765. トリチウム化メタンの触媒酸化

西川正史*, 山本行則*, 松永総一†

(1983年 4月5日 受理)

(1983年 5月27日 再受理)

Catalytic Oxidation of Tritiated Methane

By Masabumi NISHIKAWA,
Yukinori YAMAMOTO and Sōichi MATSUNAGA

Recovery of tritium from the tritiated hydrocarbons is required to maintain the fuel cycle of a fusion reactor because a pretty amount of tritium could be exhausted as tritiated hydrocarbons from plasma or breeder. The performance of several catalysts in methane oxidation has been examined in this study. Use of precious metal catalysts such as Pt or Pa at 400~600°C is recommended from the data obtained. It is also found that the isotope effect gives large influence on the oxidation performance because the rate-controlling step is mainly the chemical reaction in the operational range effective to oxidation of methane.

KEYWORDS: tritiated hydrocarbon, methane, catalytic oxidation, mass transfer coefficient, catalysts, isotope effects, rate-controlling step, tritium recovery, platinum, palladium oxidation

I. 緒 言

核融合炉においては、分子状のトリチウムのほかにトリチウム化炭化水素の処理も要求される。慣性閉じ込め炉ではベレットベッセルや炉材に炭素化合物が使用される可能性がある^①。このような場合には多量のトリチウム化炭化水素がプラズマ排ガス中に含まれることが予想される。例えば、グラファイト炉壁を提案している SOLASE のプラズマ排ガス中のトリチウムはほとんどが炭化水素として排出されると予想されている^②。磁場閉じ込め炉においても、最近の検討のようにリミタにグラファイト化合物が使用されると、ケミカルスパッタリングによって多量のトリチウム化炭化水素がプラズマ排ガス中に含まれることになる^③。

黒木ら^④の検討によると、ブリーダーで増殖したトリチウムを使用して炉の連続運転を維持するためには、プラズマ排ガス中のトリチウムのほとんどを回収して再使用しなければならないので、トリチウム化炭化水素から効率よくトリチウムを回収する方法を検討

しておかねばならない。本報は、プラズマ排ガスを模擬した不活性ガス中に含まれる炭化水素中の水素同位体を触媒酸化法により水として回収する方法について検討したものである。炭化水素としては、最も酸素との反応性が悪く 1,000 K 以下の低温プラズマで発生が予想されている^⑤メタンを採用した。なお、各種のトリチウム取扱い実験室よりの排ガス中にもトリチウム化メタンの含まれることが知られているが、本実験結果はそのような場合のトリチウム除去システムの設計指針も示すものである。

II. 実験装置および方法

Fig. 1 に触媒酸化実験装置のフローシートを示す。

メタンと酸素を含んだ各混合ガスは流量調節された後、第1吸湿塔と予熱器を経て触媒酸化塔に導入される。触媒塔でのメタンの転化率は、塔入口および第2吸湿塔出口のメタン濃度をガスクロマトグラフィーで

* 九州大学工学部 (Fac. of Eng., Kyushu Univ.)

† 現在、日揮㈱ (Nikki K.K.)

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

測定して求めたが、本実験での検出感度は1 ppmであった。触媒塔は石英またはステンレス鋼製で塔径は10, 19 mmであった。触媒塔温度は塔中に設けられた熱電対により所定の温度に比例制御計にて制御した。設定温度は200~750°Cに変化させた。なお、本実験範囲のメタン濃度においては反応発熱の影響は無視できた。

混合ガス中のメタン濃度は470~8,000 ppm、酸素濃度は3.2~5.2%に変化させたが、両者を1対1の割合で流したので、触媒塔入口濃度はこの半分である。また、キャリアガスとしては主としてHeを用いたが、Arを使用して比較を行なった。

触媒としては、Table 1 に示すように、各種の貴金属触媒または酸化金属触媒を用いて、その充填量や粒子径による変化をも検討した。なお、同表中の BET 表面積はチッ素による測定値である。

