

測定結果に基づく線量算出要領
補 足 説 明 資 料

平成28年3月策定

平成30年3月改訂

青 森 県

「測定結果に基づく線量算出要領」補足説明資料

「測定結果に基づく線量算出要領」(以下「線量算出要領」という。)は、「原子燃料サイクル施設に係る環境放射線等モニタリング結果の評価方法(平成 28 年 3 月改訂 青森県)」及び「東通原子力発電所に係る環境放射線モニタリング結果の評価方法(平成 28 年 3 月改訂 青森県)」に基づき推定・評価する施設起因の線量の具体的な算出方法を定めるものである。本資料は、線量算出要領の運用に係る考え方や手法の妥当性の検討結果等を取りまとめたものである。

2.線量の推定・評価

(1) 外部被ばくによる実効線量

空間放射線量率と積算線量を測定しているモニタリングステーション及びモニタリングポストにおけるγ線による実効線量の算出については、RPLD による積算線量測定値に比べ精度よく施設寄与の弁別が可能な NaI(Tl)シンチレーション検出器による空間放射線量率の測定値を用いる。

2.線量の推定・評価

(1) 外部被ばくによる実効線量

1) γ線による実効線量

① NaI(Tl)シンチレーション検出器の測定結果に基づく算出

NaI(Tl)シンチレーション検出器による空間放射線量率測定値からの実効線量の算出については、SCA 弁別法(添付 1)による推定人工線量率計算値(空間放射線量率測定値－推定自然線量率)を、正の値も負の値も全て積算することにより、現実的な評価となることを確認した(添付 2)。また、推定自然線量率を求めるための重回帰式の定数(式(2)の a, b, c)は、使用済燃料のせん断・溶解期間以外の施設寄与を含まない測定値から、原則として四半期ごとに求めることとしているが、施設の操業状況によってはせん断・溶解期間以外の測定値が十分確保できない場合も予想されるため、その場合は、当該年度 1 年間のせん断・溶解期間以外の測定値から求める。

2.線量の推定・評価

(1) 外部被ばくによる実効線量

1) γ線による実効線量

② RPLD の測定結果に基づく算出

積算線量のみ測定しているモニタリングポイントにおいては、RPLD 測定値が過去の 5 年間の第 1 四半期～第 3 四半期の[測定値±標準偏差 σ の 3 倍]を超過した場合に、施設の操業状況、当該地点近傍の空間放射線量率(推定人工線量率)や積算線量測定結果等を考慮し、施設寄与の有無を判断する。

四半期ごとの測定値に施設寄与が認められた場合、その測定値から原則として過去5年間の第1～第3四半期の施設寄与が認められない測定値の平均値をバックグラウンドとして差し引き、1年間積算した値に0.8を乗じて算出する。ただし、第4四半期は積雪の状況を考慮してバックグラウンドを推定する。

2.線量の推定・評価

(1) 外部被ばくによる実効線量

2) β 線による実効線量

β 線による外部被ばく実効線量の算出における大気中気体状 β 放射能測定値の積算方法としては、以下の3つの方法が考えられる。

ア. 定量下限値以上の測定値を積算

イ. せん断・溶解期間のみ ND を定量下限値 2 kBq/m³として測定値を積算

ウ. 放射能濃度計算値について正負の値をすべて積算

アの方法は、定量下限値未満の測定値を積算に用いないことから、評価結果はやや低めとなる。イの方法は、施設の風上に位置するなど施設寄与が想定されない場合も ND を定量下限値として積算することになるため、過大評価となる場合がある。特に、施設から離れた地点で顕著になると考えられる。ウの方法は、空間放射線量率測定結果に基づく実効線量の場合と同様に、放射能濃度の計算過程の値を正負すべて用いて計算するため、ア及びイに比べより現実的な評価となる。

以上のことから、 β 線による実効線量の算出にはウの方法を用いる。この方法では、放射能濃度の計算において計数率から差し引くバックグラウンド計数率を適切に設定する必要があるため、六ヶ所再処理工場の本格操業後の状況も考慮して検討し、施設寄与がない状況における計数率の推移のベースラインに相当する1年間の最頻値をバックグラウンド計数率として用いることとする。(添付3)

2.線量の推定・評価

(2) 内部被ばくによる預託実効線量

4) 施設に起因する核種濃度算出方法

環境試料中の放射能測定結果において、すべての測定値が ND である核種については、施設寄与が認められないため、線量算出の対象としない。線量算出の対象とする核種については、測定値が ND の場合、定量下限値として取り扱う。(添付4)

2.線量の推定・評価

(2) 内部被ばくによる預託実効線量

4)施設に起因する核種濃度算出方法

⑥米、葉菜、根菜・いも類、海水魚、牛乳、飲料水及び空気中トリチウム濃度

大気中水蒸気状トリチウム測定結果に基づき、米、葉菜、根菜・いも類及び牛乳中トリチウムによる線量を算出する場合、対象としている農産物は、種類により、また同じ種類であっても、農家によって栽培時期や収穫期が異なることから、算出に用いる大気水分中トリチウム濃度については年間平均値とする。(添付 4)

2.線量の推定・評価

(2) 内部被ばくによる預託実効線量

4)施設に起因する核種濃度算出方法

⑥米、葉菜、根菜・いも類、海水魚、牛乳、飲料水及び空気中トリチウム濃度

海水魚中トリチウムの自由水中濃度測定結果と有機物の実効線量係数を用いて預託実効線量を算出する方法の妥当性について検討した結果、有機結合型トリチウム(OBT)濃度が自由水トリチウム(FWT)濃度の 4 倍程度までであれば、線量算出要領による方法は安全側の評価となる。調査研究においても六ヶ所再処理工場アクティブ試験の影響がみられた試料の OBT 濃度が FWT 濃度を上回る調査結果は得られていないことから、ある程度環境試料中トリチウム濃度に施設寄与が認められた場合であっても、この算出方法の妥当性は確保できると考えられる。ただし、施設影響が認められたデータ数は少ないことから、今後も調査研究としてFWT濃度とOBT濃度の調査を行い、線量算出要領の妥当性を確認していくこととし、必要に応じ見直しを検討する。(添付 5)

2.線量の推定・評価

(2) 内部被ばくによる預託実効線量

5)施設寄与分を見積もるためのバックグラウンドの差し引き

①セシウム-137、ストロンチウム-90、プルトニウム等

環境試料中のセシウム-137、ストロンチウム-90、プルトニウムについては、過去の大気圏内核実験等が主な起源であり、年 1 回採取している野菜や海産食品等の一部の試料では、現在でも定量下限値を超えて測定されている。過去 3 年間の測定値に ND が含まれる場合には、安全側の評価とするため、ND をゼロとしてバックグラウンドを算出する。また、直近の 3 年間の測定結果に施設寄与が認められた測定値がある場合、その測定値を除外すると、データ数が少なくなるため、できるだけ当該年度に近い過去 3 箇年分の施設寄与が認められない測定値によりバックグラウンドを算出する。(添付 4)

2.線量の推定・評価

(2) 内部被ばくによる預託実効線量

5)施設寄与分を見積もるためのバックグラウンドの差し引き

②炭素-14

環境試料中の炭素-14の主な起源は、大気高層における宇宙線との核反応と大気圏内核実験であり、過去の大気圏内核実験で増加した炭素-14のバックグラウンドとしては、できるだけ直近のデータを用いることが望ましいが、施設からの影響が継続してみられるような場合は、本県の調査研究事業において、六ヶ所再処理工場アクティブ試験以前の測定結果から炭素-14比放射能の減衰式を求めており、その結果を用いてバックグラウンドレベルを推定することが可能と考えられる。(環境試料中のトリチウム、炭素-14及びヨウ素-129調査:青森県原子力センター所報第9号(平成26年度)参照)

3. 実効線量の表示方法

(2) 外部被ばくによる実効線量、内部被ばくによる預託実効線量及びこれらを合計した実効線量は、小数第3位を四捨五入し小数第2位までの値を記載する。

ただし、外部被ばくによる実効線量の下限值及び内部被ばくによる預託実効線量の下限値を0.01mSv、合計した実効線量の下限値を0.02mSvとし、算出した実効線量が下限値未満の場合は下限値に「<」を付して記載する。

それぞれの実効線量及び合計した実効線量は、丸めた数値同士を足し合わせたことによる誤差を排除するため、計算過程では数値を丸めずに取り扱い、要領で定めた最小位までを端数処理して記載する。

線量算出要領では、施設寄与分を弁別して線量を算出することから、測定項目ごとに施設寄与分として弁別可能な測定値から求められる線量を算出して下限値を検討した結果、外部被ばく及び内部被ばくそれぞれの下限値は0.01mSvとする。また、合計した実効線量の下限値は、それぞれの下限値を合計した0.02mSvとする。

空間放射線量率の測定に係る人工放射線の弁別について

1 はじめに

青森県では、空間放射線量率の測定を NaI(Tl)シンチレーション検出器を用いて実施している。自然環境において空間放射線量率には、Rn-222 の壊変生成物が降雨雪とともに地上へ落下することによる上昇、また、積雪により大地からの放射線が遮へいされることによる低下等の変動がある。

環境放射線モニタリングの目的の 1 つは、原子力施設に起因する放射線による周辺住民等の線量の推定・評価であり、そのためには、原子力施設から放出された放射線・放射性核種による寄与を、自然放射線から弁別することが必要となる。NaI(Tl)シンチレーション検出器は、入射した γ 線のエネルギー情報が得られるため、測定器に装備したシングルチャンネルアナライザ(SCA)の計数率を用いて施設からの寄与を弁別することが可能であり、この方法(SCA 弁別法)を γ 線の外部被ばくによる実効線量の算出に活用する。

2 SCA(Bi)及び SCA(Tl)の設定

図 1 に NaI(Tl)シンチレーション検出器による環境 γ 線スペクトルを示す。ここで、SCA(Bi)を Bi-214 から放出される γ 線(1.76MeV,2.20MeV)を含むエネルギー領域(1.65～2.5MeV)の計数率(cps)、SCA(Tl)を Tl-208 から放出される γ 線(2.62MeV)を含む領域(2.51～3.0MeV)の計数率(cps)と定義する。

