

輸送関連事象のINES評価について

1. ガイダンスの範囲

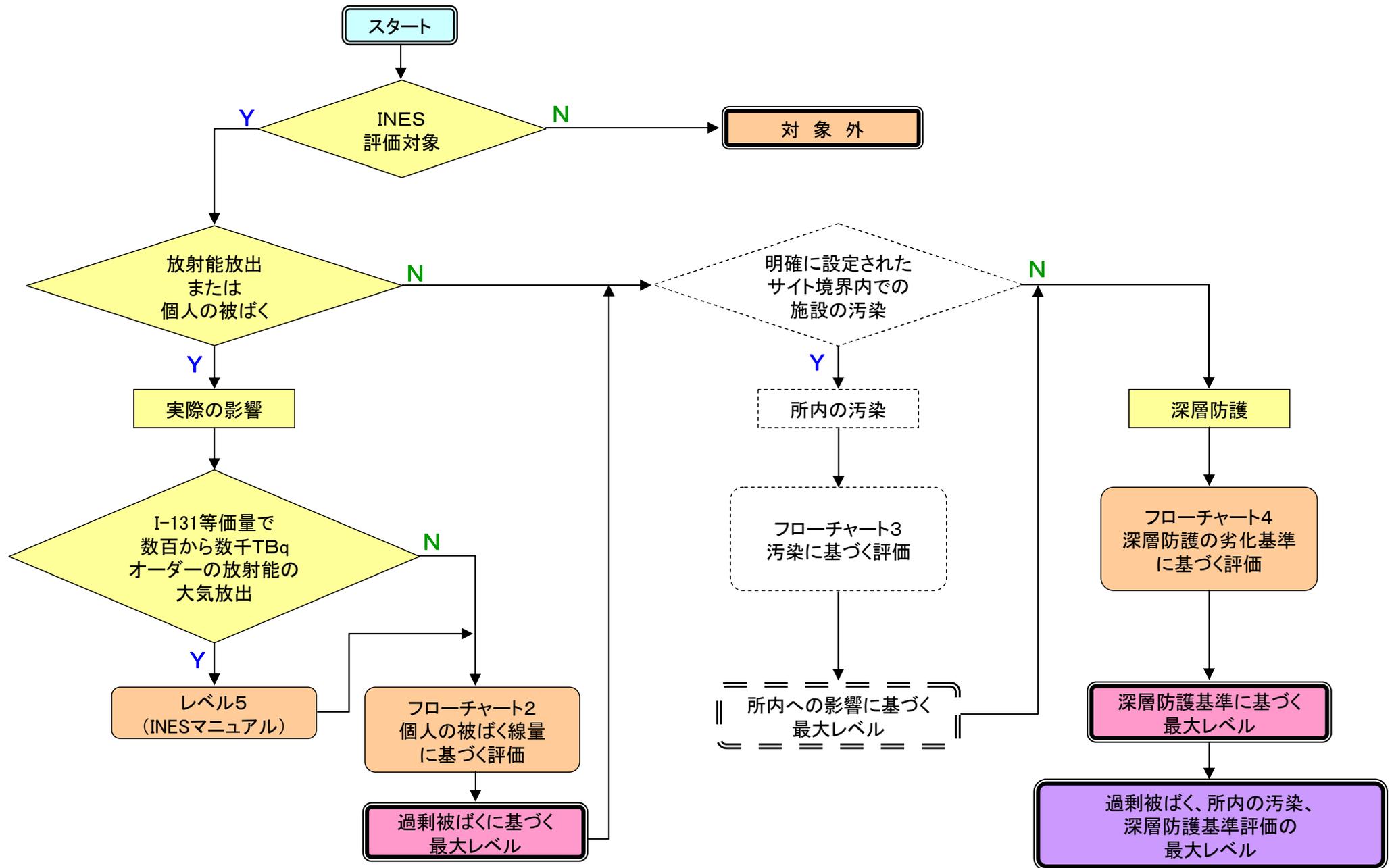
本ドラフト追加ガイダンスは、事象が施設内で発生したかどうかにかかわらず放射線源及び輸送に関連する全事象（線源や輸送物の紛失・盗難を含む）に適用する。対象施設には、原子力施設、産業施設、医療施設及び研究施設を含む。さらに、このガイダンスはスクラップ金属の取引で不注意に輸送された「身元不明」線源の紛失や発見を含む事象に対しても使用できる。

2. 事象の評価(共通事項)

現在のINESマニュアル(INESユーザーズ・マニュアル2001年版)は、事象による主要な3種類の影響を考慮している(放射能の放出と一般人の被ばく、施設内の放射線の影響と従業者の被ばく線量及び深層防護)。ここで示す基準は放射線源及び輸送事象で利用しやすいよう、少し異なった構成(放射線作業従事者・一般国民の個人の被ばく線量と環境への実際の放出、施設内での放射線の影響及び深層防護)になっている。

