

# “世界一の低被ばく国”を取り戻そう 原子力でも金メダルを狙おう！



原子力安全基盤機構(INES)安全情報部長 水町 渉

## いよいよオリンピック

1896年4月6日に第1回近代オリンピックの開会式がアテネのパンアテナイ競技場で5万人の大観衆を集め、14カ国が参加して行われた。私はこの競技場のトラックを走ったことがあるが、観客席は大理石でできた大変立派な競技場であった。オリンピックは、クーベルタン男爵が奔走して開催にこぎつけたのは周知のことであるが、彼は「競技者は肉体を鍛錬し、それによって祖国の国旗を掲揚しようとする。それには互いに助け合う友情と、筋肉と高貴な精神の相互協力が必要」と述べている。もちろん参加することに意義があるのは理解できるが、世界記

録保持者たちにはぜひ金メダルを取ってほしいものである。

4年前のシドニーオリンピックで、日本は初めて女性が男性より多くのメダルを取り、女性が13個、男性が5個であった。特にマラソンの高橋尚子選手、柔道の田村(現在谷)亮子選手の金メダルは大喝采であった。アテネでも大いに頑張ってもらいたいものである。

## 世界一の低被ばく(金メダル)を誇った 日本の原子力発電

話は変わって原子力の世界をみるとー。日本は1960年代に主にアメリカの技術を導入して原子力発電所を建設したが、1970年代に入り応力腐蝕割れ(SCC)や蒸気発生器の細管の割れなどをはじめとする、さまざまなトラブルに遭遇し、稼働率も極端に低下して被ばく線量も多くなっていった。1980年代になって日本独自の技術が開発され、問題は解決されていった。今回は被ばく線量低減の問題に焦点を当ててみよう。

