

平成 10 年度

原子力研究開発利用長期計画の予備的検討
に関する調査報告書
(資料編)

平成 11 年 3 月

社団法人 日本原子力産業会議

目 次

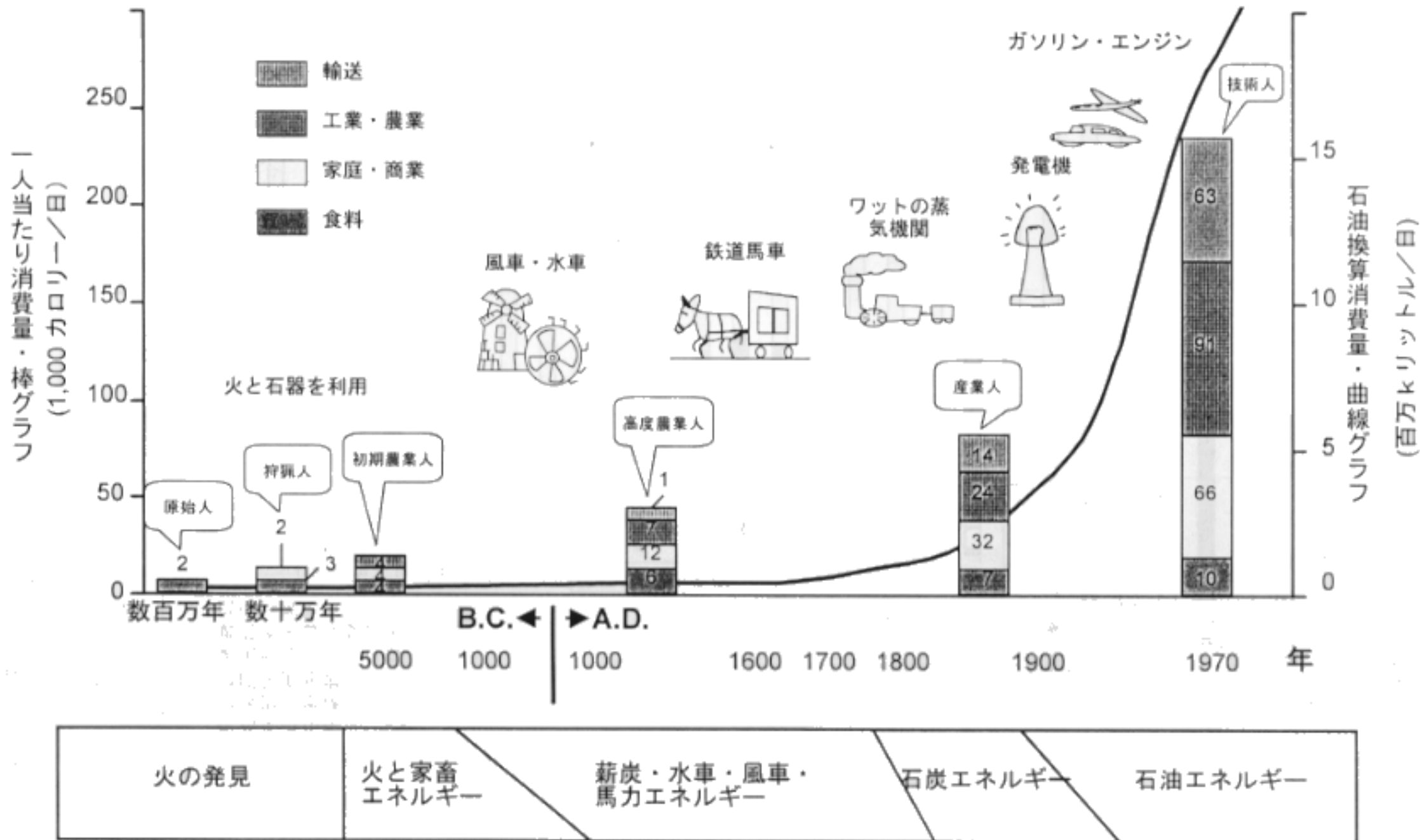
- 資料 3.1-1 人類とエネルギーのかかわり
- 資料 3.1-2 一次エネルギー供給量
- 資料 3.1-3 最終エネルギー消費量
- 資料 3.1-4 原油輸入量及び中東依存率
- 資料 3.1-5 二酸化炭素排出量
- 資料 3.1-6 長期計画の変遷
- 資料 3.1-7 長期計画各分野の進捗状況、課題等
- 資料 3.1-8 原子力の全体像
- 資料 3.1-9 新長期計画(原子力発電、核燃料サイクル)

