

番号	線量 008
大項目	大気圏内核実験
中項目	人体放射能
小項目	化学分析
タイトル	人骨中のストロンチウム-90 の濃度水準と線量 Strontium-90 in human bones
キーワード	人骨、ストロンチウム、胎児、食事
<b>概要</b>	
<p>大気圏内核実験由来のストロンチウム-90 (Sr-90) による日本人への被ばく評価を目的とし、1960 年代初期より国内各地から収集された日本人（成人から幼児や胎児まで）の骨中 Sr-90 濃度の分析と骨線量の評価を行った。この結果、日本人の骨中 Sr-90 濃度の水準と年次変化を把握すると共に、年齢群別や骨の部位別による相違を明らかにした。また、Sr-90 の食物から骨への移行と骨中 Sr-90 の代謝について解析すると共に、分析した骨中 Sr-90 濃度から推定した骨髄及び骨内膜への線量を評価した。日本人を対象にして分析および解析して得られた結果は、国外で報告されている結果と比較した。</p>	
<b>詳細</b>	
<p>1945 年以後の大気圏内核爆発により 1980 年までの間に放出された放射能総量は <math>60.4 \times 10^{16}</math> Bq (約 16 MCi) と推定されている (国連科学委員会 UNSCEAR 報告)。1945 年には広島市西部の住宅雨樋から核分裂生成物 Ba-140、La-140 と並んで Sr-89 の検出報告があり、半減期の長い Sr-90 も存在したと考えられる。わが国の科学技術庁は 1957 年より全国各地の放射能調査を開始し、人骨中の Sr-90 分析は 1961 年から実施してきた。</p> <p><b>方法</b></p> <p>骨試料は肋骨、大腿骨その他の長骨及び脊椎骨を主体に、調査開始当初は東京、大阪、京都、新潟、福島、宮城から、その後は東京、札幌の衛生研究所等を通じて収集し、世界保健機関 (WHO) 法により Sr-90 の放射化学分析を行い、低バックグラウンド型ベータ線測定装置で放射線を測定した。また、試料中の安定 Sr は原子吸光分析装置によって定量した。Sr-90 濃度は Sr と化学的性質が似たカルシウム (Ca) 1 グラム当たりの Sr-90 放射能 (m Bq / g Ca) で表し、以下 Sr-90 / Ca 比と略称する。</p> <p><b>結果</b></p> <p>① 骨中の Sr-90 濃度</p> <p>日本人の胎児・死産児、0-4 歳児、5-19 歳の子供・青少年及び成人の骨中 Sr-90 濃度は、日常食中の濃度が 1964 年に最高値を示した後、ほぼ 1965 年に頂点に達し、その後減少して来た。年齢群別濃度の順位は、幼児 &gt; 子供・青少年 &gt; 胎児・死産児 &gt; 成人であった。</p> <p>1970 年以降、母親の食事中的 Sr-90 / Ca 比が低下し、胎児・死産児群の Sr-90</p>	

濃度が最も低い値となった。地域間の比較では東京と新潟の主として肋骨の濃度に系統的な差は無かった。表 1 のように日本成人の Sr-90 / Ca 比は、ノルウエーよりやや低いがニューヨークなどとほぼ同じ水準で、北半球平均値よりもやや低かった。

## ② 骨中の Sr-90 濃度分布

骨の部位により Sr-90 濃度は一定でないといわれるが、1972 年から 1975 年にかけて肋骨中濃度/脊椎骨中濃度の比は 0.9、長骨/脊椎骨の比は 1972 年には 1.1 となった。

## ③ Sr-90 の食物から骨への移行

食物中の Sr-90 は人の胃腸管から血液に吸収されて骨に沈着する際に、その割合が Ca に比べて小さくなることが知られている。その移行の割合を表すため、初期には Observed Ratio (観察比) を用いて、 $OR_{骨-食事} = (\text{骨中 Sr-90} / \text{Ca 比}) / \text{食事中 Sr-90} / \text{Ca 比}$  が計算された。日本人の安定 Sr 定量値を用いると、成人では 0.12、胎児・死産児では母親の食事を分母として 0.055 であり、胎盤通過の際に Sr が Ca に対して差別されていることがわかる。その後、UNSCEAR は、移行係数  $P_{34}$  すなわち、骨と食事間の Sr-90 / Ca 比の時間積分値の比で表して、アルゼンチン、デンマーク、ニューヨーク、サンフランシスコの  $P_{34}$  値は 0.11 から 0.32 と計算している (表 2)。なお移行係数  $P_{34}$  については別稿「環境への放射性物質降下量から食品由来の被ばく量を評価する方法」を参照のこと。

## ④ 骨中 Sr-90 の代謝速度

食品中の Sr-90 が骨に取り込まれる速さは、また骨から出て排泄される速さと関係しており、一年間に骨の Sr-90 が食品から取り込んだ Sr-90 と入れ替わる割合 (年間交代率) で表される。

日本人の食品と骨の Sr-90 と安定 Sr の比率 (比放射能という) の実測値から、Rivera の予測モデルを用いて推定された年間交代率は、5-19 歳のグループ (子供と青少年) では約 30% で、20 歳以上のグループ (成人) では約 5% であった。つまり、子供と青少年グループでは 1 年間に骨の Sr-90 の約 30% が新たに食品から取り込んだ Sr-90 と入れ替わり、大人の骨では約 5% が入れ替わることを示した。

一方、ニューヨーク住民の食品と脊椎骨中 Sr-90 の実測データから Bennett のモデルにより推定された年間交代率は、1 歳以下の乳児でほぼ 100%、10 歳以下の子供で約 40%、成人では 20% と報告された。以上のことから乳幼児、子供は食事中 Sr-90 を大人に比べて早く取り込むが、また、骨に蓄積した Sr-90 の排出も早いことを示している。

## ⑤ 骨中 Sr-90 による線量の推定値と年齢差

骨に入った Sr-90 はベータ線を放って自身は Y-90 に変わり、Y-90 はまたベータ線を放出する。このベータ線が骨の表面の細胞 (骨内膜細胞) と骨髄細胞に吸収され、

そのエネルギーが骨腫瘍や白血病に関係すると言われる骨線量を与える。線量の計算の方法はいくつかあり、国連科学委員会の報告書に見られる一方法で計算した、1972年の時点の各年齢の日本人が1962年以來、骨髓と骨内膜が受けた吸収線量の積算値を図1に示す。

積算線量は30歳以上の年齢では変わらないが、それ以下の年齢では明らかに高い値であり、9歳と22-23歳付近の年齢で高い山が見られる。これは、成長の著しい乳幼児期と思春期に、食品中のSr-90濃度が最大であった(1964年前後)ことによると推定された。

こうした分析結果から、母親の食事から胎児骨へのSr-90の移行は、成人における食事から骨への移行に関する観察比0.12に比べて、胎盤の機能によって約2分の1と推定される。<sup>90</sup>Srが骨に出入りする速さ(代謝速度)は乳幼児ではとくに早いため、食事中<sup>90</sup>Sr濃度の影響を早く受けること、また、Sr-90濃度の低い母乳、食事環境に入れば、骨中<sup>90</sup>Sr濃度も早く減少すること、思春期までの年齢では大人に比べて食事環境の影響を受けやすいことがわかる。

## 図表

表 1. 1970年代における各国成人の脊椎骨中 Sr-90/Ca 比 (mBq / g Ca)

年	日本	ノルウェー	デンマーク	サンフランシスコ市	ニューヨーク市	ネパール
1974	41	89	52	26	44	110
1975	44	100	56	-	41	130
1976	36	67	37	26	41	140
1977	34	74	33	26	37	150

表 2. UNSCEAR 推定による Sr-90 の食事から骨への移行係数

地域	観察期間	移行係数 (P <sub>34</sub> )	出典
アルゼンチン	1965 - 1979	0.32	UNSCEAR1982
デンマーク	1960 - 1979	0.16	UNSCEAR1982
ニューヨーク市	1954 - 1979	0.11	UNSCEAR1982
サンフランシスコ市	1961 - 1978	0.18	UNSCEAR1982
日本 (大人)		0.12(観察比)	本研究

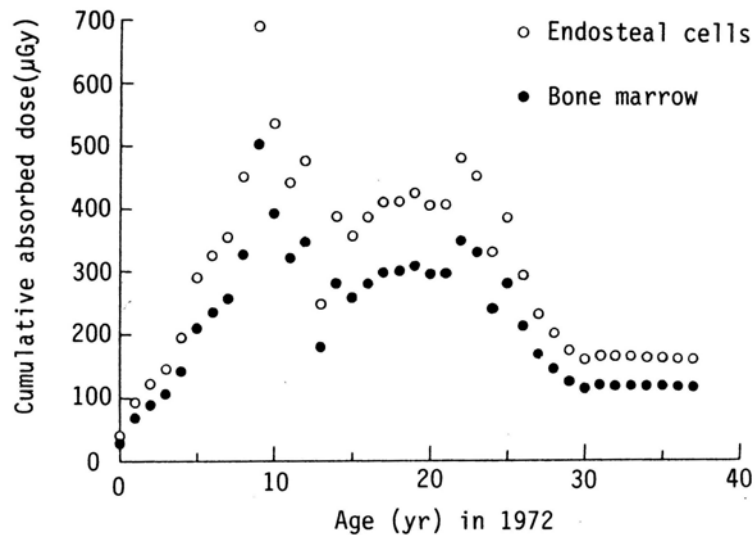


図 1.日本人の骨髓 (Bone marrow) 及び骨内膜 (Endosteal cells) が Sr-90 - Y-90 ペアから受けた吸収線量の積算値 (期間 1962-1972 年)

(河村：放医研第3回環境セミナー報文集 (1976) より)

#### 文献

1. H. Kawamura, K. Shiraishi, Y. Igarashi and Y. Sakurai: Transfer of  $^{90}\text{Sr}$  in the environment to human bone and radiation dose due to the atomic bomb and weapons testing, in "Health Problems in Connection with Radiation from Radioactive Matter in Fertilizers, Soils and Rocks" (Jul Lag, ed), Norwegian Academy of Science and Letters, Norwegian University Press, Oslo (1988).
2. 河村日佐男：骨中 $^{90}\text{Sr}$ 濃度の推移と骨線量，放医研第3回環境セミナー報文集，NIRS-M-14, p.55-60 (1976).