

人工放射能塵についての研究のすう勢 (2)

—国際連合第2回放射能影響調査科学委員会経過報告—

大 田 正 次*

測定方法について

放射能塵について環境衛生の上から吾々の知りたいのは人の呼吸する高さの空気中の放射能及び雨や塵により地面へ落下し累積した放射能である。前項でのべたように特にその中のSr90, Cs 137を知る必要がある。各国の行っている測定方法は別表に示す通りであるがこれについて色々批判要望がなされた。そのうち特に注目された議論は将来の予想を行うために上空特に成層圏内の放射能の測定の必要が強調されたことである。又 Sr90 の量や外部照射線量を求めるのに従来はベータ線の測定からハンターバーロウの方法で推定されたが、最近のようにいくつかの爆発による放射能塵が互に混合している状況の下では余程注意しないとこの方法では誤差が多くなることも強調された。議論の概要は次の通りである。

1. 空気中の放射能 各国の方法をM2表に示す。測定は主に地上附近で行われているが英国、瑞典、日本はおよそ15 km の高さまでの測定を行った。委員会は成層圏内の核分裂生成物の蓄積とその将来の落下を予測するためなるべく高い空までの測定が重要であると認めた。

空気中の放射能測定に際しての困難な問題としては

- (a) 採取の効率：これはフィルターの性質と塵の粒度によって変る。
- (b) 空気流量測定：フィルターに塵埃、雨、雪などが附着した場合、流量が変り採取空気量がはっきり決らない。

各国のフィルターの効率を別表(M2表)に示した。要するに測定方法の標準化のためには、まずフィルターの効率に関する研究を進める事が望ましい。

2. 落下放射能 この目的は人体が外からうける線量と地中に累積された Sr90 の量を知ることにある。

各国の方法をM1表に示した。これらを取まとめてみると次の如くなる。

- (a) 雨と塵の採取：WMOは適正な観測網の設定を行う必要を提案した。又採取装置は気象観測で行われているような正しく雨を捕捉するものでなくてはならない。

水盤、漏斗型採取器、屋根などを用いて採取する場合雨量は標準の気象観測値と同じになる事が必要で次の委員会迄に適正な方法をきめることとなった。雪についてもWMOの助言を得ることとなった。

採取後の処理は蒸発乾固法、フィルターによる濾過法、イオン交換樹脂による濾過法などがあるが、何れも結果はよく一致する。

- (b) 粘着紙又はガーゼ法：水盤又は漏斗法に比し効率は60% (粘着法)、30% (ガーゼ法) とみなされる。

3. 沈下累積量から照射線量の計算 最近までハンターバーロウのデータを用いてグロスベーター線測定値から計算された。この方法は爆発日がわかっており且つ別の爆発による放射能の混合がない場合は有効である。しかし、最近はこのような混合が起っているとみなされるのでこの方法の適用には注意を要する。疑しい時は放射化学分析が必要である。

別の方法として雨水中の Cs 137 を測定するのも有効である。例えば30年線量を知りたい場合、その50%以上は Cs 137 の寄与によることがわかっている。

尙ガンマスペクトル分析によって求めた Ba 140 と Zr 95+ Nb 95 の比は爆発日の推定に有効であるといわれる。

線量の計算に当って考慮すべきことは建物などによる遮閉係数と落下した放射能の滲透流失量をどのようにとったらよいかの問題である。これについては更に研究することが望ましい。

4. Sr 90 の決定 地面上の Sr 90 の累積量の推定、生物系中の Sr 90 の測定が行われた。英米で草、ミルク、骨などの試料を交換して測定した結果はよく一致している。分析の方法は英国の報告に記載されている。

地面上の Sr 90 の累積量の推定は次の二つの方法で行われている。

- (a) 粘着紙法：グロスベーター線測定から計算で求める。
- (b) 水盤法：放射化学分析により求める。

(a) の方法について米国で土壌中の Sr 90 の分析結果と比較した結果1.6をかけるべきであることが報告された。

しかし、英国とカナダでの比較試験(水盤法との)ではこの係数は約3倍となった。このような比較試験は更に続けることが望ましい。尙最近のように色々な爆発が混合している場合にはこのような計算方法(ハンターバーロウ曲線による)は信頼がおけない事を忘れてはならない。

* 気象庁観測部

Sr 90 の将来の累積量を知るためには成層圏の Sr90 の蓄積量を知る必要がある。米国では気球による測定が計画されているという。

析は有効である。米国の測定では土壤の分析結果と他の方法で得た結果は一致しない。今後の問題として土壤採取方法、分析方法等を改良し、正しい Sr 90 の累積値及び土壤中の滲透過程を知ることが望ましい。

