

## 「高レベル放射性廃棄物(HLW)の有害度低減の クライテリアの検討」

0. 初めに: 第2WGの活動の目的
1. 高レベル放射性廃棄物(HLW)有害度低減の目標
2. HLWの有害度低減のクライテリアの検討例
3. HLWの有害度低減のクライテリアの評価
  - HLWの有害度低減の評価指標の妥当性
  - 天然ウランを目標とすることの妥当性、理解のし易さ
4. 社会に対して分かり易いクライテリア、説明とは
  - HLWの有害度低減に関して社会に訴求したいことは何か
  - 社会に対して分かり易いクライテリア、或いは説明の検討

## 初めに: 第2WGの活動の目的

- 第2WGでは、SCNESの課題で議論の残っている事項について改めて検討・整理することとしている。
- まず、対外的な説明で指摘のある高レベル放射性廃棄物の有害度低減のクライテリアについて、天然ウランのベクレル数か、潜在的放射性毒性(摂取時の被ばく線量)でみるべきか、SCNESでのこれまでの検討結果と、JAEAの高速炉サイクルについての検討結果を比較考慮した。
- 第2WGの議論では、これまで検討されてきた高レベル放射性廃棄物の有害度低減のクライテリアを整理すると共に、社会的に理解を得て行くことを念頭に置き、有害度低減のクライテリアを多面的に検討した。
- 今後のまとめ方について、さらに検討を継続することとした。

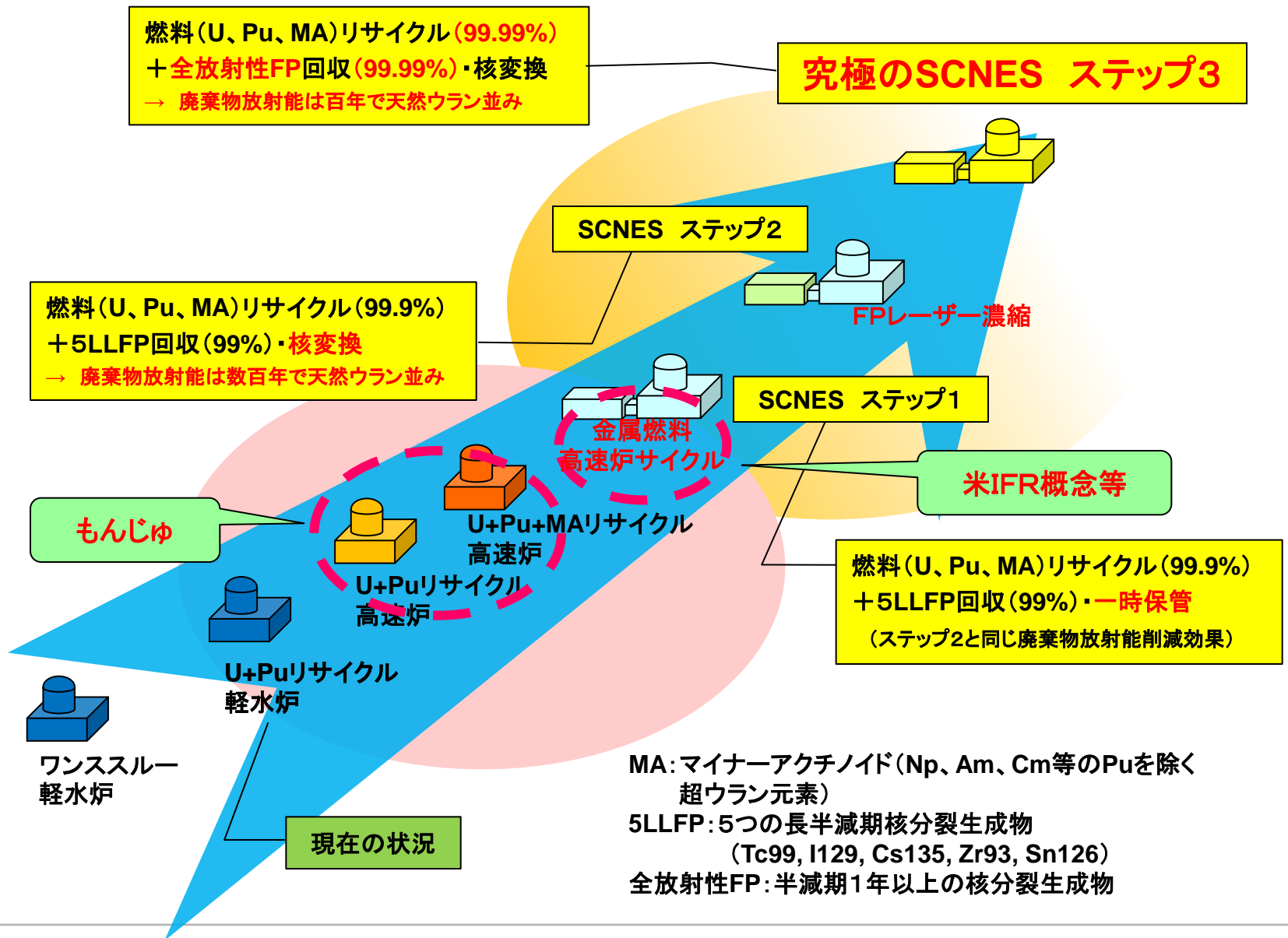
- 高レベル放射性廃棄物の有害度低減のクライテリアの指標が、FaCT等の高速炉サイクルと、SCNESで相違する状況に対し、一つに統一出来ないかと云う問題意識から勉強会はスタートしたが、
- 結論として、高速炉サイクルと、SCNESそれぞれの目標に応じた評価指標とすることが適切と云うことを確認した。