原子力プラントで最も多く被

図1 Mark-I型原子炉格納容器

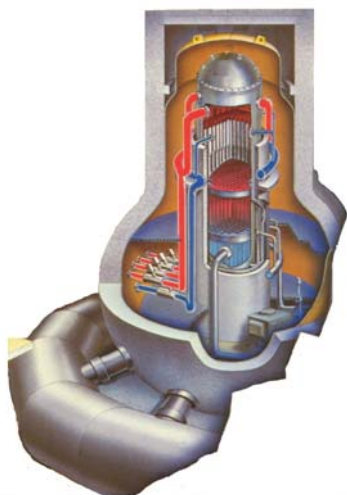


図2 日本改良型原子炉格納容器

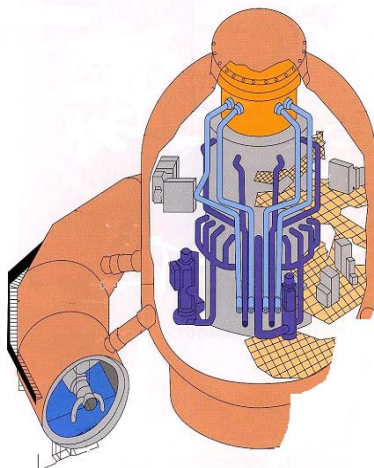


図3 各国の1プラント当たりの平均年間被ばく線量

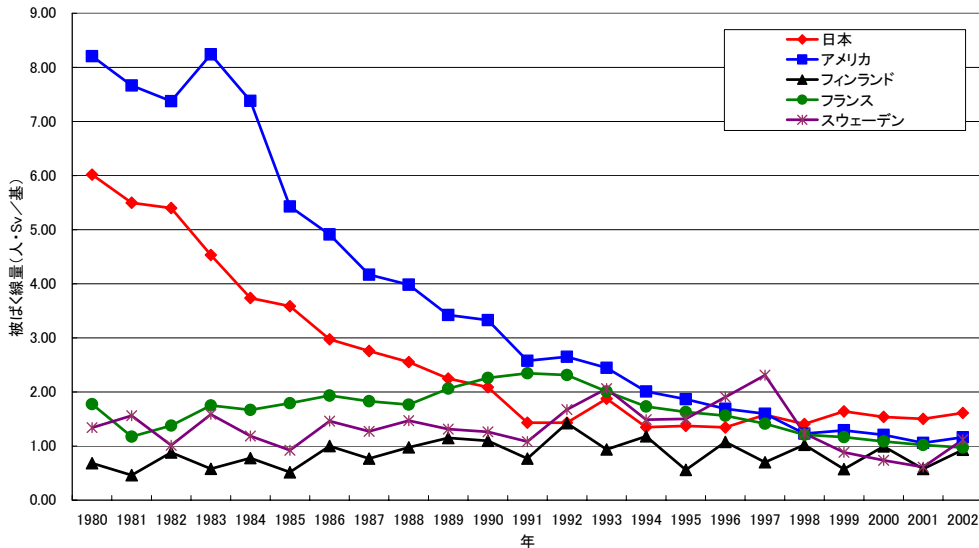
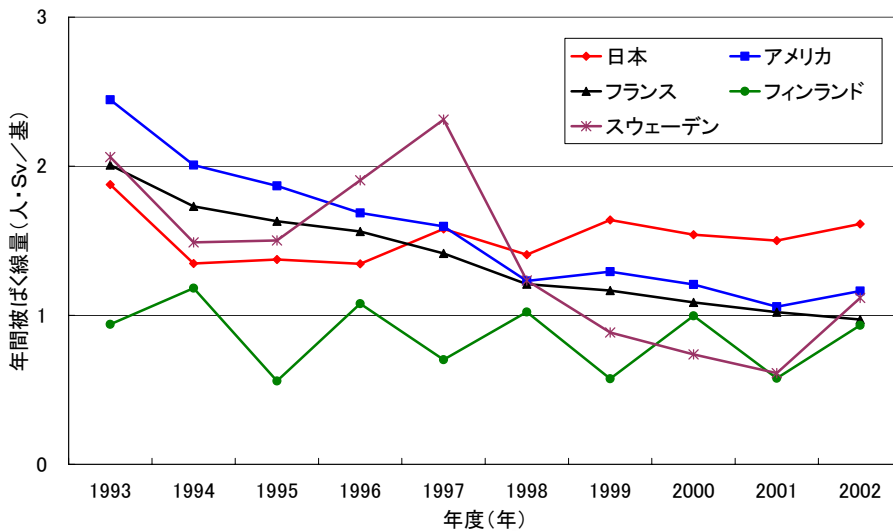


図4 各国の最近10年の平均年間被ばく線量



ばくするのは、当然のことながら炉心に近い原子炉格納容器内の作業である。ところが格納容器内には階段がなく、猿ばしごがある程度で、作業員は狭いスペースを這いつくばっていた。当然被ばく線量も多くなった。私はこれを改善するため、従来のアメリカ型の格納容器の形状(図1)を変え、もっと大きくして作業環境をよくし、階段も整備した形状を提案した。この案が採用され、初めて日本標準プラントが誕生したのである。これは現在も東通リなどで

を図るなど、電力会社とメーカーが一体となって被ばく低減に取り組んだ結果の金メダルであった。

### 世界最悪のプラント当たりの被ばく量

ところが日本はここで慢心してしまった。まず図3を見てみよう。世界主要国の1プラント当たりの被ばく総線量を比較したものである。1980年初頭の日本の被ばくは、非常に悪い成績であったことがよ

採用されている(図2)。

当初、私はエレベーターも取り入れたが、人間が乗るエレベーターは半年に一度点検しなければ使用できないことから、あきらめざるを得なかった。また私が東電の柏崎刈羽1号機で設計責任者となった時、どのようなプラントにすべきか日夜悩んだが、答えは簡単であった。原子力発電所は環境へNOxもSOxも出さないクリーンなプラントであり、問題は放射線のみである。放射線の遮蔽は簡単で、コンクリートなどで覆えば遮蔽できる。私は放射線源の高い系統、例えば残留熱除去系(RHR)や炉水浄化系(CUW)などの配管や機器室をコンクリートで徹底的に遮蔽した。その結果、運転を開始して1回目の定期検査における総被ばく量は、世界一の低さであった。当時、PWRより被ばくが多いといわれたBWRで、これを達成したことから世界中で話題となった。もちろん、これは設計の改良だけでなく、作業の効率化

