

○山口一郎¹、寺田宙¹、高橋光子¹、杉山英男¹、三宅定明²
(国立保健医療科学院¹、埼玉県衛研²)

1. はじめに

環境に放出される少量の放射性廃棄物は放射線障害防止法等で厳格に規制されている。公共下水等に排出する放射性核種(RN)は、医療や産業、研究で利用されたものである。これらの施設では、管理区域内で生じた放射性廃液を適正に処理している。このうちごく少量の患者から排泄されたRNが環境に放出されている。RNはトレーサーとしても活用されており、放射性医薬品に用いられるRNは比較的短い半減期を持つことから環境中の医薬品の挙動把握の参考になると思われる。一方、線源セキュリティ確保や循環型社会形成のためのクリアランス制度導入に向けた新しい視点での生活環境の放射能モニタリング体制の整備も課題とされている。以上の背景から、環境放射能モニタリングのあり方の新たな一側面としての都市環境に放出される放射性医薬品のモニタリングとその評価を試みた。

2. 調査方法

(現状把握)

- 1) 東京都内の1箇所の清掃工場より熔融スラグを埼玉県内の3箇所の清掃工場より焼却灰及び集塵灰を採取した。
- 2) 国内の14箇所の下水処理場より、下水汚泥焼却灰か汚泥熔融スラグあるいは下水汚泥を採取し、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリーを行った。汚泥は採取状態で密封、焼却灰は乾燥器で十分に乾燥させた後軽く磨砕し粒径2mmでふるい分けし計測用試料とした。
(都市環境に放出されたRNの清掃工場での検出可能性とその放射線防護上の検討)
- 3) 人口10万人規模の対象人口を持つ清掃工場を

想定し、そこに10MBqのI-131(患者の管理区域からの退出基準は0.5GBq)が混入した場合、検出しうるかどうか試算した。

- 4) 患者の排泄物が直接、下水処理場に流入し、それが汚泥タンクに集積すると仮定し、タンク(27m³)周辺の3月あたりの線量を計算した。
F-18: 投与量を3.7MBq/kg、待ち時間40分、撮像前の排泄率20%、処理場管内での撮像装置数を10台、1台あたり10人/日の患者を1週間に5日間検査。
I-131: 体内残存量を0.5GBq、下水への混入率100%、処理場管内での投与患者数を1人/週とした。

(経過時間推測)

- 5) Tl-201の製剤に含まれるTl-202の放射能の量は、放射性医薬品基準において検定日時でTl-201の1%以下と規定され、製薬会社のQCデータでは、約0.33%とされている。このため、検定日2日前の医療機関への届日に換算したTl-202の平均存在割合は、Tl-201の約0.24%と見積もられる。この比を患者投与時のTl-202/Tl-201とみなし、試料採取時の比から患者への投与から試料採取時までの経過時間を推定した。なお、下水処理場での採取試料の処理場流入時からの経過時間は、処理場流入時のTl-202/Tl-201比を1.0%と仮定した。

(環境試料中の濃度予測)

- 6) 大阪湾をモデル海域として淀川から流入するI-131の海水中濃度をAISTのRAMSIS-1を用いて計算した。

3. 結果及び考察

- 1) それぞれ1試料から医療由来の⁶⁷Ga(23Bq/kg)、²⁰¹Tl(400Bq/kg)及び²⁰²Tl(2Bq/kg)が検出された。
- 2) 下水汚泥から医療由来として、⁶⁷Ga

(30-94Bq/kg)、^{99m}Tc (80-410Bq/kg)、¹²³I (4-8Bq/kg)、¹³¹I (2-47Bq/kg)、²⁰¹Tl (11-227Bq/kg)、²⁰²Tl (0.3-0.17Bq/kg) が検出された。下水汚泥焼却灰から、医療由来として⁶⁷Ga (23-725Bq/kg)、¹¹¹In (1-3Bq/kg)、¹³¹I (1-4Bq/kg)、²⁰¹Tl (7-1900Bq/kg)、²⁰²Tl (1-34Bq/kg) が検出された。なお、濃度はいずれも採取時刻換算を示す。

