

Title	天然ウラン加工工場の環境調査（ウラニウム障害の研究 第2報）
Author(s)	水谷, 洋二
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(9), p. 1956-1961
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17891
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

天然ウラン加工工場の環境調査 (ウラニウム障害の研究 第2報)

名古屋大学医学部放射線医学教室 (主任 高橋信次教授)

水谷 洋二

(昭和34年9月7日受付)

緒言

核燃料としての天然ウラン加工工場に於ける、障害予防施設の概要、空中汚染度の測定、廃水中のウラン濃度測定等の環境調査の結果を報告する。

施設と個人装備の概要

昭和31年来、S工場では本邦最初の天然ウラン加工計画があり、余等に健康管理面での協力を依頼された。事業の内容は、天然ウラン鑄塊を溶解し造塊する作業、返り材の再生及び発生屑の処理、熱間・冷間加工及び熱処理、国産第一号原子爐及びコールドホール型燃料棒の試作などで、当分の間、一日の作業量数キロ乃至数10キログラム程度の試験研究が行われると言うことであつた。此等の計画に就いて余等も未経験であつたが、原則論として、ウラニウム鑄塊の処理に際しては、出来るだけ粉塵の飛散を防止すること、粉塵はブロワーを以て集塵すること、集塵した廃棄物は危険なく処理貯蔵すること、作業員は線量測定具を携帯すること、等を守るのが必要で、その線に従つて試験工場を建設すべきことを述べた。S工場は以上の線に添つて次の如き設計を行つた。

(a) 建家

コンクリートブロック平家建、広さ90m²、高さ4mで360立方メートルの容積があり、30m³/min.のブロワーにより、毎時間約5回の換気が行われる。又建家の内面はビニール塗料、床面は水の滲透しないコンクリートを用いて、陽々迄水洗が可能である。

機械加工時の冷却水や、室内汚染洗滌に使用された水は8×8×2mの濃縮沈澱水槽(コンクリ

ート製、屋外)に導かれ、沈澱させると同時に、天日によつて乾燥濃縮される。この水槽の屋根は雨水が全然入らぬ様に温室様の総硝子張りとなつて居り、天日と通風により自然に濃縮が行われる。沈澱物は将来ドラム缶に入れて原研の廃棄物処理場へ送られ、最終的処理が行われる。

(b) 収塵装置

実験工場内各装置にはそれを覆ふフード及びダクトがあり、ブロワー(30m³/min. 10HP)によつて粉塵を含んだ空気を吸引し、ベンチュリー・スクラバー(使用水量1.26T/h)で捕集された粉塵と水は、湿式サイクロン(使用水量0.75T/h)で空中と分離され、空気はフィルター(グラスウール600×600×50cm24枚)を通過して浄化され大気中へ、粉塵を含んだ水は屋外の沈澱水槽へ導かれ、上澄水は再び環流してベンチュリー・スクラバーの水として使用され放水はされない。

(c) 作業員の服装

作業員は、専用作業服、防塵マスク、手袋、帽子を着用し、工場を出るときは着衣を取替え、GMカウンターでサーベアーして外部に少しも汚染を持有さぬようになっている。又作業員はフィルムバッジ、ポケットチェンバーを装着している。

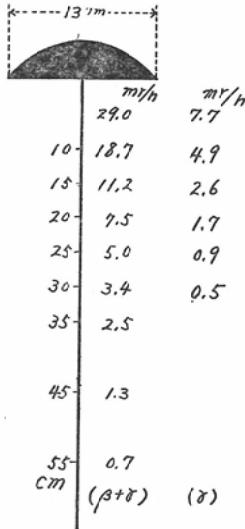
(d) 其他

建家内にウラン従事員専用の便所、足踏み式手洗い、洗濯器、冷暖房装置、を備えつけてあり、作業場と出入口の間に専用の更衣室及びロッカーがある。

環境調査

以上のような設備の実験工場内で作業する人間はどの程度に放射線の内・外照射を受けて居るか

第1図 金属ウラン塊からの線量測定 (133×130mm²の金属ウラン塊より)
 左側：距離 (cm)
 右側：線量測定値



について行った実験成績と環境調査の結果を述べる。

(a) 外部照射についての実験

ウラン金属塊 133×130mm²の平面から放射されるβ,γ線の量を神戸工業の電離槽型線量計率(DR-2)で測定した結果を第1図に示す。(β+γ)と記してあるのは、雲母(2~3mg/cm²)の窓を通して測定した値、(γ)と記してあるのはベークライト板でα,β線を遮断してγ線のみを計測した結果である。γ線による照射は、ウランより10cm以上離れば、ICRPによる新勧告による手に対する放射線許容量(年に75レムで週間約1500m rem)以下で、実際問題としては持続的に密着保持して居る時間は僅少であるから、それ程問題にならないことを示して居る。

