

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 26 回年次報告書(2016 年)

© OECD 2018  
NEA/ISOE(2018)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26回年次報告書では、2016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、2016～2019 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
2.2 職業被ばくの傾向: 最終的に停止された原子炉 .....	20
3. ISOE 参加国における主要事象 .....	24
アルメニア .....	25
ベルギー .....	27
ブラジル .....	28
ブルガリア .....	29
カナダ .....	31
中国 .....	35
チェコ共和国 .....	37
フィンランド .....	39
フランス .....	42
ハンガリー .....	47
イタリア .....	49
日本 .....	50
韓国 .....	53
リトアニア .....	54
メキシコ .....	56
パキスタン .....	57
ルーマニア .....	58
ロシア連邦 .....	62
スロバキア共和国 .....	65
スロベニア .....	67
南アフリカ .....	69
スペイン .....	70
スウェーデン .....	73
スイス .....	75
ウクライナ .....	76
英国 .....	77
米国 .....	79

4. ISOE 経験交換活動.....	83
4.1 ISOE ALARA シンポジウム .....	83
4.2 ISOE ウェブサイト(www.isoe-network.net) .....	84
4.3 ISOE ベンチマーキング視察 .....	86
4.4 ISOE 管理 .....	86

## 表

表 1 正式な ISOE 参加者及び ISOE データベース(2016 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(2013～2016 年、人・Sv/基) .....	12
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(2012～2014 年及び 2014～2016 年、人・Sv/基) .....	15
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)(2014～2016 年) .....	21

## 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 (1992～2016 年、人・Sv/基) .....	11
図 2 2016 年における国別の PWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	13
図 3 2016 年における国別の VVER 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	13
図 4 2016 年における国別の BWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	14
図 5 2016 年における国別の PHWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基) .....	14
図 6 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(1) .....	16
図 7 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(2) .....	16
図 8 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(3) .....	17
図 9 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(4) .....	17
図 10 2002 年～2016 年における国別の VVER の平均集団線量(1) .....	18
図 11 2002 年～2016 年における国別の VVER の平均集団線量(2) .....	18
図 12 2002 年～2016 年における国別の BWR の平均集団線量(1) .....	19
図 13 2002 年～2016 年における国別の BWR の平均集団線量(2) .....	19
図 14 2002 年～2016 年における国別の PHWR の平均集団線量(2) .....	20
図 15 2012 年～2016 年における国別の PWR の平均年間集団線量 .....	22
図 16 2012 年～2016 年における国別の VVER の平均年間集団線量 .....	22
図 17 2012 年～2016 年における国別の BWR の平均年間集団線量 .....	23
図 18 2012 年～2016 年における国別の GCR の平均年間集団線量 .....	23

## 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 26 回年次報告書では、2016 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。2016～2019 年に関する現在の ISOE 規約は、2016 年 1 月 1 日に発効した。2016 年 12 月 31 日時点で、ISOE プログラムには 28 カ国で 74 の電気事業者 (343 基の運転中のユニット及び 53 基の停止中ユニット、7 基の建設中のユニット) と 26 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、400 基を超える運転中の原子炉における職業被ばく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 85% 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 2016 年平均年間集団線量と、1 基当たりの 3 カ年移動平均 (2014～2016 年) は、以下のとおりであった。

	2016 年平均年間 集団線量 (人・Sv/基)	2014～2016 年の 3 カ年移動平均 (人・Sv/基)
加圧水型原子炉 (PWR)	0.44	0.47
加圧水型原子炉 (VVER)	0.45	0.44
沸騰水型原子炉 (BWR)	0.69	0.84
加圧重水型原子炉 (PHWR/CANDU)	1.02	0.87

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 109 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 2016 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。2016 年、ISOE 参加者には、ISOE ネットワーク・ウェブサイト ([www.isoe-network.net](http://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。2016年の例としては、1月11日～13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、6月1日～3日に欧州技術センターがベルギー・ブリュッセルで主催した ISOE 国際 ALARA シンポジウム、また9月7日～9日にアジア技術センターが福島で主催した 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 のデコミッション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) が正式なワーキンググループとして活動を継続し、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) の経験を充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実施している。

2016年の ISOE プログラムにおける、その他の成果/マイルストーン/事象は以下の通りである：

- 2016年3月、ISOE 戦略計画(2016～2019年)が発表され、ISOE ネットワークのウェブサイトに掲載された。本計画には、現行の ISOE 活動の継続と、ISOE 参加者による新たな活動への着手の両方が盛り込まれている。
- 2016年～2019年の戦略計画実行に向けた ISOE 作業プログラム(ロードマップ)が、運営委員会 (MB) で承認された。
- 11月30日、フランス・パリの OECD カンファレンスセンターにて、RP スタッフと被ばくした作業員のための RP 教育及び訓練に関する第一回 WGDA/MB 合同トピックセッションが開催され、14の ISOE 参加国に加え NEA 及び IAEA から計 36 名が参加した。
- 2016年4月1日にドイツの電気事業者が ISOE から削除された。データは引き続きウェブサイトで入手可能である。
- 2012～2015年の WGDA 進捗報告が MB にて承認され、ISOE ネットワークのウェブサイトに掲載された。
- 事業者と当局による ISOE への参加が過去数年間で増加しており、ISOE にとって非常に良い兆候である。
- 2016年12月、SBPR(ブラジル)及び ORAU(米国)との技術協力合意(TCAs)が締結された。

ISOE 参加国における主なでき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(2013～2016 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

2016 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、343 基の運転中のユニット及び 53 基の停止中ユニット<sup>1</sup>を含む、29 カ国の 74 の電気事業者、並びに 26 カ国の 28 の規制当局である。表 1 には、2016 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 31 カ国の 487 基の原子炉(378 基が運転中、109 基が冷温停止状態又は廃止措置のいずれかの段階)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 85%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>1</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(2016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	14	2	-	-	-	-	16
チェコ共和国	-	6	-	-	-	-	6
フィンランド	-	2	2	-	-	-	4
フランス	58	-	-	-	-	-	58
ハンガリー	-	4	-	-	-	-	4
日本	21	-	22	-	-	-	43
韓国	21	-	-	4	-	-	25
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
ロシア連邦	-	18	-	-	-	-	18
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	-	6	-	-	-	9
スイス	3	-	2	-	-	-	5
ウクライナ	-	15	-	-	-	-	15
英国	1	-	-	-	-	-	1
米国	57	-	29	-	-	-	86
合計	199	54	64	26	0	0	343
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	
ドイツ	6	2	-	-	-	8	
英国	-	-	-	14	-	14	
米国	8	5	-	-	-	13	
合計	14	7	0	14	0	35	
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	267	71	26	14	0	378	

表 1 正式な ISOE 参加者及び ISOE データベース(2016 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
アルメニア	1	-	-	-	-	-	1
ブルガリア	4	-	-	-	-	-	4
カナダ	-	-	3	-	-	-	3
フランス	1	-	-	6	-	-	7
イタリア	1	2	-	1	-	-	4
日本	3	10	-	1	-	1	15
リトアニア	-	-	-	-	2	-	2
ロシア連邦	2	-	-	-	-	-	2
スペイン	-	1	-	-	-	-	1
スウェーデン	-	3	-	-	-	-	3
米国	6	3	-	1	-	1	11
<b>合計</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>53</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	8	5	-	2	-	-	15
オランダ	-	1	-	-	-	-	1
スペイン	1	-	-	1	-	-	2
ウクライナ	-	-	-	-	3	-	3
英国	-	-	-	20	-	-	20
米国	8	3	-	1	-	-	12
<b>合計</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>56</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>35</b>	<b>28</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>109</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>302</b>	<b>99</b>	<b>32</b>	<b>47</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>487</b>

参加国数	31
参加電気事業者数 <sup>2</sup>	74
参加当局数 <sup>3</sup>	28

<sup>2</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>3</sup>2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
- ・ 保全作業／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

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

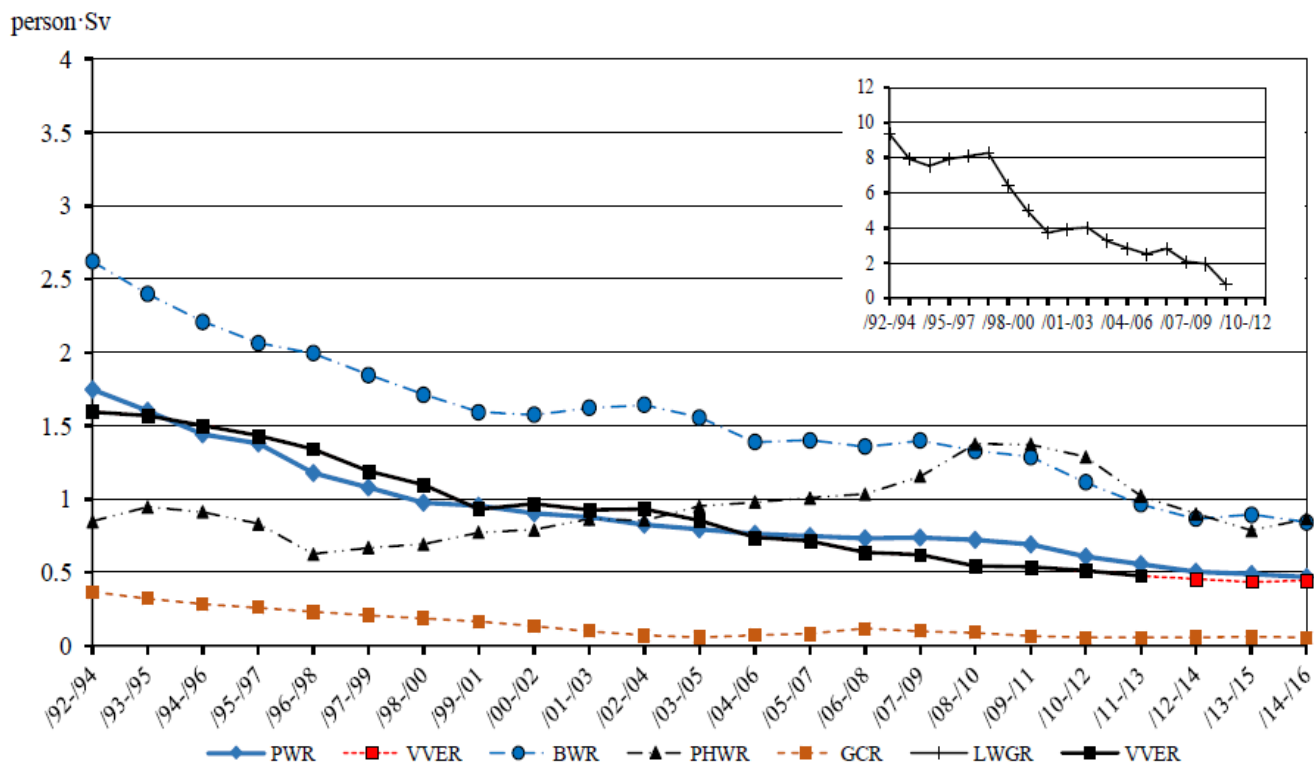
#### a) 原子炉型式別の世界的な傾向

図 1 は、1992～2016 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。

PHWR の 2009 年～2012 年における年間集団線量の 3 カ年移動平均が増加傾向にあるが、これはポイント・プロー、ブルース A の 1 及び 2 号機、月城を含む CANDU 炉における大規模な改修作業及び、ブルース 3 及び 4 号機における運転再開によるものである。CANDU 炉における主な改修作業は、原子炉の寿命延長を目的とする作業の一環としてのフィーダー管及びその他部品の交換が含まれる。ダーリントン 2 号機では、2016 年～2018 年の間、CANDU 炉の重要な寿命延長作業の一環としてフィーダー管とその他の部品の大規模交換が開始されるが、この期間は PHWR における年間集団線量の 3 カ年移動平均が、再びさらなる上昇を見せるだろう。

2014 年～2016 年における国別及び原子炉型式別の 1 基あたりの平均年間集団線量は表 2 に、また 2012 年～2014 年及び 2014 年～2016 年における国別及び原子炉型式別の 1 基あたりの年間集団線量の 3 カ年移動平均は表 3 に、それぞれ示されている。これらの結果は主に、2016 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づいている。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、2016 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（1992～2016年、人・Sv/基）



b) 国別の平均集団線量傾向

表2では、過去3年間における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、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。

図2～5は、表2における2016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(2014~2016年、人・Sv/基)

	PWR			VVER			BWR		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
アルメニア				1.01	0.89	1.49			
ベルギー	0.25	0.32	0.29						
ブラジル	0.34	0.33	0.32						
ブルガリア				0.30	0.45	0.36			
カナダ									
中国	0.46	0.52	0.49	0.25	0.26	0.51			
チェコ共和国				0.11	0.14	0.15			
フィンランド				0.42	0.26	0.42	0.32	0.40	0.44
フランス	0.72	0.71	0.76						
ドイツ	0.16	0.18	0.14				1.16	1.11	0.91
ハンガリー				0.39	0.33	0.24			
日本	0.23	0.19	0.16				0.19	0.22	0.16
韓国	0.36	0.36	0.40						
メキシコ							5.91	4.83	2.10
オランダ	0.23	0.22	N/A						
パキスタン	0.60	0.59	0.27						
ルーマニア									
ロシア連邦				0.62	0.56	0.51			
スロバキア共和国				0.14	0.18	0.16			
スロベニア	0.11	0.79	0.52						
南アフリカ	0.28	1.09	0.24						
スペイン	0.39	0.38	0.44				0.29	2.47	0.20
スウェーデン	0.72	0.68	0.36				0.94	0.83	0.55
スイス	0.26	0.57	0.36				1.23	1.23	1.02
ウクライナ				0.48	0.55	0.55			
英国	0.37	0.05	0.55						
米国	0.51	0.44	0.31				1.09	1.22	0.98
平均	<b>0.49</b>	<b>0.48</b>	<b>0.44</b>	<b>0.44</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.89</b>	<b>0.95</b>	<b>0.69</b>

	PHWR			GCR		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
カナダ	0.90	0.83	1.14			
韓国	0.37	0.43	0.65			
パキスタン	2.01	1.84	1.48			
ルーマニア	0.30	0.19	0.43			
英国				0.08	0.07	0.02
平均	<b>0.81</b>	<b>0.76</b>	<b>1.02</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</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(2014年~2016年：GCR)、日本(2014年~2016年)、韓国(2016年)、ドイツ(2016年：PWR)  
中国のBWRの線量には、ISOE データベース上の7基のみが含まれる。

	2014	2015	2016
世界平均	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>	<b>0.52</b>

図 2 2016 年における国別の PWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

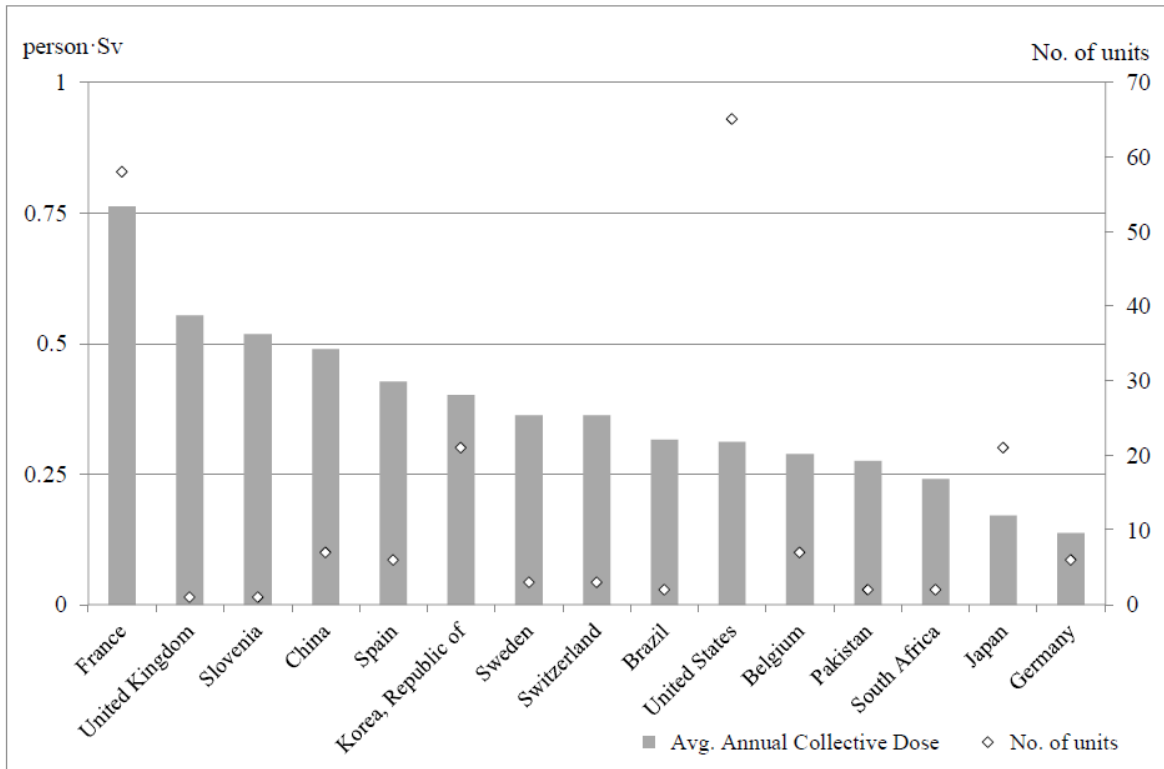


図 3 2016 年における国別の VVER 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

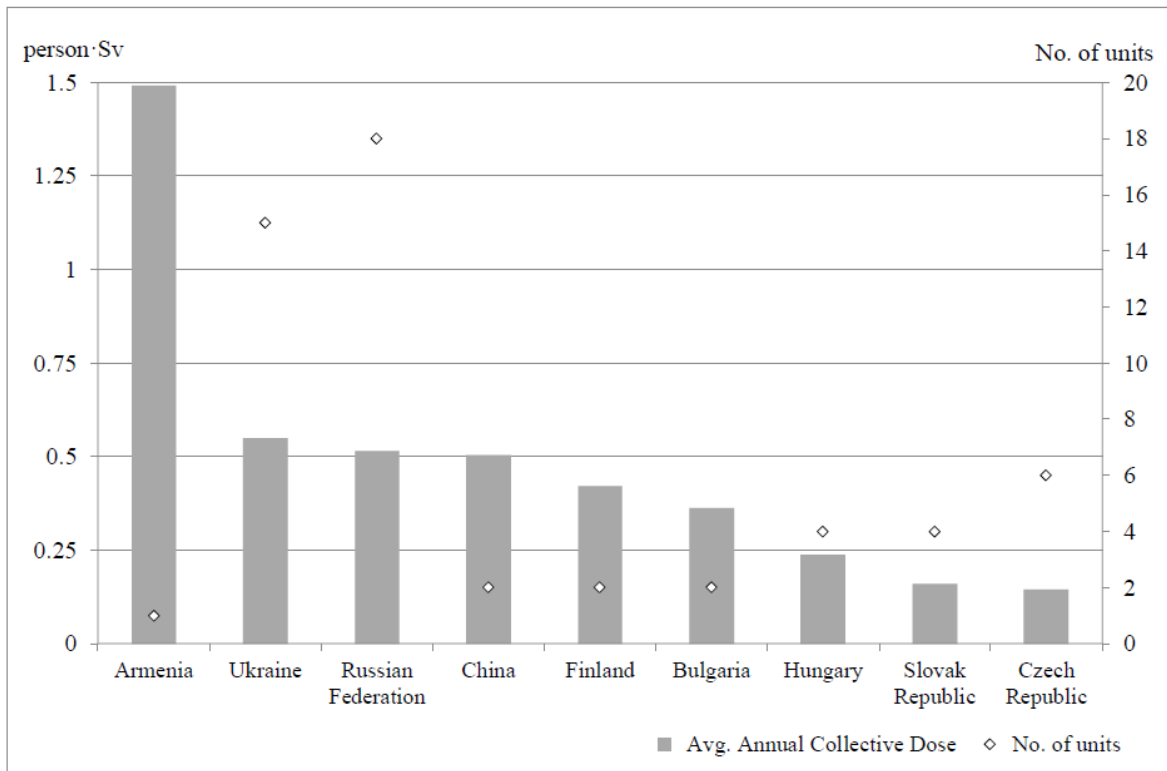


図 4 2016 年における国別の BWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)

