

# 偶発的な人間侵入の当事者の取扱い について

平成27年8月10日  
原子力規制庁

# 1. 偶発的な人間侵入の当事者の取扱いに関する議論(1)

(「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討状況について」※1より抜粋)

## (3) 検討中の又は残された主な課題

### ② 偶発的な人間侵入の当事者の取扱いについて

事業廃止後の偶発的なボーリング掘削の想定において、掘削の当事者を放射線影響の評価の対象とするか否かについて検討チームで多くの議論があった。

本件については、引き続き検討を行うこととする。その際は、当該評価の目的がボーリング掘削に対する埋設施設の設計の妥当性の確認であること、侵入当事者への影響評価は対象者の行動により大きく変動するため設計の妥当性の判断根拠として必ずしも有効ではないこと等に留意する必要がある。

※1 原子力規制庁「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討状況について」(平成27年7月22日)

## (検討チーム会合における議論)

- 第5回 人間侵入の当事者は、人間侵入の可能性を低減させる様々な対策を破って侵入することから、意図的な侵入者とみなし、評価の対象とする必要はないと説明。  
これに対して、ボーリングを打った人に対しても一般公衆の一部として防護の責任があるのではないかと、危険性は認知されるのかという懸念。一方で、侵入の当事者については20mSv/yを超えるような線量も想定しうる等の議論があった。
- 第7回 多重の人間侵入対策がとられている状況では人間侵入が生じる可能性は極めて低いので、物理的抵抗性が確保されている期間に人間侵入を考慮する必要性は小さいと説明。  
これに対して、制度的管理と合わせて議論すべき、侵入の確率の低下として考慮すべき、管理が続いていない時期を想定するのであれば現在の技術で想定することに無理がある等の議論があった。

# 1. 偶発的な人間侵入の当事者の取扱いに関する議論(2)

(第20回原子力規制委員会議事録より抜粋・要約)

- これは意見だが、「偶発的な人間侵入の当事者の取扱いについて」というのは、当事者に対する評価まで対象にすると、なかなか議論が終結しないのではないかと思う。一体なぜ当事者を含めなければならないのか。当事者を除いてしかるべきなのではないかと思うが、これについても今後議論をしていくということで、これはあくまでも私なりの意見を言ったところ。
- ボーリングというのが出てくるのだが、人間侵入シナリオというものがそんなに大事なのか。むしろ地殻変動であるとか、地震であるとか、火山活動であるとか、そういったものを与えるリスクの方が、これも立地に関しては十分考慮するのだろうけれども、確率で比較してやったときに、例えば対象期間が10万年と考えたときに、人間侵入シナリオというのはそれほど議論しなければならないような重要なものと捉えているのか。

## 2. 人間侵入に関する評価対象者の再整理

---

- ICRPでは、潜在的な偶発的人間侵入に対する処分システムの復元力を評価すべきとしている。
- IAEAでは、人間侵入シナリオにおいては「サイト周辺の住民」を受容体と見るべきとし、周辺の公衆を対象とした評価に対して基準となる線量を示している。
- 諸外国では、人間侵入の当事者を対象とした評価を行う国も存在するが、規制としての基準線量を示した上で評価結果との比較を要求する国は、浅地中処分に対するもの以外ではない。評価を求めている例は、例証として評価のみを求めるものや、確定的影響が現れる線量より相当低いことを求めるものである。
- 米国では、設計基準として要求する人間侵入シナリオ評価の目的は、掘削に対する埋設施設の設計の妥当性の確認であるが、人間侵入の当事者への影響評価は立地条件及び施設設計のいずれの妥当性の判断根拠としても有効ではないとしている。
- 国際基準等の考え方、諸外国の状況を踏まえ、人間侵入に係る評価の対象者は、周辺公衆とする。

# (参考) ICRPの人間侵入の取扱い Publ.122 (1)

- (62)施設の設計及び立地は、人為による偶発的侵入の可能性を抑えるための特徴を含んでいなければならない。
- (63)被ばくレベルの上昇や顕著な線量の可能性が生じることになるが、これは、廃棄物の希釈や拡散を図るのではなく、隔離し、集中させることを選んだ以上は免れることのできない結果である。
- (64)人為による侵入に伴う被ばくからの防護は、そうした事象の可能性を小さくするための取組みによって最もよく果たすことができるものである。
- (65)間接監視が終了したときには、人為的な侵入の発生の可能性を排除することはできないため、様式化された侵入シナリオの結果について検討を加え、処分システムの復元力を評価すべき。  
線量がその基準レベルを超えると推定される事情がある場合には、人為による侵入の確率を減らすか、又はそれによる影響を抑えるための合理的な努力が払われるべき。
- (66)立地や設計で必要な防護措置を考慮。評価はシステムのセーフティケースの信頼性向上につながる。

