

環境放射線モニタリング結果に基づく被ばく線量の評価について

吉野内茂 篠崎由紀 滝山広志 松本純子 宇高真行 楠憲一

On the assessment of radiation exposure doses based on the result of environmental radiation monitoring

Shigeru YOSHINOUCI, Yuki SHINOZAKI, Hiroshi TAKIYAMA
Junko MATSUMOTO, Masayuki UDAKA, Kenichi KUSUNOKI

The primary basic objective for environmental radiation monitoring is to confirm that the radiation exposure doses from radioactive materials and/or nuclear radiation attributable to the nuclear facilities fall substantially below the dose limit among residents living in the vicinity.

Based on past findings, the radiation exposure doses have been evaluated by applying guidelines for environmental radiation monitoring.

Furthermore, the levels of Cs-137 radioactive fallout associated with past nuclear tests in the atmosphere, the artificial radionuclides (Sr-90, H-3, etc), and the natural nuclide K-40 have been calculated, and the internal exposure doses and the secular trends for each nuclide have been aggregated in this report.

Keywords : Cs-137, Sr-90, H-3, Pu-239+240, K-40, radiation exposure dose

はじめに

環境放射線モニタリングの基本目標の第一は、原子力施設に起因する放射性物質または放射線による周辺住民等の線量が、年線量限度を充分下回っていることを確認することにある。（「環境放射線モニタリングに関する指針」（原子力安全委員会）（以下「モニタリング指針」という。）

このため、モニタリング結果は空間放射線（Gy：グレイ）や放射能（Bq：ベクレル）という異なる単位の測定結果で表されるが、人体への影響の程度を表す実効線量（Sv：シーベルト）という共通の尺度で示す必要があり、放射能（放射性核種）は単にBq数の大きさだけで見るのではなく、放出する放射線の種類やそのエネルギー、或は体内分布や体外へ排出される代謝速度等に依りて、共通の尺度で結果を見るために線量評価がなされている。

これらの線量評価は、モニタリング指針に基づき実施しており、その結果は各年度の調査結果報告書に示されているが、内部被ばく線量評価については、モニタリング指針の改訂により、内部被ばくの概念・用語・単位に

関して、①全身線量（mrem：ミリレム）②預託実効線量当量（mSv）③預託実効線量（mSv）とこれまで3回の変遷があり、摂取量から内部被ばく線量への換算係数も例えばCs-137の経口摂取の場合の 4.3×10^{-5} mrem/pCi（ $= 1.2 \times 10^{-5}$ mSv/Bq）、② 1.4×10^{-5} mSv/Bq、③ 1.3×10^{-5} mSv/Bqと僅かではあるが変更されている。このため、これまでの調査結果を現在のモニタリング指針に基づく評価方法で改めて評価することとし、過去に行われた大気圏内核爆発実験に伴う放射性降下物であるCs-137（セシウム）をはじめ、人工放射性核種（Sr-90, H-3等）や天然核種であるK-40（カリウム）についても算出し、核種毎の内部被ばく線量レベルと経年変化の状況を取りまとめたので報告する。

環境放射線モニタリングからの線量評価

環境放射線モニタリングには、被ばく評価に直接つながる積算線量や体内摂取に関わる飲食物に止まらず、被ばく経路を考慮して放射性核種の移行経路上にある降下物や土壌等、種々の試料がモニタリング対象となっている。このうち外部被ばくに直接影響を与える環境放射線（線量率）は連続モニター化され、常時監視されている。

環境試料のモニタリングについては、人への摂取に係

わる飲食物のみならず、通常食用とはしない杉葉やホンダワラ等が放射性核種の吸着性や採取の容易さなどから指標生物として用いられ、単に線量評価の目的だけでなく、効率的な監視を目的とした合理化がなされている。被ばく経路と環境モニタリングの関連性を図1に示す。

