

職業被ばく情報システム

- ISOE -

第7年次総括報告書(1997年)

序 文

全世界的に、原子力発電所における職業被ばくは過去十年間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。時に「作業管理」と呼ばれる、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) 両方の代表者を含む。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。1997 年には NEA と IAEA の両組織を最も効果的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 4 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あたって、全世界の電力会社や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 層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、傾向、費用・便益の分析、技術の比較及びその他の ALARA 分析ができるようになっている。

要 約

この ISOE プログラム第 7 年次報告書 (1997) は、1997 年 12 月末における ISOE プログラムの状況を示すものである。

1997 年における ISOE プログラムの最も重要な達成事項は、(1)職業被ばくデータベースを新しいリレーショナル・データベース環境に移行したこと、及び(2)活動改善のための特別会合の結果に基づいて ISOE プログラム全体を見直したことの 2 つである。

1969 年から 1997 年までの間の ISOE 1 職業被ばくデータは、マイクロソフト ACCESS リレーショナル・データベースへ移行された。ワンタッチで有用な図表にアクセスできる MADRAS インターフェース・プログラムの開発によって、利用者は必要な図や表を自動的に作成できるようになった。新しく使いやすいデータベースを利用し、ISOE 年次報告書の様式が変更された。

ISOE プログラムの目的及び構成について徹底的に検討した結果、一連のプログラムの見直しが行われ、より“付加価値の高い”成果の重要性が再認識された。最初に、現在 IAEA の果たしている役割に敬意を払い、事務局を完全に NEA と IAEA が共同で行うことになった。2 番目に、作業グループによる活動の効率化を図るために、データ分析と技術ガイドのサブグループは、データ分析、ソフトウェア開発、及び ISOE 2 データベース利用を扱う 3 つの作業グループに分けられた。これにより、作業実施のためにより適切な専門家を選出でき、また、各作業グループに対し、より明確で、作業の実施を第一義とした、かつ、短期間で完了する委任事項の決定が可能になる。

1997 年末の時点で、加盟 24 カ国の 74 の電力会社の合計 403 基の原子炉 (内 366 基は運転中、37 基は冷態停止中か又は廃炉措置の段階にある) に関する職業被ばくデータが ISOE 1 データベースに含まれている。

1997 年の職業被ばくは一般的に、過去 10 年間に見られる下降傾向に従っている。ISOE 参加国の大半において、1997 年には原子炉 1 基当たりの平均集団線量の低下が見られた。各炉型に対する平均集団線量は 1996 年に対し 1997 年は減少しており、それぞれ、PWR では 1.27 人-Sv / 炉から 1.20 人-Sv / 炉、BWR では 2.21 人-Sv / 炉から 2.05 人-Sv / 炉、CANDU 炉では 0.63 人-Sv / 炉から 1997 年の 0.59 人-Sv / 炉、また、GCR では 0.26 人-Sv / 炉から 0.23 人-Sv / 炉であった。ISOE データベースにはリトアニアの 2 基のみが登録されている LWGR(RBMK)炉では、1997 年には原子炉 1 基当たりの平均集団線量が 7.55 人-Sv から 9.23 人-Sv まで増加しており、他の全ての型式の原子炉よりも高い値を示している。

PWR において見られる線量低減の一部は、作業管理原則の適用及び停止期間の短縮によるものである。しかしながら、被ばく低減は全ての国で見られた訳ではない。ブラジル、チェコ共和国、南アフリカ及び米国ではわずかながら増加が記録された。オランダにおける PWR の被ばくの著しい増加は、大規模なプラント改良作業によるものである。

BWR については結果は国によって異なる。例えば、スウェーデン及び日本においては、大規模なプラント改良作業のために 1997 年には職業被ばくの増加傾向が見られる。大規模なプラント改良作業が行われなかったドイツ、スペイン、及びスイスにおいては、ALARA 及び作業管理プログラムが被ばく低減に有効だったと思われる。オランダではドーデバルド発電所が 3 月に永久停止されたため、1997 年度の BWR の被ばく線量は非常に低くなっている。

永久停止した原子炉に対する 1 基当たりの平均集団線量は、1988 年から 1997 年にわたって減少している。しかしながら、これらの原子炉は型式も容量も異なっており、一般的に廃炉計画の

異なった段階にある。これらの理由により、また、これらのデータが限られた数の永久停止原子炉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。

第4年次報告書で報告された PWR の蒸気発生器取替に関する検討については、1995年から1997年間のデータを入れて見直しが行われた。過去10年間に32件の蒸気発生器取替が行われたが、その多くは欧州で実施されている。蒸気発生器取替の集団被ばくはなお減少しつつあるが、この簡略な検討から、交換される蒸気発生器1基当たり0.3 - 0.4人-Svに漸近していることが分かる。平均して、蒸気発生器取替を行った年のプラントの集団線量は、燃料交換停止を行った年の前3年間の平均集団線量よりも60%高い。取替後の年間集団線量は取替前の集団線量の40から50%まで低下し、この傾向が取替後8ないし10年にわたって続いている。

1997年に、費用 - 便益分析の観点で、いわゆる 値と呼ばれる人-Svの経済価値の実用性に対する調査がISOEネットワークの中で行われた。この調査への回答は加盟国20カ国から寄せられ、その内容は欧州技術センター・情報シートに載せられると共に本報告書の第2.4章に要約されている。

データ収集及び分析の点で重要であることに加えて、ISOEプログラムはまた電力及び規制当局の放射線防護専門家間の直接的な情報交換のための、広範囲かつ強力なネットワークでもある。現在の問題点の討議及び運転上の放射線防護に影響を及ぼす可能性のある問題点の特定及び討議はISOEプログラムの眼目である。1997年に問題として挙げられた項目は、規制撤廃、作業管理と点検停止期間の長さ、規制特例措置及びICRP 60勧告の適用等である。

第3章は1998年度の総括目標、データベース及びソフトウェア開発、刊行物、ISOEプログラムの組織及び内容、そして、国際ALARAシンポジウムの準備及び2000年の広島におけるIPRA-10へのISOEの参加準備作業等の作業プログラムの要目が述べられている。

**ISOE プログラム
第 7 回年次報告書**

目 次

	頁
序 文	
要 約	
I NEA/IAEA 職業被ばく情報システム (ISOE)	1
1.1 1992 年から 1997 年までの経緯	1
1.2 1997 年中の ISOE プログラムの作業	1
1.2.1 ソフトウェア開発	2
1.2.2 ISOE 重要事項レビュー	3
1.2.3 データアクセス	4
1.3 参加状況及び ISOE データベースの状況	4
II ISOE 加盟国における総線量の推移	7
2.1 運転中原子炉に対する職業被ばくの傾向	7
2.2 冷態停止中又は廃炉措置中の原子炉に対する職業被ばくの傾向	11
2.3 蒸気発生器取替に対する傾向	14
2.4 人-Sv の金銭価値の実際的な利用	16
2.5 ISOE 参加国における 1997 年の主な出来事	17
2.6 運転上の放射線防護に関する現在及び今後の問題	30
III 1998 年の作業プログラム	32

表のリスト

- 表 1 参加メンバーの概略
- 表 2 運転中原子炉の職業被ばくの傾向
- 表 3 1997 年における国別、炉型別の原子炉当たり年間平均線量
- 表 4 1988 年から 1997 年における蒸気発生器取替
- 表 5 アルファ値が電力会社内で公式に使用される問題の種類

図のリスト

- 図 1 1997 年の国別の PWR 1 基当たり平均線量
- 図 2 1997 年の国別の BWR 1 基当たり平均線量
- 図 3 1997 年の国別の CANDU 炉 1 基当たり平均線量
- 図 4 1997 年の炉型別原子炉 1 基当たり平均線量
- 図 5 ISOE に含まれる運転中原子炉の炉型別 1 基当たり平均線量
- 図 6 ISOE に含まれる運転中 LWGR の炉型別 1 基当たり平均線量
- 図 7 1997 年の国別 GCR1 基当たり平均線量
- 図 8 ISOE に含まれる運転停止した PWR 1 基当たり平均線量
- 図 9 ISOE に含まれる運転停止した BWR 1 基当たり平均線量
- 図 10 ISOE に含まれる運転停止した GCR 1 基当たり平均線量
- 図 11 ISOE に含まれる運転停止した原子炉（全炉型）1 基当たり平均線量
- 図 12 1988 年から 1997 年における蒸気発生器取替の年代順記録

第 1 章

NEA/IAEA 職業被ばく情報システム (ISOE)

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完全な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。

1.1 1992 年から 1997 年までの経緯

プログラム開始から 6 年間を通して、作業の焦点は大きく二つの分野に絞られてきた。それは、経験のフィードバックとデータベースの開発である。作業プログラムにおいて、これら 2 つの基礎的分野の相関的重要性は年と共に変化してきた。当初、焦点が置かれていたのは、職業被ばくデータベースとそれに伴うソフトウェアの開発であった。1992 年当時は市場で入手できる、どちらかといえば限定されたデータベースのソフトウェアを用いていたが、結果的に 1995 年には、使用者の使いやすさを促進するためにリレーショナル・データベースであるマイクロソフト ACCESS に移行することになった。

上述のデータベース開発に平行して、ISOE プログラムがその各種データベース、インターフェース及びデータ収集プログラムに対するユーザズガイドの開発、並びに収集されたデータの形式及び品質の更なる改良を続けたことは注目されるべきことである。

また、このデータ及びデータベース開発作業と平行して ISOE 専門家グループが 1995 年に設置され、被ばく線量及び費用を低減するために「作業管理」の考え方が発電プラントの保守停止にどのように適用されるかという疑問に取り組むことになった。1997 年初め、一連の非常に成功した会合の結果として「原子力産業における作業管理」が刊行された。詳細な事例研究に基づくこの研究は、作業の準備、作業実施、並びに作業評価及びフィードバックの間に、作業選択計画及びスケジューリングの段階で作業員の掛かり合いを改善するために、この考え方がどのように規制及び共通の政策に实际的に適用されるかを示したものである。この非常に有用な研究はドイツ語、フランス語、スペイン語、ロシア語及び中国語に翻訳中であり、また 1998 年中頃までに 1975 部以上の英語版が配布された。ISOE プログラムの刊行物の全リストは添付資料 1 に示されている。

1.2 1997 年中の ISOE プログラムの作業

1997 年中における ISOE プログラムの二つの最も重要な成果は職業被ばくデータベースを新しいリレーショナル・データベース環境に移行したこと、及び重要事項レビュー会合の結果に基づいて ISOE プログラム全体の再見直しを行ったことである。

1.2.1 ソフトウェア開発

「作業管理」の刊行が完成したことによって、ISOE プログラムの第一の焦点は職業被ばくデータベースの開発に戻った。上に述べたように、1997 年始めに新しいリレーショナル・データベース環境が必要になったことが受け入れられた。この移行は 1997 年中に実施されかつ実証された。

ISOE プログラムの全てのソフトウェア開発を行ってきた欧州技術センター（ETC）は、データ解析及び技術指針サブグループ並びに ISOE 事務局の監督の下でこの移行作業を行った。この切り替えの目的は、十分に強力で使用者にとって使いやすく、共通で使用でき、また、民間団体が維持、支援かつ改良できるようなリレーショナル・データベースを得ることであった。ISOE 参加者の調査では、マイクロソフト社の ACCESS がこの目的に最も適切に合致していることが分かった。

ISOE 職業被ばくデータを ACCESS 環境に移行する作業は幾つかの段階を含んでいる。最初に、データベースの表構造が定義されたが、それは、データの使用性を改善するために議論、承認されてきた質問事項における種々の改良及び格上げを考慮したものとなっている。次に、移行が完了した上で試験者グループが結果として得られたデータベースの運用を実証した。この作業は、データベースの表構造を記述した要約資料及び ISOE 1 の質問事項からの各データのの一つ一つがデータベース構造の何処に位置しているかを示すマッピング資料が助力となった。

