

人工放射能塵についての研究のすう勢(1)

—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*

昨年10月にニューヨークの国連本部で放射能影響調査科学委員会が開催され、日本から都築正男委員が出席されたが顧問として筆者も随行したので、その経過を中心とし併せて各国から提出された主な論文について取まとめて報告したい。人工放射能塵についての研究にはそれをトレーサーとしての気象現象の研究と、それによる環境汚染についての研究が含まれるが、本委員会は人体への影響調査を目的としているので、以下にのべるのは後者の立場に立つ研究である。

科学委員会の目的と性格

吾々は大昔から宇宙線や地中からの放射能を受けてきているが、最近核爆発実験や原子力の平和利用によって新しく人工的な放射線を受けることとなった。そしてこのような人工的な放射線は最近ますます増加する傾向にある。従って人類として是非とも明かにしておきたいことは地球上に於ける人工的な放射線の増加が現在の程度であるか、そしてどの程度まで増加を認めることが出来るかということである。勿論遺伝学上の立場からは人工的な放射線の増加はたとえ少量でも望ましくないといわれている。従って核爆発実験による放射線の増加は望ましくない。しかし一方原子力の平和利用による人類の受益は高く評価されているので結局益と害とのバランスをどこにおくかということになる。これはX線やアイソトープの放射線をどの程度まで治療や診断に用いることが許されるかということと同じ問題である。

科学委員会は一昨年の暮の国連総会の決議によって作られたもので、その目的は上述のバランスの上で人工的な放射線の増加が許容される限界を判定することにあるといえよう。

この委員会は国連総会の諮問機関であって上記の問題について現在知られている知識から判断しその結論を国連総会へ報告することになっている。従って委員としては関係国の学識経験者が任命された。日本は当時まだ国連に加入していなかったが特に委員として参加を要請されたものである。

さて昨年3月に最初の委員会が開催され委員会の仕事の段取りが相談された。その結果一応の目標を1958年7月としそれまでに各国から色々の放射線に関するデータを集め、一方どれだけの放射線によって人間がどのような影響をうけるかをはっきりさせるための研究資料を集

め、これらを基として最終的に判断をしようということになった。

第2回科学委員会の経過

昨年10月の委員会はその第2回目に当る。この委員会に提出された各国の資料は日本の11編を含め93編に達した。このような沢山の資料を整理するのは大変な仕事であるので委員会の事務局は4人の夫々の専門家を置いてこれらの取まとめを行うことになり、日本からは立教大学の田島英三教授が事務局付となって主に放射線データの取まとめに当たった。

さて第2回の委員会は10月22日から2週間に亘ってニューヨーク市の国連本部の会議室で開かれた。2週間といっても土日の両日が休みであるので正味は10日間である。参加した国はABC順にアルゼンチン・オーストラリア・ベルギー・ブラジル・カナダ・チェコスロバキヤ・エチオピア・フランス・インド・日本・メキシコ・スエーデン・ソビエト・イギリス・アメリカの15カ国で、その他に国連の専門機関である世界食糧農業機関(FAO)・世界保健機関(WHO)・ユネスコ・世界気象機関(WMO)を加え、人数にして約70人が出席した。議題としては5項目が採り上げられ、Working Groupの形で討論が行われ、時々総会を開いてきまりをつけ乍ら会議が進められていった。議題は次の通りである。

1. 自然放射能、環境汚染及びその他の人工的な放射線による照射量について各国のデータの検討。
2. これらの放射線の測定の方法の吟味。
3. 遺伝への影響。
4. 少量の放射線の生物体への影響。
5. 放射性物質の海への廃棄の問題。

委員会の検討した結果は最終的に8編の報告書としてまとめられたが、それらのうち表題と関係の深い1と2の議題についての報告書「放射線資料についての報告」

* 気象庁観測部測候課

及び「測定方法についての報告」の内容は別項にのべることにする。

各国の提出した報告のうち特に注目され且つ今回の討論のベースとなったのはイギリス、アメリカ及びスウェーデンのものであった。ソビエトに於てもかなり研究が進んでいるようであったが報告の提出がはかばかしくなっている。アジヤ地区からは日本の外に印度、南朝鮮、中国（台湾）、ビルマ及びセイロンから報告が提出されたが印度は人工放射能塵の測定をはじめた許りであり、他の国はまだ殆んど手をつけていないと云ってよい状況である。

WMOの代表としてアメリカの気象局研究部の L. Machta が出席し放射能測定に関して WMOの見解を述べた。

各国の報告のうちの主なものと WMOの見解については夫々別項で紹介することにする。

要するに第2回委員会に上にのべた議題について今後取りまとめるべき事柄の重点を明かにすることに成功したものである。その重点は要約すると次の諸点である。

1. 核爆発実験や放射性物質の廃棄によって生じる長い寿命の放射性物質 Sr90 が段々人体の骨にたまる傾向にあるので次の各項目について Sr90の量を明かにすること、成層圏内の量、空から地面への沈澱量、空気・水・牧草・土壌中の量、骨特に子供の中の量、人尿中の量、人間の食糧特に主なるカルシウム源となる食糧中の量。