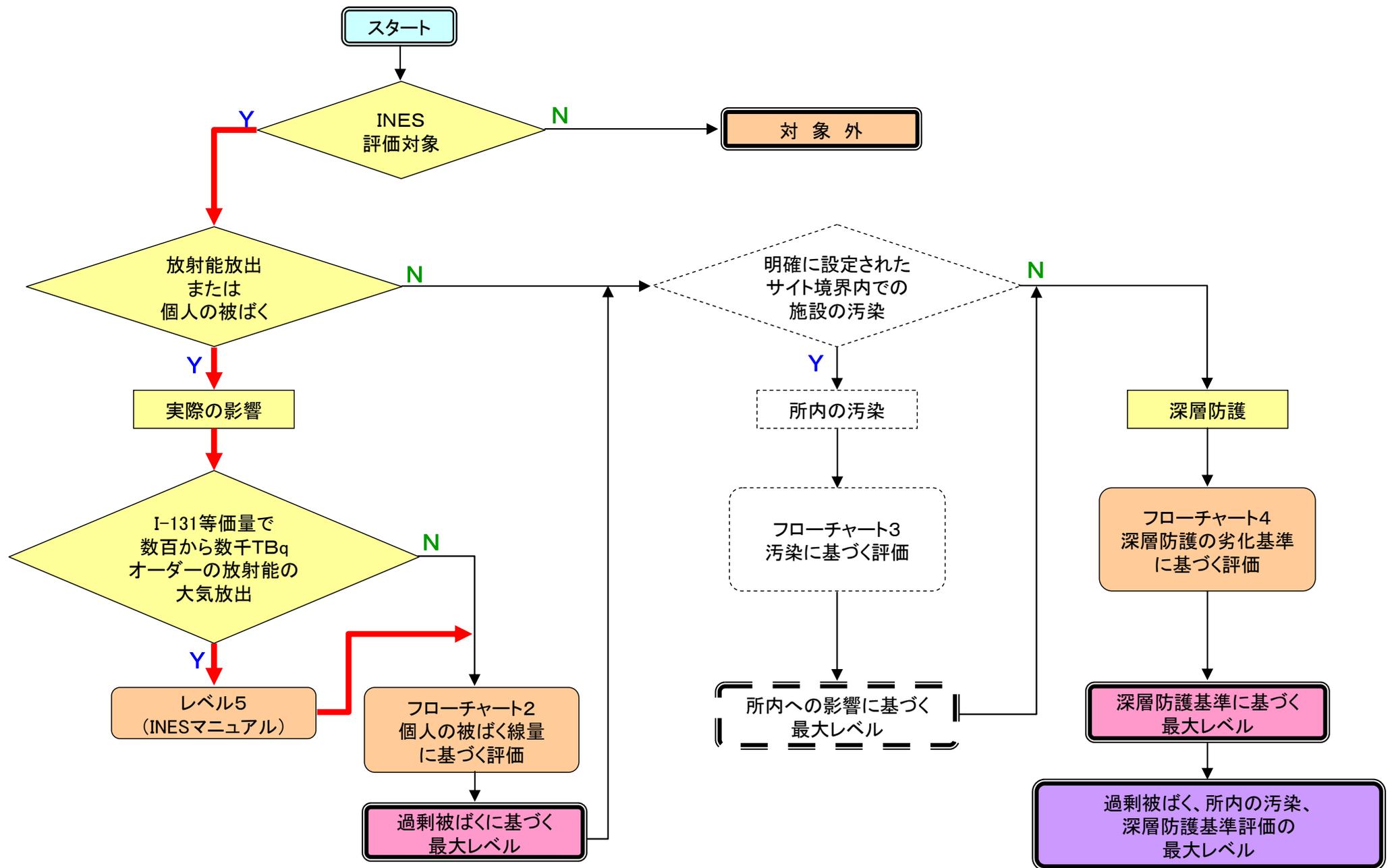
すべての事象に対して、各基準が考慮される必要がある。最終評価尺度は各評価結果の中で最も高い尺度となる。実際の影響があっても、深層防護を考慮するとより高い評価レベルとなることがある。

INES評価の主要な手順【フローチャート1】



1- (1) 放射能放出

INES評価の主要な手順



1-(1) 環境への実際の放出に基づく評価

- 実際の放出とは、放射性物質の閉じ込め機能の喪失による大気放出（つまり揮発性あるいは気体状線源）及び拡散汚染（固体や液体）である。
- INESユーザーマニュアルに記述されるように、放出については定義された放射性核種の放出量に対して放射線学的視点からの等価量に基づき評価される。等価な値は、放出された実際の放射能に、適用可能なファクター（次表参照）を掛けることにより計算され、各レベルの基準値と比較される。
- 初期の段階で所外への放出の規模等を正確に決定することができない場合には暫定的な評価を行い、後日最終評価することが必要である。
- レベル5はINESユーザーズ・マニュアル2001年版で『放射線学的に見て数百から数千TBqオーダーのI-131の大気放出に相当する量の放射性物質の所外への放出』と定義されている。大気放出がより少量の事象は、放射線作業従事者あるいは一般国民の被ばくの現実的な評価に基づいて評価される。

表 I I-131への放射線学的等価値(所外への影響)