く分かる。しかし年々改善され、1992年に世界一の低被ばくを達成したのである。問題はここで慢心して、その後は、現状維持の状態がこの10年が過ぎたのが分かる。その間、諸外国は日本の成果を学び、日本を凌駕してしまった。その事実が図3に示されている。図5に示す2002年度BWRの国別被ばくでも世界最悪の結果となっている。図6にPWRの場合を示すが、これも世界の中では悪い成績である。総合して日本の1プラント当たりの被ばく総線量は世界で最悪となってしまった。もちろん作業員1人当たりの被ばく線量は、その許容線量よりはるかに低く、健康上の問題は全くない。しかし、国際原子力機関(IAEA)にALARAの思想がある。これはAs Low As Reasonably Achievedの頭文字を取ったもので「合理的に低減できる限り低く抑える」という世界的に認められている思想であり尊重しなければならない。

ここで重要な点は「合理的に」ということであり、当然経済的に見合わない低減は意味がないのである。

### ブラウズ・フェリー(米)の被ばく低減策 (パーベキュー大会で協調性の高揚)

図3および図4で分かる通り、アメリカの1プラント当たりの被ばく線量は、1980年代には日本に比べて相当悪い結果を示している。1990年代に入りア

図5 BWRプラントの国別2002年度年間被ばく線量

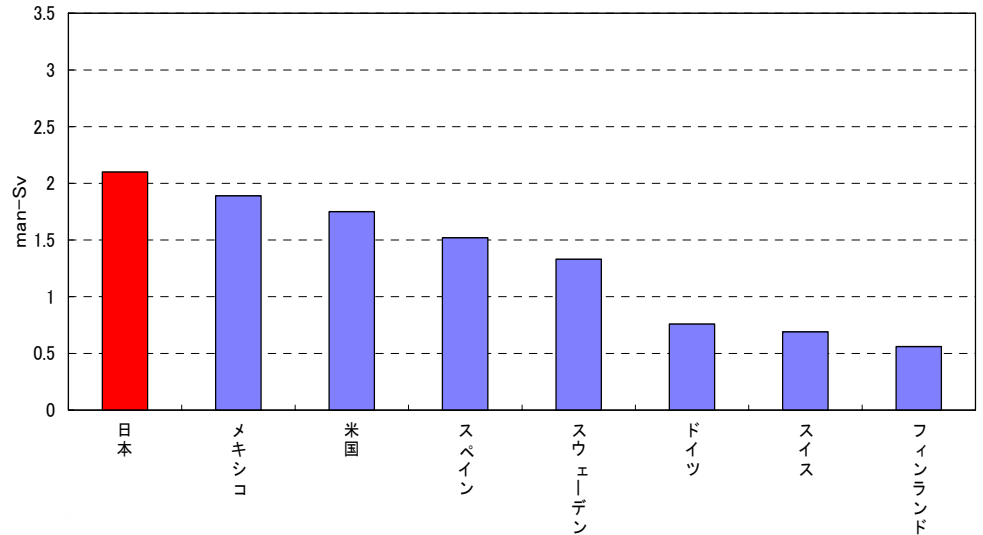
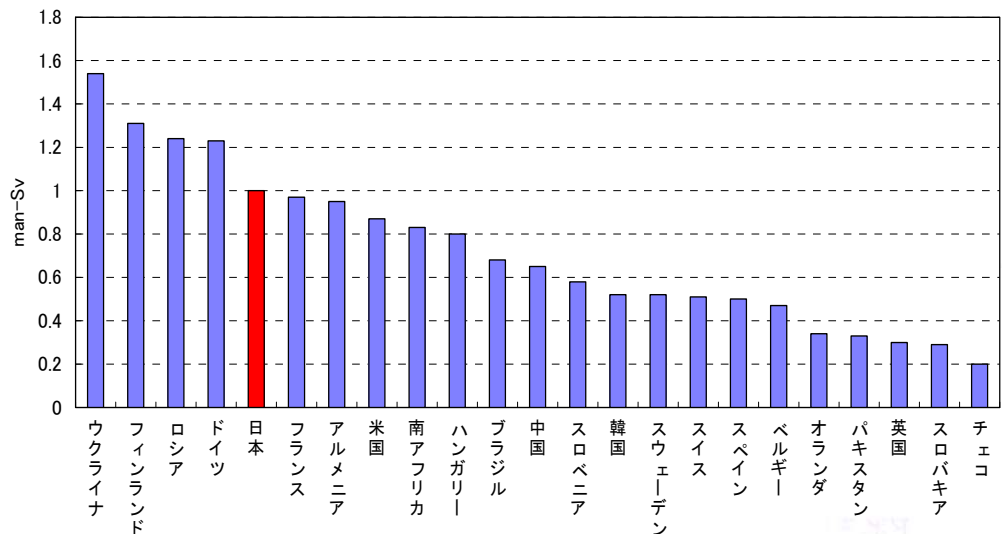