2. 長い寿命をもつガンマ線源 Cs 137 についても上記の各項目についての量を明かにすること。

3. 自然放射能（地面よりの放射線及び宇宙線）による人体への照射線量を明かにすること。

4. 医療に用いられる X線による線量特に生殖腺のうける線量を明かにすること。

5. 放射線によって人間のうける影響（遺伝への影響も含め）を明かにすること。

要するに環境衛生の立場からみると上記の諸点を明かにすることが最も必要な事である。このようにして何を知らなければならないことが明かなれば最も効果的な測定の方法も自然ときまってくるわけである。

さて委員会の会期中に例のスエズ問題が突発し、隣の国連総会会場では連日緊急総会が開かれるというあわただしい情勢となり、科学委員会に出席していたエサプトのメンバーも一時姿を見せないこともあったが、本委員会はそのような情勢に左右されることもなく所期の目的を達することが出来たのは幸であった。

放射線資料 (Radiological data) について

各国から提出されたデータに基づき自然及び人工の放射線によって人間の生殖腺及び骨のうける線量についての評価が行われた。これらのうち関係の深いものを別表に

抄録した。概括的に云へば自然の放射能による線量と人工の放射能による線量は今のところほぼ等しく何れも年間に 100 mrem のオーダーである。自然の放射能で特に大きいのは地面及び建物からうける放射線が宇宙線となる。又人工の放射能で特に大きいのは診療用の X線であり、核爆発実験による放射能塵の影響は今までの所では余り大きくはない。各線源別に行われた議論は次の通りである。

1. 自然源によるもの

放射線の主な自然源は宇宙線、地球上のガンマ線及び体内の放射性物質と考えられる。

a. 宇宙線. 4カ国が宇宙線によるイオン化の強さを推定しているが英国と瑞典の推定値は米国、印度のそれとかなり違っている。

宇宙線の影響を考える場合に重要なことは宇宙線の強さが高さ及び緯度と共に変ること、宇宙線の相対的生物的影響度 (RBE), 及び建物による遮閉効果である。最初の項については一応わかっているが、後2者については未だ明かでない。特に高山地帯において求めることが望ましい。

b. 地球上のガンマ線. 地中及び建物材料に含まれる放射性物質が外部からの照射として最も大きい。しかしこれらのデータは今の所完全ではない。各国の報告によると地理学的な違いがあり又遮閉効果 (shielding factor) の採り方がまちまちである。更に建築材料が所によって異り、従って建物内での照射量が異なるので平均的の線量を推定するのが難しく且つ不正確になる。

地球上の放射線源 としてはウラニウム、ラジウム、トリウム及びそれらの崩壊生成物及びカリウムが地球上に広く分布している。これらのガンマ線が生殖器官への外部照射の主な源となる。アルファ及びベータ線による線量はこの場合は小さい。

室外 線量はその地域の地質によって異なる。一般に花崗岩地帯は沈澱層地帯に比し大きい。所によっては生殖器官線量が普通の所の3倍位大きい所もある

室内 線量は一般に木造家屋で小さくレンガ造で大きくコンクリート造が最も大きい。又線量は室毎に異り又同一室内でも場所により異なる。従って一般的な平均の線量を得ることは難しい。

室内空気中のラドン含有量も部屋の構造や換気によって異なる。しかし建物内のラドンの生殖器官に対する外部照射量は極めて小さい。

生殖器官及び骨に対する遮閉係数 英国と瑞典では 0.6, アメリカでは 1 を用いている。

c. 人体内の放射能

人体に含まれている自然放射性物質カリウム40, 炭素14, ラジウム 226, とその崩壊生成物は生殖器官及び骨に対する最も主な内部照射源である。生殖器官への線量

は各国共一致しているが骨については著しい違いがある。

生殖器官への線量 軟組織内の放射能濃度が判って来たので各国共一致した結果が得られるようになった。

しかしラドン及びその崩壊生成物を吸収し、それが血液中にとけたものからの生殖器官への線量の推定が必要であろう。

英国の推定によると、 $3 \times 10^{-12} \text{ c/l}$ のラドンは宇宙線による生殖器官への線量と同じ大きさとなる。

骨への線量 骨の中の放射性物質の分布については殆んどわかっていない。事務局は英国にならい骨のカリウム含有量は軟組織のその4分の1、炭素含有量は等しいとみなして計算した。

2. 人工源によるもの

これには医学に用いる放射線、放射線を取扱う専従者への照射、放射能塵 (Fallout) が含まれる。

a. 医学に用いる放射線。

診断及び治療用のX線が主である。英、米、瑞典の報告によれば、生殖器官線量はほぼ一致し、米国で 21 mr/year, 英国で 22 mr/year である。但し測定の対象が色々であるから、このようなデータは直には比較されない。例えば英国の統計は特に生殖器官を保護した上でのもの。米国の一般的な場合についての統計である。この問題については国際放射線防衛委員会の協力をうけるよう提案された。

b. 専従者への照射。各国の報告は略一致する。

c. 放射能塵 (フォールアウト) これは線量への寄与は小さいが、放射線源は時と共に増すと考えられている。人体への影響としては放射能塵の吸入、摂取、外部照射及び長い半減期の物質の沈着の3通りと考えてよい。この放射能は核分裂生成物と中性子による誘導放射性物質が主なものである。核分裂生成物はベータ、ガンマ線をだすが誘導物質はアルファ線もだす。

ルーチン観測は1951年に2、3の国で始められたが、その他の国は1954年にこの問題がやかましくなってから始めている。

放射能塵の吸入 英、日、ノールウェー、仏国では平

均 $1 \sim 2 \times 10^{-16} \text{ c/l}$ の程度である。I 131 は吸入または摂取されると動物人類の甲状腺にたまるので無視できない。

瑞典と英国が地上15 kmの高さまでの空気について行った測定の結果はよく一致する。

ガンマ線による外部照射 フォールアウトによるガンマ線量は小さい。この場合沈澱物質の流失、建物の遮閉効果などのとりかたに問題が残っている。又フォールアウトが地域によって著しく異なる点にも留意すべきである。

瑞典でフォールアウトによるガンマ線量の直接測定が試みられたが、一般には測定にかからない位弱い。英、米はベータ線の測定結果から計算で線量を求めた。米国は無限時間線量 (infinite RBE dose), 英国では50年線量を採用している。米国の値が英国の値に比して大きいのはフォールアウトの大きさの違いの外計算に用いた常数などの違いによるものと思われる。尙遺伝の問題を考えると30年線量が適当であると認められた。

長い半減期をもつ物質 多くの国はストロンチウム90がカルシウムと同じ性質をもち且つ半減期及び生物学的半減期が長いことのため特別に注意をはらっている。米国は広く世界的にストロンチウム90の沈澱累積量を求め、又動植物のもつ濃度も測定した。ストロンチウム90の食物又は人体中の濃度は目下の所最大許容濃度 (人体につき1マイクロキュリー) より小さい。しかしこれは時と共に増加しつつある点に注意すべきである。

ストロンチウム90を考える際には放射性でないストロンチウムとの割合を考慮すべきである。又カルシウム源は国の食習慣により異なるのでこの点も併せて研究すべきである。

英国の研究によれば、人体内のセシウム 137による生殖器官への線量は地面に累積したフォールアウトよりの線量より多いかも知れないという。従って生物体内のセシウム 137の測定は必要である。

核爆発実験が今までと同じ割合で将来も行われると仮定して RBE 線量の予想が行われた。

放射線資料表

(A表は生殖器官及び骨の受ける線量の表。B表はA表の計算に用いた基礎データ及びその他の関連するデータ。尚表の番号は原文と同じ)

A I 表 生殖腺への線量 (mrem/yr)

		米 国	英 国	瑞 典	日 本	カナダ	フランス	インド
自然源によるもの								
外部照射	宇宙線	37	28	25				33
	地面及び建物 大気中の Rn	43~110	43 1	63				600
内部照射								
	K 40	19	20	19				19
	C 14	1.5	~1					2
	空気中の Rn の吸入による		2					
合	計	101~168	95	107				654

		米 国	英 国	瑞 典	日 本	カナダ	フランス	インド
人工源によるもの								
医学上の照射	X 線 診 断	85	22	94				
	X 線 治 療	12						
	アイントープ	8.2						
専従者への照射	医療従業者 原子力機関 その他	3.3	1.5 0.1					
放射能塵	(フォールアウト) 線量率(年間) 今までの線量総計	2 9	1 1~2	1 <0.5				
廃棄物より その他	(無限線量)	9	50年線量	30年線量				
合 計		111	27	95				
自然及び人工源による生 殖器宮への年間総線量		212~279	122	202				

A II 表 骨への総量 (mrem/yr)

		米 国	英 国	瑞 典	日 本	カナダ	フランス	インド
外部照射	宇宙線	37	28	25				
	地面及び建物 大気中の Rn	43~110	44 1	63				
	内部照射	K 40 C 14 空気中の Rn 吸入 骨中の Ra 骨中の Sr 90	5 1.5 67 7	5 ~1 2 37 <3.6	5 5			
その他		1	2					
骨への年間総線量計		152~229	123	108~213				

B 5 表 放射能塵 (フォールアウト) によるガンマ線照射量

		米 国	英 国	瑞 典
採 扱 方 法	灰取紙 (24時間毎)		エスバルト草ファイ ルター(雨のみ) (24時間毎) 残りの雨水の 測定により補正	雨量計型 (雨と雪)(一雨毎)
採 取 効 率		1.6		> 95 %
期 間	1951, 10-1955, 9		1954春-1955, 12.	1953, 4-1956, 3.
1955 年まで A-bomb で受けた線量 (mr)	22		5	
1955 年まで H-bomb で受けた線量	3		2-3	
将来 H-bomb フォールアウトの沈下により受ける線量	20		27	
以 上 合 計*		45	35	
補 正 係 数	田舎 都会	1.5 3		3
滲透流失による係数		2		7
建物の遮閉による係数		3		21
総 補 正 係 数				
全住民に対する都会住民の割合 今までの実験により将来共うける線量 (mr)**			53 9	1.7
今後も実験が続けられたる場合今後30年間に受ける線量 (mr)		54-85***		27

* 今まで行われた実験により将来共受ける量を考え併せた場合の総計

** * 印の値を補正係数で割ったもの (米国の場合は都会と田舎の人口の割合を考えて補正する。)

*** 今後の実験の数を少く見積った場合と外く見積った場合の値

人工放射能塵についての研究のすう勢

B 9-1 表 Sr 90 の地面への累積量

	米 国	英 国	日 本	南 阿	カナダ	瑞 典
採取測定法	灰取紙 (24時間毎)	エスパルト草 フィルター (雨)	雨量計型及び 水盤 (24時間毎)	水 盤 (24時間毎)	灰取紙 (24時間毎)	雨量計型 (24時間毎)
Sr 90 の決定法	ハンターバロ ー曲線(分析 でチェック)	ハンターバロ ー曲線(一部 は分析)	ハンターバロ ー曲線	分析*	ハンターバロ ー曲線	ハンターバロ ー曲線
期 間	1951. 10- 1955. 9.	1954春- 1955. 12.	1055. 4- 1956. 3.	1956 1~5月	1952~1955	1953. 4- 1956. 3.
Sr 90 の累積量 (mc/km ²)	0.8~8.9	4.3	0.5-1.4	9.3		2.3
米国が灰取紙で行った測定 (mc/km ²)		1.5	1.1~1.9		0.7~1.6	1.2
今迄行った実験により将来の累積 量の予想 (mc/km ²)	11-19 (1957)	1.4 (最大値で)				
今後実験が行われるとした場合 Sr 90 累積量の平衡値 (mc/km ²)		200 (100年後)				

* Sr89 と 90 の合計と思われる。

B 10-1 (a) Sr 90 に関する他の諸量

	米 国	英 国	日 本	カナダ	ノールウェー
地面附近の空気中のSr90濃 度 (10 ⁻¹⁹ c/l)		4*			
飲料水中の Sr90 (10 ⁻¹⁴ c/l)	6(1954) 11(1955) 13(1956)				100
雨水中の Sr90 (μμ c/l)	3 (1954. 3-1955. 5)	3 (1955)	0.4 (1955-56)		
土地表面の Sr90 (μμ c/l)	90(1954) 100(1955)				
人骨中の Sr90 (μμ c/gCa)	2	1.2(子供)			
骨中の Sr90 による照射 (mrem/yr)	7	0.05-0.2(大人)			
人尿中の Sr90 (μμ c/l)	0.7	3.6(子供)	2.7 (アメリカの分析)		
ミルク中の Sr90 (μμ c/gCa)	1.3(1954) 2.3(1955) 3.2(1956)	0.6(大人)		4.2(1955)	
動物の骨の中の Sr90 (μμ c/g Ca)	3.3(1954) 11.6(1955)	14-140 (羊の骨)		4.8(1956)	
植物中の Sr90 (μμ c/gCa)	12(1954) 41(1955) (まぐさ)	35 (野菜)	1955 に測定 された		

* 計算値

B 11-1 放射能塵(フォールアウト)に関する諸量

	米 国	英 国	日 本	カナダ	ノール ウェー	フランス	瑞 典
Pu 239 の沈澱量 (mc/km ²)		0.08*	雨・空気中 で見出す				
人尿中の Cs 137 (10 ⁻¹² c/l)	13.5						
食物中の Cr 137							10 ⁻¹⁴ c/l (ミルク)
空気中のグロスアクチビテー ー(最大) (10 ⁻¹⁶ c/l)	600	23	1000				
// (平均)		2	2		1	1	
地面附近の空気中の Pu 239 (10 ⁻²⁰ c/l)		3*	見出された				

* グロスベーター測定から推定