv/基となった。

ピッカリング 2 及び 3 号機(2010 年度以降安全貯蔵状態)での放射線関連の活動に関わる線量は、運転中ユニットの集団線量と比べて、ごくわずかである。そのため個別ではなく、運転中のユニットの線量に含めて報告されている。

#### ポイントプロー原子力発電所

ポイントプローは CANDU 炉(1 基)である。2015 年のポイントプローは、計 58 日間の停止期間を除き、全て運転していた。停止期間中の活動による線量が、合計集団線量の約 35%を占めている。

内部被ばく線量は、合計集団線量の約 20%で、2014 年(内部被ばく線量は 15%)よりも微増している。この微増の原因の一部には、一次熱伝達系の漏洩補修作業によるトリチウム被ばくが挙げられる。この補修箇所は、2016 年春の計画停止の際に修繕される予定である。

2015 年の日常の運転による集団線量は、0.144 人・Sv であった。

内部被ばく線量は 0.044 人・Sv で、外部被ばく線量は 0.176 人・Sv であった。合計集団線量は、0.220 人・Sv であった。

#### ジェンティリー 2

ジェンティリー 2 は、CANDU 炉(1 基)である。ジェンティリー 2 は、2015 年も引き続き、ユニットを運転状態から安全貯蔵状態に移行した。原子炉は、2012 年 12 月 28 日に停止された。

ジェンティリー 2 の集団線量が減少しているが、これは運転状態から安全貯蔵状態への移行にあたっての放射線関連作業の大半が、2014 年に行われたためである。2015 年の集団線量は、全て安全貯蔵状態への移行に関する活動によるものである。内部被ばく線量は、合計集団線量の約 41%を占めている。2014 年(内部被ばく線量は合計集団線量の 35%)から増加しているが、内部被ばくの大きさは

2015 年の内部線量は、0.003 人・Sv であり、外部線量は 0.004 人・Sv であった。合計集団線量は、0.007 人・Sv である。

#### 4) 2015 年の最重要事項

##### - 規制の改訂

カナダの原子力発電所で実施されている放射線防護プログラムは、該当の規制要件を満たしており、

作業員や一般市民の受ける線量も、規制上の線量限度未満を維持している。

- *安全関連問題*

2015 年は、安全に関する問題は無かった。

- *廃止措置問題*

ジェンティリー2 は、2015 年も引き続き安全貯蔵状態へ以降されている。

- *建設中のプラント/停止するプラント*

2015 年に建設中のユニットはなし。

2015 年に停止されたユニットはなし。

## 5) 結論

2015 年のカナダの原子炉群における、運転中ユニット 1 基あたりの平均集団線量は、0.83 人・Sv/基であり、CANDU-WANO 線量目標である 0.80 人・Sv/基を、ほぼ達成している。2010～2012 年の間、19 基中 3 基において改修活動が行われ、確固たる利益を生み出している。例えば、ブルース A の 1 及び 2 号機とポイントルプローは、ユニットの信頼性と原子力安全が向上した。

カナダで運転中の全プラントにおける 2011～2015 年の集団線量は、15.84 人・Sv であった。日常の運転による集団線量は 2.10 人・mSv で、停止期間中の集団線量は約 13.74 人・Sv であった。停止期間中の集団線量は、合計集団線量の約 87%を占める。内部被ばく線量が合計集団線量に占める割合は 11%で、線量の主因はトリチウムである。

職業線量を合理的に達成可能な限り低くするという ALARA イニシアティブには、遮蔽の向上、ソースターム減少に向けた活動、CZT 3D 同位体マッピングの利用、作業計画の向上などが含まれるが、本イニシアティブによって継続的に 1 基当たりの集団線量が減少している。

## 中国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	23	395
VVER	2	260
PHWR	2	402
全種類	27	385

### 2) 2015 年主要事象

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2015 年は、運転中の原子力発電所において、人々と環境の安全を脅かすような放射線事象はなかった。この一年間のモニタリング指標が示すのは、3 つの安全バリアの健全性が堅固であるということである。

- 運転中の原子力発電所について、上表は 2015 年末までに運転していた 27 基の原子炉の線量情報をまとめたものである。これらの原子炉のうち、2015 年は PWR で 23 基中 15 基、PHWR で 2 基中 1 基、VVER で 2 基中 2 基において燃料取替停止が行われた。
- 8 基の PWR ユニット(方家山 1～2 号機、紅沿河 3 号機、寧徳 3 号機、福清 1～2 号機、陽江 1～2 号機)が、2015 年度から運転を開始した。

#### - 新規又は試験的な線量低減プログラム

原子力発電所の運転における年間集団線量のほとんどが、停止によるものである。ALARA プログラムは、原子力発電所の設計や運転において、上手く実践されている。1 基あたりの平均年間集団線量は、2014 年からわずかに変化し、低い値にとどまっている。

#### - 規制要件

- 2015 年、全国人民代表大会の環境・資源保護委員会は、関連するテーマの研究開発を基として、中華人民共和国核安全法を草案した。
- 2015 年、運転中の全ての原子力発電所が、2012 年に発行された”General technical requirements of improvement actions for nuclear power plants after the Fukushima accident (福島事故後の原子力発電所における改善行動の一般的な技術要件)”に従い、改善行動を達成した。
- 2015 年、「原子力安全・放射線汚染防止第 13 次 5 カ年計画及び 2025 年長期目標」(草案)が公表された。

### 3) 当局の報告

2015 年度『国家核安全局(NNSA)年次報告書』(中国語)が作成され、近日発行される予定である。

## チェコ共和国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	6	140

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

集団線量の主な原因は、5 回の計画停止であった。

原子力発電所、ユニット	停止情報	集団実効線量 (人・mSv)
テメリン 1 号機	燃料取替を伴う 64 日間の標準保守停止	46
テメリン 2 号機	燃料取替を伴う 104 日間の標準保守停止	114
ドコバニ 1 号機	燃料取替、溶接時のラジオグラフィック使用、長期運転(LTO)プロセスを伴う 124 日間の長期保守停止	352
ドコバニ 2 号機	燃料取替を伴う 34 日間の標準保守停止	55
ドコバニ 3 号機	燃料取替を伴う 19 日間の標準保守停止	70

前年度と比較し、2015 年度の集団実効線量は増加した。主な原因は、長期運転に向けたプロセスに加え、ドコバニ原子力発電所 1 号機の停止期間中における、一次及び二次パイプ溶接時に使用したラジオグラフィックによるものである。

2015 年、テメリン 2 号機において 1 件の放射線事象があった。蒸気発生器における一次系から二次系への漏えいである。本事象による、公衆への影響はなかった。蒸気発生器の破損したパイプの再建と、それに伴う修理により、テメリン 2 号機における集団実行線量増加に繋がった。

停止時線量と合計実効線量が極めて低く、これは一次系水化学管理体制が良好であること、放射線防護体制が適切に組織化されていること、また高放射線リスクを伴う作業において ALARA 原則が厳格に実施されていることを意味している。すべての CED の値が電子式個人線量計の測定値に基づいている。

- 新規又は試験的な線量低減プログラム

新規又は試験的な線量低減プログラムなし

- 組織の変化

2013年に放射線防護局により設立された2つのワーキンググループ(WG)が、引き続き活動を行っている。

- 放射線汚染事故(PCE)低減WGでは、PCEに対する個人の認識を全体的に向上させ、PCEの発生件数を極限まで減らすことを目的としている。
- 放射線作業許可(RWP)WGでは、RWPシステムの改訂、根本原因分析(RCA)の分類、緊急事態計画距離(EPD)アラームの設定に焦点を当てている。

- 規制要件

ポスト福島国家行動計画が、テメリン原子力発電所とドコバニ原子力発電所で着実に実行されている。

ドコバニ1号機では、LTOプロセスが進行中であった。規制要件は、着実に実現されている。

### 3) 当局の報告

2015年、原子力安全局(SUJB)は、原子力施設や請負業者の検査を48件実施した。重大な欠陥は確認されなかった。

年末には、原子力安全局が、放射線を利用する事業者に対して今後10年間の運転認可を与えた。その事業者とは、ドコバニ原子力発電所の4基と、ドコバニの使用済み燃料貯蔵施設である。

「新」原子力法制定のための取り組みが完了し、法律の施行準備が進行中であった。Euratomの新BSSの要件が実施されている。

## フィンランド

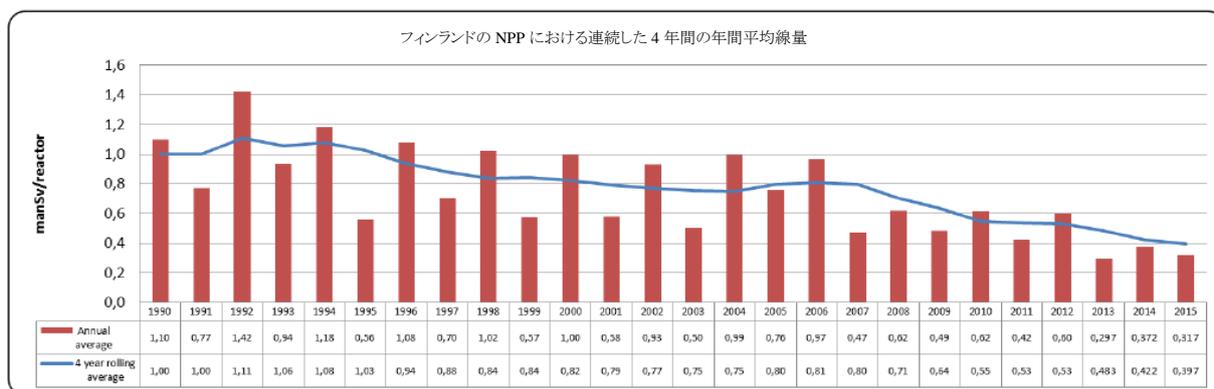
### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	2	258.43
BWR	2	376.24
全種類	4	317.34

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

年間集団線量は、年間の停止の長さや種類に大きく影響される。2015 年のフィンランドの NPP における集団線量(1.269 人・Sv)は、運転開始以来 2 番目に低い数値であった。これは、4 基中 3 基で実施された燃料取替のための停止期間が短かったためである。長期的に見ると、連続した 4 年間の平均集団線量は、1990 年代初期以来減少傾向にある。



#### オルキオ原子力発電所

オルキオ 2 号機における、2015 年の停止は保守停止であった。停止期間は約 17 日間である。燃料取替に加え、2 つのサブシステムにおける低電圧開閉装置の交換、給水システムのみキシングポイントの変更、その他いくつかの改造や保守等の作業が行われた。オルキオ 2 号機の停止作業には、電力会社 TVO の職員以外にも、800 人を超える下請け作業員が関与している。停止時集団線量は、0.438 人・Sv であった。

オルキオ 1 号機における、燃料取替停止作業には、燃料取替、保守、修理作業を含めて 10 日程度を要した。最も重要な保守作業は、給水システムと原子炉冷却系ののみキシングポイント変更であった。オルキオ 1 号機の停止作業には、450 人を超える下請け作業員が関わっていた。短期間の燃料取替停止時の集団線量は、0.176 人・Sv であった。

停止時個人最高線量は 4.7mSv である。

両ユニットにおいて、ASME 配管検査プログラムに基づき、リスク情報を活用した供用期間中検査 (RI-ISI) が実施された。

### ロビーサ原子力発電所

2015 年における両ユニットの停止作業は、短期間の燃料取替停止であり、それぞれ約 21 日間と 17 日間であった。停止時集団線量は、プラント運転開始以来最低水準である 0.238 人・Sv 及び 0.223 人・Sv であった。集団線量が蓄積した主な原因は、原子炉関連任務 (組立、解体)、清掃/除染、及び付随する作業 (放射線防護、絶縁作業、足場の組み立て) である。両ユニットにおけるプラントの計装更新の一環として、蒸気発生器に新しい水準の計測用配管を設置した。

**ソースタームの軽減:** 5 年間の研究、試験、承認の後、2012 年にロビーサ 1 号機の一次冷却材ポンプ 6 台において、アンチモンフリーのメカニカルシールが導入された。2013 年の停止時に、本シールが検査及び承認された。承認後、2013 年と 2014 年の停止期間中に、両ユニットの全てのシールがアンチモンフリーのものとの交換された。このシールの交換によって放射性のアンチモンが減少し、その結果として一次計機器付近の線量率が低減した。

### 3) 当局の報告

2015 年 11 月 12 日、フィンランド政府はオルキオ原子力発電所の、使用済燃料の封入プラント及び処分場の建設許可を発給した。フィンランド原子力規制機関 (STUK) は、2015 年 2 月に建設許可申請について安全評価を行っていた。

STUK の法定委任の範囲を拡大し、拘束力を持った規制と許可条件を制定するべく、原子力法が改正された。これは、2012 年の IRRS ミッションでフィンランドが受けた提言の一つである。2015 年 6 月には、IRRS フォローアップミッションが行われた。STUK は、原子力安全、核セキュリティ、緊急時計画、廃棄物管理について、2016 年初頭に拘束力のある新たな規制を制定する予定である。

2015 年に運転していた NPP について、新たな規制ガイド (YVL ガイド) が実施された。オルキオ 3 号機での実施については、許可申請審査と並行して決定される予定である。

2015 年 6 月末には、新たなユニット 1 基 (フェンノボイマ社ハンヒキビ 1 号機) が建設許可フェーズに入る。

核燃料サイクルの別部門では、研究炉が廃止措置段階に入る。

## フランス

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	58	710
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	88.8
GCR	6	23.3
GCHWR	1	11.4
SFR	1	3.4

### 2) 2015 年主要事象

2015 年、フランスの原子力発電所群 (PWR58 基) における平均集団線量は、フランス電力会社 (EDF) の目標であった 0.71 人・Sv/基に対し、0.71 人・Sv/基であった。3 ループ原子炉 (900 MWe、34 基) の平均集団線量は、0.86 人・Sv/基であり、4 ループ原子炉 (1300 MWe 及び 1450MWe、24 基) では 0.50 人・Sv/基であった。

#### 停止の種類と回数

種類	回数
ASR - 短期停止	22
VP - 通常停止	21
VD - 10 年毎停止	4
停止なし	10
強制停止	1
種類	回数
SGR	1 - 2015 年未完了 (パリュエール 2)
RVHR	0

#### 具体的な活動

停止時集団線量が、合計集団線量の 81%を占めている。原子炉の運転中に生じた集団線量は、全体の 19%を占めている。中性子合計集団線量は、0.247 人・Sv であり、内 78% (0.192 人・Sv)は使用済燃料の移送により生じた。

### 個人線量

2015年のEDF原子炉において、連続した12ヶ月で16 mSvを超える線量に被ばくした者はいなかった。被ばくした作業員の76%は、蓄積線量が1mSvを下回っており、99.5%は10 mSv未満であった。

線量測定傾向に影響を及ぼした 2015 年の主要事象

- ルブレイエル 3 号機の蒸気発生器交換  
3 号機の蒸気発生機構間 (SGR) では、過去最低線量の 455 人・mSv を記録した。これは、2014 年 4 月 25 日から 2015 年 9 月 5 日までの長期停止であった。
- 原子力発電所群の耐震性  
耐震性が証明できない生体遮へいを撤去した。このことにより、補助建屋内外の放射線状況や、放射線防護検査に影響が及ぼされた。
- 除染  
4 ループ原子炉 (1,300 MWe) では、固体廃棄物処理設備のタンクと、液体廃棄物処理設備の蒸発器について、検査前に除染と清掃を行った。
- セレンによるラジオグラフィー検査  
パリュエル、フラマンビル、カットノン、ノジャンでは、ラジオグラフィー検査にセレン 75 を使用している。最初の実験では、タービン建屋での別作業と同時並行で、ラジオグラフィー検査を行うことが認められた。そのため、停止スケジュールを短縮することができた。

### 3 ループ原子炉-900MWe

2015 年、ビュージェイ 2 号機、フェッセンハイム 1 号機、グラブリーヌ 6 号機では、停止が行われなかった。フェッセンハイム 1 号機では、4 日間の強制停止があり、5 人・mSv の職業被ばくがあった。

3 ループ原子炉の停止プログラムは、14 回の短期停止、13 回の標準停止、10 年ごとの停止が 3 回で構成されている。ルブレイエ 3 号機では、蒸気発生器の交換が 1 回行われた。

2014 年 2 回の停止プログラムが開始され、2015 年に終了した:ルブレイエ 3 で行われた 3 回目となる 10 年ごとの停止と蒸気発生器の交換 (0.391 人・Sv)、及びクリュアス 2 号機での短期停止 (2015 年の集団線量は、5 日間で 0 人・Sv) である。

2015 年に 1 回の停止が開始され、年末時点で終了していない:ビュージェイ 5 号機 (標準停止終了時の計画職業被ばくは 0.133 人・Sv)

さまざまな種類の停止及び特定の作業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: シノン B4 で 0.123 人・Sv
- 標準停止: シノン B3 で 0.609 人・Sv
- 10 年ごとの停止 クリュアス 1 で 1.696 人・Sv
- SGR: ルブレイエ 3 で 0.455 人・Sv

### 4 ループ原子炉-1,300MWe 及び 1,450MWe

2015 年は、8 基のユニットで停止が行われなかった。2 回の強制停止が以下のとおり行われた:カットノン 4 (11 人・mSv) 及びノジャン (42 人・mSv)

4 ループ原子炉の停止プログラムは、8 回の短期停止、8 回の標準停止、10 年ごとの停止が 1 回で構成されている。

さまざまな種類の停止作業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：                      カットノン 3 で 0.149 人・Sv
- 標準停止：                      ノジャン 2 で 0.493 人・Sv

### 放射線防護に関する主な重大事象(ESR)

2015 年、3 件の事象が INES 尺度によって分類された。

- グラブリーヌ NPP (INES 尺度のレベル 1)  
5 号機で ESR1 件:原子炉キャビティと、燃料プール冷却及び処理系の南京錠検査時に、皮膚線量が年線量限度の 4 分の 1 を上回った。
- ノジャン NPP (INES 尺度のレベル 1)  
1 号機で ESR1 件:廃棄物処理中に、皮膚線量が年線量限度の 4 分の 1 を上回った。
- ルブレイエ NPP (INES 尺度のレベル 2)  
4 号機で ESR1 件:皮膚線量が年線量限度を上回った。CVCS 再生熱交換器の適格性再確認準備中に、推定 504 kBq の Co-60 による顎部の汚染があった。

### 2016 年の目標

2016 年のフランスの原子力発電所群における集団線量目標は、0.80 人・Sv/基である。

個人線量については、最も被ばくする作業員の個人線量を、3 年以内に 10%低減させることが目標の一つである。その他の目標は以下のとおりである。

- 個人線量が 14 mSv を超える作業員の数が 5 人を下回る
- 個人線量が 10 mSv を超える作業員の数が 300 を下回る

### 2016 年の活動

集団線量:2012 年に開始された活動の継続

- ラジオグラフィー検査の活動計画の実施;
- ソースターム管理(停止中、管理中、ホットスポットの撤去中における酸素化と浄化);
- 最も汚染されている回路の化学除染
- 生体遮へいの最適化(CADOR ソフトウェアを使用);
- 2016 年~2018 年の間に、原子炉監視装置(RMS)の組織的な準備及び NPP 群への配備を計画。

2016 年には、22 回の短期停止、22 回の標準停止、及び 10 年ごとの停止が 5 回の、計 49 回の停止が計画されている。その中には、3 ループ原子炉の 10 年ごとの停止と合わせて 2015 年に開始されたパリュエル 2 における 10 年ごとの停止及び SGR が終了する(lead unit)。2016 年は、ルブレイエ、クリュアス、ダンピエール、トリカスタン、グラブリーヌ、カットノン、パンリー、パリュエルにおいて、余熱除去系統の水圧試験が予定されており、追加の管理及び活動が行われる予定である(ポスト福島、”Grand carénage(大

改装)」、及び原子力安全局(ASN)からの要求による)。

### 3) 当局からの報告

2015年、ASNは28件の放射線防護検査を実施した。ASNは、放射線管理区域での作業中の職業放射線防護に関する規定を遵守することに、特別な注意を払っていた。これは、EDFが運転する大部分のNPPにおいて確認された。

2014年と比較して、全ての原子炉で集団線量がわずかに減少している。放射線管理区域で1時間作業を行った場合に作業員が受ける平均線量は、2013年から減少し続けている。ASNは、2015年のNPPにおける放射線防護状況について、いくつかの改善点がある：