Sr 90 の地上への累積量を知る方法として、土壤の分

M 1 表 落下放射能のルーチン観測の方法

	米 国	英 国	日 本	メキシコ	南 阿	カナダ	ノールウェー	瑞 典	フランス	ハンガリー	ベルギー
採取方法	灰取紙 (1'×1')	屋根 (12'×10')	(雨)ロート (dia25cm) (雪)円筒 (dia 20cm) 水 盤 (30×30cm)	灰取紙 (784cm ²) 水盤 (dia31cm)	水盤 (34×44×5cm)	灰取紙 (米国と同じ)	円筒 (雨塵)	ロート (dia 2m)	ロート (17m ²)	ロート (dia16cm)	水盤 (1m ²)
試料作成法	灰 化	エスベラト 草フィルタ ーを乾燥	蒸 乾	灰 化 蒸 乾	蒸 乾	灰 化	蒸 乾	(フィル ター及び イオン交 換樹脂) 灰 化	蒸 乾	酸を加え 蒸 乾	蒸 乾
採取期間	1 日毎	1 日毎	1 日毎 (塵10日毎)	1 日毎	1 日毎	1 日毎	1 日毎	1 雨毎	1 雨毎	1 雨毎	
採取効率	60%	時々残液を 試験	100 %			夏 50% 冬 20%		>95%			
備 考	精度 ±50%	塵は考えて いない		水盤法と の比0.42 ~0.97							最初の1/4 mm は含 まず。

M 2 表 大気中の放射能塵のルーチン測定法

	米 国	英 国	日 本	瑞 典	ノールウェー	フランス	ベルギー	ニュージ ーランド
採取方法	フィルター (綿)2馬力真 空ポンプ	フィルター (エスベラト 草)	フィルター (ワットマン 41)	フィルター (ガラスファ イバー)	フィルター (アスベス ト)	フィルター (紙)	フィルター (ワットマ ン41)	
採取効率	100 % (核分 裂物に対し)	100 % (3μ塵) 70% (微細塵)	40% (普通塵) 10% (微細塵)	99.9% (>0.1μ塵)		約90%		
高 さ	地上 6m	地 上 520m 5,500m	地 上	12 km まで	地 上	地 上	地 上	地 上
採取時間	1~10 日	1 日 (地上) 週1~3回 (高 層)	1 日		1 日	1 日	連 続	
採取空気量 (kg)	15,000~ 150,000	7400 (地上) 1530 (高層)	800	100~300		130	15.5 kg/h	
測 定	薄いマイカ窓 の GMカウン ター, 化学分 析	GM カウンタ ー (NP239, U 237 を除く程 度に厚い窓)	GM カウンタ ー	GM カウンタ ー (ルーチン でない)		GM カウン ター (アル ファとベ ータ線)	GM カウン ター, アル ファシンチ レーション カウンター	

世界気象機関の立場

世界気象機関は放射能の問題に深い関心をもち、昨年 4 月に専門分科会を設立し放射能問題について気象事業の立場から検討をはじめた。そして早速その見解を本委員会へ報告したのである。その報告はWMOが放射能の問題についてどう考えているかをうかがうのに好都合で

あるので次に概要をのべよう。尙この分科会のメンバーは次の通りである。

- A. I. Danilin (ソヴェト),
- B. Guilmet (イギリス),
- P. J. Meade (フランス),
- H. Wexler (アメリカ),

1. 一般にこの問題については国際協力が必要であること

核爆発から生じる放射性汚染空気は大気の流れ、特に上部対流圏及び成層圏の強い気流によって、爆発の中心地より非常に遠距離まで運ばれる。このために大気放射能の測定及び解析の方法を定めるのに、国際協力が必要であり、このことは環境衛生学者及び気象学者が共に認めていることである。

他方原子炉からも常時または事故によって大気中に放射能が放出される。この場合その影響は比較的局地的であるが、原子炉が方に出来る傾向にあり、そのため矢張りその測定は国際協力を必要とする傾向にある。

2. 空気(地上及び上空)と降水の放射能測定の方法の標準化が必要であること。

放射能の観測が、環境衛生の目的のために、又地球物理学自身に於ける研究の手段としても有益であるとすれば、統一された測定方法が採用される必要がある。ところで、気象学者は測器の設置方法、保守方法及び観測網の密度について詳しい知識をもっている。また放射能の量の変動を気象条件によって説明することは気象学者の仕事の一つである。

さてWMOは今のところ特定の放射能測定器について勧告する段階にない。しかし放射性物質の移動をもっとよくつかむためには毎日の測定が極めて望ましい。また空気中の濃度の測定が望ましい。更に広範囲の移動は上層大気中で起るので上層に於ける測定が必要である。