作業中に装着したフィルムバッジ、ポケットチェンバーによる測定結果も、何れもそれらの検知能力以下の量であつて、計測不能であつた(30mr/w以下)。

(b) 空気中の汚染度測定

(i) 測定器

空気中のウラン濃度の測定には、神戸工業製

第2図 ダストモニター

左：ダストモニター-MDS 2型
 右：エアモニター用データ処理装置



MDS-2型ダストモニター(第2図)を用い、濾紙を通じて一定量の空気を吸引し、濾紙上に捕捉された放射能を測定して、空気中のウラン濃度を求める方法である。塵埃の放つ放射線のうち、β,γ線はGM管で捕捉直後測定し、α線は捕捉7時間後α線用シンチレーションプローブにより測定し、いずれもレートメーターで自記記録させる。7時間後α線を測定するのは、大気中から捕捉されたラドン及びその娘核種の減衰をまつて測定し、精度を高めるためである。

空気吸引ポンプは300l/min.の吸引能力を有し、濾紙はHolingsworth & Vase No.70を使用し、1inch/hの速度で送られる。

総合感度はα線を放出する物質に対しては

- 5 × 10⁻¹²μc/cc/cps
- 但し 濾紙効率 60%
- 集塵面積 3 × 9.8cm²
- 流量 300l/min.
- 検出有効窓面積 12cm²
- 検出器効率 全壊変に対し25%

β,γ線を放出する物質に対しては

- 6 × 10⁻¹²μc/cc/cps
- 但し 濾紙効率 80%
- 集塵面積 3 × 9.8cm²
- 検出器有効窓面積 5.7cm²
- 検出器効率 全壊変に対し30%

濾紙効率がα線とβ,γ線と異なるのはα線に対

しては、フィルターの自己吸収を考慮して少い値がとつてある。

(ii) ダストモニターによる測定値

ウラン作業を行つてない時のダストモニターの計数値を第1表に、ウランの溶解、造塊、アーク溶接加工、鍛造時に従業中の作業員の口鼻部附近の空気測定値を第2表に示す。

第1表 バックグラウンドの測定値

測定年月日	測定場所	測定値	
		α線(CPS)	β,γ線(CPS)
33-12-10	作業場外	-	7.2
11	"	-	5.6
12	"	-	8.4
13	"	-	5.1
14	"	-	9.0
18	作業場内	-	33.0
19	作業場外	-	15.0
20	"	-	11.0
22	"	-	6.3
24	"	-	4.2
27	"	0.3	6.0
34-1-15	作業場内	3.0	5.0
21	"	1.8	40.0
23	"	1.3	13.8
30	作業場外	0.6	4.0
31	"	0.1	2.0
2-3	"	0.6	8.0
4	作業場内	1.6	16.0
11	"	0.1	12.0
13	"	2.0	20.0
14	"	2.4	24.0
16	"	1.2	12.0
18	"	1.0	10.0
19	"	1.5	15.0
平均値		1.3	13.2

第2表 作業中ウラン汚染度測定

測定年月日	作業種別	測定値	
		α線(CPS)	β,γ線(CPS)
33-12-3	ウランゴットアーク加工		10.8
4	"		8.4
5	アーク加工及び切削		22.0
8	ウランゴット熱間鍛造		20.4
9	"		7.4
17	ウラン棒切斷		13.0
25	ウランゴットのウラニダ加工	1.3	12.9
34-1-17	ウランの電解	5.4	6.0
20	"	0.6	7.2
22	ウランの切削	1.8	12.0
24	"	1.2	16.0
26	ビッカース硬度測定	1.2	8.0
27	ウランゴットプレス	0.4	4.0
平均値		1.7	11.4

