資 料

BWR 運転時の放射性気体廃棄物の放出基準の検討

井沢庄治*, 吉田芳和*, 佐々木幸男*

(1972年2月8日受理)

Estimation of the Release Limit of Radioactive Gas from a
BWR in Normal Operation

Shoji IZAWA,* Yoshikazu YOSHIDA* and Yukio SASAKI*

Studies have been made to obtain the release limits of radioactive gas from a stack in normal operation of a BWR plant. These included observation of the behavior of radio-nuclides in the plant system and determination of significant nuclides, referring to the data gained by the operation of the JPDR (JAERI), and also the evaluation of exposures at ground surface around the plant site due to the released noble gas cloud.

It was found that the gamma exposure from a fission noble-gas cloud is a determining factor for the release limit from a BWR plant. The release limit of fission noble gases (diffusion mixture) from the JPDR with a 55-meter high stack is calculated as 47 Ci/h for the dose limit of 0.04 rem per 3 months under the meteorological stability *D* and a yearly average wind-speed of 3.6 m/sec.

I は し が き

原子炉施設などの運転に当っては、その施設から放出される放射性物質による施設周辺住民の被曝線量を基準線量以下に抑えることが必要である。このために、施設周辺における被曝線量を直接測定監視することにより、施設の運転条件を規制する方法もあるが、一般には、つぎの方法が用いられる。すなわち、放出条件や気象条件を考慮し、一定期間における環境の被曝線量が基準線量以下になるような放射性物質の放出率、すなわちDWL**としての放出基準値を定め、これを基準に放出規制を行なう。この場合、周辺住民に対する被曝の基準線量は、同一地域にある施設から放出される放射性物質による被

曝の重畳効果や自然環境により決定されるが、最大値は年間の線量限度 500mrem である。

本報告では、軽水沸騰水型原子炉（以下 BWR と略す）の運転時に、大気中に放出される放射性廃棄物の放出基準算定に必要な因子として、放出基準を支配するおもな核種の決定と核分裂生成希ガスの放出型式などに関し、原研 JPDR の運転経験から得られた資料をもとに検討をおこなった。また、原研で開発された放射性雲からのガンマ線照射線量率評価法を用いて、放出基準を算出する方法について述べる。なお一例として JPDR の放出基準を算出し、設置時に設計値をもとに算出した値と比較した。

II 気体廃棄物放出基準の算出法

1. 放出核種と原子炉プラント内での挙動

BWR の場合は、原子炉で発生した蒸気を直接タービンに導き、発電機を駆動させる。したがって、この型式

* 日本原子力研究所；茨城県那珂郡東海村（〒 319-11）
Japan Atomic Energy Research Institute; Tokai-mura,
Naka-gun, Ibaraki-ken.

** Derived working limit で ICRP Pub. 12 に定義されている。

Fig.1 Flow chart of radioisotopes in the off-gas system of BWR, where f_i and t_i are the transferring fraction and decay time in each unit, respectively.

の発電用原子炉の場合、排気系としては主復水器系、グランドシールおよび建家からの排気系があるが、運転時の排気中の放射性物質（以下 RI と略称する）としては復水器排気系のものが支配的である。すなわち、蒸気中の RI がタービン、復水器を通り、空気抽出器を経て貯留タンクなどで減衰後、スタックから大気中に放出される。

Fig.1 に復水器排気系の RI について、原子炉での発生から放出までの経路を示す。図中、円内は RI の生成を示す部分で、水中の酸素や炉材料などの放射化生成物 ^{13}N , ^{41}Ar , ^{18}F , ^{16}O , ^{60}Co , ^{58}Cu , ^{56}Mn , ^{64}Cu など、および燃料からの核分裂生成物がある。前者の放射化生成物の発生量は、炉型、炉の出力、運転歴などにより、ほぼ定まるが、後者の核分裂生成物の場合は被覆の状態、破損の有無、その大小によって大きく変化する。前者は系内で、ほとんどが減衰あるいは捕集される。JPDR 運転中に排気口において検出された核種は、Xe, Kr とごくわずかの ^{41}Ar であった¹⁾。したがって、BWR の気体状廃棄物の放出基準算定に問題となる核種は核分裂生成物であるが、 ^{90}Sr など粒子状核種は以下に述べる F_i がきわめて小さいので、希ガス (Xe, Kr) とヨウ素などのハロゲン族元素が支配的になる。

放出基準算定に関与する因子として、各核種の生成率のほかに、各核種の炉水から煙突への移行率 F_i と減衰率 $\epsilon(t)_i$ (崩壊定数が λ_i の核種に対しては $e^{-\lambda_i t}$ で、 t は炉から煙突までの移行に要する時間) がある。 F_i は、原子炉プラント各部での移行率 f_i の積として求められる。Fig.1 において、 f_1 は炉水中の RI が蒸気とともにタービンを経て、復水器に移行する割合、 f_2 は復水器からオフガス系に移行する割合で、 f_3, f_4, f_5 はそれぞれ空気抽出器、貯留タンク、フィルタを通過する割合を示すものである。放出核種が希ガスの場合は f_i はすべて

1、したがって F_i は 1 とするのが妥当である。希ガスについて問題となるヨウ素については、たとえば JPDR では、GE 社の設計値²⁾としては $f_1=1/1000$, $f_2=1/20$, $f_3=1/20$ で、 F_i は 10^{-5} であるとされている。JPDR での定常運転時 (45 MW_e) における実測値ではヨウ素に対し、 $F_i \leq 7 \times 10^{-8}$ と報告されている³⁾。粒子状の RI に対する F_i は実測されていないが、たとえば f_1 に対するナトリウムとヨウ素との比は 10^{-2} 程度³⁾で、 f_5 の場合その比は 10^{-2} 以下であることを考えると、そ

の F_i は少なくともヨウ素より 4 桁ほど小さくなる。

気体状核分裂生成物の燃料体からの放出には反跳型、拡散型、平衡型の 3 つの型が考えられ、各型の放出核種の放射能分布 A (存在比) は次式で示される⁴⁾。

$$\text{反跳型 } A = K_R Y \lambda \quad (1)$$

$$\text{拡散型 } A = K_D Y \lambda^{1/2} \quad (2)$$

$$\text{平衡型 } A = K_E Y \quad (3)$$

Fig.2 Determination of the release type of fission gas from the JPDR. Solid lines show the diffusion type of release given by the equation $A/Y = K_D \cdot \lambda^{1/2}$ (A =activity, Y =fission yield, λ =decay constant and K_D =arbitrary constant) and the measured values ($\bullet, \times, \triangle$) are taken from Ref. 5).

ここで K_R, K_D, K_E : 任意の定数, Y : 核分裂収率,
 λ : 崩壊定数

Fig.2 は, JPDR のオフガス系に放出された核分裂生成希ガスの Y と λ との関係の実測例⁵⁾ を示したものである。**Fig.2** と式 (2) とから JPDR の場合, 核分裂生成希ガスの放出は, 拡散型で表わされることがわかる。

希ガスの場合の減衰率 $\epsilon(t)_i$ に関しては, 貯留タンクの通過または貯留時間 t_4 (**Fig.1** 参照) の効果のみを考えればよい。JPDR においては, オフガス貯留タンク 1 基当り 1 日分のオフガスを貯留できるように設計されている。オフガスがこれを通過するために必要な時間 t_4 の設計値は 30 分であり, ^{133}Xe をトレーサとして求められた結果⁶⁾ とほぼ一致している。

2. 問題となる核種の決定

放出基準を支配する核種を決める簡便法* としては, 問題になる核種について排気口における放射能と許容濃度との比から, その相対的危険度を求める方法がある。 ^{133}Xe に対するそれは, 次式で示される。

$$H(t, i) = \frac{Q_i}{Q_{^{133}\text{Xe}}} \times \frac{(\text{MPC})_{a^{^{133}\text{Xe}}}}{(\text{MPC})_a^i} \times \frac{F_i}{F_{^{133}\text{Xe}}} \times \frac{\epsilon(t)_i}{\epsilon(t)_{^{133}\text{Xe}}} \quad (4)$$

ここで

$H(t, i)$: i 核種の排気口における相対的危険度

Q_i : 炉水中における i 核種の量

$(\text{MPC})_a^i$: i 核種の空气中許容濃度

Table1 Relative radiological hazard index $H(t, i)$ for the mixture of fission noble gases and iodine, calculated using Eq. (4).

Nuclide	Decay time			
	2min	30min	1day	2day
Mixture of noble gases	34	17	1.8	1.1
^{131}I	0.036	0.036	0.037	0.038
Gross iodine	0.068	0.067	0.050	0.044

F_i : i 核種の炉水から排気口までの移行率

$\epsilon(t)_i$: t 時間の減衰率

Table1 に, 核分裂生成物のうち排気口における相対的危険度が高いと考えられる混合希ガスと, ヨウ素の $H(t, i)$ の計算値を示す。この場合, 燃料からの放出は平衡型とした。また, ヨウ素の空气中許容濃度 (MPC) $_a^I$ としては幼児に対するものを用いた。すなわち, 同一濃度の空気を吸入した場合の幼児と成人の被曝線量の比 0.25⁷⁾ と, 線量限度の比 0.5⁸⁾ との積 0.125 によって修正したものである。**Table1** においてヨウ素に対する相対的危険度は, その移行率 F_i として設計値 10^{-5} を用いて計算したものであるが, ヨウ素の排気口における相対的危険度が, 混合希ガスに比して十分に小さいことから, 放出基準を支配するのは核分裂生成混合希ガスであることがわかる**。

Fig.3 Dependence of exposure due to the mixed fission gas cloud (recoil mixture, diffusion mixture, equilibrium mixture) on the time from the fuel to stack.

In the figure, are given the exposures at 1km down-wind distance under the conditions of stack height; 55m, release rate; 1Ci/h, wind-speed; 1m/sec and stability; D.

* 放出後には希ガスは外部被曝が, ヨウ素などのハロゲン族元素は内部被曝が問題になるので, 正確には両者からの推定被曝線量の比較が必要になる。

** 管理上からは, 希ガスのほかにヨウ素による被曝線量の寄与も同時に評価できるように, ヨウ素の測定もしておくことが望ましい。

Table 2 Gamma energy and activity distribution of fission product noble gases.

Nuclide (half life)	Gamma		Activity distribution (%)														
	Energy (MeV)	Percent abun- dence (%)	Recoil ($A=KY\lambda$)					Diffusion ($A=KY\lambda^{1/2}$)					Equilibrium ($A=KY$)				
			2 min	30min	8 h	1 day	2 day	2min	30min	8 h	1 day	2 day	2min	30min	8 h	1 day	2 day
^{140}Xe (16 s)	0.13	100	1.8					0.5					1.0				
^{90}Kr (33 s)	0.105	15	18					6.9					1.0				
	0.12	65															
	0.24	16															
	0.495	12															
	0.54	48															
	1.1	48															
	1.5	17															
	1.79	11															
	2.48	4															
$^{139}\text{Xe}^*$ (43 s)	0.18	19	21.6					9.6					1.0				
	0.22	45															
	0.3	26															
	1.15	10															
$^{89}\text{Kr}^*$ (3.2 m)	0.23	13	22.1	1.1				21.6	0.3				8.2				
	0.36	4															
	0.43	4															
	0.51	7															
	0.60	15															
	0.74	5															
	0.88	10															
	1.12	7															
	1.29	5															
	1.51	13															
	1.71	5															
	1.93	2															
	2.04	2															
	2.23	2															
	2.42	3															
	2.57	2															
	2.84	4															
^{137}Xe (3.9 m)	0.455	33	25.1	3.5				36.7	0.9				11.3	0.1			
$^{135\text{m}}\text{Xe}$ (15.6 m)	0.527	80	2.6	14.9				5.5	8.9				4.6	2.2			
$^{138}\text{Xe}^*$ (17.5 m)	0.16	11	7.0	47.2				15.7	26.9				14.1	7.5			
	0.26	33															
	0.42	13															
	0.51	3															
	1.78	22															
	2.02	19															
^{87}Kr	0.403	84	0.8	13.3	4.0			3.8	15.9	1.4			7.3	9.3	0.3		

(76 m)	0.85 2.57	16 35																	
⁸⁸ Kr (1.86 h)	0.009	9	0.1	1.8	1.7			0.6	2.5	0.8			1.3	1.8	0.2				
⁸⁸ Kr (2.8 h)	0.166	7	0.5	9.6	24.8	2.1		3.6	17.0	13.6	0.7		10.2	14.7	4.6	0.2			
	0.191	35																	
	0.36	5																	
	0.85	23																	
	1.55	14																	
	2.19	18																	
	2.40	35																	
^{85m} Kr (4.4 h)	0.15	74	0.1	2.6	13.1	4.6	0.3	1.2	5.8	8.9	1.9		4.2	6.2	3.9	0.5			
	0.305	13																	
¹³⁵ Xe (9.14 h)	0.25	97	0.2	5.4	49.96	5.7	31.0	3.4	17.3	50.5	38.5	10.8	17.2	26.6	31.4	14.7	3.1		
	0.6	3																	
^{138m} Xe (2.26 d)	0.233	14			0.4	1.3	2.7		0.2	0.9	1.8	2.4	0.5	0.7	1.4	1.7	1.8		
¹³⁸ Xe (5.27 d)	0.081	37		0.1	6.62	6.2	65.8	0.9	5.0	24.3	57.0	86.3	18.0	29.3	57.6	82.1	94.0		
^{131m} Xe (11.8 d)	0.164	2				0.1	0.2			0.1	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.7		
⁸⁶ Kr (10.76 y)	0.514	0.14										0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4		

* The abundance is calculated by assuming sum of the relative abundance given in Ref. 11) to be 100%.

3. 環境における被曝線量の評価

放射性雲からのガンマ線による地表面での照射線量率については、英国気象庁方式の拡散式にもとづき、電算機による計算がおこなわれている^{9,10)}。

Fig.3 は、これらの計算結果を利用し、核分裂生成希ガスの場合について、高さ 55 m のスタックから 1000 m の風下軸上の地表面におけるガンマ線照射線量率の計算結果の一例を示したものである。図において、放出率 1 Ci/h、気象条件が安定度 D 、風速 1 m/sec の場合について、希ガスによる照射線量率が燃料体からの放出型式ごとに、原子炉水中に放出後煙突から環境に放出されるまでの時間の関数として示されている。なお、照射線量率 D は、次式により計算されたものである。

$$D = \sum A_i \cdot P_{ij} \cdot D_j(E_j) \quad (5)$$

ここで

A_i : 放射性雲中の i 核種の存在比

P_{ij} : i 核種のガンマエネルギー E_j の崩壊割合

$D_j(E_j)$: エネルギー E_j の放射性雲からの照射線量率

また、エネルギー 0.5 MeV 以上については、照射線量率とエネルギーとの比例関係がほぼ成立するとされているが¹⁰⁾、0.1~0.5 MeV の範囲でも、この関係が成りたつものとした。したがって、エネルギーの低い部分では文献 10) の計算値よりも過大な評価になっている。このような比例関係があるとするならば、式 (5) によらず、実

効エネルギー $E_{\text{eff}} = \sum A_i \cdot P_{ij} \cdot E_j$ を求め、 $D = D(E_{\text{eff}})$ として照射線量率を計算したものと同一になる。上記計算に用いた核分裂生成混合希ガス中の各核種の存在比、およびその崩壊エネルギーを、燃料体からの放出が反跳、拡散、平衡の場合について **Table 2** に示す。なお、この表の作成に当たって、存在比の計算は式 (1)、(2)、(3) によりおこない、各核種の半減期と崩壊率は **Table of Isotopes**¹¹⁾、核分裂収率は ORNL-2127¹²⁾ の値を用いた。

Fig.3 に示されるように、放出までの経過時間が長くなると、低いエネルギーの核種が支配的になるため、照射線量率は大きく減少する。また、放出条件では反跳型の場合の照射線量率が最も高く、拡散型、平衡型の順になっている。

また、煙突高 40 m~120 m に対し、安定度 A では約 600 m まで、安定度 D では約 2 km まで、風下軸上の照射線量率は距離に関係なくほぼ一定である。煙突の高さ H による効果については、安定度に関係なく照射線量率が $H^{-1.2}$ にほぼ比例すると報告されている⁹⁾。

4. 放出基準の算定

放出基準値 Q_0 (Ci/h) は単位放出率当りの風下軸上におけるガンマ線照射線量率と環境における基準線量とから、次式によって計算することができる。

$$Q_0 = R_T \times D_L / D_T \times 1 / N \times 100 / f_W \times \bar{u} / 1 \quad (6)$$

ここで

R_T : ガンマ線の μR と μrem の換算係数 $\equiv 1(\mu R / \mu rem)$

D_L : 基準線量率 ($\mu rem/h$)

D_T : 風速 1m/sec 時の単位放出当りの照射線量 ($\mu R/Ci$)

$1/N$: 割当値

f_W : 年間風向頻度 (%)

$\bar{u}$: 年間平均風速 $\left(=1/\sum \frac{1}{u_i}\right)$ (m/sec)

この方法では上記放出基準値の算出に当って、風下軸上の照射線量率と 16 方位分割の風向頻度を用いている。

この方法は、風向、安定度別の風速逆数和の統計を用いる方法¹³⁾などより簡単ではあるが、①風向軸が 1 方位の分割内に分散しているため、実際の照射線量は軸上の値より小さいこと、②隣接する分割内の放射性雲からの照射の効果について吟味する必要がある。JPDR の場合約 1000m の風下地点以遠では、照射線量率は①による減少の効果の方が大きく、総合してやや過大 (安全側) 評価になっている¹⁴⁾。

5. JPDR からの放射性希ガスの放出基準算定

上述の方法により、JPDR について放射性希ガスの放出基準の算定をおこなった。計算に当っては、核分裂生成希ガスの燃料体からの放出は拡散型、放散までの減衰時間は 30 分および 24 時間、気象条件は安定度 D (年間の 70%)、平均風速 3.6m/sec (年間平均)、風向頻度 30 % (連続 3 カ月の最大値)、煙突高は 55m とした。また、環境における基準線量には割当を考慮して保安規程に定められた値、3 カ月当り 0.04rem を用いた。以上から、式 (6) によって放出基準を算定すると、30 分減衰後の混合希ガスに対して 47Ci/h、24 時間減衰後の混合希ガスに対しては 290Ci/h となり、稼動前に算出設定した値 75Ci/h¹⁴⁾より低い結果となった。この差異は、主として最初の計算では燃料から希ガスが平衡型で放出されると仮定したのに対し、今回は拡散型としたためである。

また、ガンマ線のほかにベータ線による外部被曝線量を評価しておく必要があり、その計算にも論議がある^{15,16)}が、簡単には着目地点における地表濃度のサブマージョンとして次式¹⁷⁾によって計算される。

$$R=9 \times 10^9 \times \bar{E}_{\beta \text{eff}} \times \chi^* \quad (7)$$

ここで

$$9 \times 10^9: \text{換算係数} \left(\frac{\text{mrem} \cdot \text{cm}^3}{\text{MeV} \cdot \mu \text{Ci} \cdot \text{y}} \right)$$

R : ベータ線による被曝線量 (mrem/y)

$\bar{E}_{\beta \text{eff}}$: ベータ線の実効平均エネルギー (MeV)

χ : 放射性雲の濃度 ($\mu \text{Ci}/\text{cm}^3$)

安定度 D の場合の風下軸上 1000m 地点において風向分布を考慮した平均濃度 $\bar{\chi}(\mu \text{Ci}/\text{cm}^3)$ を求め、式 (7) により被曝線量を計算すると、30 分減衰後の混合希ガス放出基準値 47Ci/h に対して $\bar{\chi}=2.7 \times 10^{-8} \mu \text{Ci}/\text{cm}^3$ 、 $\bar{E}_{\beta \text{eff}}=0.558 \text{MeV}$ で、 $R=140 \text{mrem}/\text{年}$ と算出される。また、1 日減衰後の場合は放出基準値 290Ci/h に対して $\bar{\chi}=1.7 \times 10^{-7} \mu \text{Ci}/\text{cm}^3$ 、 $\bar{E}_{\beta \text{eff}}=0.188 \text{MeV}$ で、 $R=290 \text{mrem}/\text{年}$ となる。この値は ICRP 勧告⁸⁾の皮膚に対する公衆の構成員についての線量限度 (3rem/年) の約十分の一であり、皮膚が決定臓器とはならない。したがって、それは、ガンマ線照射線量によって求めた放出基準値に影響を与えるほどではない。このベータ線による皮膚の被曝の影響は、個々の場合に検討する必要があるが、一般に、煙突の高さに対する風下最大濃度の値の減少率は、照射線量率の減少率よりも大きいので、JPDR よりも高い煙突の場合にも通用すると考えてよい。

6. まとめ

BWR 運転中の放射性気体状廃棄物の放出基準算出法について、JPDR の運転によって得られた資料をもとに検討を行なったところ、従来用いられてきた放出基準算出法の基本的条件をほぼ裏付ける結果が得られた。その結果をまとめると、つぎのようである。

1) 軽水炉運転時の放出基準算定に問題になる核種は燃料破損時に放出される核分裂生成希ガスと放射性ヨウ素であるが、放出基準を支配するのは前者、すなわち希ガスである。したがって、放出基準は混合希ガスの放射性雲からのガンマ線照射線量を放出条件、気象条件を考慮して算出することにより決定することができる。この場合、照射線量の評価に当っては、混合希ガスのガンマ線の実効エネルギーから計算した照射線量率を用いれば十分である。

2) 混合希ガスについては減衰時間が長くなると、低エネルギー核種が主体となり、それからの照射線量が小さくなるため、誘導される放出基準 (Ci/h) の値は大きくなる。この場合、放射性ヨウ素およびベータ線による被曝の効果が大きくなるが、JPDR の場合の計算結果では、被曝線量と周辺住民に対する線量限度との比は、希ガスからのガンマ線照射線量の場合に比して小さく、一般に放出基準値に影響を与えるほどにはならないと考えられる。

$$* R(\text{mrem}/\text{y}) = \frac{P_t/P_a}{0.024 \times \rho_a} \times 10^3 \times 4.38 \times \frac{1}{168} \times 8760 \cdot \chi \cdot \bar{E}_\beta \\ = 9 \times 10^9 \cdot \chi \cdot \bar{E}_\beta$$

ここで、 P_t/P_a は阻止能の比で 1.13、 ρ_a は空気密度で 0.0012g/cm³。

3) これら核分裂生成希ガスの燃料体からの放出型式は、燃料の破損状況によって異なるので、各炉について定める必要があるが、JPDR の場合は拡散型放出が観測されている。

4) JPDR (煙突の高さ 55m) について、定常運転中における放射性混合希ガスの放出基準を算出すると、敷地境界の基準線量 3 カ月間 0.04rem に対し、貯留されないで放出される場合 (減衰時間30分) 47 Ci/h となった。この値は、運転開始前に平衡型放出と仮定して計算された値より若干小さい。

最近、軽水型発電所において、オフガス保持装置を設け、希ガスを減衰させることにより、その放出量を低減することが試みられている¹⁸⁾。そのような原子炉に以上の結果を適用する場合には、長半減期核種やベータ線被曝の寄与についても検討が必要になると考えられる。

本論文を査読しご批評をいただいた日本原子力研究所の保健物理安全管理部次長石原豊秀博士、ならびに本報告の作成に当って助言をいただいた同研究所の伊藤直次安全対策課長と、国分守信放射線管理課長代理に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 吉田芳和ほか; JAERI-1149, p. 11 (1967).
加藤仁三ほか; JAERI-memo 3080, p. 4 (1968).
- 2) Final Design Report, JAERI-12.5MW JPDR, APED 3998 (1962).
- 3) 石渡名澄; “核分裂生成物の放出と移行”, p. 228 (1967), 原安協核分裂生成物の放出に関する小委員会報告.
- 4) F. J. BRUTSCHY; “A Comparison of Fission Product Release Studies in Loops and the VBWR” (1961), The Tripartite Conference of Transport of Materials in Water Systems, Chalk River.
- 5) 石渡名澄; JAERI-memo 2195, p. 90 (1965).
- 6) 石渡名澄; JAERI-1067, p. 125 (1965).
- 7) 原子力委員会; 原子炉立地審査指針 (1963).
- 8) ICRP Pub. 9, Pergamon Press (1965).
- 9) K. IMAI and T. IJIMA; *Health Phys.*, 18, 207 (1970).
- 10) 今井和彦, 飯島敏哲, 角田道生; JAERI-1189 (1970).
- 11) C. M. LEDRER, J. M. HOLLANDER and I. PERLMAN; “Table of Isotopes,” John Wiley Sons. Inc. (1964).
- 12) J. O. BLOMEKE and M. F. TODD; ORNL-2127 (1958).
- 13) 今井和彦ほか; JAERI-memo 3465 (1965).
- 14) 吉田芳和ほか; JAERI-memo 2097 (1965).
- 15) H. J. DUNSTER and B. F. WARNER; AHSB (RP)R 101, p. 25 (1970).
- 16) M. M. HENDRICKSON; “Environmental Aspects of Nuclear Power Stations,” p. 241 (1970), IAEA.
- 17) ICRP Pub. 2, Pergamon Press (1959).
- 18) たとえば谷村喜作; 原子力工業, 17 (10), 31 (1971).

会 費 払 込 の お 願 い

当協議会の会費は、前納制になっておりますので昭和 47 年度分、およびそれ以前の年度の会費を未納の方は、至急お払込みくださいますようお願いいたします。

現在会費の納入を遅滞されている方が大分おり、事業運営上非常に支障をきたしております。都合上退会される方は、退会手続をとるようお願いいたします。

会 費	正会員	1,500円
	準会員	1,000円

なお振込口座番号は東京 24488 (払込料金は当協議会負担) です。