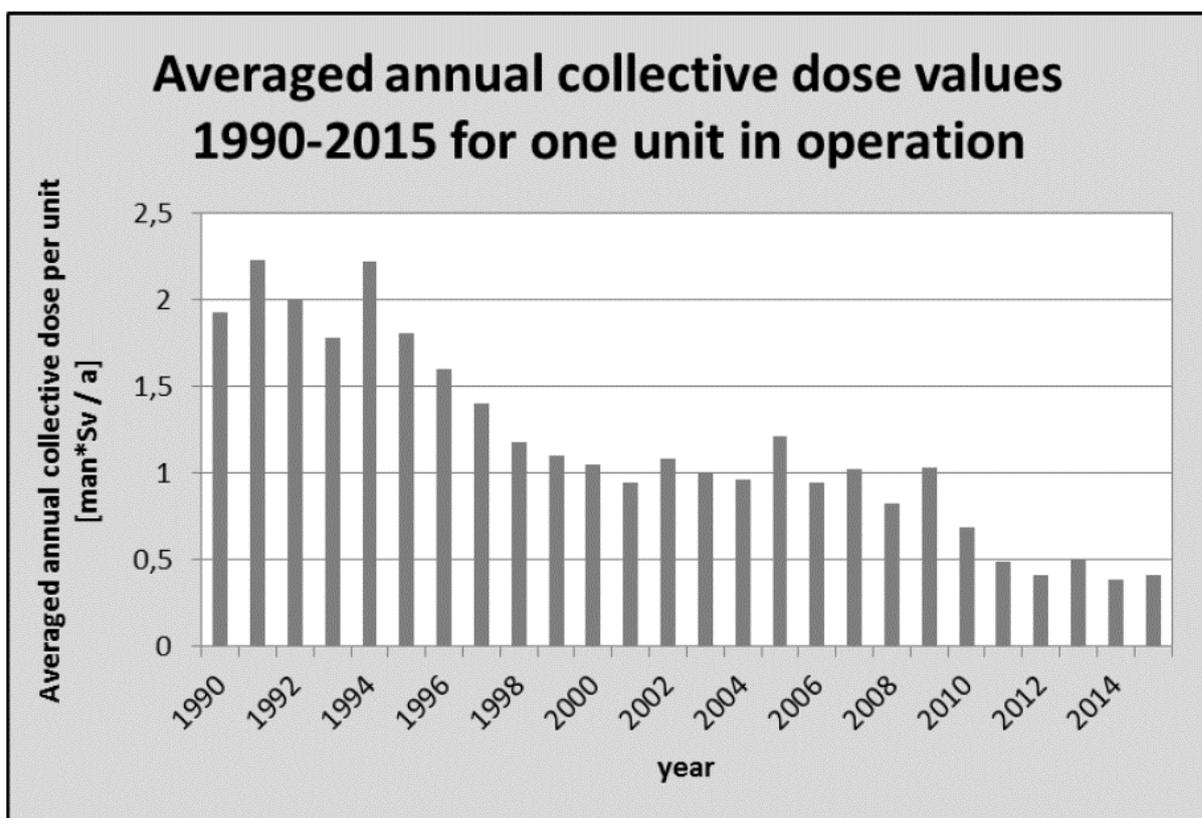
工業用ラジオグラフィーを使用する仕事場の管理状況には、改善の余地がある。特にASNは、運転区域への立入禁止表示が無視されていた事象を2件観測した。仕事場の整備の進展が期待されている。具体的には、仕事場の整備にあたって全ステークホルダーが関与し、質の高い施設訪問を実施することである。

- 原子炉建屋内部における汚染拡散の管理は、いまだ不十分である。格納容器が十分でなかったり、汚染レベル表示が間違っていたりするためである。ASNは、仕事場から退出する作業員の汚染チェックに関する指示に従っていない現場や、汚染検査機器の不足、もしくは機器が使用不可である現場をたびたび観測した。さらに、いくつかのサイトでは、放射線防護文化が欠けている作業員を目にした。
- こうした不十分さが重なると、従業員の仕事場の身体汚染の発券が遅れる可能性がある：
  - 暴露モニタリングについては、作業員が個人線量計を装着していない事象を多数観測した。しかし、被ばくした作業員の分類の最適化や、遠隔線量測定の上昇といった点で、改善が見られた。
  - EDFは、立入制限区域への作業員の立ち入り規制を強化した。しかし、いまだ改善点は残されている。ASNは、立入制限区域の識別や標識の不足を観測した。

## ドイツ

### 1) 2015 年線量情報

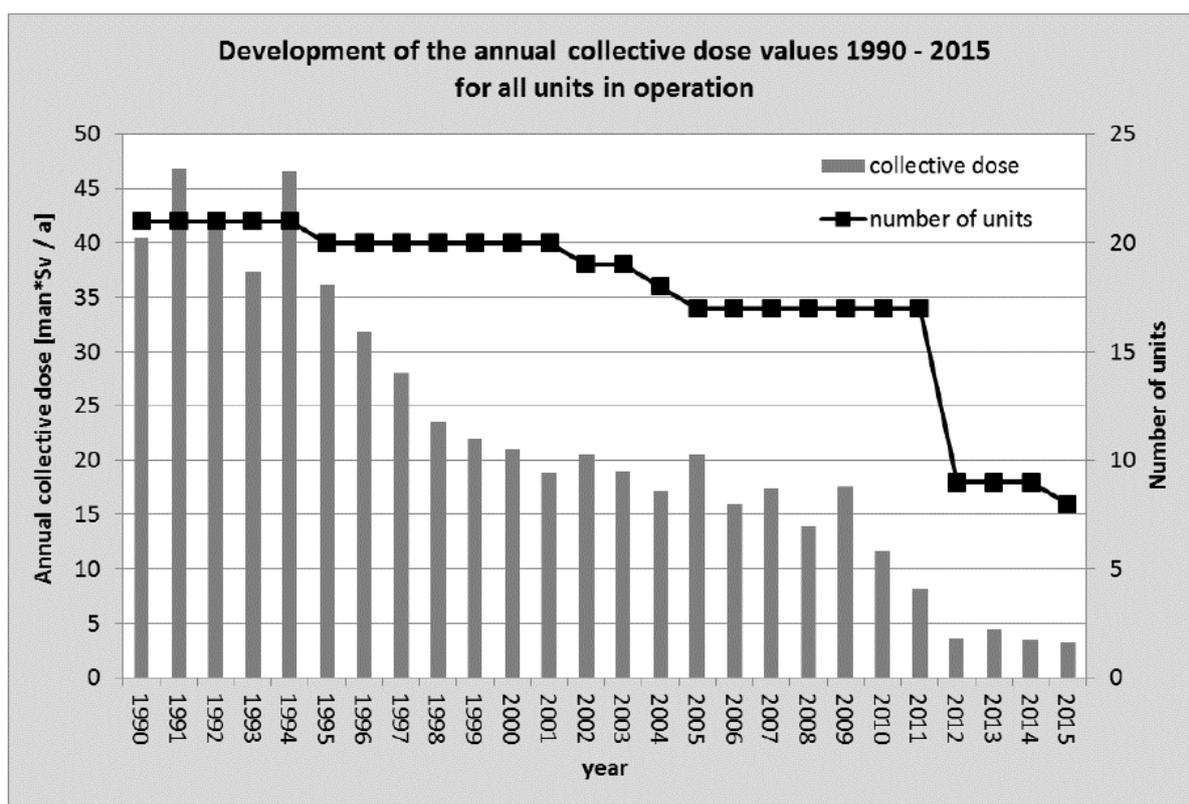
年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	6	169
BWR	2	1,114
全種類	8	360
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	7	84
BWR	4	91
全種類	11	86



## 国内線量測定傾向の概要

2011年の福島事故を受けた政治判断により、8基の原子力発電所(ウインターベーター、ビブリスA、ビブリスB、ネッカー1号機、フィリップスブルク1号機、クリュンメル、ブルンスビュッテル、イザール1号機)が、2011年半ばに永久停止された。グラーフエンラインフェルト原子力発電所は、2015年6月27日に停止された。残りの8基については、2022年までに段階的に停止される予定である。これらの措置は、2011年7月に原子力法が修正されたことによるもので、2017年末及び2019年末までに1基ずつ停止し、残りの3基については2021年末と2022年末に停止することとなっている。

2015年、運転中のユニット1基あたりの平均年間集団線量は、0.40人・Svであり、2014年の0.38人・Svに匹敵する。1990年～2015年における平均年間集団線量の傾向は、上表に示されている。廃止措置段階にあるプラントについては、平均年間集団線量がさらに低く、0.09人・Svであった。



## ハンガリー

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	4	441 (電子式線量計) 436 (TLD)

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

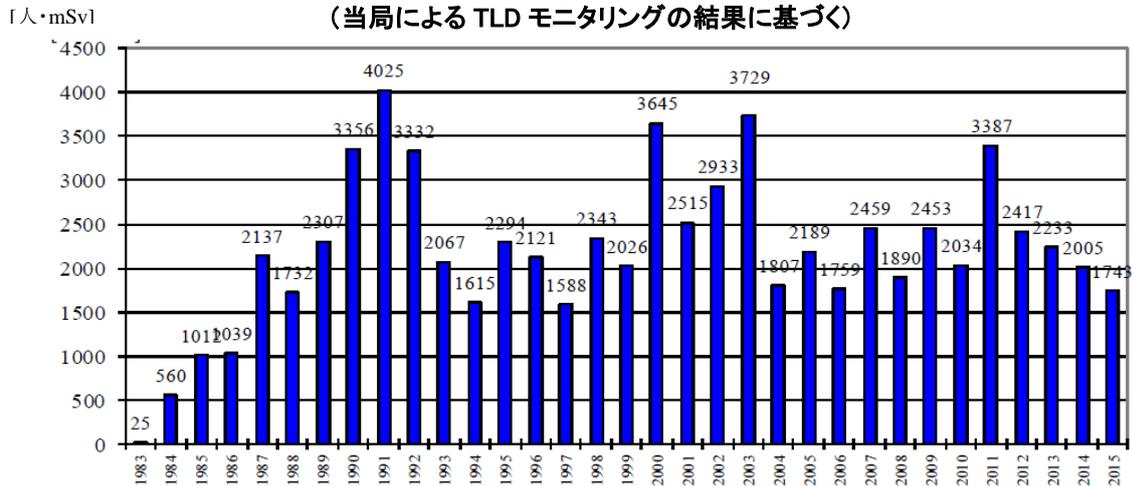
運転線量測定の結果に基づくと、2015 年のパクシュ NPP における集団放射線被ばくは、1,765 人・mSv であった(線量測定作業許可を有する者が 1,330 人・mSv、有さない者が 435 人・mSv)。最高個人放射線被ばくは 9.2 mSv であり、50 mSv/年という線量限度及び 20 mSv/年という線量拘束値をはるかに下回っていた。

集団線量は、前年よりも減少した。この低い集団被ばくの主な原因は、高線量の原因であった被ばく低減に向けた投資活動が 2014 年に終了したためである。

2015 年の電子式線量測定データは、TLD のデータと一致している。

#### パクシュ原子力発電所における年間集団線量値の推移

(当局による TLD モニタリングの結果に基づく)



#### 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2015 年には、通常の総点検(長期保守停止)が行われた。1 号機における停止時の集団線量は、639 人・mSv であった。

#### 停止の回数及び期間

停止の期間は、1 号機で 65 日間、2 号機で 26 日間、3 号機で 29 日間、4 号機で 24 日間であった。

## イタリア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	17.82 (トリノ NPP 1 基)
BWR	2	80.04 (カオルソ NPP 1 基 [2.96 人・mSv] + ガリアーノ NPP 1 基 [77.08 人・mSv])
GCR	1	61.02 (ラティナ NPP 1 基)

## 日本

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	24	188
BWR	24	223
全種類	48	205
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
BWR	8	9.724
GCR	1	0
LWCHWR	1	46

### 2) 2015 年主要事象

#### - 国内線量測定傾向の概要

2015 年における停止中 BWR の平均年間集団線量は、前年(2014 年)の 13.081 人・mSv/基から減少し、9.724 人・mSv/基となった。また、福島第一 NPP を除いた平均年間集団線量は 44 人・mSv/基、福島第一 NPP では 12.943 人・mSv/基であった。

運転中の原子炉の平均年間集団線量は、2014 年とほぼ同水準である。これは、ほぼ全ての原子炉が、福島第一 NPP 事故後、長期にわたって停止しているためである。

#### - 原子力発電所の運転状況

2015 年度は、PWR3 基のみが運転していた。

2015 年 4 月 1 日～8 月 13 日:運転中ユニットなし

2015 年 8 月 14 日～10 月 20 日:1 基(川内 1 号機)

2015 年 10 月 21 日～2016 年 1 月 31 日:2 基(川内 1、2 号機)

2016 年 2 月 1 日～3 月 9 日:3 基(川内 1、2 号機、高浜 3 号機)

2016 年 3 月 10 日～3 月 31 日:2 基(川内 1、2 号機)

#### - 福島原子力発電所作業員の被ばく線量分布

2016 年 3 月まで、及び 2015 年度における福島第一 NPP の被ばく線量の蓄積線量分布は、以下のとおり:

蓄積線量区分 (mSv)	作業員数 (2011年3月～2016年3月)			2015年度 (2015年4月～2016年3月)		
	TEPCO	外部委託 業者	合計	TEPCO	外部委託 業者	合計
>250	6	0	6	0	0	0
200～250	1	2	3	0	0	0
150～200	26	2	28	0	0	0
100～150	117	20	137	0	0	0
75～100	321	312	633	0	0	0
50～75	328	1801	2129	0	0	0
20～50	633	6515	7148	6	592	598
10～20	619	5794	6413	52	1947	1999
5～10	507	5439	5946	108	2247	2355
1～5	908	9618	10526	533	5114	5647
≤1	1246	12759	14005	998	6599	7597
合計	4712	42262	46974	1697	16499	18196
最大(mSv)	678.80	238.42	678.80	24.00	43.20	43.20
平均(mSv)	22.43	11.76	12.83	1.85	4.52	4.27

- 東京電力は、使用者が施設の放射線管理区域に入る度に用いられる警報付ポケット線量計(APD)の積算値を使用している。これらのデータは、個人積算線量計で計測した月間線量データに置き換えられている場合がある。
- 2011年10月以降、深刻な内部被ばくはなかった。
- 内部被ばく線量は、再確認語に修正される可能性がある。

－ 規制要件

新安全基準の審査が、2013年7月に開始された。2015年度は、3基のPWRに認可が下りた。

### 3) 当局による報告

IAEAは、2016年1月11日～22日まで、原子力規制委員会にてIRRSミッションを実施した。

2016年4月23日、原子力規制委員会はIAEAミッション報告書を受領した。

#### 良好事例

- 原子力規制委員会を設立し、同庁を支援するフレームワークが導入された。原子力規制委員会とは、実効性、独立性、透明性を備え、より強い権力を持った新たな規制機関である。
- 原子力規制委員会は、自然災害分野における東京電力福島第一NPP事故の教訓、ピアアクセシブルなマネジメント、緊急時計画、既存施設への新たな基準の適用(バックフィット制度)を、早急かつ実効的に法的枠組みに組み込んだ。

#### 放射線防護に関する低減と勧告

- 政府は、原子力と放射線の安全について責任を負っている日本の規制当局が、調和された効果的な規制監視を実現し、また、それぞれが所管する規制が調和されるよう、政策、許認可、検査及び執行措置に関する情報交換を行うための効果的で協力的なプロセスを構築し実施すべきである。
- 政府は、規制機関に対し、職業被ばくと公衆被ばくのモニタリング及び一般的な環境のモニタリング

を行うサービス提供者について許認可又は承認のプロセスの要件を定め、許認可取得者がそれらの要件を満たしていることを確認する権限を与えるべきである

- 原子力規制委員会は、許認可取得者による放射線防護対策の実施を監視すること、NIRSとの協力を通じて、放射線防護の国際基準の策定や関連する研究活動に参加することに、優先度を高くし、一層の資源を配分すべきである。
- 原子力規制委員会は、原子力及び放射線施設の供用期間の全段階において廃止措置を考慮することに関する要件、廃止措置の終了後におけるサイトの解放に関する基準を規定すべきである。
- 原子力規制委員会及び他の放射線源の規制当局は、緊急時計画、タイムリーな通報と対応の取決め、等級別扱いを用いた品質保証プログラムに関連する要件を含む、線源に関連する緊急事態に対する準備と対応のための要件とガイダンスを1つにまとめて策定すべきである。
- 原子力規制委員会は、放射線源に関連する緊急事態に一貫して対応するための計画と手順の強化を検討すべきである。

#### **2016年の放射線防護に関する問題への対応**

- 原子力規制委員会は、アイソトープ許認可取得者に対する規制要件について、緊急時対応システム、盗難防止策(セキュリティ)、安全文化、品質保証等の策定といった詳細なシステム設計に関する提案書を作成予定である。
- 上記提案に基づき、原子力規制委員会は既存の規制を改訂する予定である。
- 原子力規制委員会は、アイソトープ検査システムを強化するため、新たな分野の検査能力を十分に持った検査官を養成するプログラム及び人員増加要件の改良を検討している。
- 原子力規制委員会は、放射線防護の最新知識を識別、収集、評価するメカニズムの確立を検討している。
- 原子力規制委員会は、国内外の動向に基づき、職業被ばく等のモニタリングの品質保証を改良するフレームワークを検討している。

## 韓国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	21	310.52
PHWR	4	585.15
全種類	25	354.46

### 2) 2015 年主要事象

- 国内線量測定傾向の概要

2015 年は、PWR21 基(新古里 3 号機は試運転中)及び PHWR4 基の、計 25 基の原子力発電所が稼働した。2015 年の 1 基あたりの平均集団線量は、354.46 人・mSv であった。集団線量の主な原因は、停止作業中のもので、合計集団線量の 86.6%を占めている。14,926 人が放射線作業に携わっており、合計集団線量は 8,861.58 人・mSv であった。

- 停止の回数及び期間

総分解点検が、PWR16 基及び PHWR3 基にて実施された。停止の合計期間は、PWR で 1,074 日間、PHWR で 277 日間であった。2014 年と比較して、合計停止期間が延びている。

- 機器の交換

- ハンビット 4 号機では、2015 年 8 月から 11 月の停止期間中に原子炉容器上蓋の取り替えが行われ、集団線量は 40.05 人・mSv となった。
- 2015 年、ハヌル 4 号機では蒸気発生器伝熱管の維持作業が行われ、集団線量は 78.57 人・mSv となった。

- 不測の事象

なし

- 2015 年に新規に運転開始するプラント

- 新月城 2 号機が商業運転を開始する(2015 年 7 月 24 日)
- 新古里 3 号機は試運転中である(燃料が装荷された)。

- 新規線量低減プログラム

ソースタームを低減させるための亜鉛注入の試験的な適用が、2010 年からハヌル 1 号機にて行われている。結果として、RCS 配管と蒸気発生器室における放射線被ばくが 30~40%低減した。KHNP は、他の原子炉についても亜鉛注入を計画している。4 基の NPP(ハンビット 3、4 号機/ハヌル 3、4 号機)では 2017 年から、他 4 基の NPP(古里 2 号機、ハヌル 2 号機、ハンビット 5、6 号機)では 2018 年から、亜鉛注入の予定である。

## リトアニア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
LWGR	2	342.09

### 2) 2015 年主要事象

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2015 年、イグナリナ NPP (INPP) における職業線量は、経済、社会、技術の状況を全て考慮した場合、可能な限り低く保たれていた。2011 年は 631 人・mSv、2012 年は 587 人・mSv、2013 年は 655 人・mSv、2014 年は 638 人・mSv、2015 年は 684 人・mSv (62% は計画線量) であった。INPP 職員の集団線量は 619.9 人・mSv (65% は計画線量) で、請負業者の職員では 64.3 人・mSv (40% は計画線量) であった。使用された外部線量測定システムは、熱ルミネッセンス線量計 (TLD) である。

個人線量限度である 20mSv は超えていなかった。INPP スタッフの最高個人実効線量は、9.37mSv で、請負業者職員では 7.13mSv であった。INP スタッフの平均個人実効線量は、0.36mSv で、請負業者職員では 0.06mSv であった。

INPP1 号機及び 2 号機における技術サービスと廃止措置中における集団線量の原因となった主な作業は、燃料取り扱い、ホットセルの修理に加え、使用済燃料貯蔵プール、炉室、原子炉補助建屋の改善と保守作業、廃棄物及び液体廃棄物の取り扱い、職場の放射線モニタリングと放射能調査、主循環回路の絶縁である。

2015 年は、機器や系統の取り替えは行われなかった。また、不測の事象もなかった。

#### - 新規又は試験的な線量低減プログラム

最新の作業構成の原則を取り入れること、プラント設備改善のための広範な作業を行うこと、また自動システムを使用し、作業中に ALARA 原則を実践することによって、線量を低減させた。安全文化のレベルを評価及びアップグレードし、品質改善システムの有効性を向上及び支援することが重要である。

#### - 組織の変化

2015 年は、INPP の廃止措置にとって重要な年であった。重要な廃止措置プロジェクトの実行が、大きく前進した。INPP の安全な廃止措置を重要視した成果が現れた。