図 1 には晴天時及び降雨時における環境 γ 線スペクトルをそれぞれ示している。降雨時においては、SCA(Bi)が晴天時より高くなっているが、SCA(Tl)は晴天時とほとんど変わらない。

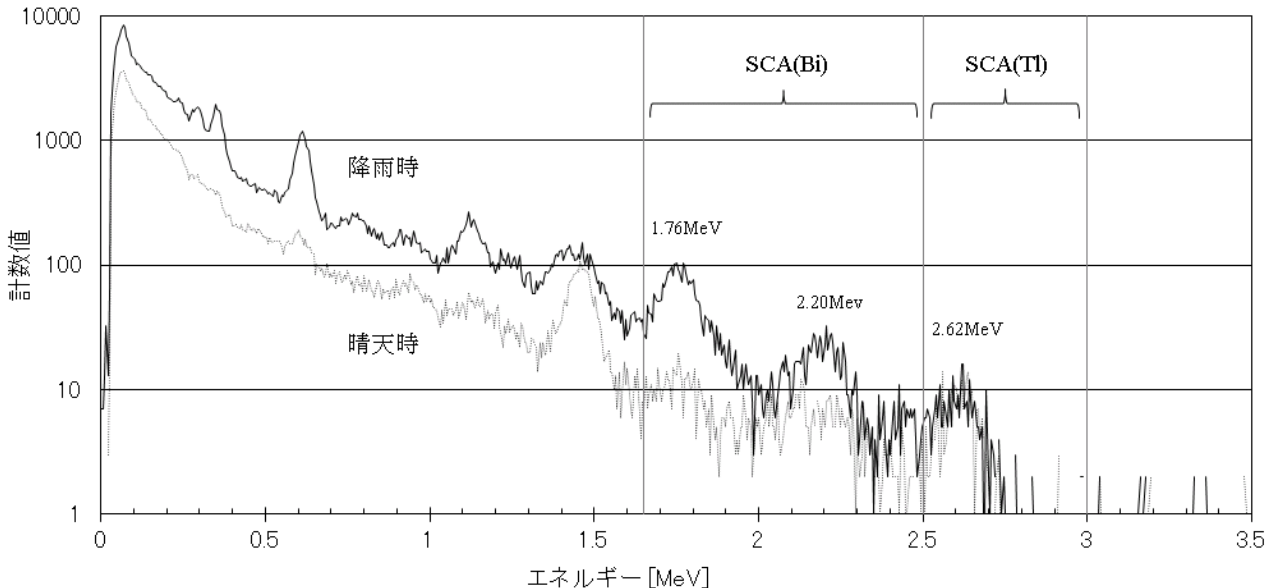


図 1 晴天時と降雨時の環境 γ 線スペクトル及び SCA(Bi)と SCA(Tl)のエネルギー範囲

3 空間放射線量率、SCA(Bi)及び SCA(Tl)の変動状況

平成 17 年度 1 年間の尾駈局における空間放射線量率、積雪深、SCA(Bi)及び SCA(Tl)の推移を図 2 に示す。この結果には原子力施設からの影響は含まれておらず、自然変動のみである。

空間放射線量率と SCA(Bi)は、年間を通じて、降雪の影響により短時間で大きな上昇を示すとともに、積雪期には大地からの放射線が遮へいされるため、積雪深が大きくなるに伴いベースラインが低下している。Rn-222 の壊変系列を図 3 に示す。空間放射線量率の上昇については、大地などから散逸した Rn-222 の半減期が比較的長いことから大気中に広く拡散しており、その壊変生成物(主として Bi-214)が降雪とともに、地上へ落下することによるものと考えられる。

SCA(Tl)は、降雪による変動はほとんどなく、積雪が多いほど低下する傾向を示している。Rn-220 の壊変系列を図 4 に示す。Tl-208 の親核種である Rn-220 は、半減期が 55.6s と短く大気中に広く分布できないことから、降雪とともに地上に落下する Tl-208 が少ないためと考えられる。一方、Tl-208 は、Bi-214 と同様、土壌中に多く存在することから、積雪による遮へい効果が見られている。

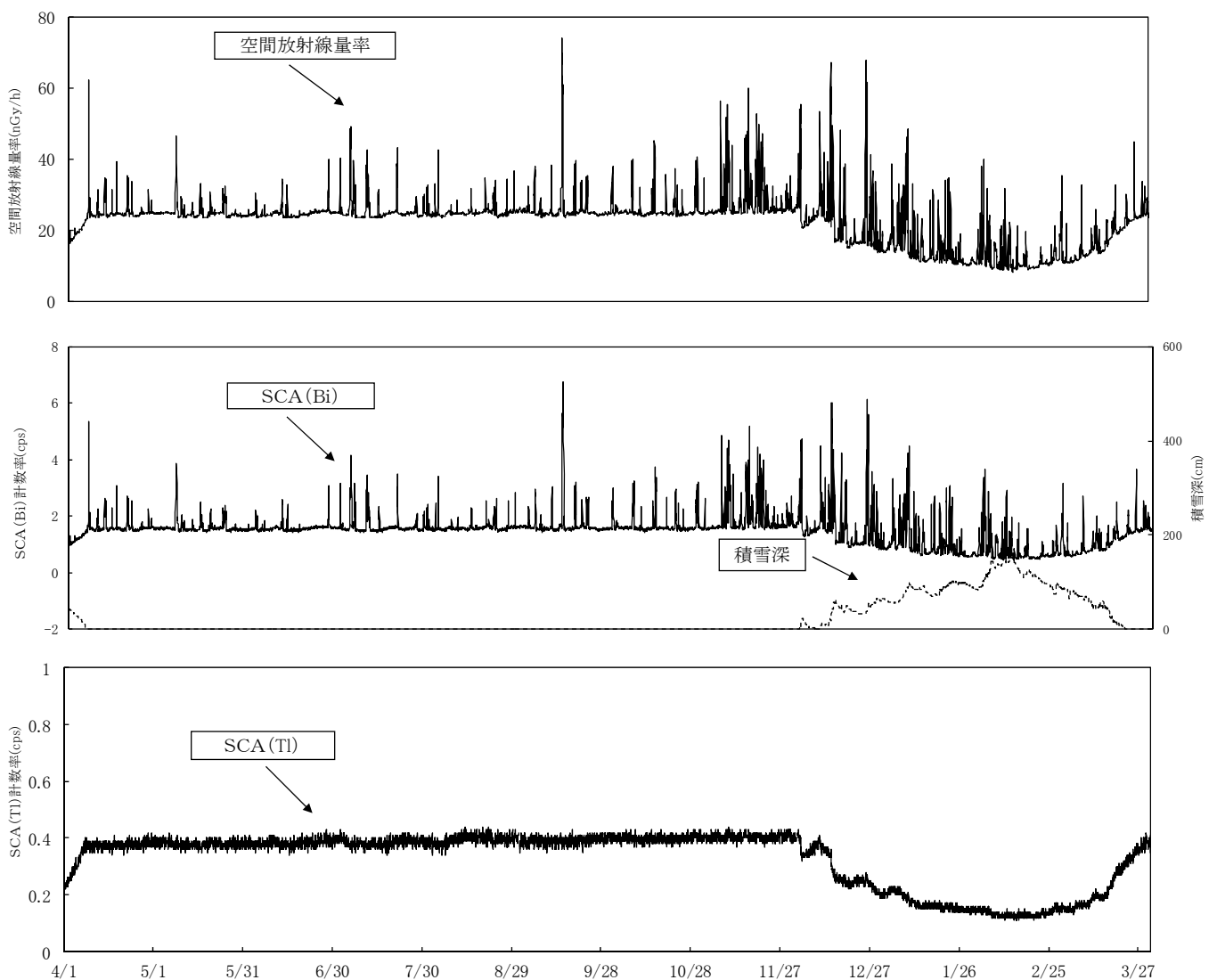


図 2 空間放射線量率、積雪深、SCA(Bi)及び SCA(Tl)の推移 (H17 尾駈局[1 時間値])

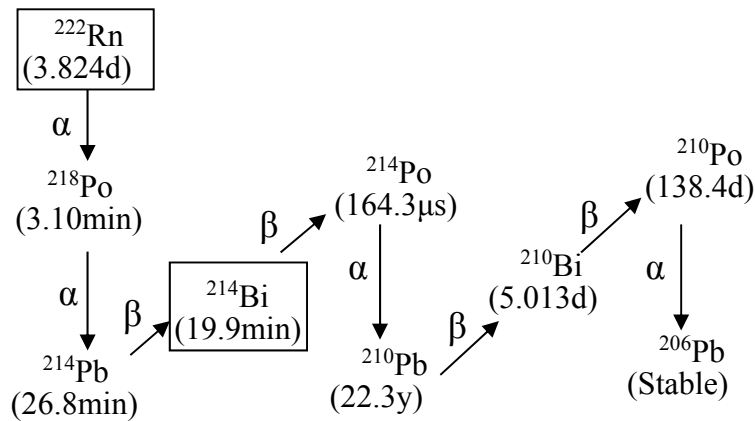


図3 Rn-222の壊変系列

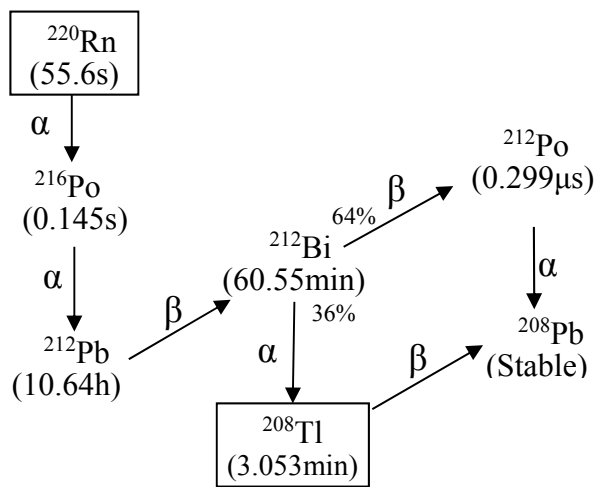


図4 Rn-220の壊変系列

4 人工放射線の弁別方法

図2において、空間放射線量率とSCA(Bi)が同様の変動を示していることから、両者の関係を散布図として図5に示した。両者の間には、正の相関が認められており、SCA(Bi)は空間放射線量率の降雨雪による上昇分の指標になると考えられるが、積雪のない時期(4月～11月)と積雪期(12月～3月)で異なる相関を示した。