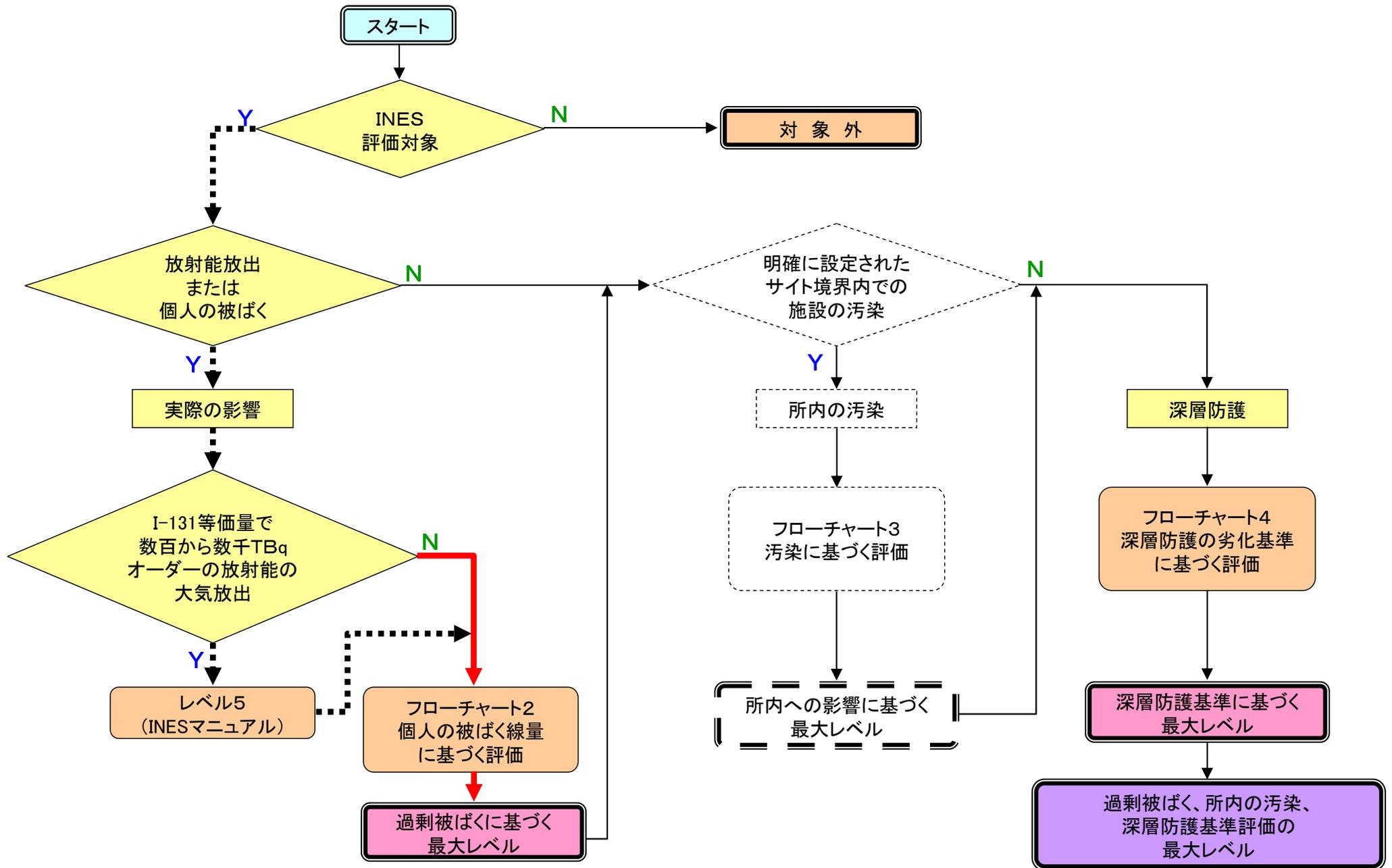
核種	増倍係数
I-131	1
HTO	0.02
P-32	0.3
Mn-54	4
Co-60	50
Sr-90	10
Mo-99	0.1
Tc-99 m	0.003
Ru-106	7
I-125	0.7
Te-132	0.3
Cs-134	20

核種	増倍係数
Cs-137	30
Ir-192	2
U-235(S) ⁽¹⁾	800
U-235(M) ⁽¹⁾	300
U-235(F) ⁽¹⁾	100
U-238 (S) ⁽¹⁾	700
U-238(M) ⁽¹⁾	300
U-238 (F) ⁽¹⁾	50
Unat	800
Pu-239	10000
Am-241	9000

