講演

原子炉事故時の環境の安全対策

Environmental Safety in Reactor Accident

H. HOWELLS

(1962年5月21日(月) 化学図書館(講堂)において講演)

座長 矢 木 栄 氏

1. 序 論

ここで取り上げる原子炉施設周辺の安全対策は、Windscale および Calder Hall で実際に行なわれている事柄である。まず最初に、事故時の行政、緊急時組織にふれ、つぎに環境サーベイの方法を述べる。

環境の安全対策といっても、その内容は多方面にわたるもので、一概に論ずることはできない。しかし、緊急時組織を編成して原子炉事故に対処するのは重要なことの1つである。Windscale では site emergency scheme があり、簡単明瞭に職員の職掌と義務を定めている。

2. 地方連絡委員会(The Local Liaison Committee)

Windscale, Calder Hall では、地方連絡委員会(The Local Liaison Committee) なる委員会があつてつぎ2つの職務を持っている。

- (1) PRを目的とするもので、現場の職員と外部の機関とが会議を開き、現場に関連ある事項を討論し、また施設周辺の人々の意見を聞く。
- (2) 原子炉に事故が発生した場合の処置を前もって計画しておく。

PRについては、非常に重要であることを強調したい。事故の起きる可能性はほとんどないが、現場とその周辺の公衆とは常に接触を保つことが必要であるからである。地方連絡委員会は1957年10月の Windscale の事故でその必要を感じ1958年初めに発足した。当初は緊急時対策作成のため、しばしば会議を開いたが、現在では年2回会議を開き、現場の状況説明とPRを目的としている。

委員会の構成はつぎのとおりである。

- (1) 地方警察の代表
- (2) 州の Chief Administration Officer
- (3) Medical Officer

- (4) County Fire Officer

- (5) County Civil Defence Officer

- (6) Ministry of Agricultural Fisheries and Food
の代表

委員長には、現場の施設監理者が任命される。

3. Windscale, Calder Hall の施設

Windscale, Calder Hall には、4基のガス冷却炉があり熱出力は総計880 MWである。さらに建設中の改良型ガス冷却炉1基がある。その熱出力は100 MWなので、熱出力は総計1000 MWに達する。さらに、核燃料再処理のために大規模な化学プラントが設置されている。このプラントは現在 Calder Hall の4基と Chapel Cross の4基の原子炉燃料の処理を行なっているが、将来は現在建設中の Civil Reactor の燃料全部をこのプラントで処理する予定である。

4. 放散する放射性物質とその対策

敷地の周辺へ放射性物質を放散する事故が発生した場合、対処すべき問題は大きく分けて2つある。

- (1) 事故現場の付近の住民に inhalation の危険が起きないか、早急に見通しを立てる。
- (2) 前者ほど急を要さないが、食物汚染の問題があつて、イギリスでは Windscale の事故でもわかるとおり、牛乳が重要である。

ガス冷却炉の事故解析は、1959年に提出された Farmer, Fletcher 両氏の論文等種々行なわれているが、事故時には揮発性核分裂生成物、特に ^{131}I の放散に注目している。この放散の性質については、イギリスでは理論的、実験的にいろいろと考察されており、また Windscale の事故で実際に経験してきた。この事故では、放出された ^{131}I の量は 20,000 c, ^{90}Sr は 2c と評価されている。両者の物理的性質を比較するとつぎのとおりである。

	融点 (°C)	沸点 (°C)
I :	114	184
Sr:	770	1380

これで両者の放出量の相異が、ある程度説明できると思われる。

事故解析によれば、重大事故時には 800 m 以上の地域まで inhalation の危険が起きると予想され、また牛乳の汚染は 15 km の距離まで及ぶと考える。したがって、地方連絡委員会の計画中には、住民の一時的立退き、食物制限を考慮しておく必要がある。

最近イギリスでは、安定な I を服用させ、放射性 I の inhalation risk を防ぐ研究を行なっている。服用する量は体重 1 kg 当り 4 mg, KI の錠剤として与える。その結果は良好で、被曝が起きてから数時間後に安定な I を服用させても、甲状腺への放射性 I の移行を防ぐ効果がある。2～3 時間後に服用すると、甲状腺の被曝は 80% 程度に減少する。