# (参考) ICRPの人間侵入の取扱い、Publ.122 (2)

ICRP Publ.122 Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste (原文)	ICRP Publ.122 長寿命放射性固体廃棄物の地層処分における放射線防護 (和訳)
<p>(62) Waste is disposed of in a geological disposal facility for the purpose of containment and isolation (one aspect of which is avoidance of human intrusion). It is necessary to distinguish between deliberate and inadvertent human intrusion into the facility. The former is not discussed further in this report as it is considered outwith the scope of the responsibility of the current generation to protect a deliberate intruder (i.e. a person who is aware of the nature of the facility). The design and siting of the facility have to include features to reduce the possibility of inadvertent human intrusion.</p>	<p>(62)廃棄物は封じ込めと隔離(人為による侵入を防ぐことはその一面)を目的として地層処分場に処分される。施設への人の意図的侵入と偶発的侵入は分けて考える必要がある。前者についてはこの報告書ではこれ以上取り上げない。意図的侵入に対する防護は、意図的侵入者(すなわち、施設の性格をわかっている人物)からの防護に関する現世代の責任範囲を外れていると考えられるためである。施設の設計及び立地は、人為による偶発的侵入の可能性を抑えるための特徴を含んでいなければならない。</p>
<p>(63) A release resulting from inadvertent human intrusion, such as drilling into the facility, could migrate through the geosphere and biosphere, resulting in exposures that are indirectly related or incidental to the intrusion event. It is also possible that inadvertent human intrusion could bring waste material to the surface, and hence lead to direct exposure of the intruder and nearby population. This introduces the possibility of elevated exposures and significant doses, which is an inescapable consequence of the decision to isolate and concentrate the waste rather than diluting or dispersing it.</p>	<p>(63)施設に対する掘削行為など、施設への人為による偶発的侵入に起因する放出は、地圏及び生物圏に移動し、その侵入事象に間接的に関連した、又はそれに付随する被ばくをもたらす可能性がある。さらに、偶発的侵入によって廃棄物が地表に持ち上げられ、それが侵入者や周辺住民の直接被ばくにつながる可能性もある。そのため、<u>被ばくレベルの上昇や顕著な線量の可能性が生じることになるが、これは、廃棄物の希釈や拡散を図るのではなく、隔離し、集中させることを選んだ以上は免れることのできない結果である。</u></p>
<p>(64) Protection from exposures associated with human intrusion is best accomplished by efforts to reduce the possibility of such events. These may include siting a disposal facility an great distance from the surface, avoiding assumed valuable resources, incorporating robust design features that make intrusion more difficult, or from existing provisions for indirect oversight (such as restrictions on land use, environmental monitoring programmes, surveillance under safeguards agreements, archived record and site markers). While the actual probability of inadvertent human intrusion at a specific site is largely unknowable as it is base on future human actions, it is assumed that the probability of inadvertent intrusion during the direct and indirect oversight periods is extremely low, and that if it occurred, appropriate countermeasures could be taken to avoid significant impact.</p>	<p>(64)人為による侵入に伴う被ばくからの防護は、<u>そうした事象の可能性を小さくするための取組みによって最もよく果たすことができるものである。</u>これには、処分施設を地下深くに設けること、想定される有用資源を避けること、侵入を少しでも難しくする頑強な構造特性を採り入れること、さらには間接監視のための既存の備え(土地用途に対する制限、環境モニタリングプログラム、保障措置協定に基づく監督、記録のアーカイブ化、サイト標識等)が含まれる。特定のサイトに関する人為による偶発的侵入が実際に起こる確率は、将来の人間の活動に関することであるだけに、ほとんど知るすべがないが、直接及び間接監視期間における偶発的侵入の確率は極めて低く、仮に起きた場合でも、適当な対応措置を講じることで著しい影響は回避することが可能であるものと想定される。</p>

