核融合反応の多角的利用を目指して

深 井 佑 造*

昭和62年度日本原子力研究所から委託された日本原子力産業会議「核融合反応活用技術調査委員会」で調査された核融合反応の多角的利用の内容を述べる。その項目は、放射性廃棄物消滅処理、放射性同位元素の生産、核燃料の生産、化学燃料合成、直接発電、材料開発、核融合推進ロケット、その他の利用である。これらは DT, DD, D³He 核融合反応の中性子、放射光およびプラズマ粒子を利用している。このうち、DT 反応を中心として、閉じ込め方式では、磁気閉じ込め、慣性閉じ込め方式を利用した技術を検査した。

I. はじめに

究極のエネルギー源という位置付けにある核融合エネルギー開発は、同時に先端技術を育成する場を提供している。こうした認識は核融合エネルギー開発の意義を理解する上での重要な点である。従来から考えられている汽力発電以外に、核融合エネルギーがどのような技術分野に活用できるか、主として内外の文献に基づいて出来るだけ広範囲にわたって調査を進めた。核融合の特徴を生かした多様な利用形態のこうした検討は核融合の将来の利用に、より大きい可能性を与えるであろう。

II. 調査委員会の構成と調査分担

調査は、日本原子力研究所からの昭和62年度委託によるもので、昭和63年3月に日本原子力産業会議から詳細な報告書が発刊されている⁽¹⁾。その調査項目内容を次に示す。

- (1) 放射性廃棄物消滅処理
- (2) 放射性同位元素の生産
- (3) 核燃料の生産(核融合-核分裂ハイブリッド炉)
- (4) 化学燃料の合成
- (5) 直接発電
- (6) 材料開発
- (7) 核融合推進ロケット

当委員会は電力中央研究所・梅津照裕常務理事を委員長として、国立研究機関、大学、電力界、産業界からの専門家で構成されており、委員と調査分担を第1表に示す。表中の数字は上に示した項目に対応する。ここで調査した内容のうち、放射性廃棄物消滅処理、核燃料の生産、直接発電、材料開発については我が国独自で行なった研究やアイデアが多く含まれ、米国の同じ

ような目的を持って行われた FAME(The Fusion Application Study)調査⁽²⁾より詳細で独自の内容を持つ部分がある。

第1表 調査委員リストと調査分担

(◎委員長, ○顧問, 敬称略・順不同)

委 員 名 (所 属)	調査分担項目†
◎梅津 照裕 (電中研)	
○山本 賢三 (原 産)	
○関口 忠 (横浜国大)	
澤口 裕介 (東京電力)	
宅間 董 (電中研)	(3)
吉鋪 信也 (電中研)	(1)
深井 佑造 (東 芝)	(1)(7)
浅見 直人 (三菱重工)	(3)
森野 信幸 (日 立)	(5)(6)
田中 義久 (川崎重工)	(4)
飯島 俊吾 (NAIG)	(1)
阿部 俊彦 (日本分析セ)	(2)
平山 省一 (神奈川工科大)	
吉川 潔 (京大原研)	(5)
野田 哲二 (金材研)	(6)
古田 一雄 (東大原研)	(3)

† () 内数字は本文第II章に示した調査項目の番号で、各委員の分担を示す。

III. 調査した核融合反応の利用技術

核融合反応プラズマから発生する、中性子、放射光およびプラズマ粒子が利用することができる。反応としては、重水素とトリチウム(DT)、重水素と重水素

Multilateral Utilization of Nuclear Fusion Reactions: Yuzo FUKAI.

(1988年 9月27日 受理)

* 日本原子力産業会議「核融合反応活用技術調査委員会」幹事会 主査(湯東芝 原子力事業部)

(DD), 重水素と $\text{He-3}(\text{D}^3\text{He})$ 反応を対象とした。これらの反応のうち、最も実現が容易である DT 反応が中心になっている。閉じ込め式では、磁気閉じ込めを中心に、慣性閉じ込め方式についてもその利用した技術を調査した。

核融合反応と利用されている技術分野との結び付きを第1図に示す。図には DT 反応の中性子を利用した核融合エネルギーの電力への変換、すなわち汽力発電型核融合発電と呼ばれる通常の利用形態についても示した。ここでは、核融合反応から発生した高速の中性子は、真空容器の壁(第1壁)を通過してその外側のブランケットに入射する。ブランケット内の Li に中性子が衝突し、中性子は持っていたエネルギーを失い、Li は高温になる。高温化したブランケット内を冷却材が除熱し、その熱エネルギーから蒸気が作られ、タービン発電機により電力を得る。