ISOE 運営グループの下したもう一つの決定は、職業被ばくデータの最終的な使用を含んだものである。データの使用者の多くは、ACCESS について熟知していないこと、そしてそのためにデータに容易にアクセスするための「ワンタッチ」システムがインターフェースとして必要となることが合意された。また新しい、使用者にとって使いやすいデータベースが使用できるようになったことから、1997 年度の報告書から ISOE 年次報告書のフォーマットを変更することも合意された。データ傾向の詳細は年次報告書には記載されないが、これまで年次報告書に含まれていた図や表はデータベースのワンタッチ機能に変更され、使用者が必要に応じて自動的に図、表を作成することになった。ETC がこの開発を担当し、作業は 1997 年中に完了し、実証された。

この作業の結果、1998 年 3 月に 1969 年から 1996 年までの ISOE 1 職業被ばくデータがマイクロソフト ACCESS リレーショナル・データベースとして発行され、同時に有用な図及び表へのワンタッチアクセスを提供するための MADRAS インターフェー

プログラムも発行された。1998 年中に幾つかの仕上げ作業、特に品質保証分野及びソフトウェア開発の文書化作業が継続される予定である。

1.2.2 ISOE 重要項目レビュー

ISOE のソフトウェア開発作業と平行して、1996 年の終わり及び 1997 年の初めには、入手可能な ISOE の「生産物」の多様化への興味が増加した。5 年間の運営後の時点で、ISOE プログラムの構造及び目的についての完全なレビューは通常の発展上の手順であり、また、前述のソフトウェア開発によって代表されるデータの新しい利用性を再調整するためにプログラムを援助するものとなるであろう、ということが同意された。

このために、1997 年 10 月の ISOE 運営グループ年次会合の直前に重要事項レビュー会合が ISOE 運営グループメンバー全員の出席で開かれた。ただし議長は中立の第三者団体から選ばれ、今回は、スウェーデン原子力検査庁 SKI の某氏となった。同氏は ISOE プログラムの開発及び発足において指導的役割を担った人である。

ISOE プログラムの状況及び方向について非常に徹底的にレビューした結果、一連の構造改造、そして、より「付加価値」のある開発に関してプログラムの見直しを行うことになった。

構造的には、この会合後数カ月以内に幾つかの変更が合意され実施されることになった。第一に、現在 IAEA が行っている役割を認めて完全な合同事務局が設置され、ISOE 事務局はこの共同作業における両機関の責任を規定した文書を承認した。第二に、ISOE 作業グループの効率改善のために、既存の一グループであるデータ分析及び技術ガイドサブグループを、データ分析、ソフトウェア開発、及び ISOE 2 データベース使用を扱う三つの作業グループに再編成した。これら新しい三グループの創設により、作業を遂行するためにより適切な専門家（データ解析、ソフトウェア、指標及びそれらの使用）を選択すること、そして、より特定され、作業志向で、また短期間となる各作業グループに対する委任事項を定義することが可能となる。

より付加価値の高い生産物については、ISOE 参加諸国の広大な経験がよりよく利用されうるのであることと意見の一致を見た。「作業管理」報告書は非常に成功を収めたと評価され、また、その他の現行の議題について認識、研究、そして報告されるべきであることが合意された。具体的に言えば、新しい作業グループは彼等の委任事項に適切に従って、職業被ばくの傾向及び分析報告書を作成することを義務付けられたのである。技術センターは地域的な ISOE 会合を開催することを含め、データ管理及び情報交換により積極的に参加することを求められた。

1.2.3 データアクセス

ISOE プログラムの小さいが重要な変更は 1997 年の運営グループ年次会合で合意され、1998 年初めに実施されたが、それには、初めて参加規制当局による ISOE 1 データベースの職業被ばくデータの一部への直接アクセスの許可が含まれていた。マイクロソフト ACCESS 環境における ISOE 1 データベースの新しい機能を規制当局が利用できるようにするために、原子炉別の合計被ばく線量データ及び当局自身の国内における原子炉に対する完全な ISOE 1 質問事項データを含んだ特別な規制データベースを作成することが合意された。これにより、参加規制当局は彼等が希望するあらゆる類別基準を用いて総線量（一年間全体、通常運転期間、計画停止期間、又は全ての強制停止期間に対する）の比較を行うために、真にリレーショナル・データベースの全機能を使用できるようになる。より詳細な職業被ばく情報（作業別の被ばく、被ばくの分布、及び作業員の職種別被ばく）については参加電力会社のみへの公開が継続される。

1.3 参加状況及び ISOE データベースの状況

1997 年末現在、合計 367 基の運転中の実用原子炉及び 37 基の冷態停止中、あるいは廃炉措置段階にある実用原子炉からの職業被ばくデータが ISOE 1 データベースに含まれている。これらの原子炉は 24 カ国から 74 の電力会社を代表するものである。これに加えて、20 カ国からの規制当局が ISOE プログラムに参加している。添付資料 2 はこのプログラムに参加し、またデータベースに含まれている原子炉、電力会社及び規制当局の全リストを示している。下記の表 1 は国別、炉型別及び原子炉（運転）状態別の要約を示している。

1997 年中には、参加者の変更があったのみで、オランダのドーデバルド発電所、出力 55Mwe の BWR が最終的に閉鎖され、その結果カテゴリーに変更があった。これに加えて、日本の 2 基の新しい BWR の柏崎刈羽 6 及び 7 号機、新しい PWR の玄海 4 号機、並びに韓国の新しい CANDU 炉の月城 2 号機が送電網に接続され、ISOE プログラムに追加された。

表1 参加メンバーの概略

ISOE に参加している運転中原子炉基数						
国	PWR	BWR	HWR	GCR	LWGR	合計
Belgium	7	--	--	--	--	7
Brazil	1	--	--	--	--	1
Canada	--	--	22	--	--	22
China	3	--	--	--	--	3
Czech Republic	4	--	--	--	--	4
Finland	2	2	--	--	--	4
France	54	--	--	--	--	54
Germany	14	6	--	--	--	20
Hungary	4	--	--	--	--	4
Japan	23	28	1	1	--	53
Korea	10	--	2	--	--	12
Lithuania	--	--	--	--	2	2
Mexico	--	2	--	--	--	2
Netherlands	1	--	--	--	--	1
Romania	--	--	1	--	--	1
Slovak Republic	4	--	--	--	--	4
Slovenia	1	--	--	--	--	1
South Africa	2	--	--	--	--	2
Spain	7	2	--	--	--	9
Sweden	3	9	--	--	--	12
Switzerland	3	2	--	--	--	5
United Kingdom	1	--	--	--	--	1
United States	26	15	--	--	--	41
合計	170	66	26	1	2	265

ISOE には参加していないが、ISOE データベースに含まれている運転中原子炉基数					
国	PWR	BWR	HWR	GCR	合計
United Kingdom	-	--	--	34	34
United States	46	22	--	--	68
合計	46	22	--	34	102

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	216	88	26	35	2	367

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	PWR	BWR	HWR	GCR	合計
France	1	--	--	6	7
Italy	1	2	--	1	4
Germany	--	1	--	--	1
Netherlands	--	1	--	--	1
Spain	--	--	--	1	1
United States	2	3	--	1	6
合計	4	7	--	9	20

**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	PWR	BWR	HWR	GCR	合計
Canada	--	--	2	--	2
Germany	--	2	--	--	2
United Kingdom	--	--	--	6	6
United States	4	2	--	1	7
合計	4	4	2	7	17

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	Total
合計	8	11	2	16	37

Number of Utilities Officially Participating: 74

Number of Countries Officially Participating: 24

Number of Authorities Officially Participating: 20

第 2 章

ISOE 加盟国における総線量の推移

ISOE プログラムの最も重要な面の一つは年間職業被ばく傾向の追跡である。全ての参加電力会社から供給される年間職業被ばくデータを含む ISOE 1 データベースを用いて、国別、炉型別、又は姉妹ユニットのグループ化といったその他の基準によって種々の被ばく傾向が表示される。

2.1 運転中原子炉に対する職業被ばくの傾向

大部分の ISOE 加盟国においては、PWR に対して原子炉当たりの平均線量の減少が見られた。第 2.5 節で見られるように、この減少の一部は作業管理原理の適用及び停止期間の短縮によるものである。しかしながら、被ばく低減は全ての国では見られない。ブラジル、チェコ共和国、南アフリカ及び米国で僅かながら増加が記録された。オランダにおいては、主要プラントの改造及び変更プログラムのために原子炉当たりの平均線量が増加した。

BWR についての結果は幾らか入り混じったものになっている。例えば、スウェーデン及び日本においては主要なプラント変更作業のために、1997 年には職業被ばく増加の傾向が見られた。主要な変更作業の行われなかったドイツ、スペイン及びスイスにおいては、ALARA 及び作業管理プログラムが被ばく低減を助けたと思われる。オランダではドーデバルド原発が 3 月に最終的に停止されたため、1997 年における BWR の被ばく線量は非常に低くなっている。

第 2 表は過去 3 年間の各プラントに対する年間平均被ばく傾向を要約したものである。第 1 図から 4 図は 1997 年のみについて、この表のデータを最も高い平均線量から最も低いものへと棒グラフの様式で示したものである。第 5 及び 6 図は原子炉当たりの平均総線量の傾向を 1987 年から 1997 年の間、炉型別に示したものである。

表2 運転中原子炉の職業被ばくの傾向

	PWR			BWR			CANDU		
	1995	1996	1997	1995	1996	1997	1995	1996	1997
Belgium	1.31	0.92	0.39						
Brazil	0.42	1.34	2.61						
Canada							1.19	0.53	xxx
China	0.90	0.74	0.67						
Czech Republic	0.42	0.36	0.38						
Finland	0.57	1.32	0.57	0.55	0.84	0.83			
France	1.63	1.59	1.42						
Germany	2.00	1.66	1.43	1.37	1.43	1.33			
Hungary	0.56	0.63	0.49						
Japan	1.16	1.04	1.01	1.55	1.60	2.05			
Korea	1.19	0.88	0.88				2.17	2.99	0.62
Mexico				2.96	8.08	2.25			
Netherlands	0.97	1.11	2.83	1.01	0.99				
Romania									0.25
Slovakia		0.68	0.77						
Slovenia	1.40	2.01	0.99						
South Africa	0.70	1.11	1.24						
Spain	2.12	1.47	1.35	0.52	3.36	2.39			
Sweden	0.98	0.66	0.64	1.67	2.33	2.82			
Switzerland	0.82	0.71	0.48	1.57	1.68	1.45			
United Kingdom	0.03	0.53	0.50						
United States	1.72	1.30	1.32	2.58	2.52	2.05			
	GCR			LWGR					
	1995	1996	1997	1995	1996	1997			
Japan			0.24						
Lithuania					7.55	9.25			
United Kingdom	0.29	0.30	0.38						