# (参考) ICRPの人間侵入の取扱い Publ.122 (3)

ICRP Publ.122 Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste (原文)	ICRP Publ.122 長寿命放射性固体廃棄物の地層処分における放射線防護 (和訳)
<p>(65) In the distant future, if indirect oversight has ceased, the occurrence of human intrusion cannot be excluded. Therefore, the consequences of one or more plausible stylised intrusion scenarios should be considered by decision makers to evaluate the resilience of the disposal system to potential inadvertent intrusion. Any estimates of the magnitude of intrusion risks are, by necessity, dependent on assumptions that are made about future human behaviour. As no scientific basis exists for predicting the nature or probability of future human actions, the Commission continues to consider it inappropriate to include the probabilities of such events in a quantitative performance assessment that is to be compared with dose or risk constraints (ICRP, 1998). At the planning stage, the results of the stylised or simplified calculations can, if required, be used as indicators of system robustness by comparing them with numerical values of dose. If this approach is taken, the application of the reference levels defined for emergency and/or existing exposure situations is recommended. It should be noted that the optimum design of a disposal facility may result in a distribution of doses from inadvertent human intrusion where some could be above these reference levels. Once an event has happened, there is no certainty that a competent authority would be aware of the disturbance. If the situation is recognised, the competent authority would assess the situation and apply the appropriate protection criteria and countermeasures. If Publication 103 (ICRP, 2007) was still extant at the time, it is expected that the reference levels for emergency and/or existing exposure situations would be used, as appropriate. In circumstances where doses are estimated to exceed these reference levels, reasonable efforts should be made to reduce the probability of human intrusion or to limit its consequences.</p>	<p>(65)先々、間接監視が終了したときには、人為的な侵入の発生の可能性を排除することはできない。そのため、妥当と考えられる1つ又は複数の様式化された侵入シナリオの結果について意思決定者が検討を加え、潜在的な偶発的侵入に対する処分システムの復元力を評価すべきである。侵入リスクの大きさについての推定は、必然的に将来の人間行動に関する仮説に依存したものとなる。将来の人間活動の性格や確率に関する科学的根拠は一切存在していないことから、線量又はリスクの拘束値(ICRP, 1998)と比較されるべき定量的な性能評価の中にそうした事象の確率を含めるのは適当ではないという委員会の考えに変わりはない。様式化又は簡略化された計算の結果は、計画立案段階では、必要な場合、それを線量の数値と比較することによってシステムの頑健性の指標として利用することができる。このアプローチを用いる場合は、緊急時及び／又は現存被ばく状況のために定義された基準レベルの適用を勧告する。処分施設の最適設計で人為による侵入の結果として生じる線量の分布は、一部で線量とその基準レベルを超えるものもありうる分布であることに留意する必要がある。事象が発生したとき、所管当局が障害に気づくという保証はない。もしその状況が認識された場合には、当局はその状況について評価し、適切な防護基準と対応措置を適用する。仮にPublication 103(ICRP, 2007)がその時点でなお存在するのであれば、適宜、緊急時及び／又は現存被ばく状況の基準レベルが使用されることが想定される。線量がその基準レベルを超えると推定される事情がある場合には、人為による侵入の確率を減らすか、又はそれによる影響を抑えるための合理的な努力が払われるべきである。</p>
<p>(66) In the case of geological disposal, intrusion means that many of the barriers that were considered in the optimisation of protection for the disposal system have been by-passed. As a future society may be unaware of exposures resulting from such events, any protective actions required should be considered during the development of the disposal facility through siting and design of a geological repository. Furthermore, evaluation of the robustness of the disposal system against human intrusion (see Para. 65) can increase confidence in its safety case.</p>	<p>(66)地層処分の場合、侵入とは、処分システムの防護の最適化において考慮されていたバリアの多くがバイパスされる状態をいう。将来の社会は、そのような事象に起因する被ばくに気づかない可能性もあることから、処分施設の開発の過程で地層処分場の立地や設計を通して必要な防護措置が考慮されるべきである。また、人為による侵入に対する処分システムの頑健性に対する評価(Para. 65参照)はシステムのセーフティケースに対する信頼性を高めることにもつながりうる。</p>