(1) 肺吸収型: S-遅い; M-中速度; F-速い

1－(2) 個人の被ばく

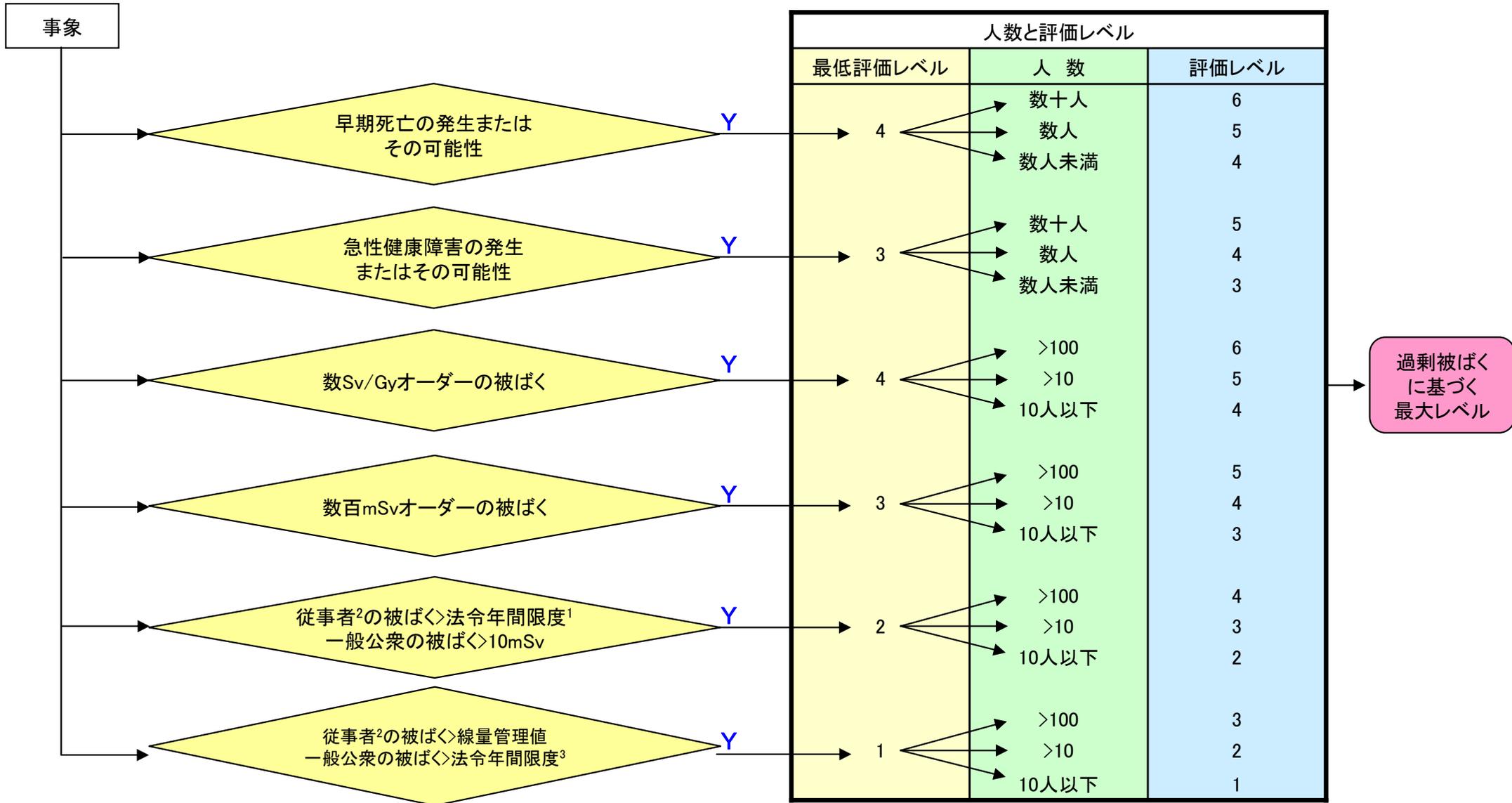
INES評価の主要な手順



1－(2) 放射線作業従事者や一般国民の個人の被ばく線量

- 確定的影響の基準は認識可能な影響に関係している。確定的影響が実際に生じているかどうかの評価の時点で分からない場合は、線量しきい値を使用する。
- 確率的な影響を伴う被ばくについては、定義されたしきい値を超える被ばく線量を受けた人数が、10人を超える場合1レベル、100人を超える場合には2レベル格上げされる。確定的な影響を伴う被ばくについては、しきい値を超える被ばく人数が数人以上の場合は1レベル、及び数十人以上の場合は2レベル格上げされる。