3. 環境衛生学者と気象学者との協力が必要であること。

気象は放射性物質の移動、その地面への沈下及び大気中での蓄積の機構に重要な役割をもっている。例えば降水の洗滌作用はよく知られているが、その機構は明かでない。また境界面を狭んでの空気の交換及び赤道地帯を通過する空気の交換の機構と規模は大気の貯溜及び稀釈能力を決める重要な鍵となっている。このような事があるので広範囲の放射能塵の問題に関しては環境衛生学者と気象学者の密接な協力が望ましいのである。

4. 放射能塵の採取地点として測候所が適当であること。

採取地点の選定に際しては勿論各国の夫々の施設及び管理組織を利用することになるが、なるべくならその国の気候区分に基く地点選定がなされることを提案する。例えば2つの同じ乾燥地帯の地点を選定するより降雨地域と乾燥地域に夫々1点選ぶ方がよいわけである。即ち気象学的により代表的とみなされる地点を選ぶべきである。

世界の殆ど大部分の国が国立の気象機関をもち、正規の気象観測を行う施設と技術者をもつ多数の測候所を永年に亘って運営してきている事実と科学委員会の注意を喚起したい。これらの測候所のうち凡そ10,000箇所はそ

の観測結果を最も迅速な通信方法で夫々の中枢へ規則的に通報している。またそれらの測候所の観測者は通常一般的な物理測定に熟練している。一方放射能測定値の解析をするためにはいくつかの気象要素(特に降水)を記録することが望ましいが、これらは測候所で測定されている。

いくつかの国では測候所が既に空気及び雨の放射能の測定を定常観測業務として行いつつある。

要するにフォールアウトの世界的な観測網の選定を考える際には、フォールアウトの移動及び沈下の機構を明かにするのに役立つように考慮すべきで、それは気象学者と協議されるよう提案する。

なお1956年9月のIGY特別委員の第4回会合(パロセラナ)では大気の大循環の研究に放射能測定が重要であることを認め、IGY期間中に空気及び降水の放射能を世界的な観測網で測定すべきであると決定している。

各国の研究

各国から提出された報告のうち主な研究について題目別に紹介する。

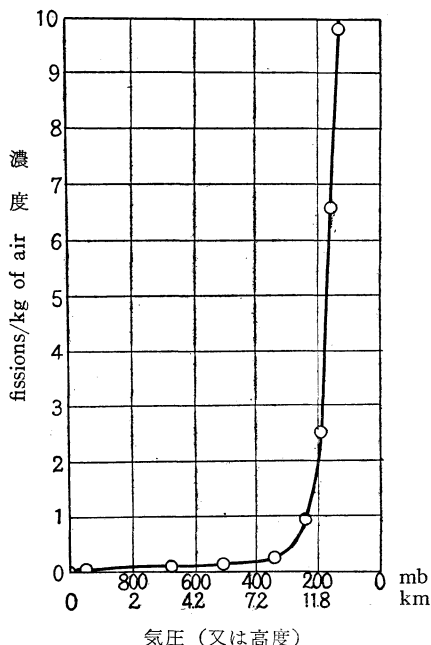
1. 上層大気中の放射能

英国では1948年以来気象観測用の航空機にフィルター装置をつけて放射能塵の採取を行っている。測定回数は毎日又は週3回で毎回の飛行時間は約8時間、採取高度は地上500米及び6,000米の高度で、時には地上附近の空気も採取した。フィルターは厚さ約2mmのエスペラト草で、これを長さ約2mのパイプの末端につめて空気を流した。採取空気量は1500kgであった。そしてこのフィルターを円筒型のガイガー計数管にまきつけてベータ線を測った。

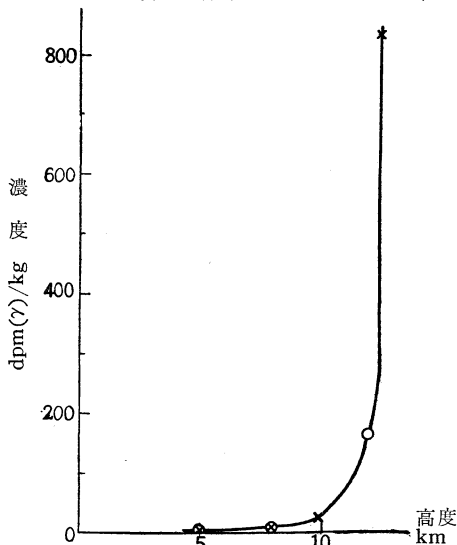
瑞典では1956年夏に航空機によって上層の空気をフィルター法を用いて採取した。高さは12km迄である。フィルターは円筒形の金属線のかごの中につめ、これを外側の金属円筒におさめた。フィルターはガラスファイバー紙(重さは 1gdm^{-2} 、フィルター面積は 16cm^2)で、その採取効率は 0.1μ の大きさの塵までは99.9%である。採取空気量は100~300kgである。塵を吸収したフィルターの1/4を分離し、之を直径3cm厚さ1cmの円筒型に圧縮しそのガンマ線を測定する。残りの3/4は粒度測定に用いた。