Table 1 Catalysts used in this study

	Content (%)	BET surface area (m ² /g)	Particle diameter used (mm)
Hopcalite (I)	MnO ₂ 60 CuO 40	20~30	1~3
Kieselguhr-CuO	CuO 70 Kieselguhr 30	20~25	0.9~3
Alumina-Pd	Al ₂ O ₃ 99 Pd 1	150~240	3
Alumina-Pt	Al ₂ O ₃ 99.5 Pt 0.5	80~110	3

Ⅲ. 各種物質移動係数の算出

本報では触媒性能の比較を、定常状態法または破過曲線法から求めた各種物質移動係数に基づいて行なった。触媒塔入口濃度 C_{in} (ppm) と出口濃度 C_{out} (ppm) より、総括物質移動係数 K_F (m/h) は

$$K_F = (1/a)(Q/V_{cat}) \ln(C_{out}/C_{in}) \quad (1)$$

ここで、 a : 触媒の比表面積(m²/m³)

Q : 触媒のガス流動(m³/h)

V_{cat} : 触媒充填体積(m³)

で求められる。 K_F は気固境界移動係数 k_g (m/h)、粒子内拡散による移動係数 βk_s (m/h) および反応律速時移動係数 k_r (m/h) と

$$1/K_F = 1/k_g + 1/\beta k_s + 1/k_r \quad (2)$$

の関係にあるが、 k_g は Carberry の式⁽³⁾および著者らによる補正式⁽⁴⁾を用いて求めた。また βk_s と k_r の分離はウィルソンプロット法によった。

Ⅳ. 結果および考察

1. 貴金属触媒

Fig. 2 は、Pd-アルミナ触媒を用いて CH₄ を酸化した場合に得られた各種物質移動係数について、Johns⁽⁵⁾ の報告結果をも併わせてプロットしたものであり、400°C より低い反応温度では反応律速であることがわかる。 k_g の推算値と k_r の高温領域への補外値および K_F の測定値より(2)式を使って求めた βk_s も同図に破線で示してあるが、 βk_s は本実験系では120 m/h 近傍の値を示している。

Fig. 2 より明らかなように、 k_r の温度依存性が大きいのに比して、 k_g と βk_s の温度依存性は小さいので、総括の値 K_F は高温側ではほぼ粒子内拡散律速となっている。 k_g は粒子径の^{-1/2}乗と流速の^{1/2}乗に、 βk_s は粒子径の⁻¹乗に、また a は粒子径の⁻¹乗にそれぞれ比例して変化することを触媒塔設計の際には留意しなければならない。なお、粒子径が3 mm 以下になると、 k_g は粒子径の1.5 乗に比例するようになるとの結果を著者ら⁽⁶⁾は得ている。また、 k_r は本来粒子径に依存しないはずであるが、触媒中の Pd や Pt の粒子内担持量は粒子内の場所により10倍以上の相違のあることがあるので、成形触媒を砕いて小粒子触媒を作製して a の増加を図る場合には注意を要する。

Fig. 3 は、Pd-アルミナ触媒について各種の重水素化メタンに対して得られた物質移動係数を比較したもの

Fig. 2 Various mass transfer coefficients for Pd-alumina catalyst ($d_p=3$ mm)

であるが、 k_r と βk_s には同位体効果はほとんどみられず、 k_r は次式で与えられる。

$$k_r = 8.40 \times 10^5 \exp(-15,200/RT) : \text{CH}_4 \quad (3)$$

$$k_r = 2.55 \times 10^6 \exp(-18,000/RT) : \text{CH}_3\text{D}, \text{CH}_2\text{D}_2, \text{CD}_4 \quad (4)$$

反応律速条件下でのメタンと重水素化メタンとの酸化速度における同位体効果は $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ 程度であった。

