

NORM(自然起源放射性物質)に係る 国際動向

原子力規制庁長官官房放射線防護グループ
放射線防護企画課
令和4年11月1日

NORM(自然起源放射性物質)に係る勧告・要求等の推移

○ICRP.Pub.103(2007年勧告)以降のNORMに係る主な勧告等

- ICRP. Pub.115「ラドンと子孫核種による肺がんのリスク・ラドンに関するICRP声明」(平成23年)
- ICRP. Pub.126「ラドン被ばくに対する放射線防護」(平成26年)
- IAEA. GSR Part.3「放射線防護と放射線源の安全:国際基本安全基準」(平成26年)
- IAEA. SSG-32「ラドンおよびその他の自然放射線源による屋内被ばくに対する公衆の防護※」(平成27年)
- ICRP. Pub.142「産業工程における自然起源放射性物質(NORM)からの放射線防護」(令和元年)
- IAEA. SSG-60「ウラン生産およびその他の活動における自然起源放射性物質を含む残留物の管理※」(令和3年)

※IAEA.SSG-32及びSSG-60に関しては、事務局の訳によるもの。

(参考)放射線審議会基本部会が、平成15年10月に「自然放射性物質の規制免除について」を取りまとめた際に参考とした勧告等

- ICRP. Pub.60「国際放射線防護委員会の1990年勧告」(平成2年)
- ICRP. Pub.65「家庭と職場におけるラドン-222に対する防護」(平成5年)
- IAEA. SS-115「国際基本安全基準」(平成8年)
- ICRP. Pub.82「長期放射線被ばく状況における公衆の防護」(平成11年)

