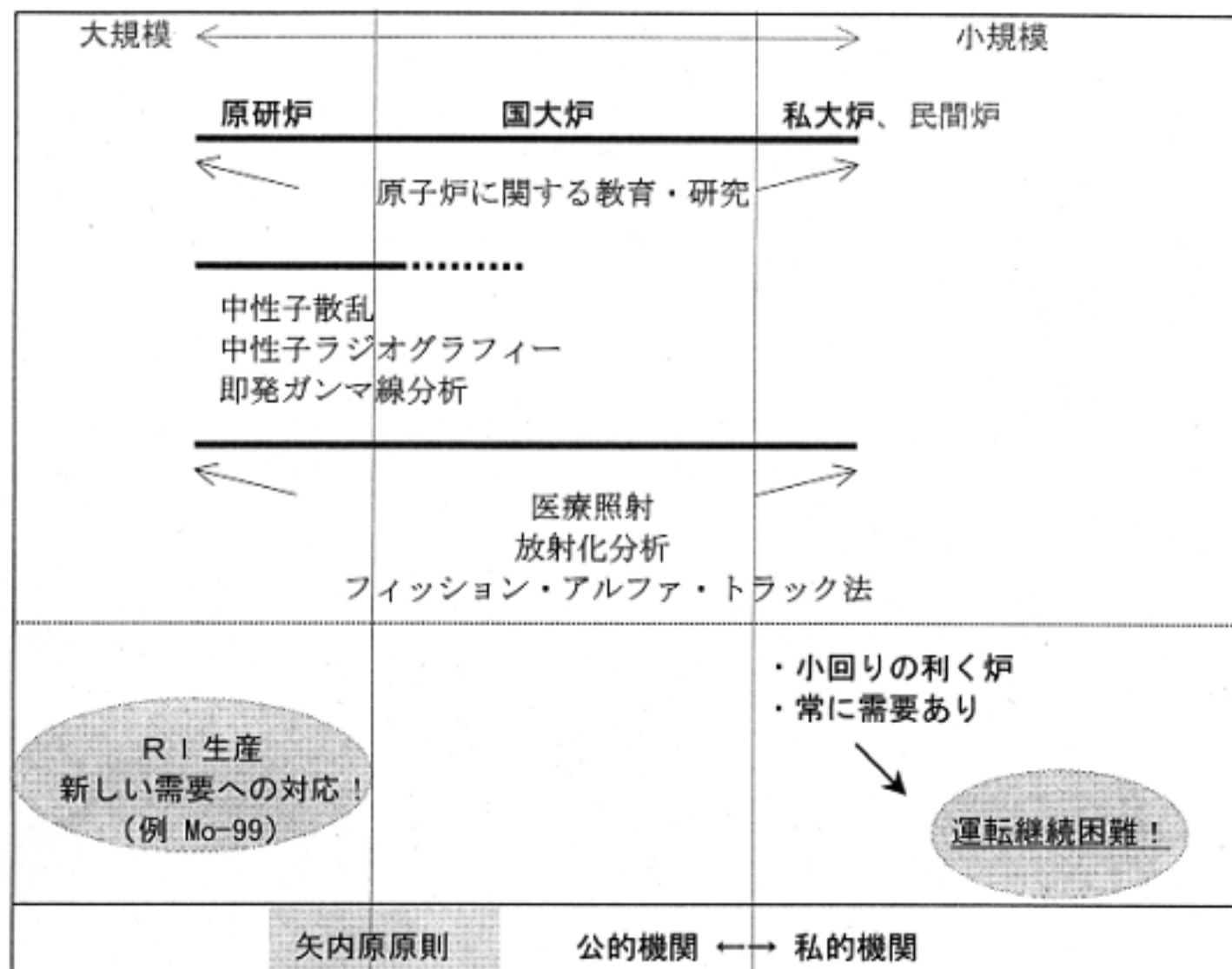


平成 11 年 5 月 28 日
日本原子力産業会議

研究炉の目的

- ・ 原子炉に関する教育・研究
- ・ 中性子などの利用



研究炉は社会共通の財産である

取り組むべき課題

1. バックエンド対策
2. 国内の研究炉の健全な運営と利用の連携を促進すること
 公的資金と民間資金を投入して支援体制を設ける（仮称「研究炉機構」）。
 - ・ 研究炉の利用を総合的に促進する。
 - ・ 現有炉の内、必要なものについては、維持管理・運営に関わる支援を行う。

日本の研究炉一覧

	型式	熱出力 (kW)	初臨界 年	所在地	大学共同利用 窓口
JMTR	濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 タンク型	50,000	1968	茨城県 大洗町	東北大学・金属 材料研究所・ JMTR 利用施設
JRR-3M	低濃縮ウラン 軽水減速・重水反射体付 プール型	20,000	1990	茨城県 東海村	東京大学・原子 力研究総合セン ター
JRR-4	低濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 プール型	3,500	1965	茨城県 東海村	同上
東大炉 (弥生)	濃縮ウラン 空気冷却型 高速炉	2	1971	茨城県 東海村	自ら窓口
武蔵工大炉 (MITRR)	濃縮ウラン 水化ジルコニウム及び軽 水減速・軽水冷却 非均質型 (TRIGA-II)	100	1963	神奈川県 川崎市	東京工業大学
立教炉 (RRR)	同上	100	1961	神奈川県 横須賀市	東京大学・原子 力研究総合セン ター
近畿大炉 (UTR- KINKI)	濃縮ウラン 軽水減速 非均質型	0.001	1961	大阪府 東大阪市	大阪大学
京大炉 (KUR)	濃縮ウラン (一部低濃縮ウラン) 軽水減速・軽水冷却 非均質型	5,000	1964	大阪府 熊取町	自ら窓口
京大 臨界集合体 (KUCA)	複数炉心 単一制御系型	0.01	1974	大阪府 熊取町	同上
東芝炉 (TTR)	低濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 プール型	100	1962	神奈川県 川崎市	_____
東芝 臨界集合体	低濃縮ウラン 軽水減速 非均質型	0.2	1963	神奈川県 川崎市	_____
日立炉 (HTR)	解体中	_____	_____	_____	_____

ここには、国内の共同利用に供されている研究炉および原子力プラントメーカー所有ものを記載してある。

○ アンケート対象者

日本原子力学会、放射化分析研究会、日本アイソトープ協会などの会員、原子力関係の教官、学生、これまで研究炉を利用したことのある民間企業、電力会社、原子力機器メーカ、その他原子力関係の企業、ジャーナリストなどからランダムに抽出した。

○ アンケート回収状況

上記の対象者として、1,050名の方にアンケートを配布し、515名の方より回答があった。
回収率は、49%である。

○ 回収結果

1 回答者の区分

区分 1 研究炉の利用者と未利用者および使用研究炉

① 研究炉利用者	318名	(62%)	
			私大炉 (30%)
			国立大炉 (24%)
			原研炉 (40%)
			その他 (6%)
② 研究炉未利用者	197名	(38%)	

区分 2 所属別

① 教官(大学(227名)、高専(4名))	231名	(44%)
② 学生	29名	(6%)
③ 国立職員	49名	(10%)
④ 電力社員	52名	(11%)
⑤ 原子力機器メーカ	20名	(4%)
⑥ 上記以外の原子力関係者	40名	(8%)
⑦ その他	94名	(17%)

区分 3 年齢別

20歳代	33名	(7%)	50歳代	179名	(34%)
30歳代	60名	(12%)	60歳代	93名	(17%)
40歳代	136名	(27%)	70歳以上	14名	(3%)

2 主要な回答内容

- | | |
|---------------|---|
| (1) 研究炉の利用分野 | 「中性子照射」が56%と多く、中でも「放射化分析」としての利用が全体の24%と多い。 |
| (2) 利用上の問題 | 「問題有り」が93%と圧倒的で、その内訳は各種異なるが、マシンタイム、地理的問題などが多い。 |
| (3) 研究炉の将来 | 「現状が続く」の49%に続いて、「発展する」が41%と研究炉の将来に期待している。 |
| (4) 原子炉の体験 | 「シミュレータと体験の両方が必要」とする者が51%、「原子炉の体験が必要」の者が20%と必要とするものが71%である。 |
| (5) 私大炉への支援 | 社会的に支援すべきが61%、収束、終結すべきは、30%と社会的に支援することを期待している。 |
| (6) 大学炉の必要性 | 67%の者が「大学炉を必要」と考えているが、24%の者は、「原研炉の利用」を推奨している。 |
| (7) 新研究炉の必要性 | 62%の者が「新研究炉の必要」を訴えており、特に、経年劣化に伴う更新を期待している。 |
| (8) 研究炉機構の必要性 | 「作るべきである」が64%に対し、「不要」とする者は10%と大半の者は、研究炉機構の設置を期待している。 |

研究炉に関する検討懇談会メンバー

(敬称略・五十音順)

委員長	秋山 守	東京大学 名誉教授
顧問	安 成弘	日本原子力産業会議 常任相談役
委員		
(幹事)	伊藤 泰男	東京大学原子力研究総合センター 全国共同利用部門助教授
	池本 一郎	(財)電力中央研究所原子力政策室部長
	大木 新彦	武蔵工業大学教授原子力研究所所長
	阮 建治	立教大学教授原子力研究所所長
	柴田 俊一	近畿大学教授原子力研究所所長
	清水 清	日立ニュークリアエンジニアリング(株)社長
	田畑 米穂	東京大学 名誉教授
	永井 輝夫	(社)日本アイソトープ協会常務理事
	永井 信夫	(社)日本電機工業会専務理事
	中原 弘道	東京都立大学理学部教授
	前田 豊	京都大学教授原子炉実験所所長
	班目 春樹	東京大学大学院工学系研究科 原子力工学研究施設教授
	松浦 宏之	(株)東芝 原子力技術研究所所長
オブザーバー	海江田 圭右	日本原子力研究所 東海研究所 研究炉部長
	住田 健二	大阪大学 名誉教授

日本原子力産業会議

森 一久	副会長
西郷 正雄	開発部 調査役
中尾 克巳	開発部 主任

TABLE 1. RESEARCH REACTORS IN OPERATION - CATEGORIES AND NUMBER OF FACILITIES (1998/12)

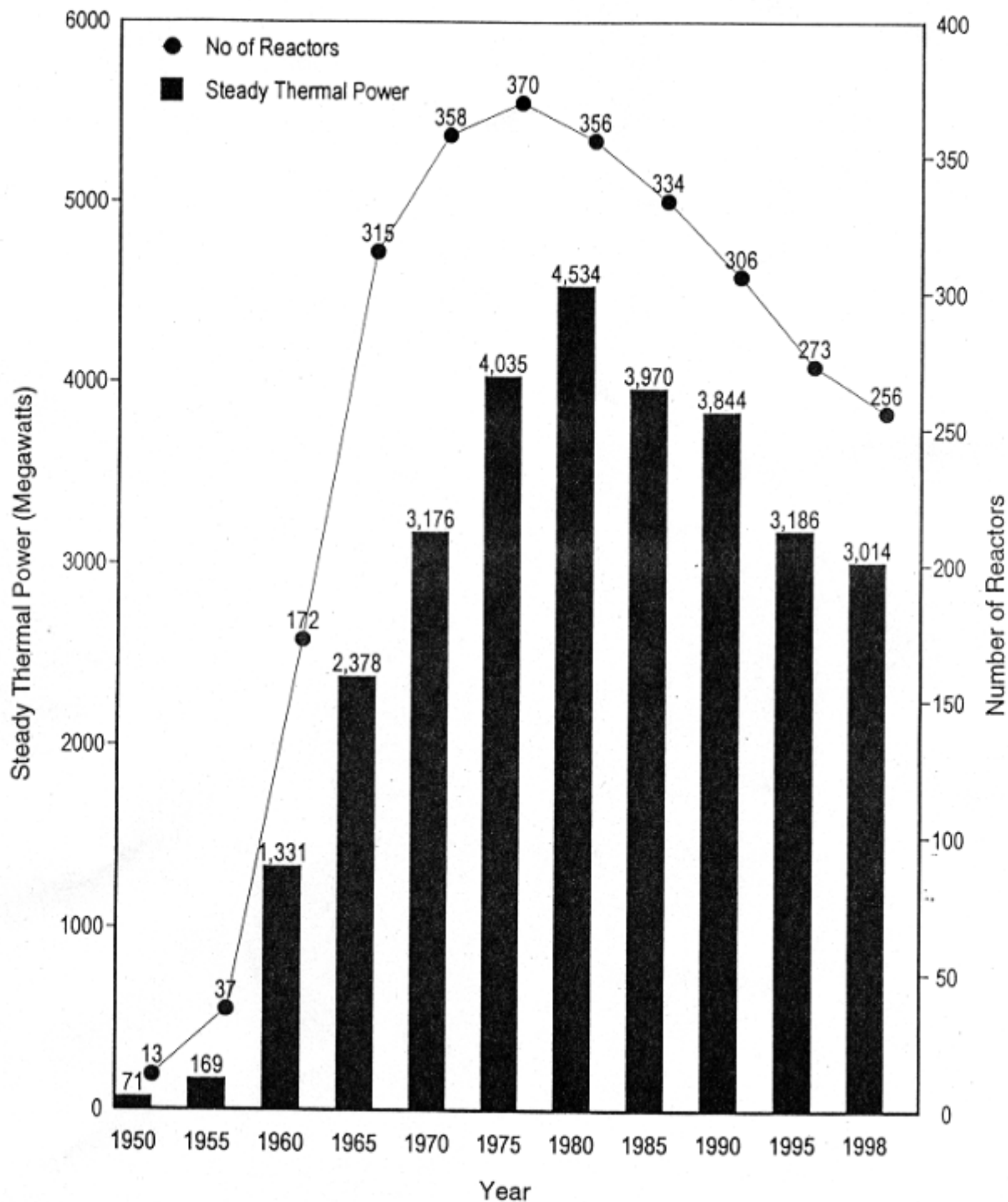
COUNTRY	RESEARCH	TEST	TRAINING	CRITICAL ASSEMBLY	PROTOTYPE REACTOR	ELECTRICITY PRODUCING	TOTAL CATEGORY
AR ARGENTINA	3		2				5
AT AUSTRIA	2		1				3
AU AUSTRALIA	1						1
BD BANGLADESH	1						1
BE BELGIUM	2	1		1			4
BG BULGARIA	1						1
BR BRAZIL	2		1	1			4
CA CANADA	8		1				9
CH SWITZERLAND	1		2				3
CL CHILE	2						2
CN CHINA	11	1			1		13
CO COLOMBIA	1						1
CZ CZECH REPUBLIC	1		1	1			3
DE GERMANY	8		9				15
DK DENMARK	1		1				2
DZ ALGERIA	1	1					2
EG EGYPT	2						2
FI FINLAND	1						1
FR FRANCE	5	3	2	4		1	15
GB UNITED KINGDOM		1	1	1		1	4
GH GHANA	1						1
GR GREECE	1			1			2
HU HUNGARY	1		1				2
ID INDONESIA	3						3
IL ISRAEL	1	1					2
IN INDIA	4	1					5
IR IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF	2		2				4
IT ITALY	4		1				5
JM JAMAICA	1						1
JP JAPAN	10	1		8			19
KP DEM. P.R. OF KOREA	1						1
KR KOREA, REPUBLIC OF		1	1				2
KZ KAZAKHSTAN	3						3
LV LATVIA	1						1
LY LIBYAN ARAB JAMAHIRIYA	1						1
MX MEXICO	1		2				3
MY MALAYSIA	1						1
NL NETHERLANDS	2	1					3
NO NORWAY	2						2
PE PERU	1		1				2
PK PAKISTAN	2						2
PL POLAND		1					1
PT PORTUGAL	1						1
RO ROMANIA		1					1
RU RUSSIAN FEDERATION	26			1			27
SE SWEDEN	1	1					2
SI SLOVENIA	1						1
TH THAILAND	1						1
TR TURKEY	1						1
UA UKRAINE	1						1
US UNITED STATES OF AMERICA	35	1	10	8			54
UZ UZBEKISTAN	1						1
VN VIET NAM	1						1
YU YUGOSLAVIA	1			1			2
ZA SOUTH AFRICA	1						1
ZR DEMOCRATIC REP. OF THE CONGO	1						1
TOTALS	170	16	40	27	1	2	256