測定結果 熱核爆発による放射能塵は地上30kmの上空に達する。特に成層圏内の滞留状態を知るために1954年秋及び1955年の春と秋に地上15kmまでの測定が英国で行われた。1954年秋の測定結果を第1図に示す。この図の値は2ヶ月間に亘る測定を平均したものである。この時の放射能塵が1954年春のピキニ実験によるものであることは採取空気の分析から確かめられている。図の縦座標の単位はfissionでこれは次のようにして求めたものである。第1表にウラン235の 10^8 個の原子の分裂により生じた生成物の崩壊数(dpm)が示してあ

第1図 上層の放射能分布 Aug-Sept. 1954 (英国)



第2図 上層の放射能分布 June-July 1956 (瑞典)



る。例えば爆発後20日目の崩壊数は 620 dpmである。そこで測定された値が 620 dpm で、それが爆発後 20日のものであることがわかれば、それは 10^8 fissionであると定義する。測定値が $620 \times \text{dpm} \times 2 = 1240 \text{dpm}$ であれば fission 数は 2×10^8 となる。従って fission であらわすと放射能の減衰を考えなくてすむので便利である。fission 数は又減衰の極めておそいストロンチウム 90 やセシウム 137の含有量に比例した量とみなすこともできる。

第 1 表

ウラニウム 235 の 10^8 個原子の崩壊数と爆発後の日数との関係

爆発後の日数	4	10	20	50	100	1年	2年	5年	10年
ベータ線の全放射能 dpm.	3200	1200	620	250	110	13	4.7	1.4	0.8

瑞典の測定は 1956 年夏に数回に亘り行われたものでその結果を第2図に示す。この縦座標の単位はガンマ線について dpm であらわしてあるが爆発日が明かでないし、恐らく混合状態にあると思われるので量の多少について英国との比較は出来ない。要するにこれらの測定結果から云えることは少く共地上 15km 位の所までは急激に放射能塵が増えていることである。熱核爆発による放射能塵が 30km に達することを考えると 15km までの測定では物足りない。英国と瑞典の測定では 15km まで急激に増加していて、その上の量が同じ割合で増しているかどうか極めて重要な点であるからである。

成層圏よりの落下の割合 水爆が最初に大仕掛に実験されたのは 1954 年春のビキニ実験である。従って1954年秋に英国で行った成層圏内の測定値はこの実験によって生じたものによるとみてよい。そこで英国では第1図に示した 1954 年秋のデータから 1m^2 上の空気柱の放射能の量が計算された。測定は 15km までであり、一方初期の放射能塵の高さは凡そ 10mb とみなされるので図の曲線を 10mb まで直線的に外挿する。そして 10mb 以上の高さでは放射能の量は一定であると仮定する。このようにして 1m^2 上の気柱内の総量を計算すると 3×10^{12} fissions/ m^2 となる。その前後の英国の Chilton と Milford Haven の二点に於ける降下放射能の量は年間に直して夫々 4.7×10^{11} , 2.6×10^{11} fissions/ m^2/year でこれは全気柱内の量の夫々 16, 9% に相当する。1955年 1月及び 2月の航空機による測定については全気柱内の量は 10^{13} fissions/ m^2 となり、前年秋の値より増している。一方地上で測定した降下量も増っていてその比は 12% (両地点共) となった。気柱内の総量が増加したのは季節的な変動によるのか、移流が起ったのか明らかでない。成層圏の上部から下部へ落ちてきたためとも考えられるが 15km 以上の測定がないから何とも云えない。所でこのように計算された気柱内の総量が妥当な値であることを次のようにして吟味した。1954年春の実験による放射能塵は1955年初めには完全に横の方向に広がり全世界に広がったとみてよい。英国での測定値 10^{13} fissions/ m^2 を地球全面積 $5 \times 10^{14} \text{m}^2$ をかければ全大気中の総量が求まるわけでこれは 5×10^{27} fissions となる。この値は30メガトンの爆発によって出来たものに相当する。一方ビキニ実験の際の爆発のエネルギーは明らかでないが通常熱核爆発は約10メガトンと見積られているので上記の計算と大体合うことになる。

要するにこのような計算を行った結果、1955年の初期に於ては落下の割合は年間12%位、これに若干の安全率をかけて20%とみなすことができると推定されたのである。