# (参考) IAEAの人間侵入の取扱い(1)

IAEA SSR-5 Disposal of Radioactive Waste (原文)	IAEA SSR-5 放射性廃棄物の処分 (和訳)
<p>2.15. The safety objective and criteria for the protection of people and the environment after closure of a disposal facility are as follows:</p> <p>Safety objective (略)</p> <p>Criteria</p> <p>(a) The dose limit for members of the public for doses from all planned exposure situations is an effective dose of 1 mSv in a year [3]. This and its risk equivalent are considered criteria that are not to be exceeded in the future.</p> <p>(b) To comply with this dose limit, a disposal facility (considered as a single source) is so designed that the calculated dose or risk to the representative person who might be exposed in the future as a result of possible natural processes<sup>3</sup> affecting the disposal facility does not exceed a dose constraint of 0.3 mSv in a year or a risk constraint of the order of <math>10^{-5}</math> per year<sup>4</sup>.</p> <p>(c) <u>In relation to the effects of inadvertent human intrusion after closure, if such intrusion is expected to lead to an annual dose of less than 1 mSv to those living around the site, then efforts to reduce the probability of intrusion or to limit its consequences are not warranted.</u></p> <p>(d) <u>If human intrusion were expected to lead to a possible annual dose of more than 20 mSv (see Ref. [7], Table 8) to those living around the site, then alternative options for waste disposal are to be considered, for example, disposal of the waste below the surface, or separation of the radionuclide content giving rise to the higher dose.</u></p> <p>(e) <u>If annual doses in the range 1–20 mSv (see Ref. [7], Table 8) are indicated, then reasonable efforts are warranted at the stage of development of the facility to reduce the probability of intrusion or to limit its consequences by means of optimization of the facility's design.</u></p> <p>(f) (略)</p>	<p>閉鎖後期間の放射線防護</p> <p>2.15. 処分施設の閉鎖後の人と環境の防護のための安全目的と規準は、以下のとおりである。</p> <p>安全目的(略)</p> <p>規準</p> <p>(a) 公衆の構成員に対する全ての計画被ばく状況からの線量限度は、実効線量で年間1mSvである。これ、およびこれと同等のリスク当量は、将来超えない規準として考えられる。</p> <p>(b) この線量限度に従うために、処分施設(単一の線源とみなされる)は、処分施設に影響する可能性のある自然過程の結果として、将来被ばくするかもしれない代表的個人への計算された線量またはリスクが年間0.3mSvの線量拘束値を超えないか、年間<math>10^{-5}</math>オーダーのリスク拘束値を超えないように設計される。</p> <p>(c) <u>閉鎖後の偶発的な人間侵入の影響に関して、このような侵入がサイトの周辺住民に年間1mSv未満の線量をもたらすと予想される場合には、人間侵入の確率を減らすことも、その影響を限定するための取り組みも正当化されない。</u></p> <p>(d) <u>人間侵入がサイトの周辺住民に20mSv(参考文献[7], 表8を参照)を上回る可能性のある年線量を導くと予想される場合には、例えば、地表下への廃棄物の処分または、より高い線量を与える放射性核種の内容を分離するといった、代替となる処分のオプションが考慮されるべきである。</u></p> <p>(e) <u>1~20mSv(参考文献[7], 表8を参照)の範囲の年線量が示される場合には、施設の開発段階で侵入確率を低減するまたは、施設設計の最適化によって、その影響を限定する合理的取り組みが正当化される。</u></p> <p>(f) (略)</p>



# (参考) IAEAの人間侵入の取扱い(2)

IAEA SSG-23 The Safety Case and Safety Assessment for Radioactive Waste Disposal (原文)	IAEA SSG-23 放射性廃棄物処分のセーフティケースと安全評価(和訳)
<p>6.59. In accordance with Ref. [22], “those living around the site” should be considered receptors in human intrusion scenarios. This does not mean, however, that the intruder should be automatically excluded from consideration. A distinction should not be made between the intruder and the residents. Indeed, these could be the same persons in the case of people living on top of a former site about which knowledge has been lost. Instead, a distinction should be made between the normal behaviour of people living near or even on the site, and events with a short duration and/or low probability of affecting a small number of people (such as road construction activities). Regarding the latter as ‘industrial accidents’ would not require application of the same dose criteria to the intruders in these cases as those applied to the residents near or on the site. In accordance with this distinction, the actual contact of the receptor with the waste may be considered in scenarios, and the dose criteria for intrusion, as set out in Ref. [2], may be applied to the resulting exposure if this event is deemed to be possible in a normal residential situation.</p>	<p>6.59 参考文献[22]によれば、人間侵入シナリオにおいては「サイト周囲の住民」を受容体とみなすべきである。しかしこれは、侵入者が自動的に考慮から除外されるべきであることを意味するものではない。侵入者と居住者は、それ自体を区別すべきではない。実際、これらは、それに関する知識が失われているかつてのサイトの上に住んでいる人々の場合には同じ人物になり得るだろう。その代わりに、サイト付近もしくはサイト上にさえ住む人々の通常の振る舞いと、少数の人々に影響を及ぼす持続時間が短い及び／又は確率が低い事象(道路建設活動など)とは、区別すべきである。後者を「産業事故」とみなすならば、サイト付近もしくはサイト上の居住者に適用されるものと同じ線量規準の適用を、これらのケースにおける侵入者に適用することは要求されないだろう。この区別に従うと、受容体と廃棄物の実際の接触が通常の居住状況の中で起こる可能性があると思われるのであれば、この事象がシナリオの中で考慮され、参考文献[2]に設定されている侵入者への線量規準が結果として生じる被ばくに対して適用されてもよい。</p>