Fig. 4 は、Pt-アルミナ触媒についてメタン、重水素化メタン、トリチウム化メタンに対する本実験結果および Bixel と Kershner⁽⁶⁾, Gildea ら⁽⁷⁾, Mintz と Gildea⁽⁸⁾, 吉田ら⁽⁹⁾, 松山ら⁽¹⁰⁾による報告値をまとめたもので、 k_r は

$$k_r = 9.12 \times 10^5 \exp(-15,200/RT) : \text{CH}_4 \quad (5)$$

$$k_r = 3.45 \times 10^6 \exp(-18,000/RT) : \text{重水素化メタン} \quad (6)$$

$$k_r = 1.08 \times 10^7 \exp(-20,300/RT) : \text{トリチウム化メタン} \quad (7)$$

が得られ、300°C での酸化速度における同位体効果はメタン：重水素化メタン：トリチウム化メタンで 1： $\frac{1}{4}$ ： $\frac{1}{2}$ 、400°C におけるそれは 1： $\frac{1}{2}$ ： $\frac{1}{4}$ と、Pd-ア

Fig. 3 Comparison of isotope effect for Pd-alumina catalyst ($d_p=3$ mm)

ルミナ触媒の場合と同様の傾向を示し、反応律速時の同位体効果はメタンの場合も次式⁽¹¹⁾で近似できることがわかった。

$$(k_r)_T/(k_r)_H = \{(k_r)_D/(k_r)_H\}^2 \quad (8)$$

また、Pt-アルミナ触媒について得られた βk_s は、Pd-アルミナ触媒より 20% 程度大きく、400~500°C で 140 m/h 程度であった。

なお、Figs. 2~4 中の実線は本実験で得られた反応式、拡散抵抗、境界移動係数相関式より (2) 式を使って求めた総括物質移動係数であるが、実測値との一致は良好である。

2. 酸化金属触媒

不活性ガス中のメタンを酸化回収する場合、酸化金属触媒が利用できることと気流中に酸素を入れる必要がないという利点がある。本実験では分子状トリチウムの酸化に良好な結果を示したホブカライトとケイ藻土担持酸化銅のメタン酸化速度を検討した。

Fig. 5 は、ホブカライトとケイ藻土担持酸化銅について得られた物質移動係数を Johns⁽⁶⁾ と Musick⁽¹²⁾ の測定値も併せて示したもので、 k_r として次式が得られた。

Fig. 4 Comparison of isotope effect for Pt-alumina catalyst ($d_p=3$ mm)

$$k_r = 284 \exp(-7,380/RT)$$

: ホブカライト (9)

$$k_r = 1.44 \times 10^4 \exp(-21,500/RT)$$

: ケイ藻土担持酸化銅 (10)

本実験範囲では、酸化金属に対して得られた反応速度は Fig. 5 中破線で示した Pt-アルミナ触媒に対して得られた値よりはるかに低く、総括物質移動係数と反応律速時移動係数は一致している。ただ、ホブカライトは 200°C より低い温度域で Pt-アルミナ触媒より大きな反応速度を与える傾向を示している。TSTA 計画では、不活性ガス中のトリチウム化メタンを 725K の酸化銅塔で処理する予定を立てているが、本実験結果より判断すると有効な方法であるとは思えない。

3. 各種触媒の比較

Table 2 には、黒木らの方法⁽⁴⁾に基づいて核融合炉燃料サイクルの維持に必要なブランケット系およびプラズマ排ガス系の回収効率の計算結果を増殖比に対して示してあるが、特にプラズマ排ガス系に大きな回収効率が要求されていることがわかる。したがって、プラズマ排ガス中に発生が予想されるメタンを代表とする炭化水素からのトリチウムの回収は、核融合炉燃料サイクルの維持に重要な意味を持つことがわかる。

Fig. 5 Mass transfer coefficients for Hopcalite ($d_p=3$ mm) and CuO-Kieselguhr ($d_p=1$ mm)

Table 2 Minimum recovery factor to get fuel self sufficient condition in D-T fusion reactor (Tritium circulation ratio in plasma and blanket cycle=22.6:1)