新たな使用済燃料貯蔵施設の冷間試運転が成功裏に終了し、建物、搭載されたシステム、設備等の機能性が実証された。使用済核燃料キャスクの安全根拠に関する問題は解決した。放射性固体廃棄物の取り扱い及び貯蔵施設の冷間試運転が開始された。

2015 年末には、国家原子力安全検査局(VATESI)により、短寿命の極低レベル廃棄物の埋立施設の建設及び稼働の許可証が発行された。

主要な廃止措置プロジェクトの進捗について、関連する各国や欧州委員会から前向きな評価を受けた。廃止措置プロジェクトの進捗状況が、デンマーク、カナダ、ドイツ、フランス、スペイン、オランダ、日本の大使館の代表者らに報告された。

解体作業が続いており、2015 年には約 8,600 トンの設備が解体された。

企業の組織変更の第 2 段が、2015 年末に完了した。解体計画と制御機能は、解体実行プロセスから分離された。

2015 年も、前向きな取り組みである IAEA との協力が継続された。RBMK 炉解体及び放射性物質除去における具体的な除染技術の開発に関する国際ワークショップが INPP にて開催され、様々な国の専門家が経験を共有した。

INPP で優先順位の高い活動は、原子力及び放射線安全、活動の透明性と効率性、スタッフの責任と作業員の高い専門性、社会的責任である。

### 3) 当局による報告

2015 年、VATESI は承認された検査計画に従い、イグナリナ NPP の放射線防護検査を実施した。評価は、以下の分野と活動について、どの程度放射線防護要件が実行されているかについて行われた。すなわち、放射性物質のクリアランスと、1 号機タービン・ホールを解体及び除染する際の職業被ばくと放射線防護のモニタリングである。検査結果によると、イグナリナ NPP の活動は、法定の放射線防護要件に従って実行されていた。

2016 年も、VATESI は、INPP の廃止措置における放射線安全、放射性廃棄物管理、新たな放射線施設の建設と稼働、及びこうした活動や施設における放射線防護について、引き続き監督と管理を続ける。INPP の廃止措置における放射線防護レベルを向上するため、VATESI は法律文書で制定されている放射線防護要件の見直しを続ける。2016 年末までには、放射線施設における職業被ばく防護に関する改訂版要件が承認される予定である。

## メキシコ

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
BWR	2	4833,51

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

メキシコに存在する原子炉は、ベラクルス州ラグナベルデにあるラグナベルデ原子力発電所の 2 基の BWR/GE ユニットである。

ラグナベルデで記録されている、運転中及び燃料取替停止時の集団線量は、BWR の平均値よりも高い。運転中の集団線量が高い理由は、装置の信頼性が低い、もしくは不足していたためである。いくつか例を挙げると、蒸気漏れ、原子炉冷却水浄化システムのポンプの故障、放射性廃棄物処理システムの不具合である。燃料取替停止時の集団線量が高い主な原因は、放射能ソースターム (Co-60) によって高放射線区域が生じたためである。

ラグナベルデの副社長は、集団線量を合理的に達成可能な限り低く保つことに、強い責任を持っている。

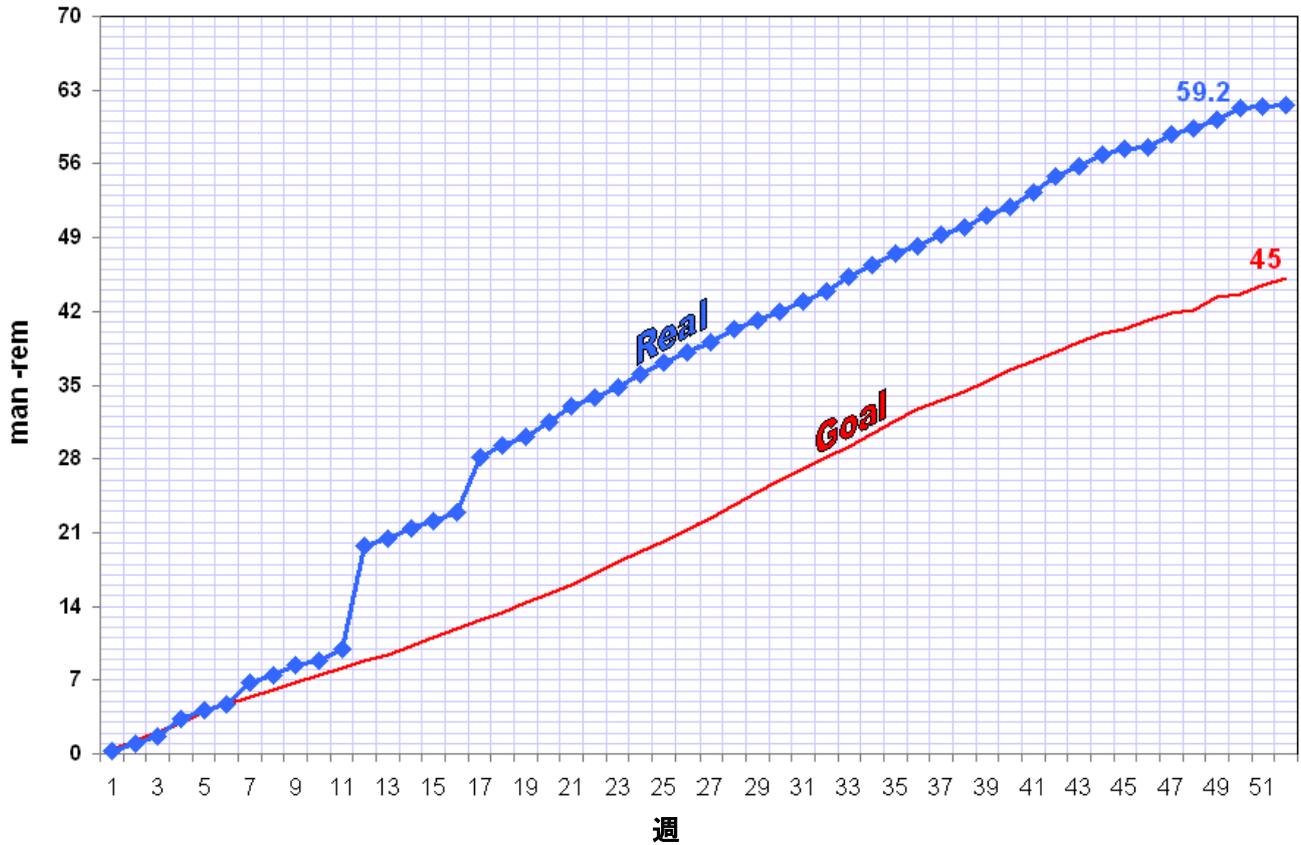
2015 年の運転中 (通常時) の集団線量は、最も低かった。1 号機は、0.59175 人・Sv で、2 号機は 0.5585 人・Sv であった。しかし、ラグナベルデのスタッフは、他の BWR のスタッフに比べ、これらの数値を高いと感じている。

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

- a) 放射能ソースタームの増加: この要因は、原子炉内構造物の応力腐食割れを防ぐために 2006 年以来貴金属と水素を交互に適用してきたことによる原子炉水化学の不安定化によるものであった。この要因は、依然としてプラントにおける線量率、特に燃料取替停止時のドライウェル内に強く影響を及ぼしている。

2011 年以降、ラグナベルデの化学責任者は、水素注入、給水鉄制御、その他原子炉容器内を化学的に不安定化させる可能性のある状況について、責任を負ってきた。ラグナベルデの副社長は、放射能ソースターム管理及び低減プロジェクト責任者 (STPM) を任命し、放射線防護責任者 (RPM) と化学責任者 (CM) が STPM をサポートすることとした。

2015 年ラグナベルデ集団線量  
平均 TLD  
目標 45 人・rem



2015 年運転時集団線量グラフ

$45 \text{ 人} \cdot \text{rem} = 450 \text{ 人} \cdot \text{mSv}$

- 停止の回数及び期間

2015 年: 1 号機における 17 回の燃料取替停止 (2015 年 10 月 22 日～2015 年 12 月 31 日) 集団線量 8.4837 人・Sv

強制停止:

1 号機:

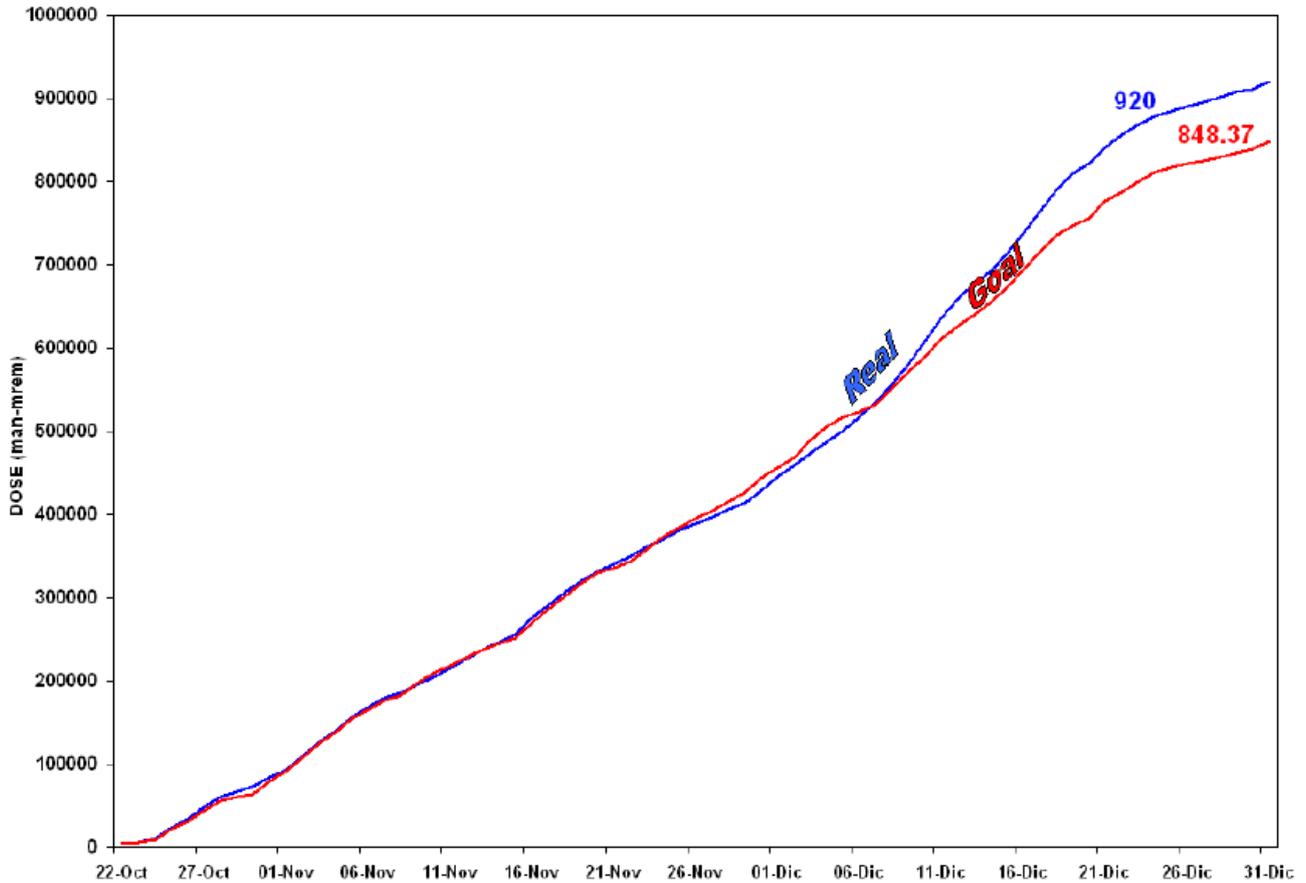
2015 年 6 月 29 日～2015 年 7 月 1 日、集団線量 0.00524 人・Sv

2 号機:

2015 年 5 月 19 日～2015 年 5 月 24 日、集団線量 0.01441 人・Sv

2015 年 5 月 12 日～2015 年 5 月 15 日、集団線量 0.01519 人・Sv

PRCN-17 UNIDAD1  
TLD  
目標 920 人・rem



- 新規に運転開始するプラント/停止するプラント  
なし
- 主な展開  
なし
- 機器又は系統の取り替え  
なし
- 安全関連問題  
なし
- 不測の事象  
なし
- 新規又は試験的な線量低減プログラム

ラグナベルデ原子力発電所における高い集団線量に関連した主な問題は、放射能ソースターム(原子炉冷却材と接触する配管、弁及び機器の内部表面に沈着した不溶性コバルト)の継続的な増加である。

原子炉水化学の制御及び最適化は、ソースタームの制御及び最終的な排除において基本的な役割を果たす。そのような目的を伴う主な戦略または対策は、以下のとおりである。

- 燃料取替停止時の再循環ループの化学的除染: 除染後の再汚染サイクルを予防するために、その他の原子炉水化学パラメーターがすべて安定し、最適化されるまで実施する。

稼働中における貴金属化学(OLNC):

- コバルト選択除去樹脂(PRC)の原子炉水への継続的添加
- 原子炉水への継続的な亜鉛添加
- 給水の鉄濃度の制御
- 原子炉水浄化系(RWCU)の継続的な作動
- 燃料プール冷却・浄化系(FPCC)における加水分解
- 原子炉への水素注入の継続性及び可能性の最適化
- 停止時に、クラッドを大流量(600gpm)で流出(2014年)
- 停止時にポータブル脱塩装置を使用(2014年)
- 効率向上のため、RWCUシステムを改良

- 組織の変化

なし

2016年に向けて

**2016年の懸案事項**

2回の燃料取替停止-1号機における18回の燃料取替停止及び2号機における15回の燃料取替停止

**2016年の主要作業に関する技術計画**

放射能ソースターム軽減に向けて、上記の戦略に取り組む。

**2016年の主要作業に関する規制計画**

ノーコメント

## オランダ

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	集団線量=217.2 人・mSv 平均個人線量=0.29mSv
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
BWR	1	0

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象  
停止期間は 29 日間。高線量の作業は特になし。

## パキスタン

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PHWR	1	1,843.83
PWR	2	593.705
全種類	3	1,010.41

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象
  - PHWR 12 回の停止、133 日間
  - PWR (チャシュマ 1 号機) 3 回の停止、122 日間
  - PWR (チャシュマ 2 号機) 3 回の停止、37.67 日間
- 機器又は系統の取り替え、不測の事象、2015 年に新規に運転開始するプラント、最終的に停止するプラント  
中間熱交換器の管漏洩 (PHWR)

## ルーマニア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
CANDU	2	194

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

チェルナボーダ原子力発電所における職業被ばく(2000 年～2015 年)			
年	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(2 基)	209.3	479.34	688.6
2009(2 基)	67.6	417.7	485.3
2010(2 基)	210.3	577	787.3
2011(2 基)	56	337	393
2012(2 基)	250.8	667.1	917.9
2013(2 基)	92.3	416.8	509.1
2014(2 基)	160.3	432	592.3
2015(2 基)	36.4	351.7	388.13

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

プラントの通常運転(1 号機及び 2 号機)

2015 年末

- 1mSv を超える個人線量を受けた従業員が 90 人、5 mSv を超えた従業員が 5 人いたが、個人線量が 10 mSv を超えた者はおらず(計画外被ばく)、15 mSv を超える個人線量を受けた者もいなかった。
- 2015 年の最大個人線量は 6.632 mSv であった。
- 内部被ばく線量の 9.4%がトリチウム摂取に起因した。

トリチウム被ばくを軽減する積極的な政策が、2005年から適用されている。その政策には、重水漏えいの嚴重な抑制、乾燥器の導入、職員による原子炉建屋への入室最適化が含まれている。放射線作業許可は、通常運転時にも停止時にも、適切な呼吸器保護具の使用を要求している。大気中トリチウムモニタリングシステムの実施により、トリチウムモニタリングのための日課的な作業や調査活動の数が50%削減された。その結果、集団線量が大幅に低下し、2012年の250.8人・mSvから、2014年には160.3人・mSvとなった。また、CANDU群で最も低い集団内部線量についても、2013年の92.3人・mSvから2015年には36.4人・mSvとなった。

## 計画停止

2015年5月9日～6月1日までの23日間、2号機で計画停止が実施された。集団線量に主要な影響を及ぼした活動は、以下のとおりである。

- 燃料交換用クレーンの予防的保守
- フィーダーヨークのクリアランス測定及び補正
- 管の検査及びフィーダー・キャビネット内の損傷サポート
- 計画停止時の体系立った検査
- フィーダーの厚み測定、フィーダーのクリアランス測定、フィーダーヨーク測定、エルボ部のUT検査
- スナバ及び配管サポートの検査

計画停止終了時の合計集団線量は、172.2人・mSv(外部線量が154、トリチウムの摂取による内部線量が18.2人・mSv)であった。

この計画停止は、最終的に2015年の集団線量の44%を占めた。

## 計画停止線量履歴

年	基	期間	外部集団線量 人・mSv	内部集団線量 (トリチウム摂取) 人・mSv	合計集団線量 人・mSv
2003	1	5月15日～6月30日	345	161	506
2004	1	8月28日～9月30日	153	179	332
2005	1	8月20日～9月12日	127	129	256
2006	1	9月9日～10月4日	103	107	210
2007	2	10月20日～10月29日	16	0	16
2008	1	5月10日～7月3日	187	111	298
2009	2	5月9日～6月1日	122	11	133
2010	1	5月8日～6月1日	319	95	414
2011	2	5月7日～6月1日	117.2	13	130.2
2012	1	5月4日～6月11日	396.9	177.7	574.6
2013	2	5月10日～6月3日	185.8	49.2	235
2014	1	5月9日～6月6日	229	81.4	310.4
2015	2	5月9日～6月1日	154	18.2	172.2

## 計画外停止

1号機－3月27日～20日：液体領域制御システム回路の改良保全のため、ユニットが定期的に停止された(外部線量12.4人・mSv)。

## 放射線防護関連の事柄

2014年は、チェルナボーク1号機における放射線モニタリング系(RMS)の実施が開始した。本システムは、すでに2号機に設置されている。本プロジェクトは、2015年に終了した。

今回の改善の目的は、電子化されたインターフェースにオンライン放射線モニタリング機器を接続することである。そのことにより、遠隔モニタリング、限定的な遠隔制御機能、及び統合された短・長期的なデータベースの維持が可能となる。

以下のシステムを搭載したRMSインターフェースが使用可能である：固定式ガンマエアモニタリング、固定式汚染モニタリング、可搬型放射線モニタ、固定式トリチウムエアモニタリング、排水モニタ、排気モニタ、事故後エアサンプリング及びモニタリング。

運転員の集団線量は(高線量の危険性のあるエリアへの立ち入りを避けることで)減少し、プラントの通常運転時における放射線の危険性の制御は(放射線の危険性情報がリアルタイムで入手可能なエリアにおいて)改善される見込みである。

## 2015年の懸案事項

2015年の主な懸案事項は、2号機の計画停止中に実施される高い放射線影響を伴う重要な作業である。

## 2016年に向けて

### 2016年の懸案事項

2016年の主な懸案事項は、1号機の計画停止中に実施される高い放射線影響を伴う活動である。

- ・ 蒸気発生器配管の内部直径表面からの磁鉄鉱の除去
- ・ 蒸気発生器のECT検査
- ・ 燃料交換用クレーンの予防的保守
- ・ フィーダー－ヨークのクリアランス測定及び補正
- ・ 管の検査及びフィーダー・キャビネット内の損傷サポート
- ・ 計画停止時の体系立った検査
- ・ フィーダーの厚み測定、フィーダーのクリアランス測定、フィーダー－ヨーク測定、エルボ部のUT検査
- ・ スナバ及び配管サポートの検査
- ・ 設計変更の実施

## ロシア連邦

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	18	559.6
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	2	69.3

### 2) 2015 年主要事象

#### 集団線量

2015 年、18 基の運転中 VVER 型原子炉における電気事業者の従業員と請負業者の合計実効年間集団線量は 10,072.5 人・mSv であった。この数値は、2014 年の合計集団線量である 10,467.5 人・mSv から 395 人・mSv (3.8%) 減少している。

比較分析の結果、VVER-440MWe 型原子炉と VVER-1000MWe 型原子炉の運転中原子炉の間には、平均年間集団線量に大きな違いが見られた。2015 年の結果は以下のとおりである。

- 運転中の 6 基の VVER-440 型原子炉(コラ 1～4 号機、ノボボロネジ 3～4 号機)のグループについては、1,026.8 人・mSv/基であった。
- 運転中の 11 基の VVER-1000 型原子炉(バラコボ 1～4 号機、カーニン 1～4 号機、ロストフ 1～2 号機、ノボボロネジ 5 号機)のグループについては、448.2 人・mSv/基であった。ロストフ 3 号機は、予測の際に考慮されていない。ロストフ 3 号機は、2015 年 9 月 17 日に商業運転が開始され、2015 年末までの集団線量は 8.3 人・mSv であった。

