

**劣化ウラン被曝のためのWHOガイダンス**  
**医療従事者・事業管理者のために**

**国連共同医療スタッフとの協力による**

**世界保健機関 2001**

## はじめに

劣化ウラニウム (Depleted uranium, DU) は長年にわたり医療や産業目的に用いられてきたものである。湾岸戦争やバルカン紛争でDUが軍事使用されたことから、DUに被曝するとともに健康被害が引き起こされ得ることへの一般市民の関心が高まった。このDUへの関心は特に平和維持軍・人道主義活動家・地域住民などの紛争後のDU汚染地域に住み、働いている人々の間で高い。

ウラニウムの採掘・加工に従事する労働者の健康影響や、ウラニウムの原子力発電所における使用に関して行われてきた数多くの研究により、ウラニウムによる人体の健康影響を十分に評価できるようになった。DUは化学的にはウラニウムと同様に作用し、放射性毒性はウラニウムよりも若干低いため、この研究をDUの摂取・吸入・接触による健康への危険性評価に用いることができる。

1999年末にWHOの人間環境保護部門 (PHE) は、様々なDU被曝状況下で評価された健康への危険性に関する科学文献を独自に再検討し総説する必要性を認識し、2001年4月に研究論文として発表した。この論文の詳細は、WHOのウェブサイト

([http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/du/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/du/en/)) を参照されたい。本ガイダンスに掲載されている情報と提言の大部分は、この総説に基づいている。

本ガイダンスを編集するにあたり、国連共同医療スタッフや上述のDU健康影響関連文献の再検討担当者から重要なお意見をいただいた。WHOは、本ガイダンス作成に関わったすべての著者、校閲者の貢献に深く感謝している。なお、更なる情報が手に入り次第、本ガイダンスはWHOの産業・環境衛生部門 (Occupational and Environmental Health) 内にある放射線プロジェクト (Radiation Project) により更新される予定である。

## 本ガイダンスの適用範囲と目的

国連共同医療業務 (United Nations Joint Medical Service) と協力してWHOが作成した本提言は、医療従事者及び紛争中にDUが使われた地域へスタッフを派遣する予定か或いは既に作業に従事させている事業管理者を対象としたものである。本書では、紛争地域の住民や深刻なDU被曝を受けた可能性のある患者を診察する医療者へ、特別な健康診断やモニタリングの必要性についてアドバイスする。

本書では、以下の問題に対応している。

1. 紛争中にDUが使われた地域内まで職員を派遣すべきか
2. DU汚染地域での労働前、中または労働後に職員は特別な診察を受けるべきか
3. DU汚染地域の住民に対するスクリーニング検査は必要か
4. 高レベルのDUに曝露した可能性の高い人に対してすべき医療処置は何か

## 劣化ウラニウム (DU)

DUが使用されたと思われる紛争地域では、DU塵からの被曝、DU使用の軍用品や戦車、または食物や水道水からの摂取により、健康が著しく危険に曝されているのではないかという懸念が高まっている。

DUの特性の詳細は、付録に記す。DU被曝が健康に及ぼす影響についてはWHOが既に詳細に検討しており、次のウェブサイトにて入手可能である。

[http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/du/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/du/en/)

紛争の際にDUがどこで使用されたのかを示すウェブサイトは数少ない。DUで被曝した人々の予備判断を行うために、紛争地域でDUに被曝したのかどうか決定するには、下記に挙げたようなサイトが役立つであろう。

国連環境計画 (United Nations Environment Programme, UNEP) :<http://www.unep.ch/balkans/>

北大西洋条約機構 (North Atlantic Treaty Organization, NATO) :<http://www.nato.int/du/>  
湾岸戦争については、アメリカ国防総省のサイトを参照されたい。

### その他の環境危険リスク要因

紛争中は多種の重金属物質・化学物質・生物物質が自然環境に流出している可能性があることと認識することが重要である。それ故、DUに被曝したことがあると訴えている患者が他の生物・化学物質にも曝露されている可能性もある。他物質への曝露は、曝露状況のあらゆる危険性（可能性）を徹底的に評価することにより証明できる。

## 問題への回答

### 1. 劣化ウラニウム (DU) が使われた地域内まで職員を派遣すべきか

健康な職員であれば、DU被曝による健康への副作用を恐れることなく紛争地域へ派遣できるだろう。大量のDU残渣や塵がある地域もあるかもしれないが、このような地域にはしかるべき標識を建てて立ち入りを遮断しておくべきである。

