686. 原子力発電所用電線絶縁材料の劣化試験法

岡田 漱平*, 伊藤 政幸*, 中瀬 吉昭*, 栗山 将*

(1979年 3月15日 受理)

(1979年 5月17日 再受理)

Deterioration Test of Insulating Materials of Cables for Nuclear Power Generating Stations

By Sohei OKADA, Masayuki ITO,
Yoshiaki NAKASE and Isamu KURIYAMA

In order to estimate the life time of wires and cables for nuclear power generating stations, the testing methods for the deterioration of their insulating materials (ethylene-propylene rubber) under various environments, thermal, radiation or their combination, are investigated.

Based on a reaction theory model, a dynamic thermal analysis of thermogravimetric curves is developed to obtain apparent activation energies and reaction orders without the assumption of the Arrhenius law in the reaction rate constant.

The shift factors (acceleration coefficient in a reaction theory model) in the stress relaxation (chemical) process are evaluated to obtain a master curve for temperature effects (ageing) or irradiation (dose rate) effects. Life-time estimation and short time testing methods are also discussed.

KEYWORDS: wires, electric cables, nuclear power plants, deterioration, ethylene-propylene rubber, dynamic thermal analysis, shift factors, life-time estimation, short time testing method, insulation, thermal insulation, radiation effects, temperature effects

I. 緒 言

原子力施設における安全性の問題が、原子力エネルギーの開発を推進する上で大きな課題となっている。特に、原子力発電の主流となっている軽水炉については、核的および工学的な面から、大規模施設を用いた安全性確認試験が行われている。ここで対象となっている安全保護系の各種機器および装置類に対しては、多重性、独立性をもたせ、単一の故障では安全性を確保する機能を喪失しないように設計されている。しかしながら、アメリカの Browns Ferry 原子力発電所のケーブル火災事故⁽¹⁾にみられるように、安全保護系の電線、ケーブル類の機能喪失では、Common-mode-failure に至ることがわかり、電線、ケーブル類の機能の

健全性の確認を布設前にとる必要のあることが明らかにされた。この健全性の確認試験には、軽水炉の平常時および異常(仮想事故)時の環境条件(放射線、熱、高圧水蒸気、あるいは化学スプレーなど)を模擬した雰囲気中での電線、ケーブルとしての機能の確認試験とともに、耐火災性に関する難燃性試験がある。

すでにアメリカでは、電線、ケーブルを含む電気機器類の健全性を事前に確認するための型式試験基準⁽²⁾が提出されており、わが国でもこの問題に関して検討が進められている⁽³⁾。軽水炉の耐用年数としている40年間の健全性を試験するためには、なんらかの意味で

* 日本原子力研究所 高崎研究所 (Takasaki Radiat. Chem. Establishment, Japan At. Energy Res. Inst.)

40年相当の劣化を促進させ、短時間で試験を終了する必要がある。また、異常時(例えば、冷却材喪失事故など)の環境を模擬した試験においても、短時間で試験することが要望されている。

短時間で試験を終了するためには、各種環境ストレスにおける機材の劣化を促進することができること(寿命の加速ができること)⁽⁴⁾、またストレスと劣化との相関関係が定量的に求まり、所定ストレスへの外挿が可能であることが必要条件である。この外挿の妥当性が一般に認められるためには、各ストレスの材料の劣化に及ぼす相乗効果等が物理的、化学的に明らかにされなければならない。

本報では、材料の寿命を短時間で推定するための方向づけとして、劣化の反応論モデル、あるいは劣化パターンの重ね合せ現象に基づいた定式化を行い、熱重量測定法(Thermogravimetry, TG)および化学応力緩和測定法に適用して、放射線の線量率効果、温度効果、さらに、これらの相乗効果を定量的に把握することを試みた。

Ⅱ. 定式化

1. 反応論モデル

材料の寿命を推定するために、確率論的モデルやストレス-強度モデルなど、種々のモデルが提案されているが、材料の劣化の経時変化を明確にする必要がある場合、劣化挙動を物理的かつ化学的に意味づけすることを目的とする場合は、劣化の結果として現れる諸現象は反応機構と関連があるため、反応論の立場から劣化現象を把握するのが適当であろう⁽⁵⁾。この反応論モデルにおいては、劣化は材料にとって有害な化学反応によってもたらされ、その反応の進行に伴って材料の特性値が低下し、ある限界値以下になると寿命に至ったとみなす。この有害な化学反応のうち、寿命を支配する反応(律速過程)の速度を K とすると、特性値を支配する化学構造(あるいは化学物質)の濃度 $N(t)$ の時間的減少率は次式で示される。