また、図2では、SCA(Tl)が、積雪による空間放射線量率のベースラインの低下と同様の変化を示していることから、積雪期(12～3月)における、降雨雪による上昇がない空間放射線量率とSCA(Tl)の関係を散布図として図6に示した。両者には正の相関が認められていることから、SCA(Tl)は、空間放射線量率の積雪による遮へい効果の指標として用いることができるものと考えられる。

以上のことから、自然放射線に起因する空間放射線量率を以下の重回帰式(式(1))により推定することとし、この値を「推定自然線量率」とした。人工放射線に起因する空間放射線量率「推定人工線量率」は、式(2)のように、空間放射線量率測定値から推定自然線量率を差し引くことにより求めることができる。

$$\text{推定自然線量率} = a \times \text{SCA(Bi)} + b \times \text{SCA(Tl)} + c \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\left[\begin{array}{l} a, b, c : \text{重回帰分析により求めた定数} \\ \text{SCA(Bi)} : \text{Bi-214 領域の計数率 (cps)} \\ \text{SCA(Tl)} : \text{Tl-208 領域の計数率 (cps)} \end{array} \right]$$

$$\text{推定人工線量率} = \text{空間放射線量率測定値} - \text{推定自然線量率} \quad \dots \text{式(2)}$$

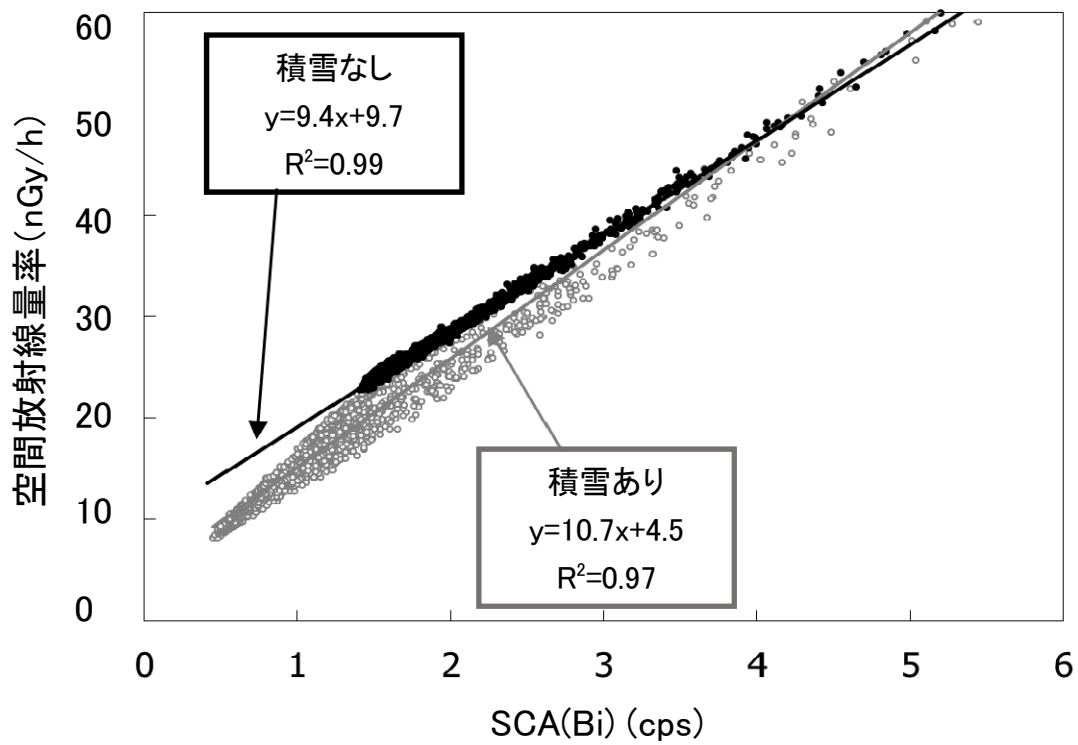


図5 空間放射線量率とSCA(Bi)の関係
 (H17 尾駁局:積雪のない時期(4~11月)と積雪のある時期(12~3月))

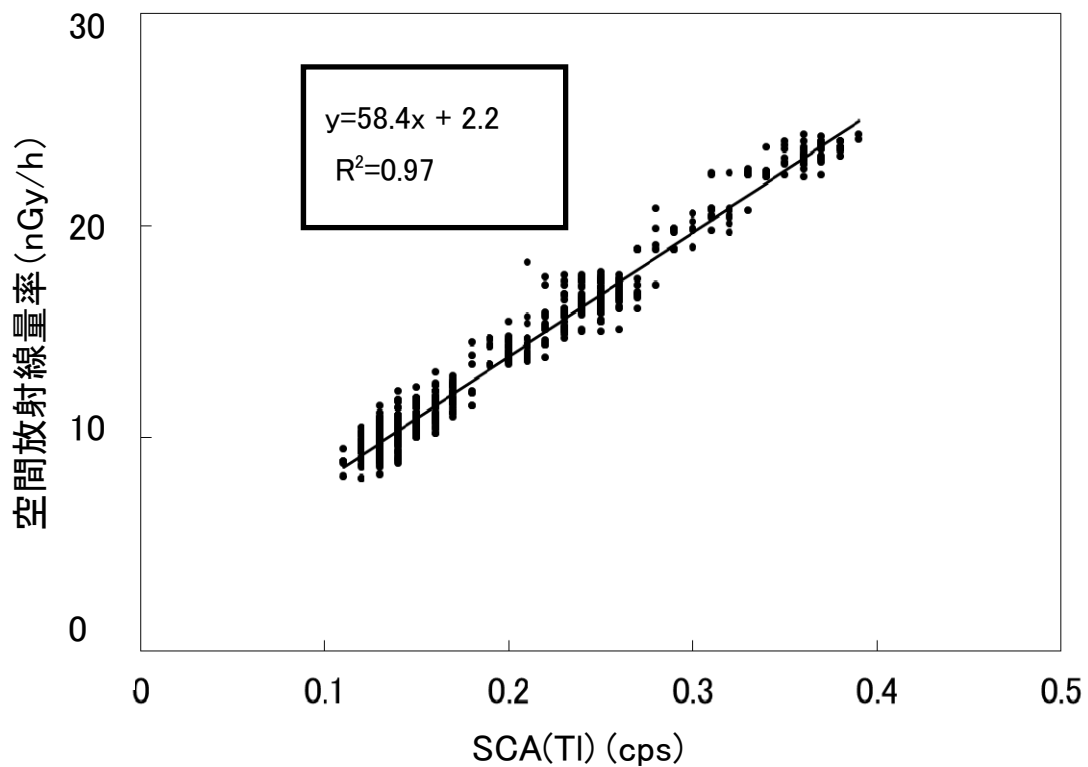


図6 降雨雪による上昇がない時間帯の空間放射線量率とSCA(Tl)の関係
 (H17年12月~H18年3月 尾駁局)

原子力施設等からの人工放射線の影響がない平成 17 年度 1 年間の尾駱局の測定値を用いて、式(1)の a, b 及び c を決定した。この式(1)と個々の SCA(Bi)及び SCA(Tl)測定値から推定自然線量率を算出し、空間放射線量率測定値から差し引いて求めた推定人工線量率を、1 年分プロットしたのが図7である。年間をとおして、降雨雪や積雪の影響が除かれており、ほぼ 0 に近い値となっている。表 1 は、推定人工線量率の変動分布をまとめたものであり、平均値は 0.00nGy/h、標準偏差は 0.36、最小値～最大値は -1.5nGy/h～2.7nGy/h、全データの 99%以上が±1nGy/h の範囲内であった。人工放射線の影響がない状況では、推定自然線量率は空間放射線量率測定値とよく一致していることから、本法により空間放射線量率測定における人工放射線の寄与を弁別することが可能と考えられる。

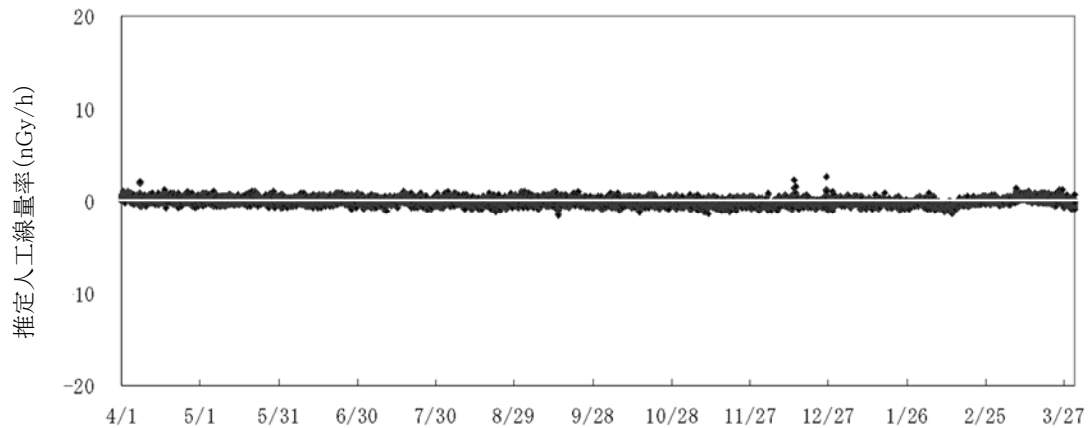


図 7 人工放射線の影響がない測定結果に係る推定人工線量率(H17 年度 尾駱局)