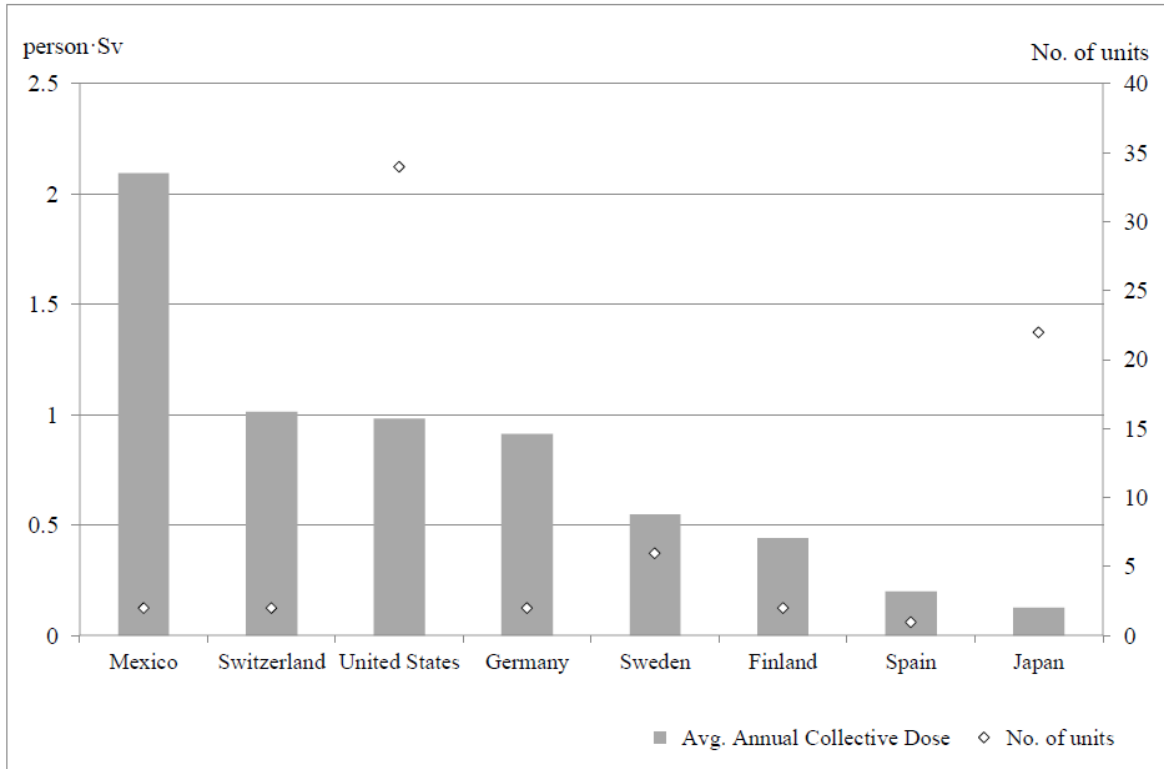
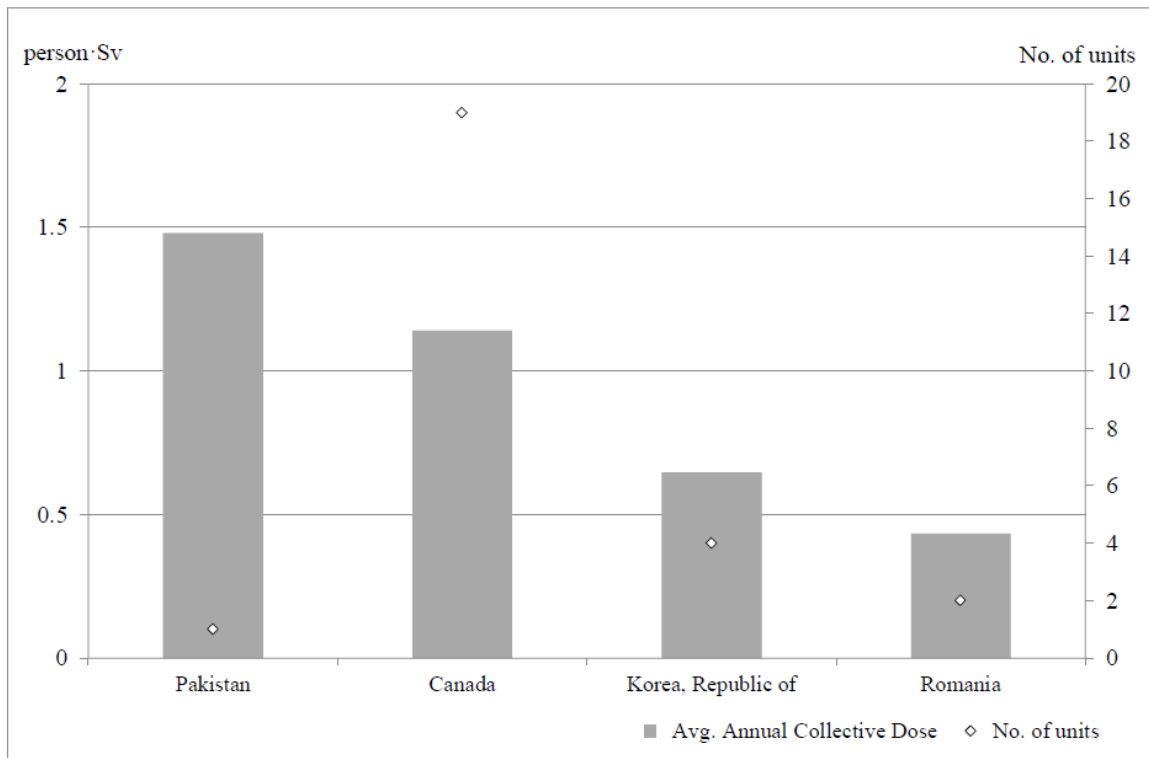


図 5 2016 年における国別の PHWR 1 基当たりの平均集団線量(人・Sv/基)



c) 国別の3カ年移動平均集団線量傾向

表3では、2012年～2014年及び2014年～2016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、2003年～2016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(2012～2014年及び2014～2016年、人・Sv/基)

	PWR			VVER			BWR		
	/12-/14	/13-/15	/14-/16	/12-/14	/13-/15	/14-/16	/12-/14	/13-/15	/14-/16
アルメニア				0.88	0.87	1.13			
ベルギー	0.26	0.26	0.28						
ブラジル	0.30	0.38	0.33						
ブルガリア				0.23	0.32	0.37			
カナダ									
中国	0.59	0.61	0.49	0.24	0.25	0.34			
チェコ共和国				0.12	0.13	0.13			
フィンランド				0.51	0.32	0.37	0.33	0.35	0.39
フランス	0.73	0.74	0.73						
ドイツ	0.23	0.22	0.16				1.11	1.12	1.06
ハンガリー				0.45	0.41	0.32			
日本	0.21	0.22	0.20				0.23	0.21	0.18
韓国	0.44	0.42	0.37						
メキシコ							3.62	3.81	4.28
オランダ	0.46	0.43	0.22						
パキスタン	0.40	0.57	0.49						
ルーマニア									
ロシア				0.58	0.56	0.56			
スロバキア共和国				0.15	0.15	0.16			
スロベニア	0.78	0.75	0.47						
南アフリカ	0.45	0.56	0.54						
スペイン	0.42	0.39	0.40				0.93	1.67	0.99
スウェーデン	0.59	0.64	0.59				0.77	0.83	0.77
スイス	0.35	0.39	0.40				1.28	1.19	1.16
ウクライナ				0.53	0.52	0.53			
英国	0.26	0.27	0.32						
米国	0.49	0.44	0.42				1.16	1.19	1.10
平均	<b>0.50</b>	<b>0.49</b>	<b>0.47</b>	<b>0.45</b>	<b>0.44</b>	<b>0.44</b>	<b>0.87</b>	<b>0.89</b>	<b>0.84</b>

	PHWR			GCR		
	/12-/14	/13-/15	/14-/16	/12-/14	/13-/15	/14-/16
カナダ	1.00	0.86	0.96			
韓国	0.50	0.43	0.48			
パキスタン	1.67	1.85	1.78			
ルーマニア	0.34	0.25	0.31			
英国				0.06	0.06	0.06
平均	<b>0.90</b>	<b>0.78</b>	<b>0.87</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>

	/12-/14	/13-/15	/14-/16
世界平均	<b>0.55</b>	<b>0.53</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3の注記を参照)。



図 6 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(1)

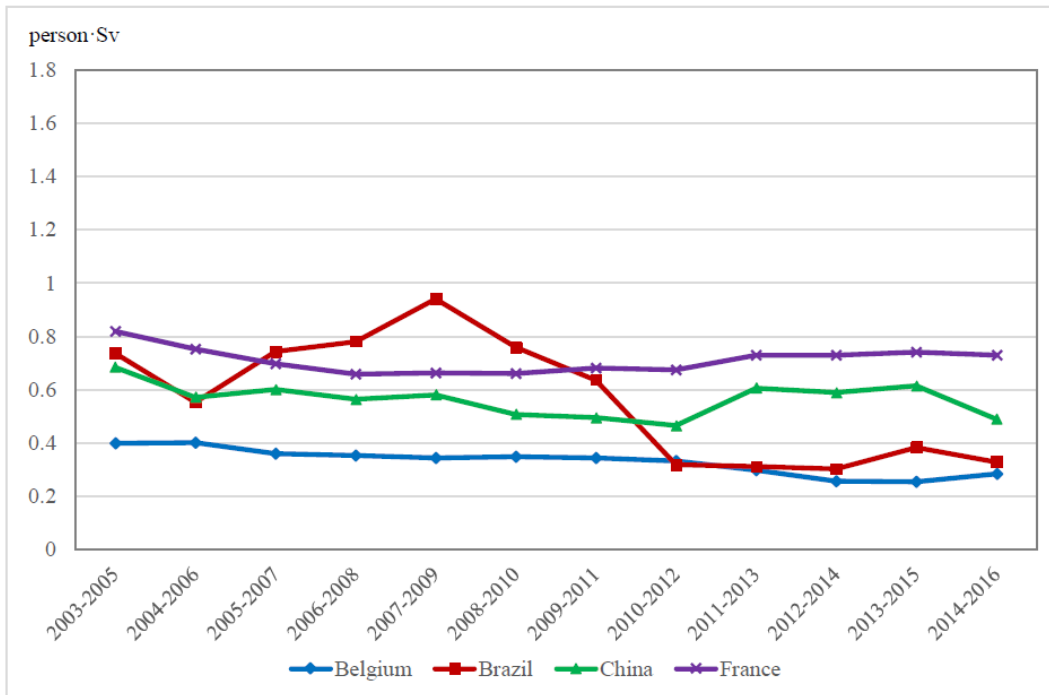


図 7 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(2)

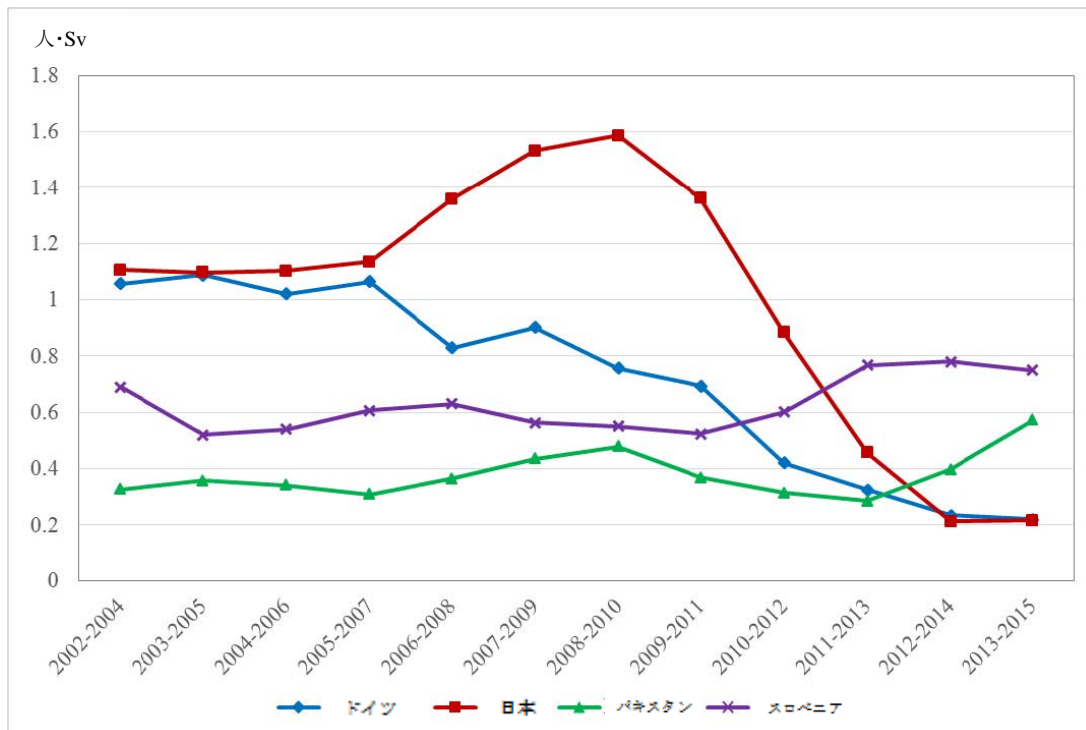


図 8 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(3)

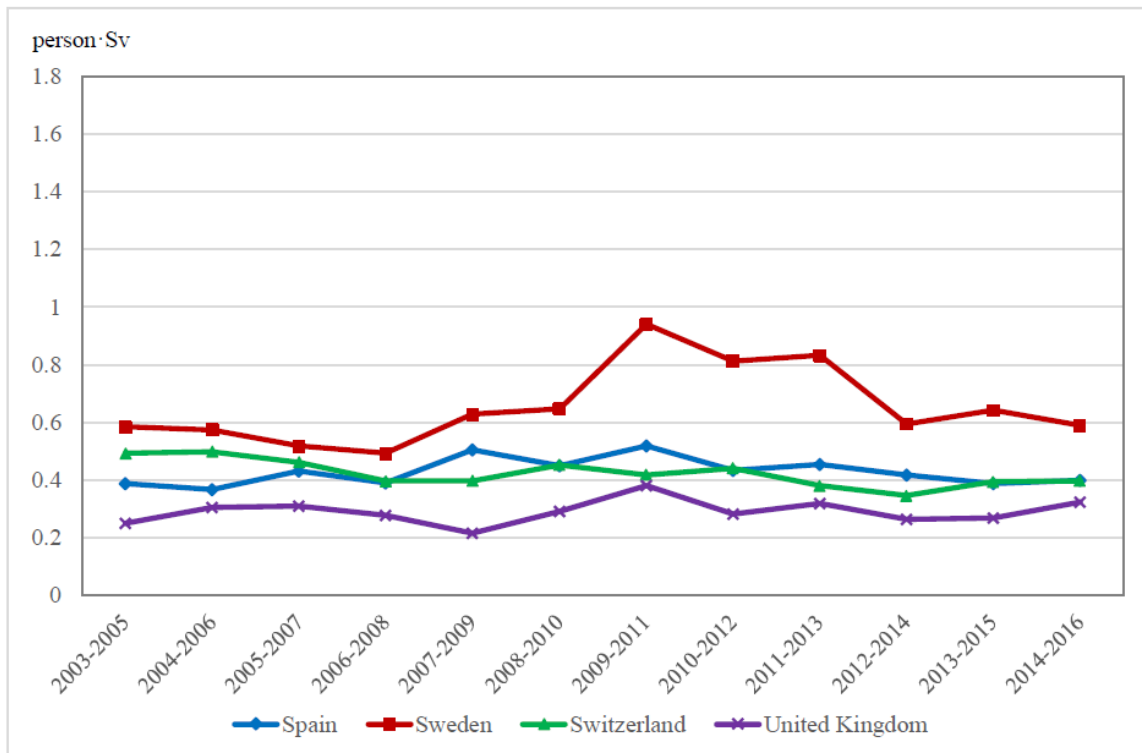


図 9 2002 年～2016 年における国別の PWR の平均集団線量(4)

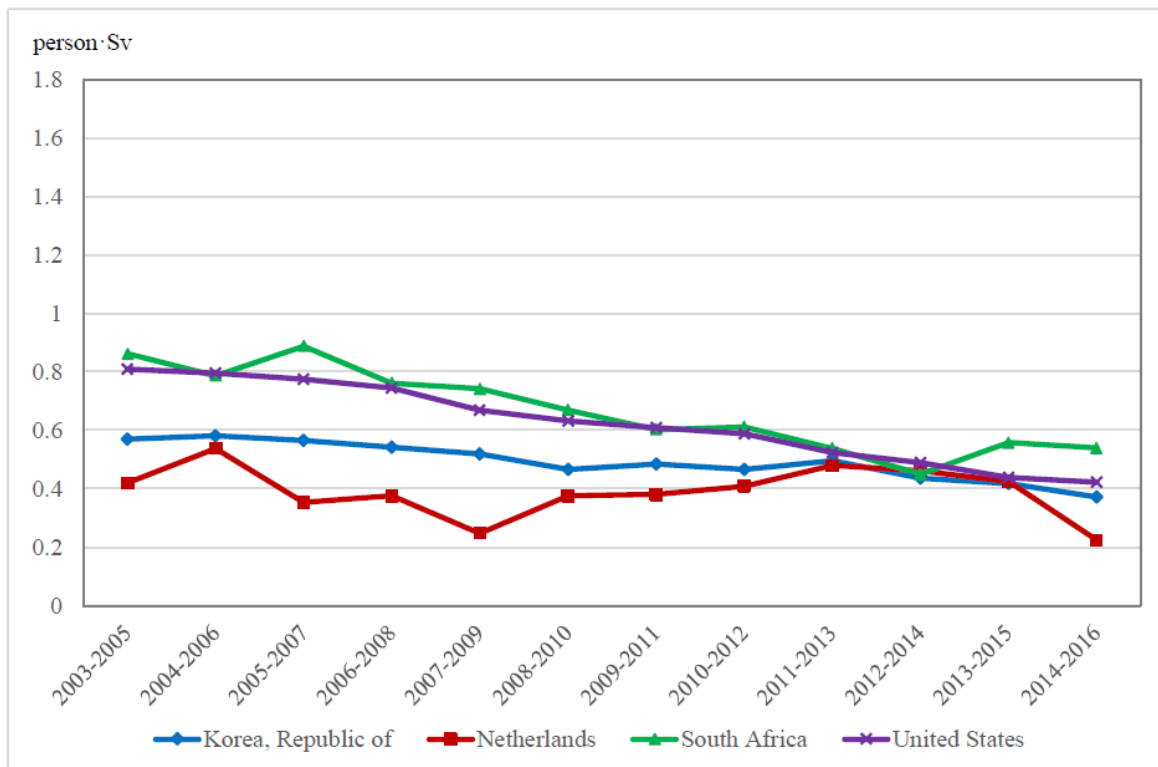


図 10 2002 年～2016 年における国別の VVER の平均集団線量(1)