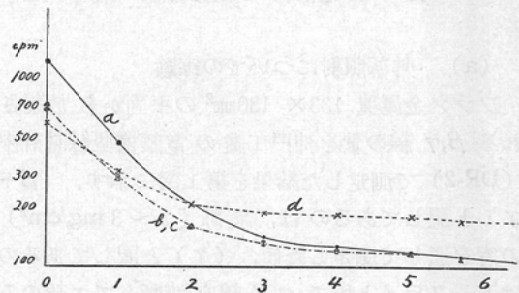
第1表から明らかなように、バックグラウンドの日による変動は非常に大きい²⁾。従つて作業による汚染度の増加を知るためには、同時にバックグラウンドの測定を行つて比較しなければ、その評価は殆んど不可能に近い。バックグラウンドの平均値(1.3cps)から空中の自然放射能を計算

すれば、α線放射物質(集塵後7時間)は $6.5 \times 10^{-12} \mu\text{c}/\text{cc}$ となり、β,γ線放射物質(集塵後約1時間)の測定値平均12.2cpsは $7.3 \times 10^{-11} \mu\text{c}/\text{cc}$ に当る。作業中の放射線の測定値とバックグラウンドの平均値を比較すると、α線放射物質に対して作業による汚染度増加は $2 \times 10^{-12} \mu\text{c}/\text{cc}$ で許容量の約10分の1、β,γ線放射物質に対してはバックグラウンドとの差は認められない。作業による汚染度の増加はバックグラウンドの変動の中にかくされてい、正確な値の評価は困難であるが、許容量より可成り少い量であることは確かである。更に長期間の測定によつて確め度い。

次にダストモニターに集められた粉塵中の放射性物質の核種を確かめるために、濾紙に吸着したものをGM管で時間を追つて測定し、減衰曲線をかかせた結果を第3図に示す。曲線はいずれも始め

第3図 吸塵した濾紙中の放射能の減退曲線

- a: 分析室にてウラン溶解
- b: 鍛造工場
- c: 工場周辺の大気
- d: "



は直線的に急に下降し、次第に傾斜は緩やかになつてい。減衰曲線の初期の傾斜から求めた半減期は50~60分程度であり、これは主として空気中のラドンの娘核種によるものである。粉塵中の放射性物質の大部分を占めるラドンの娘核種の減衰後(数時間後)始めてトロン(半減期約10時間)と fallout 等が、又作業中ならばウランの粉塵によるものの計数が行われることになる。

(iii) 廃水中の放射線測定

廃水中のウランの定量は、ウランの比放射能が非常に小さいため、放射能による測定よりも比色分析による測定の方が鋭敏である。湿式収塵装置の沈澱水槽に流入した汚染水のウラン濃度を

Thiocyanate 法⁴⁾で定量した結果最大 2976 γ /l... $10^{-6}\mu\text{c}/\text{cc}$ 平均 300 γ /l... $10^{-7}\mu\text{c}/\text{cc}$

で、水の許容量 $2 \times 10^{-6}\mu\text{c}/\text{cc}$ (水 1lにつきウラン約 6mg) に比して、最高は2分の1、平均は20分の1である。

考 按

ウラニウム処理工場の建設には米国の施設がどの様であるかが参考になる。米国に於ける原子爐訓練学校のウラニウム処理加工関係の衛生管理状況⁵⁾は、(1)衛生管理組織があり、これが作業者の安全衛生のすべてを司つて居る。(2)作業者は作業用自衣及び靴を着用し、Film-Badge と Pocket-chamber を携帯して居る。(3)作業終了後は出口の Hand and foot monitor で手足の放射能汚染を測定して居る。(4)金属ウランの溶解作業は、閉鎖式の真空溶解で、強力な換気と、Elephant nose (通称象の鼻：太いゴム管で屈曲自在の集塵管)により、マスクの必要がないこと。(5)白血球数の検査を定期的に行つて居るだけで、測定計器に異常ない限り、作業者には特別の処置をとらないこと。(6)ウラン粉末が散乱した場合には、衛生管理者が絆創膏様のものに附着させて汚染を機械的に除去して居る。(7)廃棄物の処置は最終的には米国原子力委員会に送つて居る。