Blanket tritium breeding ratio	Tritium recovery factor	
	From plasma waste gas (%)	From blanket system (%)
1.0	100.00	99.97
1.1	99.70	90.91
1.2	99.41	83.35
1.3	99.11	76.95
1.4	98.82	71.47
1.5	98.53	66.71
1.6	98.23	62.55
1.7	97.94	58.88
1.8	97.64	55.61
1.9	97.35	52.69
2.0	97.05	50.06

Plasma ion temp.: 15.0 keV, Plasma electron temp.: 17.2 keV, Magnetic field in plasma: 5.0 Wb/m², β value: 0.3, Confinement time: 0.38 s, Burning ratio: 3.16%, Blanket tritium breeding ratio by D-D neutron: 1.0, Blanket energy multiplication factor for D-D neutron: 2.5, Blanket energy multiplication factor for D-T neutron: 1.3

Fig. 6 は、各種触媒について排ガス中のメタンをワンスルー方式で定常的に(ホブカライトや酸化銅では擬定常的に)処理する場合にも得られる触媒塔の酸

化効率を除染係数 K で示したものである。

$$K(=C_{in}/C_{out})=\exp(-K_{Fa}V_{cat}/Q) \quad (11)$$

なお、酸化されたトリチウムがすべて回収されると仮定すると、回収率 $R(\%)$ は除染係数と次式の関係となる。

$$R=(1-1/K)\times 100 \quad (12)$$

ワンスルー方式で連続的に処理する場合には、酸化塔を通り過ぎたあとでのトリチウムの回収は困難になり、ひいては環境へ漏洩する可能性のあるトリチウム量を多くすることにもなりかねないので、酸化触媒塔における除染係数をできるだけ大きくしておくことが望まれる。

Fig. 6 Decontamination factor and catalyst bed temperature ($d_p=3$ mm, $u_g=12$ cm/s at $Q/V_{cat}=12,000$ h $^{-1}$)

Fig. 6 から明らかなように、空間速度をあまり大きく設定すると温度を高くしても除染係数の増加の割合は小さくなり、トリチウムの回収率も低い値で頭打ちとなってしまいます。また逆に、空間速度が小さ過ぎると除染係数は大きくなり、回収率も良くなるが単位時間当り、または単位触媒量当りの回収量が少なくなってい

まう。したがって、プラズマやブリーダーよりの排気速度、燃料サイクルの維持に必要なトリチウム回収率および回収系下流での未回収トリチウム処理能力等を勘案して触媒塔運転条件を決定しなければならない。なお、Pt-アルミナ触媒塔を使用してトリチウム化メタンを500°Cで処理する場合、除染係数を 10^3 (回収率99%)にするには空間速度を5,000 h $^{-1}$ 程度にすればよいが、除染係数を 10^3 (回収率99.9%)とすると4,000 h $^{-1}$ 、 10^4 (回収率99.99%)とすると3,000 h $^{-1}$ 程度となるように、触媒量を増すか通気流量を減らさねばならない。

同図中曲線(1)~(3)で Q/V_{cat} を同じにした場合のPt-アルミナ、ホブカライトおよびケイ藻土担持酸化銅の比較をしてある。ケイ藻土担持酸化銅はまず使用に耐えないが、ホブカライトは Q/V_{cat} を200 h $^{-1}$ 程度にすると、400~500°CではPt-アルミナの Q/V_{cat} が2,000 h $^{-1}$ の場合とほぼ同様になり、300°C以下では Q/V_{cat} が1,000 h $^{-1}$ の場合より大きな除染係数を示すようになるので、使用することは可能ではある。しかし著者らは、Pt または Pd 系の貴金属触媒の使用を推奨する。Fig. 7 は、Pt-アルミナ触媒を用いてメタンまたはトリチウム化メタンを酸化する場合の除染係数 K の空間速

Fig. 7 Decontamination factor and space velocity ($d_p=3$ mm, $u_g=12$ cm/s at $Q/V_{cat}=12,000$ h $^{-1}$)

度 Q/V_{cat} に対する変化を、反応温度をパラメータとして示したものである。温度が高いほど同位体による差が小さくなっているが、これは反応温度が高くなるにつれて律速段階が反応律速から拡散および境膜移動律速へと変化しているためである。

