

ISOE - 職業被ばく情報システム

第9年次報告書(1999)

< 日本語訳 >

序文

全世界的に、原子力発電所における職業被ばくは十年以上にわたり着実に減少してきている。特に 1990 年に ICRP Pub.60 が発行された後の規制による圧力、技術の進歩、プラント設計の改良、水化学とプラント運転手順の改善が、この減少傾向に寄与している。しかしながら、世界の原子力発電所の経年化に伴い、職業被ばくを低いレベルに維持することが徐々に困難になってきている。さらに、経済性向上という至上課題により、発電所の管理者は燃料取替や保守作業をできる限り短期化することを余儀なくされている。このため、職業被ばく低減の課題に対して、スケジュール上及び予算上の制約が生じている。

これらの圧力に対応して、放射線防護担当者は「合理的に達成できる限り低く(ALARA)」なるように作業管理技術を適用する一方、作業を適切に計画し、準備し、実施し、見直すことにより、職業被ばくが低減することを認識した。作業についての包括的な取り組みを促進するため、経済協力開発機構(OECD)の原子力機関(NEA)は、職業被ばく低減に関する技術と経験の交換を通して、2年間のパイロット・プロジェクトの後、1992年1月1日に職業被ばく情報システム(ISOE)を発足した。ISOEへの参加は、国の規制当局と電力会社(公営及び民営の両方)を含む。1993年、国際原子力機関(IAEA)はISOEプログラムを共同主催することに合意したことから、NEAに加盟していない国々の電力会社と規制当局も参加できるようになった。過去数年間にNEAとIAEAの両組織を最も有効に利用できるように共同事務局を結成して、ISOEプログラムの充実を図った。

ISOEプログラムには2つの役割がある。1つは、職業被ばくのデータや経験が定期的に全参加者から収集され、ISOEのデータベースを形成している。収集されたデータは異なる性質であるため、別々ではあるがリンクされた3つのデータベースが、データの蓄積、収集及び解析のため使用されている。2つめは、データ収集に必要なネットワークの創設により、全世界の電力会社や規制当局の間で密接な連絡が確立された。このようにして、運転経験を直接交換するためのISOEネット・ワークが創設された。このデータベースと連絡ネットワークの2重システムが全世界の電力会社と規制当局を繋ぎあわせ、職業被ばくデータを提供して、線量の傾向、技術の比較、費用・便益及びその他のALARA分析を可能にしている。

目 次

	頁
序文	
概略	
1. 職業被ばく情報システム（ISOE）の参加状況	1
2. ISOE 参加国における集団線量の推移	3
2.1 運転中原子炉における職業被ばくの傾向	3
2.2 冷温停止状態または廃炉措置段階の原子炉における 職業被ばくの傾向	8
2.3 日本の BWR における炉内構造物取替とシステム全除染	11
2.4 日本の ABWR における初回定期検査	11
2.5 ドライウェル内の遮へい	12
2.6 VVER 炉における線量率測定の標準化	13
2.7 1999 年及び 2000 年のオーランド（アメリカ）における ALARA シンポジウムの概要	13
2.8 原子力発電所における職業被ばく管理に関する第 2 回 EC/ISOE ワークショップの概要	15
2.9 ISOE 原子力発電所冊子（Dossier）	16
2.10 ISOE 参加国における 1999 年の主要事象	17
3. ISOE プログラム	50
3.1 1999 年における ISOE プログラムの達成事項	50
3.2 2000 年の作業プログラムの提案	53

	頁
表	
1. 参加状況の概要	2
2. 運転中炉に対する国別及び炉型別のユニット平均年間線量（1997-1999年）	4
3. 停止炉に対する国別及び炉型別のユニット平均年間線量（1997-1999年）	8

図	
1. 1999年における国別の運転中PWRユニット平均集団線量	5
2. 1999年における国別の運転中BWRユニット平均集団線量	5
3. 1999年における国別の運転中CANDUユニット平均集団線量	6
4. 1999年における炉型別の運転中ユニット平均集団線量	6
5. ISOEにおける炉型別の運転中ユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	7
6. ISOEにおける運転中LWGRのユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	7
7. ISOEにおける停止したPWRのユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	9
8. ISOEにおける停止したBWRのユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	9
9. ISOEにおける停止したGCRのユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	10
10. ISOEにおける停止した全原子炉のユニット平均集団線量の推移（1987-1999年）	10

概 略

この第9年次総括報告書は、1999年12月末におけるISOEプログラムの状況をまとめたものである。

1999年12月末現在、ISOE1データベースには26ヶ国から77の電気事業者の合計423基の原子力発電所（内380基が運転中、43基が永久冷温停止または廃止措置段階にある）に関する職業被ばくデータが含まれている。また、23ヶ国の規制当局がISOEプログラムに参加している。1999年には、NEA非加盟のブルガリアとパキスタンの2ヶ国の規制当局がISOEプログラムに加わった。ISOEプログラムに含まれる運転中商用炉380基は、全世界の運転中商用炉（総計433基）の88%を占める。

1999年における職業被ばくは、全般的には、1986年から1998年までの過去13年間に渡り見られる減少傾向を継続しているか、これまでに達成された低いレベルを維持している。大半のISOE参加国において、1999年は1基当たり平均線量当量の減少が見られた。各炉型別にみると、原子力発電所1基当たり平均線量当量は前年の値から、PWRで0.98人・Svから1.01人・Sv、BWRで1.67人・Svから1.79人・Sv、CANDU炉で0.59人・Svから0.85人・Svと僅かな増加となっている。GCRでは0.21人・Svから0.15人・Svに減少した。ISOEデータベースにはリトアニアの2基及びウクライナの1基のみが登録されている軽水冷却黒鉛炉(RBMK)は、7.53人・Svから8.08人・Svに増加し、他の炉型の原子力発電所よりも高い値を示している。

永久停止した原子力発電所に対する1基当たり平均線量当量は、1988年から1998年に渡って減少している。しかし、これらの原子力発電所は炉型または設備が異なっており、全般的には廃止措置計画の異なった段階にある。これらの理由及びこれらのデータが限られた基数に基づくものであるため、はっきりした結論を引き出すことはできない。

1999年に技術センターはISOE参加者間で被ばくに関する経験を交換するために、数多くのInformation Sheetを発行した。Information Sheetの作成と配布を更に促進するために、この年次報告書では「日本のBWRにおける炉内構造物取替とシステム全除染」、「日本のABWRにおける第1回定期検査の実績」、「ドライウェル内の永久シールド」といった、最近の興味深いInformation Sheetの概要を掲載している。

IAEAのVVER（ロシア型PWR）ワーキング・グループの定期会合では、VVER炉の運転者間で情報と経験の交換が進んでいる。

1999年2月にフロリダ・オーランドにおいて、国際ALARAシンポジウム及び引き続き米国ALARAシンポジウムが開催された。また、2000年4月に第2回原子力発電所における職業被ばくに関するEC/ISOEワークショップがス

ペイン・タラゴナで開催された。これらワークショップは ALARA の実施と職業被ばくの問題における経験を伝え合い、学んだ教訓を分かち合うことを共通の目的で開催された。ワークショップへの参加者が国際的で広範に渡ることから、ALARA と職業被ばくの問題に対する関心がうかがえる。

1999 年から新しく ISOE 刊行物として “ISOE 発電所冊子” が利用できるようになり、他のプラント（例えば同型の姉妹ユニットグループ）との被ばくデータの比較が可能になった。

ISOE 参加国における最近の発展と主要事象の要約は、かなりのページを割いて述べられている。

最後になるが、ISOE プログラムは 1999 年に、特にデータの分析と報告書の点で大きく進展した。この進展の詳細は 2000 年の作業プログラムと共に第 3 章に記されている。

1. 職業被ばく情報システム (ISOE) の参加状況

1992 年の ISOE プログラム開始以来、積極的に参加する商用原子力発電所が増え続けてきている。同時に、参加原子炉からデータベースへ提供される種々の職業被ばくの詳細データもより充実してきている。この発展の成果として、ISOE データベース・システムは世界で最も充実した商用原子力発電所の職業被ばくデータベースとなっている。

1999 年末現在、総数 380 基の運転中商用原子炉と、冷温停止状態または廃炉措置の段階にある 49 基の商用原子炉が ISOE 1 データベースに含まれている。これらの原子炉は、26 ケ国、77 電力会社のものである。さらに、23 か国からは規制当局がこの ISOE プログラムに参加している。付録 2 は ISOE プログラムに参加し、データベースに含まれている原子炉、電力会社及び当局の一覧表である。以下の表 1 は、国別、炉型別及び原子炉の状態別についての参加状況をまとめたものである。

ISOE プログラムには 380 基の運転中商用原子炉が参加しているが、これは世界の運転中商用原子炉 (総数 433 基) の 88% に相当する。この状況を円グラフに示す。

1999 年は、NEA 非加盟のブルガリアとパキスタンから規制当局が ISOE プログラムに加入した。

運転中の原子力発電プラント

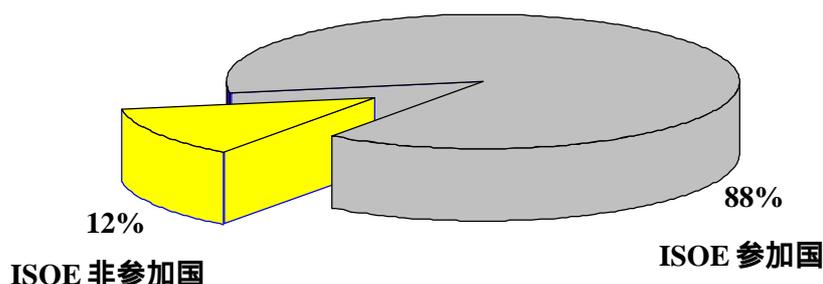


表 1 参加状況の概要

ISOE に参加している運転中原子炉基数						
国名	PWR	BWR	HWR	GCR	LWGR	合計
Armenia	1	--	--	--	--	1
Belgium	7	--	--	--	--	7
Brazil	1	--	--	--	--	1
Canada	--	--	21	--	--	21
China	3	--	--	--	--	3
Czech Republic	4	--	--	--	--	4
Finland	2	2	--	--	--	4
France	57	--	--	--	--	57
Germany	14	6	--	--	--	20
Hungary	4	--	--	--	--	4
Japan	23	28	--	--	--	51
Korea	11	--	4	--	--	15
Lithuania	--	--	--	--	2	2
Mexico	--	2	--	--	--	2
Netherlands	1	--	--	--	--	1
Romania	--	--	1	--	--	1
Slovakia	4	--	--	--	--	4
Slovenia	1	--	--	--	--	1
South Africa	2	--	--	--	--	2
Spain	7	2	--	--	--	9
Sweden	3	9	--	--	--	12
Switzerland	3	2	--	--	--	5
Ukraine	13	--	--	--	1	14
United Kingdom	1	--	--	--	--	1
United States	27	16	--	--	--	43
合計	189	67	26	--	3	285

ISOE に参加していないが、ISOE データベースに含まれている運転中原子炉基数						
国名	PWR	BWR	HWR	GCR	LWGR	合計
United Kingdom	--	--	--	34	--	34
United States	42	19	--	--	--	61
合計	42	19	--	34	--	95

ISOE データベースに含まれる運転中原子炉基数の総数						
	PWR	BWR	HWR	GCR	LWGR	合計
合計	231	86	26	34	3	380

表 1 (続き)

ISOE に参加している運転永久停止を決定した原子炉基数					
国 名	PWR	BWR	HWR	GCR	合 計
France	1	--	--	6	7
Germany	--	1	--	1	2
Italy	1	2	--	1	4
Japan	--	--	--	1	1
Netherlands	--	1	--	--	1
Spain	--	--	--	1	1
United States	4	3	--	1	8
合 計	6	7	--	11	24

ISOE に参加していないが、ISOE データベースに含まれている 運転永久停止を決定した原子炉基数					
国 名	PWR	BWR	HWR	GCR	合 計
Canada	--	--	2	--	2
Germany	6	3	--	--	9
United Kingdom	--	--	--	6	6
United States	6	2	--	--	8
合 計	12	5	2	6	25

ISOE データベースに含まれる運転永久停止を決定した原子炉基数の総数					
	PWR	BWR	HWR	GCR	合 計
合 計	18	12	2	17	49

正式に参加している電力会社： 77 社
 正式に参加している国： 26 ケ国
 正式に参加している規制当局： 23 ケ国

2. ISOE 参加国における集団線量の推移

ISOE プログラムの最も重要な点の一つに、職業被ばく傾向の年次推移がある。ISOE 1 データベースには、全参加電力会社から提供される年次職業被ばくデータが収納されているが、これを使って種々の被ばく傾向を国別、炉型別、また、姉妹ユニットグループといった基準で表示することができる。

2.1 運転中原子炉における職業被ばくの傾向

1999 年は ISOE 参加国の大半において、PWR の原子炉当たり平均線量は僅かに減少又はほぼ一定であった。2.10 節に見られるように、この低減の一部は作業管理原則の実施と運転停止期間の縮小によるものであった。1999 年における BWR の年間平均線量は、大多数の国において低減が見られる。これらの低減は一部、主要プラント改造作業が前年に実施されたことによる結果であり、また、広範な ALARA と作業管理プログラムの結果である。年間平

均線量の増加は日本とスペインにおいて見られた。メキシコの Laguna Verde 原子力発電所では、年間平均線量は 1998 年の 4.77 人・Sv から 1999 年の 3.68 人・Sv へと減少した。

一般的に減少傾向ではあるが、集団線量は年ごとに必ず変動する、ということに注意しなくてはならない。これは運転停止計画、サイクル期間の変更、プラントにおける作業及びバックフィッティングの総量が多様であることによるものである。

表 2 は、個々の炉型について過去 3 年間の年間平均線量の傾向を国別に集約したものである。図 1 から図 4 は、この表中の 1999 年データについて線量順に棒グラフで示したものである。集団線量に寄与するパラメータの複雑さとプラント設備の多様さから、これらの数値は放射線防護の品質に関していかなる結論も引き出すことはできないことに注意が必要である。図 5 と図 6 は、1988 年から 1999 年におけるユニット平均集団線量の年次傾向を炉型別に示している。

表 2 運転中炉に対する国別及び炉型別のユニット平均年間線量 (1997-1999 年)
(単位: 人・Sv)

	PWR			BWR			CANDU		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Armenia	3.41	1.51	1.58						
Belgium	0.39	0.70	0.40						
Brazil	2.62	1.26	0.16						
Canada							0.59	0.52	0.85
China	0.67	0.71	0.55						
Czech Republic	0.38	0.34	0.28						
Finland	0.57	1.04	0.68	0.83	1.03	0.47			
France	1.42	1.20	1.17						
Germany	1.43	1.01	1.23	1.33	1.56	0.81			
Hungary	0.49	0.59	0.53						
Japan	1.01	0.96	1.02	2.05	1.78	2.14			
Korea	0.88	1.04	0.84				0.62	1.00	0.85
Mexico				2.25	4.77	3.68			
Netherlands	2.83	0.68	0.3						
Romania							0.25	0.26	0.46
Slovakia	0.77	0.98	0.59						
Slovenia	0.99	1.25	1.65						
South Africa	1.24	0.65	0.86						
Spain	1.35	0.55	0.71	2.39	0.53	2.45			
Sweden	0.64	0.59	0.44	2.33	1.55	1.12			
Switzerland	0.48	0.46	0.77	1.68	1.19	1.10			
Ukraine	2.05		1.37						
United Kingdom	0.50	0.04	0.66						
United States	1.32	0.90	1.05	2.52	1.90	1.83			
	GCR			LWGR					
	1997	1998	1999	1997	1998	1999			
Japan	0.24								
Lithuania				9.25	7.53	6.39			
Ukraine						11.47			
United Kingdom	0.23	0.21	0.15*						