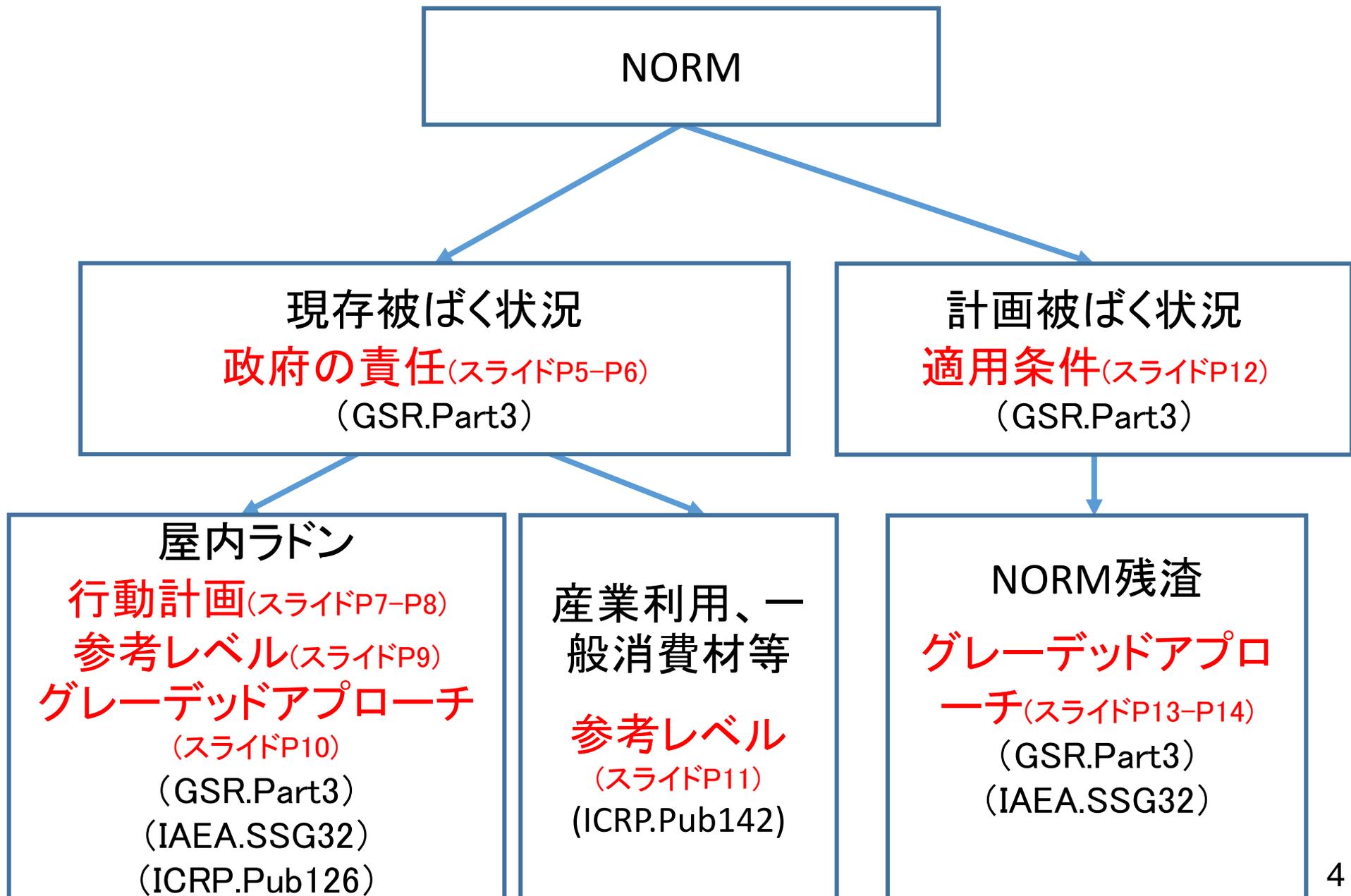
NORM(自然起源放射性物質)に係る勧告・要求等の概要1

刊行物	主な内容
ICRP (Pub.115)「ラドンと子孫核種による肺がんのリスク・ラドンに関するICRP声明」(平成23年)	<ul style="list-style-type: none">・肺がんのリスクに関する新しい疫学的知見(ラドン被ばくについての損害(デトリメント)で調整された名目リスク係数を、以前に推量されていた係数のおよそ2倍にすべきであるという結論)を考慮して、ラドンによる年間線量のレベルを10mSv程度にすることを基本とし、住居におけるラドン・ガスの参考レベルの上限値を改訂(600Bq/m³→300Bq/m³)。
ICRP (Pub.126)「ラドン被ばくに対する放射線防護」(平成26年)	<ul style="list-style-type: none">・建設目的や居住者の状況にかかわらず、すべての建物を対象としたラドン被ばくに対する防護に関して、統合的なアプローチを勧告。・委員会は10mSvのオーダーの値がラドン被ばくの参考レベルを設定する際のベンチマークでなければならないと考える。・住宅における²²²Rnの誘導参考レベルの上限値として、300Bq/m³を使用することを引き続き勧告。・職場に対しては、職場の防護要件を適用するため1,000Bq/m³の導入レベルに換えて特定のグレーデッドアプローチを実施すべきである。・国のラドン防護戦略は、国のラドン行動計画に基づき、関連するステークホルダーの関与の下で実施すべき。国の行動計画は、定期的にレビューすべき。
IAEA(SSG-32)「ラドンおよびその他の自然放射線源による屋内被ばくに対する公衆の防護」(平成27年)	<ul style="list-style-type: none">・自然放射線源による屋内被ばくから公衆を保護するための適切な措置の特定及び実施を目的とした安全指針。・ラドン濃度が公衆衛生の懸念になると特定される場合、政府は現存及び将来の建物のラドン濃度を低減するため行動計画を制定することが望ましい。・GSR Part 3は一般的に年間平均²²²Rn濃度が 300 Bq/m³を超えない範囲で社会的・経済的状況を考慮し参考レベルが設定されることを要求している。参考レベルは住居と滞在係数の高い建物に適用されるべきである。・国のデータが特定の州で平衡係数若しくは滞在係数が想定と著しく異なる場合、年間実効線量が10mSv程度 (order of 10 mSv) を超えない範囲で300 Bq/m³を超える参考レベルが適切かもしれない。

