☆

チェルノブイリ事故にかかわる IAEA の 放射線防護活動

(放射線医学総合研究所) 稲葉 次郎

チェルノブイリ原子力発電所の事故以来、IAEA は原子力安全に関し新たなプログラムを展開してきた。国境を越えての放射能の放出という緊急事態のための「早期通報」および「相互援助」に関する条約をまとめ上げ、Post-Accident Review Meeting においてソ連から率直かつオープンな報告を得、これらを通して原子力安全における IAEA の重要性を国際的に認識させることができた。

本稿では、このような IAEA がこれまでに行ってきたことを紹介し、合わせてこれから行おうとしているプログラムにつき解説する。

☆

I. はじめに

国際原子力機関(IAEA)には事故報告システム IRS (Incident Reporting System)があり、加盟国は安全に関連する事象が発生した時それを速やかに連絡することになっているが、今回はうまく機能しなかったようだ。事故の第1報はスウェーデンから来た。すなわち、チェルノブイリ原子力発電所事故は、その発端からして国際的であった。これを反映してか、事故が報じられると直ちに、事故に対する IAEA の役割に関心を持たれ、活動が期待されるに至った。事実、その後ソ連という必ずしも情報の得やすいとはいえない国での事故に対し、IAEA は大きな仕事をしてきたといえよう。事故当時、筆者は IAEA 原子力安全部放射線防護課に籍を置き、職員としてチェルノブイリ事故関連プログラムに関与した。本稿では、事故そのものではなく、事故に関連しての IAEA の活動について放射線防護を中心に紹介する。

II. IAEA の活動

1. 連絡網の確立等

1986年4月28日のスウェーデンとフィンランドでの放射能検出の報、タス通信による事故の発表とソ連からの IAEA に対する正式な事故通報に引き続いて、翌日からはヨーロッパ各地でも放射能の検出が伝えられ、同時に、多くの国々からフォールアウトに対する強い懸念が表明された。各国は放射能対策等の立案の必要もあって、放出放射線量、核種等の情報を求めたが、ソ連からは直接には得られず、それらの問合せは次第に IAEA に向けられるようになった。

IAEA としては、放射能発生源の状況に関する情報

は得られない中で、これらの問合せに答えたいとの意向もあり、事故発生後数日でヨーロッパ諸国の放射線防護担当者あるいは環境モニタリング担当者との間の連絡網を確立した。ただし、この連絡網はいわば個人レベル、非公式レベルのもので、実際、当時 IAEA は加盟国に対しフォールアウトのレベルなどについての報告を正式には一度も求めなかった。これは、基本的には、IAEA が自身は緊急時対応型の機能を持っていない、すなわち緊急時情報を求める権限を持たず、また、緊急時の放射線防護に関する政策決定について、何らかの勧告をする立場にはないと考えたからである。

正式な IAEA からの要請はなかったが、それでも IAEA の希望を入れてヨーロッパ各国、米国、日本、中国と20ヵ国以上が次第に自発的にフォールアウトによる環境汚染に関するデータを報告して来るようになった。第1図は、各国からの報告の中で今回の事故による放射能を初めて検出した日を示したものである。なお、モニタリングの対象項目としては、空間線量率および大気、水、地表面、野菜、牧草、牛乳の放射能濃度であり、時に甲状腺ヨウ素が、ごく稀れには全身 Cs であった。

私どもがこのような情報収集に努めている間、IAEA の上層部はソ連との接触を深めた。5月5日事務総長 Blix、原子力局長 Konstantinov および原子力安全部長 Rosen の3人はソ連の招待によりモスクワを訪問、ヘリコプタからの現場視察を含めながら、事故に関連した幾つかのプログラムを決めて帰国した。この訪問は IAEA にとって大きな意味を持っており、事実、その

IAEA's Activity on Radiation Protection for Nuclear Accident at Chernobyl: Jiro INABA.