* United Kingdom における AGR 14 基の年間平均線量。

図 1

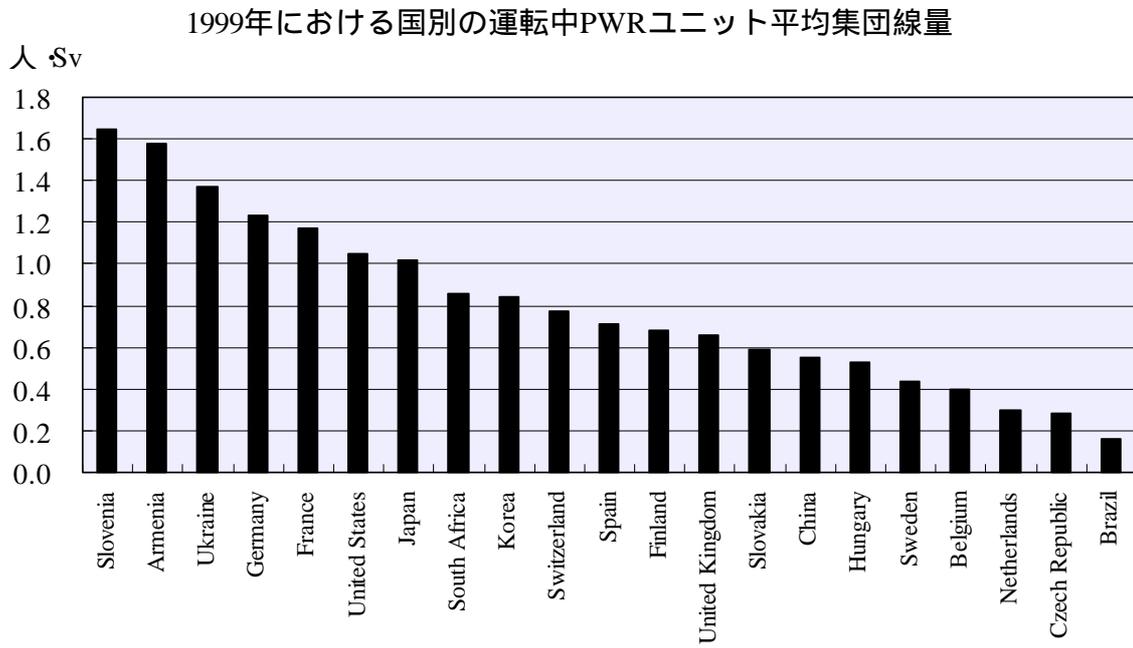


図 2

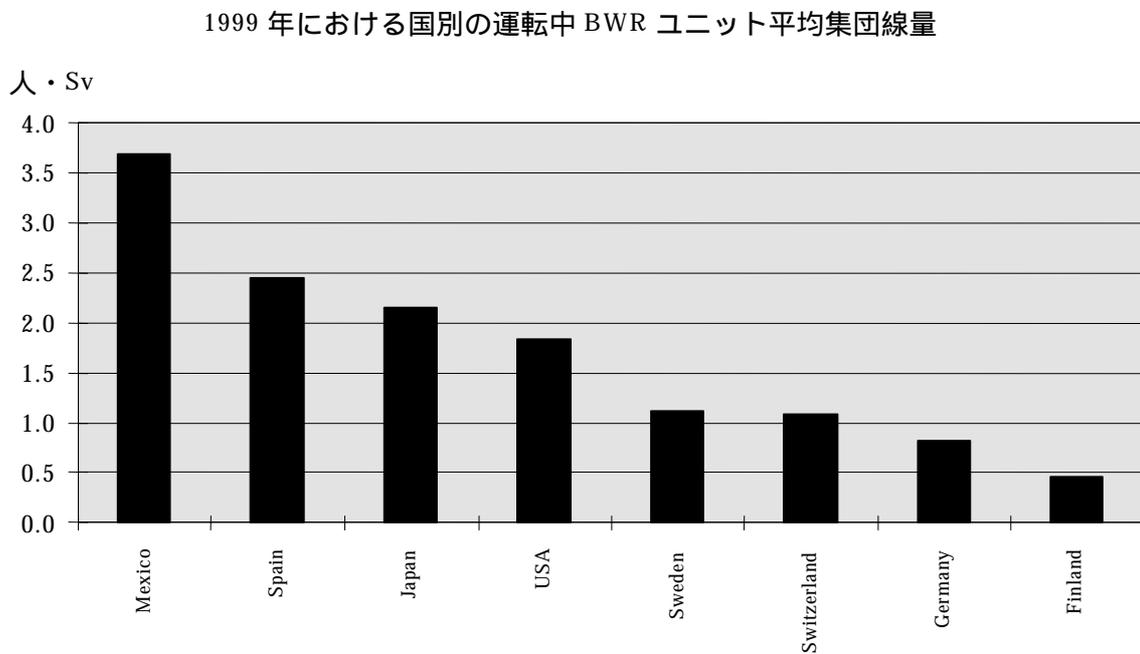


図 3

1999 年における国別の運転中 CANDU ユニット平均集団線量

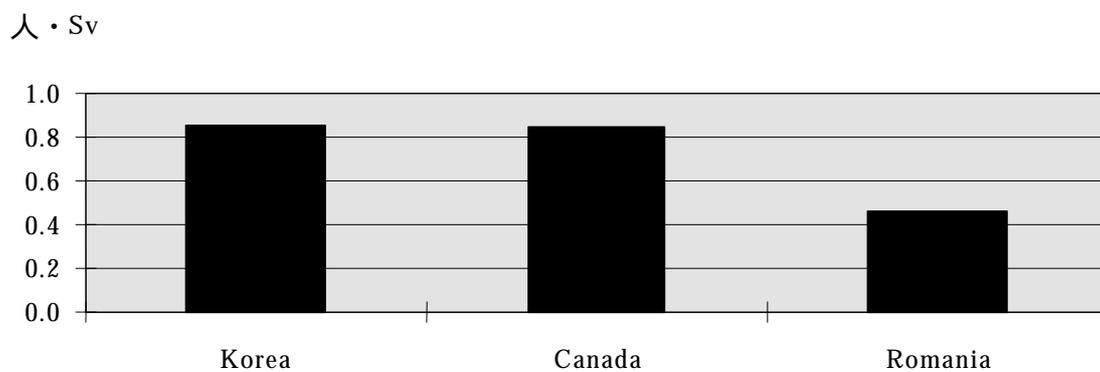


図 4

1999 年における炉型別の運転中ユニット平均集団線量

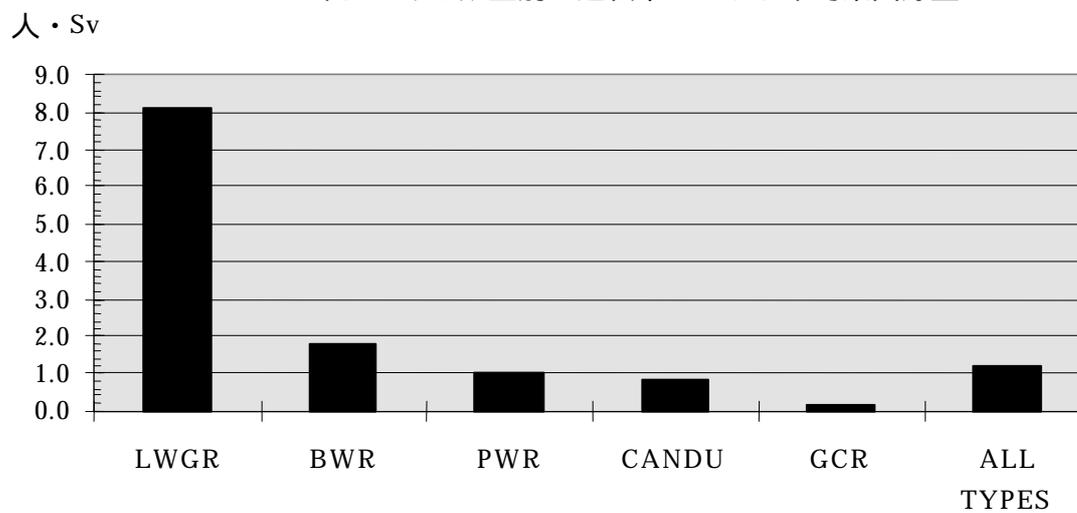


図 5

ISOE における炉型別の運転中ユニット平均集団線量の推移 (1987~1999 年)

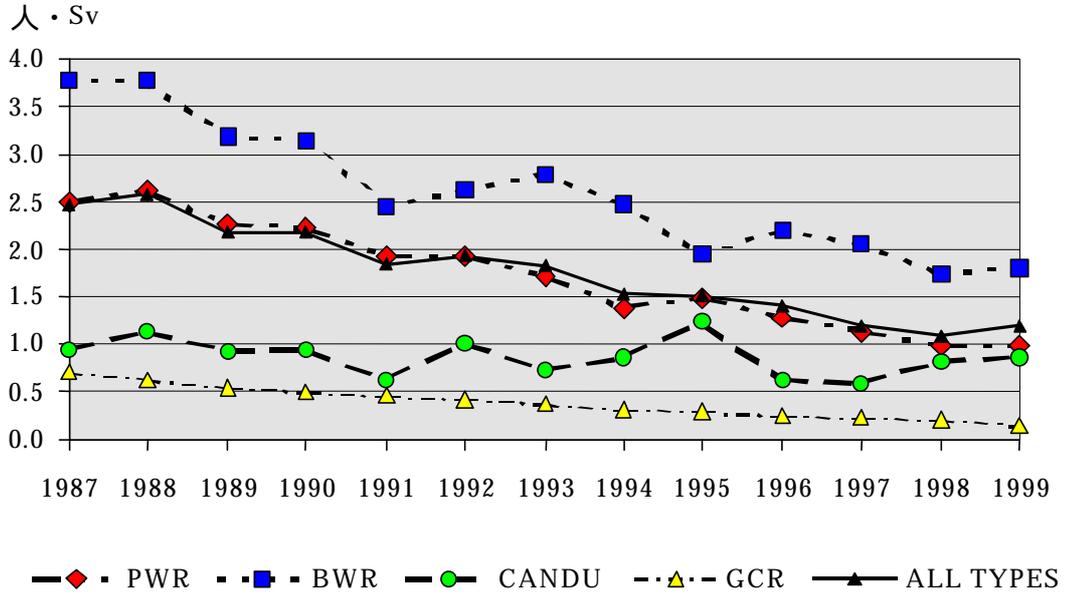
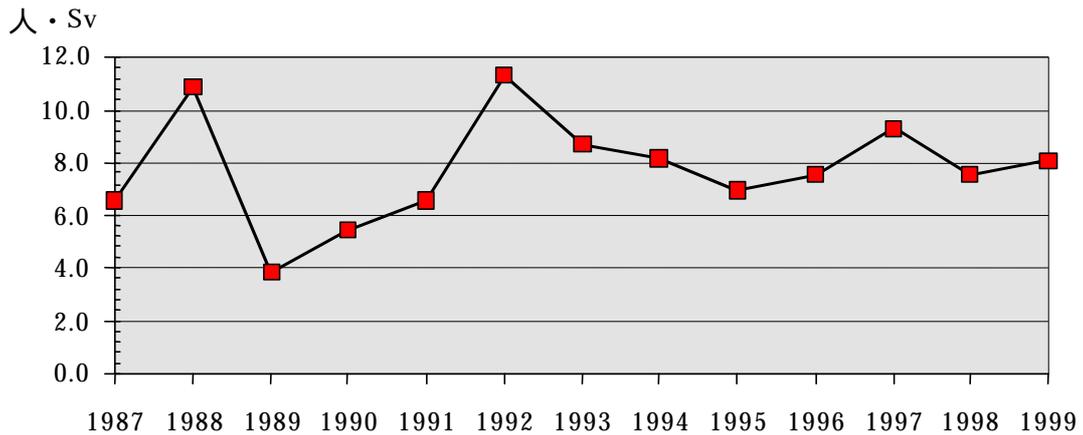


図 6

ISOE における運転中 LWGR のユニット平均集団線量の推移 (1987~1999 年)



原子炉基数：1987-1998 年は 2 基、1999 年以降は 3 基。

2.2 冷温停止状態または廃炉措置段階の原子炉における職業被ばくの傾向

運転停止した原子炉についてのユニット平均集団線量は、1987年から1999年にかけて低減した。しかし、これらの原子炉は、炉型や出力が異なり、概して、廃炉プログラムの段階も異なっている。これらの理由から、また、これらの数値が限られた基数に基づいているものであることから、はっきりとした結論は出せない。

表3は、ユニット年間平均線量を国別、炉型別に1997年から1999年まで示している。図7から図10では、運転停止した原子炉について、ユニット平均集団線量と原子炉基数を、1987年から1999年にわたってPWR、BWR、GCR及びすべての炉型について要約している。

表3 停止炉に対する国別及び炉型別のユニット平均年間線量(1997-1999年)

	PWR					
	1997		1998		1999	
	No.	人・mSv	No.	人・mSv	No.	人・mSv
France	1	112	1	120	1	91
Germany			6	96	6	74
Italy	1	1	1	1	1	19
United States	5	236	6	520	9	366

	BWR					
	1997		1998		1999	
	No.	人・mSv	No.	人・mSv	No.	人・mSv
Germany	1	461	4	386	4	326
Italy	2	50	2	56	2	53
Netherlands	1	168	1	158	1	217
United States	2	90	3	357	4	252

	GCR					
	1997		1998		1999	
	No.	人・mSv	No.	人・mSv	No.	人・mSv
France	6	49	6	81	6	40
Germany			1	44	1	30
Italy	1	43	1	43	1	42
Japan			1	130	1	170
United Kingdom	6	77	6	78	データ未入手	