NORM(自然起源放射性物質)に係る勧告・要求等の概要2

刊行物	内容
ICRP(Pub.142)「産業工程における自然起源放射性物質(NORM)からの放射線防護」(令和元年)	<ul style="list-style-type: none">・様々な産業工程におけるNORMの取り扱いのための優れた枠組みを提供。・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、一般に年間実効線量で数mSv未満になる。・作業者の防護のための参考レベル(ラドンとトリウムによる被ばくを除く)は、被ばくの分布を反映すべきであり、大部分の場合、年間実効線量で数mSv未満であろう。非常にまれに、10 mSvの年間実効線量を超える値が必要となることがある。・作業者の防護のためのグレーデッドアプローチが勧告される。・排出物、廃棄物、残渣など、NORMが含まれる建築材の利用はNORMによる公衆被ばくの一つの経路と考えられ、上述の通り公衆被ばくの参考レベルは年間実効線量で数mSv未満が適用される。
IAEA(SSG-60)「ウラン生産およびその他の活動における自然起源放射性物質を含む残留物の管理」(令和3年)	<ul style="list-style-type: none">・ウラン生産に加え、レアアース元素の抽出、トリウムとトリウム化合物の生産、 tantalum・ニオブ・フェロニオブの生産、ウラン鉱石以外の鉱石採掘、油・ガスの生産、酸化チタン顔料の製造、ジルコン及びジルコニア産業、燐酸塩産業、錫・銅・アルミニウム・亜鉛・鉛・鉄鋼の生産、石炭の燃焼、水処理などを対象とする。・<計画被ばく>・広範囲のNORM活動から生じるNORM残渣を考える場合、NORM管理の防護と安全のためにグレーデッドアプローチを採用することが重要。・計画被ばく状況における公衆に対する線量限度は実効線量1mSv/年であり、政府若しくは規制機関は線量拘束値を認める・設定する必要がある。・<現存被ばく>・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1Bq/gを超えないかつ⁴⁰Kの放射能濃度が10 Bq/gを超えない物質による被ばくは現存被ばく状況に該当。・1mSv/年を超えないNORM残渣の現存被ばく状況では、更なる放射線制御に関する行動は通常保証されない。

本日の説明内容(概念図)



現存被ばく状況に関する要件 (IAEA GSR Part3)

5.1. 5章の現存被ばく状況に関する要件は、以下に適用される:

(a) 下記から生じる残留放射性物質に由来する地域の汚染による被ばく:

- (i) 規制上の管理の対象でなかった又は規制上の管理の対象であったが本基準に準拠していなかった過去の活動
- (ii) 緊急事態の解除が宣言された後の、原子力又は放射線緊急事態 (4.20 項で定める)。

(b) 5.1 項(a)に述べるような残留放射性物質に由来する放射性核種を含む食品、飼料、飲料水及び建材などの日用品による被ばく。

(c) 下記を含む自然線源による被ばく:

(i) ウラン壊変系列又はトリウム壊変系列の他の放射性核種による被ばくが計画被ばく状況として管理されている作業場以外の作業場における、また公衆の構成員の滞在係数(居住係数)が高い住居及び他の建物における、 ^{222}Rn とその子孫核種及び ^{220}Rn とその子孫核種

(ii) 放射能濃度に関わらず、食品、飼料、飲料水、農業用肥料及び土壌改良を含む日用品、建材並びに環境中の残留放射性物質など、自然起源の放射性核種

(iii) 上記(c)(ii)以外の、ウラン壊変系列又はトリウム壊変系列のいずれかに属するいかなる放射性核種の放射能濃度も 1 Bq/g を超えず、かつ ^{40}K の放射能濃度が 10 Bq/g を超えない物質

(iv) 航空機乗務員及び宇宙飛行士の宇宙放射線被ばく。

現存被ばく状況に係る政府の責任 (IAEA GSR Part3)

要件 47: 現存被ばく状況に係る政府の責任

政府は、どのような職業被ばく及び公衆被ばくが放射線防護の観点から重要かについて決定するために、特定された現存被ばく状況が評価されることを確実にしなければならない。

5.2. 政府は、現存被ばく状況が特定されるとき、防護と安全確保の責任が割り当てられ適切な参考レベルが確立されることを確実にしなければならない。

5.3. 政府は、防護と安全のための法律及び規制の枠組み(2章参照)に、現存被ばく状況を管理するための規定が盛り込まれていることを確実にしなければならない。政府は、法律と規制の枠組みの中で、適宜:

- (a) 現存被ばく状況の範囲に含まれる被ばく状況を指定しなければならない
- (b) 修復措置及び防護措置が正当化されると判断されたとき、被ばく低減のために作成された防護戦略の基本となる一般原則を定めなければならない
- (c) 規制機関と他の関連する当局、また必要に応じて修復措置や防護措置の適用に関与する登録者、許可取得者及び他の関係者に対して、防護戦略の確立と実施のための責任を割り当てなければならない
- (d) 防護戦略の作成と実施に関する決定への関心のある人々の関与について、必要に応じて定めなければならない

5.4. 現存被ばく状況のための防護戦略の確立を割り当てられた規制機関又は他の関連当局は、同計画が以下について定めていることを確実にしなければならない:

- (a) 防護戦略によって達成される目的
- (b) 適切な参考レベル

国のラドン行動計画(その1:IAEA文書の記載)

GSR Part3要件50(屋内ラドンによる公衆被ばく): 政府は、屋内ラドンレベルの情報と関連する健康リスクの情報を提供しなければならず、**適切な場合**、屋内ラドンによる公衆被ばく管理のための行動計画を確立し実施しなければならない。