図 1

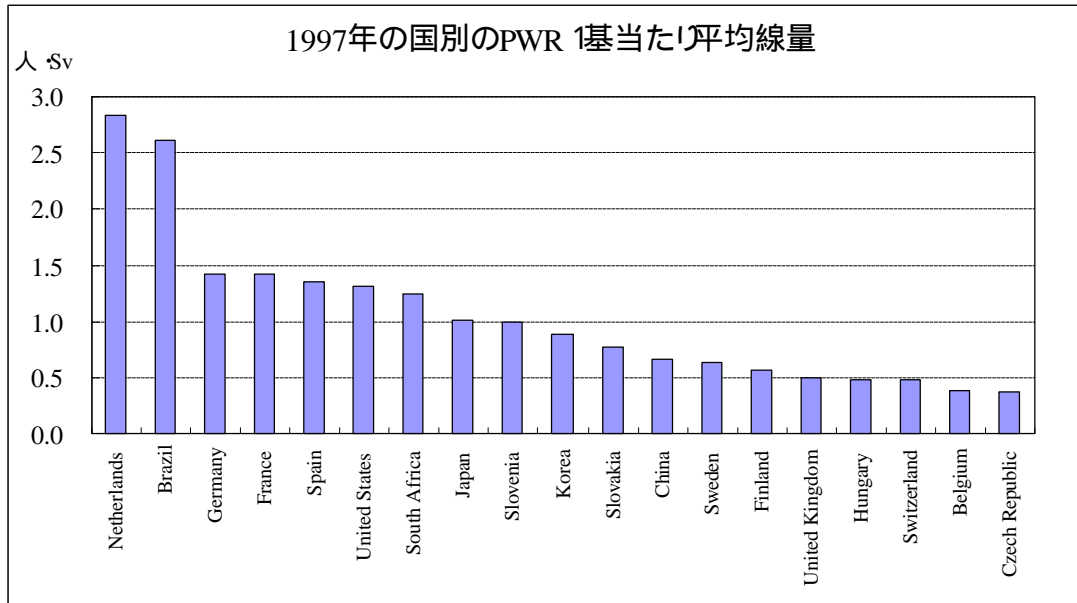


図 2

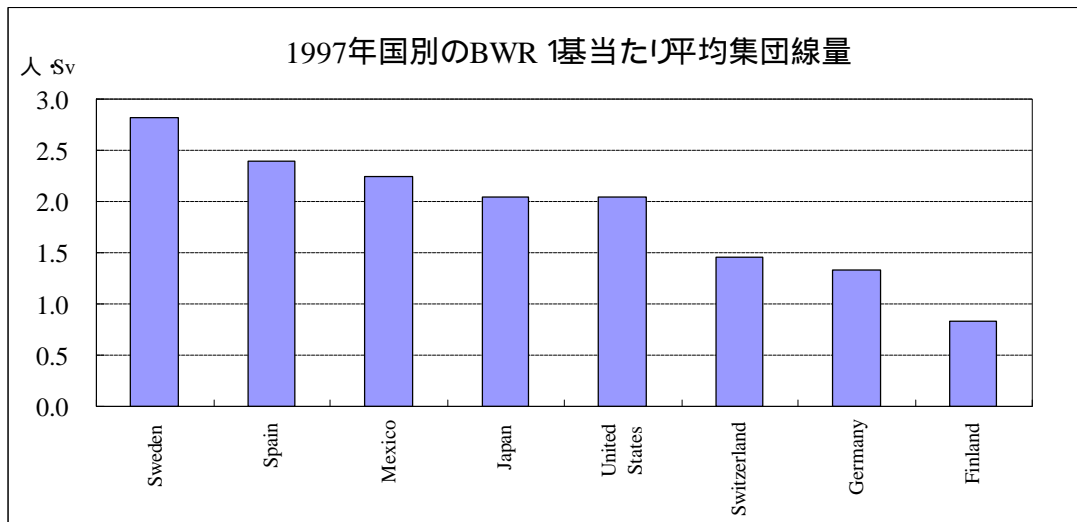


図 3

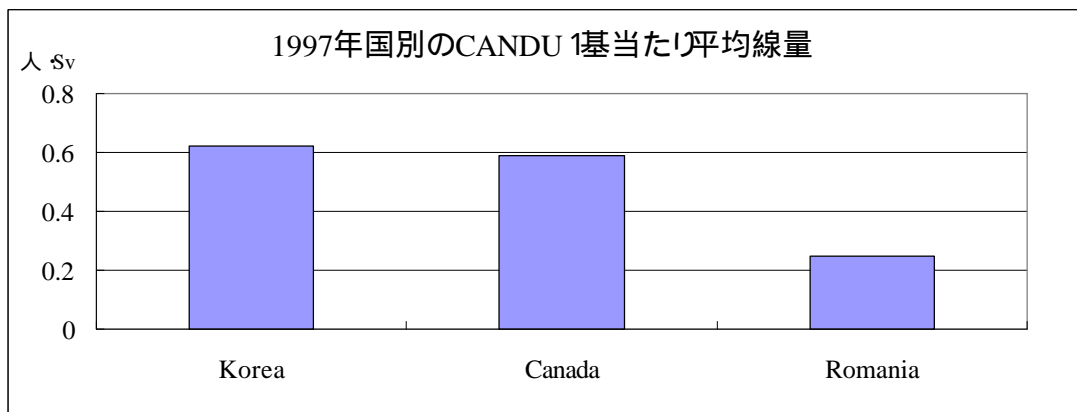


図4

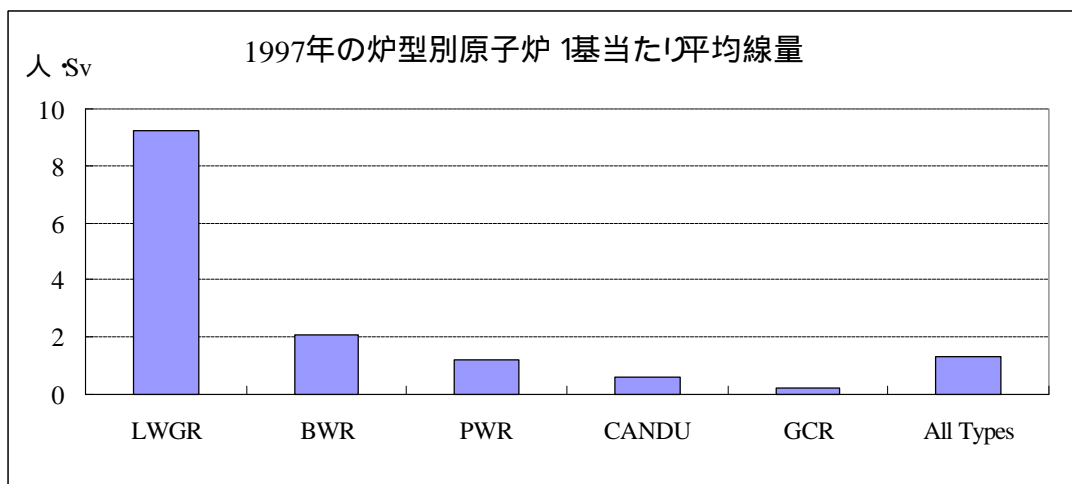


図5

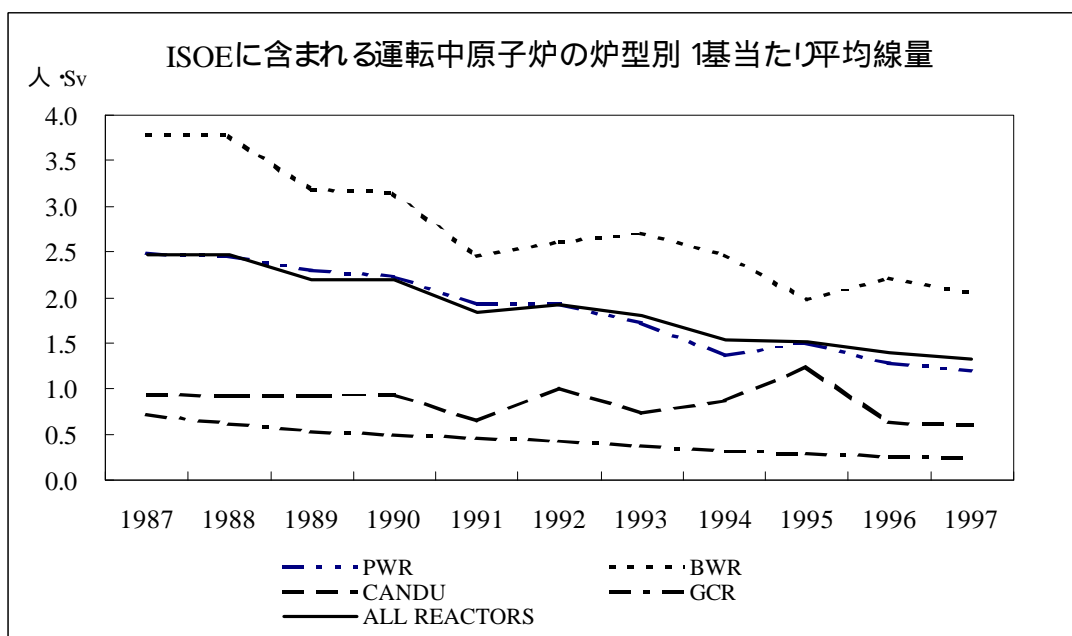
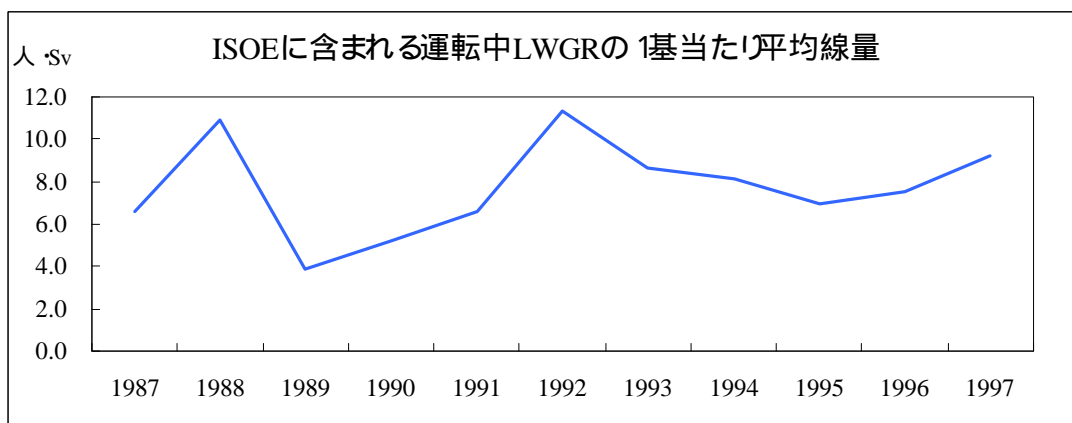


図6



2.2 冷態停止中または廃炉措置中の原子炉に対する職業被ばくの傾向

1988年から1997年にわたる停止中原子炉に対する1基当たりの平均総線量は減少している。しかしながら、これらの数値で代表される原子炉は、形式も大きさも異なっており、更に一般的に廃炉措置計画の異なった段階にある。これらの理由によって、またこれらの数値が限定された数の停止原子炉に基づくものであるため、最終的な結論を引き出すことは不可能である。

第3表は原子炉1基当たりの平均年間被ばく量を1997年での国別及び炉型別に示したものである。第7図はGCR1基当たりの平均年間被ばく量を最も高い平均線量から最も低いものへと示したものである。第8から11図は停止原子炉1基当たりの平均総線量並びに1988年から1997年の間における停止原子炉の数をPWR、BWR、GCR及び全炉型について示したものである。

表3 1997年における国別、炉型別の原子炉当たり年間平均線量

	PWR		BWR		GCR	
	No.	人・mSv	No.	人・mSv	No.	人・mSv
France	1	112.39			6	48.90
Italy	1	1.00	2	49.5	1	43.00
Netherlands			1	168.36		
Germany			1	460.85		
United Kingdom					6	77.03

