

「ウラン廃棄物の問題点」
 藤田保健衛生大学 客員教授
 下 道 國

1. はじめに

原子力が「トイレなきマンション」と揶揄されたのは、もう随分と前になる。しかし、そのような状態が随分と長い間続き、今ようやく低レベル廃棄物の処分が始まり、高レベル廃棄物とTUR廃棄物についても処方箋はできあがった。残るウランを含んだ廃棄物（以降、ウラン廃棄物という）の処分法が、原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会で検討が始まったところである。

ウラン廃棄物は、ウランが自然環境中のどこにも存在していることから、一旦それが環境に浸入していくと、廃棄物からのウランかもともと自然に存在していたウランか区別がつかない。また、線量評価の場合も、確実に廃棄物が廃棄当時の状態のままであることが明瞭な場合はそれからの寄与と認識することはできるが、埋設地から流出すると、起源を廃棄物に求めるのは不可能となる。

また、ウラン廃棄物は廃棄時点ではウランだけ（U-238）であるが、時間とともに壊変生成核種が成長してきて、遠い将来には線量評価でラドンを無視することができないところが悩ましい点となっている。

ここでは、これらの点について、かい摘んで述べることとする。

2. ウラン廃棄物

(1) 発生と組成ならびに量

ウラン廃棄物は、図1に示すように、ウラン鉱石の精錬、それに続く転換、濃縮、再転換、そしてペレット作成の成型加工の各工程から排出される。排出されたウランは物質の表面に付着しているか焼却灰やスラッジとして物質内部（金属、コンクリート、ゴム、プラスチック類など）に混入している。

今後、原子炉の運転及び解体によって排泄される物量は、関係事業者の計画に基づいて図2のように推計されている。それによれば、その物質はウラン濃度が1Bq/g以下の金属が大部分を占めているが、ほかに若干のコンクリートがあり、また、その他に分類されるスラッジやゴム、プラスチックの類があり、それらには少

量ではあるが $10,000\text{Bq/g}$ を超える高濃度の物体もある。

(2) 廃棄物の区分け

ウラン廃棄物の放射能濃度は広い範囲に及んでいて、クリアランスレベル以下と以上とに分けて処分される。すなわち、前者はクリアランスレベル以下の他の放射性物質と同様に扱われ、後者は、低レベル放射性廃棄物と同様に管理型処分となる。クリアランスレベルは、ウラン以外の放射性廃棄物と同様に $10\ \mu\text{Sv/y}$ (IAEA, RS-G-1.7) となることが有力視されているが、これから決められる値である。

3. ウラン廃棄物のクリアランスレベル設定の基準はなにか

(1) 線量 ($10\ \mu\text{Sv/y}$) を基準にする考え方

$10\ \mu\text{Sv/y}$ は、自然放射線の外部被ばく線量の概略値 1mSv/y の $1/100$ に相当する。自然放射線の地域的・時間的な違いは $20\text{-}30\%$ 程度に及ぶので、この数値はその変動の中に飲み込まれてしまう値である。ウラン廃棄物中のウランを天然に存在するウランと識別することはできないから、クリアランスレベルの線量基準にこの数値を持ってくるのはなかなか厳しいと言えるが、この点は後で検討する。しかしながら、他の放射性廃棄物との整合を考えれば合理性がある。また、 $10\ \mu\text{Sv/y}$ は IAEA (RS-G-1.7) で基準とされた値であることから、世界共通の数値である。

(2) 土壤中ウラン濃度を基準にする考え方

前記したように、ウランは天然にどこにも存在するので、自然界のウラン濃度を基準にしてはどうかという考えがある。この考えは、IAEA RP-G-1.7 に取り入れられていて、そこでは土壤中の最大濃度に近い 1Bq/g が示されている。なお、参考として、図3に環境中の様々な物質中のウラン濃度を示した。

4. 2つの基準は整合するか

濃度基準は線量基準を守る上で必要である。たとえば、障害防止法で規制されている空気中濃度や廃液濃度などはそれにあたり、それらの濃度を守ることによって、職業人や一般公衆の線量限度が守られている。