第1図を参照にして、これらの活用技術をまとめると、核融合中性子を利用する場合が多い。これは実現の容易な DT 反応では、エネルギーの80%を中性子が担っているからである。核分裂反応と比較して核融合反応による中性子は次のような特徴があり、これが活用技術の中に主に活かされている。

- (1) 発生エネルギーが高い(14 MeV)。
- (2) 単位熱出力当りの中性子発生数が約4倍である。

る。

- (3) 反応維持のための中性子は不要である(核分裂炉では、反応で発生した中性子のうち1個は必ず連鎖反応の維持のために使わねばならぬという制限がある)。

この核融合中性子の特徴を FAME 調査では上手に説明しているの、それを第2図に示す。すなわち、同熱出力で核分裂炉と核融合炉を比較すると、利用できる余剰の中性子は核融合炉の方が1桁ほど多い。

Ⅳ. 各技術分野での利用形態

1. 放射性廃棄物消滅処理

放射性廃棄物に含まれる長寿命の核分裂生成物や超ウラン元素を効果的に消滅する。

軽水炉の放射性廃棄物に含まれる長寿命の核分裂生成物や超ウラン元素(Uへの中性子照射により生成したUより重い核種: TRU)に核融合中性子を照射し、寿命(半減期)の短い物質に変換する。このような短寿命化は他に高速増殖炉や加速器による方法も研究されているが、核融合では第2図で説明したように、多量の中性子が発生するので大量の処理が可能である。

核融合中性子による放射性廃棄物消滅処理の概念検討は米国 EPRI で研究されていた⁽³⁾。しかしこの EPRI の研究は、第2表に示すように、古い規制値の考え方

第1図 核融合反応の利用技術分野

第 2 図 核融合と核分裂の中性子数バランスの比較⁽²⁾

と核データをベースにしているのです。第2表に本研究と呼んでいる最近の結果⁽⁴⁾を述べる。第3表に、最新のデータを用いた TRU の消滅量の評価結果を示す。表に示している熱中性子型とは中性子吸収の極端に少ないブランケット、純粋核融合炉型とは通常の核融合炉のブランケット、高速中性子型とは He 冷却のハイブリッド炉のブランケット内でのスペクトルを用いて計

算した結果である。同じ熱出力の高速増殖炉よりも、有効半減期、装荷量等の点で有効であることが明らかである。放射性物質に対する最近の規制値を用いたこのような評価は、特に日本では重要であろう。一方、第1壁への照射中性子量が高いので、高中性子束による照射損傷に耐えられる材料の開発等と今後の開発が必要な課題もある。

第 2 表 EPRI (1976年) 計算⁽³⁾との相違

核 種	インベントリ (g/MTU)		放射線毒性 (m ² 水/g) 規制値の厳しさ		熱中性子平均断面積 (b)		
	EPRI ^{†1}	本研究 ^{†2(4)}	EPRI	本研究 ^{†3}	反 応	EPRI	本研究
²³⁷ Np	530	560	1	400倍	捕 獲	1,030	580
²⁴¹ Am	460	240	1	30倍			
²⁴³ Am	71	180	1	30倍			
²⁴⁴ Cm	11	62	1	30倍			
²⁴⁶ Cm			1	30倍	捕 獲 分 裂	0.1	930
^{242m} Am			1	30倍			
²²⁶ Ra			1	0.05倍		3,900	4,700

^{†1} 30 GWd/t 燃焼 10年間冷却, ^{†2} 40 GWd/t 燃焼 3年間冷却

^{†3} ICRP Publ.30 (ALI: Annual Limit of Intake)

第3表 TRU年間消滅量の評価結果

	熱中性子型	純粹核融合炉型	高速中性子型	高速増殖炉
第1壁中性子負荷(MW/m ²)	10	10	10	—
全中性子束 (n/cm ² ·s)	$6 \times 10^{14} \text{ }^{11}$	1.7×10^{15}	4.1×10^{15}	5.0×10^{15}
TRU有効半減期 (年)	0.34	1.6	4.7	4.7
年間消滅量 (g/kg TRU)	870	350	140	140
初期TRU装荷量 (t)	$0.28 \text{ }^{12,13}$	—	$140 \text{ }^{12,14}$	6
初年度年間消滅量 (t)	0.24	—	19	0.84