各国における運転中研究炉の基数

注) 日本の研究炉において、2頁の日本の研究炉一覧に含まれていない

(共同利用していない)研究炉は、次の8基の研究炉です。

原研) NSRR, VHTRC, TCA, FCA, STACY, TRACY JNC) 常陽, DCA



World Nuclear Growth: Number of Research Reactors and their Steady Thermal Power

世界における年度毎の運転中研究炉の基数と総定常出力

研究炉の在り方に関する
検討報告書

(中 間 報 告)

(別 冊)

I 補 遺

II アンケート調査

平成 1 1 年 3 月

(社 団 法 人) 日 本 原 子 力 産 業 会 議

I 補遺

-1 日本の研究炉一覧	3
-2 モリブデン-99 / テクネチウム-99m について.....	4
-3 原子力発電所運転訓練用シミュレータ	11
-4 計算機シミュレーションと研究炉の役割分担.....	13
-5 加速器利用と研究炉利用との関係について.....	17
-6 法令の規制について.....	20
-7 燃料仕様変更に伴う問題.....	21
-8 研究炉バックエンドの現状と課題.....	24
-9 原子力の社会的受容性.....	28
-10 出力別に見た研究炉の特徴と経費の比較.....	31

II アンケート調査

(1) 研究炉に関するアンケート調査.....	33
(2) 研究炉に関するアンケート調査結果.....	47

表一 日本の研究炉一覧

	型式	熱出力 (kW)	初臨界 年	所在地	大学共同利用 窓口
JMTR	濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 タンク型	50,000	1968	茨城県 大洗町	東北大学・金属材料研究所・JMTR 利用施設
JRR-3M	低濃縮ウラン 軽水減速・重水反射体付 プール型	20,000	1990	茨城県 東海村	東京大学・原子力 研究総合センター
JRR-4	低濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 プール型	3,500	1965	茨城県 東海村	同上
東大炉 (弥生)	濃縮ウラン 空気冷却型 高速炉	2	1971	茨城県 東海村	自ら窓口
武蔵工大炉 (MITRR)	濃縮ウラン 水化ジルコニウム及び軽 水減速・軽水冷却 非均質型 (TRIGA-II)	100	1963	神奈川県 川崎市	東京工業大学
立教炉 (RRR)	同上	100	1961	神奈川県 横須賀市	東京大学・原子力 研究総合センター
近畿大炉 (UTR-KINKI)	濃縮ウラン 軽水減速 非均質型	0.001	1961	大阪府 東大阪市	大阪大学
京大炉 (KUR)	濃縮ウラン(一部低濃縮ウ ラン) 軽水減速・軽水冷却 非均質型	5,000	1964	大阪府 熊取町	自ら窓口
京大 臨界集合体 (KUCA)	複数炉心 単一制御系型	0.01	1974	大阪府 熊取町	同上
東芝炉 (TTR)	低濃縮ウラン 軽水減速・軽水冷却 プール型	100	1962	神奈川県 川崎市	_____
東芝 臨界集合体	低濃縮ウラン 軽水減速 非均質型	0.2	1963	神奈川県 川崎市	_____
日立炉 (HTR)	解体中	_____	_____	_____	_____

ここには、国内の共同利用に供されている研究炉および原子力プラントメーカー所有のものを記載してある。

註) 補遺-1 は、本文の表一 と同じものである。

モリブデン-99 / テクネチウム -99m について

I まえがき

わが国の放射性医薬品の流通量は、一般に考えられているより遥かに多く、わが国は米国に次ぐ世界第2位の核医学大国といえる。わが国におけるアイソトープの生物・医学利用は、歴史的に国産第1号サイクロトロンを利用して始められたが、戦後の米国からのアイソトープの輸入開始を契機に医学利用は年々急増し、全アイソトープ利用の大半が医学利用であるという状況が続いている。ちなみに、平成9年度の日本アイソトープ協会のアイソトープの取扱総額（約676億円）の約90%は放射性医薬品によって占められている。

わが国で初めて放射性医薬品として認可されたのはI-131カプセルで、1960年から頒布が開始され、またその後もI-131化合物が好んで利用された時期もあったが、ガンマカメラによる核医学画像診断の急速な発展と共に、利用される核種は、患者に対する被曝線量を少なくし、かつ多様な製剤が可能なテクネチウム99m(Tc-99m)が多用されるようになった。

Tc-99mは、半減期が短く(6.04時間)、ベータ線を放出せず、そのガンマ線エネルギー(0.14MeV)もガンマカメラによる検出、及びコリメータによる指向性に適し、身体による吸収も比較的少なく、その利用により統計精度が高く、かつ解像力も高い画像が得られるという特性がある。Tc-99mは半減期66時間のMo-99の娘核種なので、テクネチウム・ジェネレータとして利用すれば病院内で容易に溶出し調製可能という便利さがあり、また多種類(文献上では60種類以上)のキレート化合物、その他の標識化合物への合成が可能であり、多目的の利用に適しているので万能診断薬の性格を持っている。

この様に、Tc-99mは医療にとって極めて重要な位置を占めているので、その親核種であるMo-99の安定供給は、国民医療にとっては重大な関心事になる。わが国でも早くからこの点が認識され、1977年には日本原子力研究所がMo-99の生産を開始すると発表し、試験生産も行われたが、原子炉の運転計画や採算性の問題などで現在生産は行われていない。

わが国へのMo-99の供給はカナダ原子力企社(AECL)の原子炉一基(NRU)に依存しているのが現状なので、バックアップ体制の早急な整備を図ると共に、改めて国産の可能性についても議論する時期に達している。

II 核医学診療におけるTc-99m製剤の位置づけ

1. わが国で診療に用いられているインビボ放射性医薬品は51品目で、そのうち

の 25 品目が Tc-99m 製剤（以下 Tc 製剤）である。（その他の核種としては、I-131：7 品目、Xe-133：5 品目、I-123：4 品目、In-111：3 品目、Tl-201：2 品目、Ga-67：2 品目である。）

- わが国において、インビボ核医学検査は、年間推定 186 万件実施されている。186 万件のうちの約 60%（111 万件）が Tc 製剤を用いた検査である。（Tc-99m 以外の核種としては、Tl-201 を用いた検査が 15%を占め、次いで Ga-67 と I-123 を用いた検査がそれぞれ 11%ずつを占めている。186 万件の核医学検査が用いられている領域は、検査件数の多い順に並べると骨 27%、心臓 26%、脳 14%、腫瘍 13%と、いずれも医療上重要な疾患である。）
- Tc-99m の年間消費量（検定日における放射能量）は、約 406TBq である。この内訳はジェネレータとして 179TBq、標識注射剤は 227TBq で、44：56 の比率となる。放射能量は 5 年前に比し約 1.3 倍に増加している。また、最近 5 年間に標識注射剤の伸びが著しく、ジェネレータは 180TBq 前後の線で安定している。
- インビボ放射性医薬品の平成 9 年度の売上金額は 437 億円で、そのうちの 156 億円（約 36%）が Tc 製剤である。Tc 製剤の金額は、5 年前に比し 1.5 倍に増加している。

Ⅲ 核医学診療施設数

わが国には、インビボ放射性医薬品を使用している核医学施設は 1194 施設あり、そのうちの 1192 施設で Tc 製剤が使用されている。インビボ放射性医薬品を使用する施設は、毎年数施設ずつ増加しており、5 年前に比し約 20 施設増加している。

Ⅳ 国内メーカーと Tc-99m 製剤の概況

- わが国の放射性医薬品供給会社は 17 社で、そのうちの 3 社（第一ラジオアイソトープ研究所、日本メジフィジックス、シーアイエス ダイアグノスティック）がインビボ放射性医薬品の供給を行っている。3 社のうち 2 社（第一 RI、日本メジ）は、輸入した Mo-99 を原料としてジェネレータ及び Tc-99m で標識した製剤を製造して供給している。シーアイエス社はフランスから、ジェネレータの完成品を輸入し販売している。
- テクネチウム製剤の概要

成分（略称）	製品数	診断領域
過テクネチウム酸ナトリウム	5 (ジェネレータを含む)	脳腫瘍、脳血管障害、甲状腺、唾液腺、異所性胃粘膜疾患、肺機能
エチレンジシステイネート (ECD)	1	脳血流
スズコロイド	1	肝疾患、脾疾患
フイチン酸	1	肝疾患、脾疾患
ヒト大筋集アルブミン (MAA)	2	肺疾患、肺血流、肺循環障害、

ピロリン酸 (PYP)	1	心疾患、骨疾患
メチレンジホスホン酸 (MDO)	1	骨疾患、脳腫瘍、脳血管障害
ヒドロキシメチレンジスルホン酸 (HMDP)	1	骨疾患
ジメチルカプトコハク酸 (DMSA)	2	腎疾患
ジエチレントリアミン 5 酢酸 (DTPA)	1	腎疾患
メチルカプトグリシルグリシルグリシン (MAG3)	2	腎疾患、尿路疾患
ヘキサキス (MIBI)	1	心筋血流、心機能
テトロホスミン	1	心疾患、心機能
ヒト血清アルブミン (HSA)	1	心疾患
エキサメタジム (HM/PAO)	1	脳血流
血清アルブミンエチレントリアミン 5 酢酸 (HAS-DTPA)	1	臓器血行動態、血管病変
ピリドキシルメチルトリプトファン (PMT)	1	肝疾患、胆道疾患
ガラクトシルアルブミンジエチレントリアミン 5 酢酸 (GSA)	1	肝機能、肝形態

V 各国の Mo-99 生産と供給の状況

現在、Te-99m の原料としてモリブデン 99 を生産して世界的に供給しているのはカナダのノーディオン社で、全世界の 70% 程度のシェアを占めている。そのほかには、主に欧州に供給しているベルギーの IRE (ベルギー放射性元素国立研究所) 1 放射性医薬品メーカーであるマリנקロット社への供給を主にするオランダのマリנקロット社施設、南アの AEC (南アフリカ原子力会社)、アジアではインドネシアの原子力庁関連会社である。

(イ) カナダ

カナダ原子力公社 (AECL) の原子炉 (NRU) でウランターゲットを照射し、AECL サイトにある化学処理施設で分離した Mo-99 を、オタワ郊外に所在するノーディオン社施設へ運び精製小分けして出荷している。現在の NRU 原子炉は 40 年以上も経過しているので、2000 年以降廃止される予定。2000 年以降は、新しい MAPLE 型原子炉を 2 基建設し、新しく化学処理施設も整備して、今まで以上に安定した生産供給を行うとしている (MAPLE 計画)。MAPLE-1 号炉は 1990 年末までに完成、2 号炉はその 1 年後に完成の予定。

(ロ) 米国

現在は生産していない。国内需要の半分はカナダのノーディオン社から、あとの半分はマリנקロット社がオランダの施設で生産したものである。これらの供給途絶時に対

応するため、DOE（エネルギー省）はサンディアの研究用原子炉（ACRR）でモリブデン 99 を製造する施設と体制の整備を進めている。

（ハ）ベルギー

IRE（ベルギー放射性元素国立研究所）は、ベルギーの原子炉（BR-2）、オランダにある EC の原子炉（HFR）、フランスの原子炉（OSIRIS）でウランターゲットを照射して生産している。主に欧州へ供給しており、余力もあるが、日本の全需要を満たすほどではない。日本への輸送ルートが未だ確立されていない。

（ニ）オランダ

ペテン所在の EC の原子炉（HFR）を主に、恐らく BR-2 等も利用して生産しているが、マリנקロット社の自社用に生産して、欧州及び北米のマリנקロット社の需要を随っている。

（ホ）南アフリカ

AEC（南アフリカ原子力公社）の生産能力は、過 2000 キュリー程度。30 年以上経過した原子炉 1 基で代替炉はない。毎週通年の生産は難しい。日本への輸送は長距離であり、輸送ルートは未だ確立されていない。

（ヘ）インドネシア

P. T. BATAN（インドネシア原子力関連会社）が、生産できる時には、週 400 キュリー程度外国へ供給できると言っている。原子炉は未だ新しいが 1 基のみで、毎週通年の生産は難しい。日本への輸送は、直接の日航貨物定期便がない問題がある。

VI わが国における $Tc-99m$ 製剤の安定供給に係わる問題

1. カナダ AECL では、過去に 3 回にわたり労働争議があり、原子炉の運転停止の危機が生じ、わが国への $Mo-99$ の供給が逼迫した。それらの概要は次の通り。

①1992 年（7/15）

- ・ 7/21 よりストライキ予定との情報入手。
- ・ 直前にストは回避されたため、生産停止はなかった。
- ・ 国内では、メーカー、協会共同でカナダ大使館及び外務省にスト中止を陳情。市場に対しては状況を公表せず、直前まで静観。
- ・ スト直前に解決したため市場に影響は生じなかった。

②1997 年（6/「7）

- ・ 6/19 よりストライキ予定との情報入手。

- ・ 予定通りスト実施。6/19～6/25 Mo-99の生産が停止。
- ・ 国内では、ユーザー代表・メーカー・協会3者で対応を協議。緊急連絡文書（1～3報）で情報を逐次全ユーザーに周知。
- ・ 6/30～7/4の国内市場に影響が出た。平常時の15%の原料が確保できたため、全施設に対しジェネレータ1台のみの供給を行い緊急検査等に対応。

③1998年（5/8）

- ・ 5/14よりストライキ予定との情報入手。
- ・ 予定よりズレてスト実施。5/18～5/24 Mo-99の生産が停止。
- ・ 国内では、1997年と同様の3者協議を行い、緊急連絡文書で全ユーザーに周知。
- ・ 5/26以降の国内市場に影響が出ることが懸念されたが、ベルギー、南アフリカからの原料調達の実現したことと、国内の生産体制と配送体制の調整により平常の需要を賄うことができ、欠品は防止できた。

2. わが国のTc製剤の原料Mo-99は、カナダ・ノーディオン社一社からの供給に依存している。同社が原子炉新設の資金確保のため、平成8年に10年間の独占供給契約を行ったことに対し、公正取引委員会は平成9年11月、独占禁止法違反の容疑でMDSノーディオン日本支社、第一ラジオアイソトープ研究所、日本メジフィジックスの3社に立入検査を行った。

公正取引委員会は平成10年6月24日、ノーディオン社に対し独占禁止法第3条に違反するとして、独占的契約内容の排除を勧告した。

Ⅲ 日本におけるモリブデン99の生産

放射性医薬品の原料として使用されるMo-99は、高比放射能のものであって、高濃縮ウランを原子炉で中性子照射してU-235を核分裂させ、その核分裂生成物からMo-99を分離して生産する。Mo-99は半減期66時間であるので、需要に対応するには、年間を通じて毎週定期的に生産されることが必要である。

日本では、日本原子力研究所において過去に技術開発が行われたが、以下の理由で製造は実施されていない。

- （イ） 原子炉の稼働期間が、年間最大でも30週程度なので、年間を通じて国内需要に対応した生産ができない。
- （ロ） 原子炉照射したウランターゲットからMo-99を分離する施設がなく、設備投資とその運転維持経費を考えると、生産しても製造コストが高くなり、外国製品に競争できない。
- （ハ） 現在、外国で使われている93%高濃縮ウランを使用することは、日本では核不拡散の見地から困難である。核不拡散上可とされる20%未満の濃縮ウランでは、

処理ウラン量の増大のみならず放射性廃棄物の発生量も増大する。また、現在このような化学処理を行える設備のある施設がない。

(二) ウランを使用する施設は、核燃料物質使用施設として規制されるため、建設、維持管理に費用がかかる。生産に伴って発生する放射性廃棄物の処理処分も必要である。したがって、例えば 93%高濃縮ウランを使用して国内で生産を行っても、製造コストが高く、外国からの輸入製品に競争できる見込みが立たない。

(ホ) Mo-99 は (n, γ) 反応でも製造できるが、製品中に非放射性的なモリブデン同位体の量が多く非放射能が低い (2 Ci/g) ため、現在のアルミナカラムのジェネレータに使用するには適していない。しかし、最近ジルコニウム系無機高分子を用いて、従来の約 100 倍の Mo 吸着能を持つ充填剤が開発されているので、これを用いた新しいジェネレータを開発する可能性に期待がある。