3) 一人あたりゴミ収集量 (可燃) 0.5 kg/日とすると、焼却による減量率 0.8 とすると、一日あたり発生焼却灰量 40 t/日となる。そこに、10MBq の I-131 が混入すると仮定すると、濃度 250Bq/kg となる。また、集塵灰への移行が 3 日後と仮定すると 130 Bq/kg となり、環境モニタリング測定で容易に検出する。

4) タンクから距離 5m で F-18 からの線量は 14μSv /3 月間、I-131 からの線量は 8μSv /3 月間はごくわずかであった。外部被曝を考慮しても日常診療での環境への放射性医薬品の放出に伴うリスクは十分に小さい。

5) 結果を表に示す (*:処理場流入後の経過時間推定)。

	Tl-202/ Tl-201	S. D.	経過日数		
			90% C. I.		
病院放流前	0.52%	0.09%	4.5	2.7	5.9
病院床汚染	1.93%	0.23%	12	11	13
	2.01%	0.40%	6.1	5.1	6.9
処理場流入水	1.0%	0.05%	8.4	7.9	8.9
下水処理場汚泥(*)	1.9%	0.10%	3.7	3.2	4.2
	2.3%	0.02%	4.6	4.6	4.7
	2.0%	0.05%	3.9	3.7	4.1
下水処理場焼却灰(*)	9.8%	0.01%	13.2	13.2	13.2
	70.5%	0.02%	24.7	24.7	24.7
	2.3%	0.01%	4.8	4.8	4.9
	1.6%	0.11%	2.6	1.9	3.2
	1.9%	0.16%	3.6	2.8	4.4
下水処理場汚泥溶融スラグ(*)	23.6%	0.04%	18.3	18.3	18.4
	18.4%	0.04%	16.9	16.9	16.9
	21.5%	0.04%	17.8	17.8	17.8
清掃工場飛灰	0.5%	0.27%	3.8	0	7.8

6) 淀川の I-131 の濃度を 2mBq/l、淀川の流量を 163m³/s とすると年間の流入量は 10GBq となる(わが国での年間使用数量の 0.13%)。ここで沈降速度 (cm/s) を植物プランクトン:0.002、デトリタス・無機 SS : 0.0005787、吸着速度(1/s) を植物プランクトン・デトリタス:2×10⁻⁵ とし、分配係数(log Koc) を植物プランクトン:5、デトリタス:5 とすると、大阪湾内の I-131 濃度は 1μBq/l から 1mBq/l となった。海藻類では千倍を超える濃縮率のものがあることから、前処理を迅速に行った場合には、海産物からも検出すると思われた。

4. 結論

1) 下水処理場や清掃工場の焼却灰等の放射性医薬品由来の RN の濃度は十分に低く、再資源利用に放射線防護上の問題はない。また、今後の核医学診療の増加を考慮しても従事者の線量は十分に小さく環境放出基準を見直す必要はない。

2) 生活環境中の RN は、清掃工場や下水処理場に集積することから、放射線緊急時や平常時の都市環境 RN 放出に対するモニタリング場所として有益な可能性がある。

3) 製剤中に混入している ²⁰²Tl と ²⁰¹Tl の比を計測することで環境試料中に検出される ²⁰¹Tl 製剤の患者投与後からの経過時間の概略が推定できる。

4) 今後、環境放射能測定のスAMPLING 範囲が拡大されると海産物から医療由来の I-131 を検出する可能性がある。しかし、その濃度は放射線防護上のリスクとしては無視する。

【謝辞】

本研究は、文部科学省「放射能調査研究」として実施した。製剤中の Tl-202/Tl-201 比は第一ラジオアイソトープ研究所より情報を得た。試料採取にご協力いただいた関係各位に感謝します。