¹¹ 熱中性子束値, 熱外中性子束はほぼ 1.2×10^{15}

¹² トカマク炉 熱出力 2,600 MW, 第1壁中性子負荷 10 MW/m² より, 第1壁表面積 207 m²

¹³ ブランケット内に 15 cm 厚さ装荷, 燃料体積比 0.1, TRU密度 0.09 g/cm³

¹⁴ ブランケット内に 15 cm 厚さ装荷, 燃料体積比 0.45, TRU密度 10 g/cm³

2. 放射性同位元素の生産

需要の多い ⁶⁰Co の大量生産や有用特殊元素を生産する。

核融合中性子によりブランケット内では第2図で説明したように, 放射性同位元素の大量生産ができる。電力生産と併用して, ⁶⁰Co 大量生産を行う研究, また ⁹⁹Mo, 放射性 Eu や Gd のような有用核種および天然に存在の少ない Os, Rh 等の安定元素生産が考えられている。上記の同位元素の年間生産量や価格についても調査を加えた, 例えば Os は熱出力 1,500 MW の炉で年間約 3 t 生産され, 現在の価格で7億ドルになるといわれている。また, 第1図右上に示したように, ホールでブランケットと炉外を循環させ, 生成した放射性同位元素(⁵⁶Mn 等)を食品や下水での大量殺菌処理に用いる提案もある。

3. 核燃料の生産(核融合-核分裂ハイブリッド炉)

核燃料の効果的生産あるいは低負荷第1壁での汽力発電を可能にする。

核融合-核分裂ハイブリッド炉には, 核融合中性子によって ²³⁵U や ²³²Th を変換し核分裂炉用の核燃料

を生産する燃料生産型と, 中性子で核分裂反応を起こさせてエネルギーを増倍し主として発電を行わせる電力生産型とに大別される。核燃料生産は効果的で, 例えば高速増殖炉よりも燃料生成率は単位エネルギー当たり10倍以上になる。現在までに公表されている内外の主な概念検討17例を調査し, その特性を検討した。その結果, 燃料生産型では, 核分裂抑制型*といわれてい

β値**および中性子壁負荷は高いほど技術開発を必要とする。

第4図 発電原価が15円/kWhになるための120万kW核融合炉の性能⁽⁶⁾

ff: 高速核分裂型, fs: 核分裂抑制型

第3図 単位ブランケット熱出力当り核燃料生産量

* 核分裂抑制型とはブランケットに Be のような中性子増倍材を装荷し, 中性子のみの中性子増倍を考え, U のような核分裂(すなわち発熱)を伴うような中性子増加を避けた概念である。

** β値(図中)はプラズマ圧力と磁場の強さとの比である。この値の大きな設計では, 小さな磁場でプラズマでの圧力に抗して閉じ込めが可能になるので, 大きな値ほど炉のサイズは小さくなりコストは低下する。

る概念が他よりも燃料生成率で優れていることは第3図より明らかになった。

また、第1壁の中性子負荷が低くなり、材料開発が軽減される等の利点がある。そこで、経済的可能性のある低負荷第1壁での汽力発電の電中研での評価結果⁶⁾を第4図に示す。

さらにハイブリッド炉では、その核燃料領域が常に臨界よりかなり低い状態になっているので、暴走事故は考えられないということな強調したい。

4. 化学燃料合成

核融合エネルギーによって超高温熱源が得られ、種々の化学燃料を合成する。

超高温熱源(1,000℃以上)は水からの水素製造、石炭ガス化によるメタンの製造等の化学燃料合成を可能に

する。核融合中性子のエネルギーによりブランケット内を核分裂炉の場合よりも超高温化できる。また、ブランケット内で発生する各種放射線のエネルギーを直接化学反応に利用することも考えられる。これらは米国における7例の概念検討の結果から明らかになった。特に、将来は水からの水素製造で核融合中性子の利用は有効と考えられる。