Ⅷ Tc-99m 製剤の市場推移と原料モリブデン 99 の需要量

1. わが国の Tc 製剤の市場は、5 年前に比し 30%増加している。(放射能量、1992 年、1997 年対比) 1997 年度は対前年比 2%強の伸びにとどまったが、今後しばらくの間は毎年数%～5%の伸びで推移するものと考ええる。米国、欧州においても、ほぼ似通った傾向で推移していることから、今後も毎年数%軽度の伸びが見込まれるとされている。
2. 1997 年度における Tc 製剤の末端消費量は、使用時点(検定日)での放射能量で約 406TBq である。

わが国における原料モリブデン 99 の輸入量は、製品の製造～配送～使用のタイムラグによる放射能減衰(テクネチウムジェネレーターについては Mo-99 の半減期が 66 時間、テクネチウム標識製剤については半減期が 6 時間)を考慮すると、少なくとも末端消費の 5～10 倍になるであろうと推測される。

更に、日々臨床の現場における需要に応えるために、年間を通じて毎週定期的に原料確保が行われている。

Ⅸ 国民医療の立場からの要望

以上のように、わが国への医療用 Mo-99 の供給はカナダノーディオン社からの単一のチャンネルにのみ依存している。同社は現在世界最大で安定した供給元であるが、その原子炉の運転を行う AECL で労働問題が発生した場合には、今回のような供給不安が避けられない事態となる。

この様に供給に不安のある状態にあれば、計画性を持った医療は阻害され、核医学診

断の質的低下も避け難い。

したがって、国民医療の立場から次の要望をしたい。

- (1) 医療用 Mo-99 の供給保証の必要性を、関係省庁（科学技術庁、厚生省、運輸省など）に十分理解して頂き、その危機管理対策についても積極的に取り組んで欲しい。
- (2) カナダでの生産に問題が生じた場合の、ベルギー放射性元素国立研究所（IRE）、マリンクロット（オランダ民間企業）、及び南アフリカ原子力企社（AEC）などからのバックアップ供給に直ちに対応できるような体制を整備する。
- (3) 国内の原子炉または加速器を整備して、部分的供給又は緊急における短期的供給のため、医療用 Mo-99 の国産化を図る。

しかしながら、国産の場合でも国産モリブデンの価格は国際価格との整合性がとれたものでなければならない。また、生産・供給はあくまで医療側のニーズに沿って行われなければならないので、施設の設置は国家事業として行い、運転・生産・供給・販売などは民間との合併、或いはいわゆる第3セクター方式を利用し、民間感覚で運営するのが望ましい。

原子力発電所運転訓練用シミュレータ

a) 原子力発電所運転訓練用シミュレータの特徴

我が国の原子力発電は総発電量の3割を超える電力を供給し、重要な社会インフラストラクチャーとなっているが、これは原子力発電所の安定運転を継続することによって支えられており、原子炉を安定に運転することが義務づけられている運転員にはハード・ソフト両面の知識と運転技能が要求されている。

そのため、電力会社各社は運転員の養成・訓練は、日常業務を通じて行われるOJT (On the Job Training)を基本としつつも、それだけでは必ずしも十分ではないとの考えから、研修センターを設けて教育訓練を行っている。教育訓練は大別して必修訓練と運転訓練がある。前者では発電所の必修業務に必要な実務知識と技能を修得する。主要発電設備と同じ物を使った実務訓練も行っている。後者では運転に必要な知識と技術を身につけるために、講義での知識習得と実規模中央制御室を模擬した運転訓練用シミュレータ（以下、シミュレータと略称）を用いた運転訓練を行っている。

各社それぞれ自社の炉型に合せたシミュレータを有しているが、基本的な設備構成、機能は同じと考えて良い。次にその構成、主な機能の特徴を記す。

シミュレータの構成：

- ・ 実機の中央制御室のベンチ盤全体及び主要な直立盤を実物大で模擬
- ・ 現場盤及び訓練上必要な手動弁などをCRT画面上で操作可能
- ・ 発電課長机、プロセス計算機のプリントなどを実機と同様に配置し、実機と同等の環境で運転監視・操作の訓練が可能
- ・ インストラクタ室を設け、シミュレータの作動開始／停止、マルファンクションの発生を行う、とともに訓練状況を観察
- ・ プラント動特性を模擬するシミュレータ計算機、プラントのプロセス計算機を模擬する計算機を設置

シミュレータの機能：

- ・ 炉心、原子炉系、タービン発電機系、プラント補助系をモデル化
- ・ シミュレーション開始時初期状態を設定・保存
- ・ 異常状態（マルファンクション）の発生、その程度・発生個所などの設定
- ・ 機器状態、パラメータを変更（オルタレーション）
- ・ マルファンクション、オルタレーションなどの発生／停止を各種組み合わせでのスケジューリング
- ・ 運転員の操作トレンドの記録

b) 運転員、技術者の育成、訓練における研究炉の役割

原子力発電技術開発初期においては、試験研究炉の設計・建設・試運転自体が技術者の教育・育成に役立ち、日本の原子力発電技術を担う人材が育った。現在、原子力発電所で働く運転員・技術者が試験研究炉に関わる機会は大学での実習に限られているが、その経験者は少ない。多数の実機プラントが稼働している中で運転シミュレータでの教育・訓練と OJT を経て、運転に従事している。

研究炉は、核分裂から始まる自然現象を中性子束の変化、冷却材の流れ、温度変化などを通して体験し、操作を誤った場合には異常が発生する緊張感を伴った臨場感を感じつつ運転を体験する中で、原子炉システムの基本的知識、運転技能、放射線作業の基本原則などを身につけていく場を提供している。

c) 運転員、技術者の育成、訓練における研究炉と運転訓練用シミュレータの意義と役割

原子力発電所は基底負荷運転を行っているので、運転員は運転業務においては実機操作の機会が少なく、シミュレータを活用した教育、訓練が不可欠と考えられている。a) に述べたように、通常運転のみならず、異常事態を想定しての、かつ自らが従事するプラントに即したシミュレータにより事象の推移を把握し、プラントの状況に合わせてなすべきの操作を模擬体験する。このことを通して、運転員としての有すべき質を獲得し、またそのレベル維持を図っている。このようにして、シミュレータはプラントの安定運転を継続していく上で欠かせない施設としての役割を果たしている。しかし、シミュレータは人間が想定し、モデル化したシナリオの範囲内の局面を被訓練者に提供するのみであり、そこでは想定外の事象は生起しない。運転員の質の向上は、教育訓練だけではなく、運転員・技術者が発電所施設の現場を良く把握することからなされている。

研究炉での運転は、自然現象に触れ、原理に沿った、しかしながら、必ずしもシナリオ通りではない事象を体験することができる。原子炉の基本原理をより深いところで体得できる。シミュレータでの訓練と合わせ研究炉での経験を積むことによって、より運転員・技術者の質の一層の向上が期待できる。

計算機シミュレーションと研究炉の役割分担

a) 計算機シミュレーションの意義と役割

原子力分野において原子炉と大型計算機によるシミュレーションとの関係は昭和 30 年代の初頃から始まって、特に炉心設計や安全性評価のソフトウェアの開発と研究炉との関係は相互に切り離せないものがあつた。原子力開発と大型コンピュータの発展とは産業史的に見てもパラレルに進んでいった。

初期に、原子炉の臨界性予測などはシミュレーションで行われ、一方臨界計算コードの検証は研究炉の実験結果で行なわれた。近年、計算機の進歩と共にシミュレーションの範囲も拡大しており、核特性予測だけでなく、プラント全体の性能特性の検証、燃料の燃焼度計算による性能保証、照射損傷などの材料シミュレーション、使用済み燃料の貯蔵・再処理施設などの施設安全性評価などにも適用範囲が拡大している。その現実を見ると、シミュレーション技術の進歩によって、将来的には現象把握や特性予測が全て計算シミュレーションによつて可能となるような錯覚に陥るかも知れない。しかし、実際には実験に裏付けされないシミュレーションは意味が無く、定性的な現象把握よりも定量的に精度の良い予測が求められる原子力分野では特にこの問題は重要である。この意味では研究炉の果たす役割はこのシミュレーションを裏付けするための実験データを提供する貴重な装置であることから、重要性が失われているものではない。

以下には、原子炉炉心設計における具件例を中心に、計算シミュレーションとそれに係る研究炉の役割、特に国内の研究炉を充実しなければならない事の意義について述べる。

b) 核データ評価と研究炉の役割

これまでの原子炉の核計算分野では、臨界集合体などで所定の条件を設定し試験をして、基本的な核特性を把握するとともにシミュレータの解析精度を確認し、商業用原子炉の複雑な条件に対してはシミュレータで外挿する方法を採っている。

核計算にとって、最も基本となるのは核種の反応断面積であり、核計算の精度は最終的には核データの精度に依存するといつても過言ではない。最近では、JENDL-2.3 や ENDF/B-IV などの評価済み核データファイルが公開されている。しかし、これらの評価済み核データファイルも決して完璧なものでなく、これからも研究炉を用いた積分評価などを重ねてより精度の高いものにして行く必要がある。

最近、種々の長寿命放射性廃棄物の消滅処理法が検討されている。核データについては、最近実験データが整って来ているが、消滅処理に隣接した核データに不十分なもの

が見受けられる。これらの評価においては、信頼性の高い関連核データが不可欠である。マイナーアクチニドに関連した核データにおいては、特に熱外中性子、共鳴中性子領域の核データが不十分と考えられる。長寿命核分裂生成物については核データが整備されていない。さらに、加速器駆動消滅処理研究が最近脚光を浴びているがこれらの研究については高エネルギーの非等方散乱や核分裂の核データが不可欠となるが、その整備は不十分である。また、これら核データ実験上の最大の問題は高次アクチニドのサンプルが不足している点にある。このような状況において最近の核データ関連の研究において研究炉の役割として期待する点を以下に示す。

- 1) マイナーアクチニドを用いた核データの確立
- 2) 熱外・共鳴中性子領域の核データの整備
- 3) マイナーアクチニドを中心とした核分裂機構の解明
- 4) 陽子加速器との組み合わせを含めて、所要のエネルギー・スペクトルの中性子場の確立および核データの蓄積

c) 新型原子炉の設計と解析に対する研究炉の役割

現在軽水炉時代の長期化、高度化に対する高燃焼度燃料や大型燃料による大容量炉心の開発、さらに、燃料サイクルの高度化に対応するためプルトニウムやアクチニドを装荷した軽水炉等の新型軽水炉の炉心燃料が検討されている。これらの実用化に当たっては、先行のプラントデータによる解析手法の確認とともに研究炉や臨界集合体の活用も有効であると考えられ、特に、核特性には臨界集合体が燃焼特性動特性については研究炉が研究手段として重要となる。

d) 遮蔽解析に対する研究炉の役割

原子炉設計における遮蔽計算の手法は、古くは除去拡散法から始まり、今ではSn法に代表される輸送方程式の数値解法やモンテカルロ法では多群コードから連続エネルギーコードへとさらに詳細な解析が可能となっている。これらの解析コードは、その適応性を予め種々の実験解析を通じて確認してきた。この実験はモデル化し易い幾何形状で行うベンチマーク実験と実際に設計すべき幾何形状や材料構成に近いもので行うモックアップ実験があるが、特に後者は大きな遮蔽供試体が必要になり、また、大強度の線源中性子を必要とする。設計に使用する核データやその処理方法を検討するためのベンチマーク実験では深層透過実験が不可欠であり、同時に高い線源強度が必要となる。また、放射線が遮蔽空隙部に沿って漏洩するストリーミングに対するこれらのコードや簡易計算法の適用性評価にも多くの幾何形状に対する実験結果が必要である。

そのため、研究炉を利用した遮蔽実験は今まで国内外で数多く行われており、適応性評価に大きな役割をしてきた。わが国では日本原研のJRR-4による原子力船「むつ」のストリーミング実験解析等の大型遮蔽実験、東大「弥生」による透過実験やダクトス

トリーミング実験がおこなわれた。また、最近は日米共同の高速炉遮蔽実験 (JASPER) などが行われている。特に、大型高速炉の設計に当たっては、径方向遮蔽体等の遮蔽体厚さの削減による原子炉格納容器等の合理化が建設コスト抑制上重要であり、より高性能の遮蔽材料の開発および遮蔽解析精度の向上が緊急の課題であった。この重要問題の共同研究が行われることになり、設計上問題となる部位の形状や物質構成を模擬した一連の大規模実験を、米国オークリッジ国立研究所 (ORNL) の遮蔽実験施設 TSF (Tower Shielding Facility) を用いて実施した。これにより有用なデータを取得し、実験解析を通じて使用される核定数や解析コードの評価と改良により、遮蔽解析の精度向上をはかる計画である。しかし、国際共同研究のため、実験に制限を受けたこと、時間が掛ったことなど多くの問題があった。

具体的には実機で想定される物質構成を模擬しての多重層のバルク遮蔽特性および燃料集合体軸方向遮蔽体や遮蔽プラグ内機器据え付け部の狭小間隙部のストリーミング特性が大きな課題であった。この研究成果として遮蔽軽量化に有望な B_4C などを主体とした主要遮蔽材の乏しかったデータが得られ、解析精度の確認により動燃と日本原子力発電との共同研究の高速実証炉に反映され設計合理化が達成されている。

このように、設計の合理化はもとより、今後の新しい概念、新しい材料構成の原子炉等の開発にも研究炉による遮蔽実験は特に重要となって来る。また、ストリーミングについては現実の設計で解析すべき幾何形状が多岐にわたるため、計算手法評価のための実験結果が不足しているのは事実である。

遮蔽実験には計測技術がその精度を決めるため特に重要である。研究炉は計測技術開発ばかりでなく計測器校正の標準場としての役目も重要である。

遮蔽実験はマンパワーも資金もかかるものであるが、そのために、実験を怠れば解析手法の開発に支障を来し、とくに、3次元解析が今後多くなる傾向にあるので、解析精度把握のための実験はさらに複雑で高精度のものが必要になって来ている。このため、実験の場を提供できる研究炉は一層重要性を増すと考えられる。

e) 計算シミュレーションに対する研究炉の重要性

核設計、新型炉心の設計、遮蔽設計に関して計算シミュレーションと研究炉についての具体的な関係を述べたが、計算機能力の向上やシミュレーションの正確さによりかなりの現象まで解析できるようになって、「計算実験や計算試験」とか計算だけで十分と言う見方も出てきているが、計算だけで総ての現象が解明できるとすることには疑問がある。

基礎的に確認された現象解明の積み上げにより正確なシミュレーションが可能となるのであり、複雑な現象ほど異なった現象が現われて来た時の修正が困難となる。そのためのベンチマークによるモデルの確認、精度の修正を研究炉や臨界集合体を使って行うことが重要である。また、新しい設計に対してのモデリング、核定数などの物理定数

の確認など基礎的なデータの積み上げが必要で、より信頼性の高い計算シミュレーションが可能になり、研究炉の重要性をさらに認識することになるであろう。

加速器利用と研究炉利用との関係について

a) 加速器利用研究の特徴と意義

加速器は荷電粒子を真空中で電磁場により加速する装置であり、これによって加速した粒子ビームを標的に当てて生じる様々な反応を種々の目的に利用する。

近年、物理学のみならず、化学、生物学、工学、医療など自然科学の広い分野での加速器利用が急速に拡大している。わが国には 800 台余りの加速器があり、最近では放射線医学総合研究所に重粒子線癌治療施設（HIMAC：核子当たりのエネルギー 800MeV）や（財）高輝度光科学研究センタに大型放射光施設（SPring-8：エネルギー 8 GeV）など大規模の加速器施設が次々と建設され稼動を開始し始めた。さらに日本原子力研究所の中性子科学研究センター計画、高エネルギー加速器研究機構の大型ハドロン計画、京都大学原子炉実験所の中性子ファクトリー計画（研究炉と加速器のハイブリット型中性子源計画）などが計画されている。

加速器の利用は広範囲に亘っているが、ここでは利用分野別に代表的なものを取り上げ、その特徴と意義に付いて述べる。

① 放射線加工

電子線などの照射により高分子の化学的、電気的、機械的特性を改良する。代表的なものは、電線の絶縁材の架橋がある。

② ラジオアイソトープ（RI）の製造

RI は各種 CT などによる診断や治療の手段として医療に使われている他、トレーサーとして工学や農業など広い分野で利用されている。加速器としてはサイクロトロンなどが用いられている。