$$-dN/dt = KG(N) \quad (1)$$

ここで、 $G(N)$: N のある関数

(1)式において、反応速度 K と時間 t とは逆比例の関係にあることから、特性値がある値にまで低下する時間(寿命 L)は、 K と逆比例する⁽⁶⁾。また、 K が n 倍となる条件下での試験では、時間を $1/n$ に短縮することができる。すなわち、寿命の加速の度合を示す係数(加速係数) A_L は次式で定義される⁽³⁾。

$$A_L = L_r/L = K/K_r \quad (2)$$

ここで、 L_r, K_r : 標準条件下での寿命および

反応速度

短時間試験で寿命推定を行うためには、(2)式の K を定量的に把握しなければならない。このために測定を行わなければならないが、 N を時間の関数として直接測定することは困難な場合が多く、 N と近似的に1:1の対応を持つ測定可能な物理量 x を観測するのが一般的である。 x と N との関係は次式で示される。

$$x = f(N) \quad (f: N \text{の1価関数}) \quad (3)$$

(1)と(3)式から、 f の1価性を考慮して、次式が導かれる。

$$-dx/dt = Kg(x), \quad g(x) \equiv \frac{G\{f^{-1}(x)\}}{dN/dt} \quad (4)$$

(4)式は(1)式と同型であり、 x の観測から K が求められる。この K を用いて寿命の推定ができ、かつ寿命の加速が可能となり、短時間試験を行うことができる。この具体的な例はTGである⁽⁷⁾。この場合、(3)式の x は試料の重量残率 W である。

2. 重ね合せと寿命推定および加速係数

上述の測定可能な物理量 x として、材料の力学的特性値 P をとることを考える。この特性値の時間変化をある一定のストレスのもとで測定した曲線を P_r (反応速度 K_r)とし、より厳しいストレスのもとで得られた曲線を P_{ar} (反応速度 K_{ar})とする。これらを $A_L = K_{ar}/K_r$ だけ時間軸に沿って移動すれば、互いに重ね合わせ得ることが(4)式より導かれる⁽⁸⁾。

逆に、現象論的ではあるが、特性値を示す曲線が上述のように時間軸に沿って移動して重ね合わせることができる例は、高分子材料で数多く見出されている⁽⁹⁾。

レオロジーの分野で、移動因子(shift factor)と呼ばれている量は上述の加速係数 A_L と同じ性格を持っている。したがって、反応論モデルで記述できないような劣化の場合でも、反応速度 K_r, K_{ar} は定義できないが、 A_L を決定することはできる。このような A_L を用いて寿命の推定ができる。すなわち、特性値 P がある値 P_i まで劣化したときを寿命とすれば、加速条件で得られる劣化曲線を A_L だけ移動し、使用条件で得られた劣化曲線(P_i まで至らない)に重ねることができる。ここでは、加速係数あるいは移動因子の定量的評価が重要であり、この物理化学的意味を応力緩和測定において検討した。

Ⅲ. 実験

TG 法では理学電機機製 TG-DSC を用いた。ここで、DSC 曲線は参考として得たにすぎない。測定はチッ素気流(100 ml/min)中で行い、加熱速度は2.5, 5, 10および20°C/minで、試料量は5~10 mg である。試料は、原子力発電所用電線ケーブルの絶縁体としてよく用いられているエチレン-プロピレンゴム(エチレン含有量80 mol%, 日本合成ゴム機製EPR07P)であり、未加硫試料(0.5 mm 厚シート)を酸素加圧(523 mm Hg)下、24°Cで100 Mrad(線量率0.2 MR/h-⁶⁰Co γ線)照射した。ここで、酸素加圧下で照射したのは、放射線による酸化劣化が試料内部まで完全に進行する条件を選んだためである¹⁰。

熱による応力緩和の測定は、東洋精機機製応力緩和装置を用いて行なった。また、放射線照射中の応力緩和については、歪ゲージを用いて自作した装置である。緩和挙動の測定のためには初期に数10%伸度を与えるため、EPR07P にジキミルパーオキサイド(DC P) 1.4 部をロール混練し、180°C, 5 min 間プレス下で加硫した短冊状試料(10 mm × 50 mm, 厚さ1 mm)で測定を行なった。照射下の測定は、線量率を $3.3 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^5$ R/h の範囲で変化させて行なったが、全線量はほぼ一定(約3 Mrad)にした。測定中の雰囲気はいずれの場合も空気(大気)である。

