

研究論文

研究炉炉室および排気中における気体状放射性物質の評価

福井正美^{*1}, 岡本賢一^{*1}, 牧 廣利^{*1}, 義本孝明^{*1}, 桂山幸典^{*1}

(1984年7月21日受理)

(1984年8月31日再受理)

The Evalution of Gaseous Radioactive Materials in the Reactor Room and in the Exhaust from the Research Reactor

Masami FUKUI,^{*1} Ken-ichi OKAMOTO,^{*1} Hirotooshi MAKI,^{*1}
Taka-aki YOSHIMOTO^{*1} and Kousuke KATSURAYAMA^{*1}

The concentrations of several radionuclides released from the stack of the research reactor, Kyoto University (KUR) were examined according to the modified procedure of the regulatory guidance "The measurement of released radioactive substances from a light water moderated power reactor."

It was found that the concentrations of all radionuclides detected such as tritium, iodine-131, -133 and strontium-90 *etc.* were sufficiently lower than the lower limit concentration in the air presented in the guidance except for the Ar-41. Then the radiation control system was established so that the average Ar-41 gas concentration for three months in the reactor room would not exceed the permissible concentration $4 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ regulated by the law, setting the reasonable alarm level $5 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ which is connected with the operational interval of KUR and the average Ar-41 concentration of the past twelve weeks.

KEY WORDS : radionuclides, regulatory guidance, research reactor, tritium, iodine, strontium, permissible concentration, Ar-41, radiation control system, alarm level

I 概 説

商業用発電炉を対象にした「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」が昭和53年9月に原子炉安全技術専門部会から原子力委員会に報告された¹⁾ことに鑑み、京都大学原子炉実験所（以下、KURと記す）でも昭和55年度から、その測定の検討を開始した。KURでは従来、放射性廃水はバッチ法で処理した後、処理水の濃度を法令で規定された値以下であることを確認したあと放流している。他方、KUR研究

炉の気体廃棄物も同様に放出されているが、その形態は連続的である。さらに once-through 方式の排気中には ⁴¹Ar が比較的高濃度で含まれていることが知られている。そこで、ここでは気体廃棄物を対象として、指針に掲げられた放射性物質を核種別に測定するとともに、実測された排気口での濃度を周辺監視区域での3ヵ月平均許容濃度と比較することにより、原子炉施設内外および放出口で監視すべきおもな核種を明らかにする。また施設内での管理方式を3ヵ月平均濃度や瞬時値としての警報濃度と関連させて確立したので報告する。

II KUR 研究炉の排気口における核種別測定

1. 試料採取量および方法

発電用原子炉の連続運転期間は一般的に研究炉のそれ

^{*1} 京都大学原子炉実験所放射線管理部；大阪府泉南郡熊取町野田（〒590-04）
Research Reactor Institute, Kyoto University,
Noda, Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-04.

Table 1 The concentrations of the radionuclides released from the stack of the KUR.

Method of measurement	Tritium	Iodine-131, -133	Total α - β	γ emitter in particles	Strontium-90
1. Air sample volume(cm ³)	~50 (as water)	1.85×10 ⁸	same	same	3.36×10 ¹⁰
2. Instrument	L.S.C.	Ge (Li)	ZnS+GM Counter of the gas flow	Ge (Li)	
3. Counting interval	10 (min)	8×10 ⁴ (sec)	150 (min)	8×10 ⁴ (sec)	consignment
4. Background (cpm)	1.73	I-131 0.37 I-133 0.18	α 0.27 β , γ 0.95	non-detected (N.D.)	
a. Effluent concentration of gas from KUR (μ Ci/cm ³)	6.4×10 ⁻¹¹	I-131 4.2×10 ⁻¹⁴ I-133 5.6×10 ⁻¹³	α <L.L.D. β , γ 4.1×10 ⁻¹⁵	(N.D.)	third quarterly term 1.1×10 ⁻¹⁶ fourth quarterly term 7.0×10 ⁻¹⁷
b. Lower limit concentration of detection (L.L.D.) (μ Ci/cm ³)	1.2×10 ⁻¹¹	I-131 2.1×10 ⁻¹⁴ I-133 2.9×10 ⁻¹⁴	α 1.5×10 ⁻¹⁵ β , γ 1.8×10 ⁻¹⁵	Co-60 9.1×10 ⁻¹⁵ Mn-54 8.8×10 ⁻¹⁵	consignment
c. Lower limit concentration of guide line (μ Ci/cm ³)	1×10 ⁻⁹	I-131 2×10 ⁻¹³ I-133 2×10 ⁻¹²	α 1×10 ⁻¹⁴ β , γ 1×10 ⁻¹³	Co-60 1×10 ⁻¹³	1×10 ⁻¹⁴
d. Permissible concentration in air for outside supervised area (μ Ci/cm ³)	2×10 ⁻⁷	I-131 3×10 ⁻¹⁰ I-133 1×10 ⁻⁹	unknown nuclide 2×10 ⁻¹⁴ β , γ only 1×10 ⁻¹²	Co-60 3×10 ⁻¹⁰	4×10 ⁻¹¹
e. Safety factor (d/a)	3.1×10 ³	I-131 7.1×10 ³ I-133 1.8×10 ³	α (L.L.D.) 1.3×10 ¹ β , γ 2.4×10 ²	Co-60(L.L.D.) 3.3×10 ⁴	third quarterly term 3.6×10 ⁵ fourth quarterly term 5.7×10 ⁵