図7

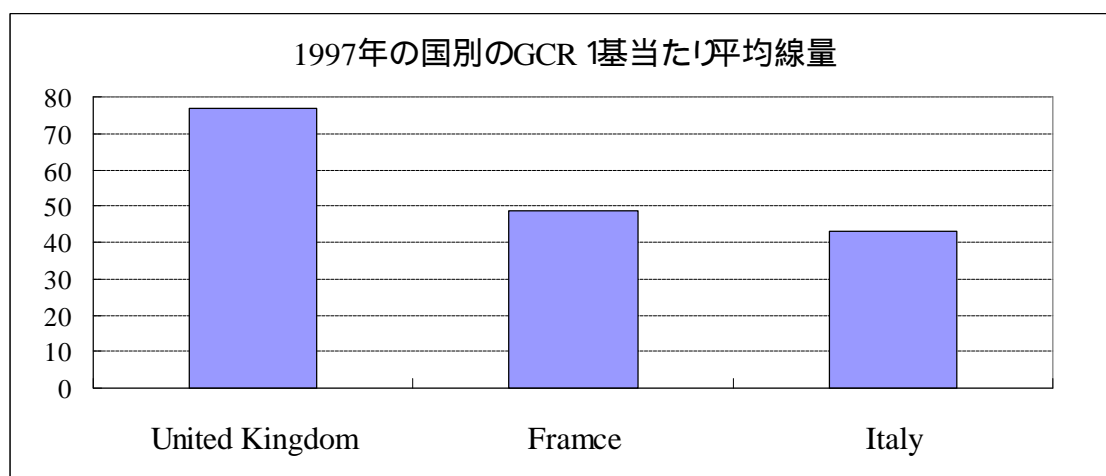


図 8

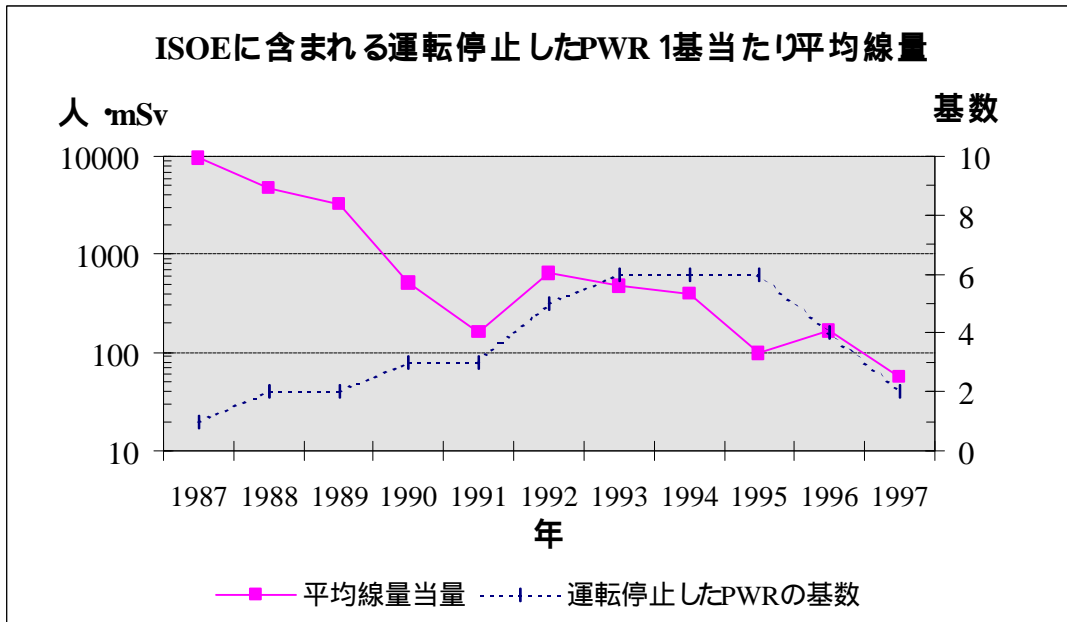


図 9

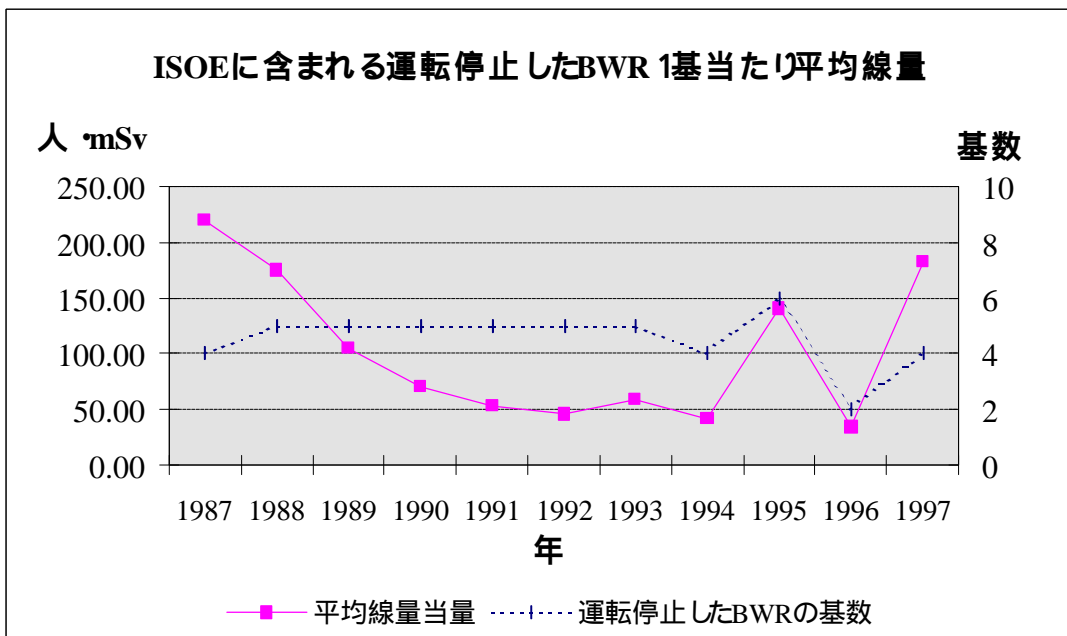


図 1 0

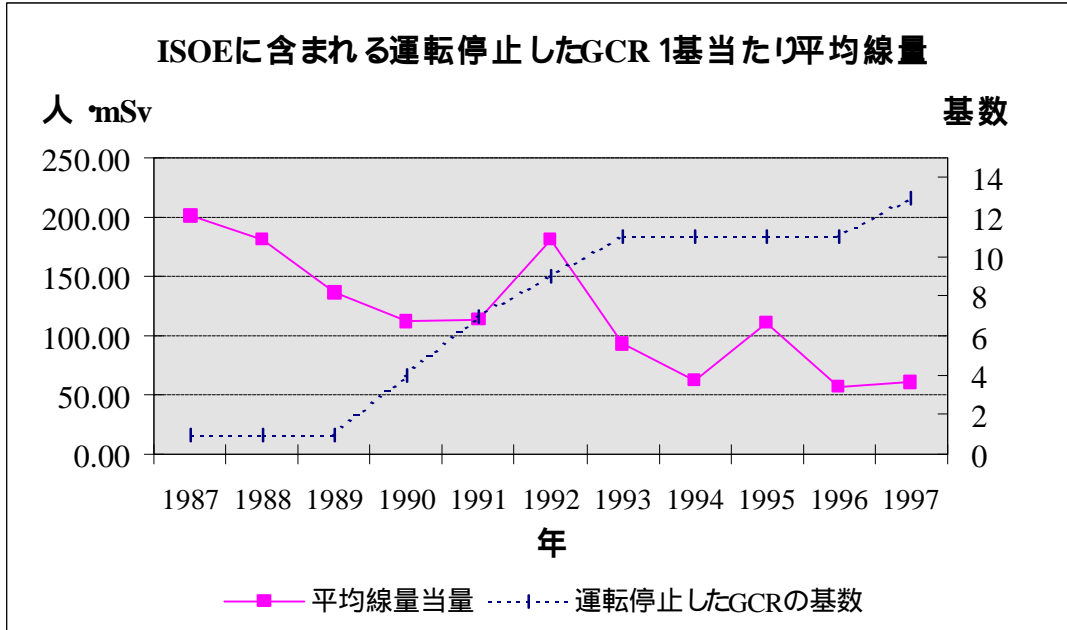
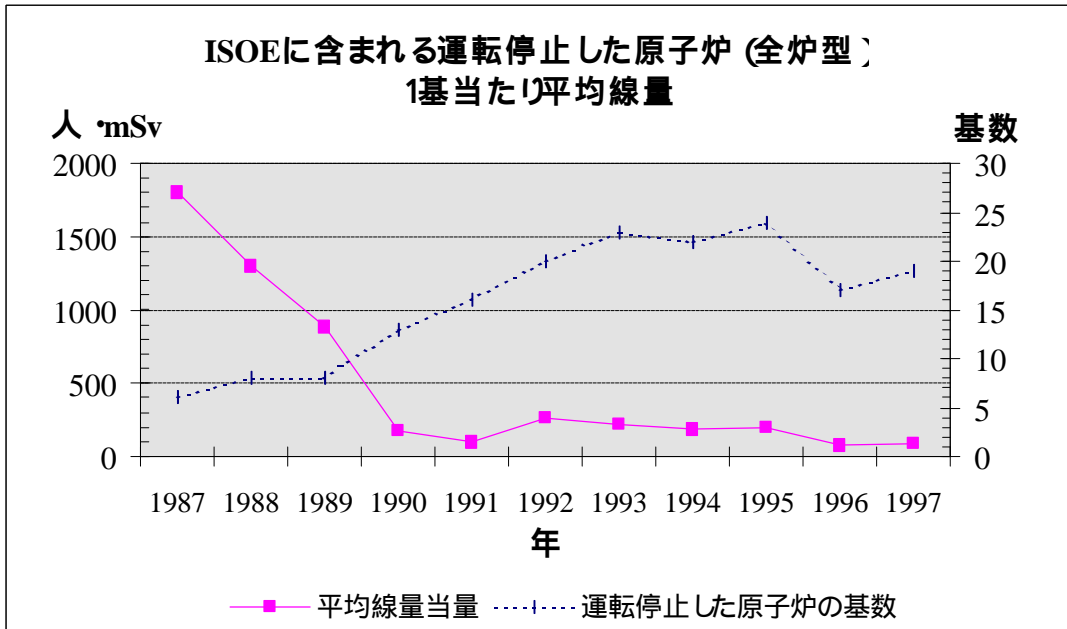


図 1 1



2.3 蒸気発生器取替に対する傾向

PWRにおける蒸気発生器取替に関する検討は、ISOE 第4回年次報告書に報告されている。この検討は1995年から1997年のデータによって改訂され、ETCの情報シートNo.17として刊行されている。過去10年間に欧州を中心として32件の蒸気発生器取替が行われた。被ばく総線量はなお下がりつつあるが、この単純な検討からでも取替えられる蒸気発生器1基当たり0.3 - 0.4人・Svに近い一種の漸近線に到達したことが分かる。第12図は1988年から1997年の間における蒸気発生器取替の時間的な記録を示す。

この検討では、平均して、蒸気発生器取替の年間における総線量は、燃料交換停止を含む取替え前3年間のその原子炉の平均総線量よりも60%高いことが確認された。この検討ではまた、取替え後の年間総線量は取替え前の総線量の40～50%に低下し、この傾向が今や取替え後8～10年以上も続いていることが確認された。