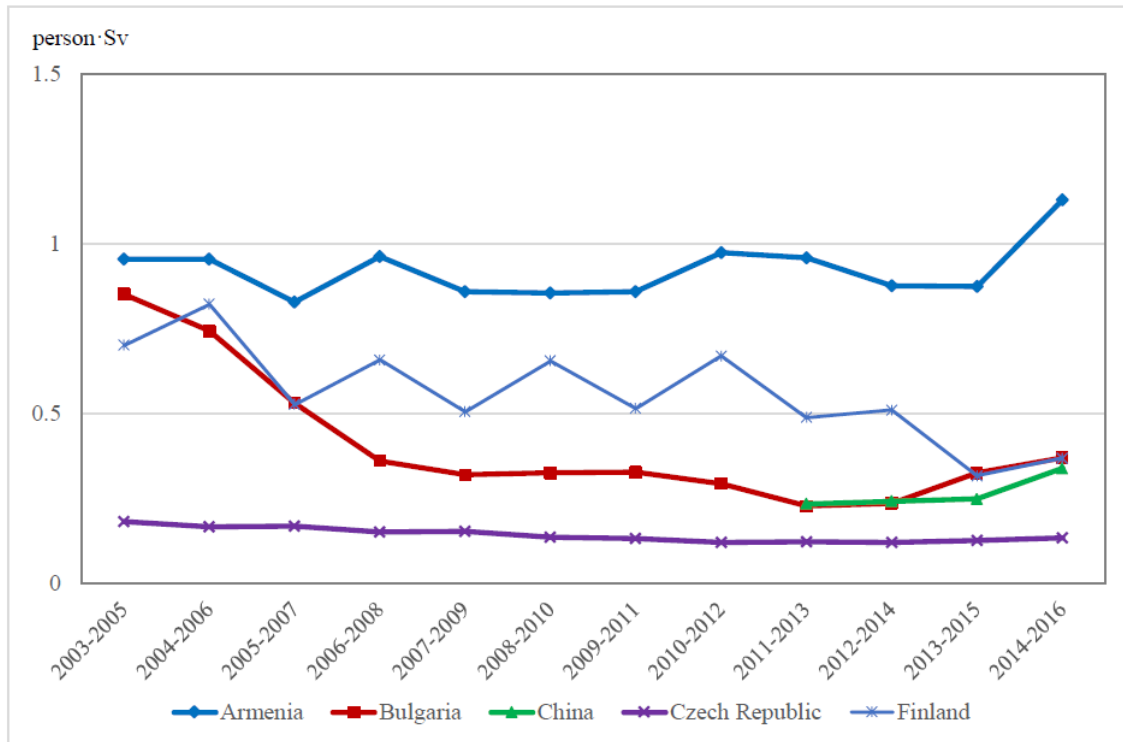


図 11 2002 年～2016 年における国別の VVER の平均集団線量(2)

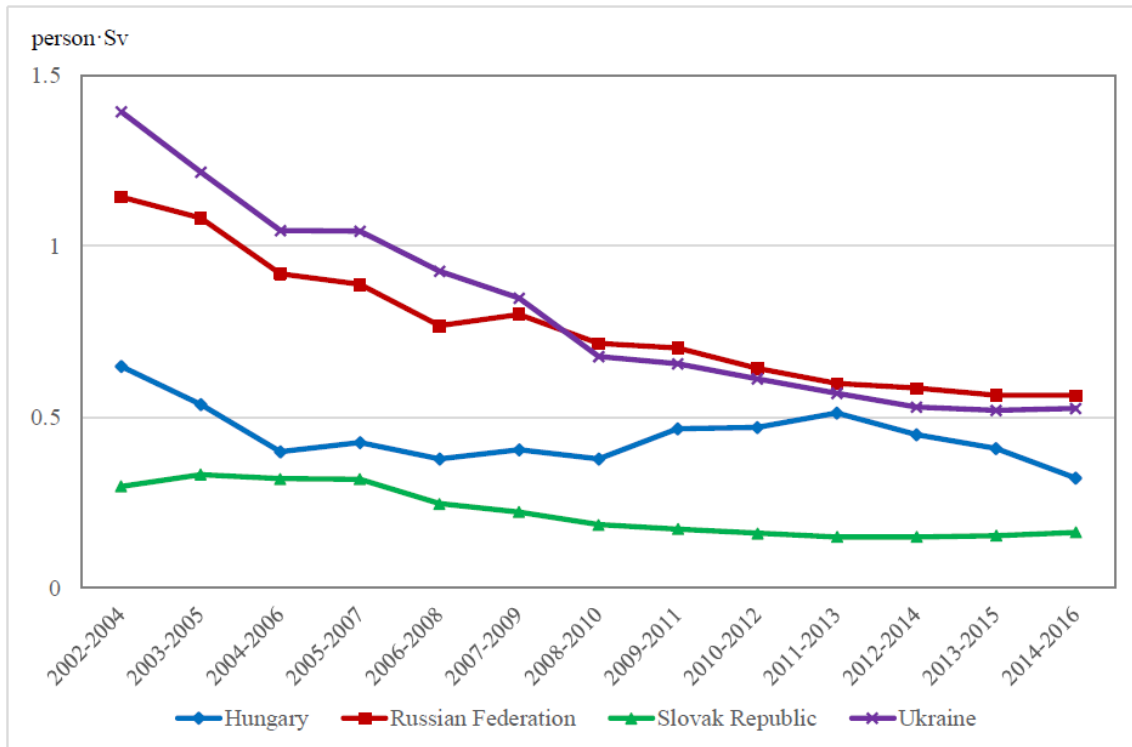


図 12 2002 年～2016 年における国別の BWR の平均集団線量(1)

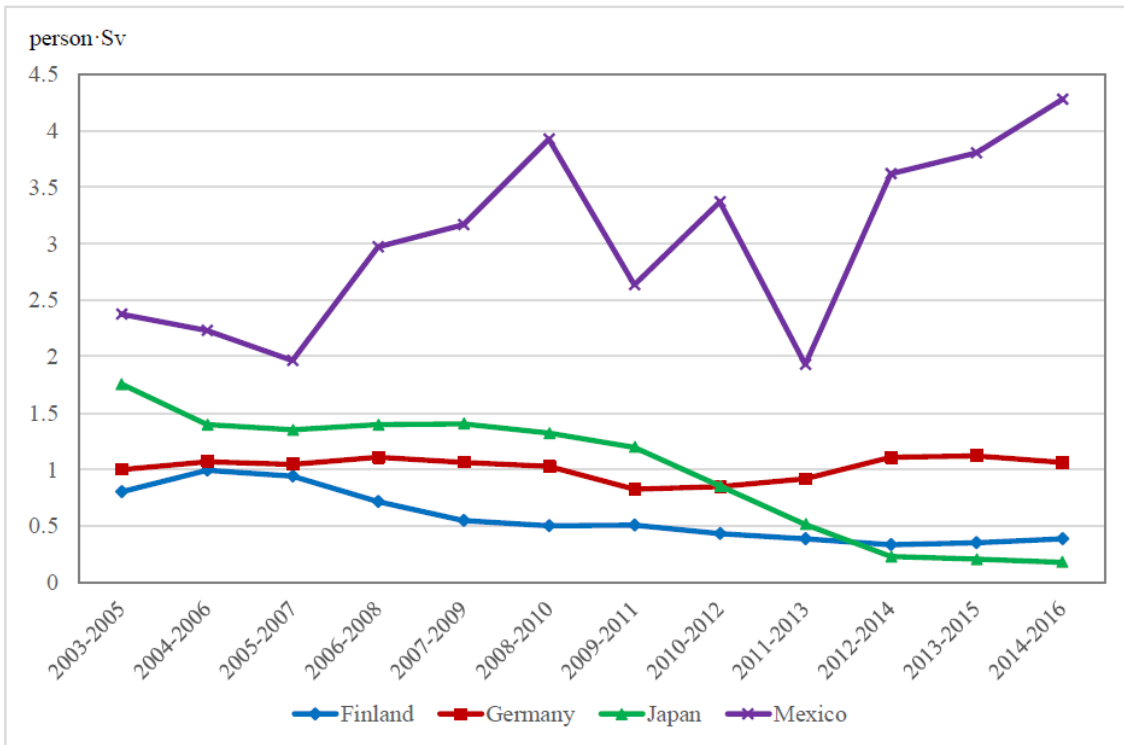


図 13 2002 年～2016 年における国別の BWR の平均集団線量(2)

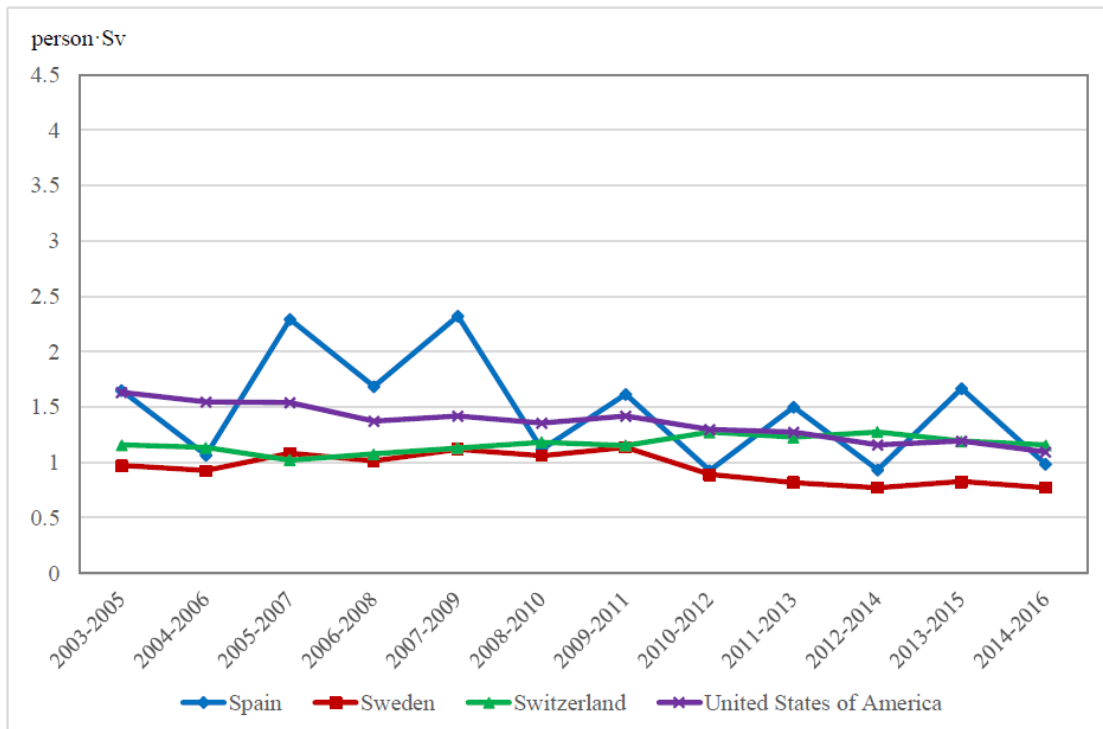
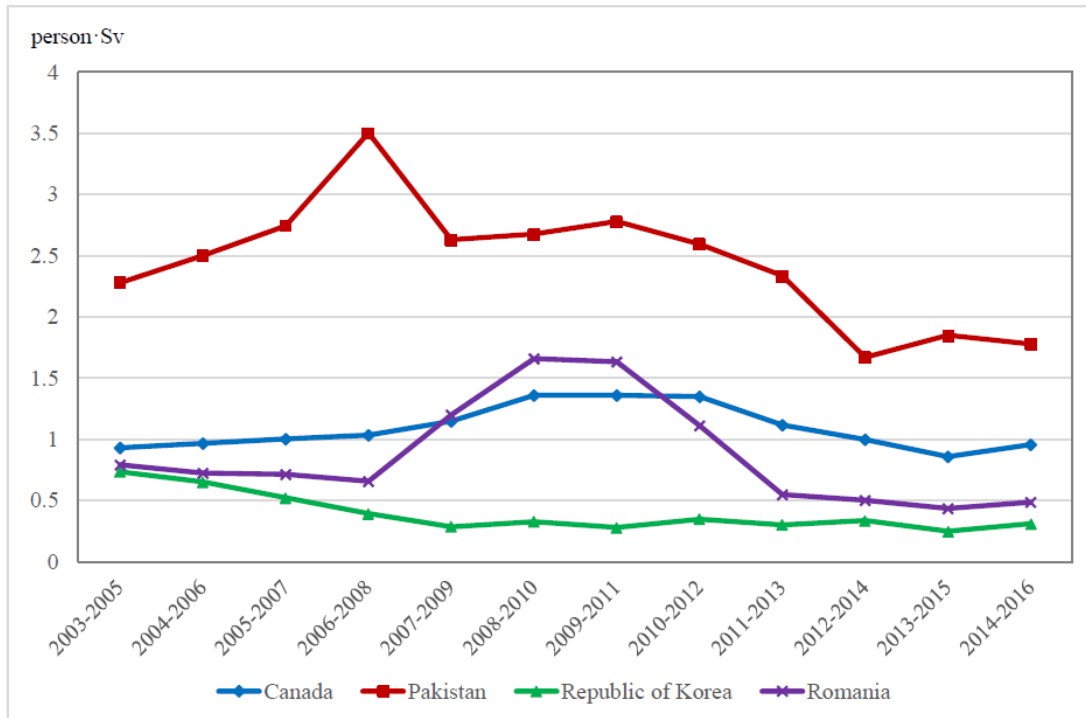


図 14 2002 年～2016 年における国別の PHWR の平均集団線量(2)



## 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 117 基からの線量データが含まれている。本セクションでは、2014～2016 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。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 2016 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 2014～2016 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)で適宜補完したものに基づいている。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 2014～2016 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)(2014~2016年)

		2014		2015		2016	
		基数	線量	基数	線量	基数	線量
PWR	フランス	1	88.8	1	73.3	1	51.0
	ドイツ	7	76.4	8	80.0	2	83.0
	イタリア	1	7.3	1	17.8	1	34.2
	日本					3	88.0
	スペイン	1	591.3	1	438.4	1	730.7
	米国	10	83.4	12	121.5	8	78.0
	平均	20	102.8	23	114.2	16	116.9
VVER	ブルガリア	4	1.8	4	5.5	4	8.3
	ロシア連邦	2	44.7	2	69.4	2	52.5
	平均	6	16.1	6	26.8	6	23.1
BWR	ドイツ	5	61.9	5	73.0		N/A
	イタリア	2	17.4	2	40.0	2	24.4
	日本*	2	28.0	2	44.0	4	154.0
	オランダ	1	0.0	1	0.0		N/A
	スペイン	1	102.0	1	119.9	1	76.1
	スウェーデン	2	3.9	2	8.4	3	19.3
	米国	3	60.6	5	111.1	4	41.0
平均	16	43.2	18	68.0	14	68.8	
GCR	フランス	6	23.3	6	20.0	6	5.4
	ドイツ	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	イタリア	1	7.7	1	0.4	1	73.6
	日本	1	0.0	1	0.0	1	10.0
	スペイン	1	0.0	1	0.0	1	0.0
	英国	19	52.0	20	90.2	20	36.5
	平均	29	39.7	29	39.2	39	64.1
PHWR	カナダ	3	36.3	4	1.8	3	0.7
LWGR	リトアニア	2	304.4	2	342.7	2	305.4
LWCHWR	日本	1	29.8	1	45.82	1	111.88