よりも長く、上述した指針に記されているような期間（1週間や1カ月など）をそのまま適用することは妥当ではない。KUR 研究炉の運転サイクルはただだか週80時間であり、運転停止後も試料採取を継続した場合、放出口濃度としては低く算定される。そこで、ここではヨウ素、トリチウム、粒子状物質および全 α - β 線種は研究炉の最高出力である 5 MW の連続運転中に試料を採取した。このとき放出口からの空気採取量は $1.85 \times 10^8 \text{ cm}^3$ であった。ただし、ストロンチウムの場合は半減期が長く、減衰補正が不要であることおよび濃度が低いことが予想されるので指針に記されているように3カ月間を試料採取期間とした。この場合、空気採取量は $3.36 \times 10^{10} \text{ cm}^3$ であり、得られる値は平均濃度である。

試料採取方法はトリチウムでは液体窒素を用いた凝縮法、ヨウ素には活性炭カートリッジフィルターを用いた。また、この前置フィルターとしたミロポアフィルターは全 α - β 線種および粒子状物質の測定に用いた。ストロンチウムの場合は、KUR 研究炉の放出口において、希ガスと同様に連続監視しているダストモニター用濾紙を測定試料として用いた。そしてこれだけは、その測定を外部機関に委託した。

2. 濃度測定法

トリチウムは凝縮水を蒸留²⁾したものから 1 ml を採取して液体シンチレーションカウンターにより水濃度を初めに測定し、空気採取中の平均湿度から空气中濃度に換算した³⁾。ヨウ素および粒子状 γ 線種は Ge(Li) 検出器、全 α 線種には ZnS(Ag) シンチレーター、全 β 線種にはガスフローカウンターを用いた。

3. 測定結果および考察

Table 1 にはトリチウム、ヨウ素、粒子状物質、全 α - β 線種およびストロンチウムの測定結果 (a)、検出限界濃度 (b)、指針に掲げられた測定下限濃度 (c) および周辺監視区域外の3カ月平均許容濃度 (d) を掲げた。原子力施設に関する法⁴⁾では排気口での濃度を監視すべきであるとしているが、排気口での許容濃度は定められていない。そして周辺監視区域外での3カ月平均許容濃度は別表⁵⁾（従事者が吸引するおそれのある空氣の許容濃度）の 1/10 とする基準が定められているにすぎない。そのために排気口での実測濃度 (a) を直接的に (d) と比較することはできないが、他に比べる基準濃度が存在しないため d/a を安全ファクター (e) として算定し、これらの値も Table 1 に掲げた。すなわち e 値は最高出力 5 MW で運転されているときの KUR からの排気が希釈されずに周辺監視区域外まで移動したことを想定し、そこでの3カ月平均許容濃度と比べたものであり十分に

安全性を評価できる指標であると考えられる。Table 1 によれば本研究で用いた方法により得られた検出限界濃度 b はいずれも d の値に比べて低いものが得られている。

トリチウムの場合、試料の計数時間は 10 分であり指針に掲げられた例の 1/2 であるにもかかわらず、検出限界濃度 b は指針に示された測定下限濃度 c に比べて約 2 桁低く算出され、排気中濃度も $6.4 \times 10^{-11} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ と低い。したがって e の値としては、約 10^3 オーダーが得られる。ヨウ素についても e 値として、 10^3 オーダーが得られた。全 α 線種は検出限界濃度以下であったが、測定値をそれに等しいと仮定した e 値でも 10^1 オーダーが得られた。また全 β 線種の e 値は 10^2 オーダーであった。粒子状 γ 線種の場合は、指針に掲げられた核種はいずれも検出されなかったもので、たとえば ^{60}Co の検出限界濃度を全 β 線種と同様に、測定値に等しいと仮定して e 値を算出すれば 10^4 オーダーであった。最後に ^{90}Sr の e 値も 10^5 オーダーである。以上のように、どの核種も検出されたものについては安全ファクターが $10^2 \sim 10^5$ のオーダーである。またストロンチウムを除いては研究炉が 5 MW の運転期間中のみ試料が採取されたことを考慮すれば3カ月の稼働率から排気口での平均濃度が低くなるため安全ファクター e 値はさらに大きくなることが考えられる。したがって、被曝低減対策の観点からは次章に述べる、前述した安全ファクターが 1 に近いと考えられる ^{41}Ar に管理の重点を置くことが、より効果的であるといえる。そこで、以下には KUR 研究炉における ^{41}Ar の管理に関する諸問題とその対策についてのべる。

III KUR 研究炉における ^{41}Ar の管理

1. ^{41}Ar の放出経路とモニタリング

KUR 研究炉の各種実験設備および実験孔で放射化により生成される ^{41}Ar は二つの経路を経由してスタックから放出される。一つは炉室へ漏洩したものが地下室を経由し、粒子状放射性物質の除去を目的とした中性能および高性能フィルター (HEPA) を備えたチェンバーを経て放出される。他の一つは Fig. 1 に示す各実験孔や設備からブローアを用いて吸引し、炉室1階を経由せずに前述した隔離された地下室に排気・混合される。この系統は常時、人が立ち入る場所をバイパスさせたものであり、スウィープ系統といわれている。