図 7

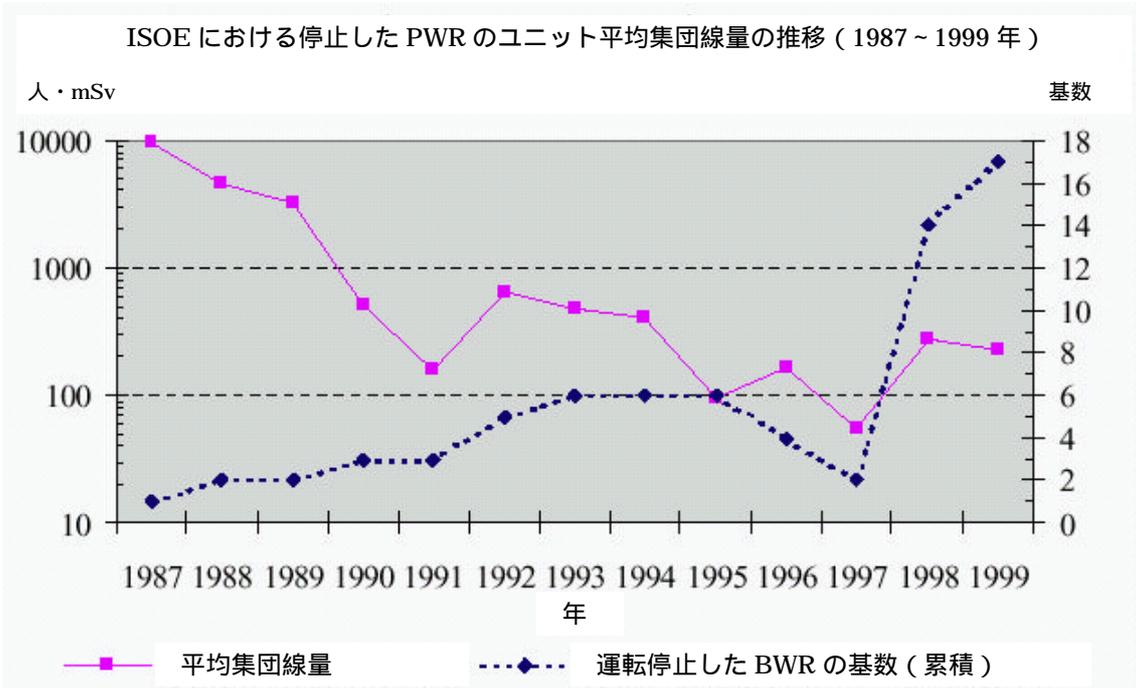


図 8

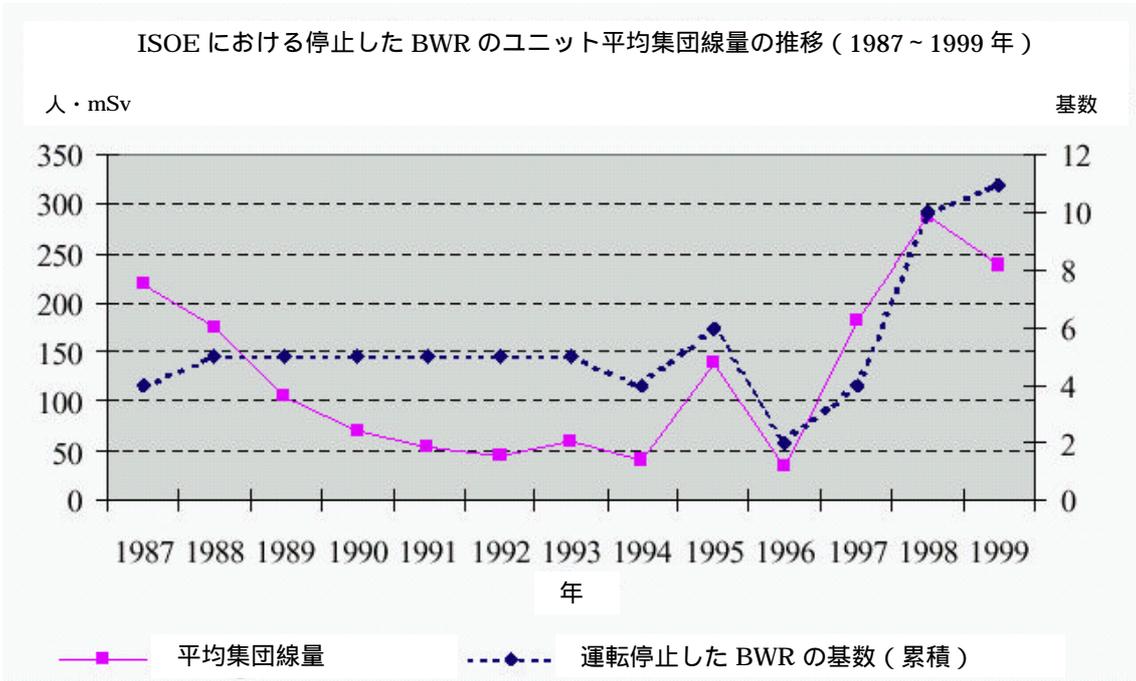


図 9

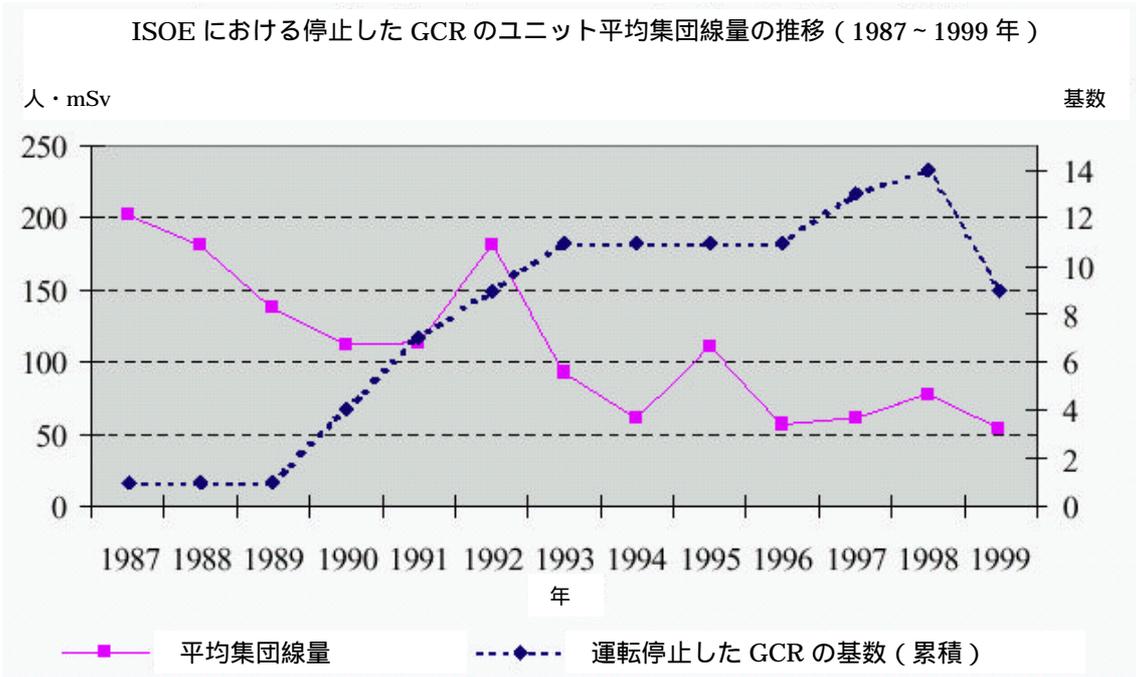
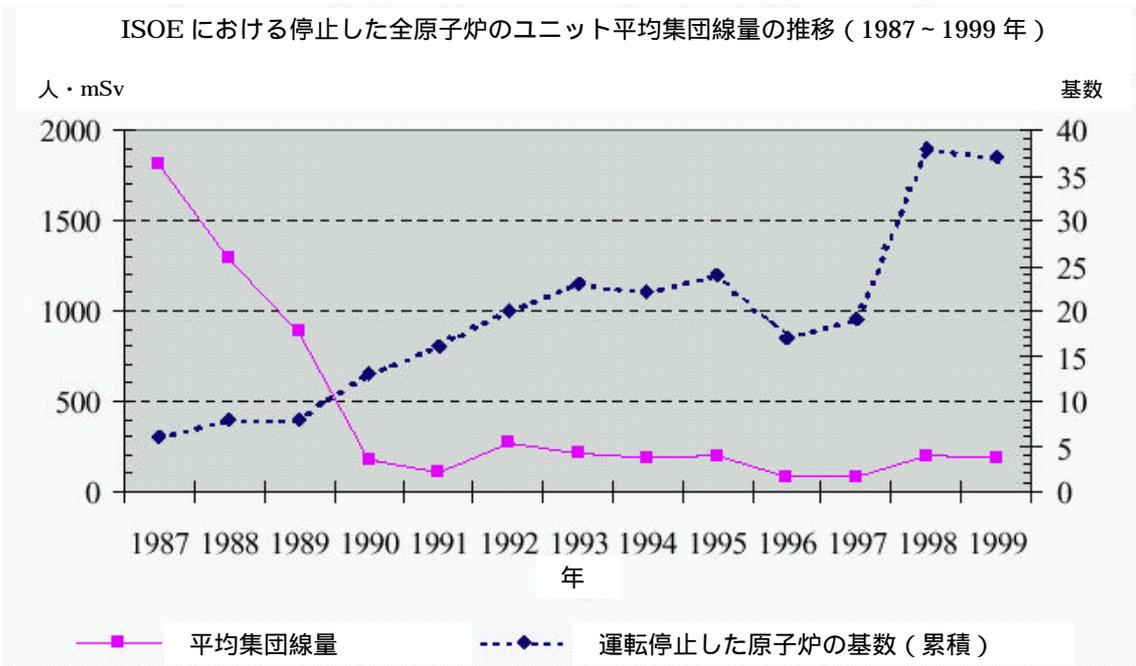


図 10



2.3 日本のBWRにおける炉内構造物取替とシステム全除染

1990年以降、世界各国でBWRプラントにおける応力腐食によるシュラウドの割れが報告された。1994年、福島第一2号機のシュラウド溶接線のところで応力腐食割れが発見された。日本では、これに対して集中的な研究開発が行われ、シュラウド取替方法が開発され、炉心シュラウドの割れについての対策が確立された。シュラウド取替は福島第一3号機784MWで最初の実施された。

シュラウドと共に取替えられた主要炉内機器は、トップガイド、コアプレート、給水スパーチャ、炉心スプレイスパーチャ、ジェットポンプ、差圧検出器/ホウ酸水注入配管、炉内計装案内管、及びこれらに接続されている各種配管とノズルセーフエンドであった。炉内にある既存のシュラウドその他の炉内機器の切断作業は、基本的には、水中で放電加工を使用して遠隔操作により行われた。また、空気中で自動溶接が実施された。

炉内構造物の取替を含めてプラント停止期間は当初300日と予定されていたが、実際には423日にわたった。

放射線被ばくを減少するために行われた処置

シュラウド取替作業には、機器の据付及び微調整といったような原子炉压力容器内における作業を多く伴うことが予測された。取替作業に先立ち線量率を低減することが、職業被ばくを低減するために必要な処置であると考えられた。それで、CORD/UV法（化学的酸化還元除染/紫外線）を使用して原子炉压力容器及び原子炉再循環系の全システムの除染を行うことが決められた。この処理によって、平均除染率は、原子炉压力容器の底で43、原子炉再循環ループの表面では46になった。この値は目標値の20よりも高かった。

その上、機械的な除染及び種々の遮へいの設置が行われて、原子炉压力容器内の線量率を更に低減した。機械的な除染を行った後、原子炉压力容器底部の線量率は、水中で0.03mSv/hであり、遮へいを付けた状態での空気中の線量率は0.2mSv/hであった。

シュラウド及びその他の炉内機器の取替における総実効線量は11.5人・Svであり、これは、上記の放射線低減措置が大変有効であったために、計画値の12.6人・Svよりも低いものになった。

「日本のBWRにおける炉内構造物取替とシステム全除染」に関する詳細は、ISOEアジア技術センター情報シートNo.9で見ることができる。

2.4 日本のABWRにおける初回定期検査

世界最初の改良沸騰水型原子炉（ABWR）である柏崎刈羽6号機は、378

日間安定した運転を行った後、第1回定期検査を1997年11月から1998年1月までの間で行った。この第1回の定期検査では、多くの検査及び試験が行われたが、年末及び正月休みの6日間を含めても所要日数は61日間であった。

この定期検査の間の合計実効線量は0.3人・Svであった。

「日本のABWRにおける第1回定期検査の実績」に関する詳細は、ISOEアジア技術センター情報シート No.10で見ることができる。

2.5 ドライウエル内の遮へい

Pilgrim発電所は、出力が670MwのMark1格納容器を備えたGE BWR3である。このプラントはマサチューセッツ州プリマウスのケープ・コッド・ベイ岸にある。歴史的にPilgrimプラントは高ソースタームBWRであった。それにもかかわらず、その年間の職業線量は平均以下であった。プラント労働者の受ける線量の60～70%はドライウエルからのものであった。

永久遮へい計画の開発：

1996年以前は、燃料取替停止作業を160～200mSvで行うために、一時的遮へいとして総計20～30トンの鉛を使用した。1996年に、ドライウエルに永久的な遮へいを設置して職業被ばくを低減することが計画された。この問題解決の方法が妥当であるとされたのは次による。

- ・100mSv低減のための遮へいを燃料取替毎に一時的に設置するコスト
- ・ドライウエル内の作業時間が長いこと
- ・ドライウエル内に繰り返し一時的な遮へいを設置することに伴う職員の安全上の懸念
- ・緊急作業及び強制停止時 この時に既設の遮へいがあること

窮屈な作業エリアには鉛のカーテンが適しているため、この計画ではドライウエル内に鉛のカーテンを設置することとした。カーテン即ち保護遮へいは、ドライウエルの内部構造物から垂直に取付けることができ、配管に直接に取付けられる遮へいよりも断然適切と考えられた。また、ドライウエルは広い範囲にわたり一時的な遮へいを設置することが大変難しいところであった。最終的に、構造物から吊り下げられた遮へいによって配管に一時的な遮へいの取付けをしなくてすむことになった。

最初の永久遮へい設置プロジェクトが成功したので、Pilgrimでは更に永久遮へいの設置を増やしていく計画が進行中である。

Pilgrimにおける永久遮へいの設置は、プラントの安全を損なうことなくサイトの職業被ばくを低減することができた有効な事例であった。

2.6 VVER 炉における線量率測定標準化

中部欧州、東欧、及び、旧ソ連の共和国にある原子力発電所の職業放射線防護改善に関する IAEA 地域技術協力プロジェクトは、1997 年に発足した。その主要な目標の 1 つに、VVER 原子力発電所の放射線管理員と RBMK 原子力発電所の放射線管理員間との情報交換の促進があった。このフォーラムでは、VVER 原子炉の線量率測定標準化ワーキンググループが 1998 年 11 月に最初の報告書を提出し、この時に測定に関する計画について協定が成立した。1999 年 11 月、初めて全 VVER 原子炉からの情報が集められ、その発表によって、ワーキンググループのメンバー、特に非常に低い線量率を登録したメンバーは、それぞれの原子炉において線量率に大きな影響を与えているものを調べることになった。2000 年 10 月に開催される会議には、更に多くの情報及び解析が提出されることが期待されている。

2.7 1999 年及び 2000 年のオーランド（アメリカ）における ALARA シンポジウムの概要

1999 年 ALARA 国際シンポジウムのハイライト

1999 年 ALARA 国際シンポジウムは、米国フロリダ州オーランドで 1999 年 1 月 31 日～2 月 3 日に、OECD/NEA 及び IAEA の後援で開催された。この技術シンポジウムの目的は、核燃料サイクルに関わる職業被ばく低減についての世界的情報交換の推進であった。シンポジウムの論題は、世界規模での線量低減達成を目指した「次のミレニアムへの飛躍」であった。

12 カ国から 140 名がこのシンポジウムに出席した。それらの国は、オーストリア、カナダ、中国、チェコ共和国、フランス、ルクセンブルク、メキシコ、オランダ、スロベニア、スペイン、英国、米国であった。展示ホールにはフランス、ドイツ、米国から 26 の業者が参加した。

シンポジウムでは 12 カ国が 47 件の口頭発表を行い、線量低減成果及び運転実績が討議された。1999 年 1 月 31 日には ALARA 応用手法について、半日間の教育コースが実施された。Brookhaven ALARA Center Head Dr. John W. Baum（隠退）は、職業被ばく低減に関してこれまでの 25 年間世界的に傑出した指導をしてこられたので、シンポジウムで榮譽を与えられた。New York Power Authority の Indian Point 3 は、このシンポジウムで 1998 年 World Class ALARA Performer として認められた。

技術セッションのハイライト：

総会では次の発表が呼び物であった。即ち、Brookhaven ALARA Center の業績についての Dr. John Baum の発表、ALARA に関するカナダの将来見通

しについての Atomic Energy Control Board、Director General Dr. John Waddington の発表、リスク基準の作業保護プログラムについての米国 NRC Director Dr. Don Cool の発表。

欧州審査団は、次のものをシンポジウム最優秀論文として選んだ。

1. 「Laguna Verde 線量低減プログラム」 Sergio Zorrilla、メキシコ。
2. 「CARE System による放射線遠隔モニタ」 Richard Warnock、米国サノノフル
3. 「燃料取替停止時の予期以上の線量率」 Fletcher Wilson、米国 Catawba 発電所

最優秀論文の著者は、スペイン・タラゴーナで行われる 2000 欧州 ALARA ワークショップに彼等の論文を提出するように招待された。

1999 年の国際 ALARA シンポジウムの参加者は、スウェーデン マルメで開催された 1998 年欧州シンポジウムの最優秀論文、EDF-France 「PWR におけるホット・スポット浄化プログラム」及び Magnox Electric-United Kingdom 「電子線量計の利用」に、特に関心を持った。

運転作業や供用期間中検査のような保全作業にリスク評価を適用して職業線量低減を行うことについての論文は、シンポジウムの出席者に関心を持って迎えられた。リスク・インフォームド供用期間中検査スケジュールは、貴重な検査資源を安全上重要な場所に集中して行うことにより配管構成要素検査の有効性を高める。これは、検査の頻度を減らして、しかも規制を遵守し、全体的なプラントの安全を維持することになる。

2000 年北米 ALARA シンポジウムハイライト

2000 年北米 ALARA シンポジウムは、米国フロリダ州オーランドにて 2000 年 1 月 23 ~ 26 日に開催された。会議には、カナダ、フィンランド、英国、ルーマニア、スロベニア、南アフリカ、スペイン、米国の 8 カ国から、170 名以上の参加者及び業者が出席した。北米技術センターが、北米で行われた第 3 回 ALARA シンポジウムの準備を行った。北米技術センターは、シンポジウムの前後に同じホテルで開催された他の産業界グループの会議、Nuclear Energy Institute のベンチマークワークショップ（出席者 210 名、1 月 19 ~ 20 日）それに、PWR ALARA 及び放射線防護委員会（出席者 75 名、1 月 27 ~ 28 日）も支援した。

シンポジウムでは技術セッションの 3 日間に 34 件の口頭発表が行われた。シンポジウムに先立ち、ALARA ツール及び技術についての 2 つの半日教育コースが、1 月 23 日に行われた。また、放射線防護マネージャーの最適事例に関する新 NEA 専門家グループの予備会議も、シンポジウムに先立って開催された。参加者は ALARA の新しいツール及びそのサービスを、28 業者のブースがある

展示ホールで評価することができた。IAEA は中部欧州及び東欧の国々及び南アフリカからの参加者を支援した。

2001 年の国際 ALARA シンポジウムは、カリフォルニア州アナハイムで、2001 年 2 月 3～7 日に行われることになっている。

2.8 原子力発電所における職業被ばく管理に関する第 2 回 EC/ISOE ワークショップの概要

欧州技術センターは、2000 年 4 月にスペイン・タラゴナで開催された第 2 回 EC/ISOE 原子力発電所における職業被ばくについてのワークショップを、欧州委員会と共同で準備した。参加者の主体は欧州人であったが、アメリカ及びアジアからの参加者もあり、23 カ国から 160 名がこのワークショップに出席した。IAEA は中部欧州及び東欧の国々及び中国、韓国、パキスタンからの参加者を支援した。参加者の 3 分の 2 は、原子力発電所及び原子力研究センターの上級放射線管理員であり、残りの 3 分の 1 は国の規制団体及び契約会社の代表者であった。ワークショップでは 32 件の口頭発表と 15 件のポスター発表が行われ、更に、8 つの業者がその製品をブースで展示した。参加者全員が良いと評価したものの一つは、小グループ討議で半日を過ごしたことであった。このワークショップの成功は、Vandellos2 及び Asco 電力会社及び ENRESA (設備の解体を託されているスペインの団体) の組織的で有力な支援に大いにあずかっている。Framatome (フランスの業者) から財政的な支援を受けて行われたフランス語、ドイツ語、スペイン語から英語への翻訳は、発電所の放射線管理専門家の幅広い参加が得られたことに寄与した。