表 1 人工放射線の影響がない測定結果に係る推定人工線量率の変動分布 (nGy/h)

平均値	標準偏差	最小値	最大値	差(絶対値)		
				0～1	1～2	2～3
0.00	0.36	-1.5	2.7	8,636個 (99.1%)	73個 (0.8%)	4個 (0.1%)

5 再処理工場アクティブ試験による影響の推定事例

六ヶ所再処理工場では、平成 18 年 3 月からアクティブ試験が行われており、使用済燃料のせん断・溶解に伴い、断続的に Kr-85 が放出された。Kr-85 は、主としてβ線を、わずかにγ線(514keV,放出割合 0.0043)も放出する希ガスである。

図 8 に尾駱局における平成 19 年 10 月 28 日から 30 日までと平成 20 年 1 月 12 日から 14 日までの空間放射線量率、SCA(Bi)、推定人工線量率、大気中 Kr-85 濃度等の推移を示す。左側の 10 月の期間では、空間放射線量率及び大気中 Kr-85 濃度とともに推定人工線量率が上昇している。SCA(Bi)の変化が小さいことからわかるように降雨の影響がわずかであったことにより、Kr-85 による空間放射線量率の上昇分と推定人工線量率はほぼ等しくなっている。

一方、右側の 1 月の期間では、SCA(Bi)が、空間放射線量率、推定人工線量率及び大気中 Kr-85 濃度と同時に上昇しており、空間放射線量率の増加には、降雨による天然放射性核種と Kr-85 の両方の寄与が含まれている。さらに、この期間に積雪が増加しているが、推定人工線量率は、降雨による天然放射性核種の影響と積雪による遮へいの影響を除外し、Kr-85 からの寄与のみを示していると考えられる。

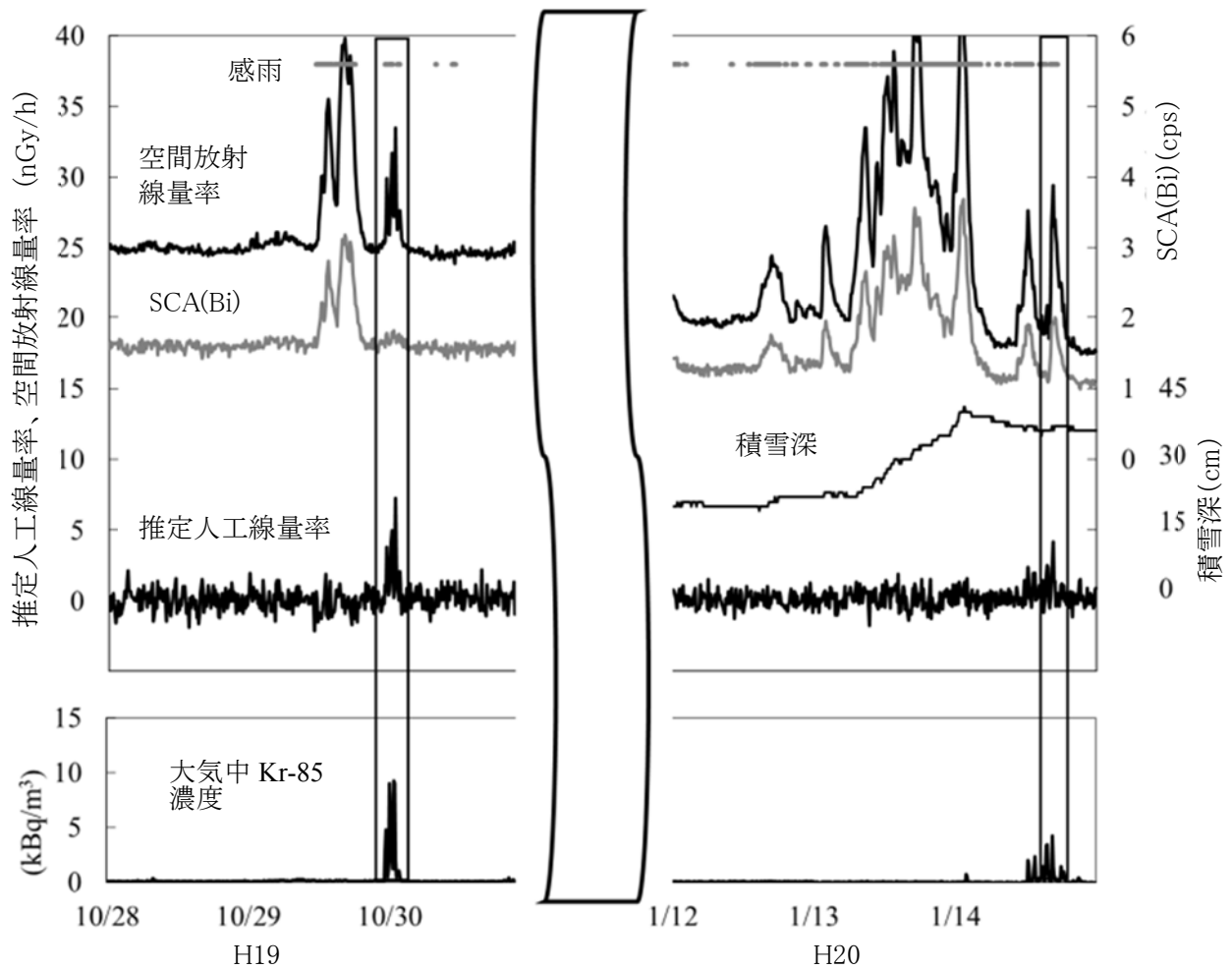


図8 再処理工場から Kr-85 の放出のあった期間の尾駱局における空間放射線量率、SCA(Bi)計数率、推定人工線量率、感雨、積雪深、大気中 Kr-85 濃度の推移(10 分値)

6 参考文献

K.Kumagai, H.Ookubo and H.Kimura, “Discrimination between natural and other Gamma-ray sources from environmental gamma-ray dose rate Monitoring data” Radiation Protection Dosimetry (2015), pp.1-5

推定人工線量率による実効線量の算出における積算方法の妥当性について

1 目的

γ線による外部被ばく実効線量の算出においては、SCA 弁別法による推定人工線量率の計算値(1時間値)1年分を正の値も負の値も全て積算することとしているため、その妥当性について検討を行った。

2 検討方法

空間放射線量率計(NaI(Tl)シンチレーション検出器)の保守点検時の標準線源照射結果を用い、以下のとおり検討した。

- 標準線源照射時間から計算した線量と、当該時間帯における推定人工線量率の積算値、また、保守点検期間を含む一定期間(3カ月間)における推定人工線量率の積算値を比較する。

検討には、平成25年10～12月のモニタリングポスト(以下「MP」という。)東北町役場局の測定値を用いた。当該局において、保守点検は平成25年10月10日に実施され、それ以外の期間では人工放射線の影響はみられていない。なお、保守点検時のデータは欠測としている。

3 結果

図1に平成25年10～12月におけるMP東北町役場の空間放射線量率測定値及び推定人工線量率のトレンド、図2にその期間のうちの平成25年10月10日のトレンドを示す(データは1時間値)。

- 10月10日の標準線源照射時間は保守点検記録によると14:27～14:58の31分間であり、検出器実効中心での線量率は215 nGy/hであった。よって標準線源による照射値は $215 \times 31 / 60 = 111$ nGyとなる。
- 図2の10月10日14:00～15:00の1時間の値は、空間放射線量率測定値が125 nGy、推定人工線量率が108 nGyとなり、推定人工線量率は標準線源による照射値とほぼ一致した。また、10月10日の保守点検実施時間以外の空間放射線量率測定値は17～18 nGy/hであり、推定人工線量率は自然放射線による影響をほぼ完全に排除していた。
- 図1において10～12月における推定人工線量率計算値を正の値も負の値も全て積算すると117 nGyとなり、10月10日の標準線源照射値とほぼ等しくなった。参考として、推定人工線量率の正の値のみを積算した場合は325 nGyとなり、実際よりかなり大きい結果となった。

以上の結果をまとめると表1のとおりとなり、人工放射線源照射時の推定人工線量率は、照射値とほぼ一致すること、この事象を含む3箇月間の推定人工線量率の積算値も照射値とほぼ一致することが確認された。

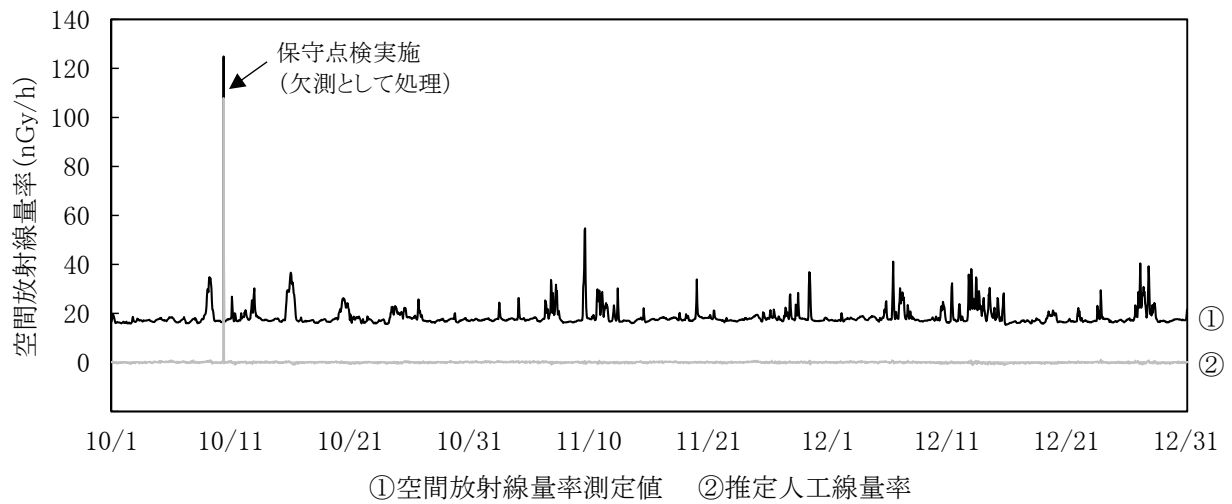


図1 MP 東北町役場におけるトレンド(平成 25 年 10~12 月 保守点検時含む)