炉室内の ^{41}Ar 濃度は3カ所から空気を吸引して、混合したものを連続モニターしている。スウィープ系統は、人がその空気を吸引するおそれがないので濃度、流

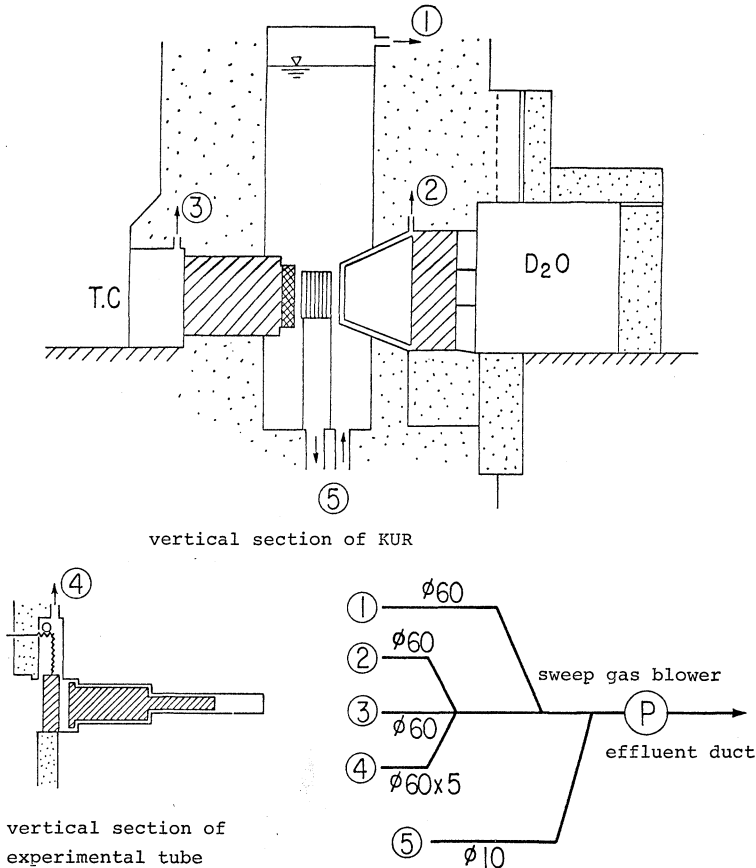


Fig. 1 The flow diagram of the Ar-41 released as the sweep gas which is exhausted by a blower from the various equipment 1-5 of the KUR.

1. The upper part of the primary coolant system, 2. The D_2O equipment,
3. The thermal column equipment, 4. The tube equipment for irradiation, 5. The off gas system.

量ともに監視されていない。そして以上の混合された炉室系統の空気は、地下排気ダクト内でさらにホットラボラトリー実験室系統およびホットラボラトリーフード系統（以下、ホットケープ系統と記す）の排気と混合され、スタックから排気される。そしてこの混合された空気が放出口濃度として最終的に連続モニターされている。

2. 炉室内における ^{41}Ar の濃度変動

昭和54年度ごろまでは 5 MW の定常な連続運転中であるにもかかわらず、炉室内 ^{41}Ar 濃度が変動し、この現象が炉室内への送気空気の空調開始時期と同調していたことから、当初は湿度変化に伴うモニター異常ではないかと推定されていた。また、同じころに ^{41}Ar 濃度が定常のパターンよりも高くなる現象が生じた。そこで、

定置されている 2 台の炉室ガスモニター（一つは GM 方式、他はプラスチック方式）に加えて、移動用電離箱式ガスモニターを用い炉室内の各所から空気を吸引し、 ^{41}Ar 濃度を調査した結果、以下のような事実が明らかにされた。

1) 前述したような冬期にのみ炉室内濃度が周期的に変動する原因は、周期的に炉頂付近に暖房を目的として送気される熱風のため、炉周辺の各種設備や実験孔内と室内空気との間に温度勾配が生じ、それらが一見呼吸をするような現象のためである。

2) 他の 5 MW 定常運転の週に比べて ^{41}Ar 濃度が高くなる現象は、一部の実験孔プラグが挿入されていないことにより、孔内空気が室内に漏洩したためである。

以上のような調査に基づき、実験設備関係者には直接の漏洩放射線にたいする遮へいだけでなく、空気の漏洩にも配慮するように指示・勧告した。また、空調については ^{41}Ar 濃度評価が簡単におこなえるように、その暖房方式が改善され、現在これに基づく濃度変動は生じていない。

ここでは参考のために、KUR 研究炉起動および停止に伴う炉室内 ^{41}Ar 濃度の変動パターンを Fig. 2 に、スウィープ系統 ^{41}Ar 濃度を Fig. 3 に、および定常な週の一つの実験設備（重水設備）内における ^{41}Ar 濃度の変動パターンを Fig. 4 に掲げる。

3. ^{41}Ar の法的規準

研究炉における空气中放射性物質濃度を定める法令は「試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則」⁴⁾に基づき定められた告示「原子炉の設置、運転等に関する規則等の規定に基づき、許容被曝線量等を定める件」⁵⁾（以下、告示と記す）である。そこで、ここに掲げられている ^{41}Ar 濃度に関する条文を数式化して Table 2 に掲げる。これによれば原子炉施設内では項目 1. 欄の管理区域設定の目安となる値として週平均濃度が $3 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ である。また、従事者にたいしては、項目 2. 欄に示されるように、3 カ月間の外部被曝線量が 1.7 rem 以下の場合には 3 カ月の平均許容濃度が $4 \times$