5. 直接発電

汽力発電方式に比べて高効率化あるいは簡素化により経済性向上の可能性がある。

直接発電には大別して、荷電粒子捕集発電方式、電磁流体発電(MHD)方式、電磁結合発電方式がある。これらの方式の比較を第4表に示す。

第4表 核融合直接発電方式の比較

	電磁流体発電	荷電粒子捕集発電	電磁結合発電
流体 1次系 2次系	Hg+アルカリシード	荷電粒子(イオン, 電子)	プラズマおよび電流エネルギー
変換方式	非平衡電離 MHD 発電	減速電界	電磁結合ビックアップ コイル
流体加熱方式	第1壁表面(制動輻射, 粒子衝突, 中性子発熱) ブランケット(中性子) スーパーヒート部(シンク ロトロン)		
流体最高温度	~3,000℃	数100 keV(DT)~ 15 MeV(D ³ He)	数10 keV
発電機熱電気 変換効率	0.60(MHD)	0.6~0.7	~0.7
システム効率	0.32*(0.42**)	0.4~0.7	0.3~0.6
備考	* 非平衡電離ディスク型 MHD 単独 ** 再熱サイクル+熱電 発電併用	発電効率は燃料, エネルギー 分布に強く依存, 直流 出力	パルス出力, 構造材渦電流 損失

荷電粒子捕集発電では、プラズマを荷電粒子捕集器に直接導き、高温プラズマ内の高速イオンの運動エネルギーを回収することによって高効率(40~70%)の電力を得る。MHD方式では核融合中性子エネルギーにより作動流体の Hg を加熱し、さらに同時にプラズマからの放射光で Hg 蒸気をイオン化し電力を得る。第5図に示すこの改良ランキン・サイクルによる発電方式は、蒸気タービン・発電機のない簡素化システムであり⁶⁾、経済性向上の可能性がある。特に、このアイデアは日米共同作業として京大で精力的に進められており、その成果が注目されている⁷⁾。電磁結合発電では、核融合反応後のエネルギーを持ったプラズマの膨張が外部コイルとの鎖交磁束を変化させる(電磁誘導)こと

により、そのプラズマからエネルギーを回収する。

6. 材料開発

核融合中性子を新材料の開発に利用する。

高エネルギー中性子照射により、

- (1) 化学反応触媒, 分離膜, 多孔性遮蔽材等に利用されるボイド格子
- (2) 高強度・高透磁率・高耐食性のアモルファス材料
- (3) 高性能の超電導材
- (4) 中性子転換ドーピングによる新材料開発

の可能性があり、こうした新材料開発の可能性が示唆されると同時に、これらの開発のためと核融合炉構造材の高エネルギー中性子用耐放射線損傷材開発に利用するため、12基の核融合プラズマ型, 加速器型, 核分裂

炉の半分の断面を示す。直接発電システムが炉の周辺に配置されている。

第5図 CFAR(Compact Fusion Advanced Rankine Cycle)マイクロ波核融合炉⁽⁶⁾

炉型等の各種照射設備が各国で建設または計画されている。

7. 核融合推進ロケット

プラズマの推力への直接利用により競争相手のない太陽系内惑星間航行を可能にする。

核融合の高温プラズマを水素と混合して噴出することによって、惑星間航行用ロケットの推力にする。ロケットの推進方式として、磁気閉じ込めと慣性閉じ込め方式が考えられているが、 D^3He 反応の核融合磁気閉じ込めミラー炉による推進システムは、第6図に示すように、核分裂型に比較してシステム構成が非常に簡単で、推力へのエネルギー変換効率が高くなる等の利点により、核分裂型のロケットよりもロケットの出力当りの重量が低くなり、1桁以上の性能向上になる。また、高温プラズマの噴射によりロケットの速度は非常に高く、太陽系内惑星間航行用としては他に競争相手はない。

8. その他

低温熱・プロセス熱利用、プラズマの応用

および熱電子変換への利用がある。

核融合エネルギーを600℃程度の蒸気としてプロセ

D^3He 反応ロケットのシステム⁽⁸⁾

核分裂電気推進型ロケットのシステム⁽⁹⁾

第6図 ミラー炉核融合推進ロケットと核分裂電気推進型ロケットの推力システムの比較

ス熱へ、200℃以下の低温の蒸気や高温水として地域暖房へ利用することや、プラズマを利用した材料加工等への応用、核融合中性子の核燃料物質への照射による発熱でエミッタを加熱して熱電子を発生させ電力を得る熱電子変換器への利用がある。