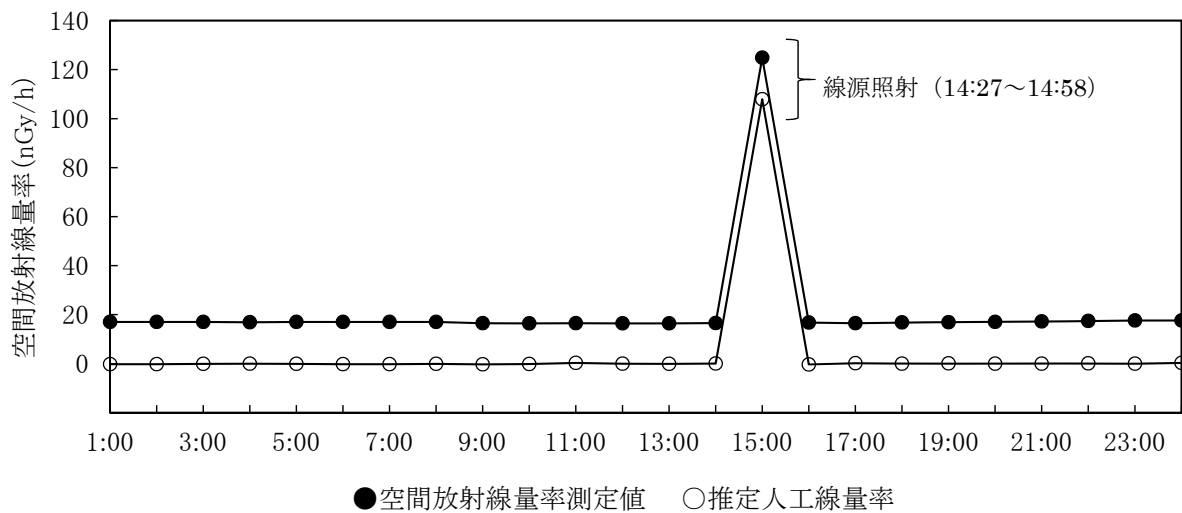


図2 MP 東北町役場におけるトレンド(平成 25 年 10 月 10 日 1 時間値)

表1 標準線源照射値と推定人工線量率の比較(照射値は 111 nGy)

推定人工線量率(積算期間)	推定人工線量率 積算方法	値(nGy)	標準照射値との比
平成 25 年 10 月 10 日 14:00~15:00(1 時間)	—	108	0.97
平成 25 年 10 月~12 月(3 カ月間)	正負すべて	117	1.05
平成 25 年 10 月~12 月(3 カ月間)	正のみ	325	2.93

β線による外部被ばく実効線量算出方法について

1. 実効線量算出方法

大気中気体状β放射能濃度は、環境の大気をβ線ガスモニタに吸引し、そのときの計数率からバックグラウンド計数率を差し引いた後、クリプトン濃度換算係数を乗じて算出している。定量下限値は2 kBq/m³である。β線による実効線量は、大気中気体状β放射能測定値(以下「測定値」という。)を1年間分すべて積算し、これに皮膚の等価線量係数、体表面積の平均化係数及び組織荷重係数を乗じて算出する。

実効線量の算出における測定値の積算方法としては、以下の3つの方法が考えられる。

- ① 定量下限値以上の測定値を積算
- ② せん断・溶解期間のみ定量下限値未満の測定値(ND)を定量下限値として積算
- ③ 放射能濃度計算値について正負の値をすべて積算

①の方法は、NDを積算に用いないことから、評価結果はやや低めとなる。②の方法は、施設の風上に位置するなど施設寄与が想定されない場合もNDを定量下限値として積算することになるため、過大評価となる場合がある。特に、施設から離れた地点で顕著になると考えられる。③の方法は、空間放射線量率測定結果に基づく外部被ばく実効線量の場合と同様に、測定値の計算過程の値を正負すべて用いて計算するため、①及び②に比べより現実的な評価となるが、施設からの影響がないときの計数率として適切なバックグラウンド計数率をどのように設定するかが課題となる。このようなことから、六ヶ所再処理工場の本格操業後の状況も考慮し、適切なバックグラウンド計数率の決定方法について以下のとおり検討した。

2. 大気中気体状β放射能測定における計数率の変動状況

施設に最も近い尾駸局のせん断・溶解作業が行われていない平成22年4月～平成27年7月の期間の計数率の時系列グラフを図1に示す。夏季に計数率が上昇する季節変動がみられるが、大気中の天然放射性核種の影響と考えられる。同局の平成26年度の計数率のヒストグラムを図2に示す。夏季の上昇分が最頻値を中心とした分布の右側のすそ野に見られており、この上昇分を除くと最頻値を中心として両側にほぼ同様に分布することから、バックグラウンド計数率を1年間の最頻値として実効線量を算出すると正の値と負の値がほぼ相殺されることがわかる。

尾駸局における平成19年度のアクティブ試験におけるせん断・溶解期間の変動状況を図3に示す。計数率は再処理工場から放出されたクリプトン-85の影響により急激に上昇するが、すぐにベースライン付近まで戻る場合が多いことがわかる。この期間の計数率の最頻値(19.3 s⁻¹)をヒストグラムから算出し、図3に点線で示す。この値は時系列グラフのベースラインと考えることができる。平成19年度1年間の計数率の最頻値は19.2 s⁻¹であり、この期間の値とほぼ一致した。このことから、再処理工場が操業し、施設から測定値への影響が定常的に見られる状況になっても、1年間の計数率の最頻値をバックグラウンドとして適用できると考えられる。

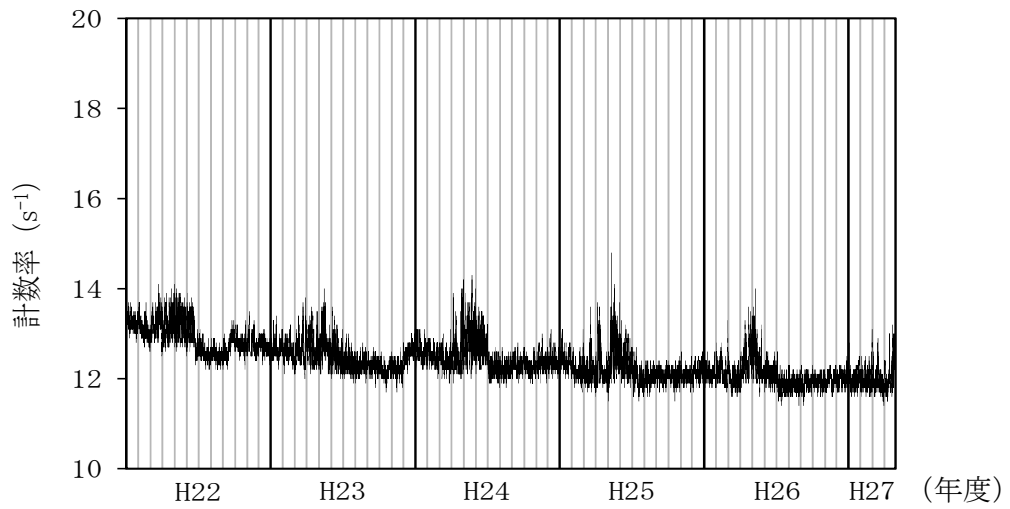


図1 計数率の時系列グラフ(平成22～27年度 尾駁局)

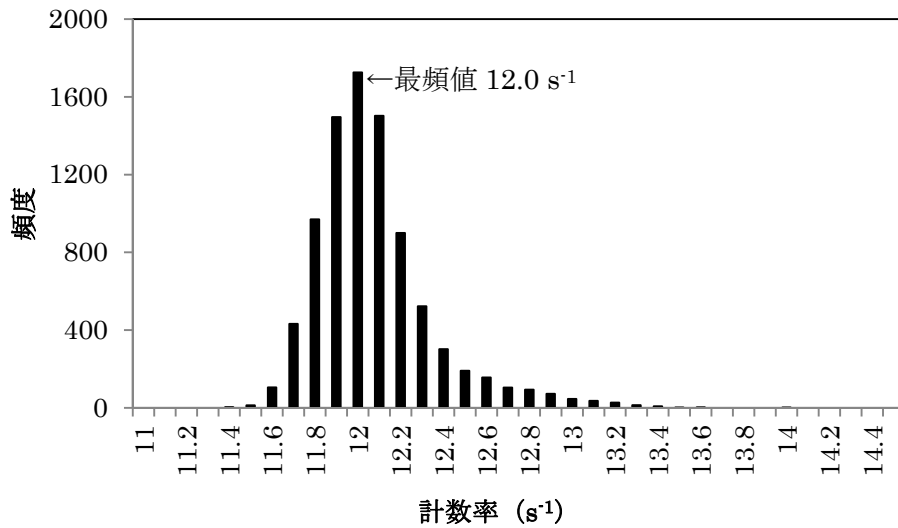


図2 計数率のヒストグラム(平成26年度 尾駁局)

