

# 1. 造影剤由来ガドリニウムによる水環境汚染とその影響

## —放射線科医に求められる理解と視点

熊坂 創真

群馬大学医学部附属病院放射線診断核医学科

ガドリニウム (Gd) 造影剤は、1988年の臨床導入以来、MRI診断の発展に不可欠な役割を担ってきた。造影によって診断精度が飛躍的に向上する疾患は多く、世界ではこれまでに累計8億件を超える造影MRIが実施されている<sup>1)</sup>。今日の医療現場において、Gd造影剤は欠かすことのできない医薬品の一つである。

Gdは遊離イオン ( $Gd^{3+}$ ) として存在すると生体に有害となりうるため、臨床ではキレートされた形で使用される。キレートされたGdは熱力学的にも動力学的にも高い安定性を示し、腎臓および肝臓から比較的速やかに排泄される<sup>2)</sup>。しかし、この強固なキレート構造は体外に排泄された後も維持される。一般的な下水処理工程には、こうしたキレートされた化合物を分解・除去する仕組みが備わっていないため、造影剤として使用されたGdの多くが下水処理をほぼ素通りし、水環境中へと流出

する。その結果、自然界の本来のパターンとは異なる特徴的な濃度上昇が観測されるようになり、環境科学の領域では「ヒトの活動を起源としたGd (anthropogenic gadolinium)」として定義され、注目されている。

現時点では、環境中のGdがヒトの健康に影響を及ぼしているという報告はなく、臨床利用による利益はきわめて大きい。一方で、造影剤の使用後の挙動が環境中で可視化されつつあるという事実は、放射線科医にとっても無関係ではない。造影剤として利用されたGdがどのように環境へ放出され、どのような形で残留するのかを理解することは、今後の適正使用や技術開発を考える上で重要な視点となる。

本稿では、造影剤由来のGdの環境動態、生態系への影響、そして、放射線科医が理解すべきポイントについて、既報の科学的エビデンスに基づき整理する。

### 環境中におけるGdの分布と動態

造影剤を起源とするGdは、1990年代以降、世界各地の河川や沿岸水域で一貫して検出されている。最初の報告は1996年のドイツ・ライン川で、自然起源では説明できない明瞭なGd濃度が観察された<sup>3)</sup>。その後、エルベ川、セーヌ川など、ヨーロッパ各地でも同様の異常が確認されており、特に都市部や下水処理場の下流域で高濃度を示すことが報告されている<sup>4)</sup>。こうした結果は、地域におけるMRI利用と環境中のGd濃度が密接に対応することを裏づけるものである。

北米でも同様の傾向が示されている。サンフランシスコ湾では、1993～2013年の20年間に、水中の造影剤由来と考えられるGd濃度が10倍以上に増加し、この増加は、同時期に米国全体でMRI検査の普及が急速に進んだことと並行した傾向を示すと解釈されている<sup>5)</sup>。また、五大湖流域や東海岸の都市河川でもGd異常が報告されており、医療行為に由來したGdの排出が広域の水系に波及していることが確認されている<sup>6)</sup>。

アジアに目を向けると、日本では利根川流域において、最大で自然界に存在する量の65倍に相当するGd異常が検出された。これは、24年前の先行研究と比較して約7.7倍の増加である<sup>7)</sup>。医療機関数やMRI装置数との相関も明らかで、地域の医療利用が水環境に直接