廃止措置段階にある 2 基(VVER-210MWe 原子炉のノボボロネジ 1 号機及び VVER-365MWe 型原子炉のノボボロネジ 2 号機)の原子炉の平均年間集団線量は、2014 年の 44.7 人・mSv/基に対して 69.3 人・mSv/基であった。

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2015 年の VVER-440 型原子炉グループにおける平均年間集団線量は、2014 年と比較して 44.7%増加した。主な原因は、大規模な保守停止と、ノボボロネジ 4 号機の集団線量が 4,677.1 人・mSv/基に跳ね上がったことが挙げられる。

VVER-1000 型原子炉グループの平均年間集団線量は、2014 年と比較して 20.6%減少した。ロシアの全 VVER-1000 型原子炉(ノボボロネジ原子力発電所 5 号機を除く)において、18 ヶ月

間の燃料交換を行った結果、2015年には3基(バラコボ4号機、カーニン3及び5号機)で計画停止が実施されなかった。さらに、2014年に開始したバラコボ3号機の計画停止が、2015年は15日間で終了した。2014年、全てのVVER-1000型原子炉にて計画停止が実施された。そのため、2015年における集団線量の減少は、計画停止の総回数と期間が2014年と比較して減少していることに完全に起因する。

廃止措置段階にある2基の平均年間集団線量は、2015年に55.0%増加した。主な理由は、放射性廃棄物処理作業の増加である。

## 個人線量

2015年、電気事業者の従業員と請負業者の個人線量は、VVER-400型原子炉及びVVER-1000型原子炉の全てにおいて、個人管理線量レベルである年間18.0mSvを超えなかった。

個人線量の最高記録は16.8mSvであった。この線量は、ノボボロネジ原子力発電所の保守部の作業員が、3～5号機の原子炉機器系統修理の際に、一年間を通して徐々に受けたものである。

他のVVER型の原子力発電所における、2015年の最大年間実効個人線量は、以下のとおりである。

- ・バラコボー14.0 mSv
- ・カーニンー11.3 mSv
- ・コラー14.9 mSv
- ・ロストフー6.7 mSv

## 計画停止の期間と集団線量

原子炉	期間[日数]	集団線量[人・mSv]
バラコボ1号機	54	1,256.0
バラコボ2号機	80	567.7
バラコボ3号機	15 (2014年に開始した停止の完了)	84.6
バラコボ4	停止なし	-
カーニン1号機	33	584.7
カーニン2号機	34	474.7
カーニン3号機	停止なし	-
カーニン4号機	停止なし	-
コラ1号機	50	483.4
コラ2号機	49	300.8
コラ3号機	57	1,138.9
コラ4号機	49	619.3
ノボボロネジ3号機	31	730.7
ノボボロネジ4号機	70	1,523.0
ノボボロネジ5号機	67	940.4
ロストフ1号機	63	193.7
ロストフ2号機	45	157.0
ロストフ3号機	停止なし	-

## 計画外停止

原子炉	期間[日数]	集団線量[人・mSv]
カーニン2号機	8	67.2
ロストフ1号機	13	22.9
ロストフ2号機	5	10.1

## 新規に運転開始するプラント

VVER-1000MWe型原子炉(プロジェクトV-320)のロストフ3号機が、2015年9月17日に商業運転が開始された。

## 2015年の懸案事項

- 2015年～2019年における、ロスエネルゴアトム原子力発電所の新たな放射線防護最適化プログラム
- 2014年の集団線量の結果に基づき、2015年におけるロシアの全原子力発電所とプロジェクトに集団線量が割り当てられる。
- カーニン原子力発電所における、皮膚と眼の水晶体に対する線量管理のための新たな自動化装置(AKIDK-401)の導入。
- 電気事業者の従業員と請負業者の線量を軽減するため、組織的行動と技術的行動を複合させる:バラコボ原子力発電所における特別な防護服の導入、コラ原子力発電所におけるガンマ線探傷器の再充電作業の最適化、ロストフ原子力発電所における蒸気発生器伝熱管施栓ための新型マニピュレーターの使用。

## スロバキア共和国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	4	163.414
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	2	ISOE には含まれず
GCR	1	ISOE には含まれず

### 2) 2015 年主要事象

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

- ボフニチェ原子力発電所(2 基):2015 年にボフニチェ原子力発電所において法定フィルム線量計から計算した合計年間実効線量は、398.298 人・mSv であった(電気事業者の従業員が 124.326 人・mSv、外部作業員が 273.972 人・mSv)。最大個人線量は、5.288mSv(外部作業員)であった。内部汚染はなかった。
- モホフチェ原子力発電所(2 基):2015 年にモホフチェ原子力発電所において法定フィルム線量計と E50 から計算した合計年間実効線量は、255.357 人・mSv であった(電気事業者の従業員が 87.753 人・mSv、外部作業員が 167.594 人・mSv)。最大個人線量は、2.62mSv(外部作業員)であった。

#### - 停止情報

##### ボフニチェ原子力発電所:

- 3 号機:46.4 日間の大規模保守停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 302.136 人・mSv であった。
- 4 号機:19.8 日間の標準保守停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 117.286 人・mSv であった。

##### モホフチェ原子力発電所:

- 1 号機:27.25 日間の標準保守停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 143.314 人・mSv であった。
- 2 号機:19.3 日間の大規模保守停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 85.62 人・mSv であった。

- 機器又は系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉
  - モホフチェ原子力発電所:電子中欧放射線データシステムの完了。
- 不測の事象
  - ボフニチェ原子力発電所:3号機の停止期間における不測の被ばく:原子炉内で発券された異物を取り除く際、外部作業員の手が18秒間被ばくした。調査の後、作業員の皮膚の等価線量は437 mSvで、局部被ばくの等価線量は30 mSvであった。当該外部作業員は、放射線防護規則を遵守せず、放射線防護部の承認を得ずに作業を行っており、EPDが警報を発しても作業を止めなかった。

### 3) 当局からの報告

- モホフチェ原子力発電所3及び4号機における、認可プロセス
- JAVYS社原子力発電所の廃止措置と検査
- 運転中の全ユニットにおける停止の検査

## スロベニア

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	790

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象
  - 36 日間の燃料取替停止 (2015 年 4 月 11 日～5 月 16 日) が実施された。停止時集団線量は 690 人・mSv であった。
  - 炉心上部のバップルにおける燃料被覆管フレッティングによる燃料破損を防ぐため、原子炉容器をアップフロー設計への改良が効果的に実行された。

- 規制要件

技術計画 (スロベニアの原子力安全に関する第 7 レポートを参照)

ポスト福島向上プロジェクトが進行中である。安全向上プログラム (SUP) の第一段階が 2013 年に完了し、静的格納容器水素再結合器と事故後の受動濾過システムを設置した。SUP の第二段階の改良は、2018 年に完了予定である。その中には、ニュークリアアイランドの洪水防御、運転サポートセンターの再建、加圧器逃がし弁のバイパス、使用済燃料プール代替冷却システム、原子炉冷却系 (RCS) 及び格納容器の代替冷却、緊急時制御室、バンカー施設の電力供給のアップグレード、重要な計器の交換や改良が含まれる。

SUP の第 3 段階には、原子炉冷却系/原子炉格納容器及び蒸気発生器のために、最低 30 日間の原子炉冷却が保証できるホウ酸水と浄水の新たな水源及び注入システムを備えたバンカー施設が含まれている。第 3 段階は、2021 年末までに完了予定である。

プラントにおける使用済燃料の乾式貯蔵は、2020 年に実施される予定である。

### 3) 当局からの報告

スロベニア原子力安全委員会 (SNSA) 及びスロベニア放射線防護管理部 (SRPA) は、クルスコ NPP の運転について規制管理と検査を行っている。2015 年及び 2016 年は、両規制機関が法律の修正と施行に力を注いでいる。2015 年末には、スロベニア電離放射線防護及び原子力安全法が修正された。それに伴い、別の放射線防護及び原子力安全に関する基本的な法律も修正される予定である。

同時に、EU 国際基本安全基準 (BSS) による指導を実行するため、法律が修正される予定である。

## 南アフリカ

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	2	1,028.158 (TLD)

### 2) 2015 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象
- 停止の回数及び期間

#### クバーク原子力発電所 1 号機燃料交換停止

クバーク原子力発電所 1 号機は、2013 年 12 月 27 日に運転を開始し、現在も稼働中であるが、2015 年 2 月 5 日に燃料取替のため停止した。出力低減及び減圧段階には、核分裂生成物放射能の増加は見られなかった。このことにより、炉心燃料に欠陥が生じていないことが確認された。全ての核燃料集合体について、燃料取り出し中に SHIPPING 法で漏えい試験をおこなった。クバーク原子力発電所 1 号機の燃料取替停止は、2015 年 5 月 28 日に完了した。燃料取替停止時の ALARA 線量目標は 1,167 人・mSv に設定され、実際の集団線量は 949.406 人・mSv であった。作業のための原子炉建屋への立ち入りが合計 81,201 回であったため、一回の立ち入りに対する集団線量は約 0.011mSv と考えられる。燃料取替停止時に登録されていた個人について、最も高い線量は 8.364mSv であった。

#### クバーク原子力発電所 2 号機燃料取替停止

クバーク原子力発電所 2 号機は、2014 年 5 月 13 日に運転を開始し現在も稼働しているが、2015 年 8 月 31 日に燃料取替のため停止した。出力低減及び減圧段階には、核分裂生成物放射能の増加は見られなかった。このことにより、炉心燃料に欠陥が生じていないことが確認された。全ての核燃料集合体について、燃料取り出し中に SHIPPING 法で漏えい試験をおこなった。クバーク原子力発電所 2 号機の燃料取替停止は、2015 年 12 月 3 日に完了した。燃料取替停止 ALARA 線量目標は、1,152 人・mSv に設定され、実際の線量は 1,106.552 人・mSv であった。作業のための原子炉建屋への立ち入りが合計 77,797 回であったため、一回の立ち入りに対する集団線量は約 0.014mSv と考えられる。燃料取替停止時に登録されていた個人について、最も高い線量は 5.45mSv であった。

- 機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント

1 号機の燃料取替停止中、原子炉容器廻りの断熱材が、新たな断熱材に交換された。この作業に際し、目標の 15 人・mSv に対して合計 13.146 人・mSv が発生した。

2号機の燃料取替停止中、燃料取扱マストの改良及びインライン式シッピング検査装置の設置を実施した。この作業に際し、合計 12.726 人・mSv が発生した。

- 不測の事象

一次熱交換器の作業中に、一名の個人線量計が警告音を発した。部品の表面線量率の状況が、予測よりも高いことが判明した。

## スペイン

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	6	430.25
BWR	1	2,466.80
全種類	7	378.90
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	438.36
BWR	1	119.90
GCR	1	0

### 2) 2015 年主要事象

#### PWR

##### アルマラス原子力発電所

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉...)

アルマラス 2 号機における 22 回目の停止

- 期間:40 日間
- 停止時集団線量:436.836 人・mSv
- 停止時最大個人線量:2.952mSv
- 2 号機の 22 回目の停止時に給水系配管交換を実施
- 2 号機の 22 回目の停止時に原子炉容器のシーリングコーンを改良
- 2 号機の 22 回目の停止時に炉外核計測装置及び関連する配線を交換

- 新規また試験的な線量低減プログラム

- 2 号機の 22 回目の停止時に、原子炉キャビティの壁及び床を溶剤で脱脂した。

##### アスコ原子力発電所

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉...)

アスコ 1 号機における 24 回目の燃料取替停止

- 期間:42 日間
- 停止時集団線量:498.73 人・mSv
- 停止時最大個人線量:3.948mSv
- 燃料取替停止時に、放射線防護の観点での関連活動の実施
  - ✓ 原子炉キャビティへの注水設計の改良
  - ✓ 静的触媒式水素再結合装置の設置
  - ✓ 原子炉格納容器フィルタベントシステムの設置

### トリヨ原子力発電所

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉…)
  - 停止期間:31 日間
  - 停止時集団線量:247.467 人・mSv
  - 停止時最大S個人線量:2.97mSv
- 組織の変化
  - 現在トレーニングを受けている新たな専門家が、将来の放射線防護の責任者となる。

### バンデリオス原子力発電所 2

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉…)
 

57 日間の停止が 1 回実施され、集団線量は 784.32 人・mSv であった。停止期間中、原子炉容器上蓋を交換した。交換作業による合計集団線量は、必要なプラント設計改良を含めて、119.842 人・mSv であった。

## BWR

### サンタ・マリアデガローニャ原子力発電所

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉…)

日程	事象	集団線量 (人・mSv)
2 月 17 日～3 月 6 日	制御棒駆動(CRD)除去および保守	14.338
9 月 3 日～12 月 30 日	MICROCEL で固定された廃棄物を含むドラムの修繕	14.106

## コフレンテス原子力発電所

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象(停止情報(回数と期間)、機器または系統の取り替え、不測の事象、新規に運転開始するプラント、最終的に停止する原子炉…)

20 回目の停止の際、原子炉再循環系(B33)及び原子炉冷却材浄化設備(G33)の化学除染を実施した。

- 停止の回数及び期間
  - 20 回目の停止
  - 48 日間
  - 損傷した燃料要素を取り替えるため、強制停止を 1 回実施した(11 日間)。
- 新規また試験的な線量低減プログラム
  - 原子炉キャビティ内で使用する防護服の改良  
個人汚染のリスクが高い特定の作業については、原子炉キャビティ内での作業員の健康状態を改善するため、通気性の良いフードを使用する。
  - 化学除染  
20 回目の停止の際、原子炉再循環系(B33)及び原子炉冷却材浄化設備(G33)の化学除染を実施した。
  - 原子炉建屋の使用済燃料プールの補助フィルター系  
20 回目の停止の際、4 つの TRINUKA ポンプを備えることで、補助フィルター系の容量を増加した。
  - 遠隔装置  
原子炉建屋の使用済燃料プールにて吸引ロボットの使用及び再循環系(B33)の内部弁の交換を行った。
  - 遠隔線量管理  
遠隔線量管理システムが、ドライウェルでの多数の作業、例えば制御棒駆動装置(CRD)の交換、局部出力領域モニタ(LPRM)の交換、中性子源領域モニタ(SRM)と中間領域モニタ(IRM)の補正、化学除染、再循環系(B33)の内部弁の交換等で使用された。
  - 高放射線区域での時間削減及び入り口からの作業管理  
IP タイプのテレビカメラによる作業管理が、ドライウェルと補助建屋の蒸気トンネル室の様々な場所で導入され、低放射線区域から放射線管理と作業監督を行うことが可能となった。さらに、燃料取替フロア及びタービンフロアにタイムラプステレビカメラを設置した。スクリーンはドライウェルの入り口で使用され、低放射線区域から機器の位置をチェックできるようにした。加えて、この機械は、作業計画段階で使用された。

- 仮設遮蔽及び遮蔽

サイトでは、プラントの様々な場所で遮蔽を行った。

- スケールモデルでの訓練

以下の作業について、スケールモデルを使用して訓練を行った:再循環系のプラグ装着、主蒸気配管への計器の装着、LPRM の抽出、CRD の交換、PRM コンジットの清掃。

- 組織の変化

2016 年 1 月に PR サービス部長が交代となり、Amparo Garcia Martinez 氏が着任する。

## スウェーデン

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	3	679
BWR	7	835
全種類		788
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
BWR	2	11

### 2) 2015 年主要事象

#### フォルスマルク原子力発電所

2015 年は、通常の作業が実施された。放射線作業許可 (RWP) に従い、電子ポケット線量計 (EPD) の線量警告が自動的に設定されている。このことによって、停止時の非常に低い線量が、さらに低減されることを期待する。また 2015 年は、新たな放射線防護訓練が導入され、放射線管理区域への立ち入り方や放射線管理区域内での行動について実地訓練を行った。この訓練は、スウェーデンの全ての原子力発電所の放射線管理区域で働く人々に義務づけられている。

**フォルスマルク 1 号機:** 原子炉系において、予測より広範囲で弁の修理作業が発生したため、停止中の集団線量が予想より高くなった。また、ケーブル取替の際に原子炉格納容器に立ち入ったため、予想よりも高い線量となった。原子炉格納容器の加圧中に、移動式炉心内計装で作業を行ったため、予期せぬ汚染拡大に繋がった。停止期間は、計画の 31 日間に対し、41 日間続いた。計画外に 1 週間延長した理由は、春に原子炉冷却材浄化系で漏えいがあったためである。

**フォルスマルク 2 号機:** 原子炉冷却材浄化系での広範囲な修理作業 (1 号機の計画外停止を引き起こした問題と同様) により、停止中の集団線量が計画よりもわずかに高くなり、停止期間も長引いた。いくつかの原子炉系の線量率は、2012 年の除染前に比べて未だ高く、上昇傾向にある。原因は異なるが、フォルスマルク 1 号機と同様に、移動式炉心内計装での作業により、予期せぬ汚染の拡大に繋がった。停止期間は、計画の 15 日に対し、27 日間続いた。

**フォルスマルク 3 号機:** 春に発生した燃料漏れによる、1 週間の強制停止がおこなわれた。原子炉圧力容器の上蓋を開けた際、炉室の空気中のヨウ素含有量が予測よりも高く、その後数日間も非常に高いレベルを維持していた。これにより、一名が内部汚染を受けた。

計画停止中の主な改良点は、発電機の取替である。この作業により、停止期間が計画の 46 日から 142 日に延長した。しかし、この作業による線量は、集団線量の微々たる一部でしかなかった。原子炉系の弁の修理作業は、予測よりも広範囲となり、計画されていた停止時集団線量よりも高くなった。

### バーセベック原子力発電所

解体方法の選択の評価－研究開発プロジェクトに加え、国際的な経験を積むことを通し、様々な方法の評価に引き続き取り組んでいる。評価には、ALARA 原則を考慮している。

ビジネス活動－原子炉系の除染により、原子炉建屋の大部分の線量率が低くなった。つまり、原子炉が原子力産業における訓練や試験の場に適していると言える。

### リングハルス原子力発電所

過去数年間と同様に、2015 年の被ばく線量の主因は、最新化、寿命延長、規制当局からの要求等の大きなプロジェクトである。

ソースターム管理による線量は全ての原子炉において微減傾向にあるが、ソースターム研究及びアンチモン、銀、コバルトといった線量の原因の傾向分析は続ける。

2015 年のリングハルスの集団線量は 3.0 人・Sv であり、直近 3 年間における年間集団線量と同等である。2015 年は 10 人が 10mSv 以上の線量を受けた。関係者のほぼ全員が、リングハルス 2 号機の PH/SP(代替給水)プロジェクトの作業中に、10mSv 以上の線量を受けた。

2015 年の経験に基づき、RP 部は停止期間に対する新たなアプローチをとっている。この新たなアプローチは、新たな役割を伴って 2016 年に開始され、リングハルス独自の放射線防護スタッフが、RP の請負業者から RP に関する作業の運営管理を引き継ぐこととなった。この変化は非常に前向きに捉えられており、パフォーマンスと安全文化の両面を強化するだろう。

放射線防護部は数年間にわたり、出口モニター(プレモニターと最終モニター)での汚染事象のフォローアップに取り組んできた。この方策は良い結果を生み出しており、頻繁なモニタリングを開始してから、線量は下降傾向にある。2016 年のプレモニターの目標値は、0.8%と 0.3%に下げられた(元は 1.0%と 0.5%)。

リングハルスが放出する放射性物質の量は非常に少ない。決定グループの放射線量を、2002 年に SSI(当局)に承認されたモデルを使用して計算したところ、2015 年は 0.3 $\mu$ Sv であった。これは、放出制限値の 200 分の 1 を下回っており、自然バックグラウンド放射線の 1000 分の 1 を遙かに下回る数値である。

リングハルス 1 及び 2 号機の最終的な停止が早期化することが決定したが、それには放射線防護の専門知識、利用可能な資源、とりわけ安全分野といった特定の分野を特に重視する必要がある。

## オスカーシャム原子力発電所

2015年、OKG社の放射線防護組織は、高線量作業の「ジョブローテーション」を推し進めた。

効率的な原子炉系の除染が、PLEX計画のため、オスカーシャム2号機で実施された。また、オスカーシャム2号機は2013年中盤から停止した(そのため、ソースタームが低減した)ため、線量の結果にプラスの影響を与えた。

一年を通し、清潔な原子炉系の状態を最適化するため、異物混入防止(FME)に重点が置かれた。これは、原子炉ホールへのFMEゾーンの設置と、大規模なシステムの再構築により達成した。スタッフが、原子炉系が清潔であることの重要性について明確な理解が確立できるよう、トレーニングをおこなった。重要性の強化と、直接的な責任を負うことを目的として、FME技術サービス組織が設立された。