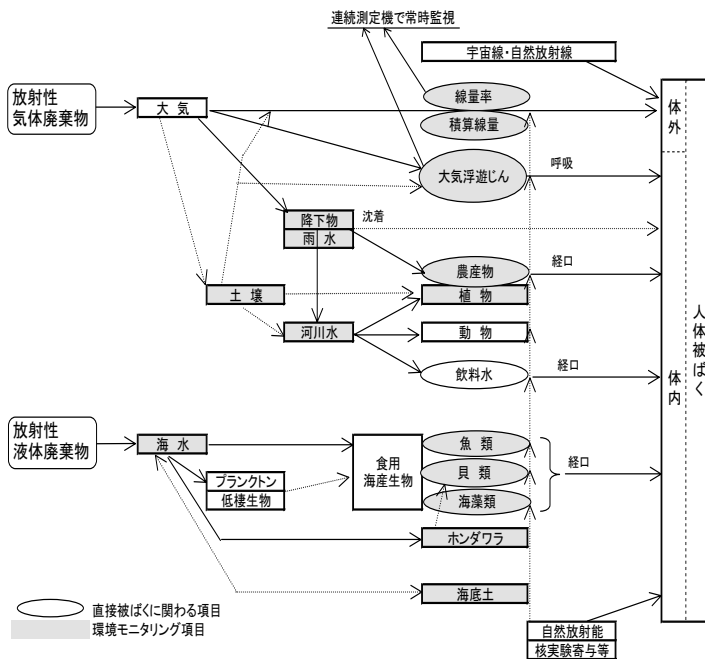


図1 被ばく経路と環境モニタリングの関連性

被ばく線量の評価方法

1 内部被ばく 預託実効線量の評価方法

内部被ばくは、預託実効線量（体内に摂取後50年間にわたって個人が受ける積算の線量）で表される。ただし物理的半減期あるいは人体における生物的半減期が短い核種では、預託実効線量はほぼ年線量と同じになる。

預託実効線量の推定・評価方法は、モニタリング指針に示されており、基本的には、吸入または経口摂取された放射性核種について、核種毎に、空気試料または飲食物の区分毎に、試料中核種濃度（C）×呼吸量または飲食物日摂取量（V）×摂取期間（t）×線量係数（f）×各種補正係数（k）の積を求め、それらをすべて加算して得られる。

今回の預託実効線量評価にあたっては、次のとおり実態に近い評価となるよう評価条件を仮定した。

- 環境試料中の核種毎の測定値は、検出された値の平均値を求め、環境試料中の濃度として計算した。この場合、検出限界値以下の取扱については、0または検出限界値を用いて平均値を求める方法もあるが、最高値を用いる方法と検出限界値以下を0として計算する方法の中間に位置し、実態に近いと思われることから、検出された値のみで求めた平均値を用い預託実効線量を計算した。また、飲料水は、河川水の測定値を用いた。

- 大気中H-3の吸入による預託実効線量は、伊方地域の年平均気温（16℃）と相対湿度（70%）から年平均空気中水分量を求め、年平均降水中H-3濃度をもとに計算した。平成13、14年度の年平均降水中H-3濃度は、年平均大気回収水中H-3濃度の74、87%であった。
- 飲食物摂取モデルは、モニタリング指針に示された、成人が1日あたりに摂取する食品の摂取量、飲料水の摂取量や呼吸率を用いた。ただし「みかん」は、国民栄養調査（平成12年）の成人の柑橘類摂取量33g/日のところ、300g/日とした。
- 吸入・摂取期間は1年間365日連続して、年平均値濃度のものを吸入・摂取するものとした。ただし、「みかん」は11月から1月までの3ヶ月間（90日）とした。
- 実効線量係数は、モニタリング指針に示された核種毎の経口摂取、吸入摂取別の実効線量係数（1Bqを吸入または経口摂取した場合の実効線量mSv）を用いた。ただしK-40は、ICRP Pub.72による預託実効線量係数を用いた。なお、市場希釈や洗浄・調理等による補正係数は考慮しなかった。

「モニタリング指針」による摂取モデル
(成人1人1日当りの摂取量)

項目	成人
呼吸	22.2 m ³
葉菜	100 g
牛乳	200 ml
魚類	200 g
無脊椎動物	20 g
海藻類	40 g
飲料水	2650 ml

2 外部被ばく実効線量の評価方法

環境放射線による外部被ばく実効線量は、空気吸収線量（mGy）に0.8を乗じて外部被ばく実効線量（mSv）を推定した。また昭和63年度以前の測定結果（mR）には7×10⁻³を乗じて外部被ばく実効線量（mSv）を推定した。