Ⅳ. 解析法および実験結果

1. TG 法

高分子材料の寿命推定法として、TG 曲線の動力学解析⁽⁹⁾⁽¹¹⁾に基づいて得られた活性化エネルギーなどを利用する方法⁽¹²⁾⁽¹³⁾が提案されているが、いずれの方法においても、解析の出発点で反応速度定数の温度依存性に関してアレニウス則を仮定し、活性化エネルギーの温度依存性を無視している。そこには次の2つの問題点がある。

- (1) 動力学解析結果がアレニウス則に合致しない場合、この解析結果は寿命推定に適用できない。
- (2) ロジックの問題として、結果として見掛け上アレニウス則が成立していたとしても、出発点の仮定が正しいことにはならない(逆は必ずしも真ではない)。

そこで、このような難点を克服するために、何の仮定も設けずに反応速度定数の温度依存性や、その反応型を求める方法を次に提案する(加熱速度の異なるTG 曲線から得られるパラメータはマトリクスを形成す

る。そこで今後、TG-Matrix 法と呼ぶ⁽¹⁴⁾)。

種々の昇温速度 a_i ($i=1, 2, \dots, N$) で測定した TG 曲線を重量残率 X_i ($i=1, 2, \dots, N$) とし、それぞれの X_i が(4)式と同様の式を満足するとすれば、次式が成り立つ。

$$-dX_i/dt = k(T)g(X_i) \quad (5)$$

ここで、 $k(T)$: 反応速度定数で、絶対温度 T だけの関数

$g(X)$: (4)式で定義されるような反応型に關係する関数

本 TG-Matrix 法では、(5)式の成立が唯一の仮定であり、 $k(T)$, $g(X)$ の関数に關する仮定はまったく設けない。

$k(T)$ と $g(X)$ の関数形の決定方法を次に述べる。

Fig. 1 に示すように、TG 曲線 X_i において、重量残率が任意の一定値 X_{ei} ($i=1, 2, \dots, L$) に達した時の温度を T_{ei} とする(実線矢印)。この場合、(5)式は次のように書き直すことができる。

$$[\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{ei}} = \ln k(T_{ei}) + \ln g(X_{ei}) \quad (6)$$

$X_1, X_2, \dots, X_N$ のどれか1つを基準とする。例えば、 $i=1$ の場合(X_1)を基準とすると、(6)式と同様に次式が成立する。

$$[\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{ei}} = \ln k(T_{ei}) + \ln g(X_{ei}) \quad (7)$$

(6)と(7)式との差をとると、 $g(X)$ に關する項が消える。

$$[\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{ei}} - [\ln(-dX_1/dt)]_{X_1=X_{e1}} = \ln k(T_{ei}) - \ln k(T_{e1}) \quad (8)$$

ここで、 $k(T_{ei})$ は i のみに依存する未定定数であるから、これを C_i とする。左辺は、TG 曲線から算出することが可能な量であるため A_{ie} とする。

Fig. 1 Dynamic thermal analysis of thermogravimetric curves X_i with various heating rates a_i by TG-matrix method

すなわち、

$$\left. \begin{aligned} C_i &\equiv k(T_{ii}) \\ A_{ii} &\equiv [\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{ci}} \\ &\quad - [\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{ci}} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

であり、(8)式は次のようになる。

$$\ln \{k(T_{ii})/C_i\} = A_{ii} \quad (10)$$

(10)式より、未定定数 C_i を含んだままであるが、 (T_{ii}, A_{ii}) をプロットすれば $k(T)$ の関数形を決定することができる。

次に、 $g(X)$ の関数形を決定する方法について述べる。曲線 X_i において、温度 $T_{ii} (i=1, 2, \dots, N)$ に対応する X_i の値を X_{iij} とすれば、(7)式と同様に(11)式が成立する。

$$[\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{iij}} = \ln k(T_{ii}) + \ln g(X_{iij}) \quad (11)$$

ここで、(11)式の左辺は TG 曲線から算出することが可能な値であり、 B_{iij} と置く。さらに(10)式を(11)式に代入すると、次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} \ln \{C_i \cdot g(X_{iij})\} &= B_{iij} - A_{ii} \\ B_{iij} &\equiv [\ln(-dX_i/dt)]_{X_i=X_{iij}} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

(12)式より、未定乗数 C_i を含んだままであるが、 $(X_{iij}, B_{iij} - A_{ii})$ をプロットすることにより、 $g(X)$ の関数形を決定することができる。ここで、100 Mrad

The measurements were under the nitrogen stream with 120 ml/min, and the heating rates are indicated in the figure.