5.19. 5.3 項に定める責任の一環として、政府は以下を確実にしなければならない:

- (a) 公衆の構成員の滞在係数の高い住居や他の建物内におけるラドンの放射能濃度の情報を、代表的なラドン調査など適切な方法によって収集する
- (b) 喫煙に関連する増加したリスクを含む、ラドンによる被ばくと付随するリスクについての関連情報を公衆の構成員と他の関心のある人々へ提供する。

(SSG32) ラドン濃度が公衆衛生に懸念を来す場合、政府は現存及び将来の建物のラドン濃度を低減するための協調的行動からなる行動計画を定めることが望ましい。行動計画は国の当局によって実施されるべきであり、当局が以下の要件に従うことを要求するであろう。

- (a) 公衆の構成員による滞在係数が高い住居や他の建築物に対して ^{222}Rn の適切な参考レベルを設定する(参考※)。
※ その時点で広く見られる社会的及び経済的状況を考慮して、通常は ^{222}Rn の年平均放射能濃度の 300 Bq/m^3 を超えない、公衆の構成員による滞在係数が高い住居や他の建築物における ^{222}Rn の適切な参考レベルを設定する。
- (b) ラドンの行動計画の範囲とする、幼稚園、学校、病院などの公衆の構成員による滞在係数が高い他の種類の建築物を決定する。
- (c) オフィスや工場などの職場における ^{222}Rn の適切な参考レベルを設定する。
- (d) 公衆の構成員による滞在係数が高い住居や他の建築物における ^{222}Rn の対策を促進する。
- (e) ^{222}Rn の発生しやすいエリアを特定する。
- (f) その措置が最も有効であると思われる状況において、 ^{222}Rn の放射能濃度の低減措置に優先順位を与える。必要に応じて飲料水供給中の ^{222}Rn 濃度を低減することや建築材に含まれるラジウムを制御することなどが含まれる。
- (g) ^{222}Rn の侵入を防止し、また必要に応じてさらなる措置を容易にするための適切な予防措置と是正処置を、建築基準法に包含する。
- (h) ^{222}Rn による被ばくを制御および低減するための措置(かかる措置が義務的であるか自発的であるかを決定することを含む)を実施する。
- (i) 行動計画の成果を評価する。

国のラドン行動計画(その2:ICRP.Pub126の記載)

国の当局がラドン防護戦略が国内で正当化されるか否かを判断するためには、公衆衛生に関する優先事項や社会的・経済的要因について考慮するだけでなく、ラドン濃度評価やラドン高濃度地域の特定といった状況把握が必要(64)

国のラドン行動計画の概要

○最適化の原則を実施することによって、屋内ラドンの被ばくによる集団全体のリスクと個人のリスクを低減することを目的として国の当局は関連するステークホルダーの関与を得て、ラドン行動計画を策定するとともに定期的にレビューすべき。

○ラドン全国調査を実施する際は、広く認められている測定装置や測定手順を用いて、その国の公衆のラドン被ばくを代表するようなラドン濃度を決定すべき。重要となる2つのポイントは以下のとおり。

- ・屋内ラドンに対する一般公衆の被ばくの平均値と被ばくの分布を推定すること。
- ・きわめて高い屋内ラドン濃度が確認される傾向が高い地域を特定すること。

○ラドンマップは、ラドン濃度が高い住宅や建物を探しだす最適な手段として、また、新しい建造物の計画と建築時に、特別な予防対策を必要とするエリアを特定する手段として使用することができる。

○国の行動計画では、学校、幼稚園、介護施設、病院、刑務所など、広く公衆に利用される建物には優先権が与えられているが、そのような一般公衆が出入りする建物に配慮すべき。

○誘導参考レベルを遵守するために、予防対策と緩和対策を実施すべき。

<予防対策>

- ・地方や地域の土地利用計画プロセスを実施する際は、少なくともラドン高濃度地域では、地質条件等が大きく異なることによる屋内ラドン濃度のばらつきを考慮に入れるべきである。
- ・国、地方、あるいは地域の当局は、建築中または大がかりなリフォーム中の住宅や建物に対して、ラドン予防策を要求する建築法規または建築基準の施行を考える必要がある。

<緩和対策>

- ・ラドンの測定手順が策定され、定期的にレビューされ必要に応じて更新されるべきである。
- ・ラドン被ばくの緩和を達成する主な方法は、ラドンが居住空間に流れ込まないようにすることと、受動的な手法と能動的な手法の両方を使って、屋内空気からラドンを除去すること。