図12

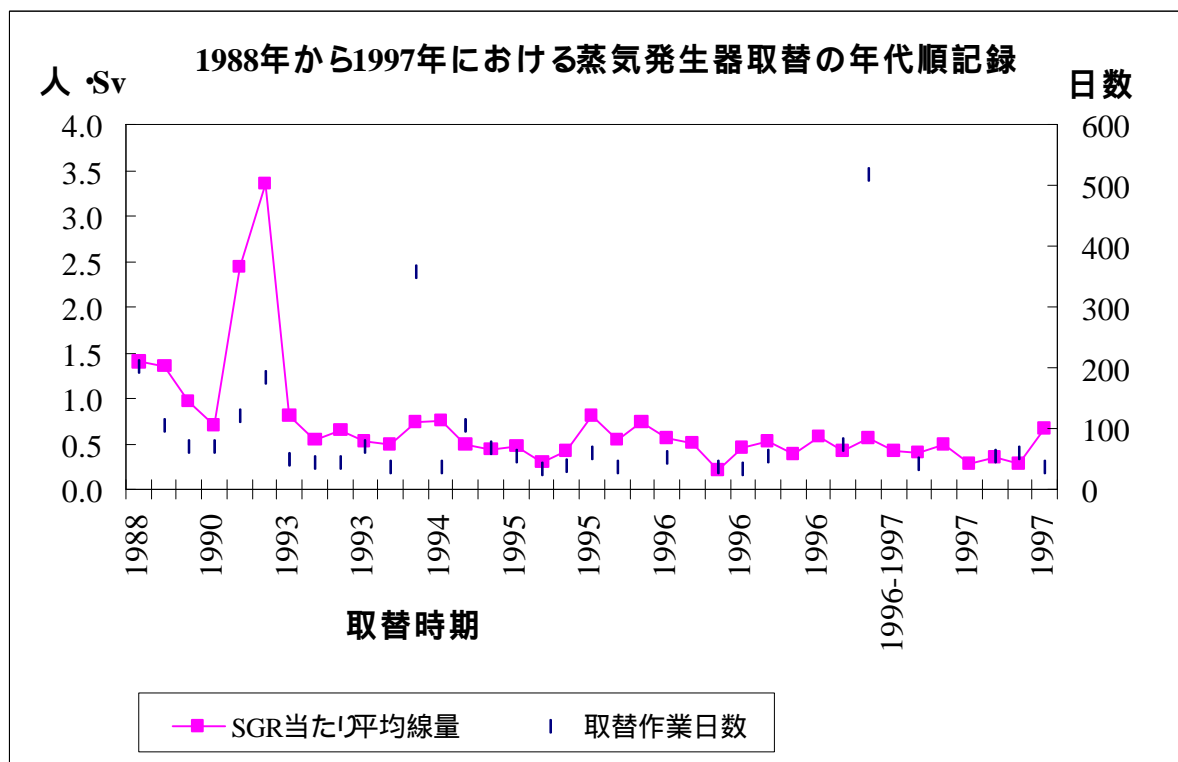


表4 1988年から1997年における蒸気発生器取替

国	発電所 ユニット	取替えた 年	取替えた ループ数	総線量当量 (人・Sv)	SG当たりの 平均線量 (人・Sv)
USA	D.C. Cook 2	1988	4	5.61	1.40
USA	Indian Point 3	1989	4	5.41	1.35
Sweden	Ringhals 2	1989	3	2.90	0.97
France	Dampierre 1	1990	3	2.13	0.71
USA	Palisades	1990	3	4.87	1.62
USA	Millstone 2	1992	3	6.70	2.23
USA	North Anna 1	1993	3	2.40	0.80
Switzerland	Beznau 1	1993	2	1.10	0.55
Belgium	Doel 3	1993	3	1.96	0.65
France	Bugey 5	1993	3	1.55	0.52
France	Gravelines 1	1994	3	1.45	0.48
Japan	Takahama 2	1994	3	1.49	0.50
Japan	Mihama 2	1994	2	1.43	0.72
USA	V.C. Summer	1994	3	2.24	0.75
Japan	Ohi 1	1994-95	4	2.93	0.73
Japan	Mihama 1	1994-96	2	1.11	0.55
Sweden	Ringhals 3	1995	3	1.33	0.44
USA	North Anna 2	1995	3	1.42	0.47
France	Saint-Laurent B1	1995	3	0.91	0.30
France	Dampierre 3	1995	3	1.25	0.42
Spain	Asco 1	1995	3	2.44	0.81
Belgium	Tihange 1	1995	3	1.64	0.55
Spain	Asco 2	1996	3	1.68	0.56
USA	Ginna	1996	2	1.04	0.52
Belgium	Doel 4	1996	3	0.63	0.21
France	Gravelines 2	1996	3	1.38	0.46
Spain	Almaraz 1	1996	3	1.58	0.53
Japan	Takahama 1	1996	3	1.17	0.39
Japan	Mihama 3	1996-97	3	1.27	0.42
Spain	Almaraz 2	1997	3	1.20	0.40
Japan	Ohi 2	1997	4	1.98	0.49
France	Tricastin 2	1997	3	0.85	0.28
USA	McGuire 1	1997	4	1.43	0.36
USA	McGuire 2	1997	4	1.11	0.28
USA	Byron 2	1997	4	2.68	0.67

2.4 人-Sv の金銭価値の実際的な利用

1997 年中に、費用便益分析に関連して、いわゆるアルファ値と呼ばれる人-Sv の金銭価値の実際的な有効性をよりよく理解するために、ISOE ネットワークの中で調査が行われた。この調査への対応は加盟国 20 カ国から寄せられ、その結果は ETC 情報シートに載せられ、また、ここに要約されている。

放射線防護を担当する 8 カ国の規制当局が、総線量の単位当たりの金銭価値の概念を明確に参照しており、一つの価値又は一群の価値を定義している（カナダ、チェコ共和国、フィンランド、スエーデン、スイス、英国、及び米国）。これらの規制当局は一般的にこれらアルファ値が基本線の参照値と考えている。彼等はまた、原子力産業の範囲内でのアルファ原理の適用は主として産業界の関心事項であり、したがって、人-Sv の金銭価値は本質的に管理の道具であると考えている。

1997 年には、ISOE の原子力発電プラント及び原子力発電会社のほぼ 3/4 が彼等自身の人-Sv の金銭価値システムを設定した。電力会社及びプラントのグループは、その平均値が人-mSv 当たり 1000 米ドルに近いような単純アルファ値を使用している。二番目のグループに属する電力会社はより最近（90 年代の初期あるいは中頃）に年間の個人被ばくレベルの増加、すなわち個人のリスクと共に増加する一群の金銭価値を設定した。この第二のグループ内の平均値は第一のグループで見られたものから大きく異なったものではない。このようなシステムを採用した電力からの回答の 3/4 は、彼等がそれを年に 10 回以下しか使用しないことを示している。1/4 以上は年に一度しか使用しない。全ての国で、アルファ値の使用は主として予算及び（又は）プラントの運転及び安全に影響を及ぼすような両方の重要な決定（第 3 表参照）に関連するものであり、その使用の約 60%がプラントの重要な改造、大規模かつ高費用の修理又は化学に繋がっている。

表 5 アルファ値が電力会社内で公式に使用される問題の種類

関連する問題の種類	相対的頻度
重要なプラント改造	26%
大規模かつ高費用な修理	13%
除染	13%
遮へい	13%
作業管理（自動化及び遠隔操作工具 1/3 を含む）	12%
小規模の改造（断熱材を含む）	9%
ホットスポット管理（若干の改造を含む）	6%
化学の変更	4%
大規模な放射線防護調査	4%

2.5 ISOE 参加国における 1997 年の主な出来事

どの「生データ」についても言えるように、上記セクション 2.1 及び 2.2 で示された情報は、1997 年からの平均数値結果の図式表示にすぎない。このような情報が役立つのは、一般的傾向を確認するとき、また、更に検討すると興味ある詳細な経験又は教訓が明らかになる可能性のある、特定分野をハイライトしやすくするときである。この数値データの価値を高めるため、本セクションでは、1997 年中に発生し、職業被ばく傾向に影響を与える可能性のある重要事象の簡単なリストを示す。これは、国ごとに示す。

ベルギー

1997 年、良好な結果がベルギーの発電所では得られた。Tihange サイトでは 1 号機及び 3 号機の運転停止はなかった。2 号機の年次停止線量は、514.2man mSv と非常に低かった。これらの結果となった理由は、作業員のストライキによって、ある発電所での運転停止期間が短縮され、これにより行う作業範囲が限られてしまったということである。鉛シールドを計画的に使用したことも、結果にプラスの影響をもたらした。本停止期間中に行われた主な作業は、原子炉容器貫通孔シール（キャノピー・シール）の検査であった。

Doel 発電所では、あるプロジェクトが進行中で、Doel 発電所予防保全プログラムの再評価中である。その結果、予防保全活動数が有意に減少し、したがって、燃料取替のための運転停止期間及び関係集団線量が更に改善された。1 号機及び 3 号機では、運転期間は例年通りであったが、原子炉低頂部の検査と修理が行われた。異例又は計画にない活動は、97 年中、2 号機、4 号機共になかった。

ブラジル

Angra1 原子力発電所では、1997 年に燃料破損が発生し、計画されていた運転停止のため 9 月に運転停止したが、その間は通常の保守と炉心の 3 分の 1 の交換が行われた。約 2,362 件の作業が行われ、平均個人被ばく線量は 1.86mSv であった。集団線量が増加した主な原因は、原子炉冷却系（一次回路）で若干放射能レベルが高かったこと、そして予定外の保守作業を行ったことによるものであった。この集団線量に最も関連する作業は下記のとおり：

- 特別保守： 0.49 man Sv
- 供用中検査（GV の ECT を含む）： 0.27 man Sv
- 燃料取替（原子炉の開閉）： 0.24 man Sv
- 全ての保健物理活動： 0.21 man Sv

- 熱絶縁及び一時サポート作業： 0.13 man Sv
- エンジニアリング・テスト及び修理： 0.07 man Sv

カナダ

カナダの CANDU 炉 21 基の年間総線量当量は 0.605 人・Sv で、昨年に比べて 14% 増加した。Ontario Hydro では、総線量は 19% 減少し、商用運転中原子炉 1 基当たり 0.47 人・Sv であった。各発電所における放射線に関する出来事は、次のとおり。

Pickering (0.458 人・Sv / 基)

1 号機；主循環ポンプの破損出口弁の修理、2 号機；熱交換減速材の漏えいの修理、3 号機；熱伝達バルブの修理、4 号機；停止制御棒の追加を含めたシャットダウンシステムの向上、5 号機；冷却材制御系の漏えいの修理、6 号機；stalled シールドプラグ取外し、再ヒートパイプと緊急時給水システムの修理、7 号機；ボイラー給水管の修理、ボイラーと主腹水器細管の検査と取替のための計画停止、8 号機；燃料チャンネルの定期検査

Bruce A (0.910 人・Sv / 基)

1 号機；燃料チャンネルの検査、3 号機；ボイラー検査、4 号機；熱伝達パイプとボイラーの検査、昨年に比べて約 40% 線量増加したが、これは 1996 年の 1 基当たり線量の計算（原子炉当たりの平均線量）における手法による加工によるものである。実際に、2 号機は 1996 年における線量は非常に少ない。2 号機の線量はもはや原子炉当たりの Bruce A の線量には含まれていない。

Bruce B (0.390 人・Sv / 基)

5 号機；減速材交換バルブに関する停止時作業、格納容器内の計装用空気ラインの修理。

6 号機；ボイラーチューブ検査のための計画停止、いくつかの強制停止。1997 年における主な放射線作業が選定された 8 号機でのボイラー検査及び修理のための運転停止。

Darlington (0.245 人・Sv / 基)

1 号機；熱伝達シール修理のための計画停止。3 号機；ブリード復水器に関する計画停止、緊急時冷却材注入 MV の再パックに関する計画外作業、1997 年の集団線量に寄与したブリード復水器バルブの修理。計画された格納容器 / 真空建屋の停止により、2 号機熱伝達システムと 4 号機においていくつかの発見があった。

Ontario Hydro における 1997 年の内部被ばく（主にトリチウム）はわずかに減少し、総線量当量の 22% であった。1997 年は、5mSv 以下を被ばくした作業員の割合はわずかに増加し、（全体の）90% となった。

New Brunswick Power, Point Lepreau では、1997 年の集団線量は 44%増加し、1.355 人・Sv であった。放射線上重要な作業は、熱伝達給水パイプに関する次の作業である。すなわち、検査 (320mSv)、チューブ修理 (400mSv)、チューブサポート (100mSv)。

Hydro Quebec, Gentilly では、1997 年の線量は 1996 年から 34%増加し、1.981 人・Sv であった。主な放射線に関する出来事は、燃料チャンネル検査の計画運転停止 (254 人・Sv)、原子炉面保温材パネルの再取替 (278 人・Sv)、給水パイプ検査 (367 人・Sv) であった。また、SG 検査 (43 人・Sv)、熱伝達のメンテナンス及び浄化流量率 (89 人・Sv)、そして、改良された D20 蒸気リカバリ (45 人・Sv) もまた集団線量に寄与した。

中国

中国国家当局は、ICRP Publication 60 及び国際基本安全基準に基づき、新たな法規を準備中で、これらは職業被ばくを ALARA に維持するための、運転員の意識向上に加えられるものである。最近導入された国家職業被ばく登録及び最近の秦山発電所への OSART 派遣団も貴重な情報や勧告を提供しており、それらは施行されている。

チェコ共和国

1997 年中、Dukovany 発電所の 3 号機及び 4 号機が、いわゆる長期停止となり (83 日及び 66 日)、これには原子炉圧力容器の供用期間中検査が含まれている。1 号機及び 2 号機は短期停止を完了した。これら停止中に行われた線量測定は下記のとおりである：