線量計画モデルと部署毎の集団線量目標は、現在開発中である。

2015年、オスカーシャム2号機が、PLEX計画による改良工事が完了した後も再稼働しないこと、またオスカーシャム1号機は2017年半ばに最終的に停止されることが決定された。この決定に基づき、組織に関する研究と分析、及びOKG社が生産運営、サービス運営、廃止措置活動を管理する必要があるという事実に関する研究と分析が行われてきた。

2015年は、放射線防護分野の発展と改善にも重きを置いていた。放射線防護支援を強化するための取り組みの一環として、放射線コーチングサービスを実施した。

トレーニング活動が発展し、2015年1月には防護、安全、放射線防護に関する産業トレーニングが発足し、以来順調に機能している。

放射線源の取り扱い要件に関する理解を深めるため、情報会合やワークショップを開催するなどの方策が取られた。

2015年は、放射性物質を非放射性物質として放出するための取り組みを行った。この取り組みには、放射性物質の取り扱い支援もふくまれている。年末には、2016年に実施される正式な視察に先立ち、「放射性物質放出の分類」活動に対する内部フォローアップ監査が行われた。

2015年、OKG社は引き続き当局(SSM)の特別監視下に置かれた。

### 3) 当局からの報告

現在スウェーデン放射線安全庁(SSM)は、新たな放射線防護法の草案作成と、その法律をサポートするための放射線防護法的枠組のセットを作成するべく取り組んでいる。放射線安全、放射線防護、核セキュリティと保障措置に関する規制は、2018年に制定される予定である。

SSMは、2016年～2020年間に停止される4基の原子炉の廃止措置計画を積極的に支援し、運転中の原子炉については通常の検査を実施している。

## スイス

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	3	573
BWR	2	1,234

### 2) 2015 年主要事象

#### - 国内測定傾向に影響を及ぼした事象

##### ベツナウ原子力発電所

2015 年は長期停止があったため、両ユニットの集団線量は共に 1,277 人・mSv(約 2,000 人)となった。体内への取り込みは検知されなかった(検出値はコバルト 60 で 1,000Bq)。個人線量の最高値は 10.7mSv であった。52 名の個人線量は、5 mSv～10 mSv であった。個人線量が 10mSv を超えたのは 2 名であった。

1 号機では、3 月 13 日に停止が開始され、以下の大規模なプロジェクトが実施された:

- a) 原子炉容器のクロージャーヘッドの交換
- b) 原子炉容器の非破壊試験
- c) クロスオーバーレグの非破壊試験
- d) 原子炉格納容器の換気冷却系の交換
- e) 非常用封水系の統合
- f) 非常用自立型電源装置の統合

原子炉容器における所見から、バッキング材の高度な調査と分析を行う必要がある。複数の国際専門家グループが、AXPO 社とスイス連邦原子力安全検査局(ENSI)により組織された。2016 年末には、送配電網に再接続される計画である。

1 号機の表面汚染の  $\beta$  線/ $\alpha$  線の割合は、過去 2～3 年で減少している。この  $\beta$  線/ $\alpha$  線の割合は、桁違いに変化する。この新たな状況により、放射線防護部は課題に直面している。

2 号機は、8 月 13 日から停止している。送配電網への再接続が、計画通り 12 月 23 日に実施された。2 号機も 1 号機に続き、同様の停止計画で、同様のプロジェクトを実施した。

2 号機の原子炉容器では、1 号機のような所見は無かった。

##### ゲスゲン原子力発電所

停止により、集団線量が 401 人・mSv となった。体内への取り込みはなく、年間個人線量の最高値は 8.4mSv であった。2005 年に Zn-64 の注入が開始されたことで、一次回路の平均線量

率が低下し、約 62%となった。一年ごとの低下率は、7%程度である。

#### ライブシュタット原子力発電所

2015 年の停止時線量は 1,189 人・mSv であり、線量目標の合理的な範囲内(1,150 人・mSv)に収まっていた。わずかに目標値を超過した主因は、原子炉建屋クレーンが、原子炉圧力容器の蓋をつり下げている時に故障したためである。ソフトシャットダウンの採用や、運転の最適化により、残留熱除去系(RHR)における線量が 2 分の 1 にまで減少した。タービン/発電機エリアにおける潤滑油の機能不全により、2 度の強制停止があったが、放射線防護には影響は無かった。

#### ミューレベルク原子力発電所

ミューレベルク原子力発電所(KKM)は、以下の特別な作業を伴う通常停止を実施し、計画通りの 710 人・mSv であった(体内への取り込み無し。個人線量の最高値は 7.6mSv): サプレッションチェンバ(トーラス室)のクリーニングと廃棄物処理、ドライウエルの広範囲における非破壊試験、及びドライウエルの総合漏えい率試験。この停止では、炉室のクレーンの修理も行われた(廃止措置に向けた計画停止の 4 年前にあたる)。

### 3) 当局からの報告

基本的にスイス連邦原子力安全検査局(ENSI)は、原子力事業者の放射線防護計画が高水準であるため、集団線量が概して予測数値と一致しているものと認識している。

ENSI は、放射線関連データに対する公衆の興味が高まっていることを認識し、多数の新しいコンセプトを取り入れている。その特色は、2015 年に開始された原子力発電所による月刊報告が、オンラインで入手可能な点である。原子力発電所近辺における自動線量率観測網(MADUK)のデータについても、新たな展開があった。1994 年からの平均線量を、10 分、1 時間、1 日単位で見ることが可能となった。本報告書の特別章では、利害関係者からの要望として定期的に議題に上る、C-14 の放出について取り扱う。

## ウクライナ

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
VVER	15	620

2015 年の 1 基あたりの線量率は、2014 年よりも悪化した。共通する理由としては、ザポロジェ原子力発電所 2 及び 5 号機と、ロブノ原子力発電所の全ユニット(4 号機の総分解点検停止を含む)における放射線作業の期間と範囲が、昨年よりも拡大したことが挙げられる。今回の線量率の悪化は、南ウクライナ原子力発電所 2 号機の寿命を本来の設計より延長するため、広範にわたる修復作業が行われたこと、またその作業に請負業者の作業員が多数関わったことが影響している。

## 英国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	1	50.91
GCR	14 <sup>(1)</sup>	66.58
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
GCR	20 <sup>(2)</sup>	90.2

#### 注記

(1) 改良型ガス冷却炉 14 基

(2) マグノックス炉 20 基

### 2) 2015 年主要事象

大多数の改良型ガス冷却炉 (AGR) の年間集団線量は低く、20～40 人・mSv の範囲内であった。例外として、ヒンクリー・ポイントでは約 340 人・mSv、ハンターストーンでは約 450 人・mSv の集団線量を記録した。これら 2 つのサイトの AGR における線量は、運転に際する長期セーフティーケースをサポートするものとして、運転原子炉容器内の検査をおこなったことによるものである。

英国唯一の PWR であるサイズウェル原子力発電所 B では、2015 年は停止が行われず、よって集団線量は低かった。サイズウェル B における、乾式貯蔵施設の建設及び試運転が継続している。この乾式貯蔵施設は、サイズウェル B で想定される全ての使用済燃料を貯蔵することを目的としている。最初の使用済燃料は、2016 年晩秋に貯蔵施設に格納される予定である。

2015 年は、英国で発電する最後のマグノックス炉 (第一世代ガス冷却型原子炉) であるウィルファ原子力発電所が稼働していたが、12 月に廃止措置段階に入った。別の 2 つのサイトにおいて、燃料の取り出し完了が宣言されたため、廃止措置における燃料取り出し段階にあるのは、今やウィルファのみとなった。その他のマグノックス炉については、安全貯蔵の準備段階にある。安全貯蔵状態では、放射線レベルが自然に低下し、受動的に安全及び確実な状態となる。最初のサイトが、このような状態となるのは 2019 年を予測している。

英国では、多数の新規原子力建設が計画及び提案されている。EDF エナジー社は、ヒンクリー・ポイントとサイズウェルにツインの EPR を建設することを計画している。同様に、ホライズン・ニュークリア・パワー社は、GE 日立ニュークリア・エナジー社の改良型沸騰水型軽水炉を、ウィルファ・ネーウィズにツインで建設することを計画しており、オールドベリーでも同様の提案を行っている。ウェスチングハウス社の AP1000 をムーアサイドに 3 基建設する案も、ニュージェネレーション社コンソーシアムにより提案されている。これらの案は、英国の規制機関による包括設計審査段階にある。ヒンクリー・

ポイントに対する投資については、2016 年に EDF エナジー社が最終決定を出す見込みである。EDF 社と中国広核集団も、ブラッドウェルに 2 基の中国型 PWR を建設する案を進めることに同意した。

## 米国

### 1) 2015 年線量情報

年間集団線量		
運転中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	65	440.499
BWR	34	1,222.139
全種類	99	708.941
最終的に停止または廃止措置中の原子炉		
原子炉型式	原子炉の基数	1 基当たり及び原子炉型式別の平均年間集団線量 (人・mSv/基)
PWR	7	207.866
BWR	3	185.117

### 2) 2015 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

米国の PWR と BWR の 2015 年職業被ばく線量平均値は、運転中の 99 基の商業用原子炉において、線量低減イニシアティブを継続的に重視したことを反映するものであった。4 基の PWR は、引き続き安全貯蔵/廃止措置への以降段階にある。サン・オノフレ 2 及び 3 号機は、サイトの廃止措置への移行を加速させる予定である。クリスタルリバー及びキウォーニーは、使用済燃料プールが空になり、使用済燃料の乾式キャスク貯蔵施設への移設が完了した後、10～20 年間の安全貯蔵状態に入った。

原子炉型	基数	合計集団線量	平均線量/基
PWR	65	28,632.42 人・mSv	440.499 人・mSv/基
BRW	34	41,552.73 人・mSv	1,222.139 人・mSv/基

2015 年における 99 基の原子炉の合計集団線量は、2014 年の 71,244.6 人・mSv から減少し、70,185.15 人・mSv となった。その結果、米国の LWR の 1 基あたりの集団線量は、708.94mSv/基となり、2014 年 (742.13 人・mSv/基) から 4.6% 減少した。

2015 年は、PRW のサイトで 2 名が 20～30mSv の放射線を受けた。

#### 米国の PWR

2015 年の米国における PWR の合計集団線量は、運転中の 65 基の PWR で 28,632.42 人・mSv であった。2015 年の PWR の合計集団線量は、2014 年の 33,263.97 人・mSv から 14% 減少している。2015 年の PRW1 基当たりの平均集団線量は、440.499 人・mSv/基であった。米国の PWR の燃料取替サイクルは、通常 18 ヶ月である。このサイクルにより、例えば 2013 年、2016 年及び 2019 年のような特定の年における燃料取替停止の回数を減らすことができる。

2015 年は、以下の PWR サイトにて、平均集団線量 100 人・mSv 未満を達成した。

- キャラウェイ 32.8 人・mSv
- デービスベッセ 9.9 人・mSv

## 米国の BWR

2015 年の米国における BWR の合計集団線量は、34 基の BWR で 41,552.73 人・mSv であった。2015 年の BWR の合計集団線量は、2014 年の 33,363.97 人・mSv から 20%増加している。2015 年の BWR1 基あたりの平均集団線量は、1,222 人・mSv/基であった。

米国のほとんどの BWR の燃料取替サイクルは、24 ヶ月である。米国における 2015 年の BWR の最高線量値は、ラサールの 5,016.66 人・mSv であった。米国の BWR は、パイプ内クラッドの放射線レベルが高いことと、2015 年に行われた出力増強により、職業線量の課題に直面している。

### - 新規に運転開始するプラント/停止するプラント

TVA 社のウェスチングハウス社製アイスコンデンサ型炉であるワッツ・バー2 号機は、2016 年に商用運転を開始した。サザン社は、ジョージア州ボーグル原子力発電所に、引き続き 2 基の新たな PWR の建設を行っている。サウスカロライナ・エレクトリック&ガス・カンパニー社は、ヴァージル・C・サマー原子力発電所に、2 基の新たな PWR を建設中である。これらの原子炉が完成し、もし他サイトで永久停止が生じなければ、近い将来、米国の運転中原子炉の数は 104 基となる予定である。

シカゴ北部のミシガン湖に面するザイオン 1 及び 2 号機は、2010 年に廃止措置を開始した。エナジーソリューション社が、ザイオン原子力発電所の廃止措置を行っている。バーモントヤンキー、キウオーニー、サン・オノフレ 2 及び 3 号機、クリスタルリバーは、2013 年～2014 年の間に廃止措置段階に移行した。

バーモントヤンキー原子力発電所は、1,912 MWt の BWR で、1972 年に運転を開始した。本原子炉は、2014 年 12 月 29 日に永久停止した。核燃料は、2015 年 1 月 12 日に取り出された。発電所の所有者であるエンタジー社によると、全ての使用済燃料が乾式キャスク貯蔵施設に格納され、同社がサイトを完全に廃止する準備が整うまでは、プラントは安全貯蔵状態に置かれる。許認可は、2073 年までに終了となる予定である。

キウオーニー原子力発電所は 1772MWt の PWR で、1974 年 6 月 16 日に運転が開始された。本原子炉は 2013 年 5 月に永久停止された。使用済燃料は、2013 年 5 月 14 日に原子炉から永久に取り出され、2017 年 6 月 15 日までは乾式キャスク貯蔵施設に格納される予定である。プラントは、所有者であるドミニオン・パワー社がサイトを完全に廃止する準備が整うまで、安全貯蔵状態に置かれる予定である。許認可は、2073 年までに終了となる予定である。

その他の更新情報: シンプルプラグから、全てのインコネルスプリングを除去することに成功し (GTCC)、そのスプリングは原子炉格納容器内の小さな遮蔽容器に格納されている。TN-RAM に、照射されたハードウェア、炉外検出器、遠隔操作クラスタ形制御棒 (RCCA) を格納し、2017

年 10 月 23 日に埋設のためテキサス州の WCS 社に輸送した。カナル内の小さいラックを 2 台取り出して袋詰めし、来週エナジーソリューション社(テネシー州ベアクリークの施設)に輸送される予定である。すでに大きいラックからは全ての据付ボルトが取り外されたため、一週間に 2～3 台ずつのラックを輸送できれば、年末までに作業が完了できると考えられる。

CR3 として知られるクリスタルリバー原子力発電所は、1977 年 3 月 13 日に運転が開始され、1977 年～2009 年までの間に、平均 860 メガワットの電力を発電した。CR3 は、2009 年 10 月 26 日に停止され、燃料取替/主要部品の交換のための停止期間に入ったが、再稼働されることはなかった。デューク・エナジー社は本プラントについて、原子炉格納建造物で初となる修理を行うことなく、2013 年 2 月 5 日でリタイアさせることが決定した旨を発表した。CR3 は廃止措置として安全貯蔵を選択し、2019 年半ばまでに最低限のスタッフで完全な安全貯蔵状態に移行しようとしている。現在、使用済燃料は独立使用済燃料貯蔵施設の乾式キャスク貯蔵施設に移されつつあり、2018 年 1 月までには移行が完了する予定である。使用済燃料プールにおける燃料以外の全ての部品、例えば使用済フィルター、照射されたハードウェア、空になった使用済み燃料ラックが 2018 年 2 月から取り出され始め、同年 5 月には完全に一扫される予定である。その他の原子炉系統、例えばプラントへの全ての電力供給装置、全ての消火系統、全ての内部放射線モニタリング系統、空になった使用済燃料プールについても、安全貯蔵に入る前に廃棄が進められている。CR3 の最終安全解析書(FSAR)に記載する放射能フットプリントを、4300 エーカー超から、プラント周辺の必要な箇所だけに絞るプロセスを開始した。そのプロセスにおいて、4 基の石炭発電所、石炭たい積山、灰、石膏工場を除外した。

#### - 主な展開

4 基の PWR が、引き続き廃止措置への移行段階にある。米国において、安全貯蔵状態もしくは廃止措置段階にあるユニットの中から選ばれたユニットにおける 2015 年の集団線量は、(2014 年と比較して)以下のとおりである：

サイト	2014 年	2015 年
• クリスタルリバー	6.96 人・mSv	7.00 人・mSv
• サン・オノフレ 2 及び 3 号機	13.69 人・mSv	12.02 人・mSv
• キウオーニー	19.64 人・mSv	43.91 人・mSv
• フンボルトベイ	123.81 人・mSv	43.91 人・mSv
• ザイオン 1 及び 2 号機	787.30 人・mSv	1,426.05 人・mSv

- 安全関連問題

運転開始から 40 年以上経過する数基の PWR について、原子炉容器の炉心バレルのバッフルボルトを全面的に検査した。セーレム 1 号機では 190 本、インディアンポイント 2 号機では 278 本のバッフルボルトが交換された。これは、燃料交換のための計画停止中に、突発作業範囲として行われた。

- 新規又は試験的な線量低減プログラム

多数の RPM が、ミシガン大学で開発された H3D CZT 検出システムを実施している。このシステムでは、プラント内の部品やパイプの 3D 個別同位体マッピングが実現している。仮説遮蔽が充分であることの検証や、その他の放射線防護用途において、新たな ALARA ツールが効果的であることが分かった。

### 2015 年の主要作業に関する技術計画

2015 年、米国の事業者は FLEX 設備及びプログラムを十分に活用した。万一原子炉事故が発生した場合に役立つよう、2 つの地域 FLEX センターが、テネシー州メンフィス及びアリゾナ州フェニックスに設立された。両サイトとも耐震性認定された建物の中に、FLEX 設備の在庫を少量保持している。

PWR では、引き続きプラントの配管に MSIP 処理(溶接残留応力低減のために、配管を締め付ける)を行っている。また PWR では、ホウ酸漏れの修復も、引き続き重要視されている。

2015 年はラサール(BWR)で、配管内及び原子炉キャビティ内の CRUD の低減を目的とした、大規模なソースターム軽減イニシアティブが発足した。

米国の原子力群及びアライアンスは、原子力群/アライアンス全体における RP 手順及び政策を標準化させることで、RP 運用の効率を上げ、各地で行われる RP 技術の混乱を最小限に抑えている。

早期に安全貯蔵/廃止措置への移行を検討する単一ユニットの原子力発電所が著しく増加したことにより、米国の原子力関連シニアマネージャーらは、原子力発電所の運転の効率向上や、運転コストの削減を目指すプログラムを立ち上げた。天然ガスの価格が低く、風力発電が米国の送配電網に電力を送るようになったことで、いくつかの事業者では原子力発電所を運転するもあたって、経済的な圧力が掛かるようになった。ニューヨーク州議会は、州知事の支持を受け、フィッツパトリック原子力発電所と Ginna 原子力発電所について、再生可能な無炭素エネルギーを供給しているとして評価し、運転を継続する法律を通させた。

2015 年も、引き続き使用済燃料体を乾式キャスクに格納した。BWR では、引き続き原子炉の上方内部のドライヤーの交換を行った。

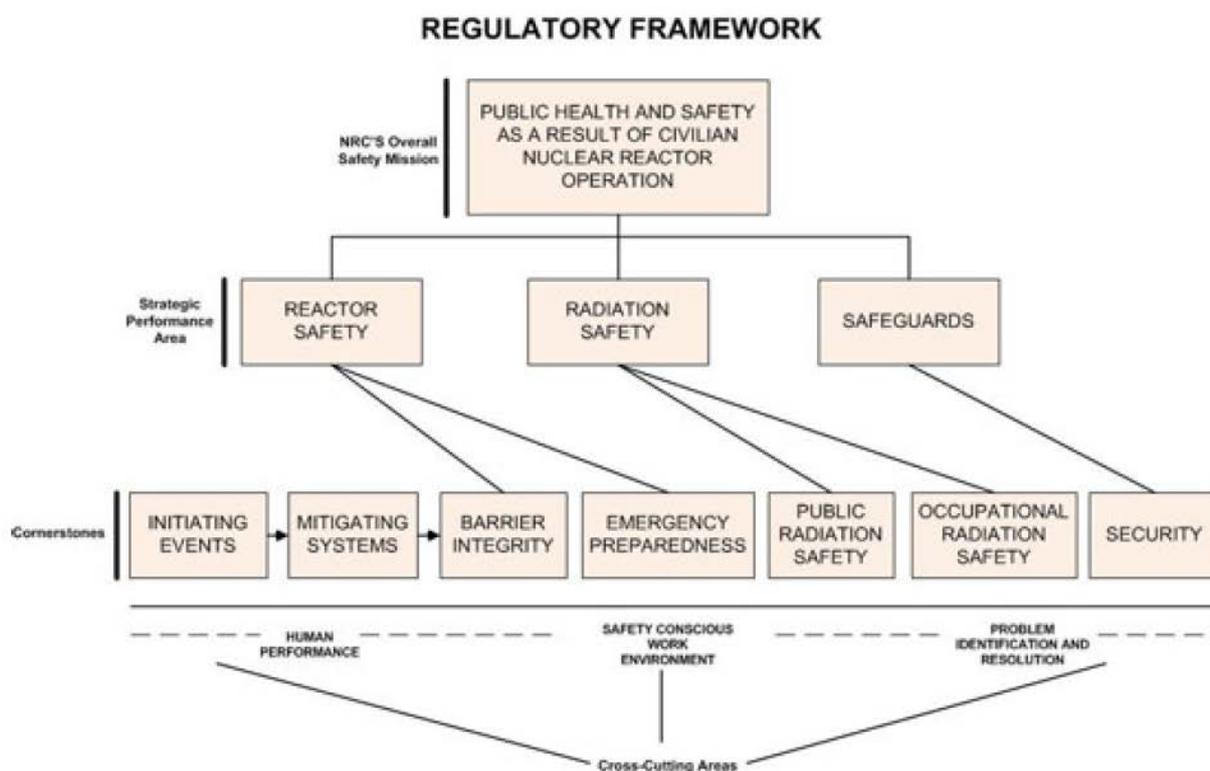
2015 年のザイオン 1 及び 2 号機では、汚染された設備のほとんどが取り出された。タービン建屋と原子炉格納建造物は、2016 年に取り壊される。