ラドン被ばくの管理に関する誘導参考レベル

ICRP Pub.65における 対策レベル	住居	200-600Bq/m ³ を勧告
	作業場	500-1500Bq/m ³ を勧告
ICRP Pub.103における 誘導参考レベル	住居	上限値として600Bq/m ³ を勧告
	作業場	上限値として1500Bq/m ³ を勧告
ICRP Pub.115における 誘導参考レベル	住居	上限値として300Bq/m ³ を勧告
	作業場	現存被ばく状況で職業上の放射線防護要件を適用するための出発点として1000Bq/m ³ を勧告
IAEA GSR Part.3 における 誘導参考レベル	住居	通常は300Bq/m ³ を超えない範囲で設定
	作業場	1000 Bq/m ³ を超えない値に設定
ICRP Pub.126における 誘導参考レベル	住居	上限値として300Bq/m ³ を勧告 (100-300Bq/m ³ の中で合理的に達成できる数値を推奨)
	作業場	グレーデッドアプローチを適用(次ページを参照)

対策レベル: 汚染された土地の単位面積当たりの放射能のような何らかの測定できる量の値であって、その値以上ではおそらくある与えられた防護対策が介入を正当化するのに十分大きい回避年線量を達成できるような値(1990年勧告で使われていた概念)

誘導参考レベル: 線量で設定される参考レベルに対する、実用量または測定可能な量として表された数値。

ラドン被ばくの管理に関するグレーデッドアプローチ

作業員に対するグレーデッドアプローチ (ICRP Pub.126)

第1段階: 職業被ばくではないと考えられるすべての職場において、国の誘導参考レベル(300 Bq /m³以下)を用いて作業場所を管理し最適化プロセスを実施(※)。

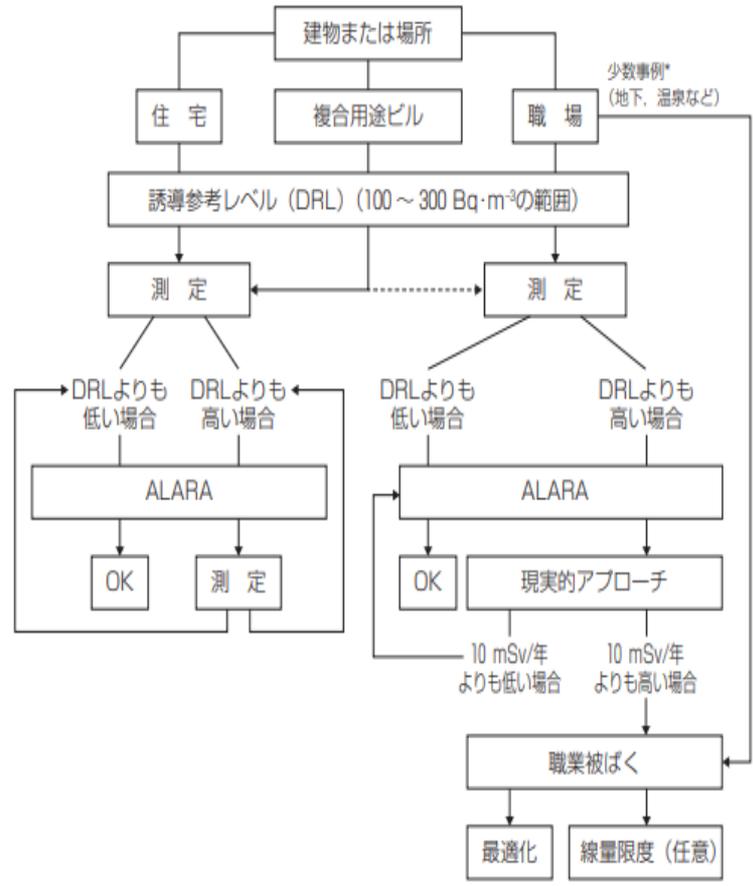


第2段階: 職場において、屋内のラドン濃度を誘導参考レベル未満に保つことが困難な場合は、被ばく状況の実際のパラメータ(実際の滞在時間、ラドン子孫核種の測定など)を考慮に入れて、ラドン被ばくの評価を行い、算出した線量を10 mSv/年の線量参考レベルと比較して、さらなる対策の必要性和種類を決定する。