(1987年 3月6日 受理)

第 1 図 ヨーロッパ各国における放射能の検出

後ソ連は大筋において Blix との約束に従った形で動いた。

Blix とソ連との合意事項の 1 つに、ソ連の西側国境での空間線量モニタリングがある。その結果は毎日 IAEA に電報で送られ、IAEA は毎日それをヨーロッパ諸国および日本と米国に電報で送った。モニタリング結果を IAEA が他国へ送ったのはこれが唯一の例であった。

モニタリング結果の伝達は案外に難しい。サンプリングの条件がわからず、測定条件もわからず、表現方法が国によって違い、さらには報告する時の代表値の選び方も違うからである。例えば、第 1 表は IAEA と WHO に報告してきた Farm Milk 中 ^{131}I 濃度のデータの最大値を示したものであり、ここでは特に両者の間に相違があるものだけを選んでいる。IAEA と WHO はともに国連機関であり、非公式な要請とはいえ各国は慎重に選んだ結果を報告していると思われるのに、時に大きな差が見られるのには驚かされる。今回はス

ボット状に極めて不均等な降下があり、結果の完全な形で報告は特に難しかったのかもしれない。これも IAEA が各国にモニタリング結果の報告を求めなかった理由の 1 つであり、さらには、緊急時でのモニタ

第 1 表 幾つかの国から IAEA と WHO に報告されたデータの比較

(搾乳直後の牛乳中の ^{131}I (最大値, Bq/l))

国 名	IAEA	WHO
チェコスロバキア	616	1,000
フィンランド	35	54
オーストリア	6,216	450
ユーゴスラビア	2,500	1,000
ギリシャ	800	400
トルコ	510	360
西ドイツ	1,280	1,650
スイス	1,850	1,370
イタリア	6,000	655
ベルギー	270	120
日 本	14	3

リング結果の報告を一層有意義なものにするため、今後何らかの枠組みづくりをする必要を生んだといえよう。

2. 早期通報条約と相互支援条約

スウェーデンでの放射能の検出に始まった今回の事故では、特に初期の段階において、ソ連から直接事故に関する情報が得られず、そのためあっても西側の報道には不確実な情報に基づいたものもあり、結果的に不安や混乱が増した。このような状況の中で、国境を越えて広がる可能性のある原子力事故の際に、早期通報を義務づける国際協定の制定を求める声が世界的に高まり、同時に、必要に応じて緊急援助が相互に、迅速に行うことのできる国際的な枠組みをつくる必要があるという声が高まった。

幸い、IAEA は事故発生前から事務局案をすでにガイドラインとして持っており、それをタイミング良く提案することができた。すなわち、「放射性物質の国境を越えた放出に際し報告を要する事象、緊急時対応計画の調整および情報交換に関する指針」(INFCIRC/321, IAEA, 1985年1月)および「原子力事故または放射線緊急事態における相互緊急援助手続きに関する指針」(INFCIRC/310, IAEA, 1984年1月)である。

世界各国および多くの国際機関から300名近い専門家が集まり、1986年7月中旬から4週間をかけて検討して出来上がった条約案が、「原子力事故の早期通報に関する条約」および「原子力事故または放射線緊急事態における援助に関する条約」である。原文はそれぞれ10数ページと短く、構成を第2、3表に示す。両条約ともに、原子力活動が現在多数の国で行われており、事故防止と被害緩和のための総合的な安全策がすでにとられているが、さらに安全確保のための国際協力の強化が必要である等、背景についての基本的な考え方を前文として述べている。

第2表 早期通報条約の構成

前文	
第1条	適用の範囲
第2条	通報および情報
第3条	他の原子力事故
第4条	IAEA の機能
第5条	提供すべき情報
第6条	協議
第7条	関係当局および連絡先
第8条	締約国への援助
第9条	2 国間および多国間の取決め
第10条	他の国際協定との関係
第11～17条	最終条項

第3表 相互援助条約の構成

前文	
第1条	一般条項
第2条	援助の提供
第3条	援助の指揮・監督
第4条	関係当局および連絡先
第5条	IAEA の機能
第6条	機密性および情報の公表
第7条	経費の償還
第8条	特権、免除および便宜
第9条	人員、装置および財産の通過
第10条	請求と補償
第11条	援助の終了
第12条	他の国際協定との関係
第13～19条	最終条項

国際社会では、コンセンサス方式で2つの条約をこれだけ短時間で仕上げることは、異例ともいえるものである。各国に利害を越えて国際協力のための枠組みづくりに真剣に取り組まなければならないと感じさせたほど、今回の事故は大きかった訳である。両条約は多数の国が署名しており、すでに発効した。

3. Post-Accident Review Meeting

Blix のモスクワ訪問時のソ連の約束の1つ、すなわち事故の原因、結果、その他の全容のできるだけ早期のIAEA への通報を履行するための本会合は8月25～29日に行われた。準備の段階でソ連側から突然、会合では今回の事故のみならずウィンズケールやTMIも含めて過去の事故全体を対象とすべきである、との申入れがIAEAに入ったりして、一時事務局を心配させたが、結果的にはそれは杞憂に終り、チェルノブイリ事故に関して率直かつオープンな態度での報告が行われた。