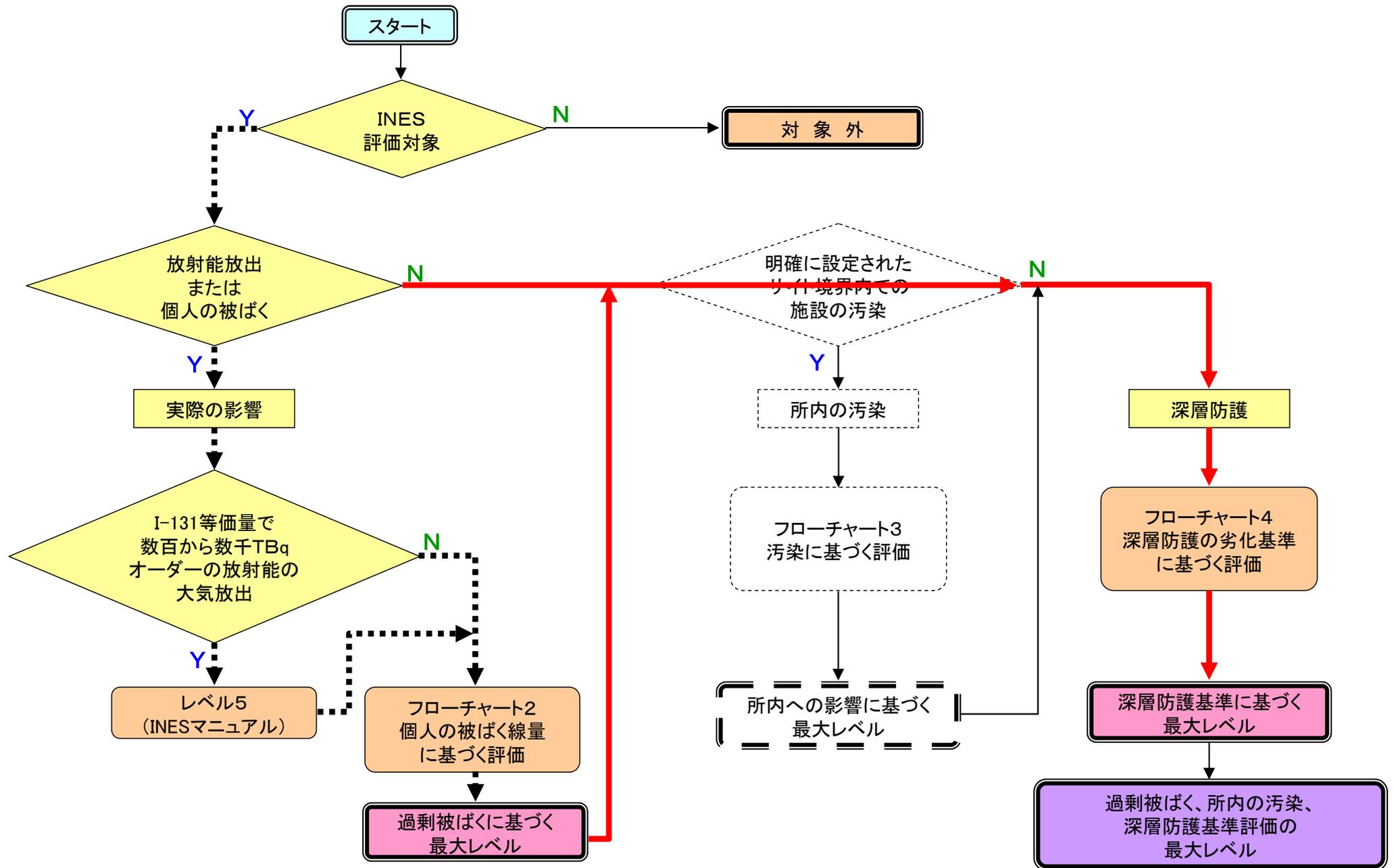
被ばく線量に基づく評価のサブ手順【フローチャート2】



- 1 考慮する被ばく線量限度は、全身の実効線量、手先・足先への被ばく線量、及び眼の水晶体への被ばく線量を含む法令上の限度。
- 2 「従業者」の基本的な安全基準における定義:「常勤、パート・タイムや臨時を問わず、放射線防護に関する権利と義務がある雇主のために働いている全ての人。(自営業者は雇用者と労働者の両方の義務を持っていると見なされる。)」。
- 3 被ばく線量管理値は、国によって設定されることがある法令上の限度より低い値