なお、こうした事故の初期の段階で、連絡をとるのに無駄な時間を費してはならない。地方連絡委員会は住民の立退き、食物制限、交通の整理、試料の収集等について詳細な手順を定めている。

5. 事故時のサーベイ

保健物理の組織の行なう仕事には 2 つの目的がある。

- (1) inhalation または外部被曝で、一時的立退きが必要か否かを定めるための情報を集めること。
- (2) 食物制限が必要か否かを決定する情報を集めること。

(1)は何よりも緊急に資料が必要で、それにより 2～3 時間以内に問題地域の人の立退きを決めなければならない。(2)は inhalation risk を決定する場合ほど急ぐものではなく、数時間にわたってもよい。われわれの特別な例をとると、牛乳の汚染は 20～24 時間経過して現われ、その ^{131}I の放射能レベルは事故後 3 日ほど経過して最大値に達する。したがって、(2)は技術的にそれほど急ぐことではない。しかし公衆に対する問題もあり、食物制限は数時間以内に決定すべきであろう。

私は事故の最初の段階では、その影響を受ける範囲を正確に定めることは、それほど大切とは思わない。重要なことは、そのような立退き、食物制限が必要か否かを定めることである。たとえば、牛乳の消費の制限を適用する必要があるとすれば、まず半径 15 km の地域にそれを行なう。サーベイの結果、この制限が必要以上に広範囲に及んでいると判明すれば、われわれはこの制限を解き、公衆にその旨を通知する。これは

公衆に対してはよい手段であり、影響範囲は縮小する方向に持って行くべきである。1957 年の Windscale の事故ではこれに反し、むしろ拡大する方向に持っていた。すなわち、最初は 9 平方マイルと考えていた影響範囲が、2～3 日経過して 200 平方マイルに増加した。

なお、汚染の区域を設定して食物制限を行なう場合、注意すべき点が 2 つある。

- (1) 気象条件が“freak”の時、遠方に放射能濃度の高い地点が現われる skip
- (2) 地勢の影響で放射性物質の沈着の割合が変わる“ter-rain effects”

である。この 2 点は Windscale, Calder Hall では重要であって、遠方のサーベイを行なう場合考慮しなければならない。

緊急時の処置には、大別して 2 つの段階がある。

- (1) いわゆる“Immediate Action”で、われわれが直ちに行なう処置である。
- (2) もちろんあまり遅れをとってはならないけれども、前者に比べてやや遅れて行なう処置“Urgent Action”である。

放射性物質が放散されている疑いが起こると、われわれは事故に備えて常に待機している観測車の 1 台を、直ちに測定のために派遣する。このルートは前もって指定しているもので、施設の周りおよそ 7 マイル程度をカバーしている。このように指示があるとサーベイは敏速に行なわれるが、その手順も前もって定めである。

観測車には電池使用の 7 線検出器が積み込まれている。この検出器は連続チャート・レコーダに接続されて測定値が記録される。なお、測定中、車自身が汚染する可能性があり、こうした場合車の屋根や車輪に着いた放射性物質の汚染を記録してしまう。これは Windscale の事故で経験したことであるが、車の中だけで正確な測定を行なうのは難しい。そこでわれわれは、先に述べたルートに沿って 7 個所の地点を選び出した。ここでは観測車を止め、車より少なくとも 20 m の間隔をとり、しかも道路からはずれた場所でまた測定を行なうことにする。こうしてチャート・レコーダで得られる測定値に加えて、それと比較できる測定値が得られる。施設周囲のこのルートを測定し終わると、この作業には 15～30 分かかかるが、その測定結果は車に装備された V.H.F. radio で施設へ送信され、早急に保健物理の管理室と連絡をとる。これが“Immediate Action”の 1 つである。

また同時に、施設で所有している他の2台の観測車も air sampling のために派遣される。目的は、もちろん放射性物質の放出に伴って inhalation の危険があるかどうかを決定するもので、この車の測定地点もまた前もって定めてある。すなわち施設より 1~2 km 離れた地域で、村落の近くが選ばれている。