事故は爆発火災の形をとったことから、発電所従業員および駆けつけた消防士は高レベルの放射線を被曝した。被曝の疑いのあるもの約350名を検査した結果、203名が急性放射線症と診断され病院に収容されたが、結果的にはその中の29人が後に死亡した。他に2名は事故現場で死亡している。事故拡大はこの人々の英雄的行為によって防止できたのであろう。現場の詳しい様子はわからず、このような緊急事態の中で放射線管理がどのような意味を持ちうるのか、難しい問題ではあるが、放射線管理の側からすれば英雄的行為と簡単に片づけないで、犠牲を少しでも減らすため突込んで考えておいてもよい問題であろう。

高線量被曝者について見ると、今回の事故では被曝の形態が極めて複雑であったことが特徴的である。γ

線による体外被曝, 高エネルギーの β 線による皮膚の被曝, 放射性エアロゾルの吸入による呼吸器および消化管の被曝, さらに火事の熱による火傷もひどいものであった。実際, モスクワの病院で死亡した27名の死因を見ると, 皮膚障害19名, 骨髄障害6名, 胃腸管障害2名であった。このようなことが影響したのであろう, 結果的に骨髄移植の効果は非常に低かった。すなわち, 骨髄移植を受けた者は総計19名で, うち13名は骨髄細胞の, 6名は胎児肝細胞の移植であったが, 妹の骨髄を受けた2名を除き全員が死亡し, この2名も細胞の移植を確実に証明する証拠は得られなかったと報告された。

受けてしまった放射線のリスクの低減策として骨髄移植をとらえると, 退避は被曝線量そのものの低減策であり, こちらは骨髄移植に比し有効であった。事故により大量の放射能が環境中に放出された(第4表および第2図)が, それに対するモニタリングは事故発生直後に始められた。原子力発電所から3~4 kmの人口密集地プリピャチ市では空間線量率の上昇に伴って, 45,000人の全市民の退避が決定され, 4月27日午後2時間40分という短時間内で効率よく実施された。その他の地域では時間的にかなり遅れたが, それでも最終的には半径30 km内地域の全住民135,000人

第2図 大気中への放出の経日変化

が退避した。第5表は, それら住民が受けた外部被曝線量を示している。

第5表 退避した住民の外部被曝線量

地域(発電所からのkm)	人口(1,000人)	集団線量(10^6 man·rem)	平均線量(rem)
プリピャチ市	45	0.15	3.3
3~7	7.0	0.38	54
7~10	9.0	0.41	46
10~15	8.2	0.29	35
15~20	11.6	0.06	5.2
20~25	14.9	0.09	6.0
25~30	39.2	0.18	4.6
合 計	135.9	1.56	11.5

ここで注目されるのは集団線量を人口で割った1人当たり平均線量である。原子力発電所に最も近かったにもかかわらず, 早期に避難したため, プリピャチ市民の平均線量は3.3 remであったのに対し, 早期退避とはならなかった3~15 kmの住民24,000人の平均線量は45 remと高かった。この場合も, この地域の特殊な事情はわからないが, 45,000人のプリピャチ市民の退避ができたのであるから, それに次いで直ちにこれら24,000人も退避させれば, 被曝をもっと少なくすることができたのではないかと考えられる。幸いなことには, 住民には職業人に見られたような急性の放射線障害は見られなかったと報告された。

第4表 炉心存在量および外部への放出率

核種	半減期(d)	炉心存在量(Bq) [†]	放出率(%)
⁸⁵ Kr	3,930	3.3×10^{16}	~100
¹³³ Xe	5.27	1.7×10^{18}	~100
¹³¹ I	8.05	1.3×10^{18}	20
¹³² Te	3.25	3.2×10^{17}	15
¹³⁴ Cs	750	1.9×10^{17}	10
¹³⁷ Cs	1.1×10^4	2.9×10^{17}	13
⁹⁹ Mo	2.8	4.8×10^{18}	2.3
⁹⁵ Zr	65.5	4.4×10^{18}	3.2
¹⁰³ Ru	39.5	4.1×10^{18}	2.9
¹⁰⁶ Ru	368	2.0×10^{18}	2.9
¹⁴⁰ Ba	12.8	2.9×10^{18}	5.6
¹⁴¹ Ce	32.5	4.4×10^{18}	2.3
¹⁴⁴ Ce	284	3.2×10^{18}	2.8
⁸⁹ Sr	53	2.0×10^{18}	4.0
⁹⁰ Sr	1.02×10^4	2.0×10^{17}	4.0
²³⁹ Np	2.35	1.4×10^{17}	3
²³⁸ Pu	3.15×10^4	1.0×10^{15}	3
²³⁹ Pu	8.9×10^8	8.5×10^{14}	3
²⁴⁰ Pu	2.4×10^8	1.2×10^{15}	3
²⁴¹ Pu	4,800	1.7×10^{17}	3
²⁴² Cm	164	2.6×10^{16}	3