2 深層防護

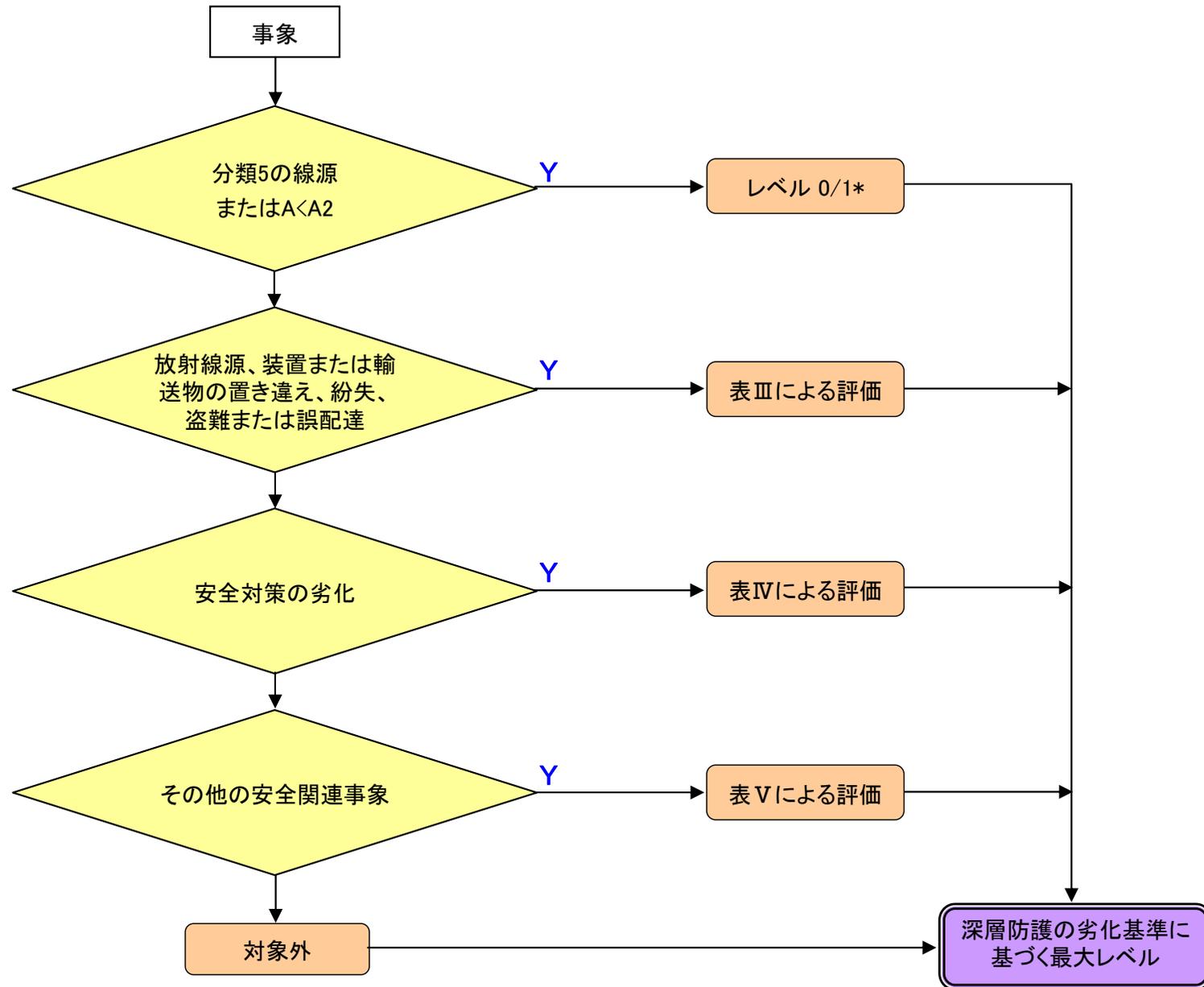
INES評価の主要な手順



2 深層防護の劣化基準に基づく評価

- すべての事象について、深層防護の劣化の観点から安全上の重要度を評価する必要がある。実際に認められる影響がない事象の場合には、評価は深層防護の考慮だけで決定される。
- INESユーザーズ・マニュアル2001年版に記載されているように、深層防護基準に基づく評価は2つの要因(全ての安全対策が喪失する所外及び所内への最大の潜在的影響、事象における安全対策の状況)に依存する。

深層防護の劣化基準評価のサブ手順【フローチャート4】



* レベル1は、意図した安全対策が明らかに全て喪失したか、安全文化の欠如の証拠がある場合にのみ適用。

線源分類による最大INES事象評価レベル

- 含まれる核種に対するD値が表Ⅱまたは他のIAEAの発行文書で定義されている場合
 - －放射能が分かっている場合、A/D値は表Ⅲの適切なD値で放射性核種の放射能(A)を割ることにより決定する。A/D比を次表で比較して線源分類を当てはめる。
- 表Ⅱまたは他のIAEAの発行文書で定義されていない核種に係る事象はA2値を使用する。
- 核分裂性物質を含んでいる輸送物を含む事象
 - －臨界防止に必要な安全対策が影響を受ける場合、輸送物は分類1の線源に準じて事象評価する。
 - －臨界安全性に関係のない安全対策の欠陥の場合、レベル評価は、実際の放射能に基づいたA/D比あるいはD値が指定されない場合にはA/A2比を使用する。
- D値は、放射能の観点からその値を超えると「危険な線源」であると考えられ、安全かつ確実に管理されなければ厳しい確定的影響を引き起こす重大な可能性がある。しかしながら、放射性物質の輸送に関与する核種の多くは、安全ガイドでD値が示されていない。追加のD値がIAEAによって公表される場合、これらも使用すべきである。公表されたD値がない核種については、放射性物質の安全輸送規則でのIAEA安全要求事項が、輸送に関連するすべての核種のA2値を提供している。

○事象で多数の線源あるいは多数の輸送容器を含んでいる場合には、線源／輸送容器1個のインベントリーないし合計のインベントリーのどちらを使用すべきか考慮する必要がある。安全要求事項に対する不備が対象すべてに影響する可能性がある場合(例えば火災)は、インベントリーの合計を使用すべきである。安全要求事項に対する不備が単に1個の対象物に影響する場合(例えば1個の輸送容器の不適切なラベル)であれば、インベントリーは影響を受ける輸送容器の値を使用すべきである。

○放射線源の線源分類に関するIAEAの安全指針※によれば、定義されるしきい値未満の放射能の場合(A/DあるいはA/A2が0.01未満)では、人への永久の障害はもたらされない。したがって、そのような線源に対する安全対策の喪失に関する事象では深層防護の劣化に基づいたレベル0かレベル1にしか評価されない。

※INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Categorisation of Radioactive Sources, Safety Guide No. RS-G-1.9, Vienna (2005)

線源の放射能とD値	0.01≤A/D<1 (分類4)	1≤A/D<10 (分類3)	10≤A/D<1000 (分類2)	1000≤A/D (分類1)
(参考)放射能とA2値	<A2	A2～数百A2		>数百A2
事象のINES評価結果としての最大レベル (即ち、全ての安全対策の喪失)	2	3	4	5/6
深層防護基準による最大評価レベル	1	2	2	3

表Ⅱ 核種のD値

(情報は放射線源の分類に関するIAEAのSafety Guide (RS-G-1.9)から引用)

核種	D	
	(TBq)	(Ci)*
Am-241	6.E-02	2.E+00
Am-241/Be	6.E-02	2.E+00
Au-198	2.E-01	5.E+00
Cd-109	2.E+01	5.E+02
Cf-252	2.E-02	5.E-01
Cm-244	5.E-02	1.E+00
Co-57	7.E-01	2.E+01
Co-60	3.E-02	8.E-01
Cs-137	1.E-01	3.E+00
Fe-55	8.E+02	2.E+04
Gd-153	1.E+00	3.E+01
Ge-68	7.E-01	2.E+01
H-3	2.E+03	5.E+04
I-125	2.E-01	5.E+00
I-131	2.E-01	5.E+00
Ir-192	8.E-02	2.E+00
Kr-85	3.E+01	8.E+02
Mo-99	3.E-01	8.E+00
Ni-63	6.E+01	2.E+03
P-32	1.E+01	3.E+02
Pd-103	9.E+01	2.E+03