労働者の放射線防護におよぼす規制緩和及び自由市場の影響は、(スペイン及びスウェーデンの規制団体により) 導入セッションの際にも、また、全ての小グループ討議の際にも取り上げられた。全参加者が、規制緩和はこれまでのところ労働者の保護に対して否定的な影響を与えていなかったことを確認した。しかし、ある者は、これは業界にとって新たな大変難しいチャレンジであったことを指摘した。フランスの電力会社が行った発表では、プラントと契約会社グループ間の新しい形の契約関係を説明し、この契約関係では契約会社グループに原子力安全及び放射線防護の分野の資源を共同にすることを認めていると述べていた。結論として次のことが勧められた。**「被ばくに対する規制緩和の否定的な影響を回避するために、新しい放射線防護管理技術を考慮すること。同時に、放射線防護をプラントの運転及び保守から独立したものにしておくこと。」**

トピカルセッションでは設備の解体に関わる放射線防護に関心が持たれた。この論題についての第 1 回欧州 ALARA Network(EAN)ワークショップ (Saclay 1997)の主要結論の再確認を行った後、スペイン、フランス、ドイツ、英国の実績が発表された。その多くは、リスク管理のための手順及び技術に焦点を合わせていた。主要な結論は、廃止措置における実施作業及び発生した出

来事のフィードバックを改善する必要があるということであった。そして ISOE システムはこの改善促進の有力な支持者であると考えられた。EAN ワークショップの次の勧告も参加者からの賛成を得られた。**「廃止措置で発生した資材が取り片付けられた時には、リスクはあるかも知れないが、受容できるレベルが達成されたことを示すための、同一水準の管理システムを欧州の内（及び外）で採用すること。」**

大きな工事を行う際の ALARA 原則の実施方法が、中国、オランダ、スイスの行った講演で述べられた。概して言えば、この第 2 回 EC/ISOE 国際ワークショップでは、プラント経験のフィードバック、ALARA 実施で得た教訓、及び職業被ばく問題が専ら扱われた。ドイツ及びスウェーデンの経験から、PWR 及び BWR の両方について亜鉛注入による線量率の低減が発表された。これは今後更に改善が期待されるものではある。スウェーデンの Barseback 原子力発電所の論文が受賞した。

討議及び発表の際に、実施面（職員の衣服の除染、外国人労働者の管理）及び規制面（放出基準）について調整の必要があることが指摘された。

ワークショップ参加者も勧告を行った。**「放射線防護システムに集団線量の概念を維持すること。これは大変有効な管理の手段であり、業務遂行の指標として有効であり、最適化の手法として欠くことのできないものである。」**

集団線量の使用は、下記のような指標の使用により補わなければならないということ意見の一致が得られた。

個人線量分布

被ばく人 時の数値（つまり、被ばく作業の工数）

スペインの論文に示されているように、停止期間中の毎日の集団線量を被ばく作業工数で除した値といったような比率

終りにあたって、オランダ（米国）1999 ISOE 国際シンポジウムの受賞論文を傾聴した時には、このワークショップは海外の放射線管理員の結び付きを強化する良い機会になった。更に、3人の発表者がタラゴナで表彰され、米国で2001年に行われるISOE国際ALARAシンポジウムで彼等が発表を行うように招待された。表彰された発表は、Barseback（スウェーデン）の「亜鉛注入による線量率の低減」、Sizewell（英国）の「出力運転時に破損燃料があった場合の放射線管理上の問題」、Framatome（フランス）の「外国人労働者の管理」であった。

次のISOE欧州ワークショップは、2002年スロベニアにて開催される。

2.9 ISOE 原子力発電所冊子 (Dossier)

ISOE の新しい出版物が 1999 年から入手できるようになっている。その出版物は「ISOE Plant Dossier」である。この主目的は、各プラントに、そのプラントが姉妹ユニットグループのプラントとのベンチマークを行うために使用できる小冊子を提供することにある。

「ISOE Plant Dossier」は 2 つの冊子からできている。最初の冊子は特定のプラントに関わる情報を掲載している。

集団線量のグラフ。ここにはプラントの各号機の進展が姉妹ユニットグループのそれと比較されている。

年間合計集団線量

データベースにある 18 の停止時作業各々の集団線量

12 の職業分野各々の集団線量

ISOE3 報告書のリスト

ISOE 情報シート

事象報告 ISOE 情報シート

ISOE システムにより提供される他の情報

2 冊目の冊子には ISOE システム上の一般的な文書を掲載している。

ISOE システムの構成 (ISOE 組織及び ISOE 情報の流れ)

ISOE プログラム参加者の表

当年度の作業プログラム

原子力発電所の分類、姉妹ユニットグループ

ISOE 規定と条件

今のところ、「ISOE Plant Dossier」はスペインで出版され配布されていて、この冊子に数カ国が関心を示している。この冊子を作成するためのデータは、請求次第、欧州技術センターにより、Excel ファイルとして、国のコーディネータ又は原子力発電所に提供される。各プログラム参加者が、自ユニットの比較対象として姉妹ユニットグループ又は原子炉ユニットを選択することが可能である。

将来は、特定プラントのデータを抽出するために、数個のプッシュボタンが MADRAS アプリケーションソフトで使えるようになるう。

2.10 ISOE 参加国における 1999 年の主要事象

全ての生データについて言えることであるが、前記のセクション 2.1 及び 2.2 に提出された情報は、1999 年実績の平均値のグラフ表示にすぎない。この情報は、大きな傾向を把握するのに役立つ、更なる研究により興味ある詳細実績や教訓が引き出される領域を強調する上で役立つ。この数値データの価値を

高める一助として、このセクションでは、1999年の職業被ばくの傾向に影響を与えたと思われる重要な事象の表を提示する。これらは各国から発表されたものである。

アルメニア

国全体の職業被ばく線量に関わる動向の概要

アルメニア原子力発電所職員の線量測定管理はフィルム線量計及び熱ルミネッセンス積分線量計によって行われている。しかし、プラント停止時に特別の保守作業を実施する際には、職員はソフトウェア付の電子線量計も身に付ける。

線量動向に影響を与えた事象

1999年、2つのプラント停止が行われた。最初のプラント停止（1999年4月10～24日）では、欠陥のできた水位測定用ノズル2SG-5及び2SG-6の解体と交換、2SG-5配管のプラグ溶接によるプラグイング、及び欠陥のある特別水浄化システムの取外しが行われた。この停止期間中、最大個人線量は7.0mSvであり、集団線量は0.03人・Svであった。

第2回目のプラント停止の期間は約3ヶ月であった。9月の初めから12月の初めまで、定期保守作業及び通常の燃料取替を行うために、2号機が停止された。計画被ばく線量が規制団体との間で同意された。被ばく線量は次の作業に関して予め計画された。

- 原子炉上の輸送機器設備運転、原子炉補修及び保守
- 蒸気発生器補修及び保守
- 主循環回路装置の保守及び補修
- 加圧器の保守及び補修
- 特別水浄化-1(SWP)システムの保守及び補修
- 除染作業
- 金属管理作業
- 一般的な作業
- 雑作業

第2回目でのプラント停止の際の最大個人線量は20mSv（年間職業被ばく制限値は50mSv）であり、集団線量は0.74人・Svであった。

1999年、アルメニア原子力発電所の最大個人線量は29.0mSv、集団線量は1.57人・Svであった。

資格を持った保守職員が不足していたので、安全関連の問題がいくらか

あった。資格を持った職員の不足により ALARA の考え方の実施が常には行われなかった。

アルメニア原子力発電所は職員被ばく線量低減のプログラムを進めている。そのプログラムには次のような体制上の問題及び技術的な問題が取り上げられている。

放射線の見地から危険な作業遂行についてのプログラム
主要な ALARA の考え方に従った材料及び方法の教育
原子力発電所管理区域における切断、溶接、除染等の作業の際には、放射性エアロゾルの局所的除去を行う局所換気設備を使用するといったような、技術的解決法。水中カメラを使用したクラッドに関する水調査システムの導入。

多くの規制上の問題が解決されなければならない。

ICRP 及び国際基本安全標準 (International Basic Safety Standards) に従った放射線安全に関わる法律及び規制の作成が始められていて、2001 年に完成することになっている。この法律や規制が実施されると電力会社は年間の職業被ばくを 20mSv に制限することが求められる。このためには、防護手段の追加を行うことが必要になる。

ベルギー

1999 年 ;

国全体の線量測定に関わる動向の概要

発電所のサイクルの長さが異なっているので、ある年と次の年の間の動向を記述することは大変難しい。Doel は 1 年サイクルで運転されており、Tihange は 18 ヶ月サイクルで運転されている。1998 年には 7 基のユニットが全てプラント停止を行い、そのうちの 1 基では SG の取替が行われた。1999 年には 7 基のうち 4 基がプラント停止を行い、その中の 1 基が原子炉容器蓋の取替を行った。

線量測定の動向に影響を及ぼした事象

9 月に行われた Tihange 1 の原子炉容器蓋の取替。この取替は合計集団線量 274.26 人・mSv で行われた。当初の予測は 286 人・mSv であった。

プラント停止の数と期間

1999 年、原子力発電所 Doel 1 は 22 日間のプラント停止を行った。Doel

2 は 23 日間、Doel 3 は 18 日間、Doel 4 は 26 日間であった。Tihange 発電所の 1 号機は、原子炉容器蓋の取替を含めて 1999 年プラント停止を 31 日間で実施した。Tihange 2 号機及び 3 号機は燃料サイクルが 18 ヶ月であり、1999 年にはプラント停止を行わなかった。

主な進展

ALARA 準備を厳格に行って集団線量をいくらか低減した。例えば、Doel 1 号機及び 2 号機（これはツインユニットになっている）では、ALARA キャンペーン及び意識高揚活動により、1997 年から 1999 年までの間に、合計線量が 900 人・mSv から 732 人・mSv に減少している。

機器又はシステムの取替

Tihange 1 号機の原子炉容器蓋の取替、及び Doel 1 号機 1 次冷却材ポンプのうち 1 台のロータ取替。

予期しなかった事象

加圧器安全弁の現地修理のための Tihange 3 号機の冷温停止は、14.13 人・mSv の集団線量になった。

漏えいを起こした蒸気発生器伝熱管のプラグイングのための停止が Doel 2 号機で 2 回あって、集団線量はそれぞれ 34.88 人・mSv 及び 29.44 人・mSv であった。

2000 年；

関心の持たれる事項

この年は Tihange 1 号機だけがプラント停止を行なわない。他の 6 基は各 1 回のプラント停止を行う。

1999 年のベルギーの集団線量

Doel 1	354.0 人・mSv	Tihange 1	1058.4 人・mSv
Doel 2	378.0 人・mSv	Tihange 2	59.5 人・mSv
Doel 3	508.1 人・mSv	Tihange 3	81.0 人・mSv
Doel 4	369.0 人・mSv		

カナダ

全カナダの CANDU 原子炉は老朽化が進行していて、保守の必要性が増加傾向にあり、従って、線量が増加傾向にある。ソースターム低減のような緩和方策が線量増加の傾向を抑えるために継続して導入されなければならない。

Pt. Lepreau 発電所

Pt. Lepreau 発電所では重大な予期されなかった事象が起きた。多くのボイラチューブで管の肉厚が薄くなった度合いを査定する必要性が生じた。そして、プラント停止時に、間違えて不適切な型の取替用チューブを取付けた。その後、不適切なチューブを切取り、適切なチューブを取付けなければならなかった。

1999 年のプラント停止は 5 月 8 日から 7 月 31 日までにわたった。

1999 年合計線量	1.356 人・Sv
プラント停止時線量	1.223 人・Sv
蒸気発生器伝熱管検査及びプラグイング	500 人・mSv
PHT フィーダ検査	100 人・mSv
SLARette (燃料交換用機器)	90 人・mSv

2000 年に関しては、組織的進展の見地から、Pt. Lepreau スタッフ全員が統一された考え方を創り出すために「洞察力と人間関係技術」訓練に出席することになっている。

年次のプラント停止は 8 月中旬に始まる。

Gentilly 2 号機

労働組合が新しい労働契約の交渉中であり、組合員が残業をしていないので、1999 年のプラント停止期間は、42 日間から 109 日間に延長された。

Gentilly 発電所では、新しいアンチモン・フリー熱輸送システムのポンプシール (1998 年のプラント停止時に取付けられたもの) に漏えい問題が発生した。アンチモンを含んでいる以前のシールを元のところに戻すことが必要であった。1999 年の処置の後、2000 年の年次プラント停止の際に ^{122}Sb 及び ^{124}Sb が再び出ていた。

1999 年合計線量		
	合計:	1.938 人・Sv
	外部:	1.616 人・Sv
	内部:	0.322 人・Sv
停止時線量		
	合計:	1.708 人・Sv
	外部:	1.488 人・Sv
	内部:	0.220 人・Sv

1999年のプラント停止時における大部分の外部線量は次の作業によるものである。即ち、フィーダ耐震支持物検査(10%)、蒸気発生器1次側掃除(38%)、減速機及びSLARETTEなどの燃料交換機作業(10%)

2000年の目標:

2000年合計線量	
合計:	1.32 人・Sv
停止時線量	
合計:	1.12 人・Sv
外部:	1.00 人・Sv
内部:	0.12 人・Sv

Ontario Hydro/Ontario Power Generation

1999年4月1日、Ontario Hydroは数社に分割された。その中にはOntario Power Generation(OPG)も含まれている。OPGは、以前Ontario Hydroが所有していた原子力発電所を含めた発電所を所有し、その運転も行っている。

1999年には、OPGは12基の運転中原子炉を所有していて、その内訳は、Bruce 5号機～8号機、Pickering 5号機～8号機、Darlington 1号機～4号機である。この他に8基の運転されていない原子炉(Bruce 1号機～4号機及びPickering 1号機～4号機)を所有していた。Bruce 1号機～4号機及びPickering 1号機～4号機は、他の発電所の性能改善を待つ間使用されていなかった。認可を得たならば、2001年から2002年の間にPickering 1号機～4号機の運転の再開を始めるように、計画が進められている。Bruce 1号機～4号機の運転再開はOPGによって将来検討されることになっている。

1999年、電力市場の競争への開放のため、Ontario Hydro社は同社が所有する発電に使われている資産の一部を売却することが要求されるであろうことが明らかになった。幾つかのプラントの買い手を見つける業務が始められた。

1999年の重点項目は運転中の原子炉を優秀な原子炉(米国プラント成績順位で上位の4分の1以上を狙う)にする努力を続けることであった。大量の保守作業が実施され、その結果、近年の実績に比較して相対的に高い線量になった。

1999年には、放射線防護の視点からは、4つの大きな新規重要プランがあった。

第一は、2000年末に完了が予定されている2300万カナダドルの汚染管理プロジェクトの実施である。このプロジェクトは、線源で汚染を効率よく管

理し、汚染の広がりを防ぐプログラムを提供するものである。これは、標準化された機器の設置、特殊収納容器の使用法を含めた標準化された手順、汚染管理訓練計画、成果指標、などの採用により成し遂げられるであろう。

第二は、完全な遠隔線量測定 / 遠隔ビデオ監視プログラムの実施である。これは Pickering 原子力発電所で始められる。このシステムは標準保守プラント停止当たり 100mSv の低減を行うように計画されている。2000 年の計画には、Bruce 5 号機 ~ 8 号機及び Darlington 発電所においても同じシステムを設置することが組み込まれている。

第三は、放射線管理スタッフによる放射線管理監督を更に強化すること、及び提供可能な放射線管理業務を増大することである。放射線管理組織は規模が 2 倍になったので、放射線安全技術者が直業務に入ることが可能になり、現場でより多くの業務提供を行い、スタッフによる指導を行い、放射線に関わる作業計画作成により多く関与するようになった。

第四は、放射線管理スタッフは組織変更を終了した。放射線管理の全ての職場は上席副社長に報告を行うようになった。上席副社長は Chief Nuclear Officer に直接報告を行う。以前は、発電所と本社に放射線安全部があって、報告はそれぞれから別の管理者、別の副社長、上席副社長を經由して、それから、Chief Nuclear Officer に伝えられていた。この変更は、放射線安全に対する関心の喪失、そして内部及び外部の検査から明らかとなった汚染管理の喪失を懸念して実施された。放射線安全プログラムについての関心は、もっと高いレベルにあげられなければならないとの結論が出された。

2000 年には、放射線に関わる作業の全ての面で、大きな新規作業には新 ALARA スタッフの関与がより多くなるであろう。ソースターム低減、ホットスポットの確認と除去、及び一時的遮へい利用の分野で改善計画がある。

チェコ共和国

原子力発電所 Dukovany における 15 年間の個人別モニタリング結果の解析

年間平均個人実効線量

原子力発電所年間運転全時間に対する平均個人実効線量は、全労働者(電力会社従業員及び契約労働者)について 0.5~0.8mSv の間の値に低下している。1994 年以降、電力会社従業員の実効線量と契約者の実効線量の比率に変化が見られる。このことは、電力会社従業員が創立した小さな会社が数多く現れて、原子力発電所に業務の受注を申し入れ、契約者として働くようになったことが、大きな理由になっている。