その建物は特別のものではなく全く普通のもので、室内の空気汚染度を知るために“Monitiation”があり、これは常時空気中の α -線のデーターを測定指示して居る。又集塵装置に関しては、強力な換気と、濃厚な空気汚染個処は Elephant nose にて更に吸塵して居ることが知らされて居る。

以上の米国の施設は、金属ウランを溶解加工する場合に、その吸入による体内照射の危険性が最も重大であり、飛散する酸化物による手指汚染による障害や、空中ウラン塵及び金属ウラン表面からの外部照射は差程問題にならないと考えて居ることにもつづいている。

外部照射の最大許容量 300m rem/w(1958年9月国際放射線防護委員会の新勧告では 5 rem/y)

であるが、S工場での全身の被曝はその環境調査データより見て、極めて僅小であるから、あまり問題視する必要はない。ウラン鉱坑内ではラドンによる γ 線が問題になるが⁶⁾、金属ウラン加工工場では換気さへよければこれはあまり考慮する必要がない。

金属ウランの表面の線量率は250~300m rem/h程度といわれ⁸⁾、直接これに觸れたり、微粉により汚染される手に対しては、許容量1500m rem/w (ICRP新勧告による手、前腕、足、くるぶしについては連続13週間20レム又は年75レムが許容量)を超える可能性がある。

健康管理上特に問題になるのは内部照射で、従業員に対してはウランの空気中最大許容量は $3 \times 10^{-11}\mu\text{c}/\text{cc}$ と定められ、工場からの廃気はこの10分の1に抑えられて居る。ウランやその他放射線を出すものを吸入すると肺癌になる危険性があることは、ウラン鉱山などで経験されてきている⁷⁾。原鉱石を粉砕したり、ウランの酸化物や弗化物を乾燥した状態で取扱うときは、許容濃度を幾百倍も越えることがありうる。このため通風をよくすることが特に肝要となる。また金属ウランの機械加工においては、この金属が自然に発火することをよく認識する必要がある。亦ウランの濃いホコリは室温でも発火する。この際には酸化物の煙を生じ、これを吸入する事故がしばしば起つている⁸⁾。ウランの削りくず 100gr が燃焼したあとで、30m³の密閉した部屋の中で採取したサンプルでは空中許容濃度であつたと言う¹⁰⁾。

電離能が大きく細胞組織の障害が最も大きい α 線放出性粉塵による体内照射防止対策は、どうしても強力な換気装置に依存するところが大きい。しかし、常に作業場内の空中線量測定、個人被曝量の測定、更に第三報にのべる定期健康診断等万全の策を構する必要がある。

今回の環境調査は主として空気中の放射能測定について述べた。濾紙法によつて空気中の放射能の濃度を求める方法は非常に簡便であり、又一種の濃縮が行われるために、比較的微量の空気中放射能の測定に適して居るが、時間的な遅れとか、

絶対値の測定には種々の欠点を持っている。その二、三について考えて見ると、

測定の時間的遅れ

GM管は集塵直後の測定を、 α 線用シンチレーションカウンターは7時間後の値を測定して居る。7時間後の α 線測定では前述のやうにラドンの娘種核の影響が殆んどなしに測定出来るので、換言すればバックグラウンドの少い状態で測定出来るので、測定値の精度は確かに期待出来る。然し作業中の汚染度を直ちに知るには、精度はそれ程よくなくつても、GM管による β, γ 線の吸塵直後の測定も亦必要である。

濾紙効率について

濾紙効率の測定は空気中の粉塵が非常に小さい(0.01 μ 又はそれ以下)のために困難である。捕捉率はフィルターの種類によるのは勿論、吸気速度でも可成り相違があり、測定者によつて2~3%から99%にも及ぶ変化がみられる³⁾。S工場のダストモニターのそれは、メーカー発表の性能によると60~80%となつて居るが、バックグラウンドの測定、即ち空気中の自然放射能を帯びた塵の測定には、もう少し小さい値(20~30%)を採用する方が適當かと思われる。然しウラン加工中の粉塵は比較的大きいと考えられるので、60~80%程度の値で良いのかも知れない。此の値のとり方で可成りの誤差を生ずる恐れはある。