\*福島第一NPPを除く

図 15 2012 年～2016 年における国別の PWR の平均年間集団線量

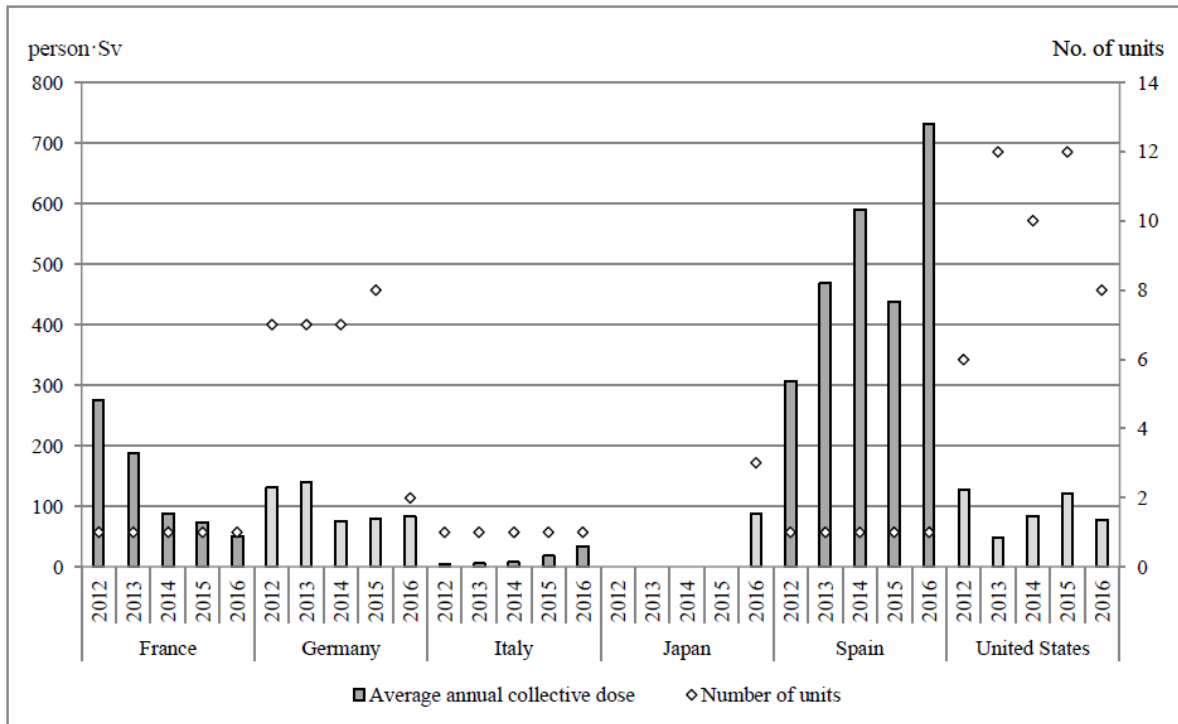


図 16 2012 年～2016 年における国別の VVER の平均年間集団線量

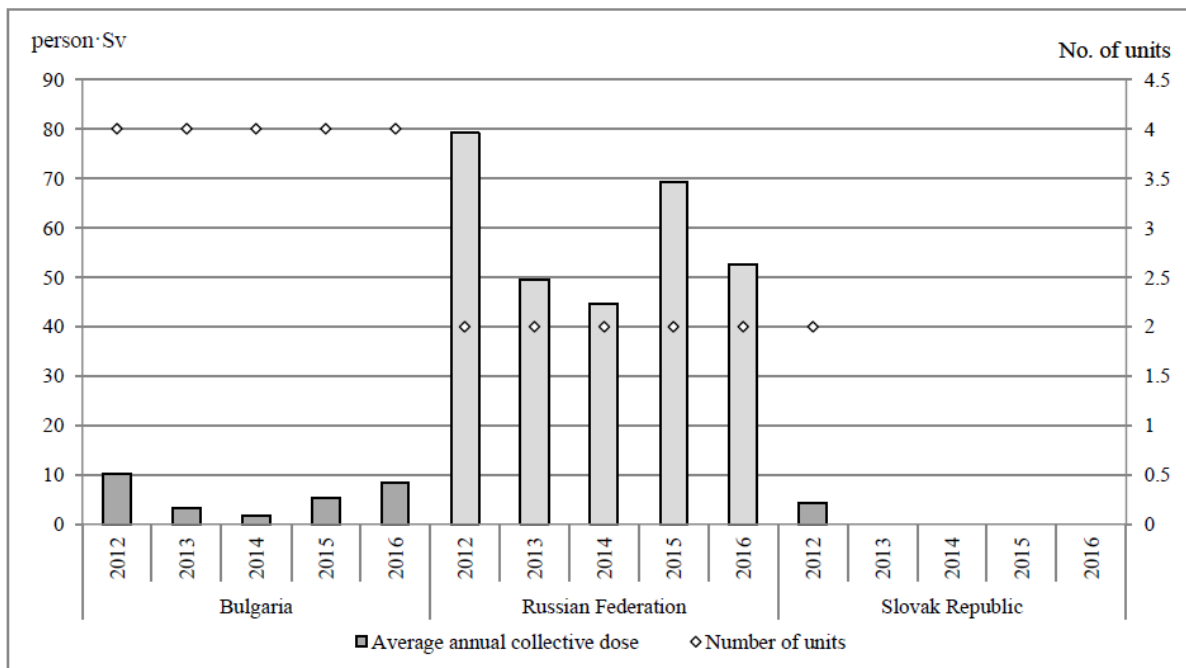


図 17 2012 年～2016 年における国別の BWR の平均年間集団線量

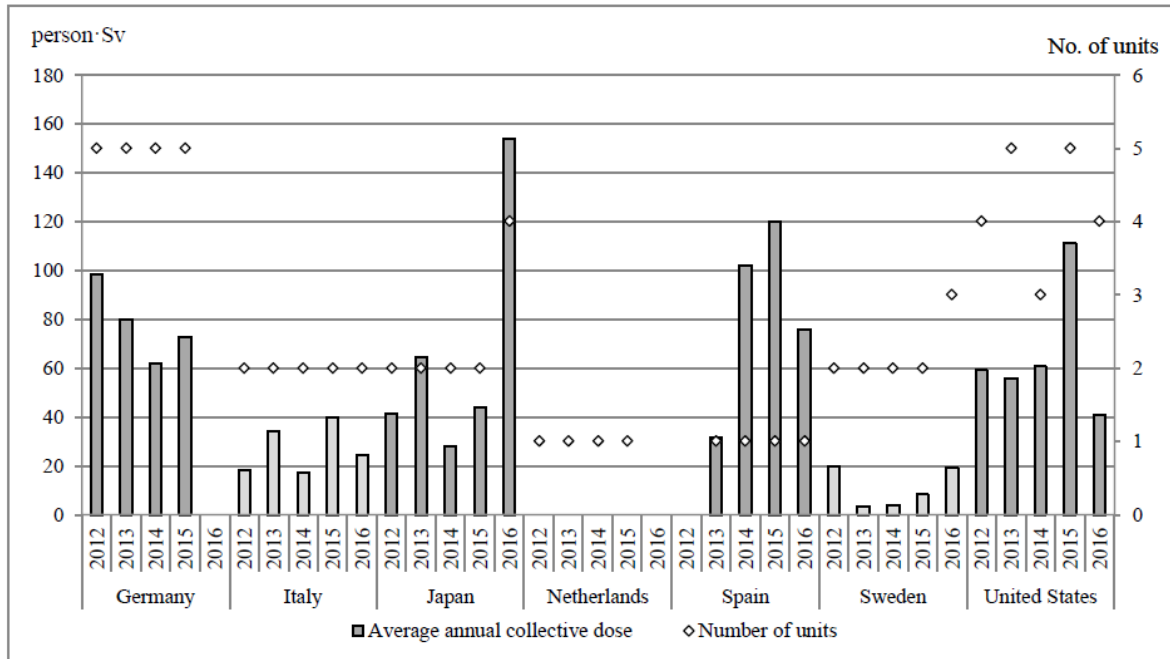
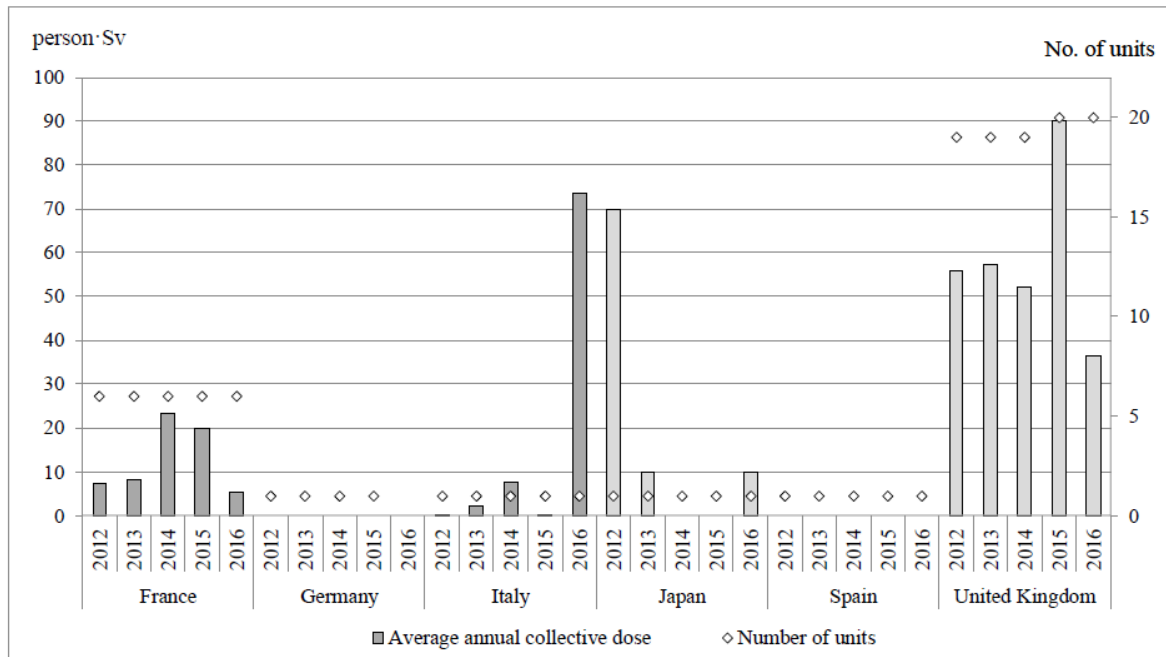


図 18 2012 年～2016 年における国別の GCR の平均年間集団線量





### 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、2016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、2016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。

## アルメニア

### 1) 2016 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	1491,341
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	N/A

### 2) 2016 年主要事象

#### 停止情報

2016 年における集団線量の主な原因は、計画停止であった。アルメニアの NPP における線量測定傾向は 2015 年と比較して増加しているが、これはプラントの寿命延長活動の実施によるものである。

#### 2016 年の停止時集団線量

停止番号	停止日程	職員集団線量(人・mSv)		
		ANPP		外部作業員
		計画	実際に受けた線量	実際に受けた線量
2016	2016 年 9 月 19 日～ 2016 年 11 月 25 日	1469	1043,067	214,952

#### 2016 年の停止時最大個人線量

停止番号	停止日程	最大個人線量(mSv)	
		ANPP	外部作業員
2016	2016 年 9 月 19 日～ 2016 年 11 月 16 日	25,888	13,474

25.888 mSv という線量は、2016 年に実施された ANPP 設備の寿命延長作業(伸縮マストの交換、制御・保安装置の稼働、及び上部ユニット、バスケット、保護チューブ、ピット底部、原子炉容器)に従事した作業員が受けたものである。

#### - 組織の変化

アルメニアの NPP において ALARA 原則をさらに遂行するため、「2016 年アルメニア NPP 放射線防護プログラム」が開発された。本プログラムでは、NPP 作業員に対する放射線影響の最小化及び効果的な放射線防護の確保のための目標や課題が設定されている。

課題は以下の通り:

- 年間職員集団線量が1,771人・Svを超えないこと。

- 停止時の職員集団線量が1,521人・Svを超えないこと。
- 年間個人線量が20 mSvを超えないこと。

## ベルギー

### 1) 2016 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	290

### 2) 2016 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

- 2014 年及び 2015 年は、ドールとチアンジュにおいてイオン交換樹脂の処理に関する認可の更新が必要であった。そのため、イオン交換樹脂のような廃棄物の処理活動は実施されなかった。ドールでも、コンセントレータに関して同様の状況が発生した。
- ドール 1 及び 2 号機及びチアンジュ 1 号機の長期運転(10 年延長)のため、より大規模な原子炉停止が実施された。
- 2016 年 9 月 7 日からチアンジュ 1 号機において計画外停止が実施された。これは、コンクリートの割れ目にグラウチングを実施したことで、非常給水系が使用不可になったためである。
- 集団線量の詳細(停止情報):

2016	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	9/23- 10/22	4/9 - 6/19	10/14 12/7	- /	4/30 - 8/13	/	9/11 10/29
停止中 人・mSv	152.6	254.8	394.4	0.0	644.4	0.0	218.2
合計 人・mSv	481.6		422.2	15.4	824.9	42.2	240.2

- 新規又は試験的な線量低減プログラム

- 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)
- ドールにて、新たな線量測定サポートソフトウェアを先進的に導入した。2017 年にはチアンジュでも導入する予定である。

- 組織の変化

- ドールにおいて、個人電子線量計の交換が完了した。
- 両サイトにおいて、新たな RP 協力者が数名雇用され訓練されている。

- 規制要件

- 国家安全当局は、電離放射線防護に関する基礎的な規制の修正を提案した。この提案の中では、特に欧州の RPO と ROE の概念を、ベルギーの規制に転換させることが記載されている。

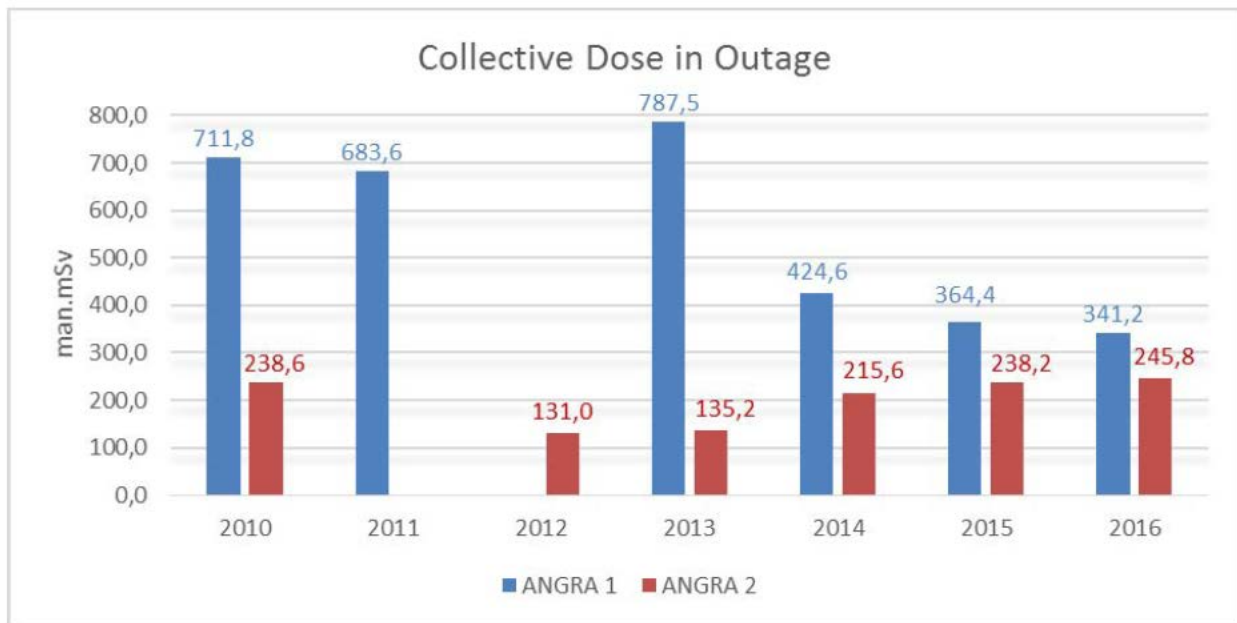
## ブラジル

### 1) 2016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	631.165 (アングラ 1: 367.017 アングラ 2: 264.148)

### 2) 2016年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象



ユニット	停止期間	停止情報
アングラ 1	33	燃料取替及び保守作業
アングラ 2	35	燃料取替及び保守作業

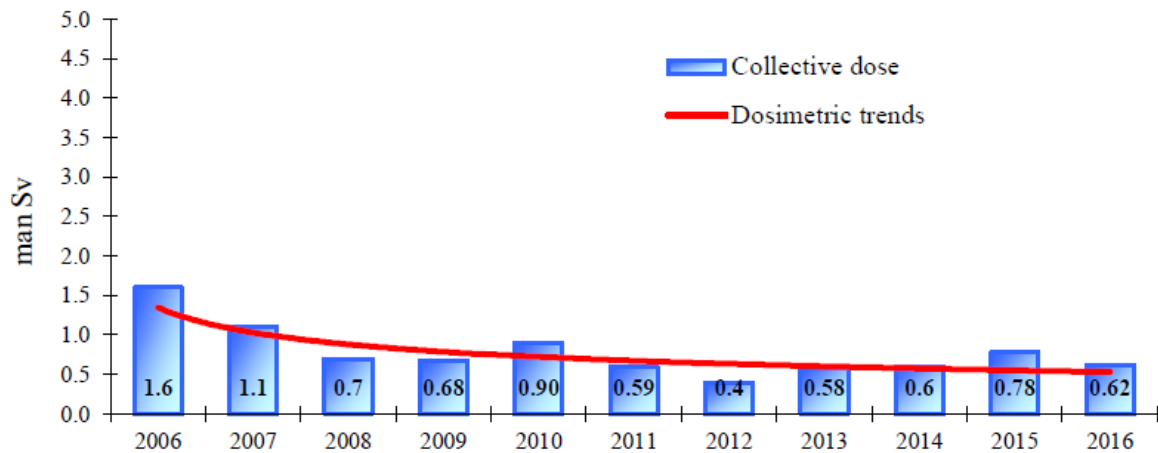
## ブルガリア

### 1) 2016 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	293
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	8.3

### 2) 2016 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象



ユニット番号	停止期間(日)	その他情報
5 号機	38 日	燃料取替及び保守作業
6 号機	41 日	燃料取替及び保守作業

2016 年における作業員の被ばくの主な原因は、停止時作業である。2016 年も引き続き、数年前から継続している 5 号機と 6 号機における熱出力の向上、及び寿命延長を目的とした改修作業を実施した。これらの活動の多くは RCA 内の系統や部品に関するもので、集団線量の原因となった。以下がその例である。

- 寿命延長プロジェクトに関する、系統及び部品の調査
- 蒸気発生器の分離系統の最新化
- 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

2016年におけるRCA内の作業範囲は2015年と同じであったが、2016年は2015年度の経験が活かされたため、集団線量が低かった。

停止時作業が、2016年の合計集団線量の90%を占めている。5号機と6号機の停止時に受けた線量は、ほぼ同程度であった。

## カナダ

### 1) 2016 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	900
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	1*

\*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。停止中原子炉 3 基は、ピッカリング 2 号機と 3 号機、及びジェンティリー2 号機である。

### 2) 2016 年の主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

- 2016 年における 19 基の運転中ユニットでは 17.08 人・Sv であった。
- 2016 年における 1 基あたりの平均年間線量は 0.90 人・Sv であった。

運転中の原子炉について、2016 年の 1 基当たりの合計集団実効線量及び平均集団線量は、2015 年からわずかに(約 8%)増加した。しかし、線量測定傾向は 2010 年から一定に保たれている。年間線量が増加した理由は、19 基の運転中原子炉の安全と効率的な運転を確保するため、プラント管理の焦点を大規模改修及び改良に当てたためである。また 2016 年は、過去にブルース 1 及び 2 号機、及びポイント・ルプローでも実施された給水管の大規模改修作業が、ダーリントン 2 号機で実施されたことも注目すべき点である。

2016 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。ジェンティリー2 号機の年間線量は、運転中ユニットの線量とは別に、報告されている。

2016 年の集団線量は約 74%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。作業員が受けた線量の約 26%は内部被ばくであるが、その主な原因はトリウムである。

カナダの原子力発電所(NPP) 19 基において、線量低減イニシアティブを実行し、また業務計画及び管理を改善させたことにより、職員の線量が引き続き合理的に達成可能な限り低く(ALARA)維持された。NPP 作業員の年間実効線量の分布を見ると、作業員の約 85%が 1mSv 未満の年間実効線量を受けていることがわかる。

#### ブルース原子力発電所 A



2016 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。2016 年は、ブルース A の 1～4 号機で 268 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、Grayloc 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。2016 年の内部線量は、2015 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 2016 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と、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。

2016 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 0.325 人・Sv であった。また、保守停止による線量は 4.121 人・Sv であった。ブルース A の 1～4 号機における合計集団線量は 4.446 人・Sv であり、平均集団線量は 1.111 人・Sv/基となった。

### ブルース原子力発電所 B

2016 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 91%を占める。日常の運転による線量は、発電所の合計集団線量の約 9%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 0.468 人・Sv であった。また、2016 年の停止期間中の線量は 4,864 人・Sv であった。合計集団線量は 5.332 人・Sv であったため、平均集団線量は 1.333 人・Sv/基となった。

### ダーリントン 1～4 号機

2016 年、ダーリントン原子力発電所では、4 基すべてが運転し、合計 10 件の停止が実施され、停止期間は計 134.9 日間であった。停止期間中の活動による線量が、ダーリントンの合計集団線量の約 84%を占めている。これは、2015 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。計画停止における作業範囲には以下が含まれている：

1. 3 号機:PHT の切断と仕上げ、ACU コイルの交換、電離箱の交換、PHT 加圧器加熱器ガスケットの交換
2. 4 号機:フィーダー点検、遮蔽タンクの過圧保護の改良、圧力管付着物の削り取り、減速材の値の改修
3. 4 号機:ボイラー点検、ACU コイルの点検及び交換、PHT の値のメンテナンス、真空建屋の点検

ダーリントン2号機では、2016年10月15日に改修停止が実施され、フィーダー管及びその他部品の交換が行われた。したがって、2016年に実際に運転していたユニット数は3.78基となる。2016年は、予定されていた1071日間の改修停止のうち、2号機の停止が76日間であった。2016年は、480本の燃料チャンネルのうち、433本において燃料の取り出しが行われた。

内部線量は合計集団線量の約 16%で、2015 年の 20%からわずかに低下した。

ダーリントン 1～4 号機では、日常運転による線量が 0.495 人・Sv であった。日常の運転による集団

線量は、合計集団線量の16%を占める。合計停止時線量は2,600人・Svであった。2016年の内部線量は0.519人・Svで、外部線量は2,576人・Svであったため、平均集団線量は0.774人・Sv/基となった。

### ピッカリング原子力発電所

2016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405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約87%、日常の運転による線量が約13%を占めている。

内部被ばく線量が合計集団線量の約15%を占めている。この微減の要因は、停止中の作業範囲とタイプであると考えられる。

2016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0.834人・Svであった。

運転中ユニットの停止時集団線量は4.802人・Svであった。合計線量は5.635人・Svであったため、平均集団線量は0.939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、運転中のピッカリング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。2016年のポイントプローは、72日間の計画保守停止を除き、全て運転していた。2016年10月6日～9日にかけて、計画外停止が実施された。停止中の活動による集団線量が、ポイントプローの合計集団線量の80%を占めた。主な計画停止時作業は以下の通りである：

1. 燃料取替機のブリッジの保守作業(ボールねじの交換を含む)
2. ボイラーの渦電流探傷試験
3. 燃料チャンネルの付着物取り除き
4. 減速材ポンプの回転アセンブリの修理
5. ボイラーの二次側の点検

内部被ばく線量は合計集団線量の約20%であった。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。

2016年の日常の運転による集団線量は、0.199人・Svであり、2016年のポイントプローにおける合計集団線量の約20%を占める。

内部被ばく線量は0.183人・Svで、外部被ばく線量は0.822人・Svであった。合計集団線量は、1,005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、2016 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。2016 年の発電所における集団線量は、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。

2016 年におけるサイトの合計集団線量は 0.208 人・Sv であった。最高個人線量は 0.0085mSv であった。

### 3) 2016 年の最重要事項

#### - 安全関連問題

2016 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、2016 年も引き続き安全貯蔵状態へ移行されている。

#### - 建設中のプラント/停止するプラント

2016 年は、建設中のユニットはなし。

2016 年に停止されたユニットはなし。

### 4) 結論

2016 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、0.90 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、運転中の 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。

職業線量を合理的に達成可能な限り低くする(ALARA)ため、カナダの原子力発電所では遮蔽の向上、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の様々なイニシアティブが実施された。

### 5) 当局による報告

規制の更新:

カナダの原子力発電所(NPP)で実施された放射線防護プログラムは、適用されるすべての規制要件を満たしており、職員及び公衆の線量は規制の線量限度未満を維持していた。

## 中国

### 1) 2016 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	31	346.62
VVER	2	505.00
PHWR	2	504.69
全種類	35	364.70

#### - 2016 年の職業線量概要

原子炉型式	原子炉の基数	合計集団線量	1 基当たりの平均線量
PWR	31	10.745 人・Sv	0.35 人・Sv/基
VVER	2	1.010 人・Sv	0.51 人・Sv/基
PHWR	2	1.009 人・Sv	0.50 人・Sv/基

2016年の中国の原子力群(PWR31基、VVER2基、PHWR2基)における合計集団線量は、12.764人・Svであった。その結果、平均集団線量は0.36人・Sv/基となった。2016年は10mSv(中国の年間線量制限である15mSv以内)を超える線量を受けた個人はいなかった。

運転中の原子力発電所における年間集団線量は、主に停止時のものである。すべての原子力発電所において、設計及び運転中、ALARAプログラムが適切に実施されている。1基あたりの平均年間集団線量は2015年と比較して若干変化したが、低い水準に保たれていた。