- 資料 3.2-1 原子力発電による電力量と設備利用率(商業用炉)
- 資料 3.2-2 発電設備容量(一般電気事業用)
- 資料 3.2-3 発電電力量(一般電気事業用)
- 資料 3.2-4 原子力発電所建設コスト

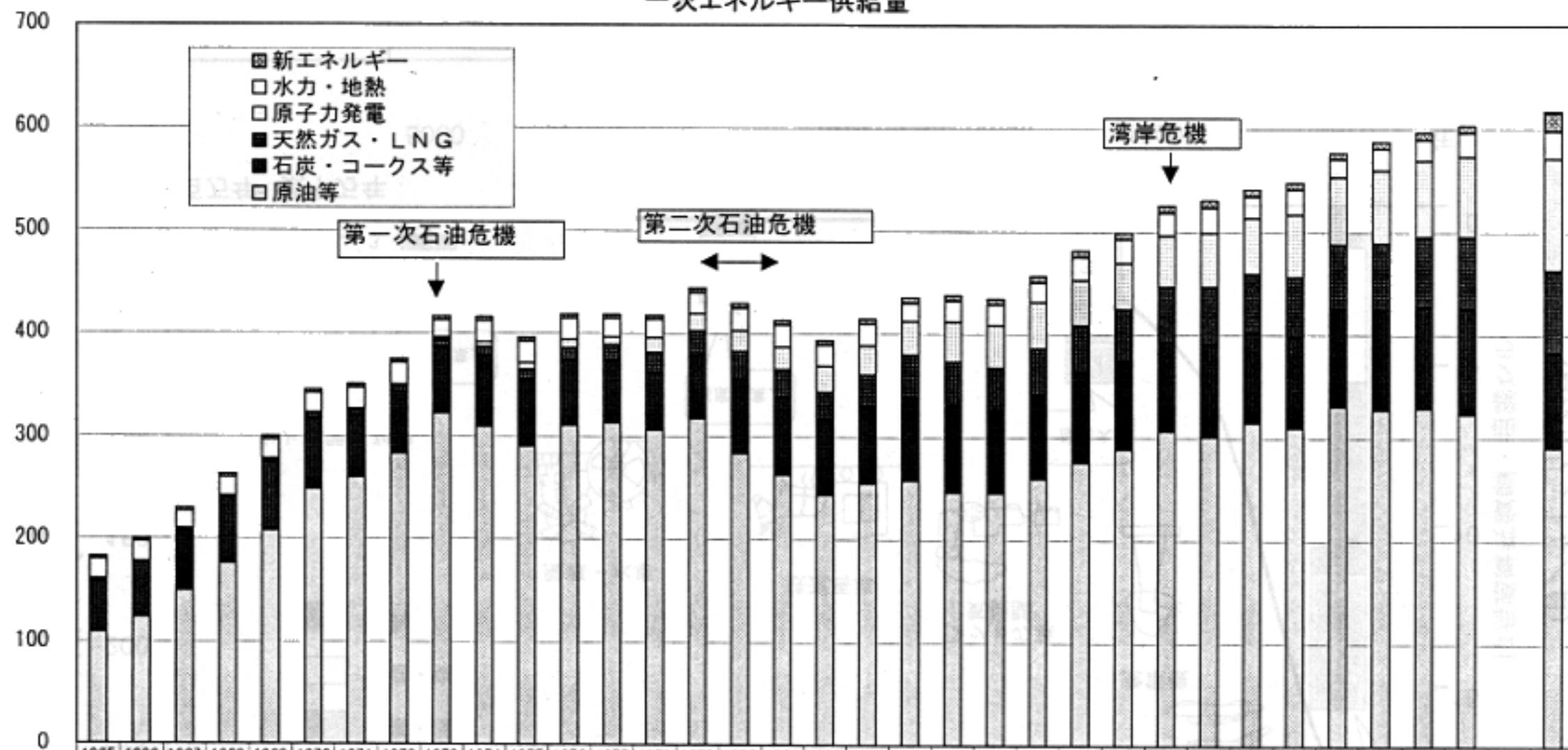
- 資料 3.3-1 FBRサイクルシステムに係る研究開発の総括について
- 資料 3.3-2 実証炉開発の経緯について
- 資料 3.3-3 電中研におけるFBR金属燃料サイクルの研究の現状について
- 資料 3.3-4 原研における高速炉開発の現状
- 資料 3.3-5 原研における群分離・消滅処理の研究開発
- 資料 3.3-6 実用化戦略調査研究の進め方について
- 資料 3.3-7 整合性ある原子力システムの核燃料サイクル概念とその開発に向けた検討
- 資料 3.3-8 「もんじゅ」の役割とその意義について

