

## 劣化ウラニウム

### ウラニウム

- 金属性ウラニウム (Metallic Uranium) は、銀白色、光沢があり、高密度で弱い放射性元素である。自然界のどこにでも存在し、量的な差はあるものの、岩・土・水・空気・植物・動物、そして少量ではあるが全ての人間にも存在する。
- 天然ウラニウム (Natural Uranium) は、ウラニウム 238 (238U、質量の 99.27%)、ウラニウム 235 (235U、0.72%)、ウラニウム 234 (234U、0.0054%) という3つの放射性同位体が混合した組成になっている。
- 平均約 90  $\mu$ g (マイクログラム) のウラニウムが水・食物・空気の通常摂取により人間の体内に存在している。内訳は、約 66%が骨格部分に、16%が肝臓、8%が腎臓、10%がその他の組織となっている。
- ウラニウムは主に原子力発電所で使用されているが、ほとんどの原子炉は 235U 含有量が 0.72%から 1.5-3%に濃縮されたものを必要とする。

### 劣化ウラニウム

- 濃縮分画を除去した後のウラニウムの残滓には、質量 99.8%の 238U、0.2%の 235U、0.001%の 234U を含んでおり、これを劣化ウラニウム (DU) と呼ぶ。
- DU と天然ウラニウムの違いとして、DU は多くとも天然ウラニウムの 3分の1の 235U しか含んでいない。
- それゆえに DU は放射性が弱く、放射線量は同質量の精製天然ウラニウムの約 60%である。
- DU の体内での性質は、天然ウラニウムと全く同じである。
- 原子炉で使用済みとなったウラニウム燃料は、天然ウラニウムを濃縮するための施設内で再処理されることもあるため、原子炉で生成された放射性同位体が、結果として再処理装置と DU の汚染をもたらすことがありえる。このような状況下では同じくウラニウム同位体である 236U が、極微量の超ウラニウム元素である プルトニウム、アメリシウム、ネプツニウム、そして核分裂生成物テクネシウム 99 と共に DU 中に存在する可能性がある。しかし、これらの同位体から人体へ取り込まれる DU による追加放射線量は 1%以下といわれている。

### ウラニウムの応用

- 鉛の約 2 倍という高密度であることから、DU は民間では主に飛行機の平衡錘、医

療放射線治療機器の放射線遮蔽材、放射性物質の運搬用容器として利用されている。軍事的には防御用装甲版に用いられている。

- DU は高密度であり、また衝撃で 600°C を超えると発火するため、装甲貫通弾として使用されている。

### ウラニウムや劣化ウラニウムによる被曝

- たいていの状況下で、DU の使用は自然界全体でのウラニウムレベルに対して極わずかな影響しか与えていない。DU 兵器が使用される戦闘によってこそ DU に被曝する可能性が最も高いのである。
- 最近、国連環境計画 (UNEP) はコソボ (ユーゴスラビア連邦共和国) の武力衝突現場周辺で DU の現地計測を行い、DU による環境汚染は現場から数十メートルの範囲に限局在していると報告している。DU 塵による現地の植物・飲料水汚染は極めてわずかであると報告されているため、地元住民が著しく被曝する可能性は非常に低いと考えられた。
- 2002 年 11 月、国連の専門化チームは 1995 年に NATO (北大西洋条約機構) による空爆地点であるボスニアの 14 箇所を調査し、うち 3 区域で DU の痕跡を発見した。報告書全文は UNEP より 2003 年 3 月に発行される予定である。
- DU 汚染直後には、DU レベルはウラニウムのバックグラウンドレベル (自然界における通常被曝レベル) を超えるであろう。しばらくすると、汚染物質は通常、風雨により広く自然環境へ広がっていく。汚染地域の居住者やそこで働いている人々は、汚染塵を吸い込み、汚染食品や飲料水を口にするかもしれない。
- 飛行機墜落事故現場付近の人々も、飛行機の平衡錘が長時間高熱にさらされていた場合、DU 塵に被曝するかもしれない。しかしながら、大きな塊である DU 平衡錘は発火しにくく、酸化も徐々にしか起こらないため、著しく被曝することはまれである。墜落事故後の除染作業員や緊急作業員が DU に被曝する可能性はあるが、通常の作業防護対策を行うことで著しい被曝を防ぐことができよう。