図6 PWRプラントの国別2002年度年間被ばく線量



メリカは、世界一となった日本の被ばく低減策を徹底的に調査し、1997年にはついに日本を追い越した。その改善はまだ続いており、その差は開くばかりである。

2002年にブラウズ・フェリー3号機では、燃料交換を14日と16時間で終了し、当時の世界最短記録を作った。また同時に被ばく低減を徹底的に行った。

われわれは現地調査を行い、その方策を分析した。同機はテネシー溪谷開発公社(TVA)が所有する115

万kWのBWR-4であり、1977年に運転を開始したプラントである。

調査結果では、14日間で終了しているが、その間にインサーブスインスペクション (ISI) を243項目、制御棒ブレード16体交換、低圧タービン・ローターの交換、熱交換機45基の検査・保守、多数の弁の検査・試験などを同時に行っている。燃料交換時にはStone & Webster社に委託し、地元から作業員を雇用している。作業員数はエンジニアが約800人、作業員が約1000人、セキュリティ約150人の総勢約2000人と、日本に比べるとやや多い人数である。ここでは被ばく低減と安全を守るため、燃料交換の前には、上級管理職が自ら調理し、屋外で作業員にバーベキューをふるまい、協調性を高めるための行事を定例化している。まさに古き良き時代の日本流である。

日本が被ばく低減を行って世界一になった時、最も寄与したのは、前述の設計の思想とともに、事前に行うきめ細かな計画であった。放射線の強い部屋に入って作業する場合は、機器のモックアップを作って、事前にそこでいかに効率的に作業を行うかを訓練した。またそこへ行くアクセスについても、被ばくが最も少ないルートを事前に検討した。

ブラウنز・フェリーで担当者に聞くと、全く同じであった。そして「被ばく低減に秘策はなく、1にプラン(事前の計画)、2にプラン、3にプラン」と言っている。被ばく線量の高い作業ではモックアップを作って事前に徹底した訓練をしている。まさに日本がやって来たことを愚直に行っているのである。また上級管理職は3ヵ月に1度、職員と昼食にピザを食べながらコミュニケーションを図っている。これもかつての日本流である。

ただし、彼らが独自に開発した被ばく低減策もある。被ばく線量の高い部屋での作業は、テレビマイクを用意して、監督者は外部の綺麗な部屋から指示を出すなど、不要な被ばくを避けるためにきめの細かな方策を採用している。被ばく線量の高い作業は、ISI、とくにBWRでは制御棒駆動機構(CRD)、

PWRでは蒸気発生器(SG)などだが、その足場設営も高線量作業であり日本と同様である。そのため、古いCRDは1996年までにすべてを取り替えて新品とした。また原子炉压力容器の入り口ノズルは、放射性物質が沈着し、高線量下作業となるため、ノズルをウォータージェットで洗浄して被ばく低減を図った。またシュラウドの補修も高線量下作業であり、燃料交換フロアから遠隔操作で補修している。一方、アクセスでの被ばくを低減するため、階段や足場の常設化を図っているが、具体的に足場設営による被ばく線量を30レムから10レムへと低減化を図っている。