同位体効果を考えると、メタンによって得た除染係数と同じ値(22,000: $K_F a V_{cat}/Q=10$ のとき得られる値、回収率 99.995%)をトリチウム化メタンでも得るためには、400°C の反応温度で触媒量を 3.5 倍に、500°C では 2 倍に、600°C では 1.3 倍に増加しなければならないことがこの図よりわかる。例えば、メタンの触媒酸化により Fig. 7 の A 点が運転条件として好適なことがわかった場合、トリチウム化メタンに同様の条件を応用してしまうと C 点で示されるように、除染係数は A 点のほぼ 1/1,000(回収率は 94.8%)に低下してしまうので、触媒量を 3.5 倍して B 点を A 点に移すか、C 点と D 点の間を補間して温度を 450°C に上げて K_F の値を大きくし、除染係数または回収率の維持を図ればよい。

Fig. 8 は、Pt-アルミナ触媒で分子状トリチウムとトリチウム化メタンが同時に存在する場合の反応温度と触媒量との関係をみたもので、 $V(m^3)$ は被処理ガスの含まれている空間体積で、換気回数が時間当たり 5 回の場合の計算例である。なお、分子状トリチウムの酸

Fig. 8 Effect of temperature on catalyst volume required ($d_p=3\text{ mm}$)

化反応速度式は Bixel と Kershner⁽⁶⁾ の報告式を用いたが、分子状トリチウム酸化時の βk_s は著者らの実験値⁽¹¹⁾を用いた。

Fig. 8 より明らかなように、分子状トリチウムの酸化においてはその反応速度が大であるため、100°C 以上では総括物質移動係数は外部境膜移動律速となるので、100°C 以上では温度によってある除染係数を維持するために必要な触媒量は変化していない。一方トリチウム化メタンの場合は、反応律速的傾向が強いため温度による変化が大きく、また小さい反応速度のため分子状トリチウムと同じ除染係数を得るためには多量の触媒が必要とされる。例えば、400°C の反応温度でトリチウム化メタンで除染係数を 22,000 にするためには、分子状トリチウムで同じ除染係数を得る場合の 115 倍、メタンの除染係数を 20 で抑える場合でも 40 倍もの触媒が要求されることになる。

プラズマ系やブリーダー系からのトリチウムの回収方法としては、上述のような排出ガスの連続的、定常的な処理方法のほかに、排出ガスを一たん貯留系に移送し所定の量に達した後、処理を開始する間欠的処理法の使用も考えられる。前者は慣性閉じ込め炉のような比較的圧力の高い排出ガスが連続的に得られる場合に向いており、後者はトカマク炉のように高真空プラズマよりの排ガス取出しをクライオソープションポンプによる周期的運転の組合せに求めるような場合に向いている。

貯槽の濃度が C_0 に達した時に、貯槽にトリチウム回収系を接続し循環サイクルを形成して処理を始める時、貯槽内のトリチウム濃度の C_0 に対する比と未回収トリチウム比とは次式で与えられる⁽¹⁴⁾。

$$C/C_0 = \exp \left\{ [1 - \exp(-K_F a V_{cat}/Q)] \theta / (-V/Q) \right\} \quad (13)$$

ただし、回収システム全体の除染係数は酸化反応にのみ依存し、貯槽内の混合は完全混合で近似できると仮定している。

Fig. 9 は、Pt-アルミナ触媒塔を 400°C、換気回数 5 回/h ($Q/V=5\text{ h}^{-1}$)、空間時間 $4,800\text{ h}^{-1}$ ($Q/V_{cat}=4,800\text{ h}^{-1}$) の条件で貯槽中のトリチウム回収に使用した場合の未回収トリチウム比の時間変化を、分子状トリチウムとトリチウム化メタンについて示した図である。同図中 0:1 が CH_3T のみの場合、1:0 が HT のみの場合、および 1:1 が HT と CH_3T の初期濃度が等しい場合に相当する。分子状トリチウム濃度は速やかに減少しているが、メタン濃度の減少は緩やかである。なお、この条件下で分子状トリチウムの 99% を