③ 放射線治療

癌の放射線治療として電子線加速器による X 線の利用の他、最近では陽子や重イオンの利用が注目されている。わが国では、高エネルギー物理学研究所の陽子シンクロトロン（500MeV）を利用して筑波大学が陽子線治療の研究を行っている。重イオンによる治療では、放射線医学総合研究所に専用の加速器（シンクロトロン、HIMAC）が設置され稼動を開始した。

④ イオン注入

イオンを加速して物質中に注入することにより、半導体などの電気的特性を制御したり、金属表面の機械的性質を改良する。

⑤ 微量元素分析

イオンビームや放射光で得られる X 線を用いて元素の分析を行う。物性の研究や半導体工学、環境汚染物質の検出などに幅広く利用されている。代表的なものに、PIXE（Particle Induced X-ray Emission）、加速器質量分析法、蛍光 X 線分析法などがある。

⑥ ラジオグラフィ

X線ラジオグラフィはタービン・ケーシングなどの厚銅板のような工業材料の内部欠陥を調べるための非破壊検査法に使われている。バンデグラフやリニアック等の加速器が利用されている。

中性子ラジオグラフィは、X線と異なり原子番号の小さな元素（水素、ホウ素など）に対して大きな吸収係数を持っている。中性子源としては研究炉とともにバンデグラフや小型サイクロトロンが利用されている。

⑦ 中性子の利用

前述の医学利用、ラジオグラフィの他、中性子散乱、中性子放射化分析、核融合炉の炉壁材料の研究などがある。加速器による中性子発生法の代表例として、1) D-T 等核融合反応 (14MeV 中性子等の生成)、2) ストリッピング反応 (14MeV 付近にピークをもつ中性子の生成、可変) 3) (γ , n) または (γ , f) 反応 (1MeV 付近にピークをもつ中性子の生成) および 4) 核破砕 (スポレーション) 反応 (ピーク強度の強いパルス状の中性子の生成) がある。

⑧ 放射光の利用

極端紫外からX線に及ぶ広大な波長領域をカバーする強力な光源として、分光學、X線回折、放射線化学、分子生物学など広汎な分野で用いられている。わが国の代表的な施設として、高エネルギー物理学研究所フォトンファクトリーおよび最近完成した大型放射光施設 (SPring-8) がある。

⑨ イオンビームの利用

原子力 (核融合) と関係の利用として、1) 核融合における物理現象の解明 (例えばトカマク型核融合炉における多価重イオンと水素原子との荷電変換衝突)、2) 核融合炉材料の連中性子照射のシミュレーションなどがある。

⑩ ミュオンビームの利用

物性の重要な研究手段として μ SR 法 (ミュオンスピン回転法) があるが、原子力の周辺ではミュオン触媒核融合反応が興味深い。これは、 D_2 と T_2 を混合したものに負のミュオンを打ち込むと D-T 核融合が低温で起こると言うものである。ミュオンは π 中間子崩壊から作られるもので、1GeV 程度の高エネルギーで高強度の陽子ビームが必要である。

2) 加速器利用研究と研究用研究炉利用研究との本質的相違と特徴

ウラン 235 が核分裂する時発生する中性子のエネルギーは、0 から十数 MeV に分布し、平均エネルギーは約 2MeV である。従って、研究用研究炉を中性子源として用いるなら、数十～数百 MeV の高エネルギー中性子を作り出すことは難しい。一方、加速器では高エネルギー中性子の発生を含む中性子エネルギーの調整が比較的容易で、大強度ビームや極短パルスビームの生成も可能である。従って、中性子の引き起こす反応

を科学の立場で広い範囲に亘って調べようとするなら加速器は高い利便性をもっている。

しかしながら、核分裂反応のエネルギー利用においてはウラン 235 の核分裂で発生する中性子の引き起こす現象こそが主な研究対象であり、加速器の利用はいわば模擬実験となる。また、研究炉は大きな体積にわたって定常の高中性子束を長時間安定に供給出来る利点があり、同数の中性子を発生させるためのコストを比較するなら加速器より研究炉のほうが有利である。

さらに、加速器によって中性子は発生出来ても、炉物理即ち原子炉内での中性子の減速・拡散・吸収などの複合現象の研究は真の意味では不可能である。

また、先に述べた、その他の利用研究や応用研究の例からも、両者の利用研究の相違は明白であり、従って、加速器利用研究と研究用研究炉利用研究は互いに補完的役割を担っている。

3) 研究用研究炉と加速器の両立の必要性

以上述べて来たように、中性子科学の研究手段としては加速器が研究炉よりも優位となる場合もあり得るが、応用研究を含む原子力工学全般に対して、加速器は研究炉の代替手段とはなり得ない。さらに、核分裂反応によるエネルギー利用促進のための研究手段選定において、研究用研究炉が立地問題や規制等の影響で忌避されるとしたら、明らかに自己矛盾である。中性子科学の進歩に必要な加速器の利用を否定するものではないが、加速器を建設すれば研究炉は不要になるわけではない。両設備は明らかに目的を異にする別の研究手段であり、補完し合ながら共存してはじめて、多くの研究がカバーされるものである。

法令の規制について

研究炉が受ける規制を定めているのは、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年 6 月 10 日法律第 166 号）およびそれに関わる法律施行令や総理府令等である。特に炉の維持管理に関しては同法律第 4 章原子炉の設置、運転等に関する規制、第 6 章核燃料物質等の使用等に関する規制および第 6 章の 2 国際規制物資の使用に関する規制が関係するものである。これらは、発電炉などの大きな原子炉をも規制している法律で、研究炉も同じ規制を受けているのである。研究炉に限って適用されるのは、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（昭和 33 年 12 月 9 日総理府令第 83 号）および試験研究の用に供する原子炉等の設計及び工事の方法の技術基準に関する総理府令（昭和 62 年 3 月 25 日総理府令第 11 号）の 2 総理府令である。核燃料の使用に関しては、核燃料物質等使用等に関する規制と国際規制物資の使用に関する規制との二重の規制を受けている。同法律は成立以来、約二〇回の改正が行われており、規制はその度ごとに厳しくなっている。現在、研究炉を維持するためには、年に数回の報告書を関係方面に提出する必要がある、関連する書類は数十にも及んでいる。そのほか、炉の定期検査および核燃料物質の国際査察も毎年行われている。

同法律が 20 回近くも改正され、時が経過するに従って規制が厳しくなっているので、古い研究炉を改造するような場合には、バックフィットの問題が生じる。一部分の改造のために、これまで許可を受けて安全に運転している施設にもその時点での規制通りの改造を求めるのは、維持管理しているものにとっては負担が大変である。本当に必要なものであれば、それはバックフィット以前にクリアしている筈であり、そのときに特に厳しくするというのは考え物であろう。また、施設の譲渡の場合には、同法律第 39 条の定めにより主務大臣の許可を受けることになるが、その際にどの程度の書類を必要とするかが問題である。関係規則を見ると、設置申請とほぼ同じ書類が必要であることが判るが、その内容に関して完全なバックフィットが必要かどうかは（前例を見ていないので）不明である。第 2 回研究炉安全技術調査専門委員会（主査住田先生）の討議の途中でこの問題に触れたことがあるようであるが、その後の経過は不明である。

研究炉施設には必ず放射線施設が併設されているので、研究炉施設は放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（昭和 32 年 5 月 10 日法律第 167 号）に関わる規制を受けることになっている。（上記提出書類はこれに関わる部分を含む）また、原子力施設は地方自治体と協定を結んでいるのが通常であるので、これに関わる規制を受け、報告書提出などの義務も果たす必要がある。

燃料仕様変更に伴う問題

我が国の研究炉に関し、燃料要素の仕様が近年において変更されたことの主な動機は、国際的な「低濃縮化計画」*の要請に応えることにあった。その変更に伴って、装荷するウラン 235 の量を増やしたり、可燃性毒物を採用することにより、使用する燃料本数をできるだけ抑えて燃料経費を下げ、発生する使用済み燃料本数を抑えている。

*Reduced Enrichment Research and Test Reactors (RERTR) Program

研究炉の燃料を、高濃縮ウランから濃縮度 20%未満の低濃縮ウランに変更していく計画であり、1978 年に開始され現在も継続されている。米国アルゴンヌ国立研究所が中心になって進め、世界的にも相当数の国が協力してきた。

変更のためには新しい形態の燃料の技術開発が必要で、その要点は、板状燃料に対して高密度ウラン芯材を開発することであった。結果的にウランシリサイド・アルミニウム分散型芯材が採択され、照射試験を含む各種の試験が進められた。米国原子力規制委員会は、1988 年に試験の結果を NUREG-1313 というレポートにまとめ、いわば安全宣言を出している。この計画の経緯や現状は、これまでに開催された 21 回の国際会議録にて公開されている。

ここでは、燃料要素変更の実績や今後の課題に関して、RERTR にて対象となった JMTR, JRR-3M, JRR-4, KUR (KUHFTR と JRR-2 は除く)に対する調査結果を述べる。

<JMTR>

1992 年に低濃縮化の原子炉設置変更許可申請（濃縮度 20%未満のウランシリサイドアルミニウム分散型燃料への転換および若干の原子炉施設の変更）が許可され、引き続いて新しい形態の燃料要素が製作され、1994 年には低濃縮化が完了した。

燃料要素当たりのウラン 235 の装填量を 3 割程増加させたこと、可燃性毒物を採用したこと、規制上の燃焼限度を上げたこと等により、燃料要素の交換周期をこれまでの 1 サイクル毎全炉心交換から各サイクル毎に半炉心交換に変更し、各燃料要素は、2 サイクル使用することになり、現在順調に運転されている。

なお、現在は、残存の 45%濃縮の燃料要素を使い切るため、新旧両種の燃料要素を混合して装荷した運転を続けているが、近い将来には全ての装荷燃料を新しい低濃縮燃料とした運転に入る予定である。

以上のように、燃料の形態変更（低濃縮化）に伴う特段の問題は見あたらない。

<JRR-3M>

当炉は、先年大幅に改造され、1990年に運転に入ったが、その時点で既に20%（未満）濃縮の低濃縮ウランを用いている。採用した芯材の形態は、ウランアルミナイド・アルミニウム分散型であり、これまで問題なく運転を続けてきている。

しかしながら、燃料要素1本当たりの運転時間を伸ばし、発生する使用済燃料の本数を抑えるには、近年に至って開発された高ウラン密度芯材であるウランシリサイド・アルミニウム分散型の燃料がより適している。この形態の燃料に変更するための設置変更許可申請が1997年に許可された。現在、新しい燃料へ移行の準備中にあり、格別の問題はない。

<JRR-4>

1996年1月に高濃縮ウラン燃料による運転を終え、約2年間をかけて低濃縮化と必要な改造工事に入った。予定通り、本年7月に臨界に達し、9月には定格出力に達したところである。

採用した燃料は、JMTR等と同じようにウランシリサイド・アルミニウム分散型燃料である。今後本格的な運転に入るが、十分使用実績のある燃料であり、格別の問題が生じるとは考えられない。

なお、改造工事として、非常用排気系および破損燃料検出系の準備、並びに耐震設計の観点から建屋の部分改修を実施している。

<KUR>

国際的に低濃縮化が義務づけられていて、現在なおそれが完了していない我が国においては唯一の炉である。従って、これまでの経緯および今後の課題をやや詳しく述べることにする。

当炉においても、低濃縮化には率先して協力することになり、炉心に装荷する約20本の燃料要素のうちの2本までを低濃縮の燃料とする原子炉設置変更許可申請が1991年には許可され、1992年には低濃縮燃料2本を製作し、直ちに使用を開始した。その内の1本は約6年間照射し、現在問題なくほぼ所期の燃焼度に達している。採用した芯材の形態はウランシリサイド・アルミニウム分散型である。いわゆる安全審査においては、燃料要素に限らず、ほぼ炉全体にわたる検討がなされ、新しい安全規制に対応するために1次循環ポンプの電源及び非常用排風機の改造、並びに主要な検出器系の2重化などが実施された。

以上の対応は、いわば第一段階のもので、1993年よりは第2段階の対応、即ち炉心に装荷する全燃料要素を低濃縮化する手続きを始める予定であった。丁度そのころ、2号炉あてに購入していた高濃縮ウランの残量を全てKURにて燃焼させるようにと、米

国政府の強い意向が示され、----- 京大原子炉実験所としては他の方法をも考えていたが -----、種々検討の結果、KUR にて燃焼させることとなり、残量のウランが全て KUR の燃料要素に加工された。学術審議会において LUR の今後の在り方を検討する時期と重なったこともあって、全炉心低濃縮化に向けての手続きは一時見合わせる事になった。

さて、現在手持ちの燃料要素（高濃縮ウラン）を用いて運転を続けた場合、燃料要素を使い切る時点が 2004 年の 3 月頃であることが見えてきた。関連したことで、現在貯蔵中の使用済み燃料は、今後約 7 年間をかけてサバンナリバーの施設に搬出する契約を結んだところであるが、その契約の中に、KUR は 2004 年 4 月以降に高濃縮ウランを用いての運転は行わないとの約束が入ることになった。

以上のような経緯を経た現在、京大原子炉実験所では将来計画の一環として、2004 年以降も全炉心を低濃縮化して KUR の運転を続けることとし、その意向を京都大学当局に示し以下に示すような諸準備に入っている。

まず、原子炉設置変更許可申請を手続きし、安全審査を受けてライセンスを取得する必要がある。その申請に直接的な準備もあるが、それに至る前の準備として、①KUR の健全性を確かめ、必要な部位は更新をすること、②燃料の取得計画や使用済み燃料の処分方法、更には放射性廃棄物の処分方法等に見通しを立てること、③総合的な将来計画を策定し、その中で KUR 運転計画を位置づけること（低濃縮化後には 5 年毎に運転計画を見直す）、④申請に関し、安全協定に基づき周辺地方自治体との協議を始めること、等がある。

①については、数年来逐次準備が進み、来春に計画している計測制御系統の更新作業および原子炉タンクの超音波探傷試験をもって、一応の区切となる。また、②については、一設置者のみで対応できる問題ではないことを認識し、広く理解を求めているところである。③に関しては先年来の検討結果を広く問いかけようとしている段階にあり、④に関しては、①～③に取り組むことにより見通しが出てくるものと、原子炉実験所では期待している。

研究炉バックエンドの現状と課題

1. 背景と目的

我が国の研究炉のほとんどは、初臨界後20年以上を経過しており、一部の炉では、当初の目的を全うしたもののや機器等の経年変化への対応が必要なものが出始めている。このため、研究炉の廃止方法が具体的な課題として浮上するとともに、研究炉の運転に伴って発生する使用済燃料や放射性廃棄物の処理・処分方策も急務の課題となりつつある。これら研究炉のバックエンドについては、発電炉の場合と比較して、対応施設や関連法体系の整備が遅れているため、これらについての早急な検討が必要である。

2. 研究炉バックエンドの現状と課題

(1) 廃止方法

1996年3月に、日本原子力研究所においてJ-PDR解体実地試験が終了し、この試験を通じて発電炉の解体のための要素技術が開発され実証されている。J-PDRの解体実地試験で得られた経験は、当然のことながら、研究炉の廃止措置に役立つと思われるが、これらを研究炉に適用するに当たっては、安全性や経済性の面で一般により受容されやすい技術の開発や法体系の整備が求められる。

(a) 解体手法

1976年4月に(株)東京原子力産業研究所の研究炉HTRの原子炉本体の解体が行われ、また、1986年11月には、日本原子力研究所の研究炉JRR-3の改造工事に伴い、原子炉本体の解体撤去が行われている。解体手法としては、これらの経験や、J-PDR解体実地試験で実証された技術が、研究炉の解体において役立つと考えられる。さらに、研究炉の設置者の負担が大きくならぬよう、より経済性に優れた手法並びに技術の開発が必要である。

(b) 解体廃棄物の処理・処分

解体廃棄物は大量に発生するので、廃棄物の種類や放射能レベルによる区分と、区分ごとの合理的な処理・処分方策の確立が重要である。J-PDRの解体によって生じた放射性廃棄物は、現在のところ、廃棄物収納容器に収納して、サイト内保管の状態にあるが、極低レベルコンクリート廃棄物については、廃棄物埋設実地試験を通じて地中埋設が行われている。解体廃棄物を含む放射性廃棄物処分の基本方針は、原子力委員会・原子力バックエンド対策専門部会等において、検討が進められているが、クリアランスレベルを含めた放射性廃棄物の区分と、処分に係る対応施設並びに関連法体系の整備が待たれるところである。研究炉の解体廃棄物も、基本的には発電炉のそれと共通した部分が多いので、両者の処分については、共通した対応施設並びに法体系のもとで実施されることが望ましい。