### 2. 劣化ウラニウム (DU) 地域で労働前、中または労働後に職員は特別な診察を受けるべきか

DU装甲戦車が使われた地域での任務に就く前に診察を受けている職員は健康であるべきである。たとえば腎機能障害があった場合、派遣の判断は任務遂行の適性に基づいて行われるべきで、DU被曝の可能性に基づいて行われるべきではない。

少量のDU摂取であれば、残存物を残さずに尿や便により速やかに排泄されるため、DU装甲戦車が大量に使用された地域であっても、一般市民が多量の塵や残渣を吸引したり摂取したりする可能性はまずない。

多量のDUを摂取した特別な状況下でない限り、現れた症状に対してのみ処置すべきである。

通常、DU被曝関連の症状は人体には表れない。

定期的に診察を受ける患者は以下について告知されている必要がある。

- 自然環境におけるDUレベルは、非常に低いこと
- DU被曝後に一過性の腎機能障害が起こり得るが、医学的には検知できないレベルであろうこと

### 3. 劣化ウラニウム (DU) 汚染地域の住民に対するスクリーニング検査は必要か

DUが紛争で使われた地域の住民や滞在していた民間人に対して、DU毒性に関する医学的スクリーニングを行う健康上の理由はない。UNEPがコソボ派遣中に特定地域で行った計測から、DU汚染レベルは非常に低く、武力衝突地域に限定されているということが明らかになった。

### 4. 高レベルの劣化ウラニウム (DU) に曝露した可能性の高い人に対してすべき医療処置は何か

DU被曝したと訴える、或いは被曝したと疑われる患者への一般的な対応方法を以下に示す。

**I – 高レベルの劣化ウラニウム (DU) 被曝を受けたと自覚している、または被曝に由来すると思われる症状がみられる患者は臨床医学的に検査されるべきである。この評価項目には下記の内容を含む：**

#### a) 劣化ウラニウム (DU) 被曝の程度評価：

被曝状況に関して詳細に質問し、被曝のおおよその塵や残渣の量を評価する：

1. 被曝時の状況・日時・空気中の塵の量、DU現場付近に給水施設があった可能性など。
2. もし爆発の近くにいたのであれば、傷や体に埋没した破片がないか？
3. もし患者が小児であれば、損壊した戦車の近くで遊んでいなかったか？装甲戦車の残骸を拾っていないか？遊びや、手を口元に運ぶ動作の際にDUの塵を摂取していないか？
4. 患者がDUの金属片を記念品として持っていないか、あるいはDUが浸透できるネックレスや類似物を身につけてDUが肌に長時間接触していないか？

#### b) 定型的な (ルーチン) 検査実施

- 診察
- 血中尿素・クレアチン測定
- 定型的に尿検査し、蛋白・アルブミン・糖の測定
- 血球計数
- 大量の物質を吸入した可能性がある場合には胸部X線検査

**II – DU塵の発生源に近接していた、或いはDUの破片で傷害を受けた、或いは上記の定型 (ルーチン) 検査で異常を示した患者にはウラニウム被曝に関する検査を行うべきである。**

a) 摂取や吸入により多量の物質が血流に吸収された場合、短期的には腎臓がもっとも影響を受けやすい。尿細管障害の兆候を検査する。尿細管障害の際には、 $\beta_2$ -microglobulinを代表とする多量の低分子量蛋白が尿中に出現する。

従って、24時間尿中の $\beta_2$ -microglobulin値を測定する。この検査は多くの病院や検査施設で可能である。患者には24時間正確に蓄尿する方法を覚えておかねばならない。蛋白質は尿中では不安定なので、蓄尿方法は検査施設の指示に従う。

b) 検査結果が何らかの異常を示す場合、大量のウラニウムが関与しているか否かを判定するためには、尿中ウラニウム測定が最適である。尿中の総ウラニウム量を測定するには $\alpha$ スペクトロスコピー（スペクトロメトリー）が一般的である。

しかし尿中ウラニウム量の測定設備をもつ検査施設はわずかである。従って蓄尿前に検査施設に連絡し、その指示に従う。一時尿の検査では意義が乏しいので、少なくともクレアチン量測定を同時に行う。

c) 尿中ウラニウム値が高い場合は、24時間のDU排泄量を算出する。

この場合には、 $\alpha$ スペクトロメトリー・誘起結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）および熱イオン化質量分析法（TIMS）など、天然のウラニウム・濃縮ウラニウム・劣化ウラニウム（DU）の同位体存在比を同定するために放射性同位体に特化した方法が推奨される。