### 劣化ウラニウムの摂取

- 成人の年間平均ウラニウム摂取量は、食物と水から約 0.5mg (500  $\mu$ g)、呼吸から 0.6  $\mu$ g と言われている。
- 子供では、遊んでいる時に汚染された土壌から微量の DU を摂取することもある。
- 経皮的な DU 接触被曝は通常非常に少なく、取るに足らない量である。
- 外傷部が DU に汚染されたり、皮膚に破片が嵌入して DU が吸収されると、DU が全身に循環してしまう。

## 劣化ウラニウムの吸収

- 摂食されたウラニウムのうち約 98%は吸収されず、糞便として排泄される。食物や水分からの標準的な内臓吸収率は、水溶性ウラニウム化合物で約 2%、不溶性ウラニウム化合物では約 0.2%である。
- 同じ化学形態であっても、一般的に摂食よりも吸入のほうが血液へ吸収されやすい。粒径によっても吸収率は規定される。水溶性化合物の中には吸入量の 20%以上が血中に移行するものもある。
- 血中に移行したウラニウムの約 70%は 24 時間以内に腎臓で濾過され、尿として排泄される。排泄量は数日内には 90%に達する。

## 劣化ウラニウム被曝による健康影響

- 腎臓では、主要な濾過部分である尿細管がウラニウムの化学毒性による影響を最も強く受けるとみられている。人体におけるウラニウム曝露レベル増大に伴う、腎機能が受ける影響の増大や腎機能の回復期間の延長に関する知見は限られたものしかない。
- ウラニウム鉱山労働者に関する多くの研究では、肺癌の危険性が高まることが示されたが、これは崩壊生成物であるラドンに被曝したことによるものと考えられている。放射線量が増えると、肺組織が損傷され肺癌の危険性が増大する。しかし DU の放射能は弱いため、被曝者集団で DU による肺癌の危険性増大が認められるレベルに達するには、グラム単位の非常に大量の塵を吸入されなければならない。白血病を含む他の放射線誘発癌の危険性は、肺癌に比べてかなり低いと考えられている。
- 紅斑（皮膚表面の炎症）やその他の皮膚障害は、何週間もの長期間、皮膚が DU にさらされていたとしても起こりにくい。
- 骨格や肝臓に対するウラニウムの有害な化学的影響は立証されていない。
- ヒトの生殖・発達への影響に関する報告はない。
- 銃入破片から放出されたウラニウムは、中枢神経組織に蓄積され得るし、動物やヒトに関する研究の中には、中枢神経機能への影響があると示唆しているものもあるが、研究報告の例がほとんどないため、確固とした結論を導き出すには至っていない。

## 最大被曝限度とウラニウムおよび劣化ウラニウムの応用範囲

1996 年に国連の全ての適用対象機関により合意された国際基本安全基準では、バックグラウンドレベル以上の放射線量の限度を提示している。

- 一般人は 1 年間に 1 ミリシーベルト (mSv) 以上浴びてはならない。特殊状況下では、連続 5 年間の平均有効線量が 1mSv を超えないという条件で、1 年間に 5mSv

までは認められている。皮膚に対しては年間 50mSv を超えてはならない。

- 職業上の被曝は、1 年間の有効線量が 50mSv、また 5 年連続の年間平均で 20mSv を超えてはならない。人体末端部（手・足）や皮膚に対しては、年間 500mSv を超えてはならない。
- ウラニウムや DU を摂取してしまった場合、放射線量限度は不溶性ウラニウム化合物の吸入のみに適用される。一方、その他の曝露経路や水溶性ウラニウム化合物については、化学毒性が被曝限度を規定する要因である。