労働者が職種別に分類されている国立原子力安全事務所の中央職業被ば

く登録所を利用して、特定の職業に関して年間平均実効線量を比較すると、実効線量の変遷は更に興味深いものになる。

1992年、プラント停止の際に蒸気発生器室内で特別補修作業が開始された（蒸気発生器の上部給水分配システムの改造）。そしてこれは現在まで継続している。この補修作業が始められる前に、蒸気発生器室の除染が行われる。線量の評価を行うと、除染を行った労働者の年間平均実効線量及び改造工事を行った労働者の年間平均実効線量が著しく減少していることが分かる。これは労働者の技能がどんどん向上したことが大きな原因になっているが、仕事が効率よく行われるようになったこと（より効果的な除染作業、業務知識の向上）も一因になっている。

個人実効線量

1991年から1999年まで、個人実効線量が10mSvを超過した件数は52件に過ぎなかった。そして20mSvを超えた線量を受けた労働者は6名だけであった。それはほとんどの場合、4つのユニットにおいて標準保守停止の際の仕事（保温材作業等）を行った契約労働者であった。

内部汚染に関して 放射性核種の混合物による内部汚染という関心を引く事例が1998年に発生した。プラント停止時に、ホウ素を含む排水の再循環貯蔵タンクの清掃が計画された。清掃作業は小さな特定保全会社の5名の労働者によって行われた。作業場所は放射線防護保証プログラムに従って清掃のための準備がされたが、清掃する場所は高温であったので、清掃作業中は大変埃が多い状態であった。労働者の表面汚染及び内部汚染は仕事の終了後に判明した。4名の労働者は0.5mSv以下の預託実効線量を受けたこと、そして、もう1名の労働者は7mSv以上の預託実効線量を受けたことが分かった。しかし、この1名の労働者に対してホールボディカウンティング及びバイオアッセイ解析を繰り返し行い、最終的にはその労働者は預託実効線量1.5mSvであったと評価された。

集団実効線量

運転期間中の年間集団実効線量の値は1人・Svから1.9人・Svの間にある。記録レベルが0.05mSvから0.1mSvに変更されたことに関連して、1999年以降集団実効線量の計算法が変更された。このことは、世界原子力発電事業者協会（WANO）その他で集団線量の計算に使用されている方法に合致させるために行われた。

中国

1999年:

1999年のユニット当たりの平均集団線量は552人・mSvであった。内訳は、Qinshan 原子力発電所は324.18人・mSv、即ち0.44人・Sv/TWh、Daya Bay 1は680.32人・mSv、Daya Bay 2は652.7人・mSvであった。Qinshan 原子力発電所については、平均集団線量が、1997年には367.05人・mSv、1998年は792.33人・mSvであった。プラント停止期間は、1997年の55日間から、1998年171日間、1999年258日間に伸びている。1999年3月21日から1999年6月18日までの90日間で原子炉下部炉内構造物が取替えられた。

新/実験的線量低減計画

一時的遮へいと永久遮へい

原子炉下部炉内構造物復旧作業の際に、下部炉内構造物を戻す工程で、遮へい用に水を追加するため、内部の水位が12.150mから12.950mまで800mmだけ高められた。復旧工程は直立フレームを使用して行われた。この転倒用フレームには、エネルギーアブソーバがある下部炉内構造物の一部を遮へいするために、上面に4インチ(101.6mm)、三方に3インチ(78.2mm)の鉄の遮へいが付けられている。原子炉容器蓋の周囲でも一時的遮へいが使用された。

燃料取替用水の浄化

原子炉下部炉内構造物復旧作業の際に、水中の放電加工機の切断作業によって発生するデブリを除くために、臨時の水中真空ポンプ及びフィルタシステムが設置された。その間、燃料取替用プール浄化システムは、空間線量率を低減するために運転が続けられていた。

カメラ及び長柄 工具の使用

原子炉下部炉内構造物復旧作業の際に、カメラ及びできる限りの長柄の工具を使用して、検査と補修作業が行われた。これらの作業のうちの幾つかにはダイバが使われた。ダイバは放射性を持った構造物からは、遮へい材としての水があることを条件としての安全な距離を保っていることが求められた

線量率が極めて低い待機区域の設定

プラント停止の際に、低被ばく区域の限界をはっきりさせるために、格納容器内作業領域の放射線サーベイマップが使用され、全ての職員は、作業への参加を求められない時にはこの区域を使用するように指導された。作業の各段階において、高線量領域を確認するためにロープと障壁が使用された。

モックアップの使用と訓練

すべての職員がその仕事に関係するALARA訓練を受けた。モックアップは、手順を調べ放射線の場にいる時間を最小限にするために、広範囲に使用さ

れた。

継続的 ALARA 情報

原子炉下部炉内構造物復旧作業の際に、作業工程毎に、その作業工程の時点での放射線の場合及び前工程で得られた教訓を考慮に入れた ALARA の検討が行われた。作業の進行を討議する会議（例えば、直の交替時）毎に ALARA の協議事項が取り上げられている。

もしも放射線レベルが予期したものとは著しく異なる場合又は異常な数の汚染が発生した場合、その仕事は中止され、是正措置がとられるであろう。必要であれば、その仕事の工程は再検討されるであろう。

デッキ（+18m）上の線量率は 6mSv/h であり、炉心バレルがある位置まで引き上げられた時のガンマ散乱効果により、燃料取替機レベル（+13m）上の 1.3mSv/h よりもかなり高くなった。放射線管理技術者は、線量を少なくするために、鎖引きの労働者に作業場所の変更を要求した。この措置によって実際に、約 40 人・mSv だけ少なくなった。

2000 年:

職業放射線防護を強化するモデル業務が、IAEA の支援により、Qinshan 発電所に作られ実施される。

2000 年の主要な仕事の一つが、第 5 回燃料取替停止時の原子炉冷却材ポンプのオーバーホールである。2000 年内に放射線防護指導ハンドブックを見直し及び海外の ALARA の良好な実例を採り入れることにより、放射線管理訓練及び ALARA キャンペーンが強化されるであろう。

フィンランド

1999 年にフィンランド原子力発電所で行われたプラント保守停止は短期間であった。短期間停止の一つの理由は作業スケジュールの計画が良かったことにある。

Olkiluoto1 号機では、停止期間は 8 日間であり、Olkiluoto の歴史では最短の停止期間であった。集団線量は 0.35 人・Sv であった。Olkiluoto2 号機では、停止期間は 10 日間であり、このユニットの歴史では最短であった。集団線量は 0.38 人・Sv であった。この 2 つの停止において長時間を要した作業の一つは、蒸気発生器のクラックの補修であった。ダイバーのグループがこの水中作業を行うために米国から来た。最高の集団線量及び個人線量はこの作業の際に生じた。一人のダイバーは線量 15.4mSv を受けた。

Loviisa 原子力発電所における燃料取替及び保守の停止も短期間であった。Loviisa1 号機では、停止期間は 20 日間で、集団線量は 0.75 人・Sv であった。この停止期間中に行われた一番の長期間作業は蒸気発生器の内の 1 基の給水分配管取替、蒸気発生器室内のケーブル取替、及び原子炉の内部材料調査サンプルの焼きなましであった。焼きなましの後、この材料調査サンプルは原子炉に戻された。この目的は、焼きなましを行った後の圧力容器の供用寿命を見るためである。Loviisa2 号機では、保守停止期間は 19 日間になり、集団線量は 0.51 人・Sv であった。最高の作業線量は、電気及びオートメーションのケーブル取替に関連して受けた。最高の個人線量 16mSv もこの作業の際に受けた。

欧州連合 BSS 指令の採用により、1999 年の初めに、フィンランドでは放射線法が改正された。放射線労働者は 2 つのグループ、A 及び B、に分けられなければならなかった。A グループに属する労働者の健康診断は、従来は 3 年毎に行われていたものが、毎年行わなければならないことになった。この労働者の新しい分け方を行うためにフィンランドの原子力発電所は多くの仕事をしなければならぬが、まだ完全には実施されていない。

フィンランドの 4 基の原子炉は全て 1970 年代の終りに運転に入った。2 つのプラントが 1998 年に大規模な近代化プロジェクトを実施した。同時に定格出力も増加された。近代化は放射線管理に関しても実施された。将来の最大の課題は既設の放射線モニタシステムのアップグレードである。

フランス

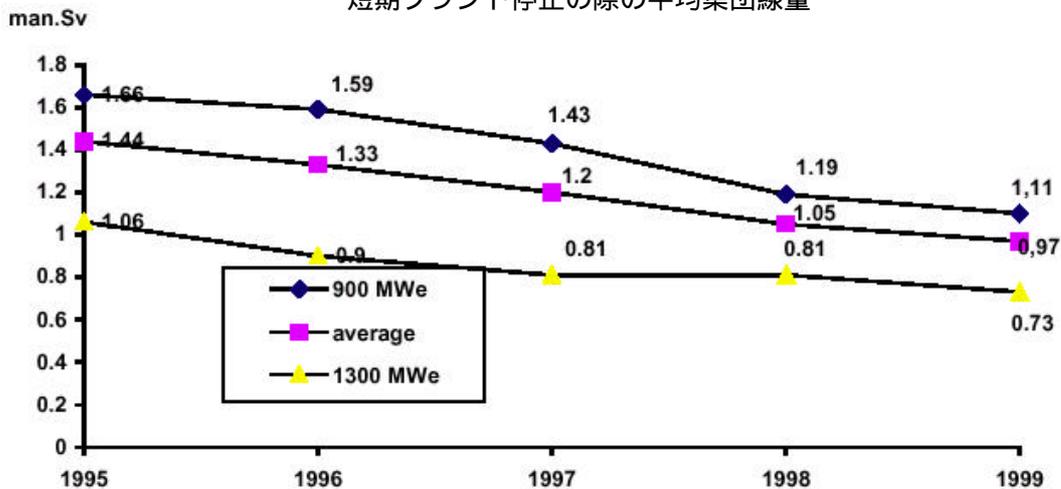
国全体の職業被ばくに関わる動向の概要

集団線量

EDF は、19 のサイトで合計 58 基の加圧水型原子炉 (PWR) (内訳は、900Mwe : 34 基、1300 Mwe : 20 基、1450 Mwe : 4 基で、この中にはまだ試運転段階のものが 1 基含まれている) を運転している。

放射線労働者全員が受けた原子炉 1 基当たりの平均集団線量は 5% だけ減少した。即ち、1998 年の 1.2 人・Sv から 1999 年の 1.17 人・Sv に低下した。この数値は 2000 年の目標値として設定した値である 1.2 人・Sv よりも低いものである。これは、特に大規模保守計画に関して、線量を最適化するために会社が継続して行ってきた努力の成果である。

短期プラント停止の際の平均集団線量



900Mw 級については、集団線量の低減は足踏みをしているように思われる。一方、1300Mw 級については、集団線量はかなり低減している。この低減は、危険な作業現場での線量低減の努力を協力して行ったことによるだけでなく、管理区域で行う作業の総量減少を意欲的に行ったことによるものと解釈される。単純燃料取替停止の一般化（ASR）、1300Mw 級に長い燃料サイクルを採用、及び、信頼性指向保守方針の実施があったので、この低減活動ができた。

個人線量

個人被ばくの年間平均値（厳密にゼロよりも大きな線量を受けている被ばく労働者に関する）は安定している。これは 1999 年に 2.35mSv であった（1998 年は 2.32mSv）。この安定性は、1999 年には被ばくした労働者（27340 名）が 1998 年（28392 名）に比べて少なかった、つまり 1052 名（4%）少なかったことによるものと説明される。それで、集団線量は減少したけれども平均線量は変化しなかった。

年間で 20mSv 以上の線量を受けた労働者の数は、1999 年には大変低いレベルにまで減少した。この値を超えた人員は、1998 年は 17 名、1997 年は 193 名であったのに対し、1999 年は 8 名であった。この値を大きく超えた 2 名（340mSv になった Tricastin の事象及び 30mSv になった Dampierre の事象）を除けば、他の 6 名は 21mSv を超えていなかった。

線量測定の動向に影響を与えた事象

しかし、全体的な成績では、集団線量測定値が停滞（1999 年で 1.41 人・Sv、1998 年で 1.37 人・Sv）している 900Mw 級ユニットと、集団線量測定値が改善されている 1300Mw 級ユニット（1999 年で 0.73 人・Sv、1998 年で 0.92 人・Sv）

Sv) の間の差異が隠されている。

この向上は主として次による。

- ・ ALARA 方針の適用。これは、非常に多くの線量を発生する作業（集団線量の約 70%）関連の線量測定最適化に特に集中された。
- ・ 作業会社に関して措置（援助、業務契約で線量目標の設定、等）を実施。
- ・ 保守方針の改正。これは保守作業量の減少を目標にしている。保守方針の改正は、燃料取替停止として単純燃料取替停止（1999 年には 24 件）が一般的に実施されていること、及び、予防保全の最適化（信頼性指向保守最適化）が貢献している。

1300Mw 級で燃料サイクルを長くすること（10～12 ヶ月毎に炉心の 1/4 の燃料取替から 18～20 ヶ月毎に炉心の 1/3 の燃料取替に移行）もプラント停止期間の短縮に寄与し、従って、集団線量及び個人線量の低減に寄与している。

予期しなかった事象

1999 年 3 月 11 日、Tricastin 発電所は保守のために停止していたが、原子力発電所の技術者が原子炉ピット（分類「赤」の管理区域）に入った時、340mSv の線量を受けた。この事象は、労働者に関して設定されている規制制限値 50mSv/年を超えたので、INES 尺度でレベル 2 に格付けされた。

ドイツ

ドイツの原子力発電所の職業被ばくは全般に低く、1998 年に比較して、更に低減しているところもあった。この成果が得られた原因は次の要因に見ることができる。

- ・ 放射線防護手順及び方法の継続的な最適化
- ・ 停止期間の短縮
- ・ 高線量設備及び保守作業の低減

幾つかのプラントでは、主として ^{60}Co が原因で設置されている管理区域の中の線量率を低減するために、新しい方法（亜鉛注入）が導入された。その結果は、今までのところ、コバルトを含む材料の取替を行っていなかった PWR に関しても、将来的には、有望であることが期待し得るということを示している。

新 EU ガイドラインに従って、ドイツ放射線防護法（RPO）の改正がほぼ完成した。それで、新 RPO による規制に従って確実に効果的に実施できるように、VGB 社のワーキンググループ「実践的放射線防護」がこの新規制の解釈作業を始めた。

ハンガリー

1999年に、法定線量測定法（フィルムバッジを使用）によれば、Paks原子力発電所の年間集団線量は、プラント職員及び契約者を含めて、2122人・mSvであった。ユニット当たり（Paks原子力発電所は4基のユニットを運転している）の平均集団線量は530人・mSvであった。

最大年間個人線量は13.1mSvであった。預託実効線量0.15mSv以上の内部被ばくはなかった。

前年と同様に、1999年もユニットの停止が集団線量の大部分に寄与した。集団線量の90%は、停止の際に行われた仕事によるものであった。2号機、3号機、及び4号機は短期停止（26～35日間）であった。1号機は長期停止（64日間）であって、これは1999年内に完了した。

先に決められた設備安全の改善計画は、1999年も継続して行われた。しかし、実施された作業内容の違いにより、1998年に比較して集団線量は少なくなった。設備安全改善として実施された作業の中で、特筆すべきものとして1号機の原子炉保護系の徹底的手入れ、2号機及び3号機の原子炉保護系の徹底的手入れの準備作業があり、運転線量管理（訳注；法定線量測定とは別の日常被ばく管理のこと）によれば、これらの作業全てを合せた集団線量は215人・mSvであった。

日本

1998年度（訳注；日本の報告は会計年度である）

国全体の線量測定に関わる動向の概要

BWR及びPWRの両方に関して、1998年度では前年から僅かに低減した。1ユニット当たりの平均年間集団線量については、全運転プラント、BWR、PWRに対する値は、それぞれ1.38人・Sv、1.78人・Sv、0.96人・Svであった。

1998年度では、計画停止期間中の集団線量が高かった主要改造工事は次の通りであった。

BWR

- ・シュラウド及びその他の炉内構造物の取替（2ユニットに対して8.5人・Sv）
- ・PLR配管の取替（2.3人・Sv）

PWR

- ・安全注入系の逆止弁の取替工事 (0.5 人・Sv)
- ・小口径配管の取替工事 (0.4 人・Sv)

定期検査が 22 基の BWR ユニット及び 15 基の PWR ユニットで行われた。定期検査の平均の停止期間は、BWR で 111 日間、PWR で 93 日間であった。東海原子力発電所 (GCR) は営業運転を 1998 年 3 月 31 日で終了した。

1999 年度

国全体の線量測定に関わる動向の概要

1999 年度は、BWR 及び PWR 共に、線量が前年から僅かに増加した。1 ユニット当たりの平均年間集団線量は、全運転プラント、BWR、PWR に対する値が、それぞれ 1.64 人・Sv、2.14 人・Sv、1.02 人・Sv であった。

1999 年度では、計画停止期間中の集団線量が高かった主要改造工事は次の通りであった。

BWR

- ・シュラウド及びその他の炉内構造物の取替 (2 ユニットで : 4.9 人・Sv)
- ・PLR 配管の取替 (3 ユニットで : 6.5 人・Sv)
- ・ジェットポンプライザー管のレーザーによる非鋭敏化処理 (1 ユニットで : 2.9 人・Sv)