Fig. 2 Effect of heating rate on thermogravimetric curves of ethylene-propylene rubber (EPR07P) unirradiated and irradiated (100 Mrad)

照射した EPR07P の TG 曲線の解析例を示す。

Fig. 1 に対応する TG 曲線の代表例を Fig. 2 に示す。一定速度で加熱したときの重量残量を縦軸に、温度(時間)を横軸に示した。

未照射試料では、約 450°C から重量減少が始まり、単調に低下している。一方、100 Mrad 照射試料では、300°C を超えると重量減少が始まり、480°C ではほぼ完全に分解してしまっている。重量減少(熱分解)の開始温度は加熱速度にそれほど影響されないが、分解の終了温度は低加熱速度ほど低温である。

Fig. 2 の縦軸を重量残率に直して(10)式に基づき、 $1/T$ vs. $\ln \{k(T)/C_i\}$ を各種の重量残率 $X_{ci} (i=1, 2, \dots, L)$ で求めて Fig. 3 に示す。 $X_{ci} (=0.9)$ のときを除き、すなわち熱分解による重量減少の初期段階を除いて、ほぼ一定の傾きを示す直線が得られ、活性化エネルギー (67 ± 4 kcal/mol) は $0.1 \leq X \leq 0.8$ で一定とみなすことができる。 $X=0.9$ のとき、すなわち初期段階においては、放射線分解による揮発性低分子量物質が容易に系外に放出される。その後は照射劣化に基づいて加熱温度に対応して熱分解が順次起ることを示している。

Fig. 3 Relationship between $1/T$ vs. $\ln \{k(T)/C_i\}$ in TG measurements of EPR07P irradiated (100 Mrad) at room temperature

次に、(12)式に基づいて $\ln X$ vs. $\ln \{C_i g(X)\}$ を各種の重量残率 $X_{ci} (i=1, 2, \dots, L)$ で取った結果を Fig. 4 に示す。直線の勾配から反応次数として 1.1~1.2 が求められた。この熱分解反応はほぼ 1 次反応と考えられる。以上の結果を Table 1 にまとめて示す。

未照射試料では、 X の全領域でほぼ一定の活性化エネルギーが得られたことが照射試料と異なる点で、反応次数が 1 次と考えられること、熱分解の反応速度定数の温度依存性はアレニウス型とみなしてよいことが明らかとなった。

このように、TG-Matrix 法では、なんらの仮定を設

Fig. 4 Relationship between $\ln X$ vs. $\ln\{CtG(X)\}$ in measurements of EPR07P irradiated (100Mrad) at room temperature

Table 1 Apparent activation energy, and reaction order in thermal degradation of EPR07P irradiated with 100 Mrad by TG-matrix method at a given value of X_{ct} on heating curve X_t

	X_{ct}	ΔE (kcal/mol)	n
Irradiated	0.1	68.1 ₇	1.2 ₂
	0.2	63.6 ₆	—
	0.3	65.0 ₃	1.1 ₃
	0.4	67.2 ₃	—
	0.5	66.8 ₃	1.1 ₃
	0.6	67.5 ₄	—
	0.7	70.6 ₀	1.1 ₀
	0.8	66.5 ₉	—
	(0.9)	52.1 ₇	—
		67 $\pm$ 4	1.1
Unirradiated	0.1~0.9	69 $\pm$ 2	—

けず反応速度定数の温度依存性が、未定定数を含んだままではあるが求めることができた。

ここで、上述の寿命と反応速度(反応速度定数)が逆比例の関係にある⁹⁾ことを考慮すると、ある所定温度における材料の寿命を推定することができる。今後は、各種材料について寿命推定法を明確にする。また放射線照射下での寿命測定も重要と思われるので、照射下での TG 測定を行い、TG-Matrix 法で上述のように解析し、寿命推定法を確立する予定である。