- a) 発電所の個々の修理期間中の放射線連続モニタリング
- b) 汚染作業場及び装置の発見
- c) 除染前後の主要技術装置のマッピング
- d) 連続測定モニタリング装置 SEJVAL
- e) TLD による放射線のモニタリング

通常運転中のユニットごとの作業場所での線量率 (SEJVAL で監視)、空気中の体積放射エネルギー及び放射性ヨウ素は常に低い値を示し、昨年測定した値と対応した。

表面汚染測定値は、1997 年を通して、全発電所の作業場所で低かった。管理区域の放射能のない地域では、参考値の 0.37 Bq/cm^2 を常に下回った。

各ユニットの管理区域の放射能のある地域での線量等量率は、徐々に増加の傾向を示している (過去 8 年間)。Dukovany 原子力発電所での一次回路装置の老化がこれらの

主な原因である。

Dukovany NPP の管理区域で作業をしている作業員のモニタリング（従業員及び契約作業員）は下記で行っている：

- a) フィルム線量計（FD）
- b) 作業熱蛍光線量計（TLD）
- c) 作業電子線量計
- d) 内部汚染モニタリング（全身カウンター）

正常運転中及び運転停止中、TLD での線量測定評価によると、最高集団線量等量は一次回路装置の組み立て及び燃料取替中に作業員の受けたものである。

1997 年における Dukovany 原子力発電所（全ユニット）での集団線量等量は、1.519Sv で、過去 5 年で 3 番目の低い値を示している。この値は、1996 年の対応値より約 0.68mSv 高いだけで、その時は 1 件の長期運転停止のみであった。

1997 年に Dukovany 原子力発電所の従業員で、許容範囲を超える線量を受けた者はいなかった。契約作業員中、1 人の作業員のみ 20mSv（いわゆる 2 次限度と呼ばれるもので、SONS No. 184/197 Cool の法令による）を超える線量（20.36mSv）を受けていた。この契約作業員は、4 か所すべてのユニットの熱絶縁作業に携わっていた。

1997 年の運転中、ホット・スポットが 3 号機及び 4 号機の換気煙突（共通煙突）のエア・パイプで見つかった。放射化生成物（主に Mn⁵⁴ と Co⁵⁸）が分光分析で検出された。

フィンランド

1997 年中、全 4 か所のフィンランドの発電所が、15-19 日にわたる期間で燃料取替及び保守停止を完了させ、全て非常に低い職業被ばくで済んだ。

フランス

EDF には使用中の 57 基の PWR 原子炉があり、そのうち 3-ループ原子炉（900MW）が 34 基、4-ループ原子炉（1300 MW）が 20 基、新型 4-ループ原子炉（N4 タイプ）が 3 基である。これら新型原子炉中、最初の 1 基が最初のキャンペーン中（CHOOZ B 1 号機、1998 年 3 月にフル稼働）で、2 基が試験運転中（1998 年に電力網に接続される予定の CHOOZ B 2 号機及び CIVAUX 1 号機）である。

EDF の 4-ループ原子炉

1997 年、6 件の年次停止、4 件の短期運転停止、及び 3 件の 10 年次停止があった。年間運転停止中における最低集団線量は、PENLY 2 号機で 0.35manSv、また最高集団線量は、初めての 10 年次停止となる PALUEL 3 号機での 2.67manSV であった。

CIVAUX 1 号機でのレベル 2 事象の詳細について： RHR ベンド・パイプに生じた長さ 180mm のクラックが、1 次回路で重大な漏れを起こした。そのクラックは、熱疲労（冷水と熱湯の混合）のためであった。この問題は新型 4-ループ原子炉の新設計に特有のものである。それら原子炉は、CHOOZ B 1 号機、CHOOZ B 2 号機及び CIVAUX 1 号機である。これら 3 基の原子炉は修理のため、運転停止中（プール中に燃料を移送）で、1998-1999 年の冬に起動する。

EDF 3-ループ原子炉

1997 年、23 件の年次停止、9 件の短期停止及び 10 年次停止があった。最低集団線量は、短期停止中での BUGEY 5 号機の 0.75manSv で、最高は年次停止中での SAINT LAURENT B 2 号機の 2.51manSv であった。

集団被ばく線量

原子炉あたりの集団被ばく線量は、1997 年には 1.43manSv で年間集団線量は減少しており、1996 年より 10%の減少で良好な結果である。20 基の原子炉中、平均 0.85manSv であった 4-ループ原子炉で特によかった。EDF の目標は、原子炉当たりの平均集団線量を 2000 年までに 1.2 manSv 未満にすることである。

個人被ばく線量

1996 年まで保温材作業員の個人線量が徐々に増加した後、1997 年には、それら作業員の年間線量が減少した。これらの結果は、保温材契約作業員との大規模なコミュニケーション活動によるものである。1997 年 1 月、EDF と契約作業員間の宣言が調印され、それには線量結果を含み、線量を低減するための共通努力をも表明している。EDF の目標は、2000 年までに 20mSv を超える年間線量を受ける作業員をなくすことである。

問題点

最近のメディア危機に続き問題点の一つとして、管理区域内での作業の質を向上させること、とくに汚染管理がある。この項目は、EDF ALARA プロジェクトの第 2 期の

メイン・ゴールであり、1998 年末に開始される。もう一つの問題点は、放射防護スタッフの訓練を増やし、各 NPP が本当のエンジニアリング作業チームをもつようにすることである。

ハンガリー

1997 年も、PAKS 原子力発電所の停止が、集団及び個人線量の展開に決定的な影響を与えた。1、2 及び 4 号機の停止は短かったが（21-35 日）、3 号機では長期停止となった（54 日）。さらに、3 号機では計画にない停止があり、これは蒸気発生器の一つからの水位防護シグナルで引き起こされたスクラムに続く制御棒の故障によるものであった。

1、2 及び 4 号機の停止による集団線量の展開は、一度に改造が行われたことで影響された。これは安全改善プログラムに関係するもので、停止時の通常活動範囲を超えるかなりの作業となった。安全改善プログラムと関連する活動による集団線量は、1 号機で 106 man mSv、3 号機で 32 man mSv であったが、4 号機では 72 man mSv で、これらは作業線量計で評価した。

1997 年、外部線源からの総集団線量は、作業線量計によると 2033man mSv（記録レベルは 1 μ Sv）であり、法定線量計（フィルム・バッジで、記録レベルは、0.15 mSv / 1 又は 2 か月）測定では、1588 man Sv であった。これはこの原子力発電所の 4 基を運転し始めて以来の最低値である。2 号機の停止期間中、蒸気発生器細管の ISI テストに参加していた数人の作業員に、マイナーではあるが検出可能な内部汚染がサーベイで検出された。最高預託有効線量等量は 1.2mSv で、集団内部線量は 9man mSv であった。

放射線防護にかなり係わりのあった、1997 年の他のプリアリティーの高い作業には、使用済燃料一時貯蔵の活発なコミッションングがあった。450 体の使用済燃料集合体の貯蔵と装荷準備で、集団線量が 2.4man mSv となったが、これは低い値である。

日本

2 番目の改良型 BWR（柏崎・刈羽 7 号機, 1356MWe）及び PWR 玄海 4 号機（PWR, 1180Mwe）が 1997 年 7 月、商業運転を開始した。一番目の改良型 BWR（柏崎・刈羽 6 号機, 1356Mwe）の初めての定期検査が 12 月に始まった。

1997 年度の年間総集団線量は、GCR を含め、全商業用原子炉で 23 基の PWR が 23.20man Sv で、28 基の BWR が 57.33man Sv であった。原子炉ごとの平均集団線量は、それぞれ、PWR で 1.01 man Sv、BWR で 2.05 man Sv であった。BWR での

線量に主に貢献したのは、定期検査中の改善作業量の増加である。一方、1997年度の定期査察の平均集団線量は、PWRで1.42 man Svで、BWRの1.71 man Svである。

蒸気発生器の交換が大飯2号機及び美浜3号機で定期検査中に実施され、1997年に終了した。炉心交換作業は福島第一3号機で97年5月に始まる予定である。炉心シュラウドの材質はSUS304からSUS316Lに変更する予定である。

リトアニア

リトアニア1号機において、1997年中、集団線量に影響を及ぼす主要な事象は、次のようなものであった：

- ・ 保温材作業 (0.251 man Sv)
- ・ ろ過ベント系統 (0.113man Sv)
- ・ 原子炉燃料チャネルの取替 (0.160man Sv)
- ・ 制御/保護系統回路の冷却チャネルの取替 (0.178man Sv)
- ・ 緊急時炉心冷却系統ドレーンの近代化 (0.34man Sv)
- ・ 緊急時局所化系統のコンパートメントにおける金属ライナー修理 (0.25man Sv)
- ・ 1次系金属構造物の欠陥検知 (0.334man Sv)
- ・ 1次系配管 D=800 mm の溶接欠陥の修理 (0.675man Sv)
- ・ 1次系弁の修理 (0.371man Sv)
- ・ ドラム・セパレーター・ダウンカマの溶接欠陥の修理 (3.550man Sv)

オランダ

オランダには、2基の原子炉、すなわち、Borssele 原子力発電所及び Dodewaard 発電所がある。1997年にはDodewaard 発電所が30年間の運転後、最終的に停止された。この発電所は40年間の安全貯蔵後、「更地」となるまで解体される。Borssele 原子力発電所は25年間運転してきており、更に15年間は運転が可能であろうと考えられている。しかしながら、2004年には早期停止に入るべきであるとの政治的な論議が進行中である。

Borssele 原子力発電所では、大がかりなバック・フィッティングのプログラム（改造計画）が1997年に実施された。これには16件の技術的改造があった。作業の程度及び作業場所における線量率に関連して、当初から高い集団線量を考慮しなければならないことは明らかであった。この理由から、放射線防護が計画内で調整され、計画の全ての段階において、放射線防護の原則が適用されるような仕方で行われるようにした。

放射線防護の点において、この改造プロジェクトは 3 つの段階に分けられた。すなわち、次のようなものである：

- ・ 概念段階、ここでは、とくに正当化の原則が適用された。
- ・ エンジニアリング段階、ここでは ALARA の原則が実行された。
- ・ 実施段階、内部汚染の考慮も含めて、個別の線量限度にも注意が払われた。

プロジェクトの全段階において、放射線防護の考慮及びその結果をいわゆる ALARA 報告書及び放射線防護チェック・リストとして取りまとめた。

プロジェクトの全段階において放射線防護に最大の注意が払われ、終局的には 2,505man mSv の集団線量となった。これは、当初の推定と比較すると 4 分の 1 という低減となった。作業の程度及び複雑さ、並びに Borssele 原子力発電所で支配的な放射線のレベルを考慮すれば、これは優秀な結果である。

ルーマニア

Cernavoda 原子力発電所 1 号機は、ルーマニアで唯一の原子力発電所である。1997 年は商業運転に入って最初の完全な 1 年間であった。

総集団線量は 248.3man mSv であった。主要な寄与は、保守用停止からのものであった（約 80%）。報告レベルを超える線量を被ばくした作業員の総数は、251 名であった。全ての個人年間実効線量は 10mSv 未満であり、作業員の 3%を除いて個人年間実効線量は 5mSv 未満であった。

2 年間の試行期間後、ICRP-60 の限度が原子力発電所について導入された。放射線防護についての国際基本安全基準の新しい線量限度を実施する新しいルーマニア放射線防護規制の一般的な適用は、1999 年に行われるものと予期されている。

スロバキア

Bohunice A1 発電所はガス冷却重水減速炉であるが、現在廃炉段階である。1997 年の総集団線量は、1.691man mSv であり、その 98%は契約者の従業員の被ばくしたものであった。集団線量に寄与した主なものは、ルーマニア連邦に使用済燃料を輸送する準備の作業と放射性廃棄物処理作業であった。