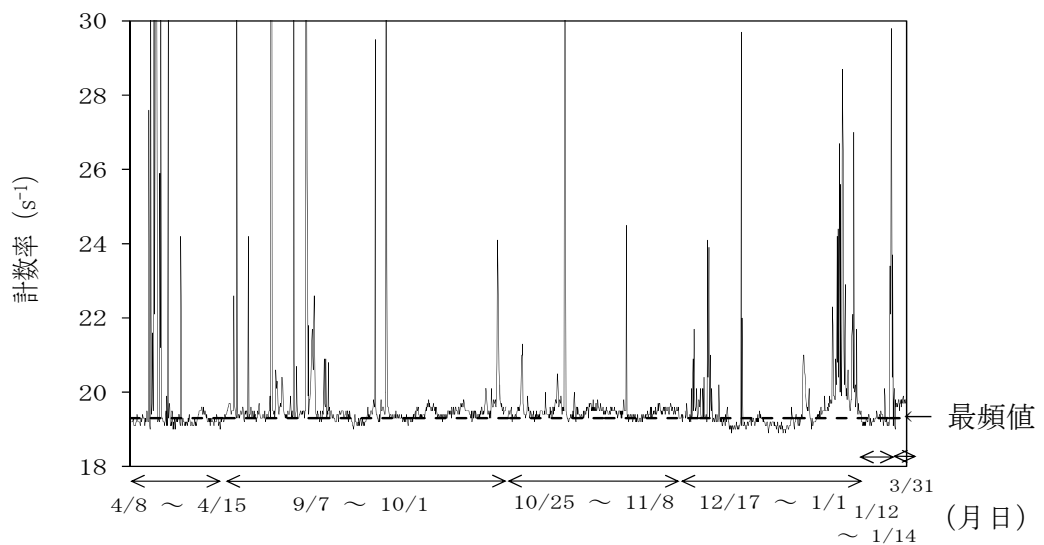


図3 アクティブ試験のせん断・溶解期間における計数率の時系列グラフ(平成19年度 尾駁局) ※測定器は、平成21年度に更新した。

3. バックグラウンド計数率の検討

大気中気体状 β 放射能測定の数率の変動状況から、バックグラウンド計数率の決定方法としては、以下の方法が考えられる。

- ①1年間すべての計数率の最頻値
 - ②保守点検で検出器内に窒素パージを行ったときの計数率の平均値
 - ③せん断・溶解期間以外の1年間すべての計数率の平均値
- 以上の方法で決定したバックグラウンド計数率を表1に示す。

表1 3つの方法により求めたバックグラウンド計数率(H26尾駸局) [単位: s^{-1}]

①最頻値	②窒素パージ	③年間平均値
12.0	11.5(点検3回の平均値)	12.1

表1をみると、①最頻値と③年間平均値は、ほぼ一致している。一方、②窒素パージは③年間平均値よりも $0.6 s^{-1}$ 低くなった。これは、実際の環境大気を吸引した場合の数率には、天然の放射性核種の影響があるためと考えられる。

得られたバックグラウンド計数率をもとに、施設寄与のない平成26年度1年間の測定値を用いて実効線量を試算した結果を表2に示す。①最頻値及び②窒素パージの方法による試算結果は、いずれも外部被ばく線量の下限值 $0.01 mSv$ に比べて十分小さい値となっているが、②の試算結果が①の試算結果に比べて高い値となった。③年間平均値による試算結果はほぼゼロとなっているが、施設操業後はせん断・溶解期間以外の期間の数率の平均値をとることになるため、数率の季節変動を考慮すると、用いる期間により平均値が変化する可能性がある。

一方、最頻値は、せん断・溶解期間を含め、年間を通じた数率のベースラインになるため、バックグラウンド計数率として最も適切と考えられる。

表2 3つの方法によるバックグラウンド計数率から求めた年間の実効線量試算結果(H26尾駸局)

[単位: mSv]

①最頻値	②窒素パージ	③年間平均値
0.000045	0.00032	8E-17

4. 結論

以上のことから、 β 線による外部被ばく実効線量の評価方法として、1年間すべての計数率の最頻値をバックグラウンド計数率とし、大気中気体状 β 放射能濃度計算値を正負すべて積算する方法が、最も現実的な方法と考えられる。

測定結果に基づく線量算出要領における具体的算出例
(環境試料中の放射能)

平成 28 年 3 月策定
平成 30 年 3 月改訂

線量算出要領に基づき、食品等の種類ごとに核種濃度等を算出する際の具体例を示す。

1 米、葉菜及び根菜・いも類における核種濃度(線量算出要領 2. (2) 4)①)

該当する環境試料の最も高い測定値を、食品等の種類ごとの核種濃度として用いる(トリチウム、炭素-14 については後述 6 及び 9 のとおり)。

【例】葉菜 ○○核種の測定結果(サイクル)

(定量下限値 0.4 Bq/kg 生の場合)

試料名	地点	測定値	食品等の種類ごとの核種濃度 (葉菜)
ハクサイ	出戸	0.7	最も高い測定値 0.7 Bq/kg 生
ハクサイ	千樽	0.5	
キャベツ	横浜町	ND	

※バックグラウンドの差し引き(線量算出要領 2. (2) 5)①)

セシウム-137、ストロンチウム-90、プルトニウム等について、当該地点における過去 3 年間のモニタリング結果に定量下限値以上の測定値がある場合、対象施設からの寄与が認められない測定値の平均値をバックグラウンドとして差し引く。定量下限値未満の測定値が含まれる場合は、安全側の評価とするため 0 として取り扱う。

【計算例】根菜・いも類 ⁹⁰Sr 測定結果(サイクル)

(定量下限値 0.04 Bq/kg 生の場合)

試料名	地点	測定値	過去 3 年間の 測定値	差し引くバックグラウンド	食品等の種類ごとの核種濃度 (根菜・いも類)
ダイコン	出戸	0.51	0.11,0.23,0.18	$(0.11+0.23+0.18)/3=0.17$	0.51-0.17=0.34
バレイショ	尾駸	0.04	ND,ND,ND	—	0.04
ナガイモ	東北町	0.05	0.06,0.05,0.05	$(0.06+0.05+0.05)/3=0.053$	—
ナガイモ	平沼	0.07	0.04,ND,ND	$(0.04+0+0)/3=0.013$	0.07-0.01=0.06

} 最も高い
測定値
ダイコン
0.34
Bq/kg 生

2 海水魚における核種濃度(線量算出要領 2. (2) 4)②)

該当する環境試料の最も高い測定値を、食品等の種類ごとの核種濃度として用いる(トリチウムについては後述 7 のとおり)。

【例】海水魚 ○○核種の測定結果(東通原発)

(定量下限値 0.4 Bq/kg 生の場合)

試料名	地点	測定値	食品等の種類ごとの核種濃度 (海水魚)
ヒラメ(県) ※サイクルと共通試料	六ヶ所村前面海域	0.4	最も高い測定値 0.6 Bq/kg 生
カレイ	東通村太平洋側 海域	ND	
ウスメバル		0.6	
コウナゴ		ND	
ヒラメ(事業者)	東通村太平洋側 海域	0.5	
アイナメ		0.5	

3 淡水魚、無脊椎動物(海水産)、無脊椎動物(淡水産)、海藻類及び牛肉における核種濃度 (線量算出要領 2. (2) 4)③)

該当する環境試料の最も高い測定値を、食品等の種類ごとの核種濃度として用いる。

【例】無脊椎動物(海水産) ○○核種の測定結果(東通原発)

(定量下限値 0.4 Bq/kg 生の場合)

試料名	地点	測定値	食品等の種類ごとの核種濃度 (無脊椎動物(海水産))
アワビ	小田野沢沖	0.5	最も高い測定値 0.5 Bq/kg 生
ホタテ	横浜町前面海域	ND	
タコ	小田野沢沖	ND	
ホタテ	浜奥内沖	ND	
ウニ	小田野沢沖	ND	

4 牛乳における核種濃度(線量算出要領 2. (2) 4)④)

全採取地点における四半期ごとの最大値を年間で平均した値を用いて算出する。

【例】牛乳 ○○核種の測定結果(サイクル)

(定量下限値 0.4 mBq/L の場合)

試料名	地点	測定値				食品等の種類ごとの核種濃度 (牛乳)
		第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	
牛乳	二又	0.8	0.4	ND	ND	四半期ごとの全採取地点の最大 値を用いて年間平均値を算出 $(0.8+0.5+ND(0.4)+0.4)/4$ $=2.1/4=0.53 \text{ mBq/L}$ ※第3 四半期の ND は定量下限値 (0.4)を用いる。
	庄内	0.5	0.5	ND	ND	
	横浜町	ND	ND	ND	0.4	
	東北町	ND	ND	ND	ND	
	豊原	ND	ND	ND	ND	
	六原	ND	ND	ND	ND	
四半期最大値		0.8	0.5	ND	0.4	

5 飲料水及び空気における核種濃度(線量算出要領 2. (2) 4)⑤)

基本的にその地域で摂取されることから、採取地点ごとに年間平均値を算出し、その中で最も高い測定値とする。

【例】 飲料水(水道水) ○○核種の測定結果(サイクル)

(定量下限値 0.4 mBq/L の場合)

試料名	地点	測定値				地点ごとの 年間平均値	食品等の種類ごとの 核種濃度(飲料水)
		第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期		
水道水	尾駸	0.8	0.4	ND	ND	0.5	(例) 尾駸 $(0.8+0.4+ND(0.4)+ND(0.4))/4=2.0/4=0.5$
	尾駸 (事業者)	0.5	0.5	ND	ND	0.45	
	二又	ND	ND	ND	0.4	0.4	地点ごとの年間平均値 で最も高い測定値 0.5 mBq/L(尾駸)

【例】 飲料水(水道水・井戸水) ○○核種の測定結果(東通原発)

(定量下限値 0.4 mBq/L の場合)

試料名	地点	測定値				地点ごとの 年間平均値	食品等の種類ごとの 核種濃度(飲料水)
		第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期		
水道水	老部	0.8	0.5	ND	0.4	0.53	(例) 老部 $(0.8+0.5+ND(0.4)+0.4)/4=2.1/4=0.53$ 地点ごとの年間平均値で 最も高い測定値 0.6 mBq/L (井戸水(浜奥内))
	砂子又	0.5	0.5	ND	ND	0.45	
	一里小屋	ND	ND	ND	0.4	0.4	
井戸水	浜奥内	—	0.8	—	ND	0.6	
	白糠	—	0.4	—	ND	0.4	