こうしている間に一方ではつぎの処置として、付近の气象台と連絡をとって、Windscale, Calder Hall の地域の1時間毎の天気予報を通知してもらう。これは1度連絡がとれると、後は1時間毎に自動的に、気象の変化が通知されてくる。

また、われわれの現場から70マイルほど離れている施設 Chapel Cross に通知して、Windscale へ2台の観測車を早急に送るよう依頼する。

こうした Immediate Action の後30分も経つと、保健物理員は施設に近接した地域の状態を広い観点から捉えることができる。γ線のレベルや空気汚染のレベルについても必要な資料を得ることができよう。これらの資料から判断して、もしも行なう必要があればさらに広範囲な地域にわたってサーベイを実施することになる。

第2段階のこのサーベイを行なうために、Site Organization は2台の車両を追加する。この車にも同様にγ線検出器と V.H.F. radio を装備する。もしも事故が大きなものであれば、現場から風下の地域を3~15マイルにわたってサーベイする。こうして1~2時間の中に現場から風下に当る地域のγ線レベルや空気汚染の割合について、相当量の情報が入手できよう。

この段階では、Site Emergency Controller は管理本部を設定し終っていると思われる。そして Senior Health Physicist の下にある Monitoring Control Centre は上述の測定資料を受け取り、第3、第4の処置はこの組織が決めて行く。

もしも事故が大きく発展してこなければ、その後の処置は少なくすむ。しかし、広範囲にわたるものであると、保健物理の立場から必要とするものに、前に述べた物理的測定量の他に、草木、土壌、ミルク等の収集分析がある。試料の放射化学的分析には多くの労力と訓練された人員が必要なので、大事故の場合にはは外部から援助を仰がなければならぬ。事前にこうした手筈を整えておく。

6. 測定器その他

最後に、サーベイ用の測定器、モニタリング管理室およびモニタの実情について説明する。(スライド使用)

- (1) γ線サーベイメータ 1413A型
シンチレーション型(NaI クリスタル)
測定範囲 0~1.5 mr/hr
レンジ切換え 4段
¹³¹I の 364keV に応答性よく1957年 Windscale
でも使用して満足すべき結果を得た。
- (2) β, γ検出器 1349型
GM 型
測定範囲 1~1.5 r/hr
レンジ切換え 3段
- (3) コンタミネーション・モニタ 1320型
α, β, γ線用, 表面汚染の検出
- (4) ダスト・サンブラ
流量計, 活性炭を備え ¹³¹I の空気汚染濃度
も測定が可能
- (5) ポータブル・γスペクトロメータ
3チャンネル
¹³¹I 検出用
- (6) 車両
サーベイ用, 下記の測定器を装備する。
V.H.F. radio
コンタミネーション・モニタ
γ線サーベイメータ
ダスト・サンブラ
¹³¹I 用スペクトロメータ
なお、γ線モニタには、連続チャート・レコーダおよび警報ベルが付属する。
- (7) Monitoring Control Room
観測車の収集した資料は、Monitoring Control Room に送られてくる。したがってこの部屋にいれば、事故時の放射線の影響の最も新しい資料が得られる。

この部屋には観測車との連絡のために、通信器が設置されている。また電話機もあって現場とも通話ができる。さらに施設周辺の地図を壁に掛けて観測車の位置等も明示できる。

気象関係の機器としては、地上 40 ft. および 400 ft. の風速、風向を指示するチャート・レコーダがあって自動的に記録される。

これらの資料を基にして、放散している放射性物質が最大量沈着する場所を正確に予想し、野外で測定中の観測車に指示を与えることができる。

◇質疑応答◇

真 崎(原子力保険グループ) 1957年の事故では、ガス冷

却炉から放散された ^{131}I は20,000 c, ^{90}Sr は2cと説明され、それらの融点、沸点は立派な条件だと思うが、軽水冷却炉についても同じ割合で出ると考えられるか。

答 それは原子炉の種類によると考える。Windscaleでは、ウィグナー放出からウランの急激な酸化が起こった。原子炉には種々の要因があり、放散はそこから出る分裂生成物の揮発性によると思う。