- 資料 3.5-1 先端的研究開発の現状と将来

- 資料 3.7-1 原子力政策円卓会議における情報開示に関する議論
- 資料 3.7-2 原子力政策円卓会議におけるエネルギー教育に関する議論
- 資料 3.7-3 教育指導要領(抜粋)



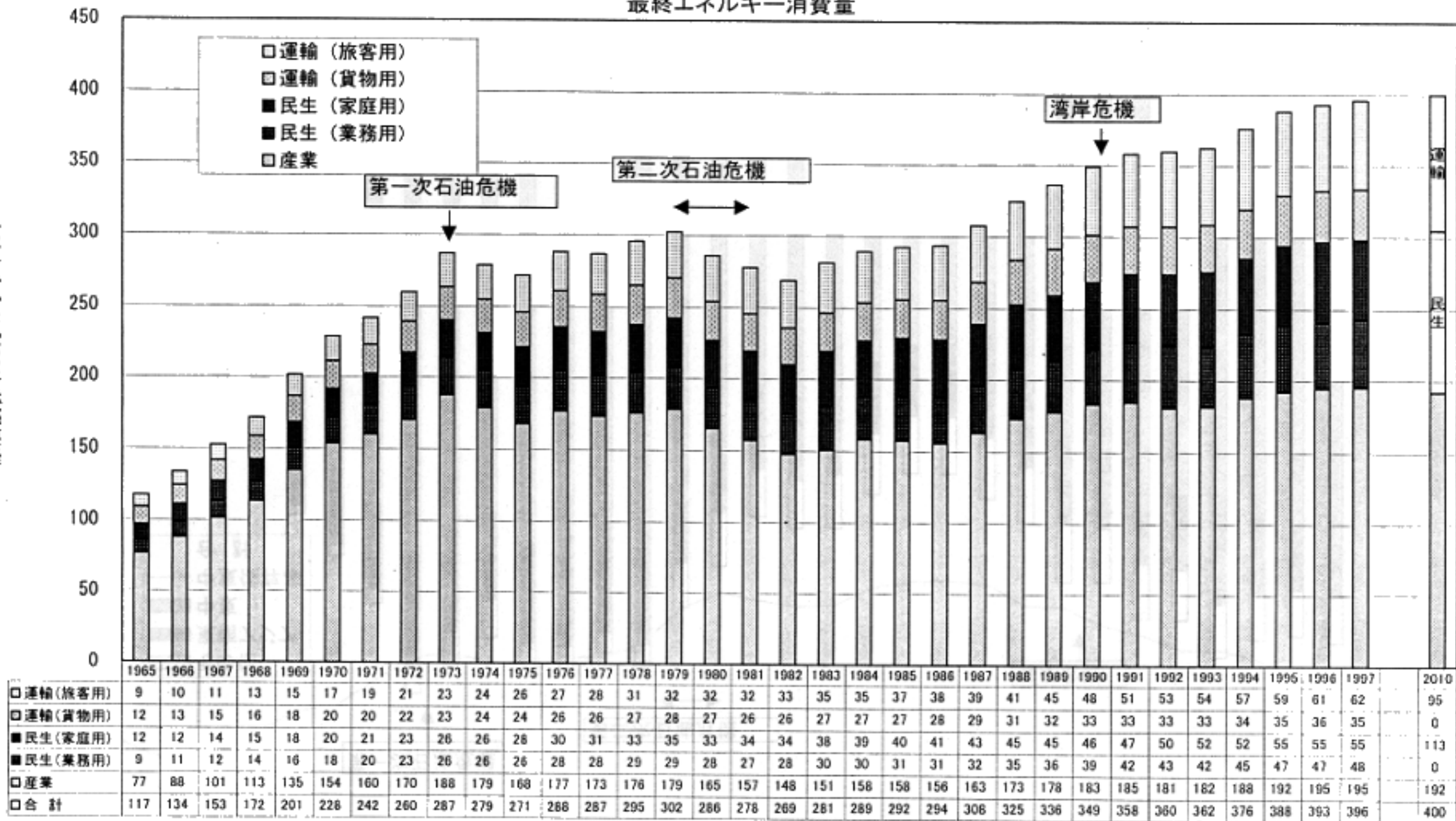
一次エネルギー供給量

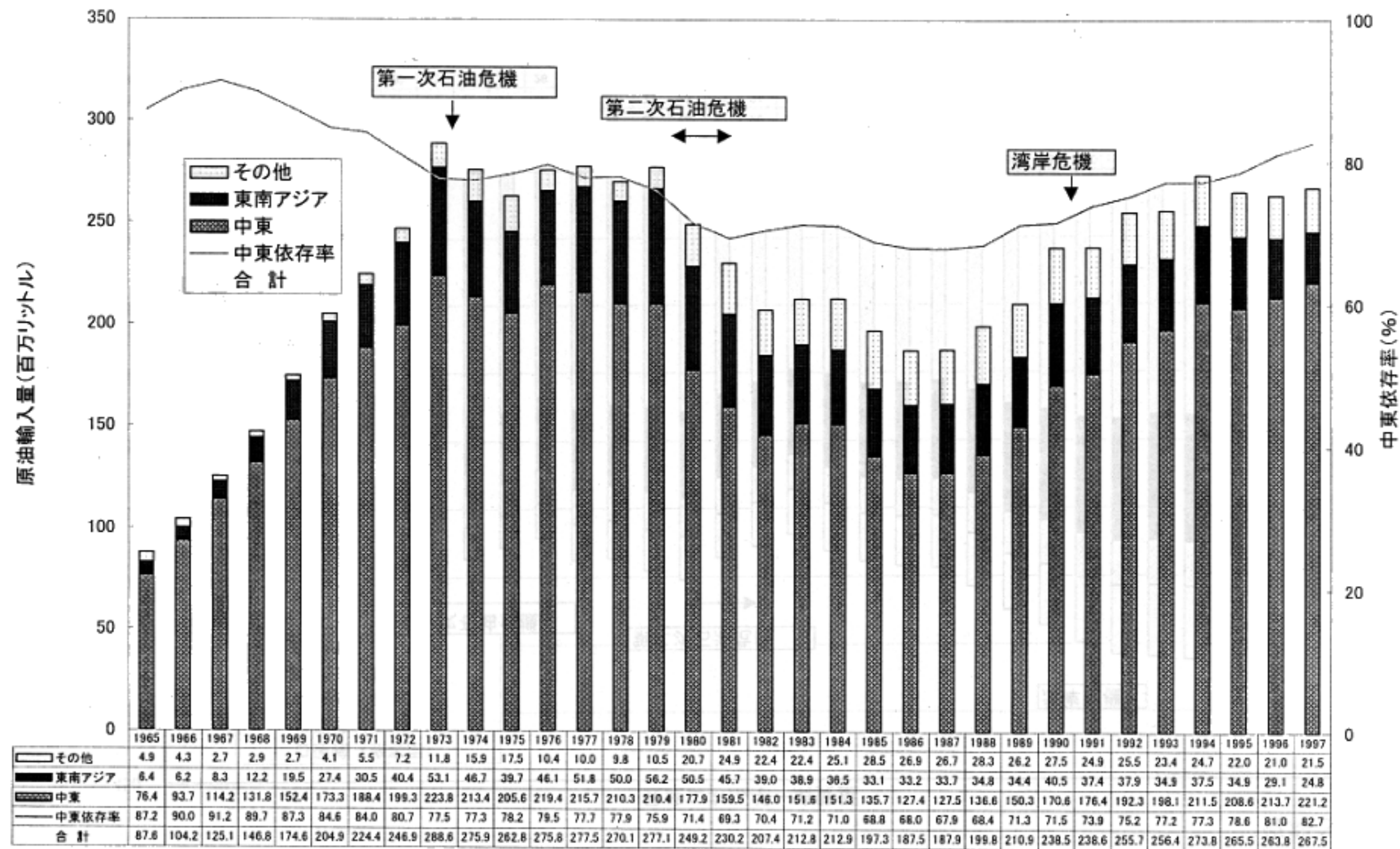


	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	2010
新エネルギー	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	6	6	7	7	7	19