V. む す び

第5表は、核融合反応での個々の特性が活用されている各技術分野に具体的にどのように現れているかを示したものである。表中の数字に従って各技術分野で

第5表 核融合の特性とその主な活用技術

利用している 核融合の特性	主 な 活 用 技 術						
	放射性廃 棄物消滅 処理	放射性同 位元素の 生産	核燃料の 生産 (ハ イブリッ ド炉)	化学燃料 合成	核融合に おける直 接発電	材料開発 推進ロケッ ト	プロセス 熱利用
中 性 子							
14 MeV 中性子エネルギー	(1)	(3)	(6)			02	
熱出力当りの中性子数 大		(4)	(7)				
中性子連鎖反応に依存しない発生源	(2)	(5)	(8)				
ブランケット熱源				(9)			04
プ ラ ズ マ							
プラズマ粒子					00	03	
放 射 光					01		
活 用 し て い る 点 や 他 と の 比 較							課 題
(1) 放射性廃棄物消滅処理 (14 MeV 中性子エネルギー)	分裂しきい値のあるアクチナイドの消滅では、核分裂の割合が増加して、核分裂炉に比較して消滅が効果的になる。					第1壁材料の放射線損傷の低減	
(2) 放射性廃棄物消滅処理 (中性子連鎖反応に依存しない発生源)	第1壁中性子負荷を大きくとれば照射中性子量が多くなり、アクチナイドの量を限りなくゼロに近づけることが可能で、加速器利用の場合よりもエネルギー効率がよい。					第1壁材料の開発	
(3) 放射性同位元素生産 (14 MeV 中性子エネルギー)	(n, p) , (n, α) , $(n, 2n)$ 等の反応の利用の可能性があり、分裂炉では生産困難な核種が得られる。加速器利用の場合よりも生産性が大。					短半減期核種の効率的、定期的生産 副反応生成核種の分離	
(4) 放射性同位元素生産 (熱出力当りの中性子数)	核分裂炉よりも多量の照射中性子の利用が可能。加速器利用の場合よりも生産性が大。					運転中の装荷核種の取出し技術	
(5) 放射性同位元素生産-放射線による照射 (中性子連鎖反応に依存しない発生源)	ブランケット内に被照射核種を含むホループの設置が可能。 ^{60}Co 照射設備よりも大型、大量の照射が可能。					^{60}Co 照射設備のような小型化、可搬性が難しい	
(6) 核燃料の生産 (14 MeV 中性子エネルギー)	核分裂断面積が比較して大きくなるので、核分裂増殖炉よりも燃料生成率が高い。単位エネルギー当り10~20倍。					第1壁材料の放射線損傷の低減	
(7) 核燃料の生産 (熱出力当りの中性子数)	ブランケット内での核燃料親物質に吸収させる中性子の量が多くなる。エネルギーの増倍、核燃料生産が効果的になる。					構造材料の開発	
(8) 核燃料の生産 (中性子連鎖反応に依存しない発生源)	ブランケット内の核燃料領域をかなり低い未臨界状態にするので、反応度事故は全くないと考えられる。					エネルギーの増倍等の制御方式の開発	
(9) 化学燃料合成 (ブランケット熱源)	核燃料の温度制限(FP Release 対策)がないので、ブランケット内に1,000℃以上の領域の設定が可能、効果的な化学燃料合成が可能。					高温構造材料の開発。トリチウム安全性の確保	
00 核融合の直接発電 (プラズマ粒子)	減速電界あるいは電磁結合による荷電粒子エネルギーの直接エネルギーの回収で高効率の発電可能。					DT炉では効果が小。低エネルギー、大電流ビームの場合、適用が困難	
01 核融合の直接発電 (放射光)	MHD作動流体のスーパー・ヒートとその3,000 Kの高温化により高効率の発電が可能。汽力発電型DT炉の経済性改善。					高温での流体と固体の共存性、マイクロ波加熱等の工学的問題の実証	
02 材料開発 (14 MeV 中性子エネルギー)	はじき出し損傷率および核変換率が大きいので、ボイド格子、非晶質材の製造、半導体の不純物添加が可能。					大量の中性子を得る装置の開発	
03 核融合推進ロケット (プラズマ粒子)	プラズマ粒子を噴出させてロケットの推力を直接得ることにより、システムが簡単になり、ロケットが軽量化され、また高温プラズマの利用で高速度のロケットになる。惑星間航行では最高の性能。					推力発生技術等の開発は基礎研究段階である	
04 プロセス熱利用 (ブランケット熱源)	中性子減速による発熱を汽力発電に利用すると同時に、発生した蒸気をプロセス反応に用いる。					電力との併給でないと経済的に成立しない	