(c) 廃止費用

発電炉においては、使用済み燃料の処理・処分や廃止措置のための経費が、無税引き当てされているようである。民間の研究炉においても発電炉と同様の制度の早期確立が望まれる。

(2) 使用済燃料の処理・処分

現時点では、使用済燃料の処理・処分に係わる選択肢として、下記のものが考えられる。特に、研究炉の燃料は、発電炉の燃料と比較して多種多様であるため、使用済燃料の再処理に当たっては、技術面、施設面、核不拡散対応等において異なる取扱となる場合が多く、個々の研究炉の実体に即した検討が必要である。なおかつ、国内、国外を含めて、研究炉の使用済燃料の再処理役務を提供してくれる機関がほとんどないため、状況はきわめて厳しい。また、再処理に付随して、再処理廃棄物の処分問題が発生するので、この問題についても十分検討しておく必要がある。

(a) 長期貯蔵

現時点では、研究炉施設のサイト内において使用済燃料を貯蔵しているが、将来的には、発電炉において検討が進んでいるような、オフサイト貯蔵の可能性についても検討する必要がある。高濃縮度燃料に関する次の(b)のケースを除けば、これ以外の選択肢の実施は、今のところ、きわめて困難な状況と言える。

(b) 海外委託処理・処分

米国原産の研究炉燃料が対象だが、使用済燃料を米国DOEが引き取り、保管廃棄することとしている。これらの燃料は、将来的には適切に処理（再処理を含む）されるが、廃棄物が返還されることはない。但し、引き取り期限は2006年5月までとされている。また、燃料の濃縮度や組成によっては、引き取りの対象外となるものもある。米国DOEへの引き渡しは、これまで、JMTTR燃料において実績があるが、実施の段階では、使用済燃料の輸送等に係わる諸問題に直面する可能性がある。

(c) 海外委託再処理

かつては米国DOEの再処理施設において、研究炉の使用済み燃料の再処理が行われてきた経緯があるが、1992年に米国の再処理施設が運転停止されて以来、米国での再処理は選択肢では無くなった。一方、ヨーロッパにおいても、英国のUKAEA及び仏国のCEAの施設が再処理役務を提供しているが、両国とも、再処理に伴い発生した放射性廃棄物を委託国に返還することとしているため、委託者側には新たに、後述するような再処理廃棄物の処分の問題が発生する。また、上記のうち、英国UKAEAの再処理施設は2003年頃を目途に停止するとの情報がある。

(d) 国内処理・処分

現在、日本原燃（株）（JNFL）が発電炉向けに、六カ所再処理工場を建設中である。この施設が稼働する見込みの2003年（？）以降においては、発電炉燃料の再処

理役務の主役は燃料サイクル開発機構（JNC）の東海再処理工場からJNFLの六カ所再処理工場に移行することになるので、東海再処理工場を利用した研究炉燃料の再処理が可能となると考えられる。ただし、現状の再処理プロセスは酸化物燃料を対象としたものであるため、それ以外の燃料の再処理については、新たな技術開発と関連プロセスの変更が必要になると考えられる。また、再処理に伴い発生する放射性廃棄物に関しては、発電炉のものと研究炉のものとの、基本的な違いは無いと考えられるので、発電炉と研究炉とで共通した対応施設や法体系の下での実施が望ましい。なお、発電炉の高レベル廃棄物並びにTRU廃棄物の処分については、現在、技術開発、対応施設並びに関連法体系の検討が進められている。

(3) 放射性廃棄物の処理・処分

放射性同位元素等の使用施設から発生するRI廃棄物や研究炉等から発生する研究所等廃棄物については、その主たる発生者である日本原子力研究所、核燃料サイクル開発機構及び(社)日本アイソトープ協会は、1997年10月に「RI・研究所等廃棄物事業推進準備会」を設立し、処分事業主体の設立、実施スケジュール、資金確保策等について検討を進めている。また、処分の安全規制の基本的考え方についても検討を開始している。

(a) 処分に係る法体系の整備

比較的半減期の短い β 核種が主体の低レベル放射性廃棄物は、発電炉簡易型を含めた浅地中埋設となり、 α 核種のような超半減期核種を一定量以上含む廃棄物は、上述したTRU廃棄物を参考にして処分方針が定められるものと考えられる。従って、研究炉等の廃棄物と発電炉並びにその燃料サイクル施設の廃棄物との間で、処分方針の違いは基本的に無く、両者の処分は共通の法体系の下で実施されるべきと考えられる。

(b) 処分施設の確保

RI廃棄物に関しては、日本原子力研究所を除いたほとんどの研究施設では、廃棄物を保管施設内に一時保管した後、外部の機関に処理及び保管を依頼しており、発生分のほとんどは施設外に搬出している。また、研究炉の運転に伴い発生する廃棄物に関しては、ほとんどの研究炉において施設内に保管している。これら廃棄物の処分に関する責任は、施設の設置者が負うべきものであるため、上述した「RI・研究所等廃棄物事業推進準備会」において、2000年を目途に事業主体を設立するための準備が進められている。

3. 課題に係わる提言

(1) 処分に係る法体系の整備

放射性廃棄物の処分に係る法体系を早期に整備する必要がある。中でも、解体廃棄物は物量が膨大となるため、クリアランスレベルを含めた区分けによる合理的な処分シ

システムの確立が重要である。

(2) 研究炉の運用並びに廃止費用の支援

我が国の研究炉は、科学技術、エネルギー、医療等の広い分野において、その発展に貢献して来ている。今後の更なる活性化のためにも、大学等の研究炉においては経済的な補助制度による支援、民間の研究炉においては廃止等の費用の無税引き当て制度の確立が必要である。

(3) 研究炉バックエンド施設の整備

研究炉に係わる、使用済燃料の再処理施設、放射性廃棄物の処分施設の整備が必要である。

(4) 発電炉とのバックエンド体系の共通化

使用済燃料の再処理を除けば、バックエンドに関しては、発電炉と研究炉との間で基本的な差異は少ないので、両者共通の体系を構築すべきである。

原子力の社会的受容性

研究炉を維持する上で近年重要な要素の一つに社会的受容性(Public Acceptance : PA)がある。研究炉の建設、改造、関連施設特に放射性廃棄物施設については住民の理解が必要である。原子力あるいは原子炉というだけでその中で原爆ができているというような間違った認識をもち、身近に危険なものがあると感じている周辺の人々がおり、たとえ研究用あるいは教育訓練用といえどもその原子炉の存在が容認されない状況がある。これらの人々に、正しく理解してもらいかつ原子力が我々日常の生活の色々な面で役に立っているものであることを知ってもらうことが重要である。合わせて、「日本国内から原子炉が無くなるとどのような事態となるのか」を熱心に説き、納得いただけるようにしたい。

このためには、積極的な PA 活動が必要であるとは言うまでもない。どのように PA を行うのかこれまでに原子力に係わる関係者がいろいろなアイデアを出している。各研究炉とも、パンフレット、小冊子、図書・報告書の発行、見学会、成果発表会、講習会・実験教室開催、ホームページでの情報提供等々、PA に配慮した活動に努力している。各研究機関で行っているユニークな PA 活動を紹介すると以下のようなものである。

- (1) 見学会や施設公開を、市民を対象としたもの、近隣市町村の中学生を対象としたもの、あるいは団体、個人対象というように区分してその対象者にふさわしいものにポイントが合わせられるように工夫しているもの。
- (2) 実験教室のように身近なところの問題をとりあげ実際に参加者に実験・体験をしてもらえるように工夫しているもの、研修会を普通コース、短期コースのようにコース別に開催して参加しやすいように工夫をしているもの。
- (3) 体育館やグラウンドを開放し存在を身近なものと感じられるよう配慮しているもの。

さらに最近はホームページの充実ぶりが目立つが、これは今後とも一層創意工夫がなされていくものと予想される。

以上を参考に、斬新な PA 活動の方策として、既に活動しているものも含め、今後注力すべきであろうと考える活動方策を以下に示す。

(1) ホームページの一層の充実

PC に慣れた人のみが対象者になってしまうという点があるものの、比較的成本が安く済む、最新情報を掲載できる、見るほうは何時でも見る事ができる、双方向のコミュニケーションも可能である等々有効である(もつともホームページに限らず希望等を

アンケート等により聞くという姿勢が大切である)。10代、20代の人々が原子力に対する関心が少ないという結果(平成8年3月に日本原子力産業会議が取りまとめた原子力に関する意識分析調査報告書による)があるが、若い世代ほどホームページの閲覧に親しみ深いと思われることから、この充実が原子力に対する関心を高めることにも一役買えるものと期待する。クイズ等を交えながら、原子力について考えてもらう、恩恵を理解してもらうこと等も考えていく。見る側にとって知りたい情報を提供することが大事である。同じく前述の意識分析調査報告書によると、一般の人が知りたい情報は、放射線の人体への影響や廃棄物処理に関するものが多いが、これらに対しての情報提供が消極的と感じているとの結果もあるので留意すべきである。そのための一方策として、原子力に関与する会社や団体等、例えば電力会社や炉メーカーのホームページとのリンクを張ることも有効であろう。

(2) ポスター等の有効活用

ポスターの有効活用をはかる。年間をとおして何らかのポスター類を公共機関、学校等に掲示しておき、いつでも目にふれるようにしておくことは有効であろう。訴求内容が地味なだけに、例えば「イメージキャラクター」や「ロゴマーク」を制定し、親しみやすい媒体にすること(これはホームページにも活用できる)も検討する。

(3) 素人にわかりやすい「原子力セミナー」の開催

原子力の基礎的なことを含めた、無料の公開セミナーの企画を考える。(土日を利用し、地元住民を対象としたもの)

(4) その他各種行事参加へのはたらきかけ

直接業務に係わらないものでも同じ地域に居るものとして、例えばお祭り、体育会・運動会等を主催し住民参加を呼びかけたり、地元のイベントにも積極的に参加し交流を深める努力をすることが必要である。(住民も日ごろの先生方の難しい顔(?)とは別の人間性あふれたお人柄に触れる事ができ、これが施設に対する信頼を高めることにも通じる。)

(5) 施設のイメージアップ

施設内に孔雀を飼え、を唱える人もいる。要は、ほらご覧ください、奇麗な孔雀は今日も元気で施設の敷地内にて遊んでいますよのメッセージは、施設が危険ではないイメージ作りに非常に有効であるということである。電力会社のサイトの中には、温排水を利用した野菜畑や果樹園を設置し収穫物を無償で頒布したり、風力発電施設を併設し「エネルギーのベストミックス」を考えてもらうなどの工夫をしているところもある。

(6) 地元自治体、電力会社等との連携強化

広報活動強化のためにも、他との連携は不可欠である。地元自治体が発行する広報誌への投稿、地元電力会社が編成する「女性 PA チーム」への協力を依頼する。

(7) 原子力関係団体との連携強化

原産年次大会にて研究炉のことについて取り上げてもらい、産業界に PR し理解を得る。NUPEC が主催する「エネメイト」（公募による一般女性の勉強会組織）の定例会議に出向く等により、啓発活動を地道に継続する。

(8) 「横」の連携への模索

個々の研究所や大学においての PA 活動の他に、なるべく連携ができるような環境作りも考えるべきである。（なるべく力ネがかからない方法として、例えば個々のホームページで共通の啓発用ページを持ち合うというようなことを考える）。

大学の研究炉はより身近なところに立地している。それだけ住民との関わりが深く、その分 PA は重要であり、その方法は、より生活に密着した形が望まれる。閉鎖的でなく開放的な環境に作り上げることが住民によい感情を醸成することになる。

出力別に見た研究炉の諸特徴並びに建設及び運転経費

熱出力	1W～10W	1kW～10kW	100kW～500kW	1 MW	10 MW 以上
設備としての特徴	- 軽水減速炉では、固体減速炉であっても、炉心冷却に対しての配慮及び関連の設備は不要 - 内包する核分裂生成物は極めて少なく、閉じ込め機能は不要 - 燃料の消耗、キセノンの毒作用などが無視できるほど小さく、超過反応度を最小限に押さえることが出来るため、反応度事故も無い近い、極めて単純な設備	- 炉心の冷却に冠しては、長時間運転による炉心温度の僅かな上昇及び炉心が特に小さい場合の除熱の問題を除いて配慮不要 - 概して左欄の特徴に同じで、大学の研究室に設置したり、トラックに載せた可搬型の炉が外国にある。	- 自然対流循環方式が可能なので、冷却系設備や安全保護回路等が単純。 - 炉停止後の冠水確保を期待しなくても良く、それだけ耐震安全問題も軽い。	- 炉心冷却は、通常強制循環方式をとる。 - 急激な冷却水喪失があっても燃料の健全性は保たれ、冠水確保で十分。 - 不適切な運転の場合には燃料要素が健全性を損なう可能性があり、建屋の放射性物質閉じ込め機能など、種々の安全設備が必要となる。	- 出力密度が軽水動力炉と同等或いはそれ以上となり、運転中及び炉停止後一定時間の炉心冷却が安全確保上必要。 - 事故時の放射性物質閉じ込め機能が必須。
運転安全管理上の特徴	- 燃料自体の残留放射能が少なく、炉停止後でも燃料の手操作が可能。 (臨界集合体では、炉心構成に自由度を持たせるため、臨界事故防止のための設備及び管理体制が必要)	- 燃料中の残留放射能がある程度のレベルになるので、手操作は困難になる。 - 概して左欄に同じ。	100kW 程度なら燃料交換は不要に近く、超過反応度調整程度の僅かな補給でよい。 500kW 程度では、数年に一度の燃料交換。 - トリガー型燃料を用いると反応度安全性が高く、出力の高い割には安全管理が容易。	- 燃焼による燃料の交換は数年に1回必要。 - 運転停止後の安全管理は、10MW 以上の炉に比べれば相当に簡略化される。 - キセノン蓄積効果も比較的小さく、日々運転可能。	- 冷却浄化システムの保全が必要。 - 燃料要素は少なくとも毎年の交換が必要。燃料の入手・加工・保管・処置など経常的に必要。 - キセノン蓄積効果や熱サイクル等のため、数日～数ヶ月の連続運転が普通。
研究・開発利用の特徴	- 中性子束は低い安全上のリスクも低く、それだけ融通性を持たせた実験が可能。 - 簡単な放射化実験、中性子測定実験、放射線生物影響等 - 炉物理実験	- 放射化分析の適用範囲が相当に広がる。 - 炉形式によっては、中性子源として特色を持たせ得る。 - 放射化、ラジオグラフィ等その他、簡単な中性子ビーム実験 - 炉物理実験	- 交通至便の位置に設置できること、相当量の中性子束を提供することから、本格的な放射化分析に用いられる。 - 限度はあるが、中性子ビーム実験や RI 生産にも用いられる。 - ホウ素熱中性子捕捉療法にも実用的に対応出来る。	1-10MW の炉は大概の利用に対応できる。 - 高強度の中性子束が不可欠なビーム実験、極限量を必要とする照射実験など大型炉でなければ本格的に行えない研究についても、その萌芽段階の研究は MW 級の研究炉で行うことが多い(中型炉は、大型炉利用のフィードー炉の役割を果たす、と云われる)。	- 開発段階の炉に比べて、より過酷な環境での加速照射が可能。 - 強力な定常的に発生する中性子ビーム、冷中性子ビームを提供して、物質科学、生命科学の研究に用いられる。 - 産業、医療用の諸利用に用いられる。
代表的な学生教育実験	(小型炉に適したもの、大型炉でなければならぬものなどあるが、概して境界はない) 臨界実験、運転操作、反応度測定、中性子測定、炉動特性、放射化分析、中性子ラジオグラフィ、Xe 妨害度、温度係数、核分裂、水中放射能、中性子回折、カロリメータ、材料照射				
建設費	ほぼ 20～30 億円		左記に冷却系関係費(数億円程度)が加わる	百億円程度	数百億円
運転経費	- スタッフの人件費を含み年間約2億円 - 人員十名程度。原子炉主任技術者や放射線取り扱い主任者の資格を有する者、若干名の原子力に関する専門知識を有する者を含む必要がある。安全管理と研究・教育を併せて担当することが多い。		冷却系運転のための費用(電力、水、消耗品など2千万円弱)、放射線管理・放射性廃棄物の処置に関する費用が左記に加算される。	- 人員数十人 - 人件費を除いて年間数億円の維持費が必要	左記に加えて、出力に比例して増加する燃料関係の費用が加算される。