【例】 空気 大気浮遊じん ○○核種の測定結果(サイクル)

(定量下限値 0.2 mBq/m³ の場合)

地点	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	年間平均値	核種濃度(空気)
尾駸	0.4	0.3	ND	ND	0.28	(例) 尾駸 $(0.4+0.3+ND(0.2) \times 2))/4=1.1/4=0.28$
吹越	0.2	0.3	ND	ND	0.23	
老部川	0.2	ND	ND	ND	0.2	地点ごとの年間平均値で最も 高い測定値 0.28 mBq/m ³ (尾駸)
二又	0.3	ND	ND	ND	0.23	
室ノ久保	ND	ND	ND	ND	0.2	

【例】 空気 大気中ヨウ素-131 の測定結果(サイクル) (定量下限値 0.2 mBq/m³)

各月における平均値を用い、地点ごとに年間平均値を求め、その中で最も高いものを核種濃度とする。

地点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間 平均値
尾駸	0.9	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	0.28
吹越	0.4	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	0.23
老部川	0.8	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	0.28
二又	1.0	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.3	0.28
室ノ久保	1.4	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.4	0.33

(年間平均値計算例)

尾駸 $(0.9+0.3+ND(0.2) \times 9+0.3)/12=3.3/12=0.28$

室ノ久保 $(1.4+0.3+ND(0.2) \times 9+0.4)/12=3.9/12=0.33$

地点ごとの平均で最も高い値→ 0.33 mBq/m³ (室ノ久保)

【預託実効線量の算出例】

預託実効線量(mSv) = 年間の核種摂取量(Bq) × 実効線量係数(mSv/Bq)
 = 施設に起因する核種濃度(食品等の種類ごと) × 食品等の1日の摂取量
 × 食品等の摂取日数 × 実効線量係数(mSv/Bq)

$$= \left[\begin{array}{l} \text{食品等の1日の摂取量 空気 } 22.2\text{m}^3 \\ \text{1Bqを吸入摂取した場合の成人の実効線量係数} (^{131}\text{I}) \quad 1.5 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bq} \end{array} \right]$$

$$= 0.33 (\text{mBq/m}^3) \times 22.2 (\text{m}^3/\text{日}) \times 365 (\text{日}) \times 1.5 \times 10^{-5} (\text{mSv/Bq}) = 4.0 \times 10^{-5} (\text{mSv})$$

6 米、葉菜、根菜・いも類及び牛乳中のトリチウム濃度(線量算出要領 2.(2)4)⑥ア)

食品中トリチウムの核種濃度については、次式を用いて算出する。

食品中トリチウムの核種濃度(Bq/kg)

= (トリチウム濃度(Bq/L) / 水 1L 当たりの水素量(kg/L)) × 食品中の水素の質量割合

食品中の水素の質量割合は自由水及び有機物を合計したものであり、実効線量係数については数値の大きい有機物の値を用いる。

大気中水蒸気状トリチウムに施設寄与が認められた場合、米、葉菜、根菜・いも類及び牛乳に移行することが考えられるため、環境試料中の自由水及び有機物のトリチウム比放射能が大気中水分の比放射能と等しいと仮定して食品中トリチウム濃度を算出する。

【預託実効線量の算出例】

線量算出要領 2.(2)3)の式(7)、式(8)及び線量算出要領 2.(2)4)⑥の式(9)より

預託実効線量(mSv) = 年間の核種摂取量(Bq) × 実効線量係数(mSv/Bq)

= 施設に起因する核種濃度(食品等の種類ごと) × 食品等の1日の摂取量 × 食品等の摂取日数
 × 実効線量係数(mSv/Bq)

= (大気水分中トリチウム測定結果の年間平均値の最大値(Bq/L) / 水 1L 当たりの水素量(kg/L))

× 食品中の水素の質量割合 × 食品等の1日の摂取量 × 食品等の摂取日数 × 実効線量係数(mSv/Bq)

食品等の1日の摂取量 米 320g、葉菜 370g、根菜・いも類 230g、牛乳 0.25 L/日
 1Bqを経口摂取した場合の成人の実効線量係数(³H)(有機物) 4.2×10^{-8} mSv/Bq
 水 1L 当たりの水素量 $1 \times 2/18 = 0.11$ kg/L
 食品中の水素の質量割合 米 0.066、葉菜 0.11、根菜・いも類 0.10、牛乳 0.11

大気水分中濃度が 2.1 Bq/L の場合

$$\begin{aligned} \text{米} \quad & 2.1 \text{ (Bq/L)} / 0.11 \text{ (kg/L)} \times 0.066 \times 0.32 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 4.2 \times 10^{-8} \text{ (mSv/Bq)} \\ & = 6.2 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{葉菜} \quad & 2.1 \text{ (Bq/L)} / 0.11 \text{ (kg/L)} \times 0.11 \times 0.37 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 4.2 \times 10^{-8} \text{ (mSv/Bq)} \\ & = 1.2 \times 10^{-5} \text{ (mSv)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{根菜・いも類} \quad & 2.1 \text{ (Bq/L)} / 0.11 \text{ (kg/L)} \times 0.10 \times 0.23 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 4.2 \times 10^{-8} \text{ (mSv/Bq)} \\ & = 6.7 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{牛乳} \quad & 2.1 \text{ (Bq/L)} / 0.11 \text{ (kg/L)} \times 0.11 \times 0.25 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 4.2 \times 10^{-8} \text{ (mSv/Bq)} \\ & = 8.0 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \end{aligned}$$

7 海水魚中のトリチウム濃度(線量算出要領 2. (2) 4)⑥ア)

海水魚については、ヒラメ等の自由水トリチウムの四半期ごとの測定値を年間で平均した値をトリチウム濃度として用いる。食品中トリチウムの核種濃度は、自由水と有機物のトリチウムを合わせたものであるため、食品中の水素の質量割合を用いて、有機物のトリチウム比放射能が自由水に等しいと仮定して算出する。

【例】 海水魚(ヒラメ)のトリチウム測定結果(サイクル) (定量下限値 2 Bq/L の場合)

試料名	地点	採取時期	測定値	食品等の種類ごとの核種濃度(海水魚)
ヒラメ	六ヶ所村前面海域	第1四半期(県)	3	四半期ごとの測定値を用いて年間平均値を算出 (3+3+2+ ND(2))/4 =10/4=2.5 Bq/L ※NDは定量下限値(2)を用いる。
		第2四半期(事業者)	3	
		第3四半期(県)	2	
		第4四半期(事業者)	ND	

【預託実効線量の算出例】

$$\begin{aligned} \text{預託実効線量(mSv)} &= \text{年間の核種摂取量(Bq)} \times \text{実効線量係数(mSv/Bq)} \\ &= \text{施設に起因する核種濃度(食品等の種類ごと)} \times \text{食品等の1日の摂取量} \times \text{食品等の摂取日数} \\ &\quad \times \text{実効線量係数(mSv/Bq)} \\ &= (\text{自由水中トリチウムの年間平均値(Bq/L)} / \text{水1L当たりの水素量(kg/L)}) \times \text{食品中の水素の質量割合} \\ &\quad (0.10) \\ &\quad \times \text{食品等の1日の摂取量} \times \text{食品等の摂取日数} \times \text{実効線量係数(mSv/Bq)} \\ &= 2.5 \text{ (Bq/L)} / 0.11 \text{ (kg/L)} \times 0.10 \times 0.2 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 4.2 \times 10^{-8} \text{ (mSv/Bq)} \\ &= 8.4 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \end{aligned}$$

8 空気中のトリチウム濃度(線量算出要領 2. (2) 4)⑥イ)

採取地点ごとに年間平均値を求め、その中で最も高い値をトリチウム濃度とする。(線量算出要領 2. (2) 4)⑤と同様)

【例】 大気中トリチウム測定結果(サイクル)

(定量下限値 40 mBq/m³)

地点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間 平均値
尾駁	ND	ND	ND	45	48	ND	50	ND	ND	ND	ND	ND	42
老部川	ND	ND	ND	ND	45	ND	47	ND	ND	ND	ND	ND	41
二又	ND	ND	ND	ND	ND	ND	40	ND	ND	ND	ND	ND	40

(年間平均値計算例)

$$\text{尾駁 } (45 + 48 + 50 + \text{ND}(40) \times 9) / 12 = 503 / 12 = 42$$

$$\text{老部川 } (45 + 47 + \text{ND}(40) \times 10) / 12 = 492 / 12 = 41$$

地点ごとの年間平均値で最も高い値 → 42 mBq/m³ (尾駁)

【預託実効線量の算出例】

大気中トリチウム濃度が定量下限値を超えた場合は、皮膚からの吸収分を加算して算出する。

線量算出要領 2.(2)3)の式(7)、式(8)より

$$\text{預託実効線量(mSv)} = \text{年間の核種摂取量(Bq)} \times \text{実効線量係数(mSv/Bq)}$$

$$= \text{施設に起因する核種濃度(食品等の種類ごと)} \times \text{食品等の1日の摂取量} \times \text{食品等の摂取日数} \\ \times \text{実効線量係数(mSv/Bq)}$$

食品等の1日の摂取量 空気 22.2 m³(水蒸気状トリチウムの場合は皮膚からの吸収分(呼吸による吸収分の0.5倍)を加算する(ICRP Pub.71))

1Bqを吸入摂取した場合の成人の実効線量係数(³H)(水) 1.8×10⁻⁸ mSv/Bq

$$= 42(\text{mBq/m}^3) \times 22.2(\text{m}^3/\text{日}) \times 1.5 \times 365(\text{日}) \times 1.8 \times 10^{-8}(\text{mSv/Bq}) = 9.2 \times 10^{-6}(\text{mSv})$$

9 米、葉菜及び根菜・いも類中の炭素-14の核種濃度(線量算出要領 2. (2) 4)⑦)