[†] 1986年5月6日時点に補正した値

Ⅲ. IAEA の今後のプログラム

今回の事故の重要性に鑑み、IAEA では原子力安全に関するプログラムの見直しが行われた。事故に関連して新規プログラムを作ったり、従来からのプログラム (IAEA GC(XXX)/777 The Agency's Programme and Budget for 1987 and 1988) の完成を早めることが主体で、これに伴い緊急を要さない若干のプログラムは作業を先送りしている。以下に述べることはあくまでも予定であり、実際にはこれらプログラムは種々の要因の下で調整され、時に大幅に変更されることには充分注意されたい。

事故に関連する今後のプログラムのうち放射線防護に関連したものは、環境問題、緊急時対応、疫学を含む医療の3つに分けて考えることができる。

環境問題には、まず事故により放出された放射性物質に起因する長期健康影響の推定がある。IAEA ならびに WHO と WMO が協力し合って、世界各国からフォールアウトその他被曝線量算定に関連する情報を収集し、データベースを準備する。UNSCEARが、これを用いて線量および健康影響の評価を行うことになっている。1987年3月の第36回 UNSCEAR会合で、線量の試算あるいは線量評価の方法論の紹介を行う。その後 IAEA 内での Advisory Group Meeting を経て1988年会合で最終的な検討を行い、1988年報告書において Annex として出版する案が有力である。なお、その後も調査継続を UNSCEAR としては予定している。

事故は大規模なトレーサ実験としての意義を持っており、解析によってできるだけ多くの情報が望まれる。環境関連の第2のプログラムは長距離大気輸送モデルの検証である。現在日本には SPEEDI があり、米国には ARAC、英国には MESOS、他にもフィンランド、スウェーデン、イタリア等も関連したモデルを持っている。相互の比較検討を通して一層精度の向上が期待できる。

大気以外の場での放射性物質の移行モデル、被曝評価モデルとそこで用いられているパラメータの検討も、今回の事故による環境モニタリング結果の解析に

より行うことができる。具体的にはフォールアウト量の大きかったヨーロッパ諸国を中心に、Co-ordinated Research Programme により実施することを予定している。また同様の趣旨で、チェルノブイリ事故関連環境モニタリングに関する国際シンポジウムの開催も予定している。

緊急時対応では、前述の2つの条約に関連したものが主体となる。すなわち、2つの条約はともに大綱に相当するものであり、実際にどのような形でそれらを実効あらしめるものにするかの詳細については、まだ何も決っていない。事故が発生した時、加盟国と IAEA は何をどのようにすべきか、実施要領に相当するものを具体的に決めておく必要がある。

このほかには屋内避難や退避の有効性に関する技術上の出版物を作製したり、介入レベルおよびそれに対応する誘導介入レベルに関する出版物づくりがある。

医療関連では、高線量被曝者の処置に関する出版物の準備があり、今回のように火傷その他との複合的放射線障害に対する処置法に重点を置いた検討が期待されている。また、高線量被曝にかかわる個人線量の推定法についての出版物づくりも考えられ、biological dosimetry その他の実際の適用上の問題点の検討が行われるであろう。いずれも今回の事故から学ばねばならないことが多々あり、ソ連側の協力がどれくらい得られるかがプログラムの成否に大きく関係する。事故により数万人が数10 rem を被曝したことから、発がんあるいは遺伝障害に関する疫学調査も注目されている。これについては、早急にこの分野の専門家を集め、従来の各国のこの種の調査の見直しを行うとともに、どのような調査計画を立てるのがよいかを検討するワークショップを開催し、ソ連の調査を側面から支援することになっている。

チェルノブイリが日本から遠く、我が国への放射能の影響がごく僅かであったことで幸いであった。とはいえ、事故の重大性は充分認識する必要があるし、できるだけ多くの情報を抽出する必要がある。IAEA の種々の活動に積極的に参画することは、そのための基本であると信じている。