### 2) 2016 年主要事象

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2016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。

7基の新たなPWRユニット(紅沿河4号機、寧徳4号機、福清3号機、陽江3号機、昌江2号機、防城港1号機、防城港2号機)が、2016年に商用運転を開始した。35基については、PWR32基の内19基、PHWR2基の内1基、VVER2基の内2基において、燃料取替停止が実施された。

2016年は、中国の原子力及び放射線安全に関する政府及び規制枠組みに関するIAEA総合規制評価サービス(IRRS)が実施された。

#### - 規制要件

- 2016年、原子力発電所設計に関する安全規制(HAF102)が改正及び布告された。
- 2016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」が、

中華人民共和国国務院の承認を得るために提出された。

- 2016 年、全国人民代表大会は中華人民共和国原子力安全法の改正草案に関する世論の募集を終了した。

## チェコ共和国

### 1) 2016 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	146
全種類	6	146

### 2) 2016 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。

NPP、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、溶接時のラジオグラフィー使用を伴う 122 日間の長期保守停止	137
テメリン 2 号機	燃料取替、溶接時のラジオグラフィー使用を伴う 135 日間の長期保守停止	117
ドコバニ 2 号機	燃料取替、溶接時のラジオグラフィー使用、長期 運転(LTO)プロセスを伴う 182 日間の長期保守停 止	182
ドコバニ 3 号機	燃料取替、溶接時のラジオグラフィー使用を伴う 157 日間の長期保守停止	115
ドコバニ 4 号機	燃料取替、溶接時のラジオグラフィー使用を伴う 100 日間の長期保守停止	139

2016 年の集団実効線量は前年と比較して安定していたが、主に全ユニットにおける溶接時の過度なラジオグラフィー使用が原因となり、前年に比べて増加した。集団実行線量の別の原因としては、ドコバニ 2 号機の停止時に実施された二次パイプの溶接が挙げられる。

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 の値は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

2016 年、放射線作業許可ワーキング・グループ(WG)が活動を終了した。改訂された RWP システムが実行された。

放射線汚染事故(PCE)低減 WG は、PCE に対する職員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おり、2016 年も活動が継続された。

- 規制要件

ポスト福島国家行動計画が、テメルン原子力発電所とドコバニ原子力発電所で実行された。

ドコバニ 2 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。

## フィンランド

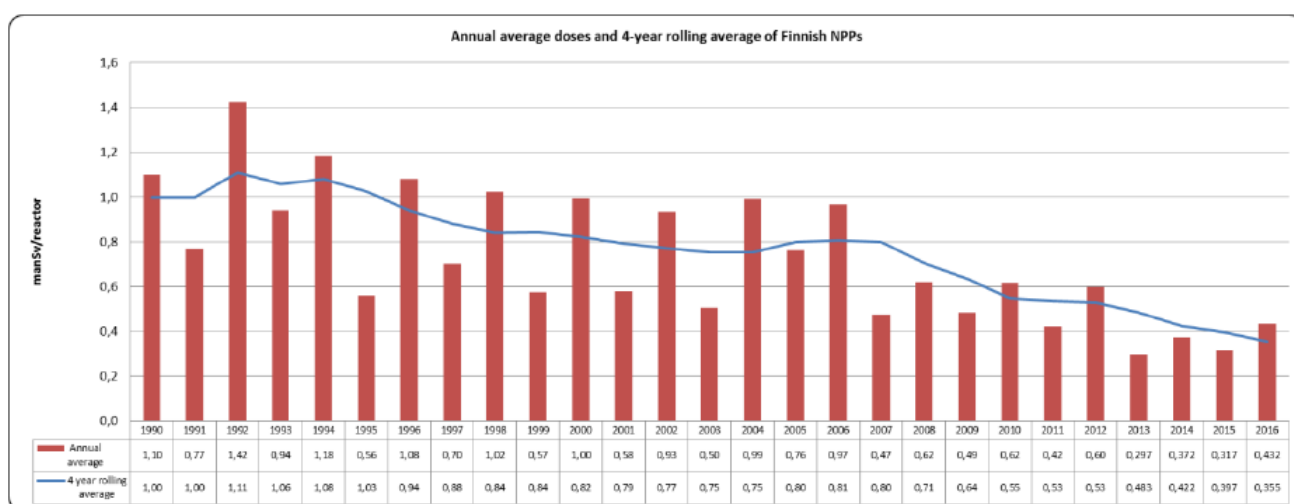
### 1) 2016年線量情報

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	421
BWR	2	442
全種類	4	432

### 2) 2016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。2016年のフィンランドのNPPにおける集団線量(1.726人・Sv)によって、連続した4年間の平均集団線量も減少傾向となった。この減少傾向は、1990年代初頭から続いている。



#### オルキオ原子力発電所

2016年1月、オルキオ1号機においてオフガスモニタの放射能測定値が上昇し、燃料漏れが検出された。この燃料漏れはただちに開故障に繋がり、モニタリングポイントでは冷却材中にNp-239、Sr-92、Cs-134、Cs-137といった放射性同位体の存在が示された。

2016年4月初旬、漏洩した燃料エレメントを取り出すため、追加的な燃料取替停止として原子炉を停止する決定が下された。漏洩を起こした3本の燃料集合体が、炉心から取り出された。これらの燃料集合体は3年間炉内に装荷され、同タイプ及び同時期に納入されたものである。集団線量は0.025人・Svであった。

全出力レベルに達してから9日後、オルキオ1号機のオフガスシステムで放射能測定値の上昇が検知



された。原子炉冷却材のサンプルが採集され、新たな燃料漏れが確認された。5月に実施された定期停止において、燃料漏れを起こした3本の燃料集合体が炉心から取り出された。これらの燃料集合体は3年間炉内に装荷されていた。これらの燃料集合体は、2016年4月に取り出されたものとは別に納入されたものである。これらの燃料漏れ6件は、全てペレット・被覆相互作用 (PCI) による燃料破損である。

オルキルト1号機における21日間の停止時に実施された主な作業は、主循環ポンプの交換とそれに伴う周波数変換器の更新、中性子束校正システムの最新化、低圧スイッチギヤの交換、サブシステムの残留熱除去に影響を与えていた加熱装置の最新化である。原子炉格納容器の気密試験も実施された。集団線量は、0.558人・Svであった。

燃料破損が線量に与えた影響は推定が困難であるが、0.070～0.100人・Svの範囲である。原子炉冷却材に溶け出したウランの量は、約20～25gであった。

オルキルト1号機の定期停止後、タービン建屋の特定の部屋において希ガスとヨウ素 (I-131) が放出された。この原因は、バルブ下流側のフランジにおける漏洩である。漏洩箇所はオフガスモニタリングシステムに位置しており、無事に修理が行われた。フランジ接続部での漏洩により発生した今回の希ガス等の放出は、以前運転中に生じた燃料漏れが原因となり、重大な事象となった。燃料漏れがなければ、フランジ接続部における漏洩は必ずしも検出されるわけではない。本事象は、プラントと環境の放射線安全に影響を与えた。しかし、今回の希ガス等の放出量は、技術仕様で定められた放出限度まで十分な余裕がある。そのため、最も被ばくしたグループの代表者一名について測定した放射線量は、規定の制限値よりも低いと推定される。職員の放射線量も、制限値を下回った。

オルキルト2号機の定期保守停止中には、燃料取替及び定期的な保守作業が実施された。集団線量は0.172人・mSvであった。

### ロビーサ原子力発電所

1号機では、長期点検停止が実施された。停止期間は、約38日間であった。停止時集団線量は0.492人・Svで、その主な原因は一次側の点検、蒸気発生器の内部点検、保守作業、付随する作業 (絶縁作業、足場の組み立て、RP、清掃) である。

2号機では、通常の短期保守停止が約20日間実施され、集団積算線量は0.295人・Svとなった。

ロビーサ1号機の停止時集団線量は、類似の停止や2号機における最低停止時線量と比較して、最も低かった。

ソースタームの軽減: 2012年～2014年の停止時に、両ユニットでアンチモン低減プロジェクトが実施された。プロジェクトでは、一次冷却材ポンプにおいて、アンチモンを使用したガスケットをアンチモンフリーのものに交換した。その結果、放射性アンチモンが減少し、一次計測器付近の線量率が低下した。

### 3) 当局の報告

更新されたIAEA規則及び新たな欧州指令を満たすため、原子力エネルギー法、放射線法、及び新たな規制ガイド(YVLガイド)の更新プロセスが、2016年に開始された。

2016年、ロビーサNPPの定期安全審査が実施された。オルキルオトNPPにおける定期安全審査を含めた運転許可更新が開始された。

フィンランドは、現在1基のNPPを建設中である(オルキルオト3号機)。本ユニットは試運転段階に入っており、2016年4月に事業者が運転許可申請書を提出した。

新たなNPPユニットが建設認可段階にあり(Fennovoima社ピュハヨキ1号機、AES 2006)、フィンランド原子力規制機関(STUK)は、建設許可申請書の最初の部分の審査を行っている。

2015年11月12日、フィンランド政府はオルキルオト原子力発電所の使用済み核燃料のカプセル化プラント及び処分施設の建設許可を与えた。2016年、Posiva社(運転事業者)及びSTUKは、建設作業の準備を行った。

研究炉1基が、廃止措置段階に入った。

## フランス

### 1) 2016 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	760
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	51
GCR	6	3
GCHWR	1	5
SFR	1	3

### 2) 2016 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

2016 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 0.80 人・Sv/基に対し、0.76 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、0.96 人・Sv/基であり、4 ループ原子炉(1300 MWe 及び 1450MWe、24 基)では 0.48 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	22
VD - 10 年毎停止	5
停止なし	9
強制停止	1

#### 具体的な活動

種類	回数
SGR	1 - (グラブリーヌ 5 号機)
RVHR	0

停止時集団線量が、合計集団線量の 84%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 16%を占めている。中性子合計集団線量は、0.224 人・Sv であり、内 77% (0.172 人・Sv)は が使用済燃料の移送により生じた。

#### 個人線量

2016 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 78%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 2016 年の主要事象は以下の通り:

- パリュエル 2 号機の蒸気発生器交換 (SGR)  
使用済み SG の落下 (2016 年 3 月)。短期的な放射線影響は認められないが、停止が 2017 年 11 月まで延長された。
- グラブリーヌ 5 号機の SGR  
新たな SG の適合宣言書の入手が遅れたため、SGR を中止し現在の SG で運転を継続するための作業を実施することが決定した。  
一次系配管切断の前に計画されていた SGR 作業が実施された: 絶縁材の取り出し、生体遮蔽の設置、補助配管の切断、電氣的及び機械的干渉の除去、フロアの除去、特定の作業、切断ツールの設置。  
戦略の変更により、古い SG が次の物に適合するよう回復させる必要がある: チューブスリーブ及びプラグ、封印されたチューブ、補助配管の溶接及び非破壊検査、フロアの再設置、干渉材及び絶縁材。
- 原子力発電所群の包括的な安全事象に基づく生体遮蔽の耐震性  
耐震性が証明されていない生体遮蔽が除去された。そのことにより、原子炉補助建屋内の放射線状況や、フィールドの放射線防護検査への影響があった。最後に生体遮蔽が除去されたのは、2016 年であった。
- セレンウムによるラジオグラフィー検査  
フランスの全 NPP において、ラジオグラフィー検査にセレンウム 75 を使用している。この技術により、タービン建屋における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できるので、停止スケジュールを短縮することができる。2016 年に EDF NPP で実施されたラジオグラフィー検査の 15~20% でセレン 75 が使用された。

### 3 ループ原子炉—900MWe

2016 年、クリュアス 1 号基では 2 回の強制停止が実施された。1 件は 27 日間で、職業被ばくは 0.59 人・mSv であった。もう 1 件は 8 日間で、商業被ばくは 2.16 人・mSv であった。フェッセンハイム 1 号機では 20 日間の強制停止が 1 回実施され、職業被ばくは 32 人・mSv であった。トリカスタン 4 号機では 5 日間の強制停止が 1 回実施され、職業被ばくは 2.7 人・mSv であった。

3 ループ原子炉の停止プログラムは、14 回の短期停止、16 回の標準停止、10 年ごとの停止が 3 回で構成されている。グラブリーヌ 5 号機で予定されていた蒸気発生器の交換は、SG のチューブスリーブとプラグ交換に修正された。

2015 年に開始されたビュージェイ 5 号機における 1 件の停止プログラムは、2017 年 6 月末まで継続される。

2016 年の 2 件の停止は、2016 年末時点で完了していない:

- ビュージェイ 4 号機: 2017 年 1 月に標準停止が終了予定
- トリカスタン 4 号機: 2017 年 1 月に標準停止が終了予定

- フェッセンハイム 2 号機:2017 年 7 月に標準停止が終了予定
- グラブリーヌ 5 号機:2017 年 6 月に 10 年ごとの停止が終了予定

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: ダンピエール 1 号機で 0.145 人・Sv
- 標準停止: グラブリーヌ 6 号機で 0.494 人・Sv
- 10 年ごとの停止 シノン B2 で 1.617 人・Sv

#### **4 ループ原子炉－1,300MWe 及び 1,450MWe**

2016 年は、7 基のユニットで停止が行われなかった。4 ループ原子炉の停止プログラムは、8 回の短期停止、6 回の標準停止、10 年ごとの停止が 2 回で構成されている。

1 件の停止が 2016 年中に完了しなかった:2015 年に開始したパリュエル 2 号機における SGR を伴う 3 回目の 10 年ごとの停止 (2016 年の SG 落下)。2017 年末に終了予定。

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: ゴルフエッシュ 1 号機で 0.157 人・Sv
- 標準停止: カットノン 4 号機で 0.512 人・Sv
- 10 年ごとの停止: カットノン 1 号機で 1.197 人・Sv

#### **放射線防護に関する主な重大事象 (ESR)**

2016 年、5 件の事象が INES 尺度によってレベル 1 に分類された。全て皮膚もしくは末端部に関する事象である。

- パリュエル NPP  
2016 年 3 月に 4 号機で 1 件:頬における汚染。皮膚線量が年線量限度の 4 分の 1 を上回った。
- シノン B NPP  
2 号機で皮膚線量が年線量限度の 4 分の 1 を上回る事象が 2 件:
  - 2016 年 4 月:燃料装荷機の保守作業中、耳を 40 kBq の Co-60 で汚染。
  - 2016 年 9 月:原子炉建屋のセキュリティ出口の監視中、首を 68.8 kBq の Co-60 で汚染。
- グラブリーヌ NPP
  - 2016 年 5 月に 5 号機で 1 件:皮膚線量及び末端部線量が年間線量限度の 4 分の 1 を上回った。残留熱除去系の溶接部における浸透探傷試験の際に、Co-60 によって防護服の膝部分に推定 93.7 kBq の汚染があった。
  - 2016 年 9 月に 3 号機で 1 件:皮膚線量及び末端部線量が年間線量限度の 4 分の 1 を上回った。防護服の支給や廃棄の際、足に汚染があった。

#### **2017 年の目標**

2017 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、0.68 人・Sv/基である。

個人線量について、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。連続する12か月における個人線量が18 mSvを超える作業員をゼロにするという目標は、引き続き維持される。

- 連続する12か月における個人線量が10mSvを超える作業員の数を270人以下とする。
- 連続する12か月における個人線量が14mSvを超える作業員の数をゼロとする。

## 2017年の活動

個人線量:事前警戒レベルを13mSvに設定する(連続する12か月)

集団線量:2012年に開始された活動の継続

- オレンジゾーンへの立ち入りの簡略化
- 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);
- 2018年までに、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。

2017年には45回の停止が計画されている。その内訳は、19回の短期停止、23回の標準停止、10年ごとの停止が3回である。2015年及び2016年に開始された4件の停止、つまり2015年に開始されたビュージェイ5号機での標準停止、2015年に開始されたパリュエル2号機のSGRを伴う10年ごとの停止(SGの落下)、2016年にフェッセンハイム2号機で開始された標準停止、2016年にグラブリーヌ5号機で開始された10年ごとの停止について、2017年に終了する予定である。

2017年は、次の発電所においてRHRS回路の水圧試験を実施する予定である:シボー1号機、シノンB1、パリュエル3号機、ゴルフフェシュ1号機、ダンピエール3号機、フラマンビル2号機、サンタルバン1号機、パンリー1号機

### 3) 当局からの報告

2016年、フランス原子力安全局(ASN)は24件の放射線防護検査を実施した。2016年は、パリュエル、パンリー、フラマンビル及び建設中のEPRについて強化検査が実施された。

2015年と比較して、2016年は保守作業の増加に伴い、全ての原子炉において集団線量が上昇している。2016年は、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もまた増加したが、引き続き2014年の値は下回っていた。

ASNは、2016年のNPPにおける放射線防護状況について、いくつか改善点があると考えている。

- 放射線区域管理及び関連規定には改善の余地がある。具体的に言えば、作業のリスク評価は、必ずしも明確に規制された「立ち入り制限区域」もしくは「立ち入り禁止区域」への立ち入りに関するリスクを特定しているわけではない。
- 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。ASNは、より具体的な様々な事象、例えばオペレーションエリアの境界線を越える事象、もしくは立ち入り禁止区域

の境界線内に作業員が立ち入る事象等について特定している。仕事場の整備の進展が期待されており、具体的には、仕事の整備にあたって契約企業同士の活動及び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を繰り返し観測した。
- ASN検査官はいくつかのサイトで、一部の作業員において放射線防護文化の欠落を観測した。
- 2016年に、作業員が皮膚1センチ平方メートルあたりの年間線量限度の4分の1を上回る線量を受けた5件の身体汚染事象が登録された。
- ASNに改善のための行動が示されてきたが、原子炉停止時の線量予測の最適化や仕事場の整備について、いまだ改善が必要である。

## ハンガリー

### 1) 2016 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	336(電子式線量計) 331(TLD)

### 2) 2016 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

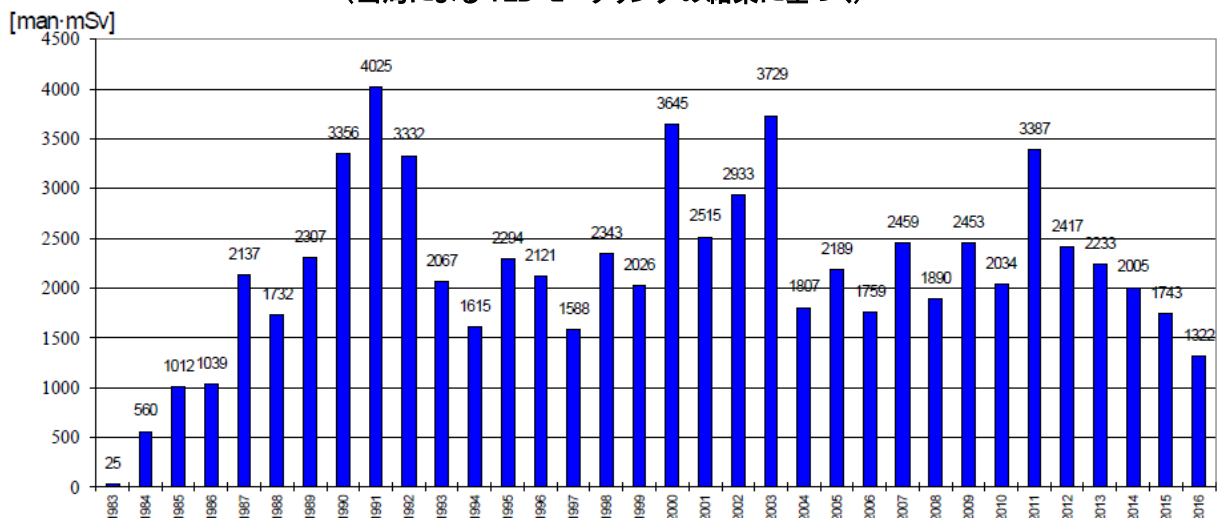
運転線量測定の結果に基づくと、2016 年のパクシュ NPP における集団放射線被ばくは、1345 人・mSv であった(線量測定作業許可を有する者が 949 人・mSv、有さない者が 396 人・mSv)。最高個人放射線被ばくは 9.11 mSv であり、50 mSv/年という線量限度及び 20 mSv/年という線量拘束値をはるかに下回っていた。