## 2 諸外国での人間侵入シナリオの評価に対する要求(1/3)

- ・浅地中処分を含む場合には、道路工事等が評価対象となっている。
- ・深度を隔離機能として求めている処分の場合には、ボーリング掘削が共通して評価対象となっている。
- ・ボーリング掘削シナリオによる評価対象者には、井戸水利用等を行う周辺公衆が含まれる。
- ・事業許可申請に近いフィンランド、スウェーデンについては、ボーリング掘削作業者は事業者による評価対象となっているが、発生確率を乗じたリスクでの評価又は影響の例証としており、線量そのものを指標とはしていない。
- ・米国は、ボーリング掘削作業者を評価対象としていない。

表 諸外国における人間侵入シナリオの線量基準及び評価シナリオ(1/2)

国	対象廃棄物	線量基準	評価シナリオ	評価対象者と被ばく経路
フィンランド	HLW(使用済燃料)、ILW、LLW	線量に事象の発生確率を乗じた期待値について0.1mSv/y	ボーリング、井戸掘削	☆作業員、地質学者(ボーリングコアからの外部被ばく) ☆公衆(汚染地下水に由来する飲用、農畜産物の摂取による内部被ばく)
スウェーデン	HLW(使用済燃料)	影響に関する例証とする実効可能な最善の方法(BAT)の適用根拠	貫通ボーリング	☆作業員(掘削水及びコアからの外部被ばく、粉じん吸入による内部被ばく) ☆周辺公衆(汚染地からの外部被ばく、ボーリング孔の井戸利用による内部被ばく)
	ILW、LLW	リスク総和対象シナリオ(メインシナリオ含む)全体で $10^{-6}$ /年の死亡確率	貫通井戸ボーリング	☆周辺公衆(井戸水飲用による内部被ばく)
米国	HLW(ガラス固化体/使用済燃料)	0.15mSv/y(～1万年) 1mSv/y(1万年以後)	地下水探査のためのボーリング	周辺公衆(帯水層からのボーリング井戸水飲用による内部被ばく)

## 2 諸外国での人間侵入シナリオの評価に対する要求(2/3)

表 諸外国における人間侵入シナリオの線量基準及び評価シナリオ(2/2)

国	対象廃棄物	線量基準	評価シナリオ	参考
フランス	HLW(ガラス固化体) ILW(長寿命)	確定的影響が現れる線量よりも相当低い	貫通ボーリング 放置されたボーリング孔 深い帯水層のボーリング	作業員(コア検査に伴う外部被ばく)
	ILW(短寿命核種廃棄物)、 LLW	0.25mSv/y(基準に明記されていないが適用されている)	道路工事、住宅建設・居住	作業員(☆粉じんの吸入に伴う内部被ばく) 周辺公衆(☆粉じんの吸入に伴う内部被ばく)
英国	HLW、ILW(炉内構造物、長寿命核種廃棄物)	規定なし	井戸の掘削、探査ボーリング、考古学調査	作業員(☆天然資源のための調査ボーリングでの地質工学作業による外部被ばく)
	ILW(短寿命) LLW、VLLW	3~20mSv/y ・範囲の高い限度は短い時間に受ける被ばくに対して適用 ・範囲の低い限度は長期間継続して受ける被ばくに対して適用	処分施設への直接侵入、バリア損傷あるいはバリアの機能低下させるその他の人間活動	

## 2 諸外国での人間侵入シナリオの評価に対する要求(3/3)

### 【出典】

- 米国HLW: 10 CFR Part 60「地層処分場における高レベル放射性廃棄物の処分」(NRC)  
米国LLW: 10 CFR Part 61「放射性廃棄物の陸地処分のための許認可要件」(NRC)  
フランスHLW/ILW:「深地層における放射性廃棄物の最終処分に関する安全指針」(ASN)  
フランスLILW: 安全基本規則(RFS)I.2「短中寿命かつ低中レベル放射性廃棄物の地表処分に関する安全目標及び基本設計」、RFS I.2 Reference No.4「地表処分場から生じ得る様々な放射線学的影響の研究」  
スウェーデン: SSMFS 2008:21「核物質及び原子力廃棄物の処分の安全性に関する放射線安全機関の規則及び一般勧告」(放射線安全機関(SSM))、  
SSMFS 2008:37「使用済燃料及び原子力廃棄物の最終管理における人間の健康と環境の保護に関する放射線安全機関の規則及び一般勧告」(放射線安全機関(SSM))  
フィンランド: STUK YVL D.5「原子力廃棄物の処分」  
英国HLW/ILW:「放射性固体廃棄物を対象とする陸地における地層処分施設:許認可要件に関するガイダンス」(環境規制機関(EA)等)