## 2015 年の主要作業に関する規制計画

### NRC による原子炉監視プログラム－規制枠組み

米国原子力規制委員会(NRC)による、原子炉監視のための規制枠組みは以下の図が示す通りである。これは、プラントの安全を確実なものとするための、段階的なリスクインフォームドアプローチである。本アプローチには、3つの主要な戦略的パフォーマンス分野である原子炉安全、放射線安全及び保障措置がある。それぞれの分野は、原子力発電所の運転に必要な不可欠な安全面を表すコーナーストーンである。事業者が、これらのコーナーストーンに対して十分なパフォーマンスを行うことで、発電所の安全性は合理的に保証され、その上 NRC の安全ミッションも達成されつつある。

この枠組みの中で、NRC による原子炉監視プロセスは、事業者のパフォーマンスに関する情報収集や情報の安全上の重要性の評価、また事業者と NRC が適切な対応を行うための手段となっている。NRC はプラントのパフォーマンスを、2つの異なるデータを分析することで評価している。それは、NRC の検査プログラムの結果から分かる所見と、事業者が報告するパフォーマンス指標 (PI) である。



### 職業放射線安全のコーナーストーンと、2015 年の結果

職業放射線安全－このコーナーストーンの目的は、民間原子炉の日常的な運転に際し、従業員の健康の十分な保護、及び放射性物質による放射線への被ばくからの安全を確実なものとすることである。こうした被ばくは、管理不足や無管理状態の放射線区域や、作業員を不必要に被ばくさせる放射性物質が原因の可能性がある。事業者は、該当する規制限度や ALARA ガイドラインを守ることで、従業員保護を維持することができる。

検査手順－職業放射線安全のコーナーストーンの検査手順には、5つの添付書類がある。

- IP71124 放射線防護－公衆及び職業
- IP71124.01 放射線障害評価及び被ばく管理
- IP71124.02 職業ALARA計画及び管理
- IP71124.03 プラント内の気中放射能管理及び低減
- IP71124.04 職業線量評価
- IP71124.05 放射線モニタリング計装

職業被ばく管理の有効性－本コーナーストーンのパフォーマンス指標は、下記の合計である：

- 技術仕様上の高線量区域の発生回数
- 高高線量区域の発生回数
- 意図しない被ばくの発生回数

職業放射線安全指標	閾値		
	(白)	(黄)	(赤)
職業放射線安全指標	規制当局が対応の場合あり	規制当局の対応を要する	パフォーマンスが非常に悪く、許認不可
職業被ばく管理の有効性	> 2	> 5	N/A

閾値を超えないユニットは、緑認定もしくは所見無しとされる。直近の ROP パフォーマンス指標所見は、[http://www.nrc.gov/NRR/OVERSIGHT/ASSESS/pi\\_summary.html](http://www.nrc.gov/NRR/OVERSIGHT/ASSESS/pi_summary.html) を参照。追加的な予備情報は、<http://www.nrc.gov/reactors/operating/oversight/rop-description.html> の Detailed ROP Description ページを参照。

## 4. ISOE 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、その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している。ISOE シンポジウム、ISOE ネットワーク及び技術的視察の組み合わせによって、放射線防護専門家が会合し、情報を共有し、ISOE 地域間の連携を構築し、職業被ばく管理に対する世界的なアプローチを構築する手段が提供されている。本セクションでは、2015 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 ISOE ALARA シンポジウム

#### ISOE 国際 ALARA シンポジウム

2015 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウムは、2 放射線防護・測定研究所 (IRD) 及びブラジル放射線防護協会の協力と、エレクトロ・ニュークリア社の支援の下、IAEA 技術センターによって 2015 年 5 月 26 日～28 日にブラジル・リオデジャネイロにおいて開催された。メンバー 13 カ国と非メンバー国 2 カ国、国際機関、及び全 ISOE 技術センターから合計 70 名の参加があった。参加技術センターにより、3 本の優秀論文が選出された：

- 「アングラNPSのALARAプログラムに沿ったALARA計画及び管理 (*ALARA Planning and Controls According the Angra NPS ALARA Program*) 」 W. Alves, Ferreira, L. Teixeira Marcos, Angra NPP, Brazil
- 「Ag-110m汚染の管理と処理に関するEDFのフィードバック (*EDF Feedback on the Management and the Treatment of Ag-110m Contamination*) 」M. Benfarah, EDF SEPTEN, France
- 「原子力発電所の廃止措置段階におけるRPパフォーマンスの向上に際し、研究開発をどのように役立てることができるか? (*How R&D may help to improve RP performance at the decommissioning stage of nuclear power plant?*)」 G. Laurent (EDF CIDEN), L. Vaillant (CEPN), France

シンポジウムに関連して、参加者らはアングラ原子力発電所での技術的視察に参加した。

#### ISOE 地域 ALARA シンポジウム

##### 北米シンポジウム

2015 年 ISOE 北米 ALARA シンポジウムは、NATC により、2015 年 1 月 12 日～14 日、米国フォートローダーデールにて開催された。7 カ国から、合計 135 人が参加した。シンポジウムでは、テクニカル・エキシビション、ソースターム測定に関する強化訓練コース、地域 RPM と規制当局の会合が実施された。クアドシティーズ原子力発電所と、論文「クアドシティーズ原子力発電所における線量低減の成果 (*Quad Cities Generating Station Dose Reduction Achievements*)」の著者である Dan Collins 氏が、2014 年ワールドクラス ALARA パフォーマンス賞を受賞した。参加技術センターにより、2 本の優秀論文が選出された：

- 「リメリック原子力発電所におけるサプレッションプールでの潜水時の線量低減 (*Suppression*

*Pool Diving Dose Reductions at Limerick Generating Station*)」T. Mscisz, Limerick NPP, USA

- 「ロビンソン原子力発電所の乾式遮蔽容器キャンペーンにおけるALARA側面 (*ALARA Aspects of DSC Campaign at Robinson*)」S. Hall, Robinson NPP, USA

ISOE データ分析ワーキング・グループ (WGDA) は、2015 年 1 月 11 日にシンポジウムに先立ち実施された。

#### アジアシンポジウム

2015 年アジア ALARA シンポジウムは、IAEA 及び NEA の共同出資の下、アジア技術センター及び原子力安全研究協会 (NSRA) によって、2015 年 9 月 11 日に東京にて実施された。シンポジウムでは、日本原燃への技術的視察も行った。参加技術センターにより、2 本の優秀論文が選出された。

- 「福島第一原子力発電所における労働環境の改善 (*Improvement of the labor environment at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*)」Y. Nishida, Tokyo Electric Power Company, Japan
- 「放射線被ばくを低減させるための IDIS (統合廃水情報システム) の開発 (*Development of IDIS (Integrated Drain Information System) for reducing radiation exposure*)」D.-U. Kim, Shin-Kori NPP #2 (unit 3&4), South Korea

シンポジウムに関連して、参加者らは日本原燃株式会社の施設での技術的視察に参加した。

それぞれのシンポジウムの議事録及び結論は、ISOE ネットワークで入手可能である。

#### 4.2 ISOE ウェブサイト ([www.isoe-network.net](http://www.isoe-network.net))

ISOE ネットワークとは、線量低減と ALARA 資源に関する ISOE 参加者のための包括的な情報交換ウェブサイトであり、シンプルなウェブ・ブラウザ・インターフェースを通じて、ISOE リソースに迅速かつ統合的にアクセスすることができる。このネットワークには、公開情報とメンバー限定情報の両方が含まれている。参加者は、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、ISOE 職業被ばくデータベースへのオンライン・アクセスなど、広範かつ拡大し続ける ALARA リソースへのアクセスが可能となる。

#### 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、ISOE 参加者は ISOE ネットワークを通じ、ISOE 職業被ばくデータベースにアクセスできるようになっている。

2011 年には、データベース上の原子炉の状況を修正することとなった。現状の状況は 3 件のみ維持されることとなった。そのうち 2 件は運転中の原子炉 (運転前及び運転中) で、1 件は停止された原子炉 (廃止措置) である。原子炉の廃止措置については、3 つの段階が定義されている。それは、永久停止、安全貯蔵、廃止措置活動である。

2005 年以来、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。予め設定された解析の主要カテゴリーには、以下が含まれる。

- ユニット・レベルでのベンチマーキング
- 年間合計集団線量
- 1基当たりの平均年間集団線量
- 1基当たりの集団線量の移動平均
- 発電したエネルギー当たりの年間集団線量
- 原子炉ユニットのランキング
- 1/4スケール・ランキング
- 合計停止時集団線量
- 1基当たりの平均停止時集団線量
- 任務中の集団線量
- 原子炉ユニット数の傾向
- 線量率
- さまざまなクエリー

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、ユーザーはローカルで印刷や保存を行い、利用または参照することができる。引き続き、「バグ」の修正とユーザー・インターフェースの改善が行われ、2015年にはMADRASで2つの新たな解析が行われた。

### **RP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RPライブラリーは、ISOEメンバーにISOEとALARAソースの総合カタログを提供し、放射線防護専門家の職業被ばく管理を支援するものである。RP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、議事録などが含まれている。2015年には、以下の種類の文書が入手可能となった。

- ベンチマーキング報告書
- RP経験報告書
- RP管理文書
- プラント情報関連文書
- 訓練文書
- ISOE 2アンケート
- ISOE 3報告書
- PRフォーラムの統合
- ソースターム管理文書
- シビアアクシデントマネジメント文書
- キャビティ除染文書

## **RPフォーラム**

登録されたISOEユーザーは、RPライブラリーに加えて、RPフォーラムにもアクセスすることが可能であり、ネットワーク内のユーザーに対して職業放射線防護に関する質問、コメント、その他の情報を提出できるようになっている。このフォーラムには、全メンバーが含まれる共通のユーザー・グループに加え、専門的な規制者グループと一般電気事業者グループが置かれている。RP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の検索エンジンで検索可能なため、入力された情報の潜在的な利用者が拡大している。

### **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に、ISOEプログラムは、4つの技術センター地域において、参加電気事業者間の自発的なサイト・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る。これらの視察の目的は、受け入れ発電所における良好な放射線防護慣行を特定し、その情報を訪問側の発電所と直接共有することである。ISOEの下でのこうした視察の要請及び受け入れは、電気事業者と技術センターの自主性に基づいており、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（電気事業者や当局としての立場に応じて）入手できるようにして、ISOE内における当該情報の広範な普及を促進している。2015年に実施された視察の重点事項を以下にまとめる。

#### **ETCの企画によるベンチマーキング視察**

2015年には、ETCがフランスの電気事業者EDFのために、二度のベンチマーキング視察を企画した。その際、ISOE/ETCのリソースを利用するのではなく、ISOEのコネクションを利用した。

最初の視察は2015年8月31日～9月4日にかけて、スウェーデンのリングハルス原子力発電所にて実施された。

以下の主なトピックについて討議された。

- 放射線防護組織
- SGR
- PZR交換
- ソースターム管理

二度目の視察は、2015年11月4日～5日にかけて、ドイツのフィリップスブルク原子力発電所にて実施された。

以下の主なトピックについて討議された。

- 放射線防護組織
- 訓練
- 放射線防護パフォーマンス指標
- プロセスの最適化

## NATCの企画によるベンチマーキング視察

NATCによって実施されたベンチマーキング視察は以下のとおりである。

- 2015年10月：ラサール、リバーバンド、クックのRP管理者らは、作業員の線量低減と運転の経験について討議し、ブルース3～8号機の改修計画を支援する目的で、ブルース・パワー社CANDU炉の放射線管理をベンチマーク視察した。
- 2015年7月：パロベルデが、グラブリース原子力発電所(フランス)及びEDF本社をベンチマーク視察した。
- 2015年3月：東京電力が、パロベルデのRP汚染管理と線量管理をベンチマーク視察した。(報告は保留)
- 2015年1月：NATCの「スーパー・エンジニア」プログラムが、ラサール原子力発電所を視察した。(報告は保留)

## 4.4 ISOE 管理

### ISOE 管理及びプログラム活動

ISOEプログラムの全般的な運用の一環として、進行中の技術及び運営に関する会議が、2015年全体を通して以下のとおり開催された。

ISOE会合	日程
ISOE事務局	2015年5月及び11月
データ分析ワーキング・グループ	2015年5月及び11月
第24回ISOE運営委員会会議	2015年11月
原子力発電所の廃止措置活動における放射線防護に関するワーキング・グループ	2015年6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き、2015 年の年次会議で ISOE プログラムの進捗状況を検討し、2016 年の作業プログラムを承認した。2015 年中頃に開催された ISOE 事務局会議では、2015 年の ISOE 活動状況、ISOE 規約の更新状況、及び ISOE 年次セッション 2015 の計画に重点が置かれた。

### ISOE データ分析ワーキング・グループ(WGDA)

データ分析ワーキング・グループ(WGDA)は 2015 年 5 月と 11 月に会合を開催し、ISOE データベースの統合性、完全性及び適時性、並びに予め決定された新 MADRAS クエリーの実施など、ISOE データ集積及び解析の向上のための選択肢に、引き続き重点を置いた。

### ISOE 原子力発電所の廃止措置活動における放射線防護に関するワーキング・グループ(WGDECOM)

2014 年 11 月に ISOE 運営委員会が決定した通り、WGDECOM の規則が NEA 事務局によって作成さ

れ、2015年1月30日に公表された。WGDECOMの非公式なキックオフ会合が2015年5月29日にブラジルのリオデジャネイロで開催され、4名のWGDECOMメンバー(ブラジル、カナダ、フランス、韓国)、ISOE議長及び副議長、WGDA議長、ETC代表1名、NEA/IAEA合同事務局及び1名のオブザーバー(韓国)が参加した。

WGDECOMの目的は、廃止措置段階もしくは廃止措置の準備段階にある原子力発電所に向けてRPの実用データと経験を更に共有するべく、専門家がISOEプログラム内でプロセスを開発するためのフォーラムを提供することである。ワーキング・グループは、ISOE運営委員会が提案し認識された全ての作業を管理し、ISOEプログラムに対して定期的にその作業状況を報告することとなる。

2015年、WGDECOMは、廃止措置の国際協力プロジェクト(CPD)との合同トピックセッションにも参加した。ブラジルでの最初の非公式会合に続き、2015年6月及び10月には正式なWGDECOMが開催され、原子力発電所の廃止措置活動におけるRPの側面に、引き続き重きを置いている。

*Annex 1*

**STATUS OF ISOE PARTICIPATION UNDER THE RENEWED ISOE TERMS AND  
CONDITIONS (2012-2015)**

*Note: This annex provides the status of ISOE official participation as of 1 January 2016*

**Officially Participating Utilities: Operating reactors**

Country	Utility <sup>1</sup>	Plant name	
Armenia, Republic of	Armenian Nuclear Power Plant (CJSC)	Medzamor 2	
Belgium	Electrabel (GDF- SUEZ)	Doel 1, 2, 3, 4	Tihange 1, 2, 3
Brazil	Electrobras Eletronuclear S.A.	Angra 1, 2	
Bulgaria	Kozloduy NPP Plc.	Kozloduy 5, 6	
Canada	Bruce Power	Bruce A1, A2, A3, A4	Bruce B5, B6, B7, B8
	New Brunswick Electric Power Commission	Point Lepreau	
	Ontario Power Generation	Darlington 1, 2, 3, 4 Pickering 1, 4	Pickering 5, 6, 7, 8
China	Daya Bay Nuclear Power Operations and Management Co., Ltd.	Daya Bay 1, 2 Ling Ao 1, 2, 3, 4	
	CNNC Nuclear Power Operations Management Co., Ltd.	Qinshan 1	
	CNNP Jiangsu Nuclear Power Corporation	Tianwan 1, 2	
Czech Republic	ČEZ, a. s.	Dukovany 1, 2, 3, 4 Temelin 1, 2	
Finland	Fortum Power and Heat Oy	Loviisa 1, 2	
	Teollisuuden Voima Oyj (TVO)	Olkiluoto 1, 2	
France	Électricité de France (EDF)	Bellemeville 1, 2 Blayais 1, 2, 3, 4 Bugey 2, 3, 4, 5 Cattenom 1, 2, 3, 4 Chinon B1, B2, B3, B4 Chooz B1, B2 Civaux 1, 2 Cruas 1, 2, 3, 4 Dampierre 1, 2, 3, 4 Fessenheim 1, 2	Flamanville 1, 2 Golfech 1, 2 Gravelines 1, 2, 3, 4, 5, 6 Nogent 1, 2 Paluel 1, 2, 3, 4 Penly 1, 2 Saint-Alban 1, 2 Saint Laurent B1, B2 Tricastin 1, 2, 3, 4

<sup>1</sup> Where multiple owners and/or operators are involved, only Leading Undertakings are listed / En cas de plusieurs propriétaires et/ou exploitants, seuls les principaux sont mentionnés

Germany	E.ON Kernkraft GmbH	Brokdorf Grafenrheinfeld	Grohnde Isar 2
	EnBW Kernkraft GmbH	Philippsburg 2	Neckarwestheim 2
	RWE Power AG	Emsland	Gundremmingen B, C
Hungary	Magyar Villamos Művek Zrt	Paks 1, 2, 3, 4	
Japan	Chubu Electric Power Co., Inc.	Hamaoka 3, 4, 5	
	Chugoku Electric Power Co. Inc.	Shimane 1, 2	
	Hokkaido Electric Power Co. Inc.	Tomari 1, 2, 3	
	Hokuriku Electric Power Co.	Shika 1, 2	
	Japan Atomic Power Co.	Tokai 2	Tsuruga 1, 2
	Kansai Electric Power Co., Inc.	Mihama 1, 2, 3 Ohi 1, 2, 3, 4	Takahama 1, 2, 3, 4
	Kyushu Electric Power Co., Inc.	Genkai 1, 2, 3, 4	Sendai 1, 2
	Shikoku Electric Power Co., Inc.	Ikata 1, 2, 3	
	Tohoku Electric Power Co., Inc.	Higashidori 1	Onagawa 1, 2, 3
	Tokyo Electric Power Co.	Fukushima Daini 1, 2, 3, 4	Kashiwazaki Kariwa 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Korea	Korean Hydro and Nuclear Power Co. Ltd. (KHNP)	Hanbit 1, 2, 3, 4, 5, 6 Hanul 1, 2, 3, 4, 5, 6 Kori 1, 2, 3, 4	Shin-Kori 1, 2 Shin-Wolsong 1, 2 Wolsong 1, 2, 3, 4
Mexico	Comision Federal de Electricidad	Laguna Verde 1, 2	
Netherlands	E.P.Z.	Borssele	
Pakistan	Pakistan Atomic Energy Commission (PAEC)	Chasnupp 1, 2	Kanupp
Romania	Societatea Nationala "Nuclearelectrica" S.A.	Cernavoda 1, 2	
Russian Federation	Rosenergoatom Concern OJSC	Balokovo 1, 2, 3, 4 Kalinin 1, 2, 3, 4 Kola 1, 2, 3, 4	Novovoronezh 3, 4, 5 Rostov 1, 2
Slovak Republic	Slovenské Elektrárne A.S.	Bohunice 3, 4	Mochovce 1, 2
Slovenia	Nuklearna Elektrarna Krško	Krško 1	
South Africa	ESKOM	Koeberg 1, 2	
Spain	UNESA	Almaraz 1, 2 Ascó 1, 2 Cofrentes	Trillo 1 Vandellós 2
Sweden	Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA)	Forsmark 1, 2, 3	
	OKG Aktiebolag (OKG)	Oskarshamn 1, 2, 3	
	Ringhals AB (RAB)	Ringhals 1, 2, 3, 4	
Switzerland	Axpo AG	Beznau 1, 2	
	BKW FMB Energie AG	Mühleberg	
	Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG	Gösgen	
	Kernkraftwerk Leibstadt AG	Leibstadt	
Ukraine	National Nuclear Energy Generating Company "Energoatom"	Khmelnitsky 1, 2 Rivne 1, 2, 3, 4	South Ukraine 1, 2, 3 Zaporizhzhya 1, 2, 3, 4, 5, 6
United Kingdom	EDF Energy	Sizewell B	