核種	D	
	(TBq)	(Ci) ^a
Pm-147	4.E+01	1.E+03
Po-210	6.E-02	2.E+00
Pu-238	6.E-02	2.E+00
Pu-239/Be	6.E-02	2.E+00
Ra-226	4.E-02	1.E+00
Ru-106(Rh-106)	3.E-01	8.E+00
Se-75	2.E-01	5.E+00
Sr-90(Y-90)	1.E+00	3.E+01
Tc-99 ^m	7.E-01	2.E+01
Tl-204	2.E+01	5.E+02
Tm-170	2.E+01	5.E+02
Yb-169	3.E-01	8.E+00

* 使用される主要な値はTBq単位で与えられる。Ci値は換算の上丸めた値である。

2-(1) 線源／装置の紛失や発見の事象

- 表Ⅲは、放射線源、装置あるいは輸送物(以下「輸送物等」)などが置き換えられたり、紛失や盗難があったりまたは発見されたりした事象に適用する。
- 輸送物等を捜し出すことができない場合、まずは「置き換え(misplaced)」と見なされ、他の場所でも見つからない場合は、紛失か盗難とみなされる。
- 輸送物等の紛失は、深層防護の劣化基準で評価される。放射線源、装置あるいは輸送物が後で発見された場合、はじめの紛失と後の発見は、ひとつの事象として扱う。オリジナルの評価は、得られた新たな情報に基づいて見直され再評価(格上げまたは格下げ)される。
- 再評価は、最初の深層防護基準による評価と実際の影響に対して行う。受けた被ばく線量を推定・計算することが必要な場合、最悪のシナリオではなく、現実的な想定を用いる。

表Ⅲ-放射線源、装置あるいは輸送物の紛失あるいは発見の事象の評価

事象のタイプ	事象評価		
	分類4 または <A ₂	分類3 or 2 または A ₂ - 100 A ₂	分類1 または > 100 A ₂
○放射線源、装置あるいは輸送物の置き違えと無傷での回収	1	1	1
○身元不明の放射線源、装置あるいは輸送物の発見	1	1/2 (脚注 ¹)	2/3 (脚注 ¹)
○放射線源、装置あるいは輸送物の紛失あるいは盗難で未回収の場合.	1	2	3
○放射線源、装置あるいは輸送物の紛失あるいは盗難、その後発見、しかし、線源の回収ができないがそれが安全な場所(例えば、水面下深く)にあると確認され、認められた場合	1	1	1
○輸送物の誤配、ただし、受入れ側施設の安全対策が輸送容器の要求条件を満たす場合	1	1	1
○輸送物の誤配、ただし、受入れ側施設の安全対策が輸送容器の要求条件を満たさない場合	1	2	3

¹ 何らかの安全対策(例えば、遮へい、施錠装置あるいは警報標識などの組み合わせ)が有効に残っていることが明らかな場合は低い方のレベルが適当。

2-(2) 安全対策の劣化

○安全対策が期待されている線源装置または輸送容器に対して、深層防護の劣化があった事象に適用する。

これには、輸送容器や線源のハウジング、他の遮へいや閉じ込めシステムあるいはインターロックや他の安全性/警告装置などの安全対策を含む。さらに、輸送容器のラベルのような輸送文書、作業および応急処置法、放射線モニタリング、個人警報線量計の使用などの運営管理(つまりソフトウェア)も含む。

○評価に選択肢があるところの重要な因子は、安全文化との関係があるかどうかである。

(レベル評価の全てのケースにおいて重要な問題は根本的な安全文化の関わりである。安全文化の全般的な欠如とは、例えば品質保証プロセスの不備、ヒューマン・エラーの累積、環境への放出あるいは被ばく管理システムの欠陥を含む放射性物質に対する適切な管理の欠如、あるいは初期の事象に対する是正措置が講じられなかったことによる事象の再発などがある。)