### ■「事業者による設定」に関する出典

- フランス: RFS I.2 Reference No.4「地表処分場から生じ得る様々な放射線学的影響の研究」  
スウェーデン: SKB TR-11-01「フォルスマルクにおける 使用済燃料の最終処分場の長期安全性 - SR-Siteプロジェクト総括報告書」(SKB社、2011年3月)  
SKB TR-14-01「SFRの安全解析、長期安全性、SR-PSU安全評価メイン報告書」(SKB社、2014年12月)  
SKB TR-14-08「SR-PSU安全評価における将来の人間活動の取扱い」(SKB社、2014年11月)  
フィンランド: POSIVA, オルキルオトにおける使用済核燃料処分に関する セーフティケース - 2012年統合報告書, POSIVA 2012-12  
POSIVA, オルキルオトにおける使用済核燃料処分に関する セーフティケース - 生物圏評価報告書2012, POSIVA 2012-10  
英国: NDA, "Geological Disposal, Generic Post-closure Safety Assessment", NDA Report no. NDA/RWMD/030, December 2010

# (参考) 米国における偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(1)

- 1990年代初期にYucca Mountain(商業用使用済燃料埋設施設:現在は計画中止)のための規制を作成する際、米国議会はEPA(環境保護庁)にU.S. NAS(米国科学アカデミー)の勧告に沿って作成するよう指示した。
- 特に、人工バリア及び天然バリアを破るようなリスクを避けるのに有効な能動的管理について、これに依拠した閉鎖後の監視システムを考慮することは適切か、人工バリア及び天然バリアを破る人間侵入について10,000年間にわたってその確率を科学的な予測に基づいて行うことが可能かについて問うている。
- NASは、これに対して、社会学的、制度的及び技術的な将来社会の状況を長期にわたって見通すことができる科学的根拠は存在せず、能動的管理の長期的な実効性を想定する科学的根拠も存在しないとしている。また、長期経過後の人間侵入の確率を予測する根拠もないとしている。
- NASは規制での人間侵入の扱いについて、次のように述べている。
  - ・ある直径のボーリング1本が廃棄体1体に到達するものを様式化したシナリオとする。
  - ・評価に適切な情報を与える条件として、現在のボーリング技術を前提としつつ、不適切な埋戻しをされて放棄されたボーリング孔が徐々に劣化した状態を想定する。
  - ・時期としてはいくつかの廃棄体がその機能を減じた以降で、地下水移行によって汚染物が地表に至らないまでの期間とする。
  - ・人間侵入シナリオの検討は、ボーリング作業中の地表への放出よりも、長期間にわたる地下水経路を通じた浸出に注力すべきである。
  - ・ボーリング作業者のリスク及び地表に運ばれた物質からの影響については、サイト条件及び施設設計に有用な情報を与えないので、申請された処分場の復元力を判断する根拠を与えない。
  - ・規制は、制度的管理がこの点で有効でない限り、ボーリング作業者自身を防護することができない。

# (参考) 米国における偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(2)

## NASへの問い

“whether it is reasonable to assume that a system for post-closure oversight of the repository can be developed, based upon active institutional controls, that will prevent an unreasonable risk of breaching the repository’s engineered or geologic barriers or increasing the exposure of individual members of the public to radiation beyond allowable limits, and”

“whether it is possible to make scientifically supportable predictions of the probability that the repository’s engineered or geologic barriers will be breached as a result of human intrusion over a period of 10,000 years” (Energy Policy Act of 1992, Section 801(a)(2)(B,C)).

## NASの回答

“...there is no scientific basis for making projections over the long term of either the social, institutional, or technological status of future societies. Relying on active controls requiring future generations to dedicate resources to the effort. There is, however, no scientific basis from which to project the durability of governmental institutions over the period of interest, which exceeds that of all recorded human history. On this time scale, human institutions have come and gone. We might expect some degree of continuity of institutions, and hence of the potential for active institutional controls, into the future, but there is no basis in experience for such an assumption beyond a time scale of centuries. Similarly, there is no scientific basis for assuming the long-term effectiveness of active institutional controls to protect against human intrusion. Although it may be reasonable to assume that a system of post closure oversight can be developed and relied on for some initial period of time, there is no defensible basis for assuming that such a system can be relied on for times far into the future. Between these limits, the ability to rely on such active institutional systems presumably diminishes in a way that is intrinsically unknowable. We have seen no evidence to support a claim to the contrary. People might disagree, of course, on their predictions for how long into the future active institutional controls might survive and remain effective” (National Research Council 1995, Section 4)

“...we also conclude that there is no scientific basis for estimating the probability of intrusion at far-future times. Several types of intrusion can be considered: inadvertent intrusion into the repository in the process of exploring for or producing other resources in the vicinity, intrusion driven by curiosity about the markers and what might lie below them, or intentional intrusion for malicious purposes or to recover the repository contents. (The malicious intrusion might be by a hostile nation or sub-national group assuming a societal or institutional presence.) In our view, there is simply no scientific basis for estimating the probability of inadvertent, willful, or malicious human action.