Ⅱ アンケート調査

(1) 研究炉に関するアンケート調査

(2) 研究炉に関するアンケート調査結果

(1) 研究炉に関するアンケート調査

研究炉に関するアンケート調査

〔ご記入上の注意〕

- ★ お答えは、当てはまるものの番号を○で囲んでください。○の数などは、質問文の指示に従ってください。
- ★ その他（ ）の部分は、具体的にご記入ください。
- ★ 記載欄については、詳しく記載願います。また、紙面が足りない場合には、別用紙を用いて記載願います。
- ★ このアンケートについて不明な点がございましたら、下記担当者までお問い合わせください。

TEL 03-3508-7930

FAX 03-3508-2094

電子メール saigo@jaif.or.jp (半角・小文字)

担当 西郷・中尾

設問 1 研究用原子炉に関するあなたのお立場を伺います。

1-1 あなたは研究用原子炉とどのように関わっていますか？ (複数選択可)

1 中性子照射を行っている

- | | |
|-----------------------------------|----------------------|
| 1.1 放射化分析 | 1.2 フィッション・アルファ・トラック |
| 1.3 ラジオアイソトープまたは放射性核種の生産 | |
| 1.4 核化学 (ホットアトム、アクチノイド化学、放射化学分離等) | |
| 1.5 照射損傷研究 | 1.6 放射線測定器の開発 |
| 1.7 放射線生物学 | 1.8 原子炉燃料・材料照射試験 |
| 1.9 シリコンドーピング | |
| 2.0 その他 (|) |

2 中性子ビームを利用している

- | | |
|----------------|---|
| 2.1 中性子散乱 | |
| 2.2 中性子ラジオグラフィ | |
| 2.3 即発γ線分析 | |
| 2.4 医療照射 | |
| 2.5 その他 (|) |

3 原子炉の特性・新型原子炉の開発などの研究を行っている

- | |
|--------------|
| 3.1 燃料照射 |
| 3.2 安全性研究 |
| 3.3 新型炉開発 |
| 3.4 バックエンド研究 |

4 教育・訓練に使っている

5 その他の利用 ()

6 特に利用していないが、関心を持っている

7 特に利用していないし、関心もあまりない

1-2 今後の利用計画はありますか

1 有り [利用時期

利用分野

利用計画している研究炉

]

2 無し

設問2 (設問1で1～5を選択された方について)

2-1 その場合利用している原子炉はどれですか

- 1 私大炉 (① 立教炉、② 武蔵工大炉、③ 近畿大炉)
- 2 国立大学炉 (④ KUR, KUCA ⑤ 弥生炉)
- 3 原研炉 (⑥ JMTR, ⑦ JRR-3M, ⑧ JRR-4)
- 4 民間炉
- 5 外国の研究炉 ()
- 6 その他 ()

2-2 その分野(あなたが選択した分野)は今後とも発展すると考えますか?

- 1 発展する
- 2 現状が続く
- 3 発展しない
- 4 目的を達成して収束する
- 5 わからない

2-3 その分野の利用にとって、現在の研究用原子炉の問題は何ですか?

(選択した項目について、出来ればその詳細を記載して下さい。)

- 1 マシンタイムが少ない
- 2 利用料金が高い
- 3 利用手続きが煩雑である
- 4 放射線を取り扱うことから、制約が大きい
- 5 地理的な問題がある
- 6 利用回りの設備や装置が不足している
- 7 機能不足(中性子束、カドミウム比等)である
- 8 技術的な支援が十分でない
- 9 その他 ()

- 10 あまり問題はない

<詳細記載>

設問3 研究用原子炉の利用で継続的にニーズがあるか、あるいは今後発展するものは何だと思いませんか。(複数選択可) また、その理由ないし見通しを出来るだけ詳しく記載して下さい。

1 中性子照射利用

- | | |
|-----------------------------------|----------------------|
| 1.1 放射化分析 | 1.2 フィッション・アルファ・トラック |
| 1.3 ラジオアイソトープまたは放射性核種の生産 | |
| 1.4 核化学 (ホットアトム、アクチノイド化学、放射化学分離等) | |
| 1.5 照射損傷研究 | 1.6 放射線測定器の開発 |
| 1.7 放射線生物学 | 1.8 原子炉燃料・材料照射試験 |
| 1.9 シリコンドーピング | |
| 2.0 その他 (|) |

2 中性子ビーム利用

- | | |
|---------------------|---|
| 2.1 中性子散乱 | |
| 2.2 中性子ラジオグラフィー | |
| 2.3 即発 γ 線分析 | |
| 2.4 医療照射 | |
| 2.5 その他 (|) |

3 原子炉の特性・新型原子炉の開発

- | | |
|-----------|--------------|
| 3.1 燃料照射 | 3.2 安全性研究 |
| 3.3 新型炉開発 | 3.4 バックエンド研究 |

4 教育・訓練

5 その他 (

<理由・見通し等記載欄>

設問4 研究用原子炉を利用することによって得られる重要な点としては、他の装置（加速器、計算機によるシミュレーション解析、シミュレータなど）では経験できないさまざまな現象を体得できることにあります。例えば、シミュレータは、予め解析可能な計算式に基づいて製作されているために、機器が正常状態の場合の訓練には、有効であるが、異常状態になった時には、シミュレータでは予想し得ない事象になることが有り、実際の現象と食違うことが推定されます。また、実体験でないために、そこで学んだ経験は、実体験ほどには、切羽詰まったものになり得ません。即ち、頭で理解できたとしても、体で覚えていない状態になり、応用面になった時には、非常に弱くなります。このような点より、諸外国、特に先進国では研究炉での基礎研究と体験による知識をベースにして、動力炉に向けて開発を進めている。日本においては、原子炉は安心して運用される必要があるため、諸外国と同様に、研究炉で十分に体験して、動力炉の開発、運用に臨むことが重要であり、研究炉は是非必要であると言う意見から、日本の場合、原子力については、成熟段階に達しているので、研究炉の使命は、ほぼ達成され、シミュレータと実際の動力炉で経験を積みば十分であるという意見などが有ります。あなたはどちらのご意見ですか、理由を付して回答して下さい。

- 1 研究用原子炉による体験は必要である。
- 2 研究用原子炉による体験もシミュレータによる経験もお互いに補完し合うところがあるので両方必要である。
- 3 研究用原子炉での体験は不要である。シミュレータなどの経験があれば十分である。
- 4 わからない。

上記のご回答について、その理由をお願いします。

<理由 記載欄>

設問5 現在日本にある研究用原子炉は、日本原子力研究所所有のもの(JMTR, JRR-3, JRR-4 など)、国立大学所有のもの(KUR, KUCA, 弥生炉)、私立大学所有のもの(立教炉、武蔵工大炉、近畿大炉)、民間企業所有のものなどがあります。それらはそれぞれ特色のある利用がされてきましたが、その多くは過去の経緯のままに存在していて、現在経営困難などの問題を抱えるようになったものもあります。またその一方では、研究用原子炉は新しいニーズに対応することも要求されています。このような状況に対応するためには、現有の研究用原子炉を見直して適正に配置し、かつ有効に利用することが新たに必要になっています。ここでは、各カテゴリーの原子炉についてどのようにすべきか、これまで議論されてきた内容を列記しますので、あなたの意見に近いものを選択して下さい。

5-1 私立大学炉は経済的・社会的になんらかの困難に直面していますが、今後どのようにすべきと考えますか？

- 1 私立大学炉はまだ利用できる状態であり、必要であるので、これまでのように維持・管理を所有者の負担にまかせるのではなく、全社会的な視点で支援すべきである。
- 2 私大炉はまだ利用できるが、経済的・社会的な問題で運転継続することは無理が大きい。大きな問題が発生しない内に収束させるべきである。
- 3 私大炉はこれまで重要な役割を果たしてきたが、その役割はほぼ終わったと見られるので、終結させることが望ましい。
- 4 研究用原子炉は、国民が放射線・原子力を正しく理解して対応することができるようになるための教育的なインフラストラクチャーとしても重要である。私大炉程度の小型炉はその目的に相応しい規模であるので、社会的な支援を行ってより一層活性化させるべきである。
- 5 その他

()

5-2 国立大学所属の研究炉は、私大炉に比べれば経営上の困難は相対的に小さいと云えますが、近年の予算削減の影響は深刻です。そのような中で国立大学研究炉はどのような方向を目指すべきと考えますか？

- 1 大学の炉では、新しい研究への着想を尊重し、萌芽的段階にある研究を育み、分野横断的研究或いは学際的研究を促進し、研究と教育の統一を図る等の理念の基に運営されてきた。このような観点は引き続き必要であり、また大型炉を有効に生かすことから、中型・小型の大学炉が存在する必要性は大きい。
- 2 前項のような理念は工夫をすれば日本原子力研究所(原研)の運営する研究炉を利用することによっても満たされるはずである。大学の運営上で厄介な問題があるのなら、それらの運転を止めて、原研の炉の利用を考えるべきである。
- 3 その他

5-3 日本原子力研究所が所有している研究炉は日本の研究炉の中では最も規模の大きいものであり、今後とも研究炉利用の中心的な存在となると考えられます。しかし、原研炉といえども全てをカバーしているわけではありません。例えば、ラジオアイソトープ供給・中性子利用分析の支援など市場性のある利用や、医療照射・動植物照射など医学的な利用では広範な利用に制約があるものがあります。これについて、どのように考えますか。

- 1 原研炉は研究を目的に設置されているので、それ以上の機能を求めるべきではない
- 2 原研炉は、時代の要請に合わせて、市場性志向を強めた利用や医学利用も積極的に行うようにすべきである
- 3 市場性志向の強い利用や医学利用などは、設置目的をそのように定めた新組織によって行うことが望ましい
- 4 その他

()

5-4 これまで私大炉、国立大学炉、原研炉、民間炉などの役割分担が必要であるとされ、実際有る程度自立的に分担が成立していました。しかし研究炉をとりまく現在の状況では、この役割分担をより明確にして各研究炉間の利用調整や連携をはかることがますます必要になっています。そのような連携はどのような考え方で進めるべきと考えますか？

- 1 研究炉を所有する組織の責任に全てを委ねるというこれまでのやり方は成り立たなく成っている。現在の研究用原子炉の困難は社会的に共通の背景を持ったものであるので、国が責任を持って面倒を見るようにすべきである。
- 2 私大炉を主とする古い研究炉は、いずれ廃炉を検討する段階にはいるが、既に経営上・社会上の困難を抱えている。無理をしないで運転を停止し、国によって管理されている少数の原子炉に利用を集中させて効率化をはかるべきである。
- 3 使用済み燃料の処理、廃炉などの問題は今後必ず解決されなければならないものであることを前提として、研究炉の将来計画を積極的に考えるべきである。そのために、現在の研究炉の利用・調整を促進するための協議会のようなものが必要である。
- 4 前項と同様であるが、単なる協議会でなく、制度的・財政的な裏付けをもった組織体を作り、そこで現在困難を抱えている研究炉の面倒をみるようにすべきである。

- 5 その他

()

設問6 新しい研究用原子炉の必要性について

6-1 新しい研究用原子炉（現有の原子炉の改造も含む）は必要だと考えますか？
またその理由は？

- 1 必要である
 - 1.1 ニーズ（例 Mo-99 生産）を満たしていないから
 - 1.2 マシンタイム・ビームポートが足りないから
 - 1.3 現有の原子炉は制度上・利用上の制約があって有効に拡張・展開出来ないから
 - 1.5 利用可能な原子炉が近くに無いから
 - 1.6 原子炉が経年劣化しているので、更新する必要があるから
 - 1.7 その他（ ）
- 2 必要でない
 - 2.1 原子炉自体必要でない
 - 2.2 現有の原子炉を整備して有効利用すればニーズを賄える
 - 2.3 その他（ ）
- 3 分からない

6-2 (前問で“必要である”と答えた方のみご回答ください)

どのような原子炉が必要だと考えますか？ また必要である理由を記載して下さい。

- 1 一般公衆の教育効果が見込まれる程度のもの（数 kW）
- 2 立教炉、武蔵工大炉（200kW）程度の、放射化分析・フィッシュントラック分析、医療照射などが行えるもの
- 3 ラジオアイソトープ供給が行える規模のもの（数 MW）
- 4 中性子ビーム実験を行えるような大型炉（JRR-3 並、20MW）
- 5 材料の照射試験を行えるもの（JMTR 程度以上）
- 6 100MW 程度の高中性子束炉
- 7 医療照射専用炉（500kW 程度）
- 8 その他（ ）

<必要理由記載欄>

6-3 その新しい原子炉は地域的にどこに設置されることが望ましいと考えますか？
またその理由も記載して下さい。

- 1 北海道地区
- 2 東北地区
- 3 関東地区
- 4 中部地区
- 5 関西地区
- 6 中国・四国地区
- 7 九州地区
- 8 その他 ()

<理由記載欄>

設問7 将来の中性子源として、原子炉より加速器中性子源の方が良いという考えがあります。これについてのご意見を伺います。1, 2, 3 のいずれかを選択し、かつその理由として適切なものを選択または記載して下さい（複数可）。

1 加速器中性子源の方が良い

- 1.1 原子炉は規制が厳しくて維持費が高い
- 1.2 原子炉はバックエンド対策が大変である
- 1.3 大型加速器中性子源の方がより強力な中性子が得られる
- 1.4 その他 ()

2 原子炉の方が良い

- 2.1 安定なバルク中性子源として原子炉は加速器に優る
- 2.2 高強度加速器中性子源は中性子発生ターゲットなど未解決の技術要素も含んでいて、安定性や稼働率など実証されていない
- 2.3 大型加速器は運転のために大量の電力を消費するが、原子炉は電力消費は少ない
- 2.4 研究用原子炉に関わる厳しい過剰規制は別途解決すべき問題であり、そのことをもって研究用原子炉の問題点とすることは間違っている
- 2.5 その他 ()

3 加速器中性子源と研究用原子炉との優劣を議論することは出来ない

3.1 どちらも必要である

3.2 双方、中性子源としてだけでなく、加速器、原子炉として固有の教育効果、技術開発要素がある

3.3 中性子源としての使い勝手が基本的に異なる

3.4 その他 ()

4 わからない

設問8 現存する研究炉の運営は、維持管理・燃料の処分・原子炉の廃炉に至るまでの全ての行為が、それぞれの設置者の責任においてなされています。しかし、設置当時に比べて規制が著しく厳しくなっている結果、特に私大炉では経営や社会的な責任などの負担に耐えきれなくなっています。それだけでなく、国立大学炉や原研炉も相互に連携のとれた運営が必要であるという意見も多くなってきました。それを可能にするものとして、「原子炉機構」(仮称)のような組織体を作って現有および将来の原子炉を統括して支援するという考えがあります。これについて伺います。

8-1 「原子炉機構」(仮称)のような支援組織は作るべきであると考えますか？

またそのように考える理由は？

1 作るべきである

2 そのようなものは不要である

3 分からない

4 その他の意見

<理由記載欄>

8-2 (前問で“作るべきである”を選択した方のみご回答ください)

「原子炉機構」(仮称)の役割はどのようなものと考えますか?

- 1 国内の研究用原子炉の出来るだけ多くを取り込んで、その運営全般を引き受ける
- 2 主として、現存の私大炉と将来新設されるかも知れない研究炉を統合して支援する
- 3 現存の研究炉の所属は現状のままとするが、私大炉の管理・運営を資金面・人的資源において支援する
- 4 現存の研究炉の所属は現状のままとし、それらの連携と利用者の効率的な調整を行う
- 5 その他 ()

8-3 「原子炉機構」(仮称)の組織形態はどのようなものと考えますか?

- 1 研究用原子炉は国家的な視野で支援すべきであるので、国の法人とすべきである
- 2 国と産業界が同程度の寄与をする法人とすべきである
- 3 産業界が中心となり、国が部分的に支援する第3セクターが良い
- 4 その他 ()

設問9 現在研究用原子炉で使われているウラン燃料はアメリカから買い取ったものですが、使用済み燃料を処理する設備が日本にはありません。アメリカは使用済み燃料を引き取ることを約束していますが、その実施の時期が限定されており、将来的にも引き取りが保証されているわけではありません。このような状態は日本の原子力基礎研究の発展のために望ましくないので、国内技術をもって自立すべきだという見方があります。このことに関連して、下記のどの意見に賛成ですか?