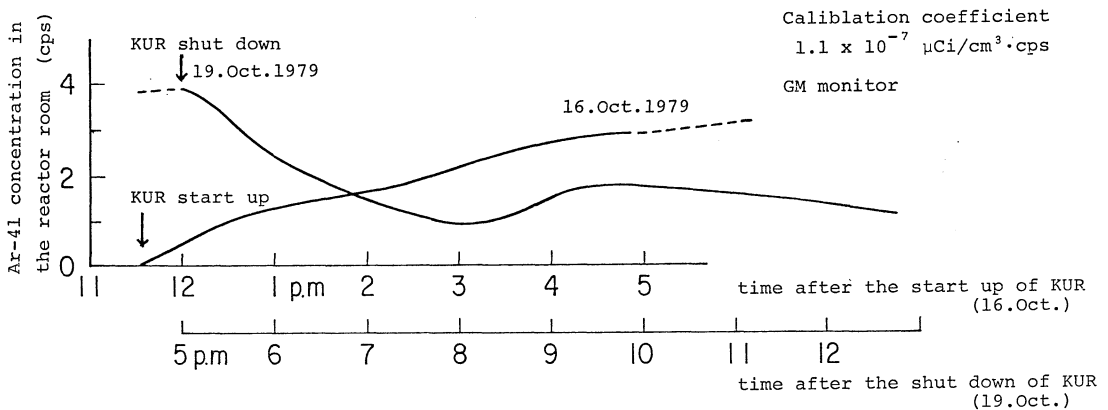


Fig. 2 The transitional pattern of the Ar-41 concentration in the reactor room concerned with the operation of the KUR.

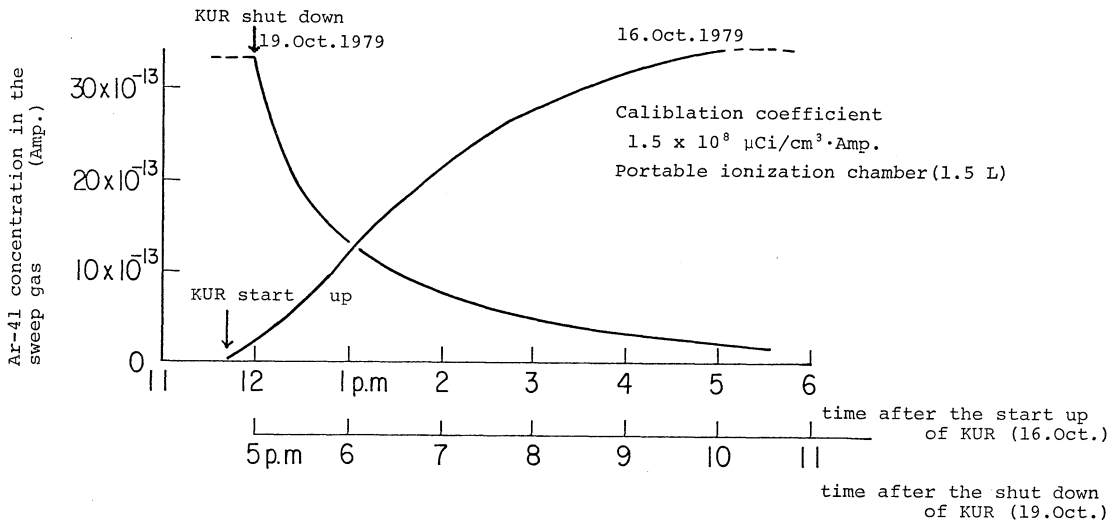


Fig. 3 The transitional pattern of the Ar-41 concentration in the sweep gas concerned with the operation of the KUR.

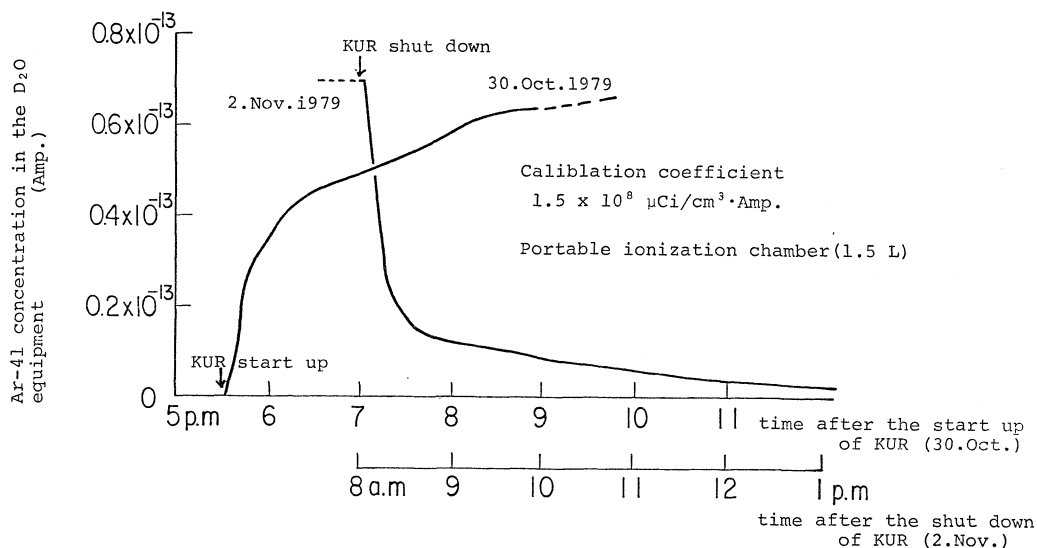


Fig. 4 The transitional pattern of the Ar-41 concentration in the D₂O equipment concerned with the operation of the KUR.