角谷(荏原製作所) ^{131}I 検出のため、活性炭を用いたエアサンプラについて説明されたい。

答 このエアサンプラは車に積んだ電池を使用するので、どんな場所でも利用できる。活性炭は普通用いられているもので、吸着された ^{131}I は前述の3-channel iodine spectro-meterで測定する。検出感度は $\mu\mu\text{c}$ の量まで可能。また流量計があって、activity/単位流量を得る。一方MRCでは事故時のIの汚染レベルを0.01 c.sec/ m^3 としている。これらを基にして事故時の処置がきめられる。

角谷 このエアサンプラの空気の流量はどのくらいであるか。New York Health & Safety Laboratory等は大容量のエアサンプラを開発しているが、大容量のエアサンプラが必要と考えられるか。

答 このエアサンプラは、今はっきりした数値は覚えていないが、比較的容量の小さいものである。

緊急時のモニタでは、設定された許容量から検出感度が決まり、空気流量が決定されると思う。

川島(電源開発) ガス冷却炉で平常運転中、燃料被覆が破損して冷却材中に出てくる放射能の強さはどれくらいであるか。

答 その放射能の強さは大変小さく測定はむずかしい。しかし、被覆材にピンホールができて、破損燃料検出器ではそれを検知できコントロールが可能である。一方、冷却材から試料を数 μl 取り出して測定ができたとしても、その値から全冷却材20 t.中の放射能を推定するのは困難である。しかし、保健物理の立場から見てその量は無視できよう。

角谷 イギリスにおける放射線レベルの管理、特に環境汚染に関連して説明されたい。

答 われわれはWindscaleの事故の時に、牛乳中の放射性Iの検出をしたけれども、その当時これに適用できる放射線の基準はなかった。系統的なものはICRPから出されていて、各核種のMPCはわかっていたが、長期間の被曝に関するもので、事故後短期間を扱う放射線レベルの基準は別に必要であった。その時牛乳の許容レベルを計算したが、種々の仮定(吸入してから甲状腺へ移行するまでのIの割合、甲状腺の大きさ等)が含まれている。幸いMRCはこれを支持し

た。またMRCの特別委員会は ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の最大許容量を発表した。これは1日の最大摂取量と事故時の全摂取量といった形で表わされている。ICRPの第一委員会でもこれを取り上げ、MRCの手段は隠当なものとして支持している。

片岡(電源開発) ^{131}I の検出の研究は大切と思うが、煙突等の出口に設けるフィルタの研究は欠かせないと思う。イギリスの現状はどうか。

答 このフィルタ系はブローダウン等で使用され、それを扱った論文も発表されているとは思いますが、いま記憶にない。なお、 ^{131}I の他に ^{132}I 、 ^{133}I 、 ^{134}I 、 ^{135}I もあるが、半減期が短く問題にはならない。

太田(安田火災) 地方連絡委員会について説明されたい。

- (1) 法例に基づかない自主的な委員会と思うが、イギリスの各siteは同様なものを持つか。
- (2) イギリスの保険会社がなんらかの形で参加しているか。
- (3) PRは年2回で充分か。Windscaleでは十分な効果が上っているか。
- (4) 事故が起きた時、損害賠償の算定に関与するか。

答

- (1) 法例に基づくものではない。施設管理者が地方団体の代表を招集して組織した。
- (2) 1954年制定のAtomic Energy Actがあり、事故の時、この下で原子力公社が責任をとる。保険会社は関与しない。
- (3) Windscaleの事故以後のものであるが、当初は事故対策を作るためしばしば会議を開いた。その後、この案を変更する必要がある限り責任はなく、会議の回数も少ない。現在は年2回siteで会合してsiteの現状、新しい計画等を説明し討論する。その効果は充分上がっている。
- (4) 損害賠償の算定には関与しない。

西脇(東工大) われわれもネズミで、安定なIによる放射性I希釈の実験を行なった。その結果、甲状腺中の放射性I希釈の割合は食物中の安定Iのnormal levelに依存することがわかった。事故の場合に対処するため平常から周辺の人々の食習慣の調査が必要と思う。

答 私の述べた実験は初期の段階であり、今後研究の余地があるが、Iの服用は無害であって1つの保護手段と思う。しかし平常から食習慣の調査をしておくことは重要なことだと思う。

〔日本原子力発電 福士幸雄 抄訳〕