

自然起源放射性物質(NORM) に関する防護上の論点



東京大学環境安全本部
EHS Environment, Health and Safety, UTokyo

商標登録出願中(商願2020-124099)

飯本武志

自然起源放射性物質

Naturally Occurring Radioactive Materials

モナザイト、リン鉱石、
チタン鉱石、鉍物砂 等

■ 産業用製品、肥料、…

✓ Ce(セリウム)

レンズの研磨材，磁石や合金の材料，触媒，
ガラスの着色剤

✓ La(ランタン)

光学ガラス，コンデンサーなどの電子部品，
合金，超伝導材料

✓ Nd(ネオジウム)

ガラスの着色剤，レーザー発光体
その他，ライターやガスコンロの着火材料としても



人為的に高められたNORM

- NORMを原材料にして人為的な過程を経たもの
(例) 産業活動の過程で、意図せずに自然放射性物質が濃縮され、結果として放射線量が高くなった物質
 - 幅広い分野で多くの人に使用されているもの(一般消費財)
 - 火力発電等で発生する大量の石炭灰(フライアッシュ)
 - 原油掘削や製油の過程等で発生するスケール、スラッジ

TENORM

Technologically Enhanced NORM

- NORM と TENORM の間に
厳密な境界線を引くことは困難
(NORMとして一括で扱われる)



NORM放射線防護の難しさの背景

- 実態が必ずしも明確でないケース
- 物量がきわめて大きいケース
- 存在場所の範囲の同定が困難なケース
- 放射能の強さの幅が何桁にも広がっているケース
- 歴史的に(放射性物質とは知らずに)使用してきたケース
- 人間活動の過程で副次的に産まれてしまっているケース
- 重要な文化の一部としてすでに定着しているケース 等

自然放射性物質(NORM)の放射線防護を考える際には、
具体的で、可能な限りに系統的な情報が必要で、
それらを総合的に分析し、ステークホルダーとの対話を経て、
対応の方針を慎重に判断することが求められる。

典型的なTENORM生成メカニズム

(例)リン鉱石の採掘、肥料製造等

- リン鉱石採掘や埋立て跡地の利用、リン酸肥料や副産物の製造、使用等
- **堆積型鉱床**のフロリダやモロッコ産などが濃度が高く、火成岩起源のコラ産などは低い傾向
- ✓ リン鉱床の形成年代がウラン系列の中で ^{238}U に次いで半減期の長い ^{234}U ($2.48 \times 10^5\text{y}$)に比べて十分古ければ、系列核種は放射平衡かそれに近い状態にあるはず
- ✓ 一方、肥料製造過程でのさまざまな物理的・化学的処理で、系列核種間に分別が起こり、リン酸肥料として完成したときには放射平衡度に大きな幅がみられる

【メカニズム】

- 生物が食物からリン酸を濃縮する（特に脊椎動物（鮫、鯨、海牛など）は体内で微量のフッ素を含んだリン酸カルシウム（アパタイト）をつくり骨や歯などの成分にする）
- リン酸カルシウムが遺体の分解によって環境に放出される
- リン酸カルシウムが石灰、鉄、アルミニウムなどと結合して海底で沈澱堆積しつつ、海水中の微量のウランを長い年月をかけて取り込む（Caと4価のUの同形置換）
- 化石化したリン酸塩が地殻の変動で隆起、地層中に埋没したものが堆積型リン鉱床となる

NORMに関する「被ばく状況」の整理

- ✓ GSR-Part3にて「計画被ばく状況」と「現存被ばく状況」濃度的な**区分**は一応明確に
- ✓ 「計画被ばく状況」と「現存被ばく状況」の現場や現物の**区別**のための具体的な方法は...