表IV 安全対策の劣化がある事象のレベル評価

事象のタイプ	事象評価		
	分類 4 または $< A_2$	分類3 または2 または $A_2 - 100 A_2$	分類1 または $> 100 A_2$
<p>安全対策の劣化</p> <p>1. 安全対策の劣化がない。異常な事象は起こっても、安全対策が有効であれば問題は無い。代表的な事象は：</p> <p>○遮へいや線源容器の表面の損傷、あるいは表面汚染や流出に至る線源の漏えいで、生じた汚染は異常であるが、放射線学的な重要性が小さいかほとんどない。</p> <p>○遮へいや線源容器の表面の損傷、あるいは表面汚染や流出に至る線源の漏えいで、人の低レベルの汚染が発生。</p> <p>○このような事象に対処するように設計されたエリアでの汚染</p> <p>○安全手順が計画外の被ばくを防止し、正常な状態に戻すのに有効であると考えられる事象。これには、被ばく線源（例えば、産業用検査装置ガンマ線源や小線源照射治療線源）の未回収が既存の緊急時手順に従って安全に回収される場合も含む。</p> <p>○輸送物の損傷が無い小さい損傷で、被ばく線量の増加が無い</p>	<p>0/1</p> <p>1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p>	<p>0/1</p> <p>1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p>	<p>0/1</p> <p>1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p> <p>0/1</p>
<p>2. 安全対策が一部残っている。安全対策が故障した（どんな理由であれ）が少なくともひとつの安全機能が残っている場合。代表的な事象は：</p> <p>○高線量被ばくを防止するように設計されている設置された警報装置または安全装置の一部の故障。</p> <p>○安全手順の不遵守（放射線監視及び安全点検を含む）も含むが、他の既存の安全対策（ハードウェア）が引き続き有効である場合。</p> <p>○格納機能の重大な劣化</p> <p>○包装や固縛の不良、蓋やシールの欠陥。安全装置の無効4。</p>	<p>0/1(脚注1)</p> <p>0/1(脚注1)</p> <p>0/1(脚注1)</p> <p>0/1(脚注3)</p>	<p>1/2(脚注1)</p> <p>1/2(脚注1)</p> <p>1/2(脚注1)</p> <p>0/1(脚注3)</p>	<p>(脚注2)</p> <p>(脚注2)</p> <p>(脚注2)</p> <p>1/2(脚注3)</p>

事象のタイプ	事象評価		
	分類 4 または $< A_2$	分類3 または2 または $A_2 - 100 A_2$	分類1 または $> 100 A_2$
<p>安全対策の劣化</p> <p>3. 安全対策が残っていない。計画外の被ばくの重要な可能性を招くか、管理が及ばない区域への汚染拡大の重要なリスクをもたらす事象。代表的な事象は：</p> <p>○火災または苛酷な衝撃などによる遮へいが喪失し、線源からの直接被ばくが発生する。</p> <p>○高線量が予想される区域への警報装置や安全装置の故障。</p> <p>○例えば、サイトの放射線被ばく後にガンマ線源が完全に収納されていることをチェックするなどの他の安全対策がまったく残っていないか、または他のすべての安全対策が故障して放射線レベルが監視できない。</p> <p>○線源が誤って露出して、この状況に対処する有効な手段がない場合、またはこのような手順が無視される場合の事象。</p> <p>○輸送物の遮へいが不適切あるいはなされておらず、潜在的な被ばくの可能性が高い。</p>	1	1/2 (脚注 ⁴)	2/3 (脚注 ⁵)

1 著しい安全文化の関わりが無く、多くの安全対策が残っている場合、低い方の評価が適切かもしれない。本質的に安全防護層がひとつだけ残っている場合、高い方の評価を使用する。

2 施設内の分類1の線源の事象は、INESユーザーマニュアルを参照してレベル評価を行う。

3 劣化の程度が非常に低い場合以外は高い方の評価レベルが妥当である

4 施設内の管理された場所に設置された分類3の線源に対してレベル3の評価は、妥当ではないかもしれない。そこで、そのような施設での事象については、深層防護の最大評価はレベル1とすべきである。

5 施設内の事象のレベル3は、線源の放射能が散乱する可能性がある場合に適用する。人の被ばくに係わる安全対策の劣化に関係するだけの事象は、レベル2を適用したほうがよい。

2-(3) その他の安全関連事象

○表Vは、表Ⅲや表Ⅳにないその他の安全関連事象に使用される。

○評価に選択肢があるところの重要な因子は、安全文化との関係があるかどうかである。
(2-(2)と同様)

表V 他の安全関連事象のレベル評価

事象のタイプ	事象評価		
	分類4 または $< A_2$	分類3 または2 または $A_2 - 100 A_2$	分類1 または $> 100 A_2$
○放射線作業従事者または一般国民が国の規制値を超える累積線量を受ける	1	1	1
○線源のインベントリー、線量測定装置の内訳などの記録維持における欠落または重大な欠陥	1	1	1
○許可限度を超える環境への排出	1	1	1
○輸送の許可条件の不遵守	1	1	1
○輸送の不適切な放射線検査	0/1 (脚注 ¹)	0/1 (脚注 ¹)	0/1 (脚注 ¹)
○輸送物あるいは輸送手段の汚染で、生じた汚染は異常であるが、放射線学的な重要性が小さいかほとんどない	0/1	0/1	0/1
○輸送物あるいは輸送手段の汚染で、多くの測定により、適用限度を超える汚染が明らかで、一般公衆の汚染の可能性がある	1	1	1
○輸送書類、ラベル、標識の誤記や欠落。輸送物が誤記や記載漏れ	0/1	0/1	0/1
○空のはずの容器中の物質	1	1/2 (脚注 ²)	1/2/3 (脚注 ²)
○型式の違うあるいは不適当な収納容器に入った物質	0/1 (脚注 ³)	1/2 (脚注 ³)	2/3 (脚注 ³)

1 評価は、任意の安全文化の関わりとともに、検査の誤差の程度を考慮に入れる。

2 評価レベルの選択では、たとえ輸送容器が空だと思われる場合でも、必要な安全対策を考慮する。

3 各線源分類における高いほうの評価レベルは、型式の違うあるいは不適当な収納容器のために無意識のうちに被ばくするような状況を反映したものの。

3 INES評価レベルの決定

INES評価の主要な手順