PWR

- ・蒸気発生器の取替 (1 ユニットで : 2 人・Sv)

定期検査が 24 基の BWR ユニット及び 22 基の PWR ユニットで行われた。定期検査のための平均の停止期間は BWR で 89 日間、PWR で 66 日間であった。最短の停止期間は 36 日間であった。

予期しなかった事象

9 月 30 日、東海村にあるジェーシーオーの転換試験施設で臨界事故が発生した。この事故は、実験炉 FBR (常陽) 向けの燃料製造工程で起きた。3 名の労働者が大量の中性子及びガンマ放射線で被ばくした (16-20Gy、6-10Gy、1-4.5Gy)。その結果、2 名の労働者は過大な被ばくのために、長期にわたり手厚い治療を受けたが、死亡した。350m 以内に住む住民の立退き、及び 10km 以内にいる住民 310,000 名の避難所への避難が勧告された。

次年度について

日本は、2001年度の初めから規制体制に ICRP publication60 を取り入れる準備を行っている。

来年の大きな工事の計画

2000年度には、2基のBWRでシュラウド及びその他の炉内構造物の取替が計画されている。蒸気発生器の取替は、2000年度に1基のPWRで予定されており、他のPWRでは2001年度に予定されている。

リトアニア

Ignalina 原子力発電所 LWGR (RBMK 2ユニット) については、1999年の炉型別ユニット当たりの平均年間集団線量は 6.39 人・Sv であった。

個人線量管理を受けている労働者の総数は 4,145 名であった。線量計画の解析により、実際の線量値が計画値よりも著しく低かったことが分かる。Ignalina 原子力発電所における職業被ばくは減少している。即ち、1997年に 9.25 人・Sv、1998年に 7.53 人・Sv、1999年に 6.39 人・Sv である。集団線量の顕著な低減は、作業管理計画の使用と ALARA の実施、原子力発電所における安全改善プログラム、及び、設備近代化工事によるものであると言える。

1999年、Ignalina 原子力発電所では2つのプラント停止が行われた。1号機の停止期間は74日間、2号機の停止期間は64日間であり、集団線量は、1号機が 3.451 人・Sv、2号機が 5.789 人・Sv であった。1999年の合計集団実効線量は 12.79 人・Sv であり、プラント職員については 10.33 人・Sv、外部労働者については 2.46 人・Sv であった。比率は次の通りである。通常の運転：20%、1号機の停止：30.8%、2号機の停止：49.2%。

最大個人実効線量は、プラント職員については 31.89mSv、外部労働者については 33.3mSv であった。合計 101 名の労働者及び 22 名の外部労働者が、線量制限値 (20mSv) 以上の個人線量になった。

主循環配管化学試薬を使用せずに概略洗うこと、ヘッダの行き止まりになっているところから腐食生成物の洗い落としを行うことが考慮された。このような方策は、Ignalina 原子力発電所の管理区域におけるガンマ線量率を著しく低減した。

1999年、被ばくクリティカル・グループの705名の労働者(労働者の選択は、プラント停止期間中のI原子力発電所の管理区域内での労働条件を考慮して行われた)の内部被ばくの評価が行われた。1999年には、プラント職員には過大な内部被ばくはなかった。

2000 年についても、Ignalina 原子力発電所は技術的な活動により ALARA プログラムを実施していく努力を続ける。最大個人線量は 20mSv 以下にする。

職業被ばくに関しては、2000 年には、規制機関（放射線防護センター）が次を予定している。

- ・プラント停止期間を含めた線量計画の承認を行う
- ・原子力発電所における放射線防護及び安全についての一般的な要求事項に関わる新しい規制を制定する
- ・プラントにおいて行われる検査作業の形式及び内容を継続的に改善していく
- ・プラント労働者の内部被ばくによる職業被ばくの評価を続ける
- ・外部労働者の職業被ばくの傾向を評価し、その理由を解析する

メキシコ

1999 年

集団線量

1 号機 総計	6.20 人・Sv
運転中	1.34 人・Sv
第 7 回燃料取替停止	4.86 人・Sv
2 号機 運転中	1.13 人・Sv
平均 1 号機及び 2 号機	3.66 人・Sv/基

線量測定に関わる動向及び結果に影響を与えた主な事象

- ・ 2 つのユニットで蒸気漏えい補修(運転中の合計集団線量に対して 1 号機は 14%、2 号機は 11%)
- ・ 2 つのユニットの復水脱塩器前置フィルタ 取替 (運転中の合計集団線量に対して 1 号機は 8.4%、2 号機は 11.9%)
- ・ 1 号機第 7 回燃料取替停止 (1999 年 8 月 8 日から 9 月 27 日まで)
 - 再循環ポンプのモータ取替
この作業のために全ての再循環ポンプをドライウエルから取り出さなければならなかった。それでこれらのポンプをドライウエルから出す際の障害になるもの (支柱、弁、スナバー、配管及び、計装機器) の除去、及びポンプを元の場所に据付けた後にこれらの機器類を元に戻す作業が大きな関連作業になった。
 - 規制で定める原子炉 1 次格納容器内の 10 年供用期間中検査、及び特に、再循環ノズル関連の検査
 - 上記作業に関係する保温材の取外し及び再取付

運転中での蒸気漏えいを低減するために、タービン建屋内にある約 700 個のバルブの予防 / 改善保守

- ・ 昨年 (1998 年) 以来亜鉛注入が実施されてきて、その効果も出てきたが、原子炉容器内及び 1 次冷却材関係の配管内に Co-60 及び鉄クラッドが存在するので、ドライウエル内の放射線の場合はまだ高いままである。

主な進展

2 つのユニットの定格出力を当初定格の 105% にアップグレードした。現在の定格出力はユニット当たり 684MWe である。

機器又はシステムの取替

1 号機第 7 回燃料取替停止の際に、上記の通り、循環ポンプのモータを取替えた。これは、プラント停止時の大きな仕事であった。そして、我々が経験した最大のチャレンジの一つであった。

線量低減プログラムの進展

線源低減を基礎にした Laguna Verde 発電所 (LV) 線量低減プログラムは継続している。このサイクルの初めで開始した減損亜鉛の注入は、1 号機では大変効果があることが分かった。前回の停止時に化学的に除染を行ったシステムの再汚染率は大体 20% であった。亜鉛注入を行わない場合の予測再汚染率は約 75% と見積もられていた。

しかし 2 号機に関しては、1999 の終りまでには、亜鉛注入が測定可能な効果を出しているとは証明されていない。亜鉛注入が始められた後、このユニットでは給水中の鉄クラッドの濃度を 2ppb 以下に管理できなかったこと、及び運転を開始した最初の 4 年間に原子炉容器の中及び燃料要素に大量のクラッドが蓄積したことが、おそらくはその原因になっているであろう。このような状況であるので、2000 年 3 月における 2 号機第 4 回燃料取替停止の際の、原子炉容器クラッドの物理的除去、及び、鉄クラッド源の徹底的な管理方策の実施を、十分に検討することが必要になった。

2000

技術面

- ・ 上記のように、2 号機では亜鉛注入の効果がなかったため、このユニットの第 4 回燃料取替停止の際に一連の改善措置を行うことになった。即ち：
- ・ 再循環ループ及び RHR システムの一部、RWCU システムの一部に対して新しい化学的除染法を実施する。
- ・ 真空掃除機と水中フィルタを使用して原子炉容器から大部分のクラッドを除

去する。

- ・亜鉛の注入を再開する。
- ・主蒸気再熱器の内面にステンレス鋼のライナを付けて給水への鉄クラッドの影響を制限する。

2 つのユニットの炉内構造物を粒界応力腐食割れから守るために行われる水素注入(多分 2001 年)の結果として、線量率の増加が予想されている。この線量率の増加を緩和するために、水素注入と同時にノーブルメタル注入を行うことが計画されている。

2000 年については、LV 原子力発電所の集団線量は低下の傾向が続くと期待される。それで、その年の末までには、約 3 人・Sv/年-ユニットになると予想されている。これは 1998 の集団線量の約 62%であり、1999 年の集団線量の約 81%である。

規制面

ICRP-60 に基づいて、メキシコの規制機関が国の新しい規制に関する原案を出した。我々の現行の規制は ICRP-26 及び米国 10CFR20&50 に基礎を置いている。

オランダ

オランダでは、運転中の原子炉は Borssele 原子力発電所の 1 基である。Dodewaard 原子炉は 1997 年以降運転を止めている。

Borssele 原子力発電所(KCB)は 2 ループを持つ電気出力 465MW の PWR である。原子炉は 1973 年以降運転している。

1999 年には、KCB の年間集団線量は 295mSv であった。これには停止時の線量 188mSv を含んでいる。プラント停止期間は 15 日間で、運転を開始して以来の最短の停止期間であった。Dodewaard 炉の 1999 年の年間集団線量は 217mSv であった。

ルーマニア

SNN-CNE Prod Cernavoda は CANDU-600 型原子力 1 基を運転している。1999 年で営業運転を始めてからまる 3 年になる。

この年の発電所の集団線量は 456 人・mSv(外部及び内部線量両方合わせて)であった。そして、354 名が被ばくした。即ち報告の線量を受けた人達である。

最高の個人線量は 9.6mSv であり、被ばくした労働者の平均個人線量は 1.3mSv であった。被ばく者の約 60%は 1mSv 以下の線量を受けていて、3%以下が 5mSv 以上の線量を受けた。10mSv 以上の線量を受けた人はいなかった。

最大個人線量、被ばく労働者数、及び、5mSv 以上の線量を受けた人数は前年と同じになる。

計画停止の際の工事が多かったこと、及び、漏えい調査と補修のために 3 日間の計画外停止を行ったことが主な原因になって、発電所集団線量は前年よりも高かった。ここに述べた 2 つのプラント停止は、それぞれ年間集団線量に 356 人・mSv、35 人・mSv を加えた。

計画停止期間中に集団線量に大きな影響を与えた主な工事は次のとおりである。

- ・最初の燃料チャンネル検査 43.2 人・mSv
- ・蒸気発生器検査 19.2 人・mSv
- ・チャンネル温度モニタ装置の保守 18.9 人・mSv
- ・給水配管室内作業（ステージロック取替、配管検査） - 96.2 人・mSv

次の年については、主要なプロジェクトは次のものに向けられている。

- ・効果を高めるために放射線プログラムの見直し
- ・広範な作業線量評価プログラムの確立
- ・出口汚染モニタのアップグレードと拡張

スロバキア

国全体の原子力施設における職業上の被ばくの動向

1999 年には、スロバキア共和国原子力産業界で約 6,000 名の労働者（外部労働者を含む）が放射線に関わる監視を受けた。合計集団線量は 4 人・Sv であった。最大個人線量は 15.6mSv であった。運転中のユニットについては、運転中のユニット 1 基当たり平均集団線量が 0.597 人・Sv であった。スロバキアの原子力施設の合計集団線量に大きく寄与したものは、各運転ユニットの計画停止、Bohunice 原子力発電所 V1 の安全改善のための改造、原子力発電所 A1 の廃止措置、であった。Mochovce は 2000 年の初めに ISOE プログラムに参加したが、以下には Mochovce 原子力発電所の職業被ばくデータも含まれている。

1999 年にはスロバキアの原子力施設では事故及び過大な被ばくはなかった。20mSv を超過した被ばく労働者はいなかった。

原子力発電所 Bohunice (4 ユニット)

原子力発電所 Bohunice の 1999 年の合計集団実効線量は 2.343 人・Sv (従業員 1.262 人・Sv 及び外部労働者 1.081 人・Sv) であった。最大個人線量は 15.49mSv であった。

1999 年の線量測定の動向に影響を与えた事象

各ユニットの計画停止及び 1 号機及び 2 号機の改造工事が、Bohunice 原子力発電所の合計集団線量に寄与した主要な事象であった。停止期間中の集団線量の合計は、1999 年の合計年間集団線量の 85%になる。

- 1 号機 燃料取替及び改造工事を行う 43 日間の標準保守停止。停止期間中の合計集団線量は 497.89 人・mSv であった。改造工事の集団線量が停止期間中の合計集団線量の約 44%を占めている。
- 2 号機 燃料取替及び改造工事を行う 90 日間の大規模保守停止。停止期間中の合計集団線量は 842.13 人・mSv であった。改造工事の集団線量が停止期間中の合計集団線量の約 22%を占めている。
- 3 号機 76 日間の大規模保守停止。停止期間中の合計集団線量は 406.56 人・mSv であった。
- 4 号機 46 日間の標準保守停止。停止期間中の合計集団線量は 239.60 人・mSv であった。

主な進展

機器及びシステムの取替

1 号機及び 2 号機における改造工事。この改造工事の目標は原子炉ユニットの原子力安全の改善である。改造工事は、非常用炉心冷却系の改造、スプレイ系の改造、管理区域防護施設の改善、換気系の改善、及び、耐震用装置の改善に主眼が置かれた。

予期しなかった事象

炉内構造物 (保護配管系) 移送の際の労働者 1 名の被ばく。 実効線量 10.07mSv であった。

2000 年に予定されている主要な事象

来年の主要工事の計画

- 1 号機 燃料取替と改造のために 144 日間の停止
- 2 号機 43 日間の標準保守停止
- 3 号機 炉内構造物の検査を行う 78 日間の標準保守停止
- 4 号機 46 日間の標準保守停止

放射線防護の見地から関心のある技術問題

放射線計測 ホールボディカウンタの更新、放射線管理区域出口ポータルモニタの交換、新しい電子個人線量計の設置。

原子力発電所の廃止措置及び放射性廃棄物の管理 Bohunice

この原子力施設（会社）は、Bohunice の原子力発電所 A1（重水減速ガス冷却炉）の廃止措置、及び、放射性廃棄物の処理、調整、処分に関して責任がある。合計集団線量 1.000 人・Sv（従業員 0.545 人・Sv、外部労働者 0.455 人・Sv）、最大個人実効線量 16.57mSv。

1999 年の線量測定に関わる動向に影響を与えた事象

集団線量に大きく寄与したもの

- ・使用済燃料のロシアへの輸送の準備
- ・放射性廃棄物の処理

2000 年に予定されている大きな工事

- ・ Bohunice の放射性廃棄物調整施設の試運転
- ・ Mochovce の浅い地層での放射性廃棄物貯蔵の実施
- ・ 原子力発電所 A1 の原子炉ホール及び使用済燃料貯蔵所の除染

スロベニア

Krsko 原子力発電所の 1999 年の放射線に関わる成績の指標は次の通り。

集団被ばくは 1.65 人・Sv（電気出力に対する値は、0.35 人・mSv/GWh）であった。最大個人線量は 11.95mSv、平均個人線量は 1.68mSv であった。

燃料取替停止（61 日間）

1 次側の放射能を考慮して、計画燃料取替停止期間を長くした。この停止期間中に行われた工事は、蒸気発生器のスリーブ補修及び施栓、冷却材ループの水抜きが必要なバルブの保守、原子炉冷却材ポンプの供用期間中検査、蒸気発生器取替準備用のクランプの溶接、炉心冷却モニタの取付け、機器のスナバーの試験であった。

主な進展

2000 年の Krsko 原子力発電所の近代化のプロジェクトには、蒸気発生器

の取替及び原子炉出力のアップグレードが含まれている。

労働者の放射線防護に関する新しい規制が 2002 年までに公布される。

南アフリカ

1999 年の国全体の線量測定に関わる動向の概要

この年に、Koeberg 原子力発電所では 1,756 名の労働者が職業被ばくを受けた。この労働者全員に対する合計集団線量は、目標値の 2Sv に対して、1,726.4mSv になった。職業被ばくを受けた労働者の年間平均個人線量は 0.98mSv であった。最高の個人線量は 20.35mSv であった。

線量測定に関わる動向に影響を与えた事象

Koeberg 原子力発電所は 1999 年に 2 つの燃料取替停止を無事に終了した。この燃料取替停止は 1999 年の集団線量の 83.6% に寄与した。燃料取替停止の集団線量と停止期間は、それぞれ、1 号機が 657.54 人・mSv で 31 日間、2 号機が 786.91 人・mSv で 41 日間であった。

機器又はシステムの取替

Koeberg 原子力発電所は、停止時の 1 次系の余熱除去に使用される一番大きな熱交換器を取替えた。この工事の集団線量は 24.73 人・mSv であった。

Koeberg 原子力発電所は、液体排出用の配管が通っている床ドレンチャンネル内のコンクリートライナの大部分を取替えた。この工事の集団線量は 48.47 人・mSv であった。

組織の進展

Corporate Custodian が、Eskom で放射線防護プログラムに関する指示及び監督を行うように任命された。Corporate Custodian は、放射線防護関連のあらゆる事柄について、規制当局とも付合いがある。

2000 年に関して

使用済燃料プールの貯蔵設備が、より多くの燃料を収容するように、2000 年 - 2001 年の間で改造されるであろう。この工事は集団線量が 30 - 40 人・mSv になると見積もられている。