Estimating the probability of inadvertent intrusion as a consequence of exploration or production of resources might seem more plausible than for the cases of willful or malicious intrusion. Doing so, however, requires knowledge of which materials at or near the site will be regarded as resources in the future and the technologies that will exist for exploration and production. We cannot predict future economic conditions that help to define what a valuable resource is nor can we forecast future exploration technology, although we can observe that, if the past is an adequate guide, economic conditions and technology will change rapidly in the future. It might very well be, for example, that subsurface exploration technology in the future could be based on remote sensing so that penetration of the surface is no longer required. We therefore do not think that it is feasible to make meaningful predictions about the probability of advertent or inadvertent intrusion” (National Research Council 1995, Section 4).

# (参考) 米国における偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(3)

## NASの回答(つづき)

“For simplicity, we considered a stylized intrusion scenario consisting of one borehole of a specified diameter drilled from the surface through a canister of waste to the underlying aquifer. One can always conceive of worse cases, such as multiple boreholes with each penetrating a canister, but this single-borehole scenario seems to us to hold the promise of providing considerable insight into repository performance with the minimum complication.

An example of a scenario that we believe provides a reasonable basis for evaluation would postulate current drilling technology but assume sloppy practice, such as not plugging the hole carefully when abandoning it, after which natural processes would gradually modify the hole. Although the time at which the intrusion occurs in the future is arbitrary in any hypothetical scenario, we believe it is useful to assume that the intrusion occurs during a period when some of the canisters will have failed but the released materials would not otherwise have had time to reach the ground water. This assumption places emphasis in the consequence analysis on the creation of enhanced pathways to the environment (both to the atmosphere and to the aquifer) as opposed to emphasis on the intrusion’s breaching of the canister, which will happen eventually even without human intrusion” (National Research Council 1995, Section 4).

The National Research Council Committee also recommended that the analyses of an intrusion scenario focus on risks from long-term releases through the groundwater pathway, rather than on releases at the land surface during drilling, concluding that

“analyzing the risks the intrusion crew and the risks from any material brought directly to the surface as a consequence of intrusion is unlikely to provide useful information about a specific repository site or design and therefore should not provide a basis for judging the resilience of the proposed repository to intrusion”

and

“we believe that it would not be feasible to take regulatory actions today to protect the intrusion crew itself against the risks of its actions, except that requirements identified above associated with active or passive institutional controls might be helpful in this regard” National Research Council 1995, Section 4).

## (参考)スウェーデンにおける偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(1)

- 使用済燃料の深地層処分の申請に対応するために、将来の人間活動の評価に関する規制の考え方を検討。
  - 人間侵入における評価対象者について、次のように述べている。
  - 使用済燃料(HLW)処分場に対するボーリング作業者は、ボーリングコアを取り扱う際に高い線量を受けられるかもしれない。しかしながら、ボーリング作業者は、処分施設の性能を評価するための決定グループの規準を満たしていない。
  - その理由は、一人か数名かが受ける短期間の線量を、規制が要求する年線量と比較できない。
  - また、コアとの距離、危険物と気づくまでの時間など、個々人の行動について多くの仮定を置かなければならない。
  - したがって、不確かな将来の時点における一人に対する潜在的な線量で、長期間の安全を規制が判断できるかは疑問である。
  - 将来の人間活動は、処分場と生物圏の間に新しい核種移行経路を形成する、又は現在の移行経路の状況を変える等により、処分施設の性能に影響を与え得る。
  - このような人間活動により影響を受けるグループは、自然過程から影響を受けるグループと同様に考慮される。
- (“Elements of a Regulatory Strategy for the Consideration of Future Human Actions in Safety Assessment” ISRN SKI-R-99/46/SEより)



# (参考)スウェーデンにおける偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(2)

## Elements of a Regulatory Strategy for the Consideration of Future Human Actions in Safety Assessments

### 6. Key Elements of a Regulatory Strategy

#### 6.5 Selection of Exposed Groups

Section 6.3 above provides suggestions for an approach to determining which human actions should be considered in assessment calculations. In this Section we provide suggestions on the selection of exposed groups to be considered in calculating the consequences of these actions.