そこで、ウラン廃棄物のクリアランスレベルとして、線量基準の $10\ \mu\text{Sv/y}$ と濃

度基準の 1 Bq/g が整合するかということであるが、結論を先に述べると、以下に述べるように、整合していると考えてよい。

わが国の γ 線による地上 1m の空間線量率の実測値は、およそ 0.44 mSv/y (Minato S, The Science of The Total Environment 298, 229-231, 2002) である。そのうちウラン系列からの寄与を平均濃度 0.029 Bq/g で見積もると、一様かつ無限平面の仮定として 0.082 mSv/y となり、 $10 \mu\text{Sv/y}$ の 8 倍である。なお、 γ 線の寄与範囲は、水平方向で 90% は半径 100 m 以内からであり、深さ方向では 99% が地表面から 40 cm 以内の層からである。また、大気からの寄与は 5% 以下である。したがって、ある一定領域のウラン濃度が 1 Bq/g (平均値の約 30 倍) とすると、ウランによる空間線量率で 2.8 mSv/y 程度 (約 30 倍) となる。ただし、これは放射平衡が成立しているときであるが、その場合の全実効線量は、ラドンとその子孫核種の吸入による寄与の方が大きく、およそ 15 mSv/y と見積もられる。

クリアランスを考慮する場合、廃棄されたときのウランには、その子孫核種として Th-234, Pa-234m, Pa-234 だけが存在するとして、U-234 以下の核種は含まれていない (欧州委員会 RP117, RP112-Part1 他)。したがって、さらにその子孫核種の Rn-222 や Pb-214, Bi-214 は生成していないから、線量に寄与する核種はほとんどない。100 年後でも U-238 と U-234 の放射能比は、1 : 0.0003 程度と見られるので、それ以下の子孫核種は更に少ない。廃棄時点での濃度が 1 Bq/g であっても、線量評価する場合の等価なウラン濃度は 0.0003 Bq/g 以下となり、自然環境中ウランの平均濃度の 1/100 以下であるから、それからの線量も 1/100 以下と同様に低く、100 年の管理期間内では、 $10 \mu\text{Sv/y}$ を十分に下回っている。300 年をとっても、その 3 倍程度であるから、自然環境中のウランによる線量よりも十分に低く、また当然ながら、その子孫核種のラドンによる内部被ばくも小さい。

5. おわりに

これから検討されるウランを含んだ廃棄物の考えるべき点、特にクリアランスレベルの基準である線量基準と濃度基準の整合性に関して、廃棄時に U-234 以下を含んでいると問題が生じるが、含んでいないとされるので、その場合は廃棄後 100 ~ 300 年ぐらいの期間では問題のないことを述べた。