Eskom と National Nuclear Regulator は Koeberg 原子力発電所に関する許認可の件について検討を行っている。

全ての主要工事に関して線量評価が行われた。そして、2000年のKoeberg原子力発電所の線量目標値は1090人・mSvに設定された。

スペイン

1999年は、ユニット当たりの平均集団線量は、PWRに関しては0.71人・Sv、BWRに関しては2.45人・Svであった。この値を昨年までの値と比較するときには、それぞれの年においてプラント停止を行ったユニットの数を考慮に入れる必要がある。

年	PWR			BWR		
	停止	集団線量 (人・Sv)	3年移動 平均	停止	集団線量 (人・Sv)	3年移動 平均
1996	4	1.47		2	3.36	
1997	5	1.35		1	2.39	
1998	4	0.55	1.12	0	0.53	2.09
1999	5	0.71	0.87	1	2.45	1.79

PWRに関しては、これらのプラントの運転中によるものを加えると、被ばくは更に20%多くなると考えている。また、今年燃料取替を行わなかった2つのプラントについては運転中による被ばくがもう少し多い値(各150人・mSv)になると考えている。

PWRでは、1998年より1基だけ多くプラント停止を行ったこと、及び、これらのプラントの内の1つで予期したよりも線量が高くなったことが原因で、僅かに増加してはしているけれども、見て分かるように、昨年(蒸気発生器取替後)に始まった下降傾向は継続している。BWRでは、1996年は1基当たり3.36人・Svの値で2つのプラント停止であったが、これに比べて2人・Svの値で2つのプラント停止であったので、同様に下降傾向が継続している。

プラント停止期間及び線量は次の通りである。

原子力発電所	炉型	停止期間 (日間)	集団線量 (人・Sv)	コメント
J.Cabrera	PWR		0.686	
Almaraz I	PWR	41	1.283	1次冷却材のアンチモン汚染
Almaraz II	PWR			プラント停止無し
Asco I	PWR			プラント停止無し
Asco II	PWR	32	10726	出力向上：104%
Vandellos II	PWR	51	1.092	出力向上：104%、 第10サイクル検査
Trillo	PWR	69	0.362	加圧器スプレイライン改造
S.M Garona	BWR	39	2.226	再循環ループの除染、及び、復
Cofrentes	BWR	27	1.787	水系改造 重要な機械的改造

この年に 2 つのユニットが 104%までアップグレードされたことは特記すべきことである。

集団線量に関して、大変関心を引かれる事象が Almaraz 原子力発電所の停止時に発生した。このプラント停止を行った際、1 次ループを冷却した後この系の数箇所が高レベルの放射線が検出された。プラント停止時に行う作業は中止され、この高レベル放射線が出た原因が調査された。原因は、線源被覆の欠陥のために、2 つの炉内中性子源の 1 つから漏えいした高レベルのアンチモン 122 及びアンチモン 124 が 1 次冷却材中に存在したことにあった。1 次ループでは脱塩装置を使用して処理が行われ、アンチモンの濃度は INPO により推奨されているレベルまで低減された。その後、予想集団線量は 0.78 人・Sv から 1.73 人・Sv に再評価され、停止時作業が続けられた。最終的には集団線量は 1.28 人・Sv になった。RC、CVCS、RHR システムに関わる作業を再評価する大規模なプログラムが行われ、この区域のソースタームに関連して作業条件が改善された。

2 月、規制当局 (CSN) は、スペイン原子力発電所における放射線防護最適化実践についての新安全ガイド (GS 1.12) を承認した。このガイドには原子力発電所における ALARA 体制の一般的な基準が記述されている。そのため、ALARA 体制進展についての検討が UNESA によって行われた。結論は、1996 年以降、公に改正が行われた時にも、大きな変更はなかったということであり、新安全ガイドに盛り込まれた一般的な基準に全てが適合しているということであった。

原子力発電所 Vandellos I (GCR) の廃止措置作業が、照射済燃料要素が取扱われた場所で 汚染という大きな問題がある場所、いわゆる「ホットセル」で進行中である。

スウェーデン

国全体の線量測定に関わる動向の概要

スウェーデンの古い BWR の過去 10 年間にわたる大規模な設備改善の後には、線量が合理的な低レベルまで著しく低下している。1999 年の BWR の平均集団線量は 1.03 人・Sv という低さであった。1999 年のスウェーデン PWR の平均集団線量は、0.433 人・Sv であった。

国全体で合計すると、集団線量は 10.6 人・Sv であった。これは、総エネルギー発生量 72.2TWh になる原子炉 12 基の集団線量の合計である。

線量測定に関わる動向に影響を与えた事象

線量低減の動向に大きく寄与したものは、主に古い BWR の設備改善である。しかし、1990 年代の半ばに起きた放射線管理の考え方の変化も効果をもたらしており、これは、教育／訓練及び個々の労働者の自己管理にまで及んでいる。

稼働を開始した新プラント / 稼働を停止したプラント

Barseback1 号機は 11 月の最後の日に最終的に運転停止した。これは、政治的決定の結果である。このプラントの最終廃止措置はまだ予定されていない。

予期しなかった事象

第二世代の ABB 原子炉全てに共通する予期しなかった問題は、シュラウドヘッド内にある炉心スプレイ系の取付ブラケットの一部で発見された亀裂であった。この問題は直接には線量の増加には結び付かなかったが、全般的にプラント停止期間を 60～90 日間だけ延長した。

次の年の主な工事の計画

Forsmark の 1 号機及び 2 号機は、次の年のシュラウド及び炉心格子板の取替を準備している。これと同様の工事が 1998 年に Oskarshamn 1 号機で 0.2 人・Sv という大変少ない集団線量で行われた。

スイス

線量測定の動向 (1998 年のデータが () の中に示されている)

1999 年は 4 つの原子力発電所サイト、5 基の発電炉に関わる職業被ばく者数は 3840 名 (3578 名) で、4.50 人・Sv (3.75 人・Sv) の実効線量を蓄積した。登録された最大の個人実効線量は 14.9mSv であった。20mSv 以上の個人実効線量は 1994 年以降登録されていない。平均個人線量は 0.9mSv 及び 1.5mSv の間で変化していて、一般に、契約職員に比べてプラント職員の方が幾分高くなっていた。

線量測定に関わる動向に影響を与えた事象

1999 年の年間線量では KKB2 号機の蒸気発生器取替が首位であった (0.64 人・Sv)。その他で線量低減に役立ったものは次のものである。

- ・再循環ループ線量率の更なる低減が KKM (Muehleberg) において行われたこと。KKB1/2 (Beznau1,2) の各 1 次ループでも低減が行われたこと。

- ・ 1999 年は全てのスイスプラントで全般的に燃料の性能が良かったこと。

KKB2 (蒸気発生器の取替を行ったので、1.5 ヶ月だけ余分に停止期間を要した)を除く全てのプラントが、通常の燃料取替 / 検査をおおよそ 1 ヶ月の停止期間で行った。

憲法による 10 年間の建設禁止期間がまだ終わっていないので、スイスでは新しいプラントは建設も計画もされていない。

主要な進展

KKL (Leibstadt) は認可されている 14.7%出力増加の内の 9%を 1999 年に実現させた。¹⁶N が主な原因になって、出力増加はプラント線量率を僅かだけ増加させるという影響を伴うことが観察されているが、周囲の環境には線量率の大きな増加は検出されなかった。

KKB (Beznau) は 2 号機で蒸気発生器の取替を行った。更に、原子炉容器蓋の 4 個の予備アダプタプラグも取替えられた。

KKM (Muehleberg) は、2000 年に予定されているノーブルメタル被覆及び水素注入の準備のために、第 2 復水器の黄銅管を取替えた。

ALARA 委員会が 3 つのスイス原子力発電所サイトに置かれた。提示された多くの線量低減は優れた教訓的なものであった。

2000 年の問題

関心の持たれる問題

電力市場の経済的自由化は一部で職員削減計画に反映され、各個人の仕事を増加させている。その上、契約作業者が原子力発電所の業務への関わりを少なくされ、時には、経験の少ない会社が契約を結ぶことになる。このような進展は当局により厳重に監視されなければならない。

技術問題

先行しているサイトとして、KKB は 18 ヶ月のサイクルを止め、いわゆるハイブリッドサイクル (完全な検査 / 燃料取替停止を 1 回行い、その次は燃料取替だけの停止を行う) に移行する。KKM (Muehleberg) 及び KKL (Leibstadt) が続いて同じ計画を進めるであろう。

規制問題

確実な品質管理手法で現場指向作業計画を達成することを狙いとしたスイス当局の改革は大変進んでいて、実質的な作業の実施は 2000 年に行われるで

あろう。

ウクライナ

国全体の線量測定に関わる動向の概要

この 5 年間ウクライナの原子力発電所における職業被ばくのレベルは安定した減少傾向を維持している。例えば、1999 年の原子力発電所職員の年間集団線量は、1995 年と比較して 35%、1998 年と比較して 9%減少した。

原子力発電所の停止の数とその期間は通常のものとは異なっていない。1999 年には Chernobyl3 の大きな修理作業があったことが注目される。このため、昨年に比べて職員の年間集団線量は 5%だけ増加した。

1999 年には運転を開始した新ユニットはなかった。また、運転を取止めたユニットもなかった。

予期しなかった事象

1999 年 7 月、Chernobyl3 において、金属研究所の 2 名の労働者が、ガンマ線プロジェクト型「Amertest」の故障によるイオン化線源制御喪失により、高線量（各人それぞれ、83.2mSv 及び 97.7mSv）を受けた。

線量低減新プログラム

1998 年に新「ウクライナ放射線安全標準（NRSU-97）」が発効した。ウクライナ法律「電離放射線からの人の保護について」が 1998 年 2 月 24 日に採択された。この法律及び NRSU-97 によれば、職業被ばく分類 A の法定最大線量制限値は、新たに運転を開始したプラントについては年間 20mSv、既に運転中のプラントについては 50mSv になっている。そうであっても、この制限値はだんだんに制限値 20mSv に変更されるに違いない（移行期間は当局により決められる）。

1999 年に新線量制限値実施の目的で、ウクライナエネルギー省は、「ウクライナ原子力電力会社の NRSU-97 要求事項実施のための移行プログラム」を作成した。そして、これは規制当局により承認された。職業被ばくの個人線量及び集団線量の低減のための技術的方法及び体制的方法に関する定めがある。

プログラムの適用

- ・ NRSU-97 の要求事項への放射線安全条件適合の定義
- ・ 過渡期の業務における基本的な方向の定義
- ・ 移行期間の確定

- ・業務の基本的な方向を決めるプログラム
- ・電力会社レベルでの標準（作業指示書、保守規則）の改正
- ・方法に関わる基礎的事項の改正
- ・職員被ばく線量の低減を目的とする精巧な方策

基準が厳格な新規制への移行には次のような方策を組合わせて行うことが必要になる。

- ・放射線防護指示書の充実と変更を念入りに行うこと
- ・放射線被ばくの観点での危険作業に責任がある職員に対する訓練追加
- ・個人線量管理の職場の創設（被ばく線量の計算及び解析のコンピュータネットワークによる自動化）
- ・照射レベルが高い恒常的職場の生体保護追加の研究及び設置
- ・照射レベルが高い設備の技術調査を行う遠隔操作機器の購入と設置

次の年に関して

2000年には、ウクライナの全ての原子力発電所を持っている国立原子力発電会社「Energoatom」が、MGP Instruments（フランス）が製造している最新式電子個人線量測定システムを各プラントに設置することを計画している。ALARA 原則の実施についての組織改革はまだ効果をあげていない。職業被ばく線量の更なる低減は上記システムを使用しなければ不可能である。

英国

国全体の線量測定に関わる動向の概要

保健安全行政部（HSE）は1987年に Central Index of Dose Information（CIDI）を設立した。これは、イギリス放射線防護庁により管理されている。1998年の線量統計が最近発行された。

表1：原子炉の運転及び保守の国内職業被ばく線量負荷への貢献。概算の線量データの出所はCIDIで、ICRP分類Aの労働者のみが対象になっている。

年	英国職業集団線量 (人・Sv)	原子炉運転		原子炉保守	
		集団線量 (人・Sv)	英国全体に 対する%	集団線量 (人・Sv)	英国全体に 対する%
1997	47.07	4.09	8.69	5.57	11.83
1998	32.02	3.98	12.43	4.87	15.21

表1から、1998年の英国全職業被ばくの集団線量は、1997年に比べると32%だけ低減したことが分かる。この期間では、原子炉運転及び原子炉保守による集団線量も低下した。しかし、年間集団線量の実際の値の低減にもかかわらず

ならず、国全体の線量負荷に対する原子力部門の相対的な寄与は 1998 年には増加した。

表 2：1999 年の原子炉型別集団線量

炉型	1999 年送電端出力 (TWh)	集団線量 (人・mSv)		
		総計	GWh 当たり	原子炉当たり
PWR	8.2	664	0.081	664
AGR	56.3	2076	0.037	148
Magnox				

現在の英国の原子力発電容量は 1 基の PWR、14 基の AGR、及び、20 基の Magnox ユニットから成り立っている。PWR 及び AGR は British Energy により、Magnox は BNFL Magnox Generation により運転されている。現在、3 サイトで合計 6 基の Magnox 原子炉の廃止措置が進められている。Bradwell Magnox 発電所 及び Sizewell A Magnox 発電所 は、それぞれ、2 年及び 4 年の内に閉鎖されることになっている。ただ 1 基だけの PWR が (Sizewell B において) 運転中であり、新しい原子炉は現在計画されていない。表 2 は炉型毎の線量負荷の概要を示している。4 基の AGR 原子炉のみが 1999 年にプラント停止を行っていることに注意しなければならない。

線量測定に関わる動向に影響を与えた事象

Sizewell B の 1999 年の集団線量は 664.00 人・mSv であり、平均個人線量は 0.45mSv であった。1999 年には、Sizewell B は、燃料取替の計画停止 (RF03) を 1 回、短期の強制停止を 2 回行った。燃料取替計画停止に関わる集団線量は 634.78 人・mSv で、年間集団線量の 96% になった。燃料取替計画停止の際の平均個人線量は 0.55mSv であり、最大個人線量は 6.14mSv であった。112 名の職員の汚染事象があった。しかし、この内の 75% の人達は、会社の放射線安全規則では報告すべき限界値 (300cm² の平均が 4Bq/cm²) 以下であった。

主な進展

燃料取替計画停止の際に、この停止期間を延ばすことになった多くの重要な事象があった。燃料取替計画停止の開始時に、10m³ の 1 次冷却材が格納容器サンプルの中に喪失して、INES レベル 1 の出来事が発生した。サイトの出来事 (RHR 逃し弁試験の失敗) に加えて、アキュムレータの溶接修理に関わる問題がクリチカルパスを大きく壊してしまった。このために、全体として、燃料取替計画停止は 27 日間だけ延長され、これらの事象のために計画時の線量見積値 550 人・mSv は 15% だけ超過された。

Dungeness B (AGR) は、ボイラ過熱器の大掛かりな検査と修理のために長期間のプラント停止を行っている。

2000年の問題

- ・ EURATOM 基本安全標準指示は、電離放射線規則 1999 の制定により、2000 年 1 月 1 日に UK 法に組み込まれた。
- ・ REPIR (緊急時即応体制及び公衆通報) 規則が 2001 年に制定されることが予期されている。
- ・ 今度の電力会社法案 (Utilities Bill) 及び更に前向きなエネルギー市場規則では、原子力発電は強い圧力の下で更に競争が厳しいものになる。

翌年の大きな工事の計画

Sizewell B は 2000 年 9 月に 32 日間の計画で RF04 停止を行う。保健安全行政部は、BNFL (Magnox Generation) が運営している線量測定業務に、法定線量測定法として、電子線量計を使用して業務を行うことについての承認を交付した。この会社が使用している線量計は、Siemens 1.2D EMC 強化型で、日常管理用の Hp (10) 及び Hp (0.07) (訳注; 1 cm 及び 70 μ m 線量) を測定する。個人線量測定に EPD を使用している顧客は今のところ 1 社である。この会社は Oldbury Power Station で、約 300 名のスタッフがおり、このスタッフは線量計を日常的に支給されている。英国の他の発電所は 2000 年 ~ 2001 年の間に顧客になることが期待されている。

米国

米国原子力規制委員会は、1999 年に Information System on Occupational Exposure (ISOE) を公式データベースとして指定した。これで米国は、スイス、ドイツ、スウェーデンと共に、原子力発電所の監督及びモニタに関して、国際的な職業被ばく線量データベースを使用する価値を認めることとなった。このようなことになったのは、北米技術センター ISOE プログラムの大きな業績が認められたからである。

1999年の米国原子力発電所のハイライト

プラント寿命延長の申請に対する承認が、メリーランド州 Lusby にある Calvert Cliffs 原子力発電所に交付された。Calvert Cliffs 原子力発電所 1 号機及び 2 号機は、各ユニットについて 20 年間(各々については、2036 年及び 2038 年まで)のサイト運転延長認可を米国原子力規制委員会から受けた。Baltimore Gas & Electric 会社が、規制当局からプラント寿命延長の申請に承認を得た最初の北米原子力発電会社であった。