第3段階: ラドン被ばくを低減するあらゆる合理的な努力にもかかわらず、個人線量が持続して10 mSv/年を超えている職場については、作業員は職業被ばくを受けていると見なされるべき。いかなる場合も個人線量は現存被ばく状況の参考レベルとして設定されている1~20 mSv のバンドの上限値を超えないようにする必要がある。

ラドン被ばくの管理に関する一般的なアプローチ(ICRP Pub.126)



※測定されたラドン濃度と実効線量の関係は、平衡係数や被ばく時間など、場所によって大きく変わり得るパラメータに依存しているので、ある職場で誘導参考レベルを超えたとしても、これは必ずしも約10mSvの年線量に想定する線量参考レベルを超えることを意味するわけではない。

NORM(ラドン以外)に関する参考レベル

ICRP Pub.82	<p>○ほとんど常に正当化できる介入に対する 一般参考レベル 100 mSvまで</p> <p>○正当化されるかもしれない介入に対する 一般参考レベル > ~10 mSv</p> <p>○正当化されそうにない介入に対する 一般参考レベル < ~10 mSv</p>
ICRP Pub.103	<p>○現存被ばく状況の参考レベルは、予測線量1mSvから20mSvのバンドに通常設定すべきである。</p>
GSR Part.3	<p>○現存被ばく状況の参考レベルは、典型的に、1~20 mSv の範囲の代表的個人に対する年間実効線量又は他の相当する数量、状態を管理する実現可能性や過去の類似する状態の管理経験に基づく実際の値として、表示されなければならない。</p> <p>○規制機関又は他の関連当局は、建材、食物や飼料、飲料水のような日用品に含まれる放射性核種による被ばくのために個別の参考レベルを確立しなければならない。それらは典型的には代表的個人への年間実効線量として表現されるかそれに基づかねばならず、これは通常はおよそ 1 mSv の値を超えないものである。</p>
ICRP Pub.142	<p>○作業者の参考レベル:NORMを伴う産業は多様であるため、すべての産業に対し参考レベルとして適切な一つの値は存在しない。適切な参考レベルは、以下の通りであることに留意し、被ばく状況の特徴、特に現実的で潜在的な被ばく経路、個人線量分布、最適化の見通しに基づき、委員会によって勧告される1~20 mSvのバンドに基づいて選択することができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどの場合、年間数mSv未満。 ・数mSvを上回るか、必要となるまれな場合を除き10 mSv/年を超えない。 <p>○公衆の防護のための参考レベル:年間数mSv未満を選択すべき。実際には、1mSv/年未満の参考レベルが適切かもしれない。</p>

一般参考レベル: 現存年線量(与えられた場所において個人が受ける現存のおよび持続している全年線量の全て)で示され、それを超えれば介入のような対策等を考えるべき測定可能な量。

参考レベル: 緊急時又は現存の制御可能な被ばく状況において、それを上回る被ばくの発生を許す計画の策定は不適切であると判断され、またそれより下では防護の最適化を履行すべき線量又はリスクのレベル

NORM管理への計画被ばく状況の要件適用 (IAEA GSR Part3)

IAEA GSR Part.3

3.4. 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:

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1Bq/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

(中略)

要件6: グレーデッドアプローチ※

計画被ばく状況における本基準の要件の適用は、行為又は行為内の線源の特性及び被ばくの起こり易さと大きさに見合ったものでなければならない。

3.6. 本基準の要件の適用は、グレーデッドアプローチに従わなければならない、また規制機関が定めるいかなる要件にも適合しなければならない。ただし、本基準のすべての要件があらゆる行為や線源又は3.5項に定めるすべての活動に関係しているわけではない。