- 1 研究用原子炉の燃料の取り扱い、日本の技術で全てまかなうべきである。
- 2 日本に技術力があっても、核拡散防止の視点を重視して、その技術の行使は控えるべきである。
- 3 わからない。
- 4 その他の意見

<記載欄>

設問 10 現在国内にある研究用原子炉の多くは建設以来 20～30 年を経過しておりいずれは廃炉されなくてはなりません。廃炉周辺（使用済み燃料の処理も含めて、バックエンドと呼んでいます）に関わる指針は技術的にも法的にも整備されていません。このことに関連して、下記のどの見解に賛成しますか。

- 1 スクラップ・アンド・ビルドによって研究炉を更新しつつ利用展開をはかっていくべきであるので、バックエンドの指針を早期に確立すべきである。
- 2 現存の研究用原子炉の後始末だけ出来るようなバックエンドの指針を立てて、収束をはかるべきである。
- 3 現存の研究用原子炉は、特に廃炉にせず、現状のまま保管する。
- 4 その他（ ）

<詳細記載>

設問 11 これまでの設問以外に特にコメントしたい内容がありましたら、以下にご記入下さい。

設問 1 2 最後にああなたのお立場を伺います。

12-1 該当する所属組織に○をつけて下さい。

1 大学

1.1 教官

1.2 学生

(1) 原子力（あるいは類似の名称）関係の学部。学科

(2) 核物理・核化学・放射線を専門とする学科

(3) 原子力・放射線を専門としない理工系学科

(4) 文系

2 短大・高等専門学校

2.1 教官

2.2 学生

3 小・中・高校の教官

4 国立の研究所の研究員

5 国立のその他の職員

6 電力会社の研究員

7 電力会社のその他の社員

8 原子力機器メーカーの研究員

9 原子力機器メーカーのその他の社員

10 原子炉の管理・運転に従事する職員

11 上記以外の原子力関係の社員

12 特に研究等に従事していない市民

13 報道機関、出版業など

14 その他 (

)

12-2 所属する主な学協会 (複数記入可)

12-3 年齢層

1 20歳代

2 30歳代

3 40歳代

4 50歳代

5 60歳代

6 70歳代以上

12-4 専門領域・研究課題

(“機能性材料の開発”、“大気圏環境科学”のようにご記入下さい。)

以上

○ ご協力有り難うございました。

(2) 研究炉に関するアンケート調査結果

○ アンケート対象者

日本原子力学会、放射化分析研究会、日本アイソトープ協会などの会員、原子力関係の教官、学生、これまで研究炉を利用したことのある民間企業、電力会社、原子力機器メーカー、その他原子力関係の企業、ジャーナリストなどからランダムに抽出した。

○ アンケート回収状況

上記の対象者として、1,050名の方にアンケートを配布し、515名の方より回答があった。
回収率は、49%である。

○ 回収結果

1 回答者の区分

区分 1 研究炉の利用者と未利用者および使用研究炉

① 研究炉利用者	318名	(62%)	
	私大炉	(30%)	
	国立大炉	(24%)	
	原研炉	(40%)	
	その他	(6%)	
② 研究炉未利用者	197名	(38%)	

区分 2 所属別

① 教官(大学(227名)、高専(4名))	231名	(44%)
② 学生	29名	(6%)
③ 国立職員	49名	(10%)
④ 電力社員	52名	(11%)
⑤ 原子力機器メーカー	20名	(4%)
⑥ 上記以外の原子力関係者	40名	(8%)
⑦ その他	94名	(17%)

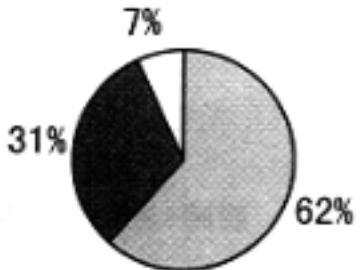
区分 3 年齢別

20歳代	33名	(7%)	50歳代	179名	(34%)
30歳代	60名	(12%)	60歳代	93名	(17%)
40歳代	136名	(27%)	70歳以上	14名	(3%)

2 主要な回答内容

- | | |
|---------------|---|
| (1) 研究炉の利用分野 | 「中性子照射」が56%と多く、中でも「放射化分析」としての利用が全体の24%と多い。 |
| (2) 利用上の問題 | 「問題有り」が93%と圧倒的で、その内訳は各種異なるが、マシンタイム、地理的問題などが多い。 |
| (3) 研究炉の将来 | 「現状が続く」の49%に続いて、「発展する」が41%と研究炉の将来に期待している。 |
| (4) 原子炉の体験 | 「シミュレータと体験の両方が必要」とする者が51%、「原子炉の体験が必要」の者が20%と必要とするものが71%である。 |
| (5) 私大炉への支援 | 社会的に支援すべきが61%、収束、終結すべきは、30%と国が支援することを期待している。 |
| (6) 大学炉の必要性 | 67%の者が「大学炉を必要」と考えているが、24%の者は、「原研炉の利用」を推奨している。 |
| (7) 新研究炉の必要性 | 62%の者が「新研究炉の必要」を訴えており、特に、経年劣化に伴う更新を期待している。 |
| (8) 研究炉機構の必要性 | 「作るべきである」が64%に対し、「不要」とする者は10%と大半の者は、研究炉機構の設置を期待している。 |

研究炉に関するアンケート調査結果

設 問 内 容			回答数	結 果 の 分 布
設問1 研究用原子炉に関するあなたのお立場を伺います。			(回答者合計) 515人	設問 1 研究炉の利用者、未利用者  7% 31% 62% 62% 利用者 38% 未利用者 (31% 関心有り 7% 関心もあまり無し)
1-1 あなたは研究用原子炉とどのように関わっていますか？（複数選択可）			(研究炉利用者：62%) 318	
1 中性子照射を行っている	%	1	326	
(1) 放射化分析	43%		140	
(2) フィッション・アルファ・トラック	5%		15	
(3) ラジオアイソトープまたは放射性核種の生産	12%		40	
(4) 核化学(ホットアトム、アクチノイド化学、放射化学分離等)	9%		28	
(5) 照射損傷研究	8%		27	
(6) 放射線測定器の開発	3%		11	
(7)放射線生物学	5%		16	
(8) 原子炉燃料・材料照射試験	3%		11	
(9) シリコンドーピング	2%		6	
(10) その他	10%		32	

設 問 内 容			回答数	結 果 の 分 布
2 中性子ビームを利用している	%	2	140	1-1 研究炉の利用内容 1: 56% 中性子照射 2: 24% 中性子ビーム 3: 9% 原子炉特性の研究・開発 4: 9% 教育・訓練 5: 2% その他
(1) 中性子散乱	38%		53	
(2) 中性子ラジオグラフィ	20%		28	
(3) 即発γ線分析	24%		34	
(4) 医療照射	11%		15	
(5) その他	7%		10	
3 原子炉の特性・新型原子炉の開発などの研究を行っている	%	3	50	
3.1 燃料照射	22%		11	
3.2 安全性研究	28%		14	
3.3 新型炉開発	24%		12	
3.4 バックエンド研究	26%		13	
4 教育・訓練に使っている			54	
5 その他の利用			13	
(研究炉未利用者: 38%)			197	
6 特に利用していないが、関心を持っている			161	161
7 特に利用していないし、関心もあまりない			36	36
1-2 今後の利用計画はありますか				
1 有り			243	
2 無し			219	

設 問 内 容

回答数

結 果 の 分 布

設問2 (設問1で1~5を選択された方について)

2-1 その場合利用している原子炉はどれですか

%

1 私大炉 (①立教炉)

私大炉



私大炉

18+4+8=30%

18%

86

2 私大炉 (②武蔵工大炉)

4%

20

3 私大炉 (③近畿大炉)

8%

38

4 国立大学炉 (④KUR,KUCA)

国立大学炉

22+2=24%

22%

107

5 国立大学炉 (⑤弥生炉)

2%

10

6 原研炉 (⑥JMTR)

原研炉



原研炉

4+27+9=40%

4%

20

7 原研炉 (⑦JRR-3M)

27%

131

8 原研炉 (⑧JRR-4)

9%

46

9 民間炉

1%

1%

4

10 外国の研究炉

4%

4%

20

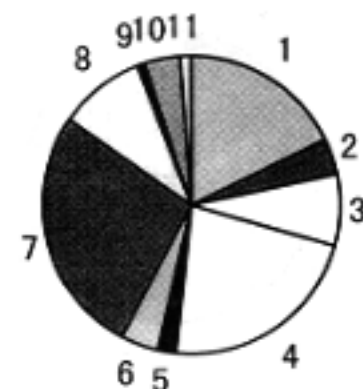
11 その他

1%

1%

5

2-1



2-2 その分野(あなたが選択した分野)は、今後とも発展すると思いますか。

%

1 発展する

41%

130

2 現状が続く

49%

156

3 発展しない

3%

9

4 目的を達成して収束する

3%

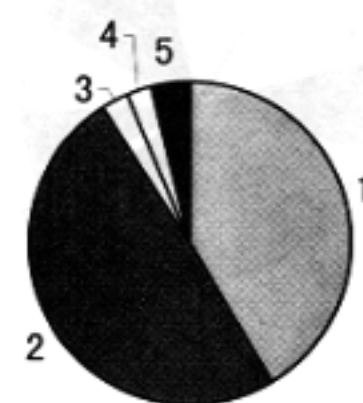
8

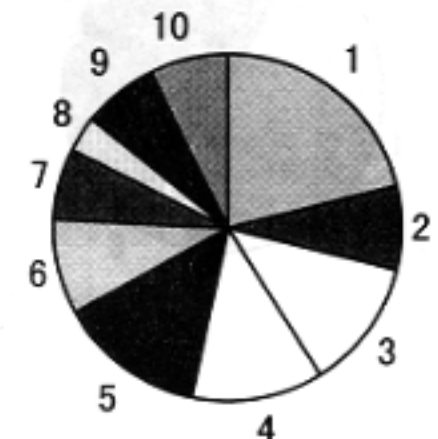
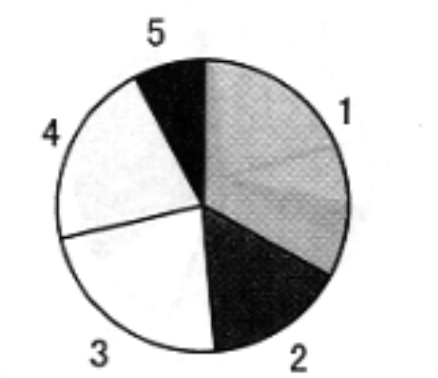
5 分からない

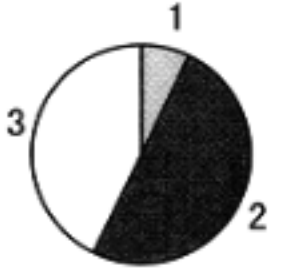
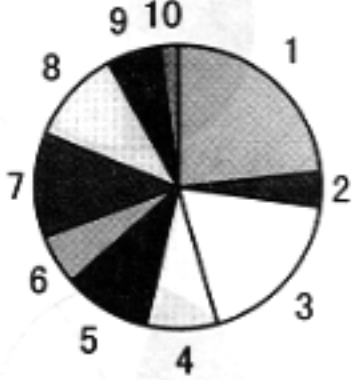
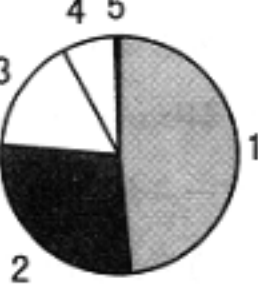
4%

12

2-2



設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
2-3 その分野の利用にとって、現在の研究用原子炉の問題は何ですか？ (選択した項目について、出来ればその詳細を記載して下さい。)		%	2-3 
1 マシンタイムが少ない	21%	129	
2 利用料金が高い	8%	47	
3 利用手続きが煩雑である	12%	76	
4 放射線を取り扱うことから、制約が大きい	12%	74	
5 地理的な問題がある	14%	83	
6 利用回りの設備や装置が不足している	9%	55	
7 機能不足(中性子束、カドミウム比等)である	7%	41	
8 技術的な支援が十分でない	3%	21	
9 その他	7%	41	
10 あまり問題はない	7%	45	
2-4 現在使用している原子炉が利用出来なくなった場合、どうしますか？ (選択したものについて、出来ればその得失の評価を記載して下さい。)		%	2-4 
1 国内の他の原子炉を利用する	33%	126	
2 外国の原子炉を利用する	15%	59	
3 他の代替手法(加速器等の中性子発生装置)に切り替える	23%	87	
4 研究は中止する	21%	79	
5 その他	8%	30	

設 問 内 容	回答数	結 果 の 分 布
2-5 (2-2で”発展しない“と答えた方のみ回答してください) その理由は何だと思えますか？ (選択したものについて、出来ればその詳細を記載して下さい。) 1 その分野では研究炉を用いた手法は収束する 2 他の代替手法の方が優れている 3 その他	2-5 発展しない (3%) 内訳 	
設問3 研究用原子炉の利用で継続的にニーズがあるか、あるいは今後発展するものは何だと思えますか。 (複数選択可)また、その理由ないし見通しを出来るだけ詳しく記載して下さい。 1 中性子照射利用 1.1 放射化分析 1.2 フィッション・アルファ・トラック 1.3 ラジオアイソトープまたは放射性核種の生産 1.4 核化学(ホットアトム、アクチノイド化学、放射化学分離等) 1.5 照射損傷研究 1.6 放射線測定器の開発 1.7 放射線生物学 1.8 原子炉燃料・材料照射試験 1.9 シリコンドーピング 2.0 その他	% 900 	設問3 原子炉の利用 ニーズ  1:48% 中性子照射 2:28% 中性子ビーム 3:16% 原子炉特性・研究開発 4: 7% 教育・訓練 5: 1% その他

設 問 内 容			回答数	結 果 の 分 布
2 中性子ビーム利用	2		% 521	設問 3 原子炉の利用ニーズ
2.1 中性子散乱			24% 124	
2.2 中性子ラジオグラフィー			21% 109	
2.3 即発γ線分析			14% 74	
2.4 医療照射			38% 196	
2.5 その他			3% 18	
3 原子炉の特性・新型原子炉の開発	3		% 293	1:48% 中性子照射 2:28% 中性子ビーム 3:16% 原子炉特性・研究開発 4: 7% 教育・訓練 5: 1% その他
3.1 燃料照射			19% 57	
3.2 安全性研究			30% 87	
3.3 新型炉開発			21% 61	
3.4 バックエンド研究			30% 88	
4 教育・訓練			133	
5 その他			12	

設 問 内 容

回答数

結 果 の 分 布

設問4 研究用原子炉を利用することによって得られる重要な点としては、他の装置(加速器、計算機によるシミュレーション解析、シミュレータなど)では経験できないさまざまな現象を体得できることにあります。例えば、シミュレータは、予め解析可能な計算式に基づいて製作されているために、機器が正常状態の場合の訓練には、有効であるが、異常状態になった時には、シミュレータでは予想し得ない事象になることが有り、実際の現象と食違うことが推定されます。また、実体験でないために、そこで学んだ経験は、実体験ほどには、切羽詰まったものになり得ません。

即ち、頭で理解できたとしても、体で覚えていない状態になり、応用面になった時には、非常に弱くなります。このような点より、諸外国、特に先進国では研究炉での基礎研究と体験による知識をベースにして、動力炉に向けて開発を進めている。日本においては、原子炉は安心して運用される必要があるため、諸外国と同様に、研究炉で十分に体験して、動力炉の開発、運用に臨むことが重要であり、研究炉は是非必要であると言う意見から、日本の場合、原子力については、成熟段階に達しているので、研究炉の使命は、ほぼ達成され、シミュレータと実際の動力炉で経験を積めば十分であるという意見などが有ります。