2001年にアメリカ全土で測定可能なレベルの作業で被ばくを受けた人は、合計約10万人であり、その平均線量は1.2mSvであった。また年間20mSvを越えた人は約70人いたため、米国原子力エネルギー協会(NEI)はこれを大幅に減らすことを考えている。

### フランスの被ばく低減策 (ボーナス査定に取り入れ)

図3に示すようにフランスにおける1980年代の1プラント当たりの被ばく線量は、日本、アメリカに比較して極めて良好であった。しかし1990年に日本の努力に凌駕され抜かれてしまった。また1991年に国際放射線防護委員会(ICRP)の新しい勧告と1996年のEU指令を受けて、国として原子力安全・放射線防護総局(DGSNR)が「放射線防護は原子力の安全と同じレベルで重要」との認識を示した。これを受けてフランス電力公社(EDF)の会長が「原子力の安全に加えて、集団および個人の被ばく低減」をスローガンに掲げ、年報に安全と共に被ばく低減の報告を義務付けた。これにより、1991年をピークとして被ばく低減の効果が現れ、1997年に日本を抜き返し、その後も被ばく低減を続けている。

ちなみに2003年の1プラント当たりの集団線量の数値目標を0.95人Svに設定しており、実績は目標を

十分に達成し0.89人Svであった。フランスでは、発電、安全、セキュリティとともに被ばく低減の評価をボーナスの査定に取り入れている。

具体的な被ばく低減策では、蒸気発生器の伝熱管のISIが最も線量の高い作業で約120mSvあり、停止時の総線量約300mSvの1/3以上を占めている。また弁の点検、蒸気発生器周りの一次系配管の隔離作業等も線量の高い作業であり、これらの被ばく低減策に注力している。

### スウェーデンの被ばく低減策 (規制者と事業者の協調)

スウェーデンの担当者に聞いたところ、1990年ごろの同国の集団線量は、諸外国の中位程度であり、あまり問題視していなかった。1990年代の半ばに諸外国の被ばく線量実績が減少傾向になり、逆にスウェーデンは増加傾向にあったため、結果として同国の集団線量が諸外国と比べて高くなった事実がISOEデータから判明した。

ISOEとはInformation System on Occupational Exposure(職業被ばく情報システム)の略で、世界の原子力従事者の被ばくデータを収集し、被ばく低減活動をしているIAEAおよびOECDの組織である。世界に4つの技術センター、つまりヨーロッパ諸国を取りまとめるヨーロッパ技術センター、北アメリカ技術センター、アジアを取りまとめるアジア技術センター、そしてそれらに属さない国々をまとめるIAEA技術センターがある。アジア技術センターは私どもが担当しており、世界の被ばくデータを所有している。その公式なデータをグラフ化したのが図の3～6である。

スウェーデンの放射線防護委員会(SSI: Swedish Radiation Protection Authority)は、同国の集団線量が諸外国と比べて高くなったことから、特に線量の高かったBWRの被ばく低減に力を入れ、DORIS(DOSE Reduction In Swedish BWRs)と称するプロジ

ェクトを立ち上げ、ALARAを義務付けるなど、事業者の被ばく低減への努力を促した。このDORISプロジェクトでは、被ばく線量が高い理由を調査し、被ばく低減に効果のある対策を取ることを目的に1994年12月に発足した。BWRの1プラント当たりの総線量は、1998年の1.2人Svから1.0人Sv以下まで低減する方針であったがその目標はすでに達成している。

具体的な被ばく低減策としては、Co低減、燃料の健全性、蒸気乾燥度の向上、除染、機器の交換、設備の近代化などであるが、こうしたハードの改善だけでなく、事業者トップへの呼びかけにより、教育・訓練の徹底も行っている。

ところでスウェーデンのいちばんの特徴は、規制者と事業者が相互に信頼し、よく話し合いながらスムーズな規制を実現していることにある。これにより、今年の6月13日から開始されたフォルスマルク1号機(BWR, 100万kW)の燃料交換は、7日間と20時間という、スウェーデン国内で最短新記録を達成している。われわれの前でも規制者と事業者は、朗らかに談笑し、雰囲気は大変明るく、お互いに信頼し合っていることが読みとれる。これもかつての日本の古き良き慣習である。