該当する環境試料中の放射能濃度に施設寄与分の炭素-14比放射能/比放射能測定値を乗じて算出し、その中で最も高い値を施設寄与分の炭素-14濃度とする。

施設寄与分の炭素-14濃度

$$= \text{放射能濃度測定値(Bq/kg 生)} \times (\text{施設寄与分の比放射能(Bq/g 炭素)} / \text{比放射能測定値(Bq/g 炭素)})$$

$$= \text{放射能濃度測定値(Bq/kg 生)}$$

$$\times ((\text{比放射能測定値(Bq/g 炭素)} - \text{バックグラウンド(Bq/g 炭素)}) / \text{比放射能測定値(Bq/g 炭素)})$$

※バックグラウンドの差し引き(線量算出要領 2. (2) 5)②)

過去3年間の施設寄与が認められない測定値の平均値をバックグラウンドとして差し引く。これが難しい場合は、施設寄与が認められない測定値を用いて求めた減衰曲線から、当該年度の炭素-14のバックグラ

ウンドを推定し差し引く。

【計算例】農作物の炭素-14 測定結果(サイクル) (定量下限値 2 Bq/kg 生)

比放射能のバックグラウンドが 0.24Bq/g 炭素の場合

食品等の種類	試料	採取地点	測定値		核種濃度
			比放射能 (Bq/g炭素)	放射能濃度 (Bq/kg生)	
米	精米	尾駈(県)	0.24	91	施設寄与分の炭素-14濃度が最も高い値 尾駈(事業者) $100 \times (0.26 - 0.24) / 0.26 = 7.7$ Bq/kg生 戸鎖 $99 \times (0.26 - 0.24) / 0.26 = 7.6$ Bq/kg生
		尾駈(事業者)	0.26	100	
		千樽	0.25	93	
		戸鎖	0.26	99	
		二又	0.25	97	
		野辺地町	0.25	94	
葉菜	ハクサイ	出戸	0.25	5	
		千樽	0.26	6	
	キャベツ	横浜町	0.27	6	
根菜・ いも類	ナガイモ	平沼	0.26	18	$18 \times (0.26 - 0.24) / 0.26 = 1.4$ Bq/kg生
		東北町	0.24	15	
	ダイコン	出戸	0.27	7	

【預託実効線量の算出例】

線量算出要領 2.(2)3)の式(7)、式(8)及び線量算出要領 2.(2)4)⑦の式(10)より

預託実効線量(mSv) = 年間の核種摂取量(Bq) × 実効線量係数(mSv/Bq)

= 施設に起因する核種濃度(食品等の種類ごと) × 食品等の1日の摂取量 × 食品等の摂取日数
× 実効線量係数(mSv/Bq)

$$\left(\begin{array}{l} \text{食品等の1日摂取量 米 320g、葉菜 370g、根菜・いも類 230g} \\ \text{1Bqを経口摂取した場合の成人の実効線量係数} (^{14}\text{C}) \ 5.8 \times 10^{-7} \text{ mSv/Bq} \end{array} \right)$$

米 $7.7 \text{ (Bq/kg 生)} \times 0.32 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 5.8 \times 10^{-7} \text{ (mSv/Bq)} = 5.2 \times 10^{-4} \text{ (mSv)}$

葉菜 $0.67 \text{ (Bq/kg 生)} \times 0.37 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 5.8 \times 10^{-7} \text{ (mSv/Bq)} = 5.2 \times 10^{-5} \text{ (mSv)}$

根菜・いも類 $1.4 \text{ (Bq/kg 生)} \times 0.23 \text{ (kg)} \times 365 \text{ (日)} \times 5.8 \times 10^{-7} \text{ (mSv/Bq)} = 6.8 \times 10^{-5} \text{ (mSv)}$

海水魚中トリチウムに係る実効線量係数について

1. はじめに

海水魚中トリチウムの経口摂取による預託実効線量は、自由水トリチウム(FWT)濃度と水の実効線量係数を用いて算出した値と、有機結合型トリチウム(OBT)濃度と有機物の実効線量係数を用いて算出した値を合わせることによって求めるのが最も現実的な方法であるが、OBTの分析をモニタリング対象としていないことから、線量算出要領では、OBTの比放射能がFWTと等しいと仮定し、FWT濃度と数値の大きい有機物の実効線量係数を用いて算出することとしている。このため、両者の算出方法を比較し、線量算出要領の方法の妥当性について検討した。

2. 検討結果

最も現実的な方法による預託実効線量は次の式により求められる。

$$(FWT \text{ 濃度(Bq/kg)} \times \text{実効線量係数(水)} + OBT \text{ 濃度(Bq/kg)} \times \text{実効線量係数(有機物)}) \times \text{食品摂取量(kg/年)}$$

$$FWT \text{ 濃度(Bq/kg)} = (FWT(Bq/L) / \text{水 1L 当たりの水素量(kg/L)}) \times \text{食品中の水素の質量割合(水)}$$

$$OBT \text{ 濃度(Bq/kg)} = (OBT(Bq/L) / \text{水 1L 当たりの水素量(kg/L)}) \times \text{食品中の水素の質量割合(有機物)}$$

ここで、水 1L 当たりの水素量 $1 \times 2 / 18 = 0.11(\text{kg/L})$ 、食品中の水素の質量割合を R、食品中の水素の比を水:有機物=84:16^{*}、実効線量係数(水) $1.8 \times 10^{-8}(\text{mSv/Bq})$ 、実効線量係数(有機物) $4.2 \times 10^{-8}(\text{mSv/Bq})$ とすれば式(1)となる。

$$(FWT / 0.11 \times 0.84 R \times 1.8 \times 10^{-8} + OBT / 0.11 \times 0.16 R \times 4.2 \times 10^{-8}) \times \text{食品摂取量}$$

$$= (1.51 R \times FWT + 0.67 R \times OBT) / 0.11 \times 10^{-8} \times \text{食品摂取量} \quad \dots \text{式(1)}$$

線量算出要領に基づく預託実効線量は次の式により求められる。

$$(FWT(Bq/L) / \text{水 1L 当たりの水素量(kg/L)}) \times \text{食品中の水素の質量割合} \times \text{実効線量係数(有機物)} \times \text{食品摂取量(kg/年)}$$

ここで、水 1L 当たりの水素量、食品中の水素の質量割合、実効線量係数を上記と同様とし、整理すると式(2)となる。

$$FWT / 0.11 \times R \times 4.2 \times 10^{-8} \times \text{食品摂取量} = (4.2 R \times FWT) / 0.11 \times 10^{-8} \times \text{食品摂取量} \quad \dots \text{式(2)}$$

上記の算出方法について比較検討するため、式(2)から式(1)を差し引くと、次のとおりとなる。

$$\text{式(2)} - \text{式(1)} = (4.2 R \times FWT - 1.51 R \times FWT - 0.67 R \times OBT) / 0.11 \times 10^{-8} \times \text{食品摂取量}$$

$$= (2.69 FWT - 0.67 OBT) R / 0.11 \times 10^{-8} \times \text{食品摂取量}$$

このことから、線量算出要領による算出結果が大きくなるのは式(2) - 式(1) > 0、すなわち $2.69 FWT > 0.67 OBT$ の場合であり、FWT 濃度に対し OBT 濃度が 4 倍程度までであれば線量算出要領による算出結果が安全側の評価となる。

3. 結論

以上のように、OBT 濃度が FWT 濃度の 4 倍程度までであれば、線量算出要領による方法は安全側の評価になると考えられる。また、本県が調査研究として実施している環境試料中のトリチウム調査において、再処理工場のアクティブ試験の影響がみられた試料の OBT 濃度は FWT 濃度の半分程度であり、OBT 濃度が FWT 濃度を上回る調査結果は得られていない。このため、ある程度環境試料中トリチウム濃度に施設寄与が認められた場合であっても、線量算出要領の妥当性は確保できると考えられる。ただし、現状では、施設寄与が認められたデータ数が少ないことから、今後も調査研究として FWT 濃度と OBT 濃度の調査を行い、線量算出要領の妥当性を確認していくこととし、必要に応じ見直しを検討する。

※ 海水魚(ヒラメ)中の水素について

海水魚(ヒラメ)を凍結乾燥して回収した組織自由水と、凍結乾燥後の乾燥物を燃焼して回収した燃焼水それぞれの量から、ヒラメ中の水素の質量割合(単位重量当たりの検体に含まれる水素の重量)及び水と有機物に含まれる水素の比を求めた。

平成 22 年 6 月 10 日に採取したヒラメを例に計算手順を以下に示す。

凍結乾燥する前の検体 551.50g から凍結乾燥により回収された組織自由水は 422.45g、残った乾燥物は 129.05g であったため、検体 1kg 生当たりの組織自由水は 766g となる。次に乾燥物 129.05g を燃焼させて回収した燃焼水は 76.74g であったため、検体 1kg 生当たりの燃焼水は 139g となる。

組織自由水と燃焼水の合計は 905g/kg 生であるため、水素の質量割合は $905 \times 2/18/1000 = 0.10$ となる。また、回収された組織自由水の量と燃焼水の量の比から、水と有機物に含まれる水素の比は $766:139 = 85:15$ となる。

平成 22 年度から平成 26 年度の調査研究事業で採取したヒラメについて、上記と同様に計算した結果を下表に示す。本資料の 2. 検討結果における水と有機物に含まれる水素の比及び線量算出要領の海水魚に係る水素の質量割合については、下表の平均値を用いる。

表 ヒラメ中の水素の質量割合及び水と有機物に含まれる水素の比

項目	組織自由水 (g/kg 生)	燃焼水 (g/kg 生)	水素の質量割合
最小値～最大値	745～778	132～155	0.099～0.102
平均値	763	145	0.10
水と有機物に 含まれる水素の比	84:16		

・平成 22～26 年度の調査研究事業「環境試料中のトリチウム、炭素-14 及びヨウ素-129・131 調査」において県が採取したヒラメ 20 検体から得られた値を用いた。