2. 応力緩和測定法

(1) 放射線照射による応力緩和

EPR 純ゴムについて γ 線照射下(室温)で応力緩和測定を行なった。シートに30%の伸びを与え、照射中

連続的に応力を測定した。この応力緩和曲線 $E(t)$ は、3つのマクスウェル型曲線の和で近似できる⁽¹⁵⁾。すなわち、次式で示すことができる。

$$E(t) = A_1 \exp(-k_1 t) + A_2 \exp(-k_2 t) + A_3 \exp(-k_3 t) \quad (13)$$

1例として、Fig. 5に初期応力 $F(0)$ に対する t 時間後の応力 $F(t)$ の比 $\ln F(t)/F(0)$ を、各種の線量率で照射した場合について示す。最も遅い減衰過程に相当する第3成分(A_3, k_3)の相対強度は99%程度である。Fig. 5の各第3成分の勾配 k_3 は、線量率 $\dot{D}$ により大きく異なっているが $\log k_3$ と $\log \dot{D}$ とは直線関係にある。一方、 k_1 および k_2 は k_3 ほど $\dot{D}$ 依存性はない。したがって、放射線照射により起る材料の応力低下は、現象論的には第3成分に支配されている。

The curves are sum of three Maxwellian following to Eq. (13).

Fig. 5 Effect of dose rate on chemical stress relaxation of EPR07P under irradiation

以上の結果は、反応論モデルの立場から説明できる。すなわち、放射線照射によるポリマー分子鎖の切断が、機械的特性の劣化に対して支配的であるから、(1)式における特性値(ここでは弾性率 E)を支配する化学構造(濃度 N)としては、切断されないで残っている主鎖のある単位の濃度を考え、これが切断により1次で減少するとする($G(N)=N$)。また寿命を支配する反応の速度 K としては、放射線による切断の速度を考え、 k_3 に等しいとする($K=k_3$)。さらに簡単なバネのモデルを考えて、近似的に弾性率 E が N に比例するとすれば(14)式が得られ、 E がマクスウェル型の式で表現できる。

$$-dE/dt = k_3 E, \quad E \sim \exp(-k_3 t) \quad (14)$$

また、特性値の経時変化が(14)式で示されるような場合、前述のように重ね合わせができるはずである。

室温で、各種線量率で照射した場合の応力緩和曲線 $\log(E \cdot T_0/T)$ を Fig. 6 (a) に示す。各曲線について、最小自乗法を用いて解析し、 1.9×10^5 rad/h で得られた曲線を基準として移動した結果を Fig. 6 (b) に示す。全曲線を 1 本としたマスター・カーブが得られ、応力緩和曲線の重ね合わせ、換言すれば、時間-線量率換算則が成立することはすでに示した⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。

(2) 熱による応力緩和

DCP(1.5 部)による化学架橋 EP ゴムの各種温度における応力緩和測定を行なった。60~120°C 間の 4 点で測定した結果を Fig. 7 (a) に示す。この場合の応力緩和は、熱によるポリマー鎖の切断が主因であるが、100°C 以上の高温では、からみ合った分子鎖のホグレなども緩和に寄与する。したがって、(13)式で示したような多成分マクスウェル型曲線の和で近似できない。しかし、時間軸に平行に移動すると Fig. 7 (b) に示

Fig. 6 Effect of dose rate on chemical stress relaxation behavior of EPR07P

Fig. 7 Effect of temperature on chemical stress relaxation curves of EPR07P

すように重ね合せが可能であり、1本のマスター・カーブが得られる。ここで長時間側の急激に応力が低下する部分は、上述のように、分子鎖のホグレンなどによる影響が現れているものと思われる。移動因子(加速係数) a の温度依存性は次式のように表示でき、アレニウス型であることがわかった。

$$\ln a(T, T_0) = (\Delta E/R)(1/T_0 - 1/T) \quad (15)$$

ここで、移動因子 $a(T, T_0)$ は温度 T で得られた曲線を基準温度 T_0 に移動したときのものであり、 ΔE は見掛けの活性化エネルギー、さらに R はガス定数を示す。 $\Delta E = 23 \text{ kcal/mol}$ が得られた。

以上をまとめると、第IV-2(1)、(2)項で述べた応力緩和測定法は、機械的特性、例えば歪を加えた方向の弾性率が、放射線あるいは熱によるポリマー鎖の切断で低下して行く様子を時間を追って観察したものともみなすことができるので、重ね合せ(温度-時間換算則および線量率-時間換算則)の成立を利用して、これらの方法を短時間試験および寿命推定に用いることができる。また、移動因子(加速係数)を評価することにより、①熱、放射線等の単独環境での移動因子と複合環境下での移動因子との比較から、それらの相乗効果を知ることができること、②複合環境下での促進劣化を、それぞれの劣化因子に関して同程度に、あるいはそれ