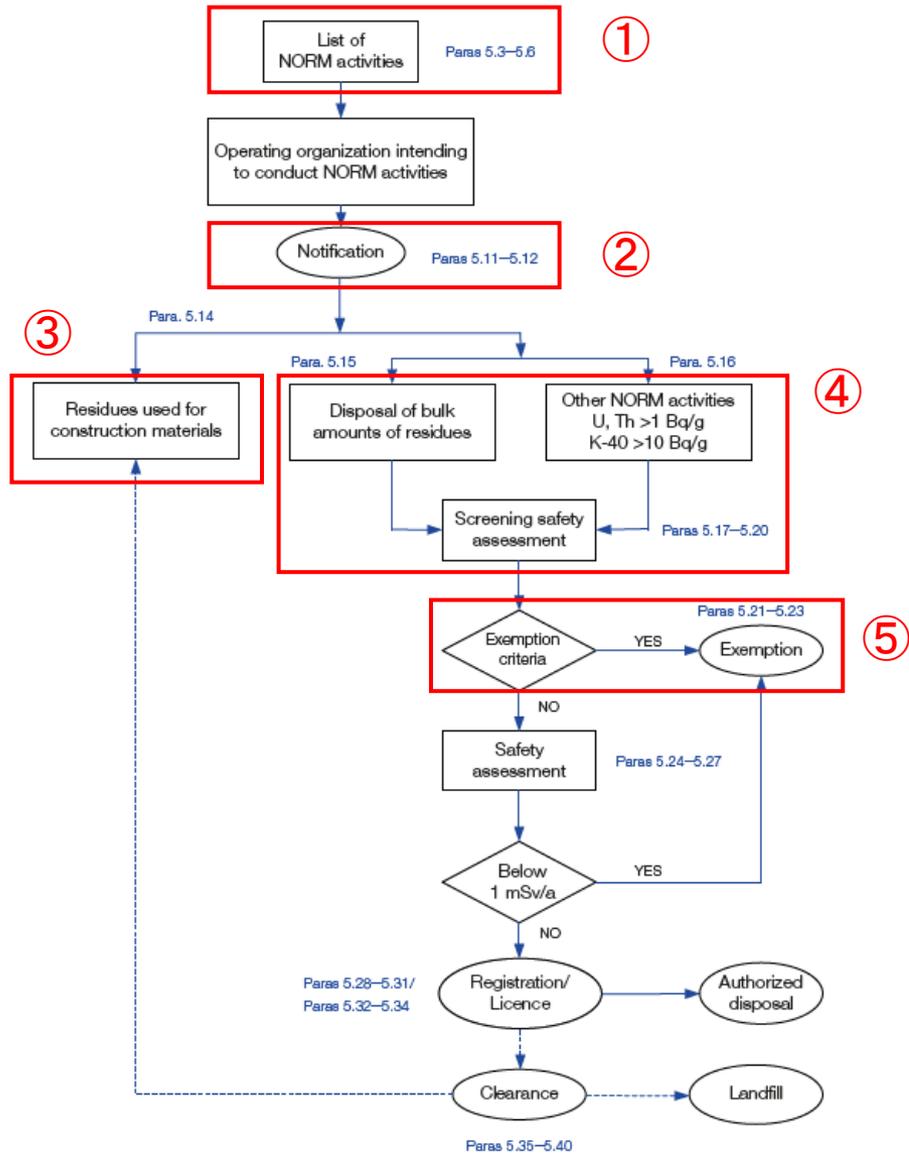
IAEA SSG.60にて、NORM残渣の管理に計画被ばく状況の要件が適用される際のグレーデッドアプローチ(次ページ)が示されている。

(3.1項に定められている全ての行為)

- (a) 放射性物質、密封線源や非密封線源などの放射性物質を含有する装置及び一般消費財の生産、供給、提供及び輸送;
- (b) 線形加速器、サイクロロン及び固定式と可動式のX線撮影装置を含む放射線を発生する装置の生産及び供給;
- (c) 核燃料サイクルに関連する放射線被ばく又は放射性物質による被ばくを伴うかその可能性のあるすべての活動を含む原子力発電;
- (d) 医療、産業、獣医学、農業、法律若しくはセキュリティ目的の放射線又は放射性物質の使用及びそのような使用が放射線被ばくに影響を及ぼす可能性のある関連設備、ソフトウェア又は装置の使用;
- (e) そのような使用が放射線又は放射性物質による被ばくを伴うかその可能性のある活動を含めた、教育、訓練若しくは研究のための放射線又は放射性物質の使用;
- (f) **放射性物質による被ばくを伴う原材料の採掘及び処理;**
- (g) 規制機関が定めるその他の行為。

※IAEA GSR Part3の訳文ではグレード別アプローチと訳出しているが、Nuclear safetyでの訳語の統一性を考慮しグレードデッドアプローチの訳語を採用している。

計画被ばく状況の適用におけるグレーデッドアプローチ (IAEA SSG.60)