図1 ウラン廃棄物の出所

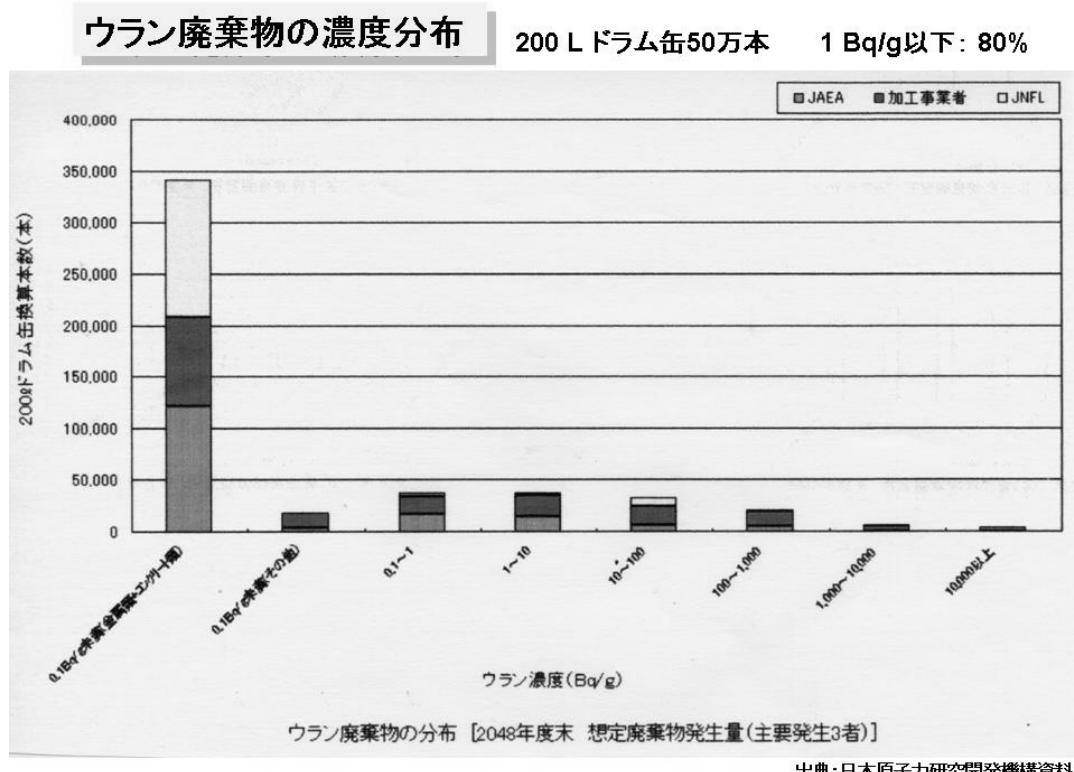


図2 ウラン廃棄物の濃度分布別の排出

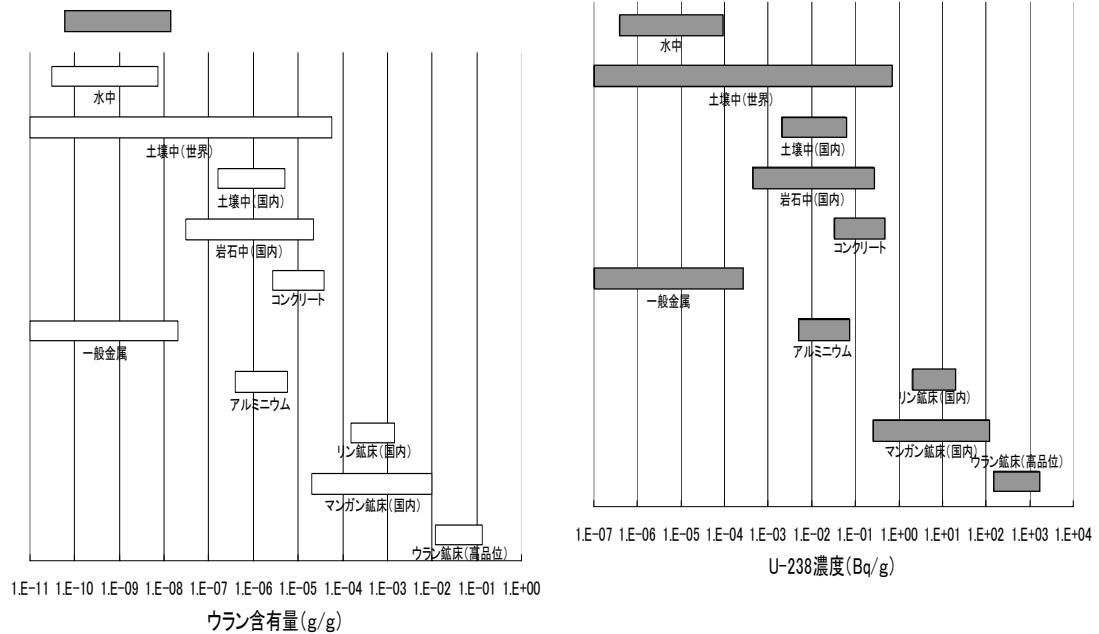


図3 自然環境における各種物質中のウラン濃度（左図：物質 1g 当りのウラン質量、右図：物質 1g 当りのウランの放射能）