ぞれ適当に調節することが可能である。

このような成果を活用して、原子力エネルギー生産システムで使用する有機材料の寿命推定法を確立し、材料の健全性試験に寄与したいと考えている。

(本報は、電気学会 絶縁材料・原子力合同研究会 (1978.12.)で発表したものである。)

—参考文献—

- (1) GASTO, W.R.: *Nucl. Safety*, **17**, 592 (1976).
- (2) IEEE standard 323, (1974).
- (3) 栗山 将: 原子力誌, **20**(1), 21 (1978).
- (4) 塩見 弘: "故障物理入門", (1977), 日本科学技術連盟.
- (5) 同上: 電試集報, No. 681, (1968).
- (6) DAKIN, T.W.: *Electron Technol.*, **24**, Dec., (1960).
- (7) OZAWA, T.: *Bull. Chem. Soc. Japan*, **38**, 1881 (1965).
- (8) 小沢次夫: 熱測定, **1**, 2 (1974).
- (9) TOBOLSKY, A.V.: *J. Polym. Sci.*, **19**, 111 (1956).
- (10) 瀬口忠男, 他: *JAERI-M* 7315, (1977).
- (11) DOYLE, C.D.: *J. Appl. Polym. Sci.*, **5**, 285 (1961).
- (12) TOOP, D.J.: *IEEE Trans. Elec. Insulation*, **E1-6**, 2 (1971).
- (13) DOYLE, C.D.: *J. Appl. Polym. Sci.*, **6**, 639 (1962).
- (14) 岡田淑平, 中瀬吉昭: 第14回熱測定討論会, 京都, (1978.11.).
- (15) 伊藤政幸, 他: 第26回レオロジー討論会, 名古屋, (1978.10.).
- (16) ITO, M., et al.: *Rep. Progr. Polym. Phys. Japan*, **21**, 247 (1978).

☆1980年プラズマ理工学国際会議(ICPP-1980)☆

これまで、ヨーロッパおよびソ連を中心として開催されてきたプラズマ関係の2つの国際会議「プラズマ中の波動と不安定性国際会議」および「プラズマ理論・応用物理学国際会議」のいずれも第4回に当たる会議を、国際純粋応用物理学連合(IUPAP)の公認を得て、標記名称(英文名: International Conference on Plasma Physics (1980), 略称 ICPP-1980)の下に合同会議として、1980年4月にわが国で開催することになりました。

今回の会議は次のような特色をもっています。まず、学問分野としては、プラズマ理工学のはほとんどすべての領域を対象とします。すなわち、核融合プラズマ、惑星磁気圏プラズマ、実験室プラズマ、固体プラズマ、等、各種プラズマ(完全電離プラズマが中心)に現れる物理現象についての理論、シミュレーション、基礎実験および観測による研究を含みます。

テーマとしては、プラズマの生成・保持と安定性、プラズマ中の波動現象、プラズマ中の乱流現象、多粒子加速とプラズマ加熱、プラズマ計測、等があげられています。これらについて、招待講演(総合報告およびトピックス)と一般講演(口頭発表ならびにポスター展示)が行われる予定です。

国外からの参加者は約200名と予想されていますが、この分野に関心をお持ちの国内研究者の積極的な参加をお願いい

たします。

主催 核融合懇談会

国際母体機関 国際純粋応用物理学連合(IUPAP)

後援 文部省, 日本学術会議, 国際電波科学連合(URSI)

協賛 本会ほか関連学協会

期日 1980年4月6日(日)~11日(金) (6日は登録のみ)

場所 名古屋観光ホテル(名古屋市中区錦1丁目)

論文申込 アブストラクト(1頁)を所定の様式で作成し、

1979年11月30日(金)までに申し込む。プロシーディング

用の論文原稿(4頁)締切は1980年2月15日(金)

参加申込締切 1980年1月31日(木)

申込方法 所定の様式に記入の上、参加費を添えて下記の

国際会議事務局まで申し込む。(様式、振込み方法・宿泊・

その他については事務局にお問い合わせ下さい)

参加費 参加登録料 15,000円, パンケット費用 6,000円

申込み・問合せ先

(〒464)名古屋市中区千種区不老町 名古屋大学プラズマ研究所内

1980年プラズマ理工学国際会議事務局

(Tel. 052-781-5111, 内線4569)

なお、2nd Announcement が本会事務局に5部届いております。