水力・地熱	19	20	17	19	19	19	21	21	17	21	21	21	18	18	21	22	22	21	21	18	21	20	19	23	23	23	25	21	24	17	21	21	24	27
原子力発電	0	0	0	0	0	1	2	2	2	5	6	8	8	14	17	20	21	25	28	33	39	41	46	43	44	49	52	54	61	65	71	74	78	108
天然ガス・LNG	2	2	2	3	3	4	4	4	6	8	10	11	15	19	23	26	26	27	31	40	41	43	44	46	50	53	56	57	59	62	64	68	70	80
石炭・コークス等	49	51	58	62	67	69	60	60	64	69	65	63	60	56	61	73	76	73	75	82	85	79	82	87	86	87	90	87	88	95	97	98	102	92
原油等	109	124	149	176	208	249	260	283	322	310	290	311	313	306	318	284	263	244	255	258	247	246	260	276	289	307	301	315	310	331	328	329	324	291
合 計	183	200	230	263	300	346	351	375	417	416	396	419	419	418	444	429	413	394	415	436	438	435	457	481	499	526	531	541	548	577	588	597	604	616

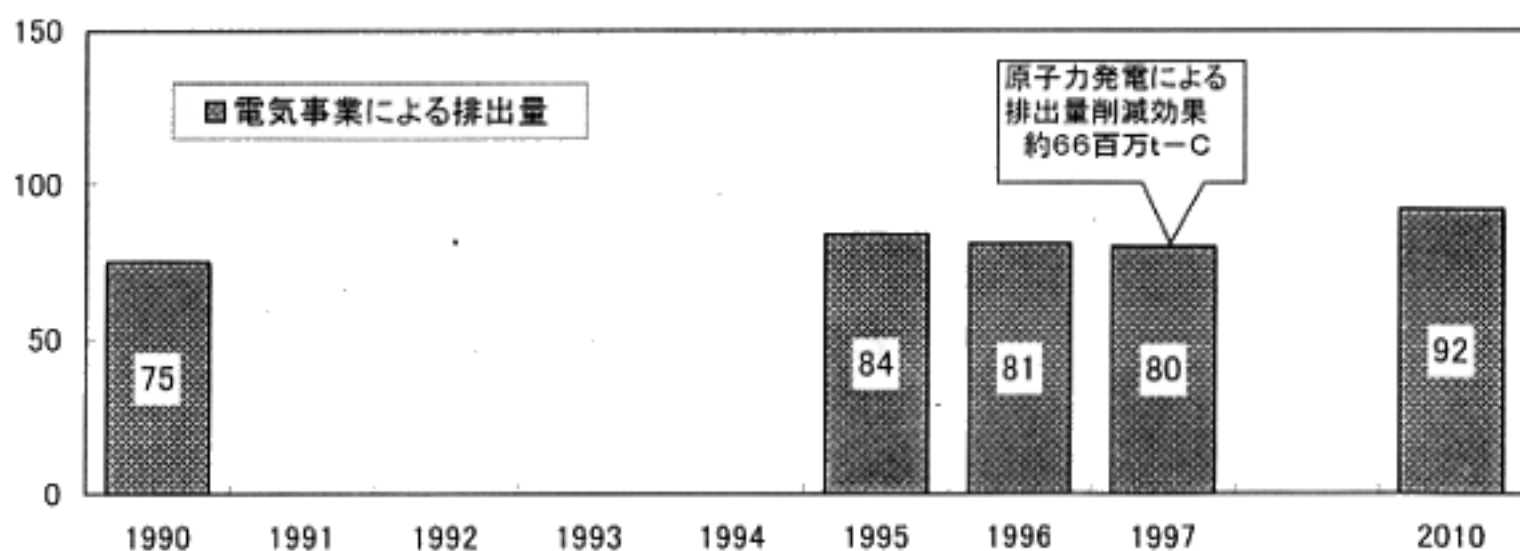