### フィンランドの被ばく低減策

被ばく低減の最優等生であるフィンランドはどうか。フィンランドのテオリスューデン・ボイマ(TVO)社の担当者は、被ばく低減に重要な要素として次の5項目を挙げたが、すべて当然のことである。

- (1) 従業員全員に被ばく低減意識を浸透させること
- (2) ソースタームの低減 — 特にコバルト60の低減
- (3) 作業内容と被ばく低減策の綿密な計画
- (4) 燃料の健全性
- (5) 訓練と周知徹底

「月刊エネルギー」4月号の本シリーズで、フィ

ンランドが90%の稼働率を維持している秘訣は、主に次の2点が指摘されていると書いた。それは、ひとつに重点的な状態監視保全であり、もうひとつはスペア・パーツの充実である。この2点が被ばく低減に大きく寄与している。

まず状態監視保全であるが、設備を4つのプライオリティに分けている。それらは、①その設備がプラントの安全性と設備利用率に影響し、その影響は多大である。②安全性と設備利用率に影響するが、その影響は些少である。③安全性と設備利用率に影響しないが、その保全は経済的に効果がある。④安全性と設備利用率に影響しないうえ、その保全は経済的に効果がない—というように区分にしたところ、①が全体の5%、②が10%、③が18%で、④が67%—というように分類された。

この検討結果から、①、②、③の設備(全体の33%)は常時状態監視保全を行っている。ただし、④に属する全体の67%、すなわち全プラントの2/3の設備については、通常の監視に止めている。いずれにしても状態監視保全に力を入れて、振動計、温度計、流量計などを設置して常時監視をしており、資金をこの分野に投入して設備利用率の向上を図るとともに、これが必然的に被ばく低減に通じているのである。

## ICRPの新しい勧告

国際的な放射線の被ばく許容線量は、現在ストックホルムに事務所がある国際放射線防護委員会(ICRP)の1990年勧告で決められており、放射線従事者は5年間で100mSvと1年間で50mSvと規定されている。

2005年にはこれを大きく改訂する予定であり、その会議が7月末に東京で開催される。最も大きな改訂は、被ばくの限度を線量限度から線量拘束値へ変更することであるが、これは本質論であり今後議論が続けられると思われる。また今回、被ばく許容線

量は、1年間での拘束値が20mSvと規定されているが、今後世界中で討議が予定されている。

## 取り戻そう世界一の座(金メダル)

今月号は一般の方々には少々専門的な話になってしまって恐縮だが、原子力発電所の唯一の問題点である放射線の問題はその本質論であり、被ばく低減は非常に重要課題である。夏から秋にかけて日本原子力学会などでもこの問題が取り上げられ、私も講演や座長を依頼されており、時節柄この重要な案件についてまとめてみた。

日本は1992年に1プラント当たり世界一の被ばく低減国となった。

これは唯一の原爆被災国として、国民が放射線に対し敏感であり、これに対応するため、大変きめ細かな対策を講じた結果であった。その事実をISOEデータなどで知ったアメリカ、フランス、スウェーデン、フィンランドなどは、日本を学び、改善を行い、1997年にはそれらの国々は日本を追い越し、逆に日本は現在、主要国で最悪の結果となっている。日本は世界一を達成し、そこで安心してしまったのである。もちろん従事者1人当たりの線量当量は、国際的な許容水準からすれば、はるかに低くまったく問題はない。

しかし、不要な被ばくは意味がなく、規制、電力、プラントメーカーを含めて改善に努力する必要がある。ましてこの分野は、きめ細かな計画の実行にあり、日本人の最も得意とする頭を使う改善である。もう1度真剣に考えれば、世界一の座を取り戻せることは過去の実績が証明している。最近では原子力技術者が自信を失っているが、原子力関係者が一致団結すれば再び金メダルは取れるのである。今回この羅針盤で言い続けている結言で締めくくる。

「自信を取り戻そう日本の原子力—2004年を原子力復興の元年に—」である。