運転中の PWRs については、各ユニットで計画停止があっただけである。定常的な制御及び保守の作業は、燃料取替を行う標準的な保守用停止期間中に実施された。

NPP V1 では建て替え作業も行われた。これは、主として耐震手段に焦点を当てたものであった。1号機については、燃料取替及び建て替え作業を行った標準保守用停止期間は、88日で完了し、総集団線量は、1.267man Sv(職員：0.701man Sv、契約者：0.566man Sv)であった。この線量に対する主要な寄与は、蒸気発生器(27%)、原子炉(23%)、1次系塞止弁(5%)、加圧器(4%)、弁(4%)及び建替作業(28%)であった。

2号機については、燃料取替及び建替作業を行った標準保守用停止期間は、124日間を要し、総集団線量は、1.390man Sv(職員：0.672man Sv、契約者：0.764man Sv)であった。集団線量に主要な寄与をしたものは、蒸気発生器(33%)、原子炉(9%)及び建替作業(48%)であった。

Bohunice V2 発電所(3号機及び4号機)については、1997年も良い年であった。3号機では、燃料取替を行った標準保守用停止期間は、48日間であり、総集団線量は、0.127man Sv(職員：0.061man Sv、契約者：0.067man Sv)であった。集団線量に主要な寄与をしたものは、蒸気発生器(49%)、原子炉(23%)及び一次冷却材ポンプ(5%)であった。

4号機では、燃料取替を行った標準保守用停止期間は47日間であり、総集団線量は0.173man Sv(職員：0.081man Sv、契約者：0.093man Sv)であった。集団線量に主要な寄与をしたものは、蒸気発生器(60%)、原子炉(17%)及び一次冷却材ポンプ(4%)であった。

スロベニア

Krsko 原子力発電所については、1997年における放射線防護上の指標は次のようなものであった：

集団被ばく線量	0.99man Sv
最大個人線量	11.66mSv
平均個人線量	1.20mSv

燃料取替停止中(第14燃料サイクル後において)、蒸気発生器の施栓による保守作業も行われた。炉心に装荷された新燃料要素には、デブリ・フィルター及びボトム・ノズルが取り付けられている。燃料取替停止時の総集団線量は、0.77man Svであった。燃料取替停止期間は、31日間であった。

スペイン

スペインの原子力施設における 1997 年中の主要な事象：

新規ユニット；

1997 年中に就役した新規ユニットはない。

新規ユニットのシャットダウン；

運転中の 9 基のユニット中、1997 年にシャットダウンしたものはない。

停止作業を実施したユニット数；

1997 年中、総数 8 基のユニット（Almaraz-1 発電所、Almaraz-2 発電所、Asco-1 発電所、J. Cabrera 発電所、Cofrentes 発電所、Garofla 発電所、Trillo 発電所、Vandellos-2 発電所）が停止作業を実施し、1 基（Asco-2 発電所）は、1997 年中は停止作業を行わなかった。

シャットダウンのタイプ；

全てのユニットは、燃料取替のため停止を行った。3 基のユニットでは、この機会を利用して、一般的保守停止を実施した。Almaraz-2 発電所では、蒸気発生器、容器ヘッド及び RTDs の取替えを行った。Asco-1 発電所では設計変更を実施し、J. Cabrera 発電所では蒸気発生器の検査を実施した。

線量影響があったと考えられる保守作業

- | | |
|----------------|--|
| Almaraz-2 発電所 | - 蒸気発生器取替
- 容器ヘッド取替
- RTDs 取替 |
| Almaraz-1 発電所 | - アメリカの施設で見られたピンの破損の結果として、インターナル・スペリアー中のガイド・チューブのピン及びロブを取替えた。 |
| Asco-1 発電所 | - 設計変更の実施
- 容器ヘッド貫通孔の検査 |
| J. Cabrera 発電所 | - 容器ヘッド取替
- 蒸気発生器細管の再施栓
- 容器貫通孔の検査 |
| Cofrentes 発電所 | - 原子炉水浄化系制御内部熱絶縁の電動弁の取替
- 湿分の再熱器/セパレーターの 4 基あるチューブラー・ループの取替 |
| Garofla 発電所 | - 炉心シュラウドの修理
- 再循環系統中の弁取替
- 給水の加熱器取替 |

Trillo 発電所 - 主ポンプの更新

線量を低減する新しい試験：

Cofrentes 発電所 - ソース・タームの低減を生じると考えられる鉛及び水素の注入

スウェーデン

Barsebak 発電所において、2 基のユニットについての従事者総被ばく線量は 3.7 man Sv であった。停止期間中、ALARA 作業前様式が使用されたが、これはサービス部門と運転部門及び放射線防護職員との協力を奨励する役に立った。

清浄な水での高圧洗浄が幾つかの系統で作業前に実施された。除染係数は、かなりのものであり、46man mSv の線量が節約された。

Forsmark 発電所では、Forsmark 内にある 3 基全ての従事者被ばく線量は 5.4 man Sv であった。これは、Forsmark 発電所サイトでは過去最高のものであった。この線量の約 93%は、停止時作業からのものであり、かなりの寄与が 1 号機及び 2 号機で実施中の近代化プログラムからくるものであった。

1 号機における停止時作業は 72 日間かかった。その理由は、停止時熱除去系中にあったクラック及び格納容器を格納容器ヘッドのためのフランジに接続しているベロウ中の漏えいであった。停止期間中における総集団線量は 1.8 man Sv であった。

2 号機については、停止期間中、集団線量としては 2.4 man Sv となった。これには蒸気乾燥器の取替えが含まれているが、これによって、将来はタービン中における線量率が低いものとなる。

3 号機は、通常の燃料取替停止を行ったが、特別な事象はなかった。停止期間中の集団線量は 1man Sv であった。注目すべきであるのは、この線量の 30%が定例的な検査からのものであることである。

Oskarshamn 発電所では、1997 年における 3 基全ての従事者総被ばく線量は 2.5 man Sv に達した。この総線量の約 76%は停止期間中作業からくるものであった。一般的に停止時作業は、作業負荷の点からいえばごく通常のものであるといえよう。これは、継続的な近代化のプロジェクトが一時的にスローダウンしていることによる。

1 号機では、今年は、停止作業は計画されなかった。それは、1996 年の停止時作業が

1997年3月まで延長されたからである。したがって、このユニットの総集団線量は非常に低く、わずか0.23man Svであった。

2号機では、停止時作業期間が15日間延長され、その結果、集団線量は、1.4 man Svとなった。これは、予定されたものより約13%低いものであり、2号機については、妥当な数値であると考えられる。近代化作業の幾つかのものが次年の停止時に先送りされたことにより、この年の停止時作業線量に相殺の効果が働いた。

3号機では、通常の停止時作業の作業負荷により集団線量は、0.51man Svとなった。放射線防護の観点からは、一つ顕著な成功となったものは、蒸気乾燥器の作り直しである。これは0.5man Svとなると予測されていたが、最終的な総線量は0.05man Svとなった。これは、良い計画及びプロジェクト・チーム内での協力によるものである。

Ringhals 発電所では、1997年中、Ringhals 発電所における近代化プログラムに Ringhals 発電所1号機(BWR)のかなりのグレードアップを含めていた。延長された停止時作業(86日間の計画に対して212日間)中、非常に多数の複雑な作業が原子炉格納容器内で実施された。基本的な考え方は、炉心レベルに達しない系統からクラックを生じ易い全ての材料を除去し、残りの材料については非常に良い指紋を残しておいて、安全上の観点から、この25才になる原子炉を近代的なBWRのようにしようというものである。これにより、将来は年次供用期間中検査が幾つか不要となるであろう。一次系の化学除染が第一段階として実施されたが、これはそれをしなければ作業が不可能となるような高い線量率であったものを低減するため行ったものである。この除染で比較的高い Ringhals 発電所の線量率に永続的な影響をもつものと期待されている。同じ停止期間中に、再循環ループ中にある12個の弁中のステライトが取り替えられた。これらすべての作業を可能とするため、原子炉容器より下にある系統は空とし、静圧に対抗して、一時的なゴム・シールで密封しなければならなかった。

停止時期間が非常に長く延長されたのは、革新的なゴム・シールを使用したことから、また、ステライトを切り出すため使用した機械から、予期しないトラブルが生じたことによる。作業の量が非常に大きなものであったため、1997年における Ringhals 発電所1号機の総被ばく線量は13.8man Svとなった。これはこれまでで最高のものであった。

起動後わずか数週間で、燃料破損が発見された(後に、異物により生じたものと判明した)。これに引き続き、非常に迅速に燃料取替のための停止が決定された。この決定は、アクション・レベルを定める作業が行われていたことが幸いして、燃料欠陥の最初の徴候がみられてから24時間を過ぎない間に行われた。

Ringhals 発電所4号機では、原子炉冷却材ポンプ・ケーシングの一つの内部が、超音

波技術を用いて検査されたとき、もう一つのパイオニア的な作業が完了した。これらの作業の裏には、数年にわたる UT 技術の開発と検定作業に、この UT 技術を制御し「操縦する」ロボットの開発の組み合わせされたものがあった。ポンプ内の放射線レベルは高く、また、これは革新的な作業であったが、総被ばく線量は僅か 63man Sv であった。

スイス

1997 年に、欧州法廷は、原子力発電所に関する政府決定を法廷に持ち込むことを許さないスイス法が市民の権利を侵害しているという反原発派の提訴を退けた。これはスイスの発電所にとっては重要な判決である。それは、これらのうち幾つかのものは認可の更新を必要としているからである。運転の成果の点では、スイスの発電所における線量測定は、1997 年については、記録的に低いレベルとなった。

英国

British Energy 社は、1 基の PWR ユニット及び 14 基の AGR ユニートを運転しており、一方、BNFL Magnox 社は、10 基のマグノックス炉を運転している。Sizewell-B (PWR) のみが ISOE のメンバーである。

1997 年における原子炉タイプごとの線量は次のようなものである：

	集団線量 (man mSv)	最大個人線量 (mSv)	平均個人線量 (mSv)
PWR	497	6.22	0.33
AGR	1889	9.50	0.21

PWR :

Sizewell-B 発電所は、1997 年中にサイクル 2 (363 EFPD) 及び第 2 回燃料取替停止を完了した。停止時作業の集団線量 (年間総線量の 95%) は、第 1 回燃料取替停止時のものより僅かに少なかった (RF01)。これは主として、改良された作業の手配及び RF01 の教訓から学んだことによる。これと対照的に、平均のチャネル・ヘッド線量率は 42%上昇して 34mSv となった。

このユニットは、1 次系についての改善された化学態勢で常に運転されており、18 か月のサイクル 3 に入っている。

改良型ガス冷却炉 (AGR) :

全ての AGR についての集団線量は、低いままであるが、停止時間関連作業が生じて、個人被ばく線量が 9.5 mSv となった。

この成績にもかかわらず、British Energy 社 (PWR 及び AGRs を運転している会社) は、主要な一般的エンジニアリング・プロジェクトが設計の最終段階までほとんど ALARA を考慮しておらず、この時点ではかなりの資材、人材が投入されている可能性があり、ALARA の理由からの変更 (キャンセル) は非常に困難であることを認識している。重要なプロジェクトでは最も早い段階で ALARA が考慮され、線量の最小化が適切に考慮されるようにする手順が開発されているところである。

米国

1997 年におけるアメリカでの最も重要な問題は、規制緩和であった。経済的に生き残るためには、原子力発電所はいまや信頼性、安全性及び経済性の成績を改善し、作業プロセスを改善し、コストを抑制し、現行の設計がその認可時の、また、運転上の基盤に一致するようにしなければならない。そのような改善の実例が実際に存在することが指摘された。幾つかの発電所は現在、非常に長い運転サイクル (600 日を超える) 及び 20 日間を切る停止期間を達成している。

アメリカの今日の産業界が直面している技術的問題には次のようなものがある：

- ・ 集団線量を維持すること。この平均値は、低いプラトーに達しているようであり、発電所が老朽化するに従って線量は増大している。
- ・ BWR における容器内構造物のクラッキング、及び水素注入 (これが線量を 3~10 倍に増大させている)
- ・ PWR における蒸気発生器の修理及び取り替え、並びに停止時水質管理