# 1. 高レベル放射性廃棄物(HLW)有害度低減の目標

---

- 原子力の社会的受容性が進まず原子力発電について国民の理解が得られていない大きな理由として高レベル放射性廃棄物(HLW)の処分に見通しが立っていないことがある。
- 高レベル放射性廃棄物(HLW)の量は、軽水炉直接処分に比べて再処理により低減されるが、さらに高速炉による燃料(U、Pu、MA)リサイクルにより、その毒性を大幅に低減できる。
  - 高速炉の導入の目的は、ウラン資源の有効な利用と共にHLWの低減にあると云う認識は世界各国でも共有されている。
- 高速炉による燃料サイクルの導入によりHLWの内、U、Puと共にMAも燃料として利用できるが、さらに、
  - 整合性のある原子力システム(SCNES)ではHLWの中の放射性の核分裂生成物(FP)も核変換してHLWをなくすことを目標としている。

# SCNESの段階的アプローチ



## 2. HLWの有害度低減のクライテリアの検討例

### ■ HLWの有害度低減のクライテリアの目的

- HLWの有害度低減のクライテリアの目的は、高速炉サイクルを導入すれば、万年オーダーのHLWの地層処分の負担と不安感が軽減され、さらに整合性のある原子カシステム(SCNES)では地層処分は不要になることを社会に理解してもらうためのものである。

### ■ 高速炉による燃料(U、Pu、MA)リサイクルを実現してHLWの有害度低減を目指す際の評価指標としては、

- HLWの潜在的放射性毒性[Bq/ALI]or[Sv]が用いられてきた。

※ALI: Annual Limit of Intake(ヒトの年間経口摂取限度)