核融合反応の特性を活用している具体点,他との比較,課題を述べている。

表中に示したこれらの活用技術での技術開発上の課題を考えると,まずほとんどがプラズマの自己点火条件の達成を前提にしている。その他,高中性子束による照射損傷に耐えられる第1壁材料,高温構造材料,種種の条件下での遠隔操作技術,高エネルギー中性子を大量に引き出す技術等があり,これらの技術課題の大部分は,経済性向上の問題を含めて,核融合炉そのものの技術開発と同じである。したがって,活用技術の検討は核融合炉の実現の可能性を高めるとともに,核融合技術の開発が多様な活用技術の見通しを高めるといふ関係にある,と結論できる。

本調査をするに際し,委員長を初めとする顧問の先生方,各委員の方々のご協力,資料の入手にご協力頂いた関係各位,さらにご指導を賜った日本原子力研

究所の方々,いろいろと事務的なお世話を願った日本原子力産業会議の方々に,幹事会主査としてこの機会を借りて深く感謝の意を表します。

—参考文献—

- (1) 日本原子力産業会議:「核融合反応活用技術調査委員会」報告書,(1988)。
- (2) SCHULTZ, K.R., *et al.*: *Fusion Technol.*, **10**, 1279 (1986)。
- (3) JENQUIN, U.P., *et al.*: *ER-469*, (1976); ROSE, R.P., *et al.* *ER-451*, (1977)。
- (4) 飯島俊吾,他:原子力学会「昭63秋の大会」予稿集, B 34, (1988)。
- (5) 「21世紀経済社会の展望とエネルギー・電力供給」, 電中研報告, p. 143 (1985)。
- (6) HOFFMAN, M.A., *et al.*: *Int. Symp. on Fusion Nuclear Tech.*, Tokyo, (1988)。
- (7) 吉川 潔, LOGAN, B.G., *et al.*: 日米科学協力核融合ワーク・ショップ, (1987)。
- (8) HILTON, J.L.: *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, **NS-10**, 135 (1963)。
- (9) ENGLERT, G.W.: *New Sci.*, **4**, 16 (1962)。

(社)プラズマ・核融合学会 主催
「プラズマ生成技術とその応用」講習会

協賛 本会ほか7学会

会期 1989年2月28日(火)～3月2日(木)

会場 名古屋商工会議所第5会議室(名古屋市中区)

○プログラム○

2月28日 9:45～16:45

会長挨拶

プラズマ・核融合の基礎 (名大プラ研) 松浦清剛
加熱および直流放電によるプラズマ生成 (東北大) 佐藤徳芳
高効率シートプラズマの生成とその応用 (名大プラ研) 浦本上進

3月1日 9:00～17:30

マイクロ波を用いたプラズマ生成 (名大プラ研) 池上英雄
高周波によるプラズマ生成(1),(2) (名大プラ研) 佐藤照幸
ピンチ放電によるプラズマ生成 (群馬大) 平野克己
特別講演「核融合技術の産業への応用」 (日立) 森野信幸

懇親会 (18:00～20:00)

3月2日 9:00～16:10

レーザーを用いたプラズマ生成 (阪大レーザー研) 山中龍彦
プラズマ計測技術の基礎(1),(2) (名大) 築島隆繁
プラズマ・固体表面相互作用 (東洋大) 坂本雄一

講習対象 企業関係,一般,学生等,参加者 100名程度

参加申込締切 1989年1月下旬

参加費 正会員・賛助会員 20,000円, 学生 5,000円,

(協賛学会員を含む) その他 30,000円

問合せ・申込先 (〒460) 名古屋市中区錦2-20-29 東昭ビル

(社)プラズマ・核融合学会 (052-231-4535)

○第1回SAMPE先端材料技術国際会議○
(シンポジウム・展示会)

1st Japan Int. SAMPE Symp. & Exhibition

テーマ: New Materials and Processes for the Future

主催 先端材料技術協会, 日刊工業新聞社

会期 1989年11月28日(火)～12月1日(金)

会場 日本コンベンションセンター(幕張メッセ)

〔シンポジウム〕

内容 各種先端材料とプロセス

①有機系材料, ②金属・無機系材料, ③複合材料, ④応用

規模 1,000名, 使用言語 英語

参加登録料 一般 60,000円, 学生 20,000円

〔展示会〕

各種先端材料と関連製品, 製造加工装置, 試験・検査機器, 他

問合せ先 (〒102) 東京都千代田区九段北1-8-10

日刊工業新聞社事務局内

第1回SAMPE国際会議事務局

(03-222-7162, FAX 03-221-7137)

文部省学術用語集(増刷第5版)

原子力工学編

A5判, 282p. (1978), 本会発行。

会員 1,530円(定価1,700円)・千300円

ご希望の方は学会事務局へ。