ウラニウムの各放射性同位体量を決定できる施設、つまり天然ウラニウム・DUのいずれによる被曝なのかを決定できる検査施設は少ない。適切に尿サンプルを回収すれば、尿中DUレベルは $\alpha$ スペクトロメトリーにより明らかとなる。

腎臓専門医に紹介したうえで、さらなる検査・診断・治療が必要となろう。腎障害は一般的な疾患であり、蛋白尿と同時にDUの排泄が認められた場合でも、蛋白尿の原因は別にあることが多い。

### Ⅲ－治療

- ・ ウラニウム被曝に対する特別な治療法はない。被曝の急性期には、重金属を誤飲した場合と同様に対処すべきである。
- ・ 治療は、実際に現れた症状に対して行うべきである。
- ・ 腎臓の尿細管障害と診断された場合、以下の治療を行う。
  - a) 尿をアルカリ化し、血中ウラニウムと結合し、腎臓でウラニウム排泄を容易にし、尿細管へ再吸収させないために重炭酸ナトリウムを点滴する
  - b) 重金属キレート療法が有効かもしれないが、DU除去に必須かどうかはわからない
- ・ 必要ならば腎機能のモニタリング、腎障害が重篤であれば血液透析が望ましい
- ・ 肝機能のモニタリング

尿中ウラニウム排泄の増加は一時的であり、上記の方法は曝露後早期にのみ有効である。ひとたびウラニウムが骨格や腎臓に吸着すると無効のようである。

### Ⅳ－予後

ほとんどの場合、永続的な影響は残らない。激しいDU被曝の場合は、腎臓尿細管アシドーシスをおこす可能性がある。DU塵を吸入して大量の不溶性ウラニウム化合物を摂取した場合には、長期の経過観察では肺腫瘍にも留意すべきである。しかしながら、患者には将来起こりえる健康影響は少ないと説明するべきである。

## 付録 劣化ウラニウム(DU)の特性

劣化ウラニウム (Depleted Uranium, DU) 被曝により起こりえる健康影響に関する総説が、WHOにより “Depleted uranium: sources, exposure and health effects (DU、発生源、被曝と健康への影響、2001年5月出版)” として完成され以下のWHOのウェブサイトから入手できる。

[http://www.who.int/ionizing\\_radiation/env/du/en/](http://www.who.int/ionizing_radiation/env/du/en/)

### 放射能

DUは弱い放射能を有する重金属である。DUの放射能が同量のウラニウムに比べて40%小さいことを除けば、ウラニウムとDUの化学的・放射線的毒性はほぼ同等である。

ウラニウム同位体は主に $\alpha$ 線を放出し、ある程度の $\beta$ 線とわずかながら $\gamma$ 線も放出する。 $\alpha$ 粒子は皮膚表面の死細胞層を透過できないが、 $\beta$ 線は皮膚の基底層まで透過する。しかしDUの放射能では、長期間皮膚に接触しても有害作用を生じない。

### 放射線毒性

吸入されたDU粒子が長期間にわたり肺に残存すると、肺の細胞が傷害されるおそれがあるため、長い年月の後には肺癌発生の危険性が増すおそれがある。しかしウラニウム工場労働者に対する調査では肺癌危険率は増大しなかったため、科学的根拠ははっきりしていない。地下の鉱山労働者に対する調査で認められた肺癌の増加は、ラドンガスに関連しているようである。ラドンは天然ウラニウムの崩壊過程で生成される放射活性物質である。

### 化学毒性

ウラニウムが人体にあたえる主な化学的な影響は腎機能障害である。腎の尿細管を損傷すると尿細管障害をきたす場合がある。1991年の湾岸戦争でDUの破片が体内に嵌入したりエアロゾルを吸入した兵士達では、尿中ウラニウム排泄量増加が見られたものの、現在に至るまで腎機能障害は認めていない。曝露経路によらず、またどの同位体であれ、一旦血流に入ったウラニウムは腎臓を通過する。可溶性が高い化合物ほど、不溶性の化合物に比べてより速く血中に入るため、より速く腎臓へ達する。体内に蓄積されるウラニウムはおおよそ骨格 (66%) ・肝臓 (16%) ・腎臓 (8%) および他の組織 (10%) である。

DUと発癌や先天的異常の発生を関連付けた研究はない。