3 環境における人工放射性核種の経年変化状況

環境試料中から検出された人工放射性核種のCs-137、Sr-90、Pu-239+240などは過去の大気圏内核実験による影響として、伊方地域、松山地域ともに、降下物中に検出されており、核実験が中止されてから以降は、放射性降下物量は減少している（図2）が、これらの物理的半減期は長く（Cs-137：約30年、Sr-90：約29年）、現在も環境試料中に広く分布しており、農水産物等の摂取による内部被ばく 預託実効線量に影響している。

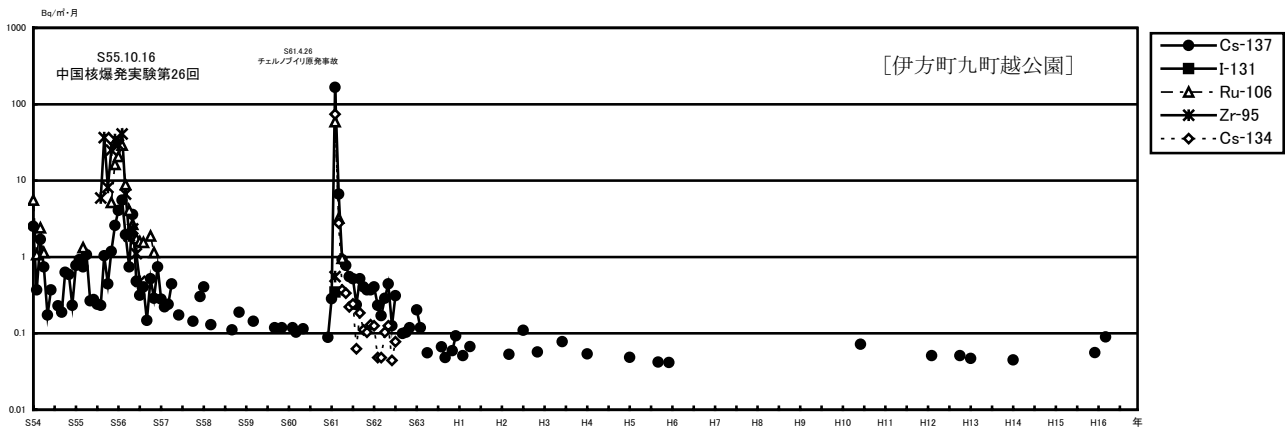


図2 降下物中の放射性核種濃度の推移

被ばく線量の評価結果

1 預託実効線量の推移状況

事前調査を開始した昭和50年4月から30年間のモニタリング結果に基づく年預託実効線量評価結果の推移状況は図3のとおりであり、過去の大気圏内核爆発実験やチェルノブイリ原発事故による人工放射性核種の影響が降下物中に顕著に見られたのに比べ、飲食物等による内部被ばく預託実効線量には顕著な増加は見られないが、これは農水産物等に取り込まれる過程で短半減期核種が減少するほか、Cs-137等の比較的半減期が長い核種についても農水産物等への移行は緩やかであることを示唆

している。

また、核種毎の年預託実効線量評価結果はCs-137, Sr-90, Pu-239+240は、 10^{-3} mSv以下であり、H-3は 10^{-4} mSv前後の低い値となっている。これら4核種による内部被ばくの年預託実効線量の合計は 3.5×10^{-4} mSv \sim 1.7×10^{-3} mSvであり、天然放射性核種であるK-40の年預託実効線量 ($8.8 \times 10^{-2} \sim 1.4 \times 10^{-1}$ mSv) の約千分の一以下と低い値となっている。

また伊方地域における環境放射線測定値から求めた年間の外部被ばく実効線量 ($2.9 \sim 3.9 \times 10^{-1}$ mSv) に比べても約千分の一以下と低い値となっている。