2 ~ 3 年の長期保守停止を完了(例えば、Clinton 発電所は 1999 年 4 月、D.C. Cook1 号機は 2000 年 6 月)した後、米国ユニットの成績の良い定格運転が行われるようになって、画期的な成果が達成された。米国の運転中の原子力発電所設備利用率は、1998 年の 84.3% から 1999 年には 88.5% に増加した。

長期停止を実施中のユニットを含めても、米国原子力発電所の設備利用率は、1998年の79.5%から1999年には86.8%に増加した。米国の原子力発電所の電気出力は1998年の6,737億kWhから1999年には7,279億kWhに増加した。

米国の原子力プラントを統合して会社の数を少なくすることが、プラント運転の安全と効率に管理の焦点を厳しく合せながら、続けられた。例えば、TMI-1及びClinton発電所の買収が、Amergen (PECo Energy & British Energy)によって始められた。そして、Entergyは、Pilgrim、Indiana Point 3、及び、Fitzpatrickの買収の交渉を行った。

米国の1999年のプラント放射線防護プログラムに関連するハイライトとしては次があげられる。

1. 数基の米国BWRにおけるノーブルメタルの化学的添加の良好な結果。
2. BWRに加えて、米国PWRにおいても減損亜鉛の注入を実施。
3. 放射線管理技術者数の減少は、燃料取替作業に関しては、遠隔モニタシステム（ビデオカメラ／携帯電話／中央モニタステーションに連絡している遠隔線量計測器）の設置拡大により対処する必要があった。
4. 短期燃料取替停止実施の成功、及び、その結果として停止時職業被ばく線量及び年間職業被ばく線量の低減。
5. 米国原子力規制委員会により1999年にパイロットプラントのリスクインフォームド及びパフォーマンスベースのモニタシステムが完成。この後、2000年4月2日に全ての米国プラントにおいて、これは完全に実施された。
6. 規制緩和された事業環境は、要員の減少、予算のカット、訓練費用の減少、（外注でなく）所内での実績監視業務の増加の形で現れて、放射線管理員に影響を及ぼしている。
7. 供用期間中検査スケジュールの拡大が米国原子力規制委員会に申請され、承認された。このスケジュール拡大により、年間線量の節約及びコスト低減に大きな効果をあげることができた。しかし、プラント安全のレベルは維持されている。

米国電力会社のISOEメンバーの増加

米PWR及びBWRのISOEプログラム参加が1999年にも継続して増大し、これが、北米技術センターISOEプログラムに対する北米電力会社及び規制の支援を拡大した。First Energy Companyは、ISOEプログラムに1999年12月に加入した。First Energy Companyが所有している原子力ユニットには、Beaver Valley 1号機及び2号機、Davis Besse 1号機、及びPerry 1号機が含まれている。Davis Besseが過去10年間米国の年間線量が低いユニットの5傑に入っていたことは、注目すべきことである。

米国ISOE参加者の関心の的は、供用期間中検査の頻度の減少に関連して、容認された規制緩和に基づいてそれぞれのプラントで利用できる線量低減

及びコスト低減の機会にあった。1999年の国際ALARAシンポジウム及び2000年の北米ALARAシンポジウムで提供されたALARA訓練及び国際ALARA情報交換は、IAEA、欧州、アジア、北米の各ISOEの電力会社と規制メンバーによる強力な支援もあって成功した。

米国職業線量の動向

1999年の原子力発電所における米国放射線防護プログラムの動向は、米国PWR及びBWRALARA委員会の討議、産業界の会議、電力会社及び規制関係者からの北米技術センター研究に対する要求事項を見ることによって、確認できる。放射線防護プログラムの遂行に影響を及ぼした米国原子力産業界の動向には次のようなものがあった。

1. より長い運転サイクル：例えば、TMI-1は720日間以上連続運転というPWR最高記録を作った。Byronは520日間連続運転サイクルを開始した。
2. より短い燃料取替停止：例えば、Quad Cities 2号機の28日間燃料取替停止、そして、停止時線量は1.50人・Sv。

米国放射線防護組織の動向としては次のようなことが確認されている。

1. 米国PWRの停止時化学作用の注意深い管理、特に蒸気発生器取替時の細心な管理。
2. プログラムの実施が適切に行われたことを確認するために、放射線防護部内で自己査定がより多く行われるようになった。
3. 燃料取替停止時に活用できる有資格の契約放射線管理技術者が少なくなった。原子力電力会社で活用できる上級放射線管理専門技術者が、引退により少なくなった。幾つかの電力会社では、プラント運転（プラント寿命延長計画を含む）を支援する有資格専門技術者の適切な供給を維持する必要から、再雇用プログラムを実施している。燃料取替停止の際の職員不足の制約に対処するため、電力会社間で資源の共有が増えている。
4. 遠隔モニタシステム、例えば、ビデオカメラ、遠隔測定式電子線量計データ等、の利用がさらに多くなった。このようなシステムを利用すれば、燃料取替停止の支援のために雇う必要がある契約放射線管理技術員の数を減らすことができる。
5. 現在、大部分の米国放射線関係労働者は、国家線量及び保証クリアランスストラッキングシステム（PADS）に所属している。
6. 低レベル放射性廃棄物に関しては、地中に直に埋める方法に比べて、焼却による方法の利用が増加している。
7. 規制検査の改善を行うため、規制関係者及び産業界が2年にわたり率先的な作業を行って、リスクインフォームド検査の基準ができた。
8. 米国BWR（Duane Arnold、Peach Bottom2号機及び3号機、Quad Cities1号機）においてノーブルメタル処理を開始。

9. 「原子力産業界で働く放射線労働者の癌リスクについての共同研究」という表題がつけられた 17 ヶ国による職業線量の疫学的研究に、15 の米国原子力電力会社、55 の原子炉ユニット、及び約 75000 人の労働者が参加。
10. Trojan、Big Rock Point 及び San Onofre1 号機で廃止措置作業を実施。

米国 PWR 及び BWR 区分での職業線量の平均

1999 年の米国 PWR 及び BWR 分野での職業線量の平均の概要を次に示す。

炉型	ユニットの数	合計集団線量 [人・Sv]	原子炉当たりの集団線量 [人・Sv]
PWR	69	7231	1.05
BWR	35	6390	1.83

米国 PWR 分野の 1999 年の職業線量平均は同時期の欧州線量平均に近い。

地域	PWR [人・Sv]	BWR [人・Sv]
欧州	1.03 (VVER を除外)	1.09
USA	1.05	1.83

米国 BWR に関しては、1999 年の職業線量平均は欧州の線量平均よりも 0.74 人・Sv だけ高かった。

要約

米国電気産業界の規制緩和事業環境に向けての動きに基づき、米国放射線防護プログラム実施形態に変化が生じた。その結果、1999 年から 2000 年の間に多くの米国原子力発電所において、原子力発電所稼働率に著しい改善がなされ、停止期間の短縮が達成された

更なる焦点が運転の信頼性及び効率に置かれていて、同時に、リスク基準のパフォーマンス監視システムが全国的に採用されてきている。

3. ISOE プログラム

3.1 1999 年における ISOE プログラムの達成事項

参加の状況

1999 年末現在、総数 380 基の運転中の商用原子炉及び 49 基の冷温停止あるいは廃止措置の段階にある商用原子炉の職業被ばくデータが、ISOE のデータベースに入れられている。これらのユニットは 26 カ国、77 社の電力会社のものである。これに加え、23 カ国の規制当局が ISOE プログラムに参加している。ISOE プログラムに参加している 380 基の運転中の商用原子炉は、世界中の運転中商用原子炉（総計 433 基）の 88%にあたる。

データ解析及びアウトプット

ISOE プログラムの非常に重要な仕事の 1 つは、職業被ばくの経年動向追跡といったような、データ解析である。ISOE データベースにはプログラムに参加している全ての電力会社から提供された年間職業被ばくデータが保存されているので、このデータベースを利用すれば、種々の被ばくの動向が、国毎に、炉型毎に、或いは姉妹ユニットグループといった区分で、把握される。

ISOE 1 データ及び ISOE 2 データの収集

1998 年の ISOE 1 データが収集され、最新の ISOE 1 データが、MADRAS 2.0 版と共に、1999 年 7 月に全てのプログラム参加者に配布された。

ISOE 2 指標についての質問票を完成するために、PWR 及び BWR に関する質問票が関連の国に試験的に配布された。記入された質問票が、ブラジル、中国、チェコ共和国、フィンランド、フランス、ドイツ、メキシコ、スロベニア、スロバキア、南アフリカ、から返送された。ISOE 運営グループは ISOE 2 指標の実施に関わる提案を採択した。

ISOE 1 データ及び ISOE 2 データを 1 つのデータベースに統合

ISOE 1 データ及び ISOE 2 データを 1 つのデータベースに統合することは、ISOE 1 データ及び ISOE 2 データ用の新入力モジュールの完成後に行われるであろう。

ISOE 3 データベースの更なる増進

欧州技術センターは現在 ISOE 3 データベースに入っているデータの要約を作成した。NEA 事務局は、状況についての ISOE 情報シートを作成するであろう。

ISOE の技術図書出版

1999 年に次の出版物が出版を承認された。

- ・ ISOE 年次報告書 1997 が、1999 年 6 月に出版され、配布された。
- ・ ISOE 年次報告書 1998 が、1999 年 10 月に出版され、配布された。

1999 年には次の情報シートが出版された。

アジア技術センター	
No.9,1999 年 10 月	日本の BWR における炉内構造物取替とシステム全除染
No.10,1999 年 11 月	ABWR における第 1 回定期検査の実績
No.11,1999 年 10 月	日本の線量実績：1998 年度データと動向
No.12,1999 年 10 月	1998 会計年度に終了した日本 LWR 定期検査における職業被ばく
欧州技術センター	
No.20,1999 年 4 月	欧州線量実績（速報）1998
Incident Reporting Information Sheet No.1 1999 年 5 月	Tricastin 原子力発電所（フランス）における被ばく事象、1999 年 3 月 11 日 （ 限定配布 ）
IAEA 技術センター	
No.2,1999 年 4 月	IAEA 出版物：職業放射線防護について
No.3,1999 年 4 月	IAEA 技術協力プロジェクト：原子力発電所の職業放射線防護改善
No.4,1999 年 4 月	原子力発電所運転における ALARA 原則の実施及び管理についてのワークショップ、IAEA、Vienna、1998 年 4 月 22 日～23 日

ソフトウェア開発

ISOE 1 データベース新版についての品質保証作業を、欧州技術センターが北米技術センターと協力して行い、それが終了した。

ISOE 1 データベース新版及び MADRAS 2.0 版は、1998 年データと共に、1999 年 6 月に、技術センター及び全てのプログラム参加各位に配布された。欠落していたデータを加えた ISOE データベースの第 2 便発送は、1999 年 9 月に行われた。

ISOE 1 及び ISOE 2 の結合データに対する質問票を、Microsoft ACCESS 環境で開発

欧州技術センターは、北米技術センターと密接に協力して、「ISOE 1 及び ISOE 2 データベース用の、ACCESS 環境での、新インプットモジュール仕

様」を作成し、ISOE ソフトウェア開発ワーキンググループがそれを承認した。欧州技術センターは、ソフトウェア設計説明書を準備し、ソフトウェアを開発した。新インプットモジュールは 2000 年夏に配布された。

組織構成

ISOE 規約の改正

OECD/NEA と IAEA が共同事務局を作ったことを反映して、規約が改正された。改正された規約は ISOE 運営グループに承認され、次いで、ISOE プログラムメンバの加入更新が行われることになった。ISOE 加入の更新に関しては、採用された ISOE 規約の有効期間は、2003 年 12 月 31 日までの 4 年間である。

共同事務局及び 4 つの ISOE 技術センターにおける ISOE ウェブ情報の編成と調整

NEA/IAEA 共同事務局は、NEA ウェブサイト上で ISOE ウェブ情報を更新した。ISOE ウェブ情報には最新のデータがあって、技術センター及び ISOE 年次報告書及び ISOE 情報シートのような ISOE 出版物にリンクしている。そしてこのデータはダウンロードが可能になっている。

3.2 2000 年の作業プログラムの提案

職業被ばくについての情報システムは、次に挙げる進行中の仕事についての作業を継続する。

プログラムへの参加及び ISOE データベースの状況

ISOE プログラムへの電力会社及び当局の加入数を増やすこと。

データ収集及び管理

- ・ ISOE 3 データベースの現在の内容及び情報管理の見直し。新構成の開発
- ・ 新 ISOE データ入力モジュールを使用して ISOE 1 データの収集
- ・ 入力モデルの開発と ISOE 2 データの収集
- ・ 各国の ISOE 原子力発電所関係書類作成の手助けを行うために、要求があれば、コーディネータに該当データを Excel ファイルで提供すること
- ・ ISOE D にある情報の見直し、及び、質問票の内容の見直し。2001 年には ISOE データ入力モジュールに新 ISOE D 質問票を導入

文書及び報告書

ISOE 年次報告書 1999 2000 年 8 月に報告書を出版することを目標とする。

技術報告書：

「放射線防護管理：原子力発電所における優れた実践」についての報告書。この技術報告書は次のトピックスを提示するものである。

- ・原子力発電所における放射線防護体制
- ・放射線防護管理者の責任
- ・通常運転時の放射線防護
- ・規制者によるリスクインフォームドの規制や他の規制プログラムに関する適合の経験
- ・燃料取替停止時の放射線防護
- ・オンライン保守実績
- ・放射線防護管理者の公衆及び地域社会リーダーとの付き合い
- ・異常事象に対する放射線防護の応答
- ・緊急時応答プログラムの放射線防護管理
- ・線量最適化：内部被ばく vs 外部被ばく及び個人防護具の使用
- ・将来行うプラント廃止措置の準備をしている放射線防護管理者に推奨する対策

この報告書の作成には約 2 年を要するので、2001 年に発行されることになる。

情報シート：

例年の解析

- ・アジア線量管理状況 (ATC)
- ・1999 年欧州線量測定成績予報 (一般配布) (ETC)
- ・1999 年に収集された被ばくデータ情報 (IAEATC)

特別解析

- ・仕事 / 線量 解析 (ATC)
- ・欧州年間停止時線量 (一般配布) (ETC)
- ・原子力発電所の保温材作業者に関わる放射線防護対策 (限定配布) (ETC)
- ・蒸気発生器取替最新情報 (一般配布) (ETC)
- ・足場組立て作業員及び補修作業員の線量解析 (ETC、NEA 事務局と共同)
- ・リスクインフォームド規制の実施実績 (NATC)
- ・BWR の制御棒駆動機構保守線量動向 (NATC)
- ・PWR の蒸気発生器取替後の停止時冷却 (NATC)
- ・CANDU プラントの電動弁に関わる線量動向 (NATC)

- ・線量制限：種類、方法、時期（NEA 事務局）
- ・廃止措置の動向

原子力発電所の職業被ばくについての ISOE 国際ワークショップ

- ・2000年4月4日-7日に行われるタラゴーナ(スペイン)の2000年 ISOE 国際 ALARA シンポジウムの準備
- ・2000年1月23日~27日に行われるフロリダ州オーランド(米国)の2000年北米地域 ALARA シンポジウムの準備

ソフトウェア開発

- ・1999年のデータ収集前に国の責任者の援助により別々の言語に翻訳された Microsoft ACCESS 環境で、ISOE 1 データ質問票を完成し配布
- ・ISOE データベース内の新 ISOE 2 データ提供に関わる表構成の明確化
- ・ISOE 2 インプットモデルの開発
- ・ISOE 1 データ及び ISOE 2 データを1つのデータベースに統合 (ISOEDAT)
- ・運営委員会の承認を得た ISOE 1/2 データベース構造変更に対応させるために、日本語環境のデータ収集及び検索ソフトウェアを修正
- ・ISOE 3 データを提供するソフトウェアの提案と開発

Web ページ

共同事務局が ISOE 技術センターと協力して、NEA ウェブサイトで、統合された ISOE ウェブ情報を定期的に最新のものにすること

アクセスできるウェブページは下記の通り。

ATC	http://www.nupec.or.jp/iso/
ETC	http://iso.ecepn.asso.fr
IAEATC	http://www.iaea.org/ns/rasanet/programme/radiationsafety/radiationprotection/iso/techcentreact.htm
NATC	http://hps.ne.uiuc.edu
NEA	http://www.nea.fr/html/jointptoj/iso.html

運転時放射線防護において更に関心を引くトピックス

ISOE プログラムは、データの収集及び解析の焦点であることに加えて、電力会社放射線管理専門家間及び規制当局間の直接通信のための広範で強力なネットワークでもある。関心を引かれる当面の問題の討議、及び、近い将来において運転時放射線防護に影響を及ぼす可能性がある問題の確認と討議が、ISOE プログラムの重要な部分である。1999 年に関心を持たれた問題をここに

いくつか列挙する。

- ・放射線工学の良好な実例
- ・ソースターム低減技術マニュアル
- ・公式線量測定：電子線量計 vs TLD：能動的測定 vs 受動的測定
- ・放射線防護の最適化及び訓練
- ・最適化における外部会社の責任
- ・規制緩和と最適化