2.6 運転上の放射線防護に関する現在及び今後の問題

データ収集及び解析についての主要な点であることに加え、ISOE プログラムは、また、電力会社や規制当局いずれもの放射線防護専門家が等しく、直接に連絡をとるための、広範かつ強力なネットワークでもある。関心のある進行中の問題についての討議、そして、近い将来及び / もしくは中期の将来に運転上の放射線防護に対し、影響を及ぼすおそれのある問題を明らかにし、討議することが、ISOE プログラムの中心的部分である。問題の幾つかのものは、1997 年中に問題となったものであるが、それらを列挙し非常に簡単に述べる。

規制緩和

ISOE プログラムに参加している多くの国では、発電、配電及び売電が規制緩和を受けている。大小の消費者たちには、種々の国内の、また、時としては国際的な電源から買電する機会が提供されている。これは、とくに天然ガスあるいはその他の化石燃料に比べ、徐々に価格、特殊性における競争力をつけるという、新しい圧力を原子力発電業界に掛けることとなっている。

この新しい競争に対処するため、電力会社は、できる限り有益かつ有効なものとなるよう大変な努力をしている。それらには、設備利用率を上げ、運転費、保守費を低減するなどがある。これらの変化は、放射線防護職員を含めた職員に圧力を掛け、しばしば低減されている資材、人材を使ってより効果的な成績を挙げるようにさせている。国の規制当局及び公衆の観点からは、そのような変化が発電所の安全性、あるいは作業員に与えられる従事者としての防護を損なわないことが必須である。

規制緩和は、確かに異なった国では、異なった形をとる。また、現在これは国によって、あるいは地域によってさえ、異なった実施の段階にある。しかしながら、これがここ多年みられるように、一般的には電力業界、また特に原子力発電業界に最も重要な全般的影響を及ぼしていることは明白である。したがって、ISOE プログラムは、規制緩和の効果を討議しはじめることと考えられ、ISOE プログラムの関連から、それらの影響をどのように測るかということも討議されることとなる。

作業管理及び停止期間

多分、上記で討議した規制緩和の圧力に対応して、多くの電力会社は、自社の保守停止期間を短縮することに努力を集中している。これは特にアメリカの場合そうであって、この国では停止期間が普通欧州のものに比べて長いのが常であった。規制上の検査の要求事項など、保守用停止の期間に影響を及ぼす要素が数多くあるため、ある発電所と他の発電所とで直接的な比較をすること、あるいは絶対的な効率を判断することは困難である。しかしながら、ISOE プログラムにより 1996 年に作成された「作業管理」文書中に示されているように（付属文書 1 参照）調整、及び作業に対する多業種アプローチに焦点を当てると、大きな効率が得られる。ISOE プログラムは、停止期間及び作業管理技術の適用をモニターし、適宜これらの従事者被ばくの面における比較解析を続けていく。

規制上の免除

保守用停止期間を短縮しようとする努力のため作業管理の原則を使うことに加え、ある国の電力会社は、計画の柔軟性を更に得るため、規制上の免除と名づけてもよいも

のも追求している。これには、通常運転期間中に、あるタイプの作業を行う許可のようなものも含まれるし、あるいは装置の保守の頻度に対し、リスクに基づいた、あるいは、リスクの情報をもつアプローチを採用し、拡張することも含まれる可能性もある。ISOE プログラムは、この分野については、国の考慮に従い、適宜、国の経験をよりよく交換するため、種々のケース・スタディについての線量及び停止期間の意味合いを解析していく。

ICRP Publication 60 からの勧告の実施

欧州委員会は、加盟国に 2000 年 5 月 13 日には新しい欧州基本安全基準を実施することを要求する指示書（評議会指示 96/29；13.05.96）を発行した。この基準は、ICRP Publication 60 からの勧告に基づいたものであり、これはなかならず個人従事者被ばくを 5 年間に 10mSv に抑えること、また、年間の限度としては、50mSv を超えないことを勧告している。日本における新しい安全基準も、これらの ICRP からの勧告を採用しようとしている。ISOE プログラムは、今後数年間にこれらの規制の変更が従事者被ばく及び作業員に及ぼす効果を監視しようとするものである。

第 章 1998 年の作業プログラム

先に述べた重要事項レビューの結果として、毎年 ISOE プログラムを設定し、どれほどうまくこのプログラムが加盟国のニーズに対応しているかをよりよく判断するため特定の目標を設定することが合意された。したがって、ISOE の運営グループは、一組の目標を 1998 年のものとして設定した。これを、年間を通じて追跡し、年次会合において運営グループに報告する。

目標設定の目標は、目標を選定することではあるが、これはできる限り具体的で測定可能というものであるが、これは、全般的に適用可能な規則ではなく、したがって、ここで明らかになった目標の全てのものが具体的なわけではない。しかしながら、各目標が満足される程度は 1998 年の ISOE 年次報告書で議論される。

一般的に、ISOE プログラムの目標は、5 つのカテゴリーに分けられる；一般；データ・ベース及びソフトウェア；刊行物；プログラム組織及び構成；その他の ISOE の産物である。各分野について、ここで提示する。

1998 年についての一般的目標

- ・ 1997 年の従事者被ばくのデータを収集する：

毎年、ISOE プログラムの非常に高い優先順位に、従事者の被ばくデータの収集に置かれている。このデータは、ISOE1 と呼ばれるデータ・ベースに入力される。普通、全てのデータは 4 つの ISOE 地域全てから 7 月末には提出される。

ISOE のデータ・ベース及びソフトウェアの開発

- ・ マイクロソフト社製アクセス環境での ISOE 1 データ・ベース及び簡素化されたユーザー・インターフェースの開発：

1998 年 3 月、ISOE 1 データ・ベース及び MADRAS インター・フェースの最初のバージョンが、ISOE 加盟国にリリースされた。1998 年中に、このデータ・ベース、及びその構成の品質を改善することにつき、多くの進展がみられた。

- ・ ISOE 1 アンケートの、マイクロソフト社製アクセスを基盤としたバージョンの開発：

上記に述べたように、全ての ISOE データ・ベースはマイクロソフト社製アクセス環境に移転させ、効率を最高のものとしてデータ・ベースの使用をユーザー・フレンドリーとすることが合意された。そのようなものであるため、ISOE 1 アンケートも、アクセスに移転すべきであり、ASPIC と呼ばれる現行の電子的アンケート全ての能力を保持すべきである。ソフトウェア開発ワーキング・グループは、この開発のタイミングを定める。

- ・ ISOE 加盟当局には、当局がいまや直接アクセスできることに合意されたデータが提供されるべきである：

加盟国の当局には、技術センターを通して、MADRAS データ・ベース・インターフェース・プログラム及び ISOE 1 アンケートのセクション A 及び B からの全ての発電所についてのデータを含む特別の当局データ・ベース、並びに各当局の国内の発電所についての完全な ISOE 1 データが提供されてきた。

- ・ 提出された ISOE 3 報告書の数を増大させること：

ここでも、データ・ベースの有用性を増大させるという考え方に基づいて、幹部は、発電所及び技術センターが ISOE 3 報告書に更に寄与すべきであり、また、このデータ・ベースを参照として更に利用すべきであると感じている。技術センターは、報告書の提出を求めることでこれに寄与することに合意している。NATC 及び ETC は更に、彼らの地域 ALARA シンポジウムからの論文を適宜 ISOE 3 報告書に取り入れるべきであることに合意している。

- ・ ISOE 1 データ・ベースのセクション E において収集されるデータの完全性、とくにタスクに関連する情報のデータの完全性を増大させること。このプログラムの目的とするところは、ここ 5 年以内にすべての参加電力会社が毎年 ISOE 1 アンケートを 100%満たすようになることである：

多くの参加者が ISOE 1 アンケートで要求されている全てのデータあるいは大部分のデータを提出してはいるが、対応は改善の余地がある。ある場合には、これを達成するためには、発電所は自身のデータ記録優先順位を変更しなければならない。しかし、そのような変更は、少なくとも近い将来にはありそうにないと思われる。しかし、このデータ・ベースの有用性は、比較の目的からは、その完全性に依存している。対応を改善するためには、幹部は、このデータを利用して興味深い解析を実施することにより、その有用性をまず実証しなければならないと感じている。これが、発電所に対し、自身のデータを提供させ、自身の比較を実施させるものとなることを希望する。

ISOE の出版物

- ・ ISOE の情報シートを作成し続けること：

各技術センターは、ISOE 情報シートを作成し続けることに合意した。付属文書 1 には、作成された、また、1998 年中に作成される、これらの情報シートのリストを記載している。

- ・ 第 1 回から第 5 回までの年次報告書で使用した様式と同じ様式で、第 6 回 ISOE 年次報告書を刊行すること：
- ・ 第 7 回 ISOE 年次報告書を ISOE 運営グループで定めた新しい報告様式を用いて刊行すること：

ISOE 年次報告書の作成をスピードアップするため、また、この報告書を管理及び情報のツールとして利用できるものとするため、幹部は、1997 年末までの期間をカバーする第 7 回年次報告書から、報告書の様式を修正することに合意した。

- ・ 「原子力産業界における作業管理」を中国語、フランス語、ドイツ語、スペイン語、及びロシア語に翻訳する作業を完了すること：

英語でのこの報告書の成功は、ISOE 運営グループの幾人かのメンバーから、自国語に翻訳して自国内に配布することを許してほしいとの要求を出させることとなった。NEA は、これらの翻訳をすることにつき許可した。

- ・ ISOE の技術的産物 :

1997 年の重要事項レビュー及びそれに引き続く運営グループ会合で合意されたように、ISOE プログラムは、その作業を、傾向及び解析などの技術報告書の刊行及び突っ込んだ検討を行うべき分野を明らかにすることに焦点を絞って行う。データ解析ワーキング・グループは、この作業を調整する責務をもっている。3 つのデータ解析の産物が作成され、承認及び配布を求めて運営グループに提出された。更に多くのものが 1999 年中に作成されることとなっている。

ISOE プログラムの組織と構成

- ・ NEA/IAEA の共同事務局を形成している :

重要事項レビューからの助言に基づき、共同事務局は、効果的な作業配分が確実にできるよう、関連する手引きを提供されるべきである。共同事務局の構成及び機能は、ISOE 運営グループ幹部により 1998 年に承認され、現在有効となっている。

- ・ 運営グループにより承認された 3 つの新しいワーキング・グループを発足させること :

クリティカル・レビュー会合及び ISOE 運営グループの 1997 年会合の勧告に基づいて、3 つの新しいワーキング・グループ (データ解析に関するワーキング・グループ、ソフトウェア開発に関するワーキング・グループ、及び NEA 2 インディケータに関するワーキング・グループ) を結成し、その作業を開始させなければならない。これら 3 つのワーキング・グループは全て、1998 年初頭に結成された。

- ・ NEA、IAEA、及び ISOE 技術センターにおける ISOE ウェブ・ページの使用と内容を調整すること :

ISOE の資材、人材をより有効に活用するため、ISOE プログラムに関連するすべてのウェブ・ページを調整しリンクさせることが合意された。

その他の ISOE の産物

- ・ ISOE 国際ワーク・ショップについてのプログラムを作成すること :

1997 年にアメリカで開催され、NATC がコーディネートした国際 ALARA シンポジウムの成功に基づいて、クリティカル・レビュー会合は、このタイプの地域ワーク・シ

ヨップで、年次 ISOE 運営グループ会合に関連づけられてきた ISOE トピカル・セッションを置きかえることを勧告した。ETC は、ISOE 国際ワーク・ショップを欧州で 1998 年に開催する準備を調整することに合意し、ISOE 地域ワーク・ショップについての 5 か年計画が設定されて、すべての地域が適宜、計画された会合を活用できることとなる。欧州ワークショップが 1998 年スウェーデンで開催され、成功を修めた。第 2 回北米ワーク・ショップが 1999 年初頭に開催される。

- ・ ISOE の IRPA-10 への参加が開始されること：

1996 年にウィーンで開催された IRPA-9 に ISOE 運営グループ会長、種々の運営グループ・メンバー、事務局、及び技術センターが参加したことを想起し、ISOE 運営グループ幹部は、ISOE の IRPA-10 (2000 年、広島) に参加すべく調整を開始することに合意した。