### ■ 燃料(U、Pu、MA)リサイクルに加えて、LLFPの回収と核変換をして「HLW無し」を目標とするSCNESの有害度低減の評価指標としては、

- HLW自体の放射能[Bq]を用いている。

### ■ 有害度低減の目標(クライテリア)はいずれも天然ウランとしている。

### 3. HLWの有害度低減のクライテリアの評価(1)

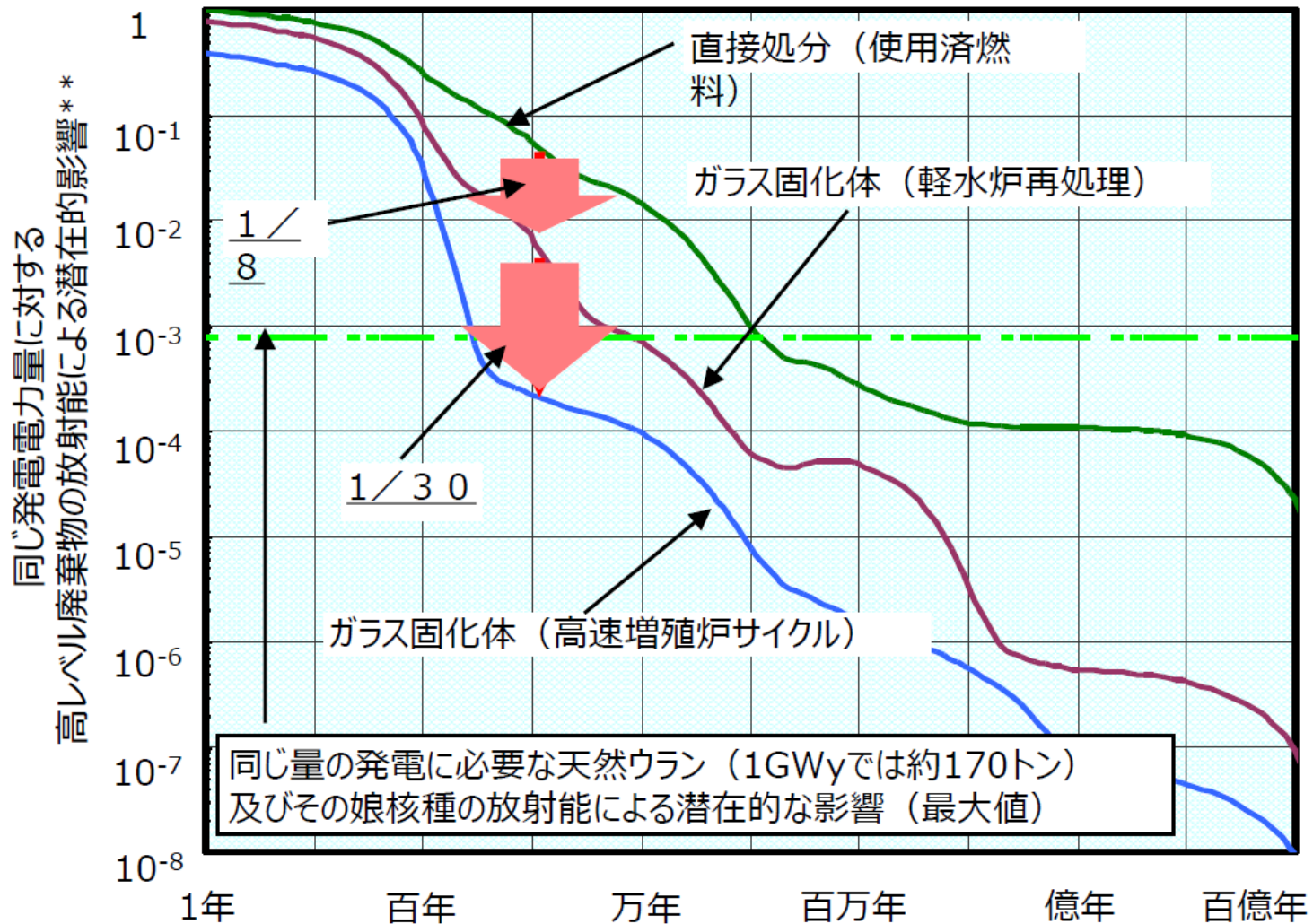
#### ■ 高速炉サイクルでのHLWの有害度低減評価指標

- 高速炉サイクルでは、使用済み燃料(U、Pu、MA)をリサイクルして、核燃料から生じるHLWの潜在的放射性毒性を大きく低減することが可能となり、地層処分するHLWの量を大幅に低減することが出来る。
- この高速炉の導入によるHLWの有害度低減を潜在的放射性毒性により評価する考え方は、一般的なものであり、世界各国でも共有されている。
- 従って、高速炉による燃料サイクルのHLWの有害度低減のクライテリアでは、HLWの地層処分を前提として、ヒトの年間経口摂取限度に基づくHLW自体の潜在的放射性毒性[Bq/t/ALI]を評価指標とすることは、高速炉サイクルの意義を的確に評価し適切である。