計画被ばく状況

- 放射線を出す性質、またはそのような物質の性質を意図して採取、加工、利用、処分
目的をもって取扱う

現存被ばく状況

- 放射線を放出する性質を意図せず、その物質を利用
- 歴史的に長い関係性をもつ
既に被ばくの経路が存在

日本のNORM対応に関して期待すること

- 国際整合性の観点での基本部会報告書の更新を
 - 国際文書 ICRP Pub. 142、IAEA GSR-Part 3, DS459, GSG-7 等に基づく見直し
 - 越境・輸送 等、特に輸出入に絡む事案への配慮も
 - ✓ 対応の具体化と共に、セキュリティ技術(輸送物確認)におけるNORMの位置づけを整理し必要となる技術開発(アラームの解釈支援など)も
 - 国内規制を目的とした法整備までは(現時点では) 必要ないか
- 海外進出企業への国としての支援を
 - 詳細な国内向けガイドがなく、国外現地支援のための公的根拠が弱くなる傾向
 - ✓ 経済産業省、資源エネルギー庁、外務省 等

日本のNORM対応に関して期待すること

- NORM案件に精通した当局／産業界の人材育成
 - 社会科学や人文科学の最新知見も取り入れた分野横断型・協働型の教育・トレーニングプログラムの開発
 - ステークホルダー間の積極的な協力関係が生まれるような枠組みの中で、関連情報の共有を加速
- 安定的で力強い放射線リテラシーの醸成の軸に
 - 継続的な市場調査及び環境分布・動態調査と要因分析
 - 目的に応じた有効な調査手法の体系化と標準化
 - 関連する最新情報の戦略的なアウトリーチ
 - ✓ 環境省、文部科学省、経済産業省、消費者庁、内閣府 等
- 分野を超えた包括的なリスクマネジメント(化学物質リスクと放射線リスク等)の枠組みの開発

【参考】 国際的な規準等に関する考え方の平成15年以降の変遷について

報告書	管理する基準・対象に係る記載の概要
2007年 国際放射線防護委員 会の2007年勧告 (Pub. 103)	<ul style="list-style-type: none"> ○現存被ばく状況：自然バックグラウンド放射線やICRP勧告の範囲外で実施されていた過去の行為の残留物などを含む，管理に関する決定をしなければならない時点で既に存在する状況。 ○参考レベルのバンド(1mSv~20mSv)：異常に高い自然バックグラウンド放射線又は事故後の復旧段階を含む被ばく状況も，このバンドに含まれることがある。
2014年 国際基本安全基準 (GSR Part 3)	<ul style="list-style-type: none"> ○自然線源による被ばくは、一般的には現存被ばく状況と見なされ、5章の要件に従う。ただし、以下の被ばくには、3章の計画被ばく状況に該当する要件が適用される： <ul style="list-style-type: none"> a 3.1項に定められている全ての行為における、ウラン壊変系列又はトリウム壊変系列中の放射性核種の放射能濃度が1 Bq/g以上又は40Kの放射能濃度が10 Bq/g以上の物質による被ばく b 上記aに定める物質を含む行為から生じる放射性廃棄物の排出又は管理により生じる公衆被ばく ○政府又は規制機関は、どの行為又は行為における線源が、本基準の要件の一部又は全てから免除されるのかを決定しなければならない。自然起源核種については、附則 I で以下の様に規制免除レベルが与えられている。 <ul style="list-style-type: none"> ・中程度(固体、液体、気体)の場合は、1996年版BSS免除レベルと同じ値 ・大量(固体)の場合は、自然バックグラウンドの放射線による典型的な線量に見合った年間1 mSvのオーダーの線量基準を用いて、個別に検討する必要がある。
2018年 職業上の放射線防護 (GSG-7)	<ul style="list-style-type: none"> ○現在公表されている職業被ばくの測定を考慮に入れて、以下の産業活動は、計画被ばく状況の要件の対象であるか、対象となるかもしれない。 <ul style="list-style-type: none"> ウラン鉱石の採鉱と処理/希土類元素の抽出/トリウムとその化合物の生産と使用/ニオブ及びフェロニオブの生産/ウラン鉱石以外の鉱石の採掘/石油とガスの生産 /二酸化チタン顔料の製造/リン酸産業における活動/ジルコンとジルコニア産業における活動/スズ、銅、アルミニウム、亜鉛、鉛、鉄、鋼の製造/石炭燃焼/水処理
2019 工業過程における自然起源放射性物質(NORM)からの放射線防護(Pub. 142)	<ul style="list-style-type: none"> ○作業者の防護のための参考レベル(ラドンとトロンからの被ばくを除く)は、被ばくの分布を反映すべきであり、ほとんどのケースにおいて、年実効線量で数mSv以下であろう。大変まれなケースでは、年実効線量で10 mSvを超える値が必要になるだろう。 ○公衆の防護のための参考レベルは、被ばくの分布を反映すべきであり、一般的に年実効線量で数mSv以下であろう。