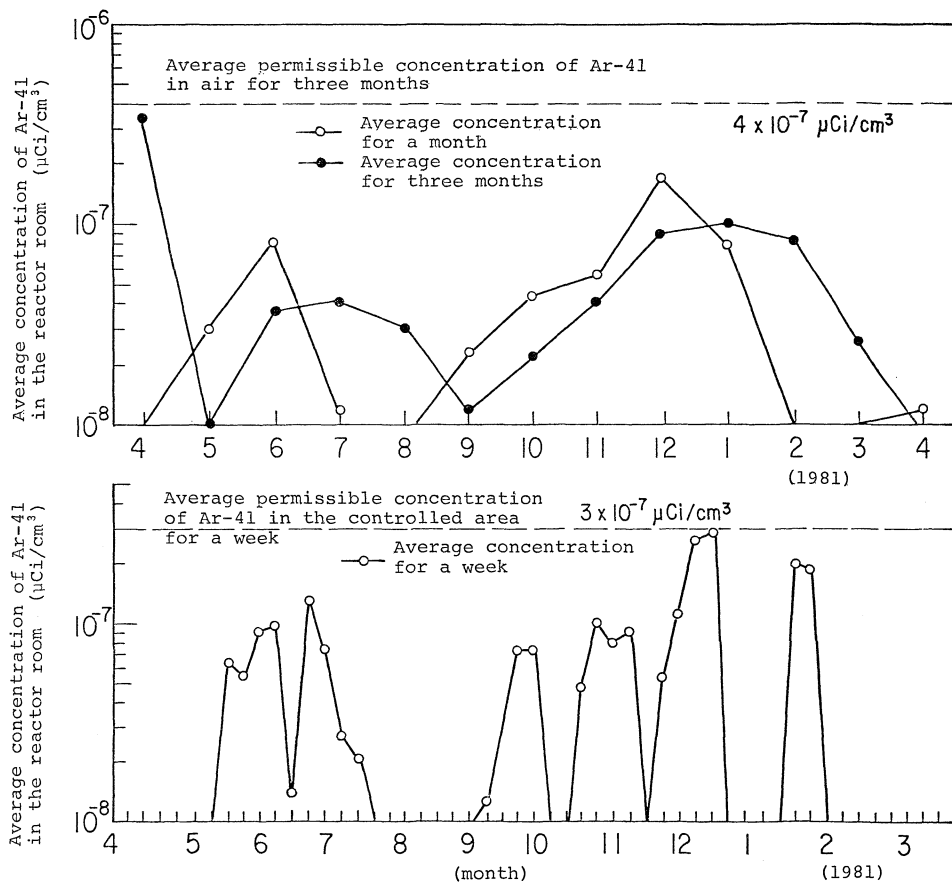


Fig. 5 The average Ar-41 concentrations in a week, a month and three months in the reactor room of the KUR.

$10^{-7}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 以下と定められている。

4. KUR 炉室内における ^{41}Ar 濃度の現状と管理方針

Fig. 5 には昭和55年度に測定・評価された炉室内 ^{41}Ar 濃度の週、月および3ヵ月平均値を掲げる。これによれば年間を通じて週平均値は $3 \times 10^{-7}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ を超えていない。

KUR では実験者および作業者などは1週間に 100 mrem を限度として施設内に立ち入ることが許可されているので、3ヵ月すなわち13週間に 1,700 mrem を超えて被曝することは考えられない。また、実際に過去においてそのような事例はない。そこで、Table 2 の2.欄の式から、事実上の許容濃度となる $4 \times 10^{-7}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ を Fig. 5 の値と比べれば、どの月においてもその前後の月平均値を含めて算定された3ヵ月平均濃度値は上述した規準値を超過していない。しかしながら、昭和56年5月に行われた定期検査では炉室内 ^{41}Ar 濃度の上昇パターンが従来のもので少し異なり、濃度が平衡に達するまでに長時間を必要としたことおよび濃度は警報点以下ではあったが以前の場合よりも高いことなどが指摘された。そして過去12週の平均濃度から次週（第13週目）を含めても13週間の平均濃度が規準値を超えるおそれの有無が判断できるような管理方針を確立するように科学技術庁から要請された。このような方針は、電算処理に従えば比較的容易に実行可能である。しかしながら、このような方式をすみやかに予算化できない機関では困難と考えられ、ここでは以下のような方式により対処した。すなわち、この方式に従い管理を実際に行うため Fig. 6 に掲げる函数曲線を作図した。これは、過去12

週の平均濃度を X 、次週（第13週）の ^{41}Ar 許容平均濃度を Y とするとき、次式の関係を表したものである。

$$Y = 13 \times 4 \times 10^{-7} - 12X \quad (1)$$

この図で曲線Aでの Y は炉が1週間連続に運転されることを想定したときの週平均濃度と考えられるが、実際に KUR 研究炉の稼働時間は週のうちたかだか50%であり、このことからAの2倍を運転中の濃度の警報点と考えたものが曲線Bである。曲線Aをみれば、 X が $2 \times 10^{-8}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 以下であれば次週の平均濃度が $5 \times 10^{-6}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 以下となるように管理することにより、無条件に次週を含めた13週間の平均濃度は規準値を超えないことがわかる。しかしながら、過去数年間の X の最大値は $1.7 \times 10^{-7}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ であった。したがって、100%稼働の運転中平均濃度Aではなく50%稼働の次週平均濃度Bをみれば、13週平均の許容濃度規準を遵守するためにはこの過去最大の X に対応する警報濃度を $6.3 \times 10^{-6}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 以下に設定すべきであることが判明した。従来、KUR では経験上、炉室内ガス濃度の警報点を $5 \times 10^{-6}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ に設定していたが、その設定値の妥当性がこの論議から立証された。そして曲線Bから、現状の警報点では過去12週の平均濃度（ X ）が $2.2 \times 10^{-7}\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ 以下であることを確認しておけば、次週において実際の運転中濃度が警報点を超えないように管理することにより3ヵ月平均濃度の規準値を満足することが判明した。このようなことから、現状の警報点を設定している限り、従来ややもすれば混乱があった炉室への従事者の立入りについては時間制限の必要はないこと、また炉の運転についても従来どおり週稼働率が1/2以下であれば問題のないことなども判明した。以上のように、

Table 2 The regulational values by law related with the Ar-41 concentration in the air.

Object	Permissible level for laws and ordinances (bulletin for the reactor)
1. The controlled area	$\frac{E^*}{0.03} + \frac{C^*}{3 \times 10^{-7}} \leq 1$
2. Workers under circumstances of radiation	$\frac{E^{**} - 1.7}{1.3} + \frac{C^{**}}{4 \times 10^{-7}} \leq 1$ ($E^{**} = 1.7$ if $E^{**} \leq 1.7$)
3. Outside of supervised area	$\frac{E^{**}}{0.13} + \frac{C^{**}}{4 \times 10^{-8}} \leq 1$

E^* : Exposure dose for a week (rem).

C^* : Average concentration of Ar-41 for a week ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$).

E^{**} : Exposure dose for three months (rem).

C^{**} : Average concentration of Ar-41 for three months ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^3$).

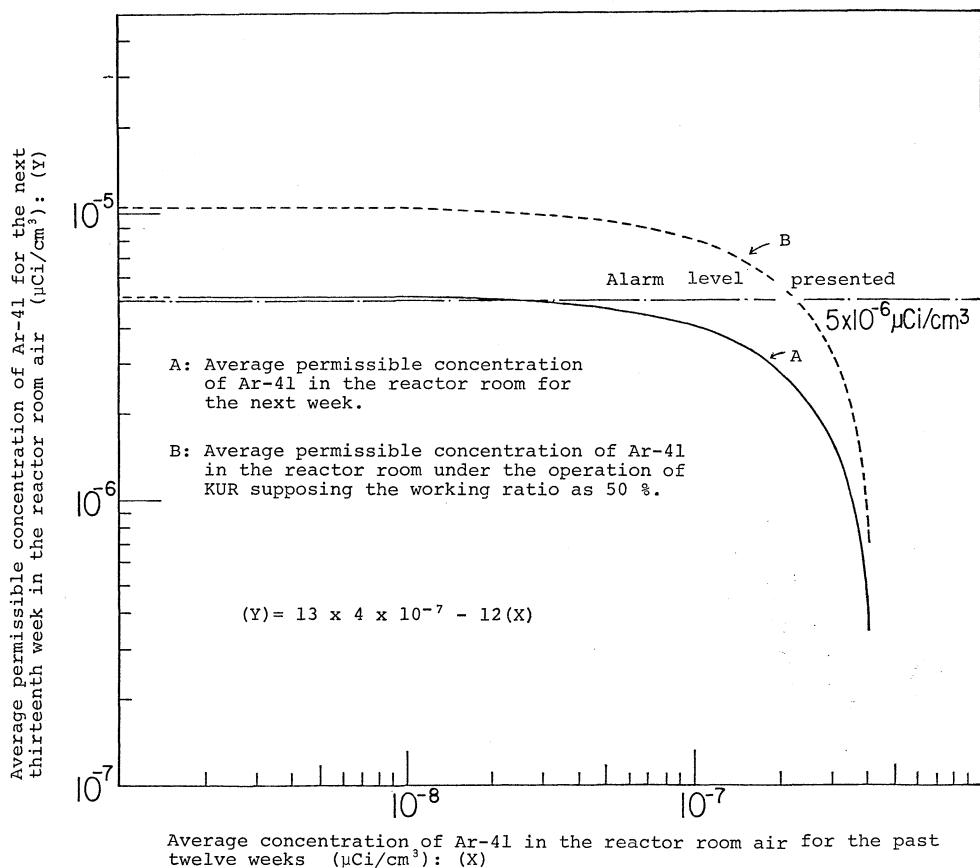


Fig. 6 The function curve, which enables to estimate that the present alarm level for the Ar-41 concentration in the reactor room would be reasonable for the next week from the view point of the average permissible concentration of the three months.

規制値としての3ヵ月平均濃度を管理のための瞬時値としての警報点と定量的に関連づけて監視を行うことが可能となった。もちろん、ALARAの精神にもとづき、 ^{41}Ar の漏洩を少なくし、被曝低減対策を講ずることは論をまたない。

5. 炉室内における経路別放出率

昭和55年度におけるスタックおよび炉室内の ^{41}Ar 濃度をFig. 7に示す。これは1週間のうち、8時間ごとの平均濃度の最大値を掲げたものである。これによれば、一般的には炉室よりもスタックの濃度が高い。この理由は、前述したように地下で炉室ガスがモニターされたあとスウィープガスが混合されるためである。また、 ^{41}Ar 濃度がほとんどゼロと考えられるホットラボラトリーやホットケープ系統の排気も混合されるが、スウィープガス中の ^{41}Ar 濃度はこの希釈率をも上回るほどに高いことが推定される。現状ではスウィープガス中 ^{41}Ar 濃度およびその流量ともにモニターされていない

ため、ここでは前述した移動式ガスモニターを用いて濃度を定量し、次の(2)、(3)式に基づいて(4)式からスウィープガス流量を求めた。

$$C_{st}Q_{st} = C_rQ_r + C_{sw}Q_{sw} \quad (2)$$

$$Q_{st} = Q_r + Q_{hl} + Q_{hc} + Q_{sw} \\ \sim Q_r + Q_{hl} + Q_{hc} \quad (3)$$

$$Q_{sw} = (C_{st}Q_{st} - C_rQ_r) / C_{sw} \quad (4)$$

ここで、 C および Q は濃度と流量を意味し、添字 $_{st}$, $_{r,sw,hl}$ および $_{hc}$ はそれぞれスタック、炉室、スウィープ、ホットラボラトリーそしてホットケープ系統であることを意味している。(3)式では Q_{sw} は他の流量に比べて少ないので無視小として近似されている。ピラム風速計を用いて、炉室、ホットラボラトリー、ホットケープ系統の排風機を順次作動させ、スタックへの排気ダクト内における流量を求めた結果をFig. 8に掲げる。これによれば、 Q_{hl} は $1.1 \times 10 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ 、 Q_{hc} は $5.5 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ 、 Q_r は $5.8 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ であった。したがって、

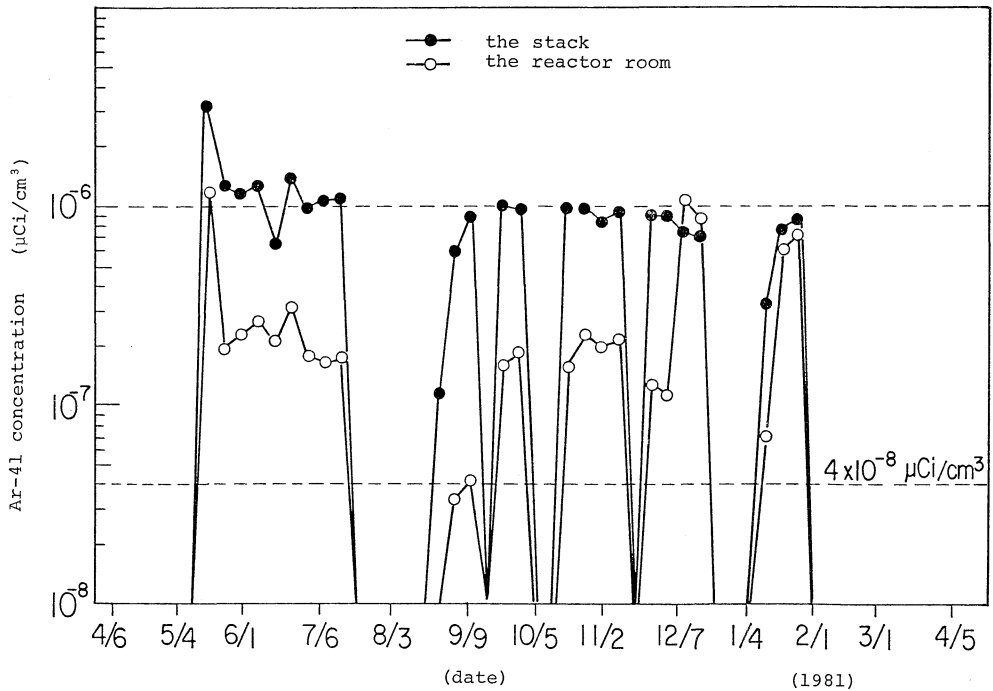


Fig. 7 The maximum Ar-41 level of the average concentration for the successive 8 hr in a week at the stack and the reactor room.

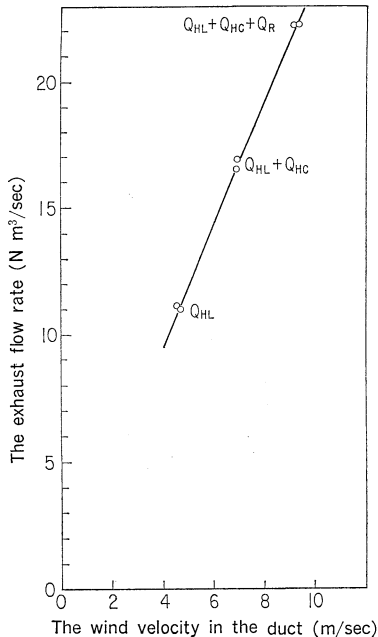


Fig. 8 The relation between the exhaust flow rate and the wind velocity in the duct at the KUR.

(3)式から Q_{st} は $2.2 \times 10 \text{ Nm}^3/\text{sec}$ となる。そこで実測値 $C_{st}(=1.4 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$, $C_r(=3.2 \times 10^{-7} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$ および $C_{sw}(=5.0 \times 10^{-5} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3)$ を Q_{st} とともに(4)式に代入すれば Q_{sw} として $0.058 \text{ Nm}^3/\text{sec}(=3.47 \text{ Nm}^3/\text{min})$ が得られた。以上の結果から、スウィープ系統からの放出率は $1.7 \text{ mCi}/\text{min}(=C_{sw} \times Q_{sw})$, 炉室内の経路からは $0.11 \text{ mCi}/\text{min}(=C_r \times Q_r)$ となった。したがって、炉室内の実験施設や実験孔の気密性が良好な場合は、炉室内の経路からはスタックからの総放出量の6%程度であり、大部分はスウィープ系統から ^{41}Ar が放出されていることになる。スタックからの最大出力時(5 MW)の総放出率は $1.8 \text{ mCi}/\text{min}$ となり、年間の炉稼働時間を最大に見積もって週80時間、年間30週とすれば年間の総放出量は約260 Ciとなる。ちなみにスウィープガスブローアが停止して炉内で生成した ^{41}Ar がすべて炉室を経由した場合の室内濃度を評価すれば、 $5.2 \times 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3(=C_{st}Q_{st}/Q_r)$ となり、警報点濃度にほぼ等しくなる。したがって施設内の作業者に対しては、スウィープガスブローアによるバイパスからの強制排気方式は効果的と考えられるが、炉内 ^{41}Ar の生成量はブローア的能力によっても変化することも想定されるので、今後はスタックからの総放出量をも低減させる観

点から検討する課題が残されている。

6. KUR 周辺における最大着地濃度

KUR の敷地境界近傍に設置されている空間線量率計が炉の起動や停止により変動した事例はなく、バックグラウンドと有意な差は従来検知されていない。すなわち Table 2 の 3. 欄において、自然放射線による被曝線量との差である施設寄りの被曝線量 E は無限少と考えられる。そこで告示では放出口での規制値は設定されていないので、それは ^{41}Ar の場合、周辺監視区域外での3ヵ月平均濃度が $4 \times 10^{-8} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ と判断される。KUR の場合、風向が1方向とした大きな安全側の仮定に基づいた英国気象庁方式を用いても、前述した規準値を十分に満足していることはすぐに評価できるが⁶⁾、ここでは風向頻度と風速分布を考慮した、より実地的な方法で年平均の最大着地濃度を試算する。すなわち、この場合も十分な安全側の評価になるが気象パラメーター χ/Q ($1.5 \times 10^{-11} \text{年}/\text{m}^3$) の 97% 値⁷⁾ および前述した年間の総放出量 (260 Ci) を用いれば、年平均の最大着地濃度は $3.9 \times 10^{-9} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3 (= C_{st} \times \chi/Q)$ となる。安全側の仮定としてこれが四半期の一つの期間にすべて放出されたとして四半期での平均濃度が $1.6 \times 10^{-8} \mu\text{Ci}/\text{cm}^3$ であったと仮定しても、この濃度は前述した規準値よりも低いことは明らかである。

IV 結 論

本研究では KUR 研究炉の作業環境において、従来未検討であった排気中の核種別測定を行うとともに、排気中のおもな核種である ^{41}Ar の炉室内での動態を調査し以下のような結論を得た。

- 1) 炉室内の空気温度変化に伴うコア付属実験施設や実験孔の呼気現象に基づく炉室内空気中 ^{41}Ar 濃度の変化を明らかにするとともに、 ^{41}Ar が室内に漏洩しやすい箇所を検知して、放射線管理上の安全対策を施した。
- 2) ^{41}Ar 以外の排気中放射性物質濃度は、検出された核種だけでもそれらが拡散希釈されずに周辺監視区域まで移動したと仮定して3ヵ月平均の許容濃度と比較した場合、 10^2 オーダー以上の安全ファクターが得られ、

被曝対策上は ^{41}Ar に重点を置くのが効果的であること、さらに各種の法的規制値を現状の管理で満足していることを確認した。

3) 週サイクルで運転されている KUR 研究炉において、従事者に対する被曝管理上、炉室内 ^{41}Ar 濃度が次週を含めても3ヵ月 (13週間) の平均許容濃度以下であることを確認できる方式を確立した。このとき瞬時値である濃度の警報設定点を3ヵ月平均許容濃度と関連づけ、設定の根拠を明らかにした。

4) 現状の ^{41}Ar 放出率による周辺監視区域外での空气中濃度による公衆の被曝線量は、十分な安全側の仮定を用いても法的規制値を満足していることが確認された。

本調査・研究を実施するに際して協力いただいた京都大学原子炉実験所の他の放射線管理部員の諸氏に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 原子力委員会；発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針，原子力委員会，通巻 265 号，23(9)，62 (1978)。
- 2) 科学技術庁；トリチウム分析法，放射能測定法シリーズ 9, 6 (1979)。
- 3) 穴沢 豊他；作業環境におけるトリチウムのモニタリング，保健物理，7，27 (1972)。
- 4) 科学技術庁原子力安全局（監修）；“試験研究の用に供する原子炉等の設置，運転等に関する規則”，p.102，大成出版社，東京 (1983)。
- 5) 科学技術庁原子力安全局；“原子炉の設置，運転等に関する規則等の規定に基づき，許容被曝線量等を定める件”，p.259，大成出版社，東京 (1893)。
- 6) 桂山幸典他；屋内放射線管理記録 16，KURRI-TR-209，p.11 (1979)。
- 7) 水間満郎；強中性子源施設と放射線管理，京都大学原子炉実験所第18回学術講演要旨集，p.168 (1984)。