※ALI: Annual Limit of Intake(ヒトの年間経口摂取限度)

- また、HLWの発生を燃料の単位重量当たりか、単位発電量当たりとするかで、以下に示す評価指標がある。
  - ①「単位重量当たりの核燃料から生じるHLWの潜在毒性」[Bq/t/ALI]
  - ②「単位発電量当たりに生じるHLWの潜在毒性」[Bq/MWh/ALI]
- 単位発電量当たりの評価は、燃料サイクルのプロセスに沿ったものであり妥当な評価である。一方、単位重量当たりの評価は、約8倍保守的な評価をしていることになるが、相対的な評価には影響しない。

# 高速炉サイクルでのHLWの有害度低減



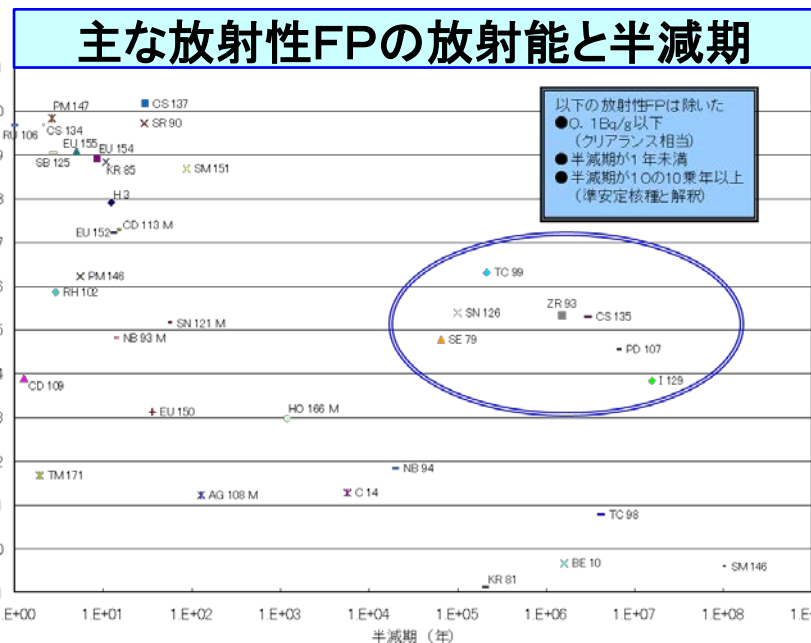
\*\*）高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度を示している。使用済燃料の1年目の潜在的影響を1とした相対値。