Fig. 9 Change of tritium level in closed space with time ($d_p=3$ mm)

酸化するのに必要な時間は56 minであるが、この時間までにはトリチウム化メタンは85%が酸化されているに過ぎない。トリチウム化メタンよりのトリチウムの回収率を99%以上にするためには、酸化時間として133 min以上が必要となる。したがって、トリチウムのほとんどを酸化回収するためには、触媒塔の運転条件をメタン酸化の場合に合わせなければならない。

なお、トリチウム取扱い設備では、各種のトリチウム処理装置を主として酸化回収法により設計しているが、本実験結果はその設計指針をも示すものである。日本で市販されているトリチウムガスには数%以上のトリチウム化メタンの含まれていることがあるので、これを処理する場合には留意を要する。

Fig. 10 は、Fig. 9 の場合と同様の条件で、HT と CH_3T が初期値として等量存在する場合の貯槽中の未回収トリチウム濃度の時間変化を反応温度をパラメータとして計算図示したものである。Pt-アルミナ触媒では、前述のように300°Cまではメタンはほとんど酸化されないで、トリチウム濃度は40~50 min以降ほとんど変化しなくなるが、400°C以上では酸化速度が進むようになる。したがって、トリチウム化メタンを酸化する場合には400~500°Cの反応温度が必要とされる。それ以上の高温は密閉空間用処理システムの酸

化塔としては、酸化の効率からみてあまり有効とは思えない。

Fig. 10 Effect of temperature on tritium level in closed space where initial amount of HT and CH_3T are equal ($d_p=3$ mm)

既述のようにプラズマ排ガス中には、トリチウム化メタンが炉の設計条件によっては多量に含まれることが予想されるが、有効なトリチウム増殖材と考えられているLi化合物のセラミックス類(Li_2O , LiAlO_2 , Li_2SiO_3)中には数%にのぼる炭素が不純物として含まれることもある⁽¹⁵⁾上に、熱除去効率を良くする目的で増殖部バージガスにグラファイト微粒子を懸濁させる方法も検討されている⁽¹⁶⁾が、このような場合にはさらに多量のトリチウム化炭化水素の排出が考えられるので、融合炉燃料サイクル維持のためには、トリチウム回収系の設計上注意が必要となる。

著者らは、核融合炉燃料サイクル中ではトリチウムの化学形を酸化物として扱い、系外への透過漏出量の低下を図るとともに不純物除去を吸着法により行い、トリチウム水として貯蔵する方法が有効と考えているが、この場合発生したメタン等のトリチウム化炭化水素からのトリチウムの回収は触媒塔温度を高くすることで解決される。

なお本報では、酸化触媒塔以外の操作でのトリチウム処理効率を100%としたが、現実にはこれより低い値

になるので、触媒塔性能もより良いものが望まれる。

Ⅳ. 結 論

核融合炉プラズマ排ガス中に多量のトリチウム化メタンの含まれる場合の概念設計も報告されているが、核融合炉燃料サイクルを維持するためにはトリチウムの効率よい回収・再使用が必要とされる。本研究では、トリチウムの触媒酸化法による回収を目的として各種の貴金属触媒および酸化金属について、総括物質移動係数およびこれに影響を与える諸因子について検討を加え、メタンの酸化には貴金属触媒の方が適しているとの結論を得た。ただ、反応速度が分子状トリチウムの酸化の場合に比べて格段に小さいので、触媒量、反応温度およびガス流速については十分な検討をしておかねばならないことが明らかになった。酸化反応における同位体効果も求めたが、メタンの酸化はほとんどの場合反応律速下で行われることになるので、反応率に与える同位体効果の影響が大きいことも明らかになった。貴金属触媒の使用に有効な温度は400~600°Cである。