United States	American Electric Power Co.	D.C. Cook 1, 2	
	Arizona Public Service Co.	Palo Verde 1, 2, 3	
	Detroit Edison Co.	Fermi 2	
	Dominion Generation	North Anna 1, 2 Millstone 2, 3	Surry 1, 2
	Duke Energy Corp.	Brunswick 1, 2 Catawba 1, 2 Harris 1	McGuire 1, 2 Oconee 1, 2, 3 Robinson 2
	Energy Northwest	Columbia	
	Entergy Nuclear Operations, Inc.	Palisades	
	Exelon Generation Co., LLC	Braidwood 1, 2 Byron 1, 2 Calvert Cliffs 1, 2 Clinton 1 Dresden 2, 3 Fort Calhoun 1 Ginna 1 LaSalle County 1, 2	Limerick 1, 2 Nine Mile Point 1, 2 Oyster Creek 1 Peach Bottom 2, 3 Quad Cities 1, 2 Salem 1, 2 TMI 1
	First Energy Nuclear Operating Co. (FENOC)	Beaver Valley 1, 2 Davis Besse 1	Perry 1
	Luminant Generation Company, Llc.	Comanche Peak 1, 2	
	Nextera Energy Resources, Llc.	Duane Arnold 1 Point Beach 1, 2	Seabrook 1 Turkey Point 3, 4
	Pacific Gas & Electric Company	Diablo Canyon 1, 2	
	PPL Susquehanna, Llc.	Susquehanna 1, 2	
	Public Service Electric & Gas Co.	Hope Creek 1	
	South Carolina Electric & Gas Co.	Virgil C. Summer	
	South Texas Project Nuclear Operating Co.	South Texas 1, 2	
	Southern Nuclear Operating Company, Inc.	Hatch 1, 2 Farley 1, 2	Vogtle 1, 2
	Tennessee Valley Authority (TVA)	Browns Ferry 1, 2, 3 Sequoyah 1, 2	Watts Barr 1
	Wolf Creek Nuclear Operation Corp.	Wolf Creek	
	XCel Energy	Monticello Prairie Island 1, 2	

**Officially Participating Utilities: Definitively shutdown reactors**

<b>Country / Pays</b>	<b>Utility<sup>1</sup> / Compagnie d'électricité</b>	<b>Plant name / Nom de la centrale</b>	
Bulgaria	Kozloduy NPP Plc.	Kozloduy 1, 2, 3, 4	
Canada	Hydro Quebec	Gentilly 2	
	Ontario Power Generation	Pickering 2, 3	
France	Électricité de France (EDF)	Bugey 1 Chinon A1, A2, A3	Chooz A St. Laurent A1, A2
Germany	E.ON Kernkraft GmbH	Isar 1	Unterweser
	EnBW Kernkraft GmbH	Philippsburg 1	Neckarwestheim 1
	RWE Power AG	Biblis A, B	
	Vattenfall Europe Nuclear Energy GmbH	Brunsbüttel	Krümmel
Italy	SOGIN Spa	Caorso Garigliano	Latina Trino
Japan	Chubu Electric Power Co., Inc.	Hamaoka 1, 2	
	Japan Atomic Energy Agency	Fugen	
	Japan Atomic Power Co.	Tokai 1	
	Tokyo Electric Power Co.	Fukushima Daiichi 1, 2, 3, 4, 5, 6	
Lithuania	Ignalina Nuclear Power Plant	Ignalina 1, 2	
Russian Federation	Rosenergoatom Concern OJSC	Novovoronezh 1, 2	
Spain	UNESA	José Cabrera Santa María de Garoña	Vandellós 1
Sweden	Barsebäck Kraft AB (BKAB)	Barsebäck 1, 2	
United States	Detroit Edison Co.	Fermi 1	
	Dominion Generation	Kewaunee	Millstone 1
	Duke Energy Corp.	Crystal River 3	
	Entergy Nuclear Operations, Inc.	Big Rock Point	
	Exelon Nuclear Corporation	Dresden 1 Peach Bottom 1	TMI 2 Zion 1, 2
	Pacific Gas & Electric Company	Humboldt Bay 1	
	Southern California Edison Co.	San Onofre 1, 2, 3	

***Participating Regulatory Authorities***

<b>Country / Pays</b>	<b>Authority / Autorités</b>
Armenia	Armenian Nuclear Regulatory Authority (ANRA)
Belarus, Republic of	Republican Unitary Enterprise “Scientific Practical Centre of Hygiene”, Ministry of Health
Belgium	Federal Agency for Nuclear Control (FANC)
Bulgaria	Bulgarian Nuclear Regulatory Agency (NRA)
Canada	Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)
China	Nuclear and Radiation Safety Centre (MEP)
Czech Republic	State Office for Nuclear Safety (SÚJB)
Finland	Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK)
France	Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) Direction Générale du Travail (DGT) du Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement, represented by l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)
Germany	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), represented by Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Japan	Nuclear Regulation Authority (NRA)
Korea, Republic of	Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)
Lithuania	State Nuclear Power Safety Inspectorate (VATESI)
Netherlands	The Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS)
Romania	National Commission for Nuclear Activities Control (CNCAN)
Slovak Republic	Public Health Authority of the Slovak Republic (UVZSR)
Slovenia	Slovenian Radiation Protection Administration (SRPA), Ministry of Health Slovenian Nuclear Safety Administration (SNSA)
Spain	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
Sweden	Swedish Radiation Safety Authority (SSM)
Switzerland	Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate (ENSI)
Ukraine	State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine
United Arab Emirates	Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR)
United Kingdom	The Office for Nuclear Regulation (ONR)
United States	U.S. Nuclear Regulatory Commission (US NRC)

### **Country – Technical Centre affiliations**

<b>Country</b>	<b>Technical Centre*</b>	<b>Country</b>	<b>Technical Centre</b>
Armenia	IAEATC	Mexico	NATC
Belarus	IAEATC	Netherlands	ETC
Belgium	ETC	Pakistan	IAEATC
Brazil	IAEATC	Romania	IAEATC
Bulgaria	IAEATC	Russian Federation	ETC
Canada	NATC	Slovak Republic	ETC
China	IAEATC	Slovenia	ETC
Czech Republic	ETC	South Africa, Rep. of	IAEATC
Finland	ETC	Spain	ETC
France	ETC	Sweden	ETC
Germany	ETC	Switzerland	ETC
Hungary	ETC	Ukraine	IAEATC
Italy	ETC	United Arab Emirates	IAEATC
Japan	ATC	United Kingdom	ETC
Korea	ATC	United States	NATC
Lithuania	IAEATC		

\* Note: ATC: Asian Technical Centre, IAEATC: IAEA Technical Centre  
 ETC: European Technical Centre, NATC: North American Technical Centre

### **ISOE Network and Technical Centre information**

<b>ISOE Network web portal</b>	
ISOE Network	<a href="http://www.isoe-network.net">www.isoe-network.net</a>
<b>ISOE Technical Centres</b>	
European Region (ETC)	Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire (CEPN) Fontenay-aux-Roses, France <a href="http://www.isoe-network.net">www.isoe-network.net</a>
Asian Region (ATC)	Nuclear Safety Research Association (NSRA) Tokyo, Japan <a href="http://www.nsra.or.jp/isoe/english/index.html">www.nsra.or.jp/isoe/english/index.html</a>
IAEA Region (IAEATC)	International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), Vienne, Autriche <a href="http://www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.htm">www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.htm</a>
North American Region (NATC)	University of Illinois Champagne-Urbana, Illinois, U.S.A. <a href="http://hps.ne.uiuc.edu/natcisoe/">http://hps.ne.uiuc.edu/natcisoe/</a>
<b>Joint Secretariat</b>	
OECD/NEA (Paris)	<a href="http://www.oecd-nea.org/jointproj/isoe.html">www.oecd-nea.org/jointproj/isoe.html</a>
IAEA (Vienna)	<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>

### **International co-operation**

- European Commission (EC)
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

## *Annex 2*

### **ISOE BUREAU, SECRETARIAT AND TECHNICAL CENTRES**

#### ***Bureau of the ISOE Management Board***

	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Chairperson (Utilities)	ABELA, Gonzague EDF FRANCE		HARRIS, Willie EXELON UNITED STATES		HWANG, Tae-Won KHNP KOREA	
Chairperson Elect (Utilities)	HARRIS, Willie EXELON UNITED STATES		HWANG, Tae-Won KHNP KOREA		DO AMARAL, Marcus Antonio ANGRA NPP (RETIRED) BRAZIL	
Vice-Chairperson (Authorities)	DJEFFAL, Salah Canadian Nuclear Safety Commission CANADA		JAHN, Swen-Gunnar ENSI SWITZERLAND		JAHN, Swen-Gunnar ENSI SWITZERLAND	
	BROCK, Terry US Nuclear Regulatory Commission UNITED STATES					
Past Chairperson (Utilities)	SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP ROMANIA		ABELA, Gonzague EDF FRANCE		HARRIS, Willie EXELON UNITED STATES	

#### ***ISOE Joint Secretariat***

##### **OECD Nuclear Energy Agency (OECD/NEA)**

GUZMÁN LÓPEZ-OCÓN, Olvido  
OECD Nuclear Energy Agency  
Division of Radiological Protection & Human Aspects of  
Nuclear Safety  
46, quai Alphonse Le Gallo  
92100 Boulogne-Billancourt, France

Tel: +33 1 45 24 10 45  
Eml: olvido.guzman@oecd.org

##### **International Atomic Energy Agency (IAEA)**

MA, Jizeng  
IAEA Technical Centre  
Radiation Safety and Monitoring Section  
International Atomic Energy Agency  
P.O. Box 100, 1400 Vienna, Austria

Tel: +43 1 2600 26173  
Eml: J.Ma@iaea.org

## ***ISOE Technical Centres***

### **Asian Technical Centre (ATC)**

TEZUKA, Hiroko  
Asian Technical Centre  
Nuclear Safety Research Association (NSRA)  
5-18-7, Minato-ku, Shimbashi  
Tokyo 105-0004

Tel: +81 3 5470 1980  
Eml: [isoeatc@nsra.or.jp](mailto:isoeatc@nsra.or.jp)

### **European Technical Centre (ETC)**

SCHIEBER, Caroline  
European Technical Centre  
CEPN  
28, rue de la Redoute  
92260 Fontenay-aux-Roses, France

Tel: +33 1 55 52 19 39  
Eml: [schieber@cepn.asso.fr](mailto:schieber@cepn.asso.fr)

### **IAEA Technical Centre (IAEATC)**

MA, Jizeng  
IAEA Technical Centre  
Radiation Safety and Monitoring Section  
International Atomic Energy Agency  
P.O. Box 100, 1400 Vienna, Austria

Tel: +43 1 2600 26173  
Eml: [J.Ma@iaea.org](mailto:J.Ma@iaea.org)

### **North American Technical Centre (NATC)**

MILLER, David W.  
NATC Regional Co-ordinator  
North American ALARA Center  
Radiation Protection Department  
Cook Nuclear Plant  
One Cook Place  
Bridgman, Michigan 49106, USA

Tel: +1 217 855 3238  
Eml: [dwmiller2@aep.com](mailto:dwmiller2@aep.com)

## ***ISOE Newsletter Editor***

BREZNIK, Borut  
Radiation Protection Superintendent  
Nuclear Power Plant Krško  
Vrbina 12  
8270 Krško, Slovenia

Tel: +386 7 4802 287  
Eml: [borut.breznik@nek.si](mailto:borut.breznik@nek.si)

### *Annex 3*

## **ISOE MANAGEMENT BOARD AND NATIONAL CO-ORDINATORS (2015-2016)**

Note: ISOE National Co-ordinators identified in **bold**.

<b>ARMENIA</b>	<p style="margin-left: 40px;">AVETISYAN, Aida <b>PYUSKYULYAN, Konstantin</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Armenian Nuclear Regulatory Authority Medzamor 2 NPP</p>
<b>BELARUS</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>NIKALAYENKA, Alena</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Republican Scientific and Practical Centre of Hygiene of Ministry of Health of the Republic of Belarus</p>
<b>BELGIUM</b>	<p style="margin-left: 40px;">HENRY, François <b>LANCE, Benoit</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">FANC - Federal Agency for Nuclear Control ELECTRABEL Corporate Nuclear Safety Department</p>
<b>BRAZIL</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>DO AMARAL, Marcos Antônio</b> (TBD)</p>	<p style="margin-left: 40px;">Angra NPP (retired) Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN)</p>
<b>BULGARIA</b>	<p style="margin-left: 40px;">KATZARSKA, Lidia <b>NIKOLOV, Atanas</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Bulgarian Nuclear Regulatory Agency Kozloduy NPP</p>
<b>CANADA</b>	<p style="margin-left: 40px;">ELLASCHUK, Bernard MILLER, David E. <b>PRITCHARD, Colin</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) Bruce Power Bruce Power</p>
<b>CHINA</b>	<p style="margin-left: 40px;">JIANG, Jianqi <b>YANG, Duanjie</b> (TBD)</p>	<p style="margin-left: 40px;">Qinshan NPP Nuclear and Radiation Safety Centre (NSC) Utility</p>
<b>CZECH REPUBLIC</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>FARNIKOVA, Monika</b> FUCHSOVÁ, Dagmar</p>	<p style="margin-left: 40px;">Temelin NPP, ČEZ a.s. State Office for Nuclear Safety (SÚJB)</p>
<b>FINLAND</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>KONTIO, Timo</b> RIIHILUOMA, Veli</p>	<p style="margin-left: 40px;">Loviisa NPP Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK)</p>
<b>FRANCE</b>	<p style="margin-left: 40px;">GUANNEL, Yves <b>MICHELET, Marie</b> SAINTAMON, Fabrice</p>	<p style="margin-left: 40px;">Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) Électricité de France (EDF) Électricité de France (EDF)</p>
<b>GERMANY</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>STAHL, Thorsten</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit mbH (GRS)</p>
<b>HUNGARY</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>BUJTAS, Tibor</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Paks NPP</p>
<b>ITALY</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>MANCINI, Francesco</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">SOGIN SpA</p>
<b>JAPAN</b>	<p style="margin-left: 40px;">HASEGAWA, Hideki HATANO, Kyousuke ISHII, Yoichi</p>	<p style="margin-left: 40px;">Tokyo Electric Power Company Kyushu Electric Power Co., Inc. Nuclear Regulation Authority (NRA)</p>
<b>KOREA (REPUBLIC OF)</b>	<p style="margin-left: 40px;">AN, Yong-min HWANG, Tea-Won <b>KIM, Byeong-Soo</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Korea Hydro and Nuclear Power. Co. Ltd (KHNP) Korea Hydro and Nuclear Power. Co. Ltd (KHNP) Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)</p>
<b>LITHUANIA</b>	<p style="margin-left: 40px;">RAUBA, Kestus <b>TUMOSIENĖ, Kristina</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Ignalina NPP State Nuclear Power Safety Inspectorate (VATESI)</p>
<b>MEXICO</b>	<p style="margin-left: 40px;"><b>HUESCA GUEVARA, Luis Rafael</b></p>	<p style="margin-left: 40px;">Laguna Verde NPP</p>

<b>NETHERLANDS</b>	ARENDS, Patrick <b>MEIJER, Hans</b>	Authority for Nuclear Safety and Radiation Protection (ANVS) Borssele NPP, E.P.Z.
<b>PAKISTAN</b>	<b>MANNAN, Abdul</b>	Chashma NPGS
<b>ROMANIA</b>	<b>SIMIONOV, Vasile</b> (TBD)	Cernavoda NPP National Commission for Nuclear Activities Control (CNCAN)
<b>RUSSIAN FEDERATION</b>	<b>DOLJENKOV, Igor</b> GLASUNOV, Vadim	Concern "Rosenergoatom" Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES)
<b>SLOVAK REPUBLIC</b>	<b>DOBIS, Lubomir</b> DRÁBOVÁ, Veronika	Bohunice NPP Public Health Authority of the Slovak Republic (UVZSR)
<b>SLOVENIA</b>	<b>BREZNIK, Borut</b> JUG, Nina	Krško NPP Slovenian Radiation Protection Administration, Ministry of Health
<b>SOUTH AFRICA (REPUBLIC OF)</b>	<b>MAREE, Marc</b> MPETE, Louisa	Koeberg NPP National Nuclear Regulator (NNR)
<b>SPAIN</b>	LABARTA, Teresa <b>ROSELL HERRERA, Borja</b>	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) Almaraz NPP
<b>SWEDEN</b>	HANSSON, Petra <b>SVEDBERG, Torgny</b>	Swedish Radiation Safety Authority (SSM) Ringhals NPP
<b>SWITZERLAND</b>	JAHN, Swen-Gunnar <b>TAYLOR, Thomas</b>	Swiss Nuclear Safety Inspectorate (ENSI) Mühleberg NPP
<b>UKRAINE</b>	<b>BEREZHNAYA, Tatyana</b> CHEPURNYI, Jurii	National Nuclear Energy Generation Company "Energoatom" State Nuclear Regulatory Inspectorate
<b>UNITED ARAB EMIRATES</b>	<b>AZIZ, Maha</b>	Federal Authority for Nuclear Regulation (FANR)
<b>UNITED KINGDOM</b>	REES, Vaughan <b>RENN, Guy</b>	Office for Nuclear Regulation (ONR) Sizewell B NPP
<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	BOYER, Brad BROCK, Terry WOOD, David	Prairie Island NPP U.S. Nuclear Regulatory Commission D.C. Cook NPP

## *Annex 4*

### **ISOE WORKING GROUPS (2015)**

#### ***Working Group on Data Analysis (WGDA)***

**Chair: HENNIGOR, Staffan (Sweden); Vice-Chair: HAGEMEYER, Derek (US)**

<b>BRAZIL</b>	DO AMARAL, Marcos Antonio	Angra NPP (ISOE Chair Elected)
<b>CANADA</b>	ELLASCHUK, Bernard	Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)
<b>CZECH REPUBLIC</b>	FARNIKOVA, Monika	Temelin NPP
<b>FRANCE</b>	BELTRAMI, Laure-Anne COUASNON, Olivier D'ASCENZO, Lucie JOLIVET, Patrick MICHELET, Marie ROCHER, Alain SCHIEBER, Caroline	CEPN (ETC) Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) CEPN (ETC) IRSN Électricité de France (EDF) Électricité de France (EDF) CEPN (ETC)
<b>GERMANY</b>	JENTJENS, Lena STAHL, Thorsten STEINEL, Dieter	VGB PowerTech e.V. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH Philippsburg NPP
<b>JAPAN</b>	BESSHO, Yasunori NOMURA, Tomoyuki SUZUKI, Akiko TEZUKA, Hiroko	Nuclear Regulation Authority (NRA) Nuclear Safety Research Association (NSRA) Nuclear Regulation Authority (NRA) Nuclear Safety Research Association (NSRA)
<b>KOREA (REPUBLIC OF)</b>	HWANG, Tae-Won KIM, Byeong-Soo KIM, In Woong KIM, Minchul	Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP) (ISOE Chair) Korea Institute of Nuclear Safety (KINS) Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP) Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP)
<b>MEXICO</b>	HUESCA GUEVARA, Luis Rafael	Laguna Verde NPP
<b>ROMANIA</b>	SIMIONOV, Vasile	Cernavoda NPP
<b>RUSSIAN FEDERATION</b>	GLASUNOV, Vadim	Russian Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES)
<b>SLOVENIA</b>	BREZNIK, Borut	Krško NPP
<b>SPAIN</b>	LABARTA, Teresa	Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
<b>SWEDEN</b>	HENNIGOR, Staffan SVEDBERG, Torgny	Forsmark NPP Ringhals NPP
<b>UNITED KINGDOM</b>	INGHAM, Grant	Office for Nuclear Regulation (ONR)
<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	ANDERSON, Ellen BENEVIDES, Luis Alberto HAGEMEYER, Derek HARRIS, Willie O. MILLER, David W.	Nuclear Energy Institute (NEI) US Nuclear Regulatory Commission Oak Ridge Associated Universities (ORAU) Excelon Nuclear D.C. Cook Plant (NATC)
<b>ISOE JOINT SECRETARIAT</b>	MA, Jizeng RAKHUBA, Aleksandr GUZMÁN LÓPEZ-OCÓN, Olvido	IAEA OECD Nuclear Energy Agency (NEA) OECD Nuclear Energy Agency (NEA)