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要因は、2015 年末にパクシュがハンガリー原子力委員会より、燃料取替サイクルを以前の 12 か月から 15 か月に変更する許可が下りたことである。全 4 機の原子力発電所において、2016 年末までの 15 か月の運転サイクル及び燃料取替サイクルが実施された。15 か月の運転サイクルの導入と、それに伴う停止時作業量の減少により、集団線量は大幅に減少した。

2016 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  
2016年には、通常の総点検(長期保守停止)が1回行われた。2号機における停止時の集団線量は、466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29日間、2号機で68日間、4号機で26日間であった。3号機では、停止は実施されなかった。

## イタリア

### 1) 2016 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	34.23
BWR	2	48.70
GCR	1	73.62

### 2) 2016 年主要事象

原子炉型	原子炉数	報告のあったユニット(集団線量への影響[人・mSv])
PWR	1	1 基:トリノ NPP(34.23)
BWR	2	1 基:カオルソ NPP(4.22) 1 基:ガリアーノ NPP(44.48)
GCR	1	1 基:ラティーナ NPP(73.62)

## 日本

### 1) 2016 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	170
BWR	22	127
全種類	43	148
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	3	88
BWR	10	4,686
GCR	1	10
LWCHWR	1	112

### 2) 2016 年主要事象

- 国内線量測定傾向の概要

2016 年における停止中 BWR の平均年間集団線量は、前年(2015 年)の 205 人・mSv/基から減少し、148 人・mSv/基となった。また、福島第一 NPP を除いた運転中もしくは廃止措置中の原子炉における平均年間集団線量は 154 人・mSv/基、福島第一 NPP では 7,652 人・mSv/基であった。

運転中の原子炉の平均年間集団線量は、2015 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

2016 年度は、PWR3 基のみが運転していた。

2016 年 4 月 1 日～8 月 14 日:	2 基(川内 1、2 号機)
2016 年 8 月 15 日～10 月 5 日:	3 基(川内 1、2 号機、伊方 3 号機)
2016 年 10 月 6 日～12 月 10 日:	2 基(川内 1 号機、伊方 3 号機)
2016 年 12 月 11 日～12 月 15 日:	3 基(川内 1、2 号機、伊方 3 号機)
2016 年 12 月 16 日～2017 年 2 月 25 日:	2 基(川内 1 号機、伊方 3 号機)
2017 年 2 月 26 日～3 月 31 日	3 基(川内 1、2 号機、伊方 3 号機)

- 福島原子力発電所作業員の被ばく線量分布

2016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、以下の通り:

蓄積線量区分 (mSv)	2016年度		
	TEPCO	外部委託	合計
>50	0	0	0
20～50	0	216	216
10～20	22	1139	1161
5～10	90	1393	1483
1～5	404	4370	4774
≤1	1162	7039	8201
合計	1678	14157	15835
最大(mSv)	14.75	38.83	38.83
平均(mSv)	1.27	3.09	2.9

- 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。2016年度は、5基のPWRに認可が下りた。

### 3) 当局による報告

- 眼の水晶体の等価線量限度

日本の法律では、放射線業務従事者の眼の水晶体に関する等価線量限度は年間150 mSvを超えてはならないと規定されている。

しかし原子力規制庁(NRA)はIAEA IRRSミッションを受け、職業被ばくに適用される新たな水晶体等価線量限度(50mSv/年、100mSv/5年)に関するICRP勧告を実行に移すべく、行動計画を公表した。この新たな水晶体等価線量限度は、IAEA国際基本安全基準(BSS)にもすでに導入されている。

2017年4月に放射線障害防止のための技術的基準に関する改正法施行以来、NRA内に設立された放射線審議会が、関係省庁に対して放射線防護の技術的基準に関する調査及び提案を自主的に行う機能を持つこととなった。

2017年7月、放射線審議会は専門家グループを設立し、ICRP及びIAEA BSSの基準に基づく水晶体線量モニタリング及び防護法を含む、推奨されている水晶体等価線量限度への改定の可能性について調査を開始した。水晶体等価線量改定に関する専門家グループの中間報告書が2017年末に発行される予定である。最終報告書は、2018年3月末に放射線審議会に報告

される予定である。

新たな水晶体等価線量は、審議会による決定の後、法律に取り入れられる予定である。

- *放射線業務における眼の水晶体の被ばくに係る放射線障害防止対策*

2017年4月に厚生労働省は、ALARA原則に則り線量を低減させる義務を負う東京電力（TEPCO）といった組織に対し、「労働安全衛生局通知」を発出した。さらにNRAはTEPCOに対し、福島第一NPPでも新たな水晶体等価線量を適切に実行に移すべく必要な策を講じるよう指導した。

福島第一NPPサイトにおける、ベータ線とガンマ線を伴う非常に高線量のエリアを考慮し、TEPCOはICRP勧告及びALARA原則に則り、2018年度の水晶体線量限度である50mSv/年を確実に達成するために自主的な努力を行う計画がある。

## 韓国

### 1) 2016 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	401
PHWR	4	647
全種類	25	440

### 2) 2016 年主要事象

#### - 国内線量測定傾向の概要

2016 年は、PWR21 基及び 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、440 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 87%を占めている。14,386 人が放射線作業に携わっており、合計集団線量は 11,011.01 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 PHWR4 基にて実施された。停止の合計期間は、PWR で 1,339 日間、PHWR で 116 日間であった。2015 年と比較して、合計停止期間が延びている。

#### - 2016 年に新規に運転開始するプラント

新古里 3 号機が、2016 年 12 月 20 日に商用運転を開始した。

#### - 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 5、6 号機)では 2017 年から、他 2 基の NPP(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) 2016 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	316.99

### 2) 2016 年主要事象

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2016 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。2012 年は 587 人・mSv、2013 年は 655 人・mSv、2014 年は 638 人・mSv、2015 年は 684 人・mSv、2016 年は 64 人・mSv (62% は計画線量) であった。INPP 職員の集団線量は 589.2 人・mSv (63% は計画線量) で、請負業者の職員では 44.8 人・mSv (45% 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 の超過はなかった。INPP スタッフの最高個人実効線量は、11.77mSv で、請負業者職員では 2.51mSv であった。INP スタッフの平均個人実効線量は、0.34mSv で、請負業者職員では 0.04mSv 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、設備の廃止措置、CONSTOR®RBMK-1500/M2 コンテナ処理、燃料取り扱い、ホットセルの修理、使用済燃料貯蔵施設のプールホール・炉室・原子炉補助建屋における最新化及び保守作業、廃棄物及び液体廃棄物の取り扱い、作業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。

2016 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非常に重要である。

#### - 組織の変化

2016 年は、廃止措置の重要なステージが次の通り達成された。リトアニア国家原子力安全監督機関 (VATESI) より使用済核燃料の中間貯蔵施設の運転許可が下り (プロジェクト B1、ISFSF)、ユニットから取り出された燃料の貯蔵施設への移送が長い期間を経て開始された。

2 号機及び使用済み燃料プールの燃料安全を確実にするためには、INPP の運転期間と同様

の要件に従って、必要なシステムが機能する必要がある。2022 年未までに、全ての使用済み核燃料(SNF)が取り出され、貯蔵施設に移送される予定である。

年々解体作業の作業範囲が拡大しており、大掛かりな計画が立案及び実行されている。2011 年に開始された 1 号機のタービン・ホールの解体作業が完了した。2010 年からの全廃止措置期間中、3 万 8,000 トンの設備と関連する建造物が解体された。2016 年も諸外国との協力が継続され、廃止措置と放射性廃棄物処理に関する最も重要な問題の議論と情報共有を行うセミナーが運営された。安全分析報告書と、複雑な解体プロジェクトによる環境影響に関する IAEA のセミナーが INPP で開催された。本年は、諸外国大使及び欧州議会のメンバーが出席した会議に特別な注目が集まった。2020 年以降の廃止措置に関する資金繰りが、INPP の課題における重要な問題として残されている。

INPP は、原子力・放射線安全要件に従い、放射能汚染防止のために最大限の措置をとることで、放射性廃棄物貯蔵の安全性を確保しなければならない。そのため、燃料貯蔵施設及び放射性廃棄物処分場の建設は、INPP での活動において戦略的重要性を持つ。

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

2016 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、職業被ばくのモニタリング、個人及び作業場のモニタリング設備の校正及び試験、新たな使用済み燃料貯蔵施設の試行における作業場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。

放射線防護に関する 2 件の原子力安全法律文書が、2016 年に承認された。BSR-1.9.3-2016「原子力施設における放射線防護」(BSR-1.9.3-2011 改正)及び BSR-1.9.4-2016「義務的な放射線防護トレーニング、検査、原子力エネルギー分野において電離放射線源に関する作業に従事する放射線作業員及び放射線防護官に対する指示、放射線防護指導資格の取得を目指す人の認定等における手続き」である。



## メキシコ

### 1) 2016 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	4191

## パキスタン

### 1) 2016 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	2	274.979
PWR	1	1478.330
全種類	3	676.096

### 2) 2016 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象
  - PHWR 6 回の停止、70.58 日間
  - PWR (チャシュマ 1 号機) 4 回の停止 (3 回の停止、1 回の燃料取替停止)、21 日間
  - PWR (チャシュマ 2 号機) 3 回の停止 (2 回の停止、1 回の燃料取替停止)、44.66 日間

## ルーマニア

### 1) 2016 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	2	434

### 2) 2016 年主要事象

#### 国内線量測定傾向の概要

チェルナボーク原子力発電所における職業被ばく(2000 年～2016 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]
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 年(2 基)	210.3	577	787.3
2011 年(2 基)	56.0	337	393
2012 年(2 基)	250.8	667.1	917.9
2013 年(2 基)	92.3	416.8	509.1
2014 年(2 基)	160.3	432	592.3
2015 年(2 基)	36.4	351.7	388.1.3
2016 年(2 基)	141.7	726.3	867.9

- 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)

2016 年末

- 1 mSv を超える個人線量を受けた従業員が 268 名いた。5 mSv を超える個人線量を受けた従業員が 19 名いた。個人線量が 10 mSv(計画外被ばく)を超えた者はなく、15 mSv を超える個人線量を受けた者もいなかった。
- 2016 年の最大個人線量は 6.71 mSv であった。
- 内部被ばく線量の 16.3%がトリチウム摂取に起因した。

## 計画停止

2016年5月6日～6月26日までの52日間、1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。

- 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

計画停止終了時の合計集団線量は、637.48 人・mSv(外部線量が 520.37、トリチウムの摂取による内部線量が 117.14 人・mSv)であった。

この計画停止は、最終的に 2016 年の集団線量の 73%を占めた。

### 計画停止時の線量の履歴

年	ユニット数	インターバル	外部集団線量 [人・mSv]	内部集団線量 [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～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
2016	1	5月6日～6月26日	520.37	117.14	637.48

## 計画外停止

1号機-11月8日～11日:重水漏れの発見後、正しく停止した(外部線量 31 人・mSv)。

## 放射線防護関連の事柄

2016年11月に実施された OSART ミッションは、チェルノブイリ原子力発電所の経営者が職業安全とプラントの信頼性の向上に取り組んでいると結論した。ミッションのチームが見出した良好事例のうち、顕著なものは下記の通りである。

- 個々のケーブル貫通部の漏洩について、本格的な原子炉建屋漏洩率試験(RBLRT)を実施することなく確認する画期的な解決策を開発した。貫通部の気密性を検証するため、ボックスを貫通部の周囲に取り付け、RBLRT 圧力テストの模擬試験を行うため、圧力の区別を示す真空ポンプが使用された。ポンプの中で真空状態が維持されている間、ボックス内部の自己保持の真空を測定することにより、貫通部の漏れがしばらくの間特定された。

これにより、事故後のカランドリアのレベルモニタリングを改善する新しいケーブルの敷設を早期に実施することができる。

- プラントは、トリチウム空気モニタリングシステム(TAM)による、正確な重水漏れ率特定方法を適用している。

トリチウム空気モニタリング(TAM)システムのサンプル採取地点は、アクセス不可能な多くの地域を含め、多数配置されている。希ガス放射能濃度の長期モニタリングが、希ガス補償の最も適切なファクターを提供するために実施されてきた。そしてこれは放射線レベルをトリチウム漏水率に関連づける能力をもたらした。これにより、迅速かつ正確な漏洩率特定が可能になり、また放射線モニタリングシステム(RMS)により、漏洩箇所についても特定することができた。

このシステムの仕様は以下を提供することによって安全のための取り組みを改善させた。

1. 迅速かつ正確な漏洩個所の特定
2. 様々なトリチウムフィールドの識別能力
3. 信頼性のある漏洩率パターンの評価及び予測
4. 2016年6月から11月に Primary Heat Transport (PHT)重水漏れの管理で実証されたように、改良保全活動中の職員の外部被ばく評価

- プラントは、ガンマ線量率のパターンを無制限にシミュレーションする可能性があるため、ガンマ線量率をシミュレーションするソフトウェアを開発した。(ガンマ線量率シミュレーションのためのソフトウェアは、オンサイト/オフサイトのオンラインガンマ線モニタリングシステムに統合された。)

- オンサイト/オフサイトのオンラインガンマ線モニタリングシステムでは、15の観測地点が、正確なリアルタイムのデータを中央制御室と緊急時対応センターのコンピューターに提供している。データはこれらの施設にラジオシステムにより、またはバックアップとしての衛星システムにより送信されている。

このオンラインシステムには、すべてのガンマステーションのガンマ放射線フィールドをシミュレートするソフトウェアの能力がある。このシミュレーションのためのソフトウェアには、無制限にガンマ線量率のパターンをシミュレートする能力がある。オペレーターと緊急時対応の担当者は緊急事態の分類(緊急時対応レベル)を迅速に決定し、線量評価を補助し、また防護対応の提言を行うために、これらのインプットを使用する。結果として、このソフトウェアは緊急時訓練のシナリオをより現実的なものにするために使用することができる非常に良いツールである。

このソフトウェアを緊急時訓練の際に使用することにより、タイムリーな認識と放射線関連の事象(分類にかかる時間が 15 分という実績の成果を挙げた)の分類において、改善がみられた。またこれはフィールド測定チームの外部被ばくの顕著な減少という点と精度の向上、また緊急時対応の担当者への線量測定データ送信の適時性という点において貢献した。このソフトウェアはまた、オンサイトの緊急時対応組織が公的機関に適時かつ使いやすい形で情報や提言を伝えることに役立っている。

## **2016 年の懸案事項**

2016 年の主要な懸案事項は、1 号機の計画停止中の高線量放射線影響について、報告と提言という重要な業務を行ったことである。

## 2017 年に向けて

## **2017 年の懸案事項**

2017 年の主要な懸案事項は、2 号機の計画停止中に実施され高線量放射線影響に関する活動である。

- 蒸気発生器の ECT 点検
- 燃料交換用クレーンの予防的保守
- フィーダー-ヨーク除去測定及び較正
- チューブ配管の点検とフィーダーキャビネット内の損傷サポート
- 計画停止システム点検
- フィーダーの厚み測定、フィーダー除去測定、フィーダー-ヨーク測定、エルボ部の UT 点検
- スナバ点検; 配管復旧点検
- エンジニアリング変更の実施
- 原子炉建屋漏洩率試験

## ロシア連邦

### 1) 2016 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	515.0
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	52.5

### 2) 2016 年主要事象

#### 線量測定傾向の概要

2016 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 9269.8 人・mSv であった。この数値は、2015 年の合計集団線量である 10072.5 人・mSv から 802.7 人・mSv (8.0%) 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。2016 年の結果は以下の通りである。

- 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、645.9 人・mSv/基であった。
- 運転中の 12 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 1~3 号機、ノボボロネジ 5 号機)のグループについては、449.2 人・mSv/基であった。

この結果により、VVER-440 型原子炉の平均年間集団線量は、VVER-1000 型原子炉と比較して 43.8% 高いことが明らかになった。

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、52.5 人・mSv/基であった。

#### 個人線量

2016 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 18.0 mSv を超えなかった。

個人線量の最高記録は 17.5 mSv であった。この線量は、カーニン原子力発電所の保全部の作業員が、1~4 号機の原子炉コンポーネント修理の際に、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、2016 年の最大年間実効個人線量は、以下の通りである。

- バラコボ－14.6 mSv
- コラ－14.7 mSv
- ノボボロネジ－15.9 mSv
- ロストフ－7.8 mSv

－ 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

2016年、すべてのロシアのVVER-440型原子炉における合計実行年間集団線量の減少は、主にVVER-440型原子炉における集団線量の減少によるものと断定された。最大の減少はノボボロネジ4号機において登録された。2015年には主に保守のために70日間停止し、1677.1人/mSv/基であったのが、2016年には通常の保守のために33日間停止し、933.4人/mSv/基に減少した

VVER-1000型原子炉グループの平均年間集団線量は前年と比較しよく似た状況が維持された。

2016年における廃止措置段階にある2基の平均年間集団線量は24.2%に減少した。主な要因は放射線に関わる危険な作業が減ったことである。これは人・時間あたりの合計RWPの値が、2015年の177650から2016年の146805に減少したことに対応している。

－ 停止に関する情報

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	停止なし	--
バラコボ2号機	停止なし	--
バラコボ3号機	61	1004.9
バラコボ4号機	31	289.0
カーニン1号機	54	855.4
カーニン2号機	89	912.4
カーニン3号機	111	443.8
カーニン4号機	41	136.6
コラ1号機	73	900.2
コラ2号機	73	423.5
コラ3号機	48	535.9
コラ4号機	52	283.7
ノボボロネジ3号機	29	469.0
ノボボロネジ4号機	33	699.8
ノボボロネジ5号機	39	569.2
ロストフ1号機	停止なし	--
ロストフ2号機	30	125.1
ロストフ3号機	81	183.2

電気事業者の従業員と請負業者の計画停止中の集団線量は、合計集団線量の84.5%であった。

計画外停止の期間と集団線量

原子炉	期間[日数]	集団線量[人・mSv]
カーニン1号機	28	230.0



ロストフ 2 号機	6	7.0
ロストフ 3 号機	5	3.0

電気事業者の従業員と請負業者の計画外停止中の集団線量は、合計集団線量の 2.6%であった。

- *新規又は試験的な線量低減プログラム*

- 停止期間中の外部作業員の個別及び集団線量を提言させることを目的とした、ALARA の原則に基づく新規プログラムが、ロスエネルゴアトムによって作成された。
- 人体形状ファントムに基づくホールボディモニター内部較正実験的プログラムがロスエネルゴアトムの原子力発電所において実施された。
- すべてのロシアの原子力発電所における 2015 年の集団線量割り当てと、2016 年の割り当てが承認された。

- *組織的变化*

2016 年、ノボボロネジ 1 号機及び 2 号機において、特別な独立した廃止措置設計センターが創設された。

## スロバキア共和国

### 1) 2016 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	145.997
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) 2016 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):2016 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、391.840 人・mSv であった(電気事業者の従業員が 133.504 人・mSv、外部作業員が 258.336 人・mSv)。最大個人線量は 4.524mSv (請負業者)であった。内部汚染はなかった。放射線の状態の異常はなかった。
- ・ モホフツェ原子力発電所(2 基):2016 年にモホフツ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、192.146 人・mSv であった(電力事業者の従業員が 93.608 人・mSv、外部作業員が 98.538 人・mSv)。最大個人線量は、2.584 Sv(請負業者作業員)であった。

#### - 停止情報

##### ボフニチェ原子力発電所:

- ・ 3 号機:43.59 日間の標準保全停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は、98.482 人・mSv であった。
- ・ 4 号機:58.59 日間の大規模保全停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は、321.559 人・mSv であった。

注記:共通システムの作業のため、これらの原子炉は同時に停止した。

##### モホフツェ原子力発電所:

- ・ 1 号機:24.2 日間の標準保全停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 93.956 人・mSv であった。
- ・ 2 号機:21.5 日間の大規模保全停止。電子式線量計から計算した集団被ばく線量は 72.834 人・mSv であった。