## ウラニウムの化学毒性に基づく被曝に対するガイダンス

WHO には健康を基準とした被曝限度量および化学物質の耐容摂取量を決定するための指針がある。下記に挙げた耐容摂取量は、労働者ではなく一般人の長期被曝に適用される。1 回の被曝や短期被曝の場合には、より高濃度の被曝レベルであっても有害な影響が出現せずにする。

- 一般人の吸入や摂食による水溶性 DU 化合物の耐容 1 日摂取量は  $0.5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$  である。この基準から、吸入の場合空気中濃度  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、摂食の場合一般成人で約 11mg/年という基準値が導かれる。
- 吸収率が非常に低い不溶性ウラニウム化合物は、腎臓への毒性が著しく低いため、 $5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$  の耐容摂取量が適用される。
- DU 被曝の場合によくあることであるが、ウラニウム化合物の溶解性が不明な場合は、摂取に関して  $0.5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{日}$  を適用するのが安全である。

## ウラニウム被曝者に対する処置と観察

- 民間利用でもなく軍事利用でもない、一般人の DU 利用では、ウラニウムレベルがウラニウムのバックグラウンドレベルを著しく超えることはないと思われる。従って、通常は個人の DU に対する被曝評価は必須とされていない。しかし、環境計測に基づく被曝評価は情報公開と安心のために必要である。
- 1 個人がウラニウムの平常バックグラウンドレベル以上の被曝をした可能性が高い場合は、DU 被曝評価を行う必要があるであろう。この場合、毎日の尿中排泄量を検査するのが最も良い方法である。尿検査はウラニウムまたは DU による腎臓障害の予後診断に有用である。尿に含まれる DU の割合は、精密な質量分析法による  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  比率から割り出される。
- 便検査も DU 摂取を測るのには有益な方法であるが、通常の食事によって摂取される天然ウラニウムが、多量に便として排出される（量は様々であるが平均  $500 \mu\text{g}/\text{日}$ ）ので、この点を考慮する必要がある。
- 肺内に取り込まれた DU 量を判定するために、放射線モニターを使って胸の外部放射線計測を行うには特別な設備が必要である。この方法であれば、肺内の約

10mg の DU（水溶性化合物を除く）を計ることができ、被曝直後でも計測可能である。

- 消化管や肺からのウラニウム吸収を減らす具体的な方法はない。重度の体内汚染があった場合には、専門病院において、ウラニウム排出を増加させるため等張 1.4%重炭酸ナトリウムを緩徐に点滴静注する。しかしながら、点滴静注では血液透析ほどの体内 DU レベル低下は期待できない。

## 提言

- 紛争があった地域では、様々なレベルの食物や飲料水の DU 汚染が紛争後数年経過しても検出される。かなりの量の DU が地下水や食物連鎖に入り込む可能性がある場合には経過観察が必要である。
- 正当性が認められ、かつ可能であるならば、相当数の放射性砲弾が残存し、許容範囲を超える汚染レベルであると専門家により判断されてから紛争地域での除去作業に取り掛かるべきである。高濃度の DU 塵や金属片が存在する場合には除去が完了するまでその地域を封鎖するべきである。このような紛争地域は、特に不発弾に多様な有害物質が含まれている可能性が高い。DU による潜在的危険性も踏まえて、全ての危険性に対する十分な配慮が必要である。
- 小児は DU 兵器を用いた武力衝突地域内や周辺で遊んでいるときに、重大な被曝をすることがある。手を口へ持ってゆく小児特有な動作により、汚染土壌から大量に DU を摂取することになるため必要な予防策がとられるべきである。
- DU の廃棄は、国家のあるいは国際的な勧告に従ってなされるべきである。

詳細については下記に連絡されたい。

WHO Media center

電話: +41-22-791-2222

E-mail: [mediainquiries@who.int](mailto:mediainquiries@who.int)