**Working Group on Radiological Protection Aspects of Decommissioning Activities at  
Nuclear Power Plants (WGDECOM)**

**Chair: HALE, James Mike (US) Vice-Chair: -CALAVIA, Ignacio (Spain)**

<b>BELGIUM</b>	VANHEMELRYCK, Fery	Electrabel GDF Suez
<b>BRAZIL</b>	DE OLIVEIRA SEGABINAZE, Roberto	Angra NPP
	LIMA DA SILVA, Tatiana	Angra NPP
<b>CANADA</b>	ELLASCHUK, Bernard	Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)
	GAGNON, Jean-Yves	Gentilly-2 NPP
<b>FRANCE</b>	ABELA, Gonzague	EDF DIN
	ARIES NASSER, Marie-Eve	Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)
	BONNET, Jean-Luc	EDF - DPNT
	DIDELLOT, Nicolas	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)
	VAILLANT, Ludovic	European Technical Centre (ETC)
<b>GERMANY</b>	BRENDEBACH, Boris	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
	STEINEL, Dieter	EnBW Kernkraft GmbH
<b>ITALY</b>	MANCINI, Francesco	Sogin SpA
<b>KOREA (REPUBLIC OF)</b>	KIM, Byeong-Soo	Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)
	SOHN, Wook	Korean Hydro & Nuclear Power (KHNP)
<b>ROMANIA</b>	SIMIONOV, Vasile	Cernavoda NPP
<b>RUSSIAN FEDERATION</b>	VOLKOV, Victor	Rosenergoatom Concern OJSC
<b>SPAIN</b>	CALAVIA, Ignacio	Nuclear Safety Council (CSN)
	CAMPOS, José	ENRESA
<b>SWEDEN</b>	ELLMARK, Christoffer	AB SVAFO
	HANSSON, Petra	Swedish Radiation Safety Authority
<b>SWITZERLAND</b>	NEUKÄTER, Erwin	Mühleberg NPP
<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	ANDERSON, Ellen	Nuclear Energy Institute (NEI)
	HALE, James Mike	Kewaunee NPP
	MILLER, David .W.	North American Technical Centre (NATC) D.C. Cook NPP
<hr/>		
<b>CORRESPONDING MEMBERS</b>		
<b>CANADA</b>	MCQUEEN, Maureen	C.N. Associates Inc.
<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	ROBERTS, Sarah	Oak Ridge Associated Universities (ORAU)
	TARZIA, James P.	Radiation Safety & Control Services Inc.
<hr/>		
<b>JOINT SECRETARIAT</b>		
	MA, Jizeng	International Atomic Energy Agency (IAEA)
	RAKHUBA, Aleksandr	OECD Nuclear Energy Agency (NEA)
	GUZMAN, Olvido	OECD Nuclear Energy Agency (NEA)

## Annex 5

### LIST OF ISOE PUBLICATIONS

#### Reports

- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twenty-Fourth Annual Report of the ISOE Programme, 2014*, OECD, 2017.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twenty-Third Annual Report of the ISOE Programme, 2013*, OECD, 2017.
- *Occupational Radiation Protection in Severe Accident Management (EG-SAM) Report*, OECD, 2015.
- *Radiation Protection Aspects of Primary Water Chemistry and Source-Term Management Report*, OECD, 2014.
- *An ALARA Success Story Relying on Strong Individual Commitments, Effective International Feedback and Exchanges, and a Robust Database – 20 Years of Progress*, OECD, 2013.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twenty-Second Annual Report of the ISOE Programme, 2012*, OECD, 2012.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twenty-First Annual Report of the ISOE Programme, 2011*, OECD, 2011.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twentieth Annual Report of the ISOE Programme, 2010*, OECD, 2010.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Nineteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2009*, OECD, 2011.
- *L'organisation du travail pour optimiser la radioprotection professionnelle dans les centrales nucléaires*, OCDE, 2010.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Eighteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2008*, OECD, 2010.
- *Work Management to Optimise Occupational Radiological Protection at Nuclear Power Plants*, OECD, 2009.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Seventeenth Annual Report of the ISOE Programme, 2007*, OECD, 2009.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Sixteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2006*, OECD, 2008.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Fifteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2005*, OECD, 2007.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Fourteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2004*, OECD, 2006.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Thirteenth Annual Report of the ISOE Programme, 2003*, OECD, 2005.
- *Optimisation in Operational Radiation Protection*, OECD, 2005.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Twelfth Annual Report of the ISOE Programme, 2002*, OECD, 2004.
- *Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants: Third ISOE European Workshop, Portoroz, Slovenia, 17-19 April 2002*, OECD 2003.
- *ISOE – Information Leaflet*, OECD 2003.

- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Eleventh Annual Report of the ISOE Programme, 2001*, OECD, 2002.
- *ISOE – Information System on Occupational Exposure, Ten Years of Experience*, OECD, 2002.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Tenth Annual Report of the ISOE Programme, 2000*, OECD, 2001.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Ninth Annual Report of the ISOE Programme, 1999*, OECD, 2000.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Eighth Annual Report of the ISOE Programme, 1998*, OECD, 1999.
- *Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: Seventh Annual Report of the ISOE Programme, 1997*, OECD, 1999.
- *Work Management in the Nuclear Power Industry*, OECD, 1997 (also available in Chinese, German, Russian and Spanish).
- *ISOE – Sixth Annual Report: Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: 1969-1996*, OECD, 1998.
- *ISOE – Fifth Annual Report: Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: 1969-1995*, OECD, 1997.
- *ISOE – Fourth Annual Report: Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: 1969-1994*, OECD, 1996.
- *ISOE – Third Annual Report: Occupational Exposures at Nuclear Power Plants: 1969-1993*, OECD, 1995.
- *ISOE – Nuclear Power Plant Occupational Exposures in OECD Countries: 1969-1992*, OECD, 1994.
- *ISOE – Nuclear Power Plant Occupational Exposures in OECD Countries: 1969-1991*, OECD, 1993.

### ***ISOE News***

2015	No. 23 (November)
2014	No. 22 (March)
2013	No. 20 (July), No. 21 (December)
2012	No. 19 (July)
2011	No. 17 (September), No. 18 (December)
2010	No. 15 (March), No. 16 (December)
2009	No. 13 (January), No. 14 (July)
2008	No. 12 (October)
2007	No. 10 (July); No. 11 (December)
2006	No. 9 (March)
2005	No. 5 (April); No. 6 (June); No. 7 (October); No. 8 (December)
2004	No. 2 (March); No. 3 (July); No. 4 (December)
2003	No. 1 (December)

### ***ISOE Information Sheets***

#### ***Asian Technical Centre***

No. 42: Nov. 2015      Republic of Korea: Summary of National Dosimetric Trends

No. 41: Nov. 2015	Japanese Dosimetric Results: FY 2014 data and trends
No. 40: Nov. 2014	Republic of Korea: Summary of National Dosimetric Trends
No. 39: Oct. 2014	Japanese Dosimetric Results: FY 2013 data and trends
No. 38: Nov. 2013	Republic of Korea: Summary of National Dosimetric Trends
No. 37: Nov. 2013	Japanese Dosimetric Results: FY 2012 data and trends
No. 36: Dec. 2012	Japanese Dosimetric Results: FY 2011 data and trends
No. 35: Nov. 2011	Japanese Dosimetric Results: FY 2010 data and trends
No. 34: Oct. 2009	Republic of Korea: Summary of National Dosimetric Trends
No. 33: Oct. 2009	Japanese Dosimetric Results: FY 2008 data and trends
No. 32: Jan. 2009	Japanese Dosimetric Results: FY 2007 data and trends
No. 31: Nov. 2007	Republic of Korea: Summary of National Dosimetric Trends
No. 30: Oct. 2007	Japanese dosimetric results: FY 2006 data and trends
No. 29: Nov. 2006	Japanese Dosimetric Results : FY 2005 Data and Trends
No. 28: Nov. 2005	Japanese Dosimetric Results : FY 2004 Data and Trends
No. 27: Nov. 2004	Achievements and Issues in Radiation Protection in the Republic of Korea
No. 26: Nov. 2004	Japanese occupational exposure during periodic inspection at PWRs and BWRs ended in FY 2003
No. 25: Nov. 2004	Japanese dosimetric results: FY2003 data and trends
No. 24: Oct. 2003	Japanese Occupational Exposure of Shroud Replacements
No. 23: Oct. 2003	Japanese Occupational Exposure of Steam Generator Replacements
No. 22: Oct. 2003	Korea, Republic of; Summary of National Dosimetric Trends
No. 21: Oct. 2003	Japanese occupational exposure during periodic inspection at PWRs and BWRs ended in FY 2002
No. 20: Oct. 2003	Japanese dosimetric results: FY2002 data and trends
No. 19: Oct. 2002	Korea, Republic of; Summary of National Dosimetric Trends
No. 18: Oct. 2002	Japanese occupational exposure during periodic inspection at PWRs and BWRs ended in FY 2001
No. 17: Oct. 2002	Japanese dosimetric results: FY2001 data and trends
No. 16: Oct. 2001	Japanese occupational exposure during periodical inspection at PWRs and BWRs ended in FY 2000
No. 15: Oct. 2001	Japanese Dosimetric results: FY 2000 data and trends
No. 14: Sept. 2000	Japanese Occupational Exposure During Periodical Inspection at LWRs Ended in FY 1999
No. 13: Sept. 2000	Japanese Dosimetric Results: FY 1999 Data and Trends
No. 12: Oct. 1999	Japanese Occupational Exposure During Periodical Inspection at LWRs Ended in FY 1998
No. 11: Oct. 1999	Japanese Dosimetric Results: FY 1998 Data and Trends
No. 10: Nov. 1999	Experience of 1 <sup>st</sup> Annual Inspection Outage in an ABWR
No. 9: Oct. 1999	Replacement of Reactor Internals and Full System Decontamination at a Japanese BWR
No. 8: Oct. 1998	Japanese Occupational Exposure During Periodical Inspection at LWRs Ended in FY 1997

No. 7: Oct. 1998	Japanese Dosimetric Results: FY 1997 data
No. 6: Sept. 1997	Japanese Occupational Exposure during Periodical Inspection at LWRs ended in FY 1996
No. 5: Sept. 1997	Japanese Dosimetric Results: FY 1996 data
No. 4: July 1996	Japanese Occupational Exposure during Periodical Inspection at LWRs ended in FY 1995
No. 3: July 1996	Japanese Dosimetric Results: FY 1995 data
No. 2: Oct. 1995	Japanese Occupational Exposure during Periodical Inspection at LWRs ended in FY 1994
No. 1: Oct. 1995	Japanese Dosimetric Results: FY 1994 data

### ***European Technical Centre***

No. 58: Oct. 2015	European dosimetric results for 2013
No. 57: Sep. 2015	European dosimetric results for 2012
No. 56: Dec. 2012	European dosimetric results for 2011
No. 55: Nov. 2012	Man-Sievert Monetary Value Survey (2012 Update)
No. 54: Feb. 2012	European dosimetric results for 2010
No. 53: Feb. 2011	European dosimetric results for 2009
No. 52: Apr. 2010	PWR Outage Collective Dose: Analysis per sister unit group for the 2002-2007 period
No. 51: Dec. 2009	European dosimetric results for 2008
No. 50: Sep. 2009	Outage duration and outage collective dose between 1996 – 2006 for VVERs
No. 49: Sep. 2009	Outage duration and outage collective dose between 1996 – 2006 for BWRs
No. 48: Sep. 2009	Outage duration and outage collective dose between 1996 – 2006 for PWRs
No. 47: Feb. 2009	European dosimetric results for 2007
No. 46: Oct. 2007	European dosimetric results for 2006
No. 44: July 2006	Preliminary European dosimetric results for 2005
No. 43: May 2006	Conclusions and recommendations from the Essen Symposium
No. 42: Nov. 2005	Self-employed Workers in Europe
No. 41: Oct. 2005	Update of the annual outage duration and doses in European reactors (1994-2004)
No. 40: Aug. 2005	Workers internal contamination practices survey
No. 39: July 2005	Preliminary European dosimetric results for 2004
No. 38: Nov. 2004	Update of the annual outage duration and doses in European reactors (1993-2003)
No. 37: July 2004	Conclusions and recommendations from the 4th European ISOE workshop on occupational exposure management at NPPs
No. 36: Oct. 2003	Update of the annual outage duration and doses in European reactors (1993-2002)
No. 35: July 2003	Preliminary European dosimetric results for 2002
No. 34: July 2003	Man-Sievert monetary value survey (2002 update)
No. 33: March 2003	Update of the annual outage duration and doses in European reactors (1993-2001)

No. 32: Nov. 2002	Conclusions and Recommendations from the 3 <sup>rd</sup> European ISOE Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants
No. 31: July 2002	Preliminary European Dosimetric Results for the year 2001
No. 30: April 2002	Occupational exposure and steam generator replacements - update
No. 29: April 2002	Implementation of Basic Safety Standards in the regulations of European countries
No. 28: Dec. 2001	Trends in collective doses per job from 1995 to 2000
No. 27: Oct. 2001	Annual outage duration and doses in European reactors
No. 26: July 2001	Preliminary European Dosimetric Results for the year 2000
No. 25: June 2000	Conclusions and recommendations from the 2 <sup>nd</sup> EC/ISOE workshop on occupational exposure management at nuclear power plants
No. 24: June 2000	List of BWR and CANDU sister unit groups
No. 23: June 2000	Preliminary European Dosimetric Results 1999
No. 22: May 2000	Analysis of the evolution of collective dose related to insulation jobs in some European PWRs
No. 21: May 2000	Investigation on access and dosimetric follow-up rules in NPPs for foreign workers
No. 20: April 1999	Preliminary European Dosimetric Results 1998
No. 19: Oct. 1998	ISOE 3 data base – New ISOE 3 Questionnaires received (since Sept 1998)
No. 18: Sept. 1998	The Use of the man-Sievert monetary value in 1997
No. 17: Dec. 1998	Occupational Exposure and Steam Generator Replacements, update
No. 16: July 1998	Preliminary European Dosimetric Results for 1997
No. 15: Sept. 1998	PWR collective dose per job 1994-1995-1996 data
No. 14: July 1998	PWR collective dose per job 1994-1995-1996 data
No. 12: Sept. 1997	Occupational exposure and reactor vessel annealing
No. 11: Sept. 1997	Annual individual doses distributions: data available and statistical biases
No. 10: June 1997	Preliminary European Dosimetric Results for 1996
No. 9: Dec. 1996	Reactor Vessel Closure Head Replacement
No. 7: June 1996	Preliminary European Dosimetric Results for 1995
No. 6: April 1996	Overview of the first three Full System Decontamination
No. 4: June 1995	Preliminary European Dosimetric Results for 1994
No. 3: June 1994	First European Dosimetric Results: 1993 data
No. 2: May 1994	The influence of reactor age and installed power on collective dose: 1992 data
No. 1: April 1994	Occupational Exposure and Steam Generator Replacement

***IAEA Technical Centre***

No. 9: Aug. 2003	Preliminary dosimetric results for 2002
No.8: Nov. 2002	Conclusions and Recommendations from the 3 <sup>rd</sup> European ISOE Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants
No. 7: Oct. 2002	Information on exposure data collected for the year 2001
No. 6: June 2001	Preliminary dosimetric results for 2000
No. 5: Sept. 2000	Preliminary dosimetric results for 1999

No. 4: April 1999	IAEA Workshop on implementation and management of the ALARA principle in nuclear power plant operations, Vienna 22-23 April 1998
No. 3: April 1999	IAEA technical co-operation projects on improving occupational radiation protection in nuclear power plants
No. 2: April 1999	IAEA Publications on occupational radiation protection
No. 1: Oct. 1995	ISOE Expert meeting

### ***North American Technical Centre***

2014-2: Aug. 2014	Kewaunee PWR Low Dose Outage Worker Study
2014-1: July 2014	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2013 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-13: Sept. 2012	2011 CANDU Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-12: July 2012	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2008 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-11: July 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2008 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-10: July 2012	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2007 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-9: July 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2007 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-8: Sept. 2012	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2011 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-7: Sept. 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2011 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-6: Sept. 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2011 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-5: July 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2010 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-4: July 2012	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2009 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-3: July 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2009 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-2: July 2012	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2006 Occupational Dose Benchmarking Charts
2012-1: July 2012	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2006 Occupational Dose Benchmarking Charts
2010-14: June 2010	NATC Analysis of Teledosimetry Data from Multiple PWR Unit Outage CRUD Bursts
2003-8: Aug. 2003	U.S. PWR - Reactor Head Replacement Dose Benchmarking Study
2003-5: July 2003	North American BWR - 2002 Occupational Dose Benchmarking Charts
2003-4: July 2003	U.S. PWR - 2002 Occupational Dose Benchmarking Chart
2003-2: July 2003	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. BWR 2000-2002

	Occupational Dose Benchmarking Charts
2003-1: July 2003	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. PWR 2000-2002 Occupational Dose Benchmarking Charts
2002-5: July 2002	U.S. BWR - 2001 Occupational Dose Benchmarking Chart
2002-4: July 2002	U.S. PWR - 2001 Occupational Dose Benchmarking Chart
2002-2: July 2002	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. BWR 1999-2001 Occupational Dose Benchmarking Charts
2002-1: Nov. 2002	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. PWR 1999-2001 Occupational Dose Benchmarking Charts
2001-7: Nov. 2001	US PWR 5-Year Dose Reduction Plan: Donald C. Cook Nuclear Power Plant
2001-5: Dec. 2001	U.S. BWR - 2000 Occupational Dose Benchmarking Chart
2001-4: Dec. 2001	U.S. PWR - 2000 Occupational Dose Benchmarking Chart
2001-3: Nov. 2001	3-Year rolling average annual dose comparisons - Canada reactors (CANDU) 1998-2000 Occupational Dose Benchmarking Charts
2001-2: July 2001	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. BWR 1998-2000 Occupational Dose Benchmarking Charts
2001-1: July 2001	3-Year rolling average annual dose comparisons - U.S. PWR 1998-2000 Occupational Dose Benchmarking Charts

## ***ISOE International and Regional Symposia***

### ***Asian Technical Centre***

Sept. 2015 (Tokyo, Japan)	2015 ISOE Asian ALARA Symposium
Sept. 2014 (Gyeongju, Rep. of Korea)	2014 ISOE Asian ALARA Symposium
Aug. 2013 (Tokyo, Japan)	2013 ISOE International ALARA Symposium
Sept. 2012 (Tokyo, Japan)	2012 ISOE Asian ALARA Symposium
Aug. 2010 (Gyeongju, Rep. of Korea)	2010 ISOE Asian ALARA Symposium
Sept. 2009 (Aomori, Japan)	2009 ISOE Asian ALARA Symposium
Nov. 2008 (Tsuruga, Japan)	2008 ISOE International ALARA Symposium
Sept. 2007 (Seoul, Korea)	2007 ISOE Asian Regional ALARA Symposium
Oct. 2006 (Yuzawa, Japan)	2006 ISOE Asian Regional ALARA Symposium
Nov. 2005 (Hamaoka, Japan)	First Asian ALARA Symposium

### ***European Technical Centre***

April 2014 (Bern, Switzerland)	2014 ISOE European ALARA Symposium
June 2012 (Prague, Czech Republic)	2012 ISOE European Regional ALARA Symposium
Nov. 2010 (Cambridge, UK)	2010 ISOE International ALARA Symposium
June 2008 (Turku, Finland)	2008 ISOE European Regional ALARA Symposium
March 2006 (Essen, Germany)	2006 ISOE International ALARA Symposium
March 2004 (Lyon, France)	Fourth ISOE European Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants
April 2002 (Portoroz, Slovenia)	Third ISOE European Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants
April 2000 (Tarragona, Spain)	Second EC/ISOE Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants
Sept. 1998 (Malmö, Sweden)	First EC/ISOE Workshop on Occupational Exposure Management at Nuclear Power Plants

### ***IAEA Technical Centre***

May 2015 (Rio de Janeiro, Brazil)	2015 ISOE International ALARA Symposium
Oct. 2009 (Vienna, Austria)	2009 ISOE International ALARA Symposium

### ***North American Technical Centre***

Jan. 2015 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2015 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2014 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2014 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2013 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2013 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2012 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2012 ISOE International ALARA Symposium
Jan. 2011 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2011 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2010 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2010 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2009 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2009 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2008 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2008 ISOE North American ALARA Symposium

Jan. 2007 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2007 ISOE International ALARA Symposium
Jan. 2006 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2006 ISOE North American ALARA Symposium
Jan. 2005 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2005 ISOE International ALARA Symposium
Jan. 2004 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2004 North American ALARA Symposium
Jan. 2003 (Orlando, FL, USA)	2003 International ALARA Symposium
Feb. 2002 (Orlando, FL, USA)	North-American National ALARA Symposium
Feb. 2001 (Orlando, FL, USA)	2001 International ALARA Symposium
Jan. 2000 (Orlando, FL, USA)	North-American National ALARA Symposium
Jan. 1999 (Orlando, FL, USA)	Second International ALARA Symposium
March 1997 (Orlando, FL, USA)	First International ALARA Symposium