① 運営組織や規制機関などにより、規制上の懸念の可能性があるNORM活動のリストを作成。

② 施設の運営などを行う個人または組織は、規制機関に通知を提出。

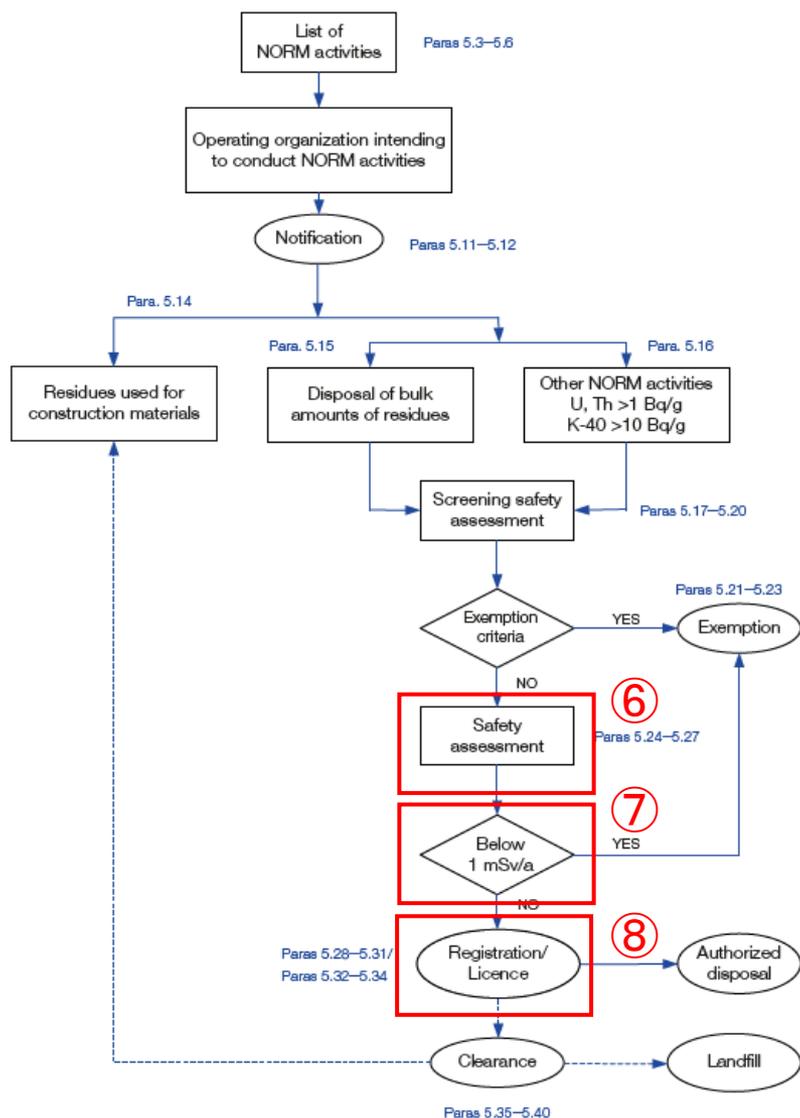
③ NORM残渣を建築材にリサイクルするためには、規制機関によって参考レベルが設定される必要がある。また、製造者や消費者は関係機関に建築材の放射能濃度の情報を提供するべき。

④ NORM活動に大量の残留物の処分が含まれる場合、又はウラン壊変系列またはトリウム壊変系列の放射性核種の放射能濃度が1 Bq/g (または⁴⁰Kの放射能濃度が10 Bq/g) を超える場合、スクリーニング評価を実施。

⑤ NORM活動の場合、その活動からの労働者と一般市民 (スクリーニング評価で決定) への線量が1年で1 mSv以内であり、NORM活動が環境リスクをもたらさない場合、免除の一般基準は満たされている。

FIG. 1. Stepwise and graded approach to the regulatory control of naturally occurring radioactive material (NORM) residues in accordance with GSR Part 3 [4].

計画被ばく状況の適用におけるグレーデッドアプローチ (IAEA SSG.60)



⑥評価により、予測線量が1年に1 mSvを超える可能性がある場合、規制機関と合意した期間、より詳細な安全性評価を実施。

⑦安全性評価により、線量が1年に1 mSv程度 (of the order of 1 mSv) である場合でも、規制機関は、規制検査と同様に、運営組織や機関による監視の強化などの特定の条件に従って、部分的な免除を認めることができる。

⑧予測線量が1年に1mSv程度 (of the order of 1 mSv) である場合 (1年に1 mSvをわずかに超える可能性がある場合)、規制機関は登録により行為を承認することができる。

また、安全性評価により、線量が1年で1 mSvを超えることが示された場合、さらなる規制を組み込んだ規制認可が必要かつ適切であり、これらの規制は規制機関によるライセンスの付与を通じて運営組織に課されるべきである。

FIG. 1. Stepwise and graded approach to the regulatory control of naturally occurring radioactive material (NORM) residues in accordance with GSR Part 3 [4].