Individual members of a drilling crew who intrude into a HLW repository may receive high doses from handling core material. A drilling crew cannot be considered, however, to fulfil the criteria of a critical group or a potentially exposed group for the purposes of assessing the performance of a repository. For example, currently proposed regulatory criteria in Sweden would require the determination of average annual doses for members of a critical group (SSI, 1997). Short-term doses (i.e. received over a few hours or less) to one or a few individuals cannot be compared to these criteria without meaningless averaging. Furthermore, there are many assumptions that would have to be made about an individual's actions and behaviour (e.g., how closely they examined the core, or how quickly they recognised the material as hazardous) in order to define a dose calculation of this type. It is questionable whether regulatory decisions concerning long-term safety can be made on the basis of potential doses to a single individual at some unknown time in the future. The regulators could specifically exclude drillers and other direct intruders from consideration in assessments of post-closure safety.

Future human actions may affect the performance of the repository other than through doses to drillers. Such actions may lead to the creation of new pathways or to the modification of properties of existing pathways between the repository and the biosphere. These new or modified pathways could then lead to increased doses to a wider community through ingestion of contaminated drinking water or foodstuffs. Intrusion could also result in the dispersal of radioactive material in the biosphere where it may subsequently enter the food chain or lead to doses through inhalation. The potentially exposed groups relevant to these types of human actions are the same as those considered in assessments of releases through natural pathways. The regulators could provide guidance on the selection of potentially exposed groups, but the proponent should remain responsible for selecting, documenting and justifying the dose calculations presented in a safety case.

## (参考)フランス、ベルギーにおける偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(1)

- ASN(フランス規制当局)、FANC(ベルギー規制当局)、IRSN(フランスTSO)、AVN(ベルギーTSO)、ANDRA(フランス事業者)、ONDRF/NIRAS(ベルギー事業者)によるワークショップにて、地層処分の安全について議論。
- 水採取用のボーリング、コア採取を伴う資源探査ボーリング、埋設施設近傍又は直接埋設施設にアクセスする資源の採取を考慮。
- 人間侵入による影響は次の2種類がある。
  - 1) 事象が起きた時点で直ちに起こる人間侵入の当事者への影響
  - 2) バリアがバイパスされたことによる水の移行経路を通じた決定グループへの長期の影響
- 1番目のケースは、設計限界を超えたシナリオと類似しており、高い線量を与え、埋設施設の設計によってそれを低減することが困難である。これは廃棄物の処分が「濃縮と閉じ込め」戦略を取ったことによるものであり、基準値と比較することは適当ではない。
- これに対する規準は人間侵入の発生可能性を最小にすることである。
- 2番目のケースは、変動シナリオの中で比較することができる。
- 埋設施設の設計は人間侵入による核種の放出による影響を最小限するよう最適化されなければならない。
  
- (“ Geological Disposal of Radioactive Waste: Elements of a Safety Approach” より)

# (参考)フランス、ベルギーにおける偶発的な人間侵入の当事者の取扱い(2)

## Geological Disposal of Radioactive Waste: Elements of a Safety Approach (フランス)

### 8.3 Application to the Different Types of Scenarios to be taken into Account

For scenarios relating to human intrusion, the only ones to be taken into account relate to inadvertent intrusion, most often associated with a loss of memory of the existence of the repository. The incorporation of these scenarios reflects a certain arbitrariness inasmuch as all future human activities that are liable to lead to such intrusions cannot be known or even presupposed. For such scenarios to be analysed, the hypothesis is adopted that the level of technology is the same as it is at the present day. Among the scenarios postulated, taking the regional context into account, are drilling for water, exploratory drilling with the extraction of cores, the operation of a mine near the repository or direct physical human intrusion into the disposal facility. So the consequences are of two different types:

- 1) Immediate consequences for the intruders when he is in the vicinity of the waste,
- 2) Deferred consequences associated mainly with the transfer by water in a configuration where one part of the containment barriers has been bypassed and leads to consequences in terms of effective dose for the individuals of the critical group.

In the first case, the scenario developed is similar to the "beyond design limit" scenarios, that is to say that the doses received could be a priori high and would be difficult to reduce through modification of the design of the repository. These high consequences are closely linked to the strategy of "concentration and containment" selected and comparison of the dose rate received by the intruder with a regulatory limit is not pertinent. One of the acceptance criteria is to minimize the likelihood of the occurrence of such an intrusion by selecting a site that is not rich in natural resources or by means of markers. The depth of the disposal facility is also of primary importance in reducing the likelihood of intrusion.

In the second case, the situation described is comparable to that of an altered evolution scenario leading in all probability to a limited disturbance of the repository. The release of activity should only affect a fraction of the repository and the radiological consequences are assessed in the general framework of the altered evolution scenarios (cf. above). The design must be optimised as far as possible to reduce the consequences associated with this means of transfer relating to an intrusion scenario.