### 3. HLWの有害度低減のクライテリアの評価(2)

#### ■ SCNESでのHLWの有害度低減評価指標

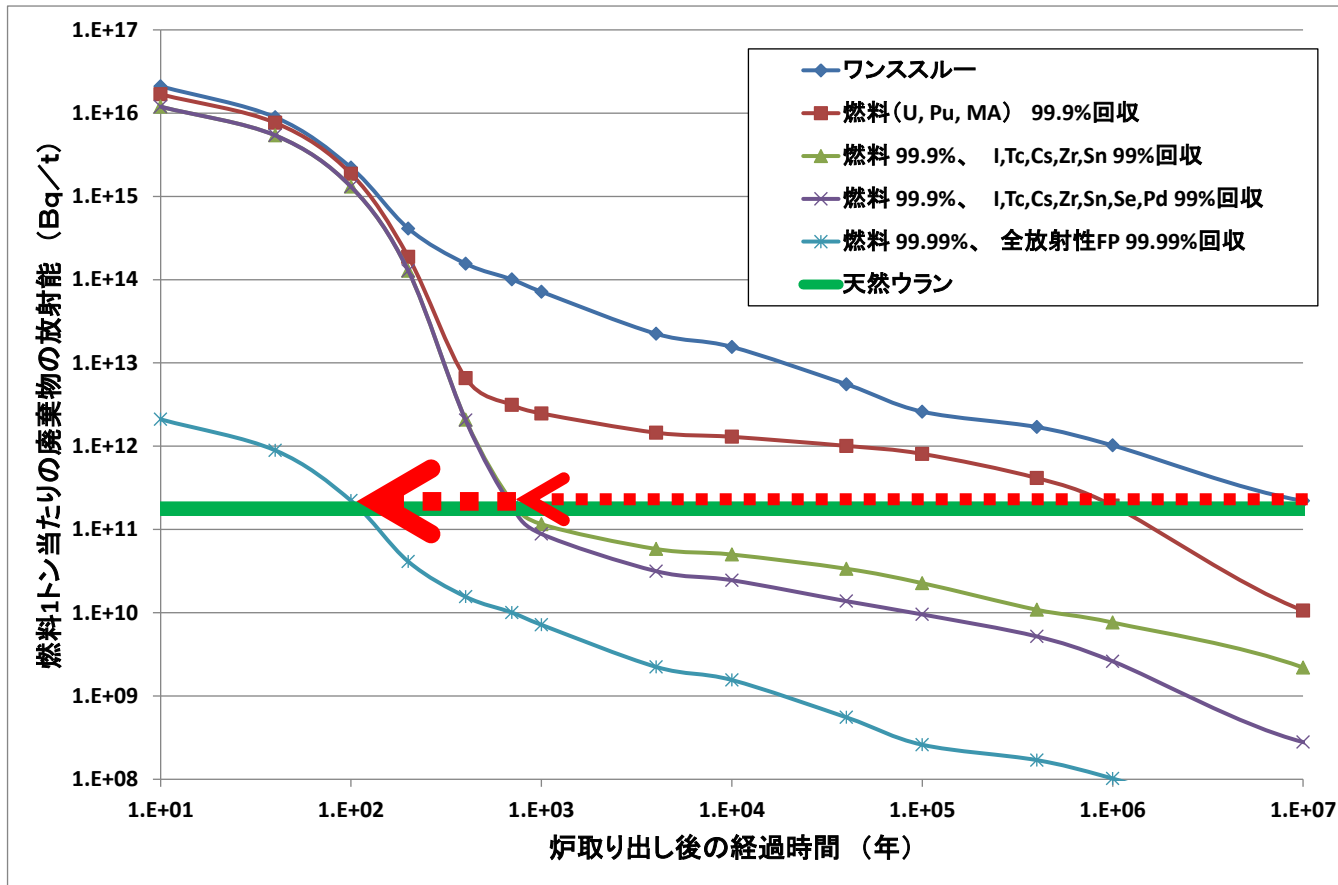
- 整合性のある原子カシステム(SCNES)では、高速炉サイクルに加えて、超長期の放射能半減期を持つLLFPの回収と核変換により「高レベル放射性廃棄物無し」を目標としている
- 中間貯蔵は行っても、万年オーダーの地層処分は不要とすることを目標としている。
- 従って、SCNESで目標とする「高レベル放射性廃棄物無し」を評価するためには、潜在毒性が低くても高い放射性を有するLLFPを含めて、HLWの放射能[Bq/t]自体を評価指標とするのが適切である。



- 以上の通り、高レベル放射性廃棄物の有害度低減の評価指標は、当面の高速炉サイクル、さらに究極の整合性のある原子カシステム(SCNES)、それぞれの目標に応じて、社会の一般の公衆にも理解し易いものとするのが妥当である。



# SCNESの段階的アプローチ



高レベル廃棄物処分不要  
の判断目安：  
燃料1トン当たりの廃棄物  
の放射能が天然ウラン並み

LLFP：長半減期核分裂生成物  
(Long-Lived Fission  
Products) の略

1. 第1ステップ：燃料リサイクル(99.9%) + LLFP回収(99%)・一時保管  
(第2ステップと同じ廃棄物放射能削減効果)
2. 第2ステップ：燃料リサイクル(99.9%) + LLFP回収(99%)・核変換
3. 第3ステップ：燃料リサイクル(99.99%) + 全放射性FP回収(99.99%)・核変換