あなたはどちらのご意見ですか、理由を付して回答して下さい。

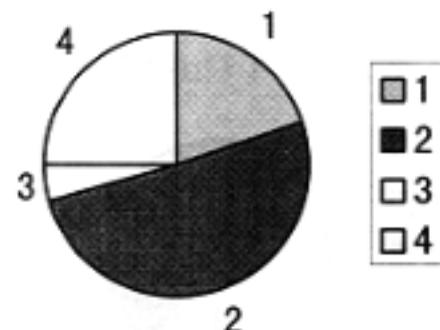
1 研究用原子炉による体験は必要である。

2 研究用原子炉による体験もシミュレータによる経験もお互いに補完し合うところがあるので両方必要である。

3 研究用原子炉での体験は不要である。シミュレータなどの経験があれば十分である。

4 わからない。

設問 4



97 1:20% 原子炉体験が必要

249 2:51% 体験とシミュレータ経験共に必要

22 3: 4% シミュレータ経験だけで十分

123 4:25% 分からない

設 問 内 容	回答数	結 果 の 分 布
設問5 現在日本にある研究用原子炉は、日本原子力研究所所有のもの(JMTR,JRR-3,JRR-4など)、国立大学所有のもの(KUR,KUCA,弥生炉)、私立大学所有のもの(立教炉、武蔵工大炉、近畿大炉)、民間企業所有のものなどがあります。それらはそれぞれ特色のある利用がされてきましたが、その多くは過去の経緯のままに存在していて、現在経営困難などの問題を抱えるようになったものもあります。またその一方では、研究用原子炉は新しいニーズに対応することも要求されています。このような状況に対応するためには、現有の研究用原子炉を見直して適正に配置し、かつ有効に利用することが新たに必要になっています。ここでは、各カテゴリーの原子炉についてどのようにすべきか、これまで議論されてきた内容を列記しますので、あなたの意見に近いものを選択して下さい。		5-1 1 2 3 4 5
5-1 私立大学炉は経済的・社会的になんらかの困難に直面していますが、今後どのようにすべきと考えますか？	119	1:22% 社会的に支援
1 私立大学炉はまだ利用できる状態であり、必要であるので、これまでのように維持・管理を所有者の負担にまかせるのではなく、全社会的な視点で支援すべきである。	92	2:17% 収束すべき
2 私大炉はまだ利用できるが、経済的・社会的な問題で運転継続することは無理が大きい。大きな問題が発生しない内に収束させるべきである。	70	3:13% 終結すべき
3 私大炉はこれまで重要な役割を果たしてきたが、その役割はほぼ終わったと見られるので、終結させることが望ましい。	204	4:39% 社会的支援により、より活性化
4 研究用原子炉は、国民が放射線・原子力を正しく理解して対応することができるようになるための教育的なインフラストラクチャーとしても重要である。私大炉程度の小型炉はその目的に相応しい規模であるので、社会的な支援を行ってより一層活性化させるべきである。	50	5: 9% その他
5 その他		
5-2 国立大学所属の研究炉は、私大炉に比べれば経営上の困難は相対的に小さいと云えますが、近年の予算削減の影響は深刻です。そのような中で国立大学研究炉はどのような方向を目指すべきと考えますか？		5-2 1 2 3
1 大学の炉では、新しい研究への着想を尊重し、萌芽的段階にある研究を育み、分野横断的研究或いは学際的研究を促進し、研究と教育の統一を図る等の理念の基に運営されてきた。このような観点は引き続き必要であり、また大型炉を有効に生かすことから、中型・小型の大学炉が存在する必要性は大きい。	334	
2 前項のような理念は工夫をすれば日本原子力研究所(原研)の運営する研究炉を利用することによっても満たされるはずである。大学の運営上で厄介な問題があるのなら、それらの運転を止めて、原研の炉の利用を考えるべきである。	117	1:67% 大学炉は大いに必要
3 その他	42	2:24% 大学炉は止めて原研炉利用 3: 9% その他

設 問 内 容	回答数	結 果 の 分 布
5-3 日本原子力研究所が所有している研究炉は日本の研究炉の中では最も規模の大きいものであり、今後とも研究炉利用の中心的な存在となると考えられます。しかし、原研炉といえども全てをカバーしているわけではありません。例えば、ラジオアイソトープ供給・中性子利用分析の支援など市場性のある利用や、医療照射・動植物照射など医学的な利用では広範な利用に制約があるものがあります。これについて、どのように考えますか。 1 原研炉は研究を目的に設置されているので、それ以上の機能を求めるべきではない 2 原研炉は、時代の要請に合わせて、市場性志向を強めた利用や医学利用も積極的に行うようにすべきである 3 市場性志向の強い利用や医学利用などは、設置目的をそのように定めた新組織によって行うことが望ましい 4 その他	38 267 173 26	5-3 原研炉の役割 1: 8% 現状の機能で十分 2: 53% 市場性に合わせて積極的に機能拡大 3: 34% 設置目的に合わせて新組織を 4: 5% その他
5-4 これまで私大炉、国立大学炉、原研炉、民間炉などの役割分担が必要であるとされ、実際有る程度自立的に分担が成立していました。しかし研究炉をとりまく現在の状況では、この役割分担をより明確にして各研究炉間の利用調整や連携をはかることがますます必要になっています。そのような連携はどのような考え方で進めるべきと考えますか？ 1 研究炉を所有する組織の責任に全てを委ねるというこれまでのやり方は成り立たなく成っている。現在の研究用原子炉の困難は社会的に共通の背景を持ったものであるので、国が責任を持って面倒を見るようにすべきである。 2 私大炉を主とする古い研究炉は、いずれ廃炉を検討する段階にはいるが、既に経営上・社会上の困難を抱えている。無理をしないで運転を停止し、国によって管理されている少数の原子炉に利用を集中させて効率化をはかるべきである。 3 使用済み燃料の処理、廃炉などの問題は今後必ず解決されなければならないものであることを前提として、研究炉の将来計画を積極的に考えるべきである。そのために、現在の研究炉の利用・調整を促進するための協議会のようなものが必要である。 4 前項と同様であるが、単なる協議会でなく、制度的・財政的な裏付けをもった組織体を作り、そこで現在困難を抱えている研究炉の面倒をみるようにすべきである。 5 その他	% 16% 20% 28% 32% 4% 84 106 145 171 21	5-4

設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
設問6 新しい研究用原子炉の必要性について			
6-1 新しい研究用原子炉(現有の原子炉の改造も含む)は必要だと考えますか？			6-1 新 研究炉の必要性
またその理由は？			
1 必要である	1	% 313	20% 62% 18% 62% : 必要である 18% : 必要でない 20% : 分からない
1.1 ニーズ(例Mo-99生産)を満たしていないから		16% 76	
1.2 マシンタイム・ビームポートが足りないから		17% 83	
1.3 現有の原子炉は制度上・ 利用上の制約があって有効に拡張・展開出来ないから		20% 95	
1.4 利用可能な原子炉が近くに無いから		6% 31	
1.5 原子炉が経年劣化しているので、更新する必要があるから		34% 164	
1.6 その他		7% 32	
2 必要でない	2	% 91	
2.1 原子炉自体必要でない		8% 7	
2.2 現有の原子炉を整備して有効利用すればニーズを賄える		89% 80	
2.3 その他		3% 3	
3 分からない		103	

設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
6-2 (前問で“必要である”と答えた方のみご回答ください)			6-2
どのような原子炉が必要だと考えますか？ また必要である理由を記載して下さい。		%	
1 一般公衆の教育効果が見込まれる程度のもの(数kW)	6%	28	
2 立教炉、武蔵工大炉(200kW)程度の、放射化分析・フィッシュントラック分析、医療照射などが行えるもの	26%	115	
3 ラジオアイソトープ供給が行える規模のもの(数MW)	17%	78	
4 中性子ビーム実験を行えるような大型炉(JRR-3並、20MW)	16%	75	
5 材料の照射試験を行えるもの(JMTR程度以上)	11%	49	
6 100MW程度の高中性子束炉	10%	47	
7 医療照射専用炉(500kW程度)	10%	48	
8 その他	4%	18	
6-3 その新しい原子炉は地域的にどこに設置されることが望ましいと考えますか？		%	6-3
1 北海道地区	8%	30	
2 東北地区	7%	26	
3 関東地区	30%	102	
4 中部地区	8%	30	
5 関西地区	17%	59	
6 中国・四国地区	6%	23	
7 九州地区	8%	27	
8 その他	16%	58	

設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
設問7 将来の中性子源として、原子炉より加速器中性子源の方が良いという考えがあります。これについてのご意見を伺います。1,2,3のいずれかを選択し、かつその理由として適切なものを選択または記載して下さい(複数可)。			
1 加速器中性子源の方が良い		% 107	設問 7
1.1 原子炉は規制が厳しくて維持費が高い		36% 38	
1.2 原子炉はバックエンド対策が大変である		22% 24	
1.3 大型加速器中性子源の方がより強力な中性子が得られる		29% 31	
1.4 その他		13% 14	
2 原子炉の方が良い		% 199	1:14% 加速器の方が良い 2:25% 原子炉の方が良い 3:49% 両者の議論はできない 4:12% 分からない
2.1 安定なバルク中性子源として原子炉は加速器に優る		33% 70	
2.2 高強度加速器中性子源は中性子発生ターゲットなど未解決の技術要素も含んでいて、安定性や稼働率など実証されていない		11% 24	
2.3 大型加速器は運転のために大量の電力を消費するが、原子炉は電力消費は少ない		16% 33	
2.4 研究用原子炉に関わる厳しい過剰規制は別途解決すべき問題であり、そのことをもって研究用原子炉の問題点とすることは間違っている		34% 72	
2.5 その他		6% 12	
3 加速器中性子源と研究用原子炉との優劣を議論することは出来ない		% 384	
3.1 どちらも必要である		34% 133	
3.2 双方、中性子源としてだけでなく、加速器、原子炉として固有の教育効果、技術開発要素がある		34% 129	
3.3 中性子源としての使い勝手が基本的に異なる		27% 102	
3.4 その他		5% 20	
4 わからない		91	

設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
設問8 現存する研究炉の運営は、維持管理・燃料の処分・原子炉の廃炉に至るまでの全ての行為が、それぞれの設置者の責任においてなされています。しかし、設置当時に比べて規制が著しく厳しくなっている結果、特に私大炉では経営や社会的な責任などの負担に耐えきれなくなっています。それだけでなく、国立大学炉や原研炉も相互に連携のとれた運営が必要であるという意見も多くなっています。それを可能にするものとして、「原子炉機構」(仮称)のような組織体を作って現有および将来の原子炉を統括して支援するという考えがあります。これについて伺います。 8-1 「原子炉機構」(仮称)のような支援組織は作るべきであると考えますか？ 1 作るべきである 2 そのようなものは不要である 3 分からない 4 その他の意見		315	8-1 原子炉機構(仮称)の必要性 64% : 作るべきである。 10% : 不要である。 23% : 分からない 3% : その他の意見
8-2 (前問で“作るべきである”を選択した方のみご回答ください)			8-2
「原子炉機構」(仮称)の役割はどのようなものと考えますか？	%		
1 国内の研究用原子炉の出来るだけ多くを取り込んで、その運営全般を引き受ける	43%	140	
2 主として、現存の私大炉と将来新設されるかも知れない研究炉を統合して支援する	13%	41	
3 現存の研究炉の所属は現状のままとするが、私大炉の管理・運営を資金面・人的資源において支援する	16%	53	
4 現存の研究炉の所属は現状のままとし、それらの連携と利用者の効率的な調整を行う	24%	79	
5 その他	4%	13	8-3
8-3 「原子炉機構」(仮称)の組織形態はどのようなものと考えますか？	%		
1 研究用原子炉は国家的な視野で支援すべきであるので、国の法人とすべきである	49%	160	
2 国と産業界が同程度の寄与をする法人とすべきである	35%	116	
3 産業界が中心となり、国が部分的に支援する第3セクターが良い	11%	36	
4 その他	5%	18	

設 問 内 容

回答数

結 果 の 分 布

設問9 現在研究用原子炉で使われているウラン燃料はアメリカから買い取ったものですが、使用済み燃料を処理する設備が日本にはありません。アメリカは使用済み燃料を引き取ることを約束していますが、その実施の時期が限定されており、将来的にも引き取りが保証されているわけではありません。このような状態は日本の原子力基礎研究の発展のために望ましくないので、国内技術をもって自立すべきだという見方があります。このことに関連して、下記のどの意見に賛成ですか？

- 1 研究用原子炉の燃料の取り扱い、日本の技術で全てまかなうべきである。
- 2 日本に技術力があっても、核拡散防止の視点を重視して、その技術の行使は控えるべきである。
- 3 わからない。
- 4 その他の意見

%

58%

286

17%

80

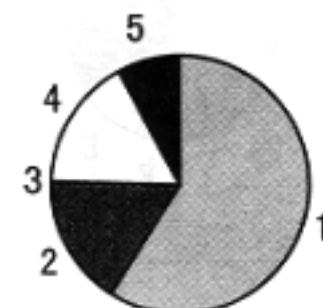
17%

81

8%

37

設問 9



設問10 現在国内にある研究用原子炉の多くは建設以来20-30年を経過しておりいずれは廃炉されなくてはなりませんが、廃炉周辺(使用済み燃料の処理も含めて、バックエンドと呼んでいます)に関わる指針は技術的にも法的にも整備されていません。このことに関連して、下記のどの見解に賛成しますか。

- 1 スクラップ・アンド・ビルドによって研究炉を更新しつつ利用展開をはかっていくべきであるので、バックエンドの指針を早期に確立すべきである。
- 2 現存の研究用原子炉の後始末だけ出来るようなバックエンドの指針を立てて、収束をはかるべきである。
- 3 現存の研究用原子炉は、特に廃炉にせず、現状のまま保管する。
- 4 その他

%

78%

376

14%

69

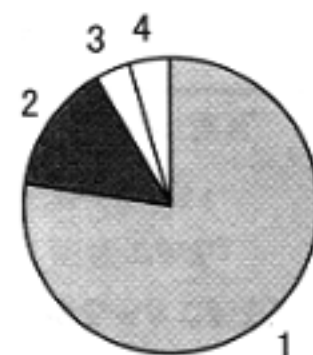
4%

20

4%

21

設問 10



設 問 内 容

回答数

結 果 の 分 布

設問12 最後にあなたのお立場を伺います。

12-1 該当する所属組織に○をつけて下さい。

1 教官

%

1. 教官の専門分野

233

38

51

125

15

4

29

49

39

10

2 学生

3 国立の職員

3.1 国立の研究所の研究員

3.2 国立のその他の職員

4 電力の社員

4.1 電力会社の研究員

4.2 電力会社のその他の社員

5 原子力機器メーカー

5.1 原子力機器メーカーの研究員

5.2 原子力機器メーカーのその他の社員

6 原子炉の管理・運転に従事する職員

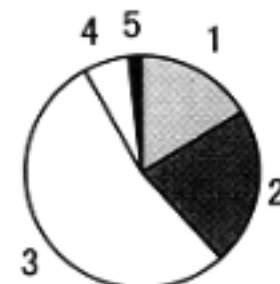
7 上記以外の原子力関係の社員

8 その他

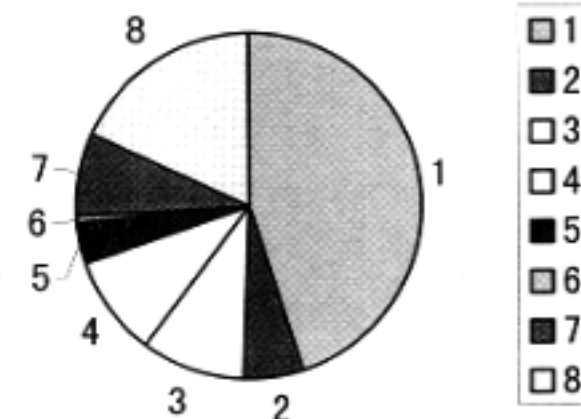
8.1 特に研究等に従事していない市民

8.2 報道機関、出版業など

8.3 その他



12-1 所属別



1:44% 教官

2: 6% 学生

3:10% 国立の職員

4:10% 電力の社員

5: 4% 原子力機器メーカー

6: 1% 原子炉管理・運転者

7: 8% 上記以外の原子力関係者

8:17% その他

設 問 内 容		回答数	結 果 の 分 布
12-2 所属する主な学協会（複数記入可）		58	12-3 
12-3 年齢層	%		
1 20歳代	7%	33	
2 30歳代	12%	60	
3 40歳代	27%	136	
4 50歳代	34%	179	
5 60歳代	17%	93	
6 70歳代以上	3%	14	
12-4 専門領域・研究課題		406	