その他各種崩壊生成物から放出される放射線の、濾紙及び捕捉塵埃に依る自己吸収の割合とか、放射線の種類による計数効率の相違、背後散乱に依る誤差の割合等の評価のし方によつて、計数值から空中放射能の絶対値を算出する上に相当の相違を生ずる可能性がある。然し空気中の放射能のオーダーを簡単に知る為には、矢張り此の様なダストモニターによるのが簡便であり、又充分に役立つものとする。

以上の如くS実験工場の諸施設は、現在の所健康管理上略満足すべき状態であると考えられる。本報告で述べた成績は試験的作業の段階で得られたものであるが、調査結果の項に明かな如く、結果はすべて作業時間の線量率で求めてある。従

つて若し作業時間が更に延長されても、44時間/週以内である限り作業員の被曝量が最大許容量を越す危険性はないものと考えられる。従つて、現在の所1日10~20kgのウランが1日2時間程度で処理されているので、現在のままの設備で1日80kg程度までのウラン処理を行ひ得る事になる。但しそれより更に大量のウランを扱う場合、即ち集塵能力が現在のままの工場内に、ウラン処理工程が更に増加し、それらが一齊に活動し、空中ウラン塵が高濃度に達する可能性のある場合には、更に検討が必要となるであろう。

結 論

ウラン加工工場の作業環境を調査した結果、次の結論を得た。

1. ウラン塊よりの外部照射は、持続的に金属ウランを密着保持せぬ限り最大許容量以下と考えてよい。
2. 作業中の空中ウラン塵の放射能は、従業員の口鼻部附近からゴム管で吸塵し、ダストモニターによる測定を行つたところ、各種作業時の測定値は、空中最大許容量の10分の1以下である。
3. 廃水中のウラン濃度は、平均300 μ γ /l (10 μ c/cc)で、最大許容量の約20分の1である。
4. 現在の設備のままで1日80kg程度迄のウラン処理を行つても、従事員の被曝量は最大許容量に至らないものと推定される。

本論文の要旨は昭和34年5月9日日本産業医学会東海地方会で発表した。本環境調査に當つて、住友金属工業株式会社仲銅所小崎技術調査役、片寄診療所長、近藤、鈴木、岡田、一柳研究課員の御協力を得、当教室岡島講師、北島博士の御援助を戴いた。深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) William A. Brobst: United States Atomic Energy Commission, Health and Safety Considerations for Uranium Fuel Fabrication Facilities, Technical Information Service Extension, Oak Ridge, Tenn. —2) 西脇安、河合広、村田滋子、古久保俊子、岩崎照毅、神子田一彦、山田昌子、田中源一、由谷聰至：放射能汚染と最大許容量問題、第2回原子力シンポジウム報文集。—3) 道家忠義、斎藤誠：濾紙法による空气中放射能測定、第1回原子力シンポジウム報文集。—4) 柴田雄次：無機化学全書XVII(放射性元素)Iウラン、

丸善。—5) 武谷清昭：原子燃料に関する講演会並びに懇談会の記録，昭31，12，14。—6) 井上武一郎他：日本公衛誌，5(3)，104，昭33。—7) 井上武一郎：フィントープ設備と防護，p. 41，地人書

館，昭31。—8) 藤田稔：放射線障害の防禦，日本金属学会誌，A-93 Vol 23，1959。—9) AEC Report NYO-4869 Health and Safety in Powdered Metal, By W.B Haris, 1957.

Safety Control and Monitoring in Uranium Factory

By

Yoji Mizutani, M.D.

(Department of Radiology, School of Medicine, Nagoya University.

Director: Prof. Shinji Takahashi, M.D.)

Summary and Conclusions

1. Safety control and monitoring of an uranium milling factory was performed, and its experience was detailed in the present paper.
2. External irradiation dosage from the uranium metal block was considered to be at the level below the maximum permissible dose, unless the worker was irradiated being contact to the uranium block.
3. Uranium concentration in air at the worker's mouth was approximately below one tenth of the maximum permissible concentration, when it was measured by the dust-monitor.
4. An average uranium fragmentation in the waste water was resulted as about 300 gamma/l, which is near the level of one twentieth of the maximum permissible concentration.
5. Up to about 80 kg of uranium metal could be treated a day in this factory with the exhaust system and uranium-treating system at the present time.
6. The medical examination was already described in this journal. The details written in English will be published in the forth-coming paper of "Nagoya J. med. Sci".