### 3. HLWの有害度低減のクライテリアの評価(3)

#### ■ 天然ウランを目標とすることの妥当性、理解のし易さ

- 天然ウランは、自然界に存在する放射性物質であり、かつHLWの発生源でもあることから、「自然界と比べてどうか」「人間が手を加えた結果どうなったか」が分かりやすい有害度低減目標(クライテリア)として、天然ウランの選択は妥当であり、理解もし易いと考えられる。
- ここで天然ウランとは、ウラン鉱石中に存在し、U-238及びU-235を親核種として放射平衡状態にある放射性娘核種を含む天然ウランのこととする。
  - 参考資料1:ATOMICA「天然ウラン1トンと放射平衡にある放射性核種の量」
  - 参考資料2:「ウラン廃棄物の処分及びクリアランスに関する検討書」(日本原燃・JAEA他共著、平成18年3月)、p.1-1より抜粋;  
“ウランは、天然に存在する状態では子孫核種とともに存在し、放射平衡状態となっており、その放射性核種濃度はウラン核種と子孫核種の放射性核種濃度を合計(平衡状態である全ての核種の放射能はほぼ同等)したのとなっている。ウラン燃料として使用される場合には、製錬によりU-234 以外の子孫核種と分離されるため、放射性核種濃度は天然に存在する状態よりも低くなっている。”

## 4. 社会に対して分かり易いクライテリア、説明とは(1)

- HLWの有害度低減の評価指標は、専門家が科学的に、定量的に説明することを意図して用いるものであるが、一般の人たちにより直感的に理解してもらい安心感を与える説明を考える必要もある。
  - 社会に対して分かり易い有害度低減のクライテリアは、放射性廃棄物そのものの毒性レベル(被ばく線量)や、放射線量レベルでなく、例えば、放射性廃棄物の保管・管理の要求レベルとなるのではないか。
- HLWの有害度低減に関して社会に訴求したいことは何か
  - 10万年オーダの超長期に亘る高レベル放射性廃棄物の地層処分の不確実性に対し、社会の歴史から考えて管理可能と思われる時間の範囲で有害度を低減出来る安心感。
  - 処分が必要なHLWの量を低減することにより、将来に亘る放射性廃棄物の発生に対しても対応する余地が拡大出来る安心感。
  - HLWの最終処分地の選定に際し、将来の負担軽減の可能性を示すことが出来る。
  - HLWは中間貯蔵するだけで、最終処分の必要が無いことも将来的には可能と云うことを示す。
  - 原子力発電の安全性と並んで社会から不安視されているHLWの問題の負担を軽減出来ることを示し、原子力発電に対する社会の受容性を向上させる。
  - HLWを数百年の保管で、低レベル廃棄物並みの有害度(放射能、危険度)とすることが出来る?ことを示す。

## 4. 社会に対して分かり易いクライテリア、説明とは(2)

### ■ 日本学術会議の政策提言で示されている「暫定保管」の考え方も、問題意識と目的は異なるが参考になるのではないか。

- 参考資料:「高レベル放射性廃棄物の処分について」(日本学術会議2012年9月11日)
- 参考資料:「高レベル放射性廃棄物の処分に関する政策提言－国民的合意形成に向けた暫定保管」(日本学術会議 2015年4月24日)
- “暫定保管は、将来世代の選択可能性、決定可能性を保証し得ると共に、将来における技術進歩による対処の選択肢を広げる可能性を有する方式である。…放射性廃棄物の核反応による半減期の短縮技術(核変換技術)などの技術的進歩があれば、そのメリットを処分方式に反映させることができる。”と、学術会議の提言では記載されており、
  - SCNESなどの実現性が示せれば将来世代に重要な選択肢となる。
- すなわち、有害度低減のクライテリアの考え方だけでなく、現在議論されている高レベル放射性廃棄物の最終処分に至るプロセスの検討に、我が国の高速炉による燃料サイクルの実用化、さらにSCNESによる放射性廃棄物の低減のシナリオを組み込む議論が必要となる。