#### - 機器又は系統の取り替え



## スロベニア

### 1) 2016 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	518

### 2) 2016 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 (2016 年 10 月 1 日～11 月 5 日) が実施された。停止時集団線量は 475 人・mSv であった。
- 長期線量低減計画完了のプラス効果により、集団線量は以前より低かった。過去の主な改善点は以下の通りである。

2009 年－使用済み燃料ピット/燃料補給水精製のため、イオン交換機の追加的設置。

2010 年－原子炉キャビティ槽への空気圧除去装置の導入; TLD に代わる新しい受動的線量測定手法の認証評価、また 2011 年における電子式線量測定法の認証評価。

2012 年－原子炉上蓋の交換を伴う常設遮蔽の導入、ミサイル遮蔽の統合と原子炉キャビティの下の中性子遮蔽の除去。

2013 年－原子炉キャビティへ至る階段の設置; RTD バイパス測定ラインの除去; 原子炉補助建屋における 8 の重要な箇所に自立バッテリー式の広範囲用線量率測定機器を設置; 汚染された機器のハッチのための一時的な扉、曝露した場所の作業員の局所管理に適した堅固な遠隔線量測定。

2014 年－最新化されたデータ提示と様々なユーザーからのアクセスが可能な放射線測量的ためのコンピューターソフトウェア、CZT 検出器が備えられた携帯型ガンマカメラの使用、ホットスポット検出器、CZT in-situ 検出器、アルファ線測定と管理指針の新規検討の実施、RCA 内部の手足の汚染検出器及び作業員の汚染を検出する通り抜け式検知器の導入、電子式個人線量計のより信頼性のあるモデルへの取り替え。

2015 年－原子炉容器のアップフロー設計への改良 (2013 年の停止以前に発生した燃料の不具合を防止するため)、原子炉建屋と貫通室における一時的線量率検出器 (停止中に近距離無線リンクに接続された 17 か所)

2016 年－スタッフと廃棄物管理の作業条件を改善するための廃棄物操作建屋建設

### 3) 当局からの報告

2016 年における規制機関の主な活動は、新しい欧州 BSS 指令の転置(国内法化)であった。転置の一環として、電離放射線防護及び原子力安全法の草案が作成された。この草案は 2016 年末に公開討論によって検討され、現在国会の審議にかけている。補助的な法律制定は同時に行われている。

## 南アフリカ

### 1) 2016 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	240.94

### 2) 2016 年主要事象

- 線量測定傾向に影響を及ぼした事象
  - 2016 年、燃料補給のため 1 号機が停止した。この停止による線量は、366.664 人・mSv であった。両方の原子炉は介入なしに確実に稼働した。
  - 2015 年、先行する停止期間中に両方の原子炉において亜鉛注入が行われた。過去に測定された点から、高温、低温及びクロスオーバーレグ配置の縮小が注目された。

## スペイン

### 1) 2016 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	317.02
BWR	1	200
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	730.70
BWR	1	75.94
GCR	1	0

### 2) 2016 年主要事象

#### PWR

##### アルマラス原子力発電所

##### - 停止の回数及び機関

- アルマラス 1 号機における 24 回目の停止  
 期間:47 日間  
 開始:2016 年 1 月 3 日  
 終了:2016 年 2 月 19 日  
 停止時集団線量:407.121 人・mSv  
 停止時最大個人線量:3.264mSv
    - アルマラス 2 号機における 23 回目の停止  
 期間:39 日間  
 開始:2016 年 11 月 7 日  
 終了:2016 年 12 月 15 日  
 停止時集団線量:385.849 人・mSv  
 停止時最大個人線量:2.994mSv

##### - 機器または系統の取り替え

- 1 号機及び 2 号機における静的触媒式水素再結合装置設置

##### - 新規又は試験的な線量低減プログラム

- 2 号機の燃料取替のための第 2 次停止期間中における請負業者の作業員の最大被ばく低減。

## アスコ原子力発電所

### - 停止の回数及び機関

- アスコ 2 号機における 23 回目の燃料取替停止  
期間:38 日間  
停止時集団線量:499.39 人・mSv  
停止時最大個人線量:3.738mSv  
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
  - 原子炉格納容器及び機械ペネトレーションにおける火災検知システムの置き換え
  - 原子炉冷却ノズル安全末端領域への立ち入り検査
- 原子炉冷却ポンプ (RCP-A) 密閉検査のための 1 号機の停止  
期間:2016 年 2 月 7 日～2 月 15 日  
停止時集団線量:9.102 人・mSv
- 通常運転中のアスコ 1 号機における原子炉格納容器冷却ユニットエンジン取り替え (80B01D)  
期間:2016 年 5 月 2 日～2017 年 5 月 5 日  
集団線量:24.004 人・mSv

## トリヨ原子力発電所

### - 停止の回数及び機関

- 停止期間:28 日間
- 停止時集団線量:253.07 人・mSv
- 停止時最大個人線量:2.52mSv

## バンドリョス原子力発電所 2 号機

### - 停止の回数及び機関

51 日間の停止が 1 回実施され、集団線量は 871.5 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

日程	事象	集団線量 (人・mSv)
1 月 2 日～12 月 30 日	MICROCEL で固定された廃棄物を含むドラムの修繕	53.247



## 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
  - 原子炉冷却材浄化系の予備ポンプが交換された。
  - 制御棒の再配置のための出力低下の機会を利用し、蒸気検知エリアの保守作業が行われた。
  - 原子炉建屋に水素再結合装置を設置した。
  - セキュリティシステムの運転中保守作業が実施された。
  - 使用済み燃料プールにおける作業および燃料要素の検査が行われた。
- 停止の回数及び期間
  - 強制停止なし
  - 燃料取替停止なし
- 新規また試験的な線量低減プログラム
  - 仮設遮へいおよび常設遮へい
  - 水素及び貴金属注入
- 組織の変化

2016 年 1 月、放射線防護のマネージャーが交代になった。現在では、Mrs. Maria Amparo Garcia Martinez が新任者である。

### 3) 当局からの報告

2016 年を通して、CSN は電離放射線に対する健康防護に関する規制の改正案を作成し、欧州指令 2013/59/Euratom の転置のための省庁間ワーキング・グループに参加した

安全指針 07.06「原子力施設及び核燃料サイクル施設における放射線防護マニュアルの内容」の改訂版が発行された。本レビューは、規制により要求されるこの放射線防護マニュアルの各章の内容を詳細化し更新するための特定の基準と指針を確立するものである。

福島事故以後の要件の実施について、CSN はすべての稼働中の原子力発電所において、緊急時管理の代替センターの稼働に関する要請について好意的に評価する。この建造物は、ダメージが広範囲に及び、通常のセンターの強制的避難が発生した場合等、緊急時における指示と管理のための代替センターとしての役割を果たす。CSN はまた、アスコ、アルマラス及びバンデリョス第 2 原子力発電所における格納容器のフィルタリングシステムの稼働について、好意的に評価した。

2016 年、CSN は集中型中間貯蔵施設 (CTS) の建設許可申請のために提出された書類の作成プロセス評価を継続した。この施設は、スペインの原子力発電所から発生したすべての使用済み燃料と高レベル廃棄物一時的に貯蔵する。

## スウェーデン

### 1) 2016 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	391
BWR	7	476
全種類	10	442
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	6

### 2) 2016 年主要事象

2016 年のスウェーデンの原子力発電所における合計年間集団線量は 4.44 人・mSv であり、平均個人線量は 1.26mSv で、最大個人線量は 16.4mSv であった。

#### - 線量測定傾向に影響を及ぼした事象

バーセベック原子力発電所 1 号機及び 2 号機: 両方の原子炉の廃止措置が、それぞれ 1999 年と 2005 年から実施されている。線量に影響を与えた主要なでき事は HINT (原子炉内部操作) プロジェクトである。; 線量はおおよそ 6 人・mSv であった。

フォルスマルク原子力発電所 1、2 及び 3 号機: ALARA 最適化と線量管理の一環として、高線量の状況における遠隔線量測定使用頻度の増加があった。

さらに汚染管理と燃料プール浄化に関し、線量を低減し臨界期ラインを最小化するため、ロボットによるプール清掃機器の使用が継続された。

オスカーシャム 1、2 及び 3 号機: オスカーシャム 2 号機について、2013 年から 2016 年の間に実施された広範囲に及ぶ修復の後、再稼働の決定は下されておらず、計画されていたよりかなり低い集団線量となった年にはそれほど多くの取り組みは行われなかった。

2016 年の間、部署とユニットに個人線量割り当てを「広げる」ことにより、施設の線量割り当て作業の質を高めるための作業が実施された。本作業の目的は、線量割り当ての準備に先立ち、直線式管理組織で立案される計画、及び放射線豪語組織に配布される文書に高い品質が求められることに関する理解を促進することである。計画時に放射線防護の責任者たちの意識を高めることもまた目的である。

独立した炉心冷却系統等、オスカーシャム 3 号機原子炉における投資についても、データ収集と分析が実施された。

OKG 地域における 3 基の原子炉のうち 2 基を最終停止する最終決定について、スタッフを減らすなどし

てプログラムを再構成し、2017年夏に検討を開始することになった。

リングハルス 1、2 及び 3 号機:リングハルス原子力発電所のオーナーである Vattenfall は、リングハル 1 号機と 2 号機を、それぞれ 2020 年と 2019 年に最終停止するとの決断を下した。この決断により、後編量をもたらす作業やプロジェクトが減るため、今後の集団線量が大幅に減少することになる。原子力安全に関し、特にみなし寿命延長、さらなる最新化と大きなプロジェクトが行われてきた。

リングハルス 1 号機は、2014 年の化学除染以前のレベルと比べて、原則として RH システムにおいて 60%のレベルを維持しており、原子炉のソースターム進化傾向として非常に満足のいくものであった。

リングハルスの PWR はソースタームの観点では基本的に予測通である。しかし従来通りの H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 追加と RH 精製を伴う RFO 除去の間、4 号機から放出される Co-58 の量は若干多い。2 号機は 2014 年の RFO 以来、除去シーケンスの後の RH システムに顕著な量の Sb-124 を示している。放射能の観点では、Sb-124/Co-60 の面積比は 70/30 であり、RH システムからの Co-60 を除くと Sb-124 が当初支配的であった。独立炉心冷却系(OBH)が 3 号機と 4 号機に設置される予定であり、これらの原子炉は将来的に稼働される予定である(2035 年以降)。

放射線防護機器の開発については、以下の例が使用されている。;電子式ベータ/中性子線量計、電子式先端/眼球線量計(Hp07, Hp3)、ベータ線量率計器、ガンマカメラの使用の増加。

- 停止情報

サイクル期間中の燃料取替停止日数(ISOE データベース)		
原子炉型式	停止回数	ユニット・原子炉型式毎の平均年間 RFO 期間 (日)
PWR	6	38
BWR	2	49
全種類	8	46

(注、2016 は 2 基の原子炉で RFO が実施されなかった)

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 年の間に停止される 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検査を実施している。
- 2016 年に SSM は事業者に対し、放射線防護訓練に関する教育と適性自己評価実施することを依頼した。自己評価は現在当局によってレビューされている。

## スイス

### 1) 2016 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	323
BWR	2	945

### 2) 2016 年主要事象

#### - 国内測定傾向に影響を及ぼした事象

ガスゲン原子力発電所:2005 年の Zn-64 注入開始以降、第一次サーキット構成材の平均線量率は、2005 年及びそれ以前の線量率を比較して、約 66%低減した。平均線量と平均個人線量は、結果的に著しく低減する可能性がある。

#### - 停止情報

ライプシュタット原子力発電所:2016 年の停止が計画よりも長引いたため、停止線量も計画より上昇した。

- 計画:25 日間/740 人・mSv
- 実際:91 日間/1071 人・mSv

いくつかの燃料棒の乾燥による損傷とその調査は、停止期間の短縮をもたらした。安全バルブに対する追加的な作業が集団線量の増加に寄与した。

ベツナウ原子力発電所:停止の日程は以下の通りである。

- 1 号機—2016 年 1 月 1 日～2016 年 12 月 31 日
- 2 号機—2016 年 8 月 5 日～2016 年 8 月 17 日

ミューレベルク原子力発電所:

28 日間の停止で 509 人・mSv であった(計画集団線量 655 人・mSv)。もっとも高い個人線量は 5.1mSv であった。取り込みまたは恒久的な汚染は検知されなかった。稼働中の集団線量は 337 人・mSv であり、平均集団線量は 846 人・mSv であった。

応力亀裂腐食の防止に加え、再循環ループにおける線量率レベル低減のために、貴金属注入や水素注入を用いた水化学が継続された。10 年間問題なく稼働してきたが、1 つの燃料要素における金属被覆の不具合が発見された。この不具合は停止中の放射線の状況に有害な影響を与えるものではなかった。

## ウクライナ

### 1) 2016 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	623

### 2) 2016 年主要事象

#### - 国内測定傾向に影響を及ぼした事象

ユニットあたりの放射線量率は、2015 年と同じレベルであったが、過去の数年間より高かった。共通する理由として、原子力発電所の原子炉の点検と計画停止を実施している際に、放射線関連の作業の範囲と期間が拡大したことが挙げられる。

今回の線量率の悪化は、原子力発電所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) 2016 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	553.97
GCR	14 <sup>(1)</sup>	21.18
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>	36.49

#### 注記

- (1) 改良型ガス冷却炉 14 基
- (2) マグノックス炉 20 基

### 2) 2016 年主要事象

2016 年のサイズウェル B における集団放射線被ばく線量はおよそ 554 人・mSv であり、発電所の目標を 6% 上回った。2016 年の春、英国における唯一の商業用 PWR において、燃料取替のための 2 回目の 10 年ごとの停止である RO14 が完了した。これは、カレンダー期間、作業範囲及び RCA 時間で測定した場合、史上最大の燃料取替停止となる。4  $\mu$  Sv/時間の実効線量率で、約 130,000RCA 時間の作業が行われた。特にニュークリア・アイランドにおいて、圧力安全除去弁キャビネットと緊急時ホウ素化システム弁の緊急作業により、停止は当初の計画よりも約 2 週間長引いた。

サイズウェル B では、2017 年初めに、最初の照射燃料を貯蔵キャスクに装荷するため、新しい乾式燃料貯蔵施設が稼働した。

EDF エナジー社の運転中原子炉群の各所において、改良型ガス冷却炉の年間集団放射線被ばくは低く、21～76 人・mSv の範囲内であった。このように低い線量になった理由は、この年に目立った作業あるいは新しい作業がなかったためである。

マグノックスサイトにおける廃止措置の大半は、放射線レベルを自然に低下させ、受動的に安全な状態を確保する、ケアと保守の準備に占められる。最初のサイトがこのような状態となるのは 2019 年であると予測されている。廃止措置における燃料取り出し段階にあるのは、ウィルファ原子力発電所のみであり、2018 年の終わりには照射燃料を取り除くことが期待されている。廃止措置中のサイトの線量は 6.4 人・mSv～265.8 人・mSv と幅があり、実施されている作業の範囲に左右される。

### 3) 新しい原子力発電所の建設

2016 年 6 月、EDF の委員会は新しく建設されたヒンクリー・ポイント C の稼働について、最終承認を与えた。2 基の EPR 炉を建設する計画は、2025 年に完了する予定である。EDF エナジー社には、

既存のサイズウェル B プラントを同時に、サイズウェル C においてさらに 2 基の EPR 炉を建設する意向もある。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。EDF 社と中国広核集団も、ブラッドウェルに 2 基の中国型華龍(Hualong) HPR-1000 型 PWR を建設する案を進めることに同意した。

## 米国

### 1) 2016 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	311.793
BWR	34	982.075
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	896.68
BWR	3	87.763

### 2) 2016 年主要事象

- 国内測定傾向に影響を及ぼした事象

米国の PWR と BWR の 2016 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オーニーは、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	20,266.54 人・mSv	311.793 人・mSv/基
BRW	34	33,390.55 人・mSv	982.075 人・mSv/基

2016 年における 99 基の原子炉の合計集団線量は、2015 年における 99 基の稼働中の原子炉の集団線量である 70,190 人・mSv から 24% 減少し、53,657.09 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、541.99mSv/基となり、2015 年(709.00 人・mSv/基)から 23% 減少した。

1 基以上の原子力発電所で雇用された 17 名の短期労働者が被ばくした線量は、20 mSv と同等またはそれ以上であった。

#### 米国の PWR

2016 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 20,266.54 人・mSv であった。2015 年の PWR の合計集団線量は、2015 年の 28,638.15 人・mSv から 29% 減少している。2016 年の PRW1 基当たりの平均集団線量は、311.739 人・mSv/基であり、2015 年の PWR1 基当たりの平均集団線量 440.587 人・mSv/基より 29 パーセント低かった。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。

2016 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。

• ギネイ	18.82 人・mSv
• パリセード	56.67 人・mSv
• ロビンソン 2	37.04 人・mSv
• シーブルック	16.72 人・mSv
• サマー1	28.62 人・mSv
• ウォーターフォード	33.92 人・mSv
• ワッツバー	44.89 人・mSv

### 米国の BWR

2016 年の米国における 34 基の運転中 BWR の合計集団線量は、2015 年が 41,552.73 人・mSv であったのに対し、33,390.55 人・mSv であった。2016 年の 34 基の BWR の合計集団線量は、2015 年の 41,552.73 人・mSv から 20%減少している。2016 年の BWR1 基あたりの平均集団線量は、2015 年が 1,222 人・mSv/基であったのに対し、982.075 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 2016 年の BWR の最高線量値は、ラサール 1 および 2 の 3389.85 人・mSv 及びブラウンフェリー1、2、3 の 4045.85 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、出力増強、また 2016 年に行われた修正により、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 年初めに商用運転を開始した。サザン社は、ジョージア州ボークル原子力発電所に、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。タービン建屋、補助建屋、汚染及び管理建屋などの主な建屋の取り壊しは、2016 年に行われた。バーモントヤンキー、キウォーニー、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。このサイトは現在安全貯蔵状態にある。

バーモントヤンキー原子力発電所は、1,912MWt 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。

- *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年間職業線量は、以下の通りである：

サイト	2014年 (人・mSv)	2015年 (人・mSv)	2016年 (人・mSv)
• クリスタルリバー	6.96	7.00	147
• サン・オノフル 2 及び 3 号機	13.69	12.02	17.87
• キウオーニー	19.64	1.56	0.92
• フンボルトベイ	123.81	43.91	0.0
• ザイオン 1 及び 2 号機	787.30	1,426.05	457.88

- *安全関連事象*

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プルボルトを全面的に検査した。燃料交換のための計画停止中に、突発作業範囲として、セーレム 1 号機では 275、インディアンポイント 2 号機では 97 のバップルボルトが交換された。クック 1,2 号機では、将来的に行われる何回かの停止期間中に、それぞれ 800 のバップルボルトの交換を行う。各停止中における燃料交換バッチ数は約 48 であり、1 バッチにつき 6 ボルトであった。

- *新規又は試験的な線量低減プログラム*

米国の RPM は、(ミシガン大学で開発されたものなどの) 3D CZT 検出システムを用いたプラント内の部品やパイプのリアルタイムの同位体マッピングなど、新しい ALARA ツールを探っている。仮設遮蔽が十分であることの検証や、放射性廃棄物の輸送、インプラントの汚染管理の有効性確認の用途において、新たな ALARA ツールが効果的であることが分かった。

- *組織の変化*

**2016 年の主要作業に関する技術計画**

2016 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(冶金の圧力を低減するために、配管を締め付ける)を行っている。また米国の PWR では、ホウ酸漏れの修復も、引き続き重要視されている。

2016 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。原子炉容器の吸引、配管の化学的除染、BWR 燃料浄化により、72,000 Ci 以上の Co-60 が除去された。

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。米国の事業者の従業員に向け年単位で行われていた放射線関連作業のための訓練は、以前は年単位で要求されていたが、4 年ごとに延長された。

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にあたって、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ギネイ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過させた。クアドシティーズ 1 号機、2 号機とクリントン原子力発電所は、イリノイ州の法的措置及びイリノイ州知事により、10 年間の運転延長が認められた。

2016 年も、引き続き使用済燃料体を乾式キャスクに格納した。

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 年に取り壊された。

## 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、2016 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

2016 年 ISOE 国際 ALARA シンポジウムは、欧州技術センターにより、エンジー・エレクトラベル (ENGIE Electrabel) 及びベルギー連邦原子力管理庁 (FANC) の協力と支援の下、2016 年 6 月 1 日～3 日に、ベルギーのブリュッセルにおいて開催された。24 カ国より合計 140 名が参加し、10 の企業による技術展示も行われた。参加技術センターにより、3 本の優秀論文が選出された：

- 「ブレイエ3号機における蒸気発生器交換における放射線防護の成功例 (2014年) (*Radiation Protection Success of Steam Generator Replacement in Blayais unit 3 (2014)*) 」 J. Bonnefon, G. Ranchoux, O. Backes (EDF DIPDE, France), B. Roustit, H. Caullier (Blayais NPP, France), J. Sergeat, K. Hamon, D. Marié (AREVA NP, France)
- 「CNバンデリヨス2号機における原子炉容器上部交換のためのALARAプログラムと放射線防護活動 (*ALARA Programme and RP Activities for the Reactor Vessel Head Replacement at CN Vandellòs II*) 」, A. Prim Pujals, J. L. Sarria Gálvez, I. Vildósola Hernandez, A. Ribas Goset (Vandellòs II NPP, Spain)
- 「ロシアの原子力発電所において放射線被ばく指標を最適化する方法 (*The Way to Optimize Radiation Exposure Index at the Russian Nuclear Power Plants*) 」, I. Doljenkov (Rosenergoatom, Russia), A. Kuchin (Kola NPP, Russia)
- 「蒸気発生器の漏洩モニタリングシステムの不具合から得られた教訓 (ポスター) (*Lessons Learned from the Failure of Leak Monitoring System of Steam Generator*) (poster)」, Moonhyung Cho, Kidoo Kang, Yuho Weon (Central Research Institute, Korea Hydro & Nuclear Power, South Korea)

#### ISOE 地域 ALARA シンポジウム

##### 北米シンポジウム

2016 年 ISOE 北米 ALARA シンポジウムは、2016 年 1 月 11 日～13 日、米国フォートローダーデールにて開催された。このシンポジウムは北米技術センターにより開催された。30 の電力事業者を含む 165 名が参加した。参加技術センターにより、2 本の優秀論文が選出された：

- 「ピッキングによるRWPの知識に関する動的学習ビデオ (*Pickering Dynamic Learning video*)

training on RWP knowledge) 」, Karen McDougall, (Pickering, OPG, Canada)

- 「ブレードウッド2015燃料取替停止ALARA成功事例 (*Braidwood 2015 Refuelling Outages ALARA Successes*)」, J. Cady, (Braidwood NPP, USA)

## アジアシンポジウム

2016年アジア ALARA シンポジウムは、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、2016年9月7日～9日に日本の福島にて実施された。4カ国から32名が参加した参加技術センターにより、優秀論文が選出された。

- 「福島第一原子力発電所地域における新しい放射線管理 (*New Radiological Control of Areas in Fukushima Daiichi NPS*)」, Katsuhiko Yasui (TEPCO Holdings Inc., Japan)
- 「KISOEデータベースに基づく韓国の放射線関連作業従事者の職業被ばくの分析 (*Analysis on Occupational Exposure of Radiation Workers in Korea based on KISOE Database (2005-14)*)」, Byeongsu Kim (Institute of Nuclear Safety, Republic of Korea)

シンポジウムに関連して、参加者らは福島第一原子力発電所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。

データベース上の原子炉の状況を修正することが決定された。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平均年間集団線量
- 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。2016年には、MADRASで9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。2016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。2016年に実施された視察の重点事項を以下にまとめる。

#### 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通りである。

- 線量の高いPWR炉を調査するため、パリセードを視察した。クック+プレーリーアイランド
- 東京電力及びJSME: 18名の日本人技師が、FLEXプログラム、福島のアップグレード、耐震及びRPプログラムの評価のため、パロベルデ、ディアブロ・キャニオン、米国NRC地域オフィスをベンチマーク視察した。
- クックはパロベルデにおいて、2016年4月の停止以降の蒸気発生器における高レベルのクラッドを評価しベンチマーク視察した。

### 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、2016年全体を通して以下の通り開催された。

ISOE会合	日程
ISOE事務局	5月;11月/12月
データ分析ワーキング・グループ	5月;11月
第26回ISOE運営委員会会議	12月
共同WGDA運営委員会トピカルセッション	12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、2016 年の年次会議で ISOE プログラムの進捗状況を検討し、2017 年の作業プログラムを承認した。2016 年中頃に開催された ISOE 事務局会議では、2016 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 2016 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 2016 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)

WGDECOM は ISOE 運営委員会によって、第 24 回年次セッションにおいて設立された。廃止措置に関する国際協力計画 (CPD) との共同トピカルセッション開催の後、TOR のドラフトを作成した。WGDECOM は 2015 年の 6 月と 10 月に会合を開催し、原子力発電所における廃止措置の RP の側面に引き続き重点を置いた。活動計画 (2016-2017) が WGDECOM によって作成され、ISOE 運営委員会に承認された。

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。



*Annex I*

**STATUS OF ISOE PARTICIPATION UNDER THE RENEWED ISOE TERMS AND CONDITIONS (2016-2019)**

*Note: This annex provides the status of ISOE official participation as of 31 December 2016*

**Officially Participating Utilities: Operating reactors**

<b>Country</b>	<b>Utility<sup>4</sup></b>	<b>Plant name</b>	
Armenia, Republic of	Armenian Nuclear Power Plant (CJSC)	Medzamor 2	
Belgium	ENGIE Electrabel	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	China Guangdong Nuclear Power Group (CGN)	Daya Bay 1, 2	Ling Ao 1, 2, 3, 4
	CNNC Qinshan Nuclear Power Company, Ltd	Qinshan 1	
	Fujian Ningde Nuclear Power Co., Ltd	Ningde 1, 2, 3, 4	
	Fujian Fuqing Nuclear Power Co., Ltd	Fuqing 1, 2, 3	
	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)	Bellevalle 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
Hungary	Magyar Villamos Művek Zvt	Paks 1, 2, 3, 4	

<sup>4</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

Japan	Chubu Electric Power Co., Inc.	Hamaoka 3, 4, 5	
	Chugoku Electric Power Co., Inc.	Shimane 2	
	Hokkaido Electric Power Co., Inc.	Tomari 1, 2, 3	
	Hokuriku Electric Power Co.	Shika 1, 2	
	Japan Atomic Power Co.	Tokai 2	Tsuruga 2
	Kansai Electric Power Co., Inc.	Mihama 3 Ohi 1, 2, 3, 4	Takahama 1, 2, 3, 4
	Kyushu Electric Power Co., Inc.	Genkai 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, Republic of	Korea 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, 3 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	Balakovo 1, 2, 3, 4 Kalinin 1, 2, 3, 4 Kola 1, 2, 3, 4	Novovoronezh 3, 4, 5 Rostov 1, 2, 3
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 Ginna 1 LaSalle County 1, 2
	FirstEnergy Nuclear Operating Co. (FENOC)	Beaver Valley 1, 2 Davis Besse 1
	Luminant Generation Company, Llc.	Comanche Peak 1, 2
	Nextera Energy Resources, Llc.	Duane Arnold 1 Point Beach 1, 2
	Omaha Public Power District	Fort Calhoun 1
	Pacific Gas & Electric Company	Diablo Canyon 1, 2
	PPL Susquehanna, Llc.	Susquehanna 1, 2
	Public Service Electric & Gas Co.	Hope Creek 1 Salem 1, 2
	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
	Tennessee Valley Authority (TVA)	Browns Ferry 1, 2, 3 Sequoyah 1, 2
	Wolf Creek Nuclear Operation Corp.	Wolf Creek
	XCel Energy	Monticello Prairie Island 1, 2

### Reactors Under Construction

Country	Utility	Plant name
China	CNNP Sanmen Nuclear Power Company	Sanmen 1, 2
	Fujian Fuqing Nuclear Power Co., Ltd	Fuqing 4, 5, 6
United States	Southern Nuclear Operating Company, Inc.	Vogtle 3, 4

**Officially Participating Utilities: Definitively shutdown reactors**

<b>Country</b>	<b>Utility<sup>4</sup></b>	<b>Plant name</b>	
Armenia	Armenian Nuclear Power Plant (CJSC)	Medzamor 1	
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
Italy	SOGIN Spa	Caorso Garigliano	Latina Trino
Japan	Chubu Electric Power Co., Inc.	Hamaoka 1, 2	
	Chugoku Electric Power Co., Inc.	Shimane 1	
	Japan Atomic Energy Agency	Fugen	
	Japan Atomic Power Co.	Tokai 1	Tsuruga 1
	Kansai Electric Power Co., Inc.	Mihama 1, 2	
	Kyushu Electric Power Co., Inc.	Genkai 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	Santa María de Garoña	
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	
	Exelon Generation Co., LLC	Dresden 1	Peach Bottom 1
	FirstEnergy Nuclear Operating Co. (FENOC)	TMI 2	
	Pacific Gas & Electric Company	Humboldt Bay 1	
	Southern California Edison Co.	San Onofre 1, 2, 3	

## Participating Regulatory Authorities

Country	Authority
Armenia	Armenian Nuclear Regulatory Authority (ANRA)
Belarus, Republic of	Scientific Practical Centre of Hygiene, Ministry of Health
Belgium	Federal Agency for Nuclear Control (FANC)
Brazil	Brazilian Nuclear Energy Commission (CNEN)
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)
South Africa	National Nuclear Regulator (NNR)
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 (SNRIU)
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

Country	Technical Centre*	Country	Technical Centre
Armenia	IAEATC	Mexico	NATC
Belarus, Republic of	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	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, Republic of	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

ISOE Network web portal	
ISOE Network	<a href="http://www.isoe-network.net">www.isoe-network.net</a>
ISOE Technical Centres	
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">http://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.asp">www-ns.iaea.org/tech-areas/rw-ppss/isoe-iaea-tech-centre.asp</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>
Joint Secretariat	
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

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
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)

RAKHUBA, Alexandr  
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: isoe.secretariat@oecd-nea.org

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 1983  
Eml: 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

### 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

### 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: +1 269 465 5901 x 2305  
Eml: dwmiller2@aep.com



### *Annex 3*

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

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

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

<b>PAKISTAN</b>	<b>MANNAN, Abdul</b>	Chasnupp NPP
<b>ROMANIA</b>	<b>SIMIONOV, Vasile</b>	Cernavoda NPP
<b>RUSSIAN FEDERATION</b>	<b>DOLJENKOV, Igor</b> <b>GLASUNOV, Vadim</b>	Rosenergoatom Concern OJSC Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES)
<b>SLOVAK REPUBLIC</b>	<b>DOBIS, Lubomir</b> <b>DRÁBOVÁ, Veronika</b>	Bohunice NPP Public Health Authority of the Slovak Republic (UVZSR)
<b>SLOVENIA</b>	<b>BREZNIK, Borut</b> JUG, Nina	Krsko 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>	<b>ROSELL HERRERA, Borja</b> LABARTA, Teresa	Almaraz NPP Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
<b>SWEDEN</b>	<b>HANSSON, Petra</b> <b>SVEDBERG, Torgny</b>	Swedish Radiation Safety Authority (SSM) Ringhals NPP
<b>SWITZERLAND</b>	<b>TAYLOR, Thomas</b> JAHN, Swen-Gunnar	Mühleberg NPP Swiss Nuclear Safety Inspectorate (ENSI)
<b>UKRAINE</b>	<b>BEREZHAYA, 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>	<b>RENN, Guy</b> REES, Vaughan	Sizewell B NPP Office for Nuclear Regulation (ONR)
<b>UNITED STATES OF AMERICA</b>	<b>BROCK, Terry</b> <b>BOYER, Brad</b> <b>WOOD, David</b>	U.S. Nuclear Regulatory Commission Prairie Island NPP D.C. Cook NPP

**Participation in the ISOE MB meetings in an advisory capacity:**

**Technical Centre Representatives**

**ATC**

<b>NOMURA, Tomoyuki</b>	Nuclear Safety Research Association (NSRA), Japan
<b>TEZUKA, Hiroko</b>	Nuclear Safety Research Association (NSRA), Japan

**ETC**

<b>BELTRAMI, Laure-Anne</b>	CEPN, France
<b>D'ASCENZO, Lucie</b>	CEPN, France
<b>SCHIEBER, Caroline</b>	CEPN, France

**IAEATC**

<b>MA, Jizeng</b>	IAEA, Austria
-------------------	---------------

**NATC**

<b>DOTY, Richard</b>	College of Engineering, University of Illinois, USA
<b>MILLER, David W.</b>	D.C. Cook NPP, USA

**Chairs of ISOE Working Groups**

**WGDA**

<b>PRITCHARD, Colin</b>	Bruce Power, Canada
-------------------------	---------------------

**WGDECOM**

<b>HALE, James Mike</b>	Kewaunee NPP, USA
-------------------------	-------------------

## *Annex 4*

### **ISOE WORKING GROUPS (2016)**

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

**Chair: PRITCHARD, Colin (Canada) Vice-Chair: HAGEMEYER, Derek (US)**

##### **BRAZIL**

DO AMARAL, Marcos Antonio Angra NPP (retired) (ISOE Chair)

##### **CANADA**

ELLASCHUK, Bernard Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)  
PRITCHARD, Colin Bruce Power

##### **CZECH REPUBLIC**

FARNIKOVA, Monika Temelin NPP

##### **FRANCE**

BELTRAMI, Laure-Anne CEPN / ETC  
D'ASCENZO, Lucie CEPN / ETC  
GENIAUX, Aude Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)  
JOLIVET, Patrick Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)  
MICHELET, Marie Électricité de France (EDF)  
ROCHER, Alain Électricité de France (EDF)  
SCHIEBER, Caroline CEPN / ETC

##### **GERMANY**

STAHL, Thorsten Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

##### **JAPAN**

BESSHO, Yasunori Nuclear Regulation Authority (NRA)  
NOMURA, Tomoyuki Nuclear Safety Research Association (NSRA) / ATC  
SUZUKI, Akiko Nuclear Regulation Authority (NRA)  
TEZUKA, Hiroko Nuclear Safety Research Association (NSRA) / ATC

##### **KOREA (REPUBLIC OF)**

BANG, Soo-il Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP)  
HWANG, Tae-won Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP) (ISOE Past-Chair)  
KIM, Byeong-soo Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)  
SON, Jung-kwon Korea Hydro and Nuclear Power Corporation Ltd. (KHNP)

##### **MEXICO**

HUESCA GUEVARA, Luis Rafael Laguna Verde NPP

##### **ROMANIA**

SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP

##### **RUSSIAN FEDERATION**

GLASUNOV, Vadim Russian Research Institute for Nuclear Power Plant Operation (VNIIAES)

##### **SLOVENIA**

BREZNIK, Borut Krsko NPP

##### **SPAIN**

LABARTA, Teresa Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)

##### **SWEDEN**

HENNIGOR, Staffan Forsmark NPP  
SVEDBERG, Torgny Ringhals NPP

##### **UNITED KINGDOM**

REES, Vaughan Office for Nuclear Regulation (ONR)

##### **UNITED STATES OF AMERICA**

ANDERSON, Ellen Nuclear Energy Institute (NEI) (under TCA)  
BOYER, Brad Prairie Island NPP  
BROCK, Terry US Nuclear Regulatory Commission  
HAGEMEYER, Derek Oak Ridge Associated Universities (ORAU, under TCA)  
HARRIS, Willie O. Exelon Nuclear  
MILLER, David .W D.C. Cook Plant / NATC

##### **ISOE JOINT SECRETARIAT**

MA, Jizeng International Atomic Energy Agency (IAEA)  
RAKHUBA, Aleksandr OECD Nuclear Energy Agency (NEA)  
GUZMÁN LÓPEZ-OCÓN, Olvido 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)**

### BRAZIL

ALBUQUERQUE VIEIRA, Flavia Angra NPP  
ESTANQUEIRA PINHO, Bruno Angra NPP

### CANADA

ELLASCHUK, Bernard Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC)  
GAGNON, Jean-Yves Gentilly-2 NPP

### FRANCE

ARIES NASSER, Marie-Eve Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)  
BOUSSETTA, Benjamin EDF - DP2D  
DIDELLOT, Nicolas Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)  
VAILLANT, Ludovic European Technical Centre (ETC), CEPN

### GERMANY

BRENDEBACH, Boris Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

### ITALY

MANCINI, Francesco Sogin SpA

### KOREA (REPUBLIC OF)

SOHN, Wook Korean Hydro & Nuclear Power (KHNP)

### ROMANIA

SIMIONOV, Vasile Cernavoda NPP

### RUSSIAN FEDERATION

VOLKOV, Victor Rosenergoatom Concern OJSC

### SPAIN

CALAVIA, Ignacio Nuclear Safety Council (CSN)  
CAMPOS, José ENRESA (under TCA)  
MUÑOZ GOMEZ, Raul UNESA

### SWEDEN

ELLMARK, Christoffer AB SVAFO  
HANSSON, Petra Swedish Radiation Safety Authority (SSM)

### SWITZERLAND

NEUKÄTER, Erwin Mühleberg NPP

### UNITED STATES OF AMERICA

ANDERSON, Ellen Nuclear Energy Institute (NEI) (under TCA)  
HALE, James Mike Kewaunee NPP  
HARRIS, Willie Exelon Generation  
MILLER, David.W North American Technical Centre (NATC), D.C. Cook NPP  
SCARBERRY, William. Clinton Power Station, Exelon Corporation

### CORRESPONDING MEMBERS

#### BELGIUM

VANHEMELRYCK, Fery ENGIE Electrabel

#### CANADA

MCQUEEN, Maureen C.N. Associates Inc.

#### GERMANY

KAULARD, Joerg TÜV Rheinland ISTec GmbH

#### KOREA (REPUBLIC OF)

KIM, Byeong-Soo Korea Institute of Nuclear Safety (KINS)

#### UNITED STATES OF AMERICA

MESSIER, Christopher C. BHI Energy  
ROBERTS, Sarah Oak Ridge Associated Universities (ORAU)  
TARZIA, James P. Radiation Safety & Control Services Inc.  
WILLIAMS, Donald E. (Nick) Zion Solutions

### JOINT SECRETARIAT

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-Fifth Annual Report of the ISOE Programme, 2015*, OECD, 2017.
- *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**

2016	No. 24 (October)
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. 44: Nov. 2016	Republic of Korea: Summary of national dosimetric trends
No. 43: Nov. 2016	Japanese dosimetric results: FY 2015 data and trends
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. 61: Mar. 2018	Survey on the values and uses of the monetary value of the man.Sievert (in 2017)
No. 60: Nov. 2016	European Dosimetric Results for 2015
No. 59: Jul. 2016	European Dosimetric Results for 2014
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***

2018 Jun.2018	3-Year Rolling Average Annual Dose Comparisons Canada Reactors (CANDU) 2015-2017 Occupational Dose Benchmarking Charts
2017-5. Jun. 2017	3-Year Rolling Average Annual Dose Comparisons Canada Reactors (CANDU) 2014-2016 Occupational Dose Benchmarking Charts
2017-4. Sept. 2017	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2016 Occupational Dose Benchmarking Charts
2017-3. Sept. 2017	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2016 Occupational Dose Benchmarking Charts
2017-2. Sept. 2017	North American Boiling Water Reactor (BWR) 2015 Occupational Dose Benchmarking Charts
2017-1. Sept. 2017	North American Pressurized Water Reactor (PWR) 2015 Occupational Dose Benchmarking Charts
2016-1. Jun 2016	3-Year Rolling Average Annual Dose Comparisons Canada Reactors (CANDU) 2013-2015 Occupational Dose Benchmarking Charts
2015-1. Jun. 2015	3-Year Rolling Average Annual Dose Comparisons Canada Reactors (CANDU) 2012-2014 Occupational Dose Benchmarking Charts
2014-3: Jun. 2014	3-Year Rolling Average Annual Dose Comparisons Canada Reactors (CANDU) 2011-2013 Occupational Dose Benchmarking Charts
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. 2016 (Fukushima, Japan)	2016 ISOE Asian ALARA Symposium
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*

Jun. 2016 (Brussels, Belgium)	2016 ISOE International ALARA Symposium
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. 2016 (Ft. Lauderdale, FL, USA)	2016 ISOE North American ALARA Symposium
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