ホプカライト触媒は条件によってはメタンの酸化に有効であるが、酸化銅触媒は反応速度があまりにも遅いのでその使用は推奨できない。

核融合炉燃料サイクルにおけるトリチウム回収率の

計算方法についてご教示下さった九州大学応用原子核工学科黒木慎一(現科学技術庁)、中島秀紀、大田正男の各氏に謝意を表します。

— 参 考 文 献 —

- (1) LARSEN, E.M., ABDEL-KHALIK, ORTMAN, M.S.: *Nucl. Technol.*, **41**, 12 (1978).
- (2) KUROKI, S., NAKAJIMA, H., OHTA, M.: *J. Nucl. Sci. Technol.*, **19**(3), 186 (1982).
- (3) CARBERRY, J.J.: *AIChE J.*, **6**, 460 (1960).
- (4) NISHIKAWA, M., et al.: *J. Nucl. Mater.*, **115**, 101 (1983).
- (5) JHONS, R.H.: *Chem. Eng. Prog. Symp. Ser.*, **62**, 81 (1966).
- (6) BIXEL, J.C., KERSHNER, C.J.: *WASH-1332*, (1974).
- (7) GILDEA, P.D., WALL, W.R., GEDE, V.P.: *SAND* 77-8766, (1978).
- (8) MINTZ, J.M., GILDEA, P.D.: *SAND* 80-8046, (1980).
- (9) 吉田 浩, 他: 原子力誌, **23**(12), 923 (1981).
- (10) 松山政夫, 他: 富山大トリチウム科学センター研報, **1**, 15 (1981).
- (11) 西川正史, 他: 原子力誌, 投稿中; 一部原子力学会九州支部研究発表会, 福岡, (1982)にて発表。
- (12) MUSICK, J.K., WILLIAMS, F.W.: *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, **14**, 284 (1975).
- (13) 西川正史, 竹石敏治: 原子力学会昭 58 年会要旨集, E 53, (1983).
- (14) NISHIKAWA, M., ISAYAMA, T., SHINNAI, K.: *J. Nucl. Sci. Technol.*, **20**(2), 145 (1983).
- (15) KUDO, H., TANAKA, K., AMANO, H.: *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **40**, 363 (1978).
- (16) 金丸邦康, 他: 高温誌, **6**, 25 (1980).

日本工学会 第45回 見学会

本会が加盟している日本工学会の第45回見学会が、下記により開催されます。本会会員で参加を希望される方は、奮ってお申込み下さい。

期 日 昭和58年11月10日(木)

見学機関 科学技術庁放射線医学総合研究所
(千葉市穴川4-9-1)

予 定 東京駅前(旧丸ビル明治屋横)を9:30に出発(貸切バス)して、10:30頃より16:00まで、所内の各研究施設のご案内をいただき、17:00頃東京駅着解散の予定。

募集人員 50名、参加費 2,500円(バス、昼食代他)

申 込 任意の用紙に氏名、勤務先(職名)、連絡先、所属学協会名をご記入のうえ、参加費を添えて下記へお申込み下さい。(なお、参加費の領収書が必要とされる方は、その旨を付記し60円切手を同封願います。)

申込先 (〒104) 東京都中央区銀座8-5-4 日本鉱業会館内
(社)日本工学会 (Tel. 03-574-6176)

日本工学会・記念講演会

「わが国工学の将来と使命」

日 時 昭和58年11月17日(木) 14:00~17:00

会 場 工学院大学講堂

東京都新宿区西新宿1-24-2 (Tel. 03-342-1211)

国電・地下鉄とも新宿駅下車。西口から徒歩5分

講 演

わが国の産業用ロボットの現況

(フアナック(株)) 中島清一郎氏

主として、工場生産の立場から、産業用ロボットの役割と現状について説明します。

自動化と人間化の合一 (東工大) 森 政弘氏

一般には正反対のものと思われている自動化と人間化とを合一し、矛盾を越えて未来を開く考え方について述べる。

— 来 聴 歓 迎 —

主催 (社)日本工学会

東京都中央区銀座8-5-4 日本鉱業会館内 (Tel. 03-574-6176)