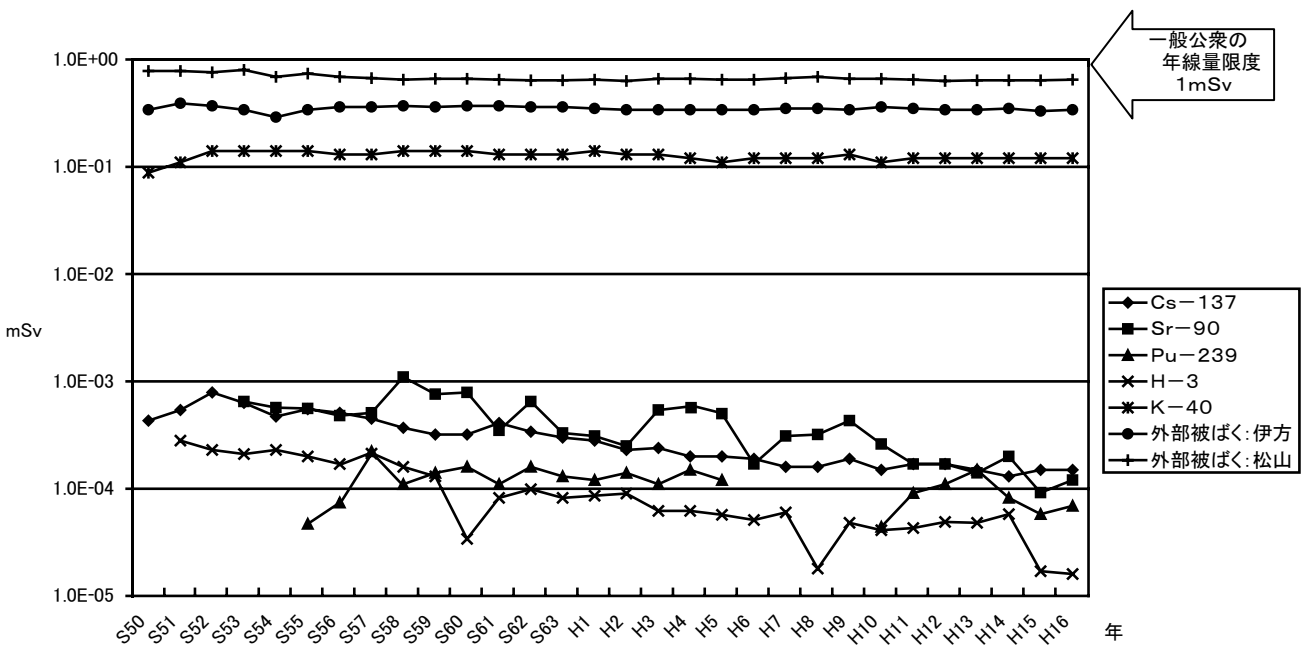


図3 環境試料中の核種による内部被ばく預託線量と環境放射線による外部被ばく線量の推移

2 核種毎の預託実効線量の比較

年預託実効線量の30年間の平均値を核種ごとに見ると、図4に示すとおり、内部被ばく預託実効線量の殆んどが天然放射性核種のK-40 ($1.3 \times 10^{-1} \text{mSv}$) によるものであり、Cs-137等の4核種の合計年預託実効線量 ($1.1 \times 10^{-3} \text{mSv}$) はわずかである。

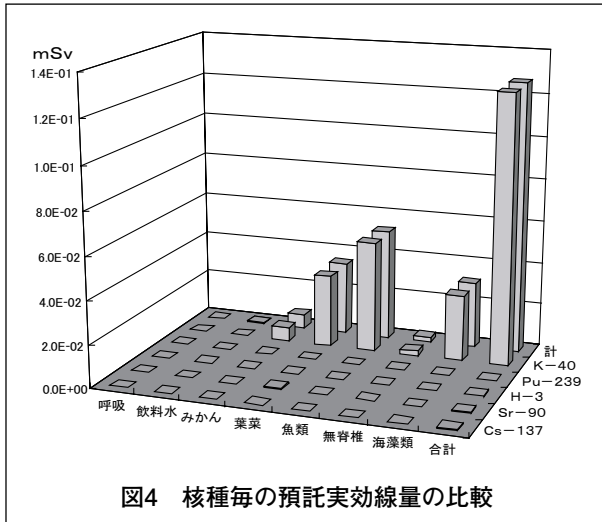


図4 核種毎の預託実効線量の比較

3 体内への摂取方法別の預託実効線量の比較

年預託実効線量の30年間の平均値から、体内への摂取方法別の核種の寄与割合を見ると、図5に示すとおり、農水産食品は天然核種のK-40が殆んどで100%近くを占めている。

飲料水の摂取によるものは、K-40が55%、H-3が28%、Cs-137が10%、Sr-90が8%で、呼吸によるものは、H-3が50%、Cs-137が28%、K-40が22%となっており、農水産食品摂取による預託実効線量の寄与核種と異なっている。

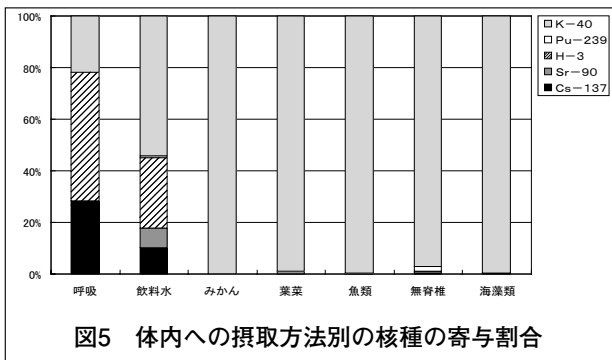


図5 体内への摂取方法別の核種の寄与割合

4 呼吸によるH-3の預託実効線量の地域比較

呼吸によるH-3の預託実効線量は、図6に示すとおり伊方地域と松山地域は殆んど同じレベルで推移しており、昭和57年度以降減少傾向を示し、近年は検出限界レベルまで低下している。

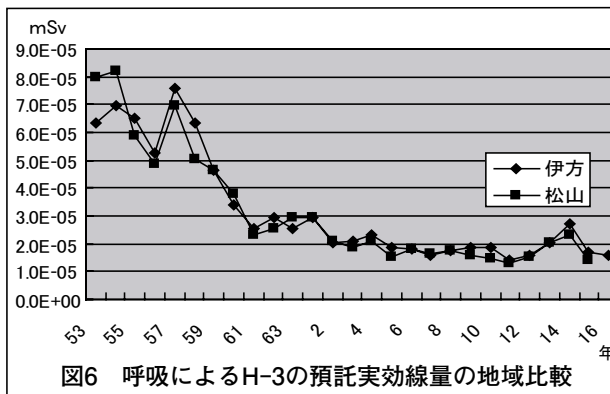


図6 呼吸によるH-3の預託実効線量の地域比較

まとめ

- 過去の気圏内核爆発実験等による影響として環境試料中に検出された人工放射性核種 (Cs-137, Sr-90, Pu-239+240) の年預託実効線量は、放射性降下物の減少傾向に比べ、緩やかではあるが減少傾向を示している。
- 預託実効線量の評価にあたっては、検出された値のみの平均値を年間摂取濃度としているため、計算された結果は実際より安全側 (高め) の評価となっているが、人工放射性核種であるCs-137, Sr-90, H-3, Pu-239+240の年預託実効線量の合計は 10^{-3}mSv 以下であり、天然核種のK-40の 0.13mSv に比べても約1/100と低い値となっている。
- 環境試料から継続して検出された5核種 (Cs-137, Sr-90, Pu-239+240, H-3, K-40) の預託実効線量への寄与割合は、農水産食品においては天然のK-40が殆んどである。
- 呼吸によるH-3の預託実効線量は伊方地域、松山地域とも殆んど同じレベルで推移しており、昭和57年度以降減少傾向を示し、近年は検出限界レベルまで低下している。
- 現在の環境放射線モニタリングは、外部被ばく実効線量は、環境放射線の常時測定により、降雨による年間増加線量 (10^{-2}mSv) レベルの変動・監視が行われ、内部被ばくに関しては、Ge検出器による機器分析等により年預託実効線量として 10^{-3}mSv 以下の確認が行われており、一般公衆の年線量限度 (1mSv) の千分の一以下のレベルを確認できる精度を有している。

文献

- 「環境放射線モニタリングに関する指針」原子力安全委員会
- 国際放射線防護委員会報告 ICRP Pub.72
- 伊方原子力発電所周辺環境放射線等調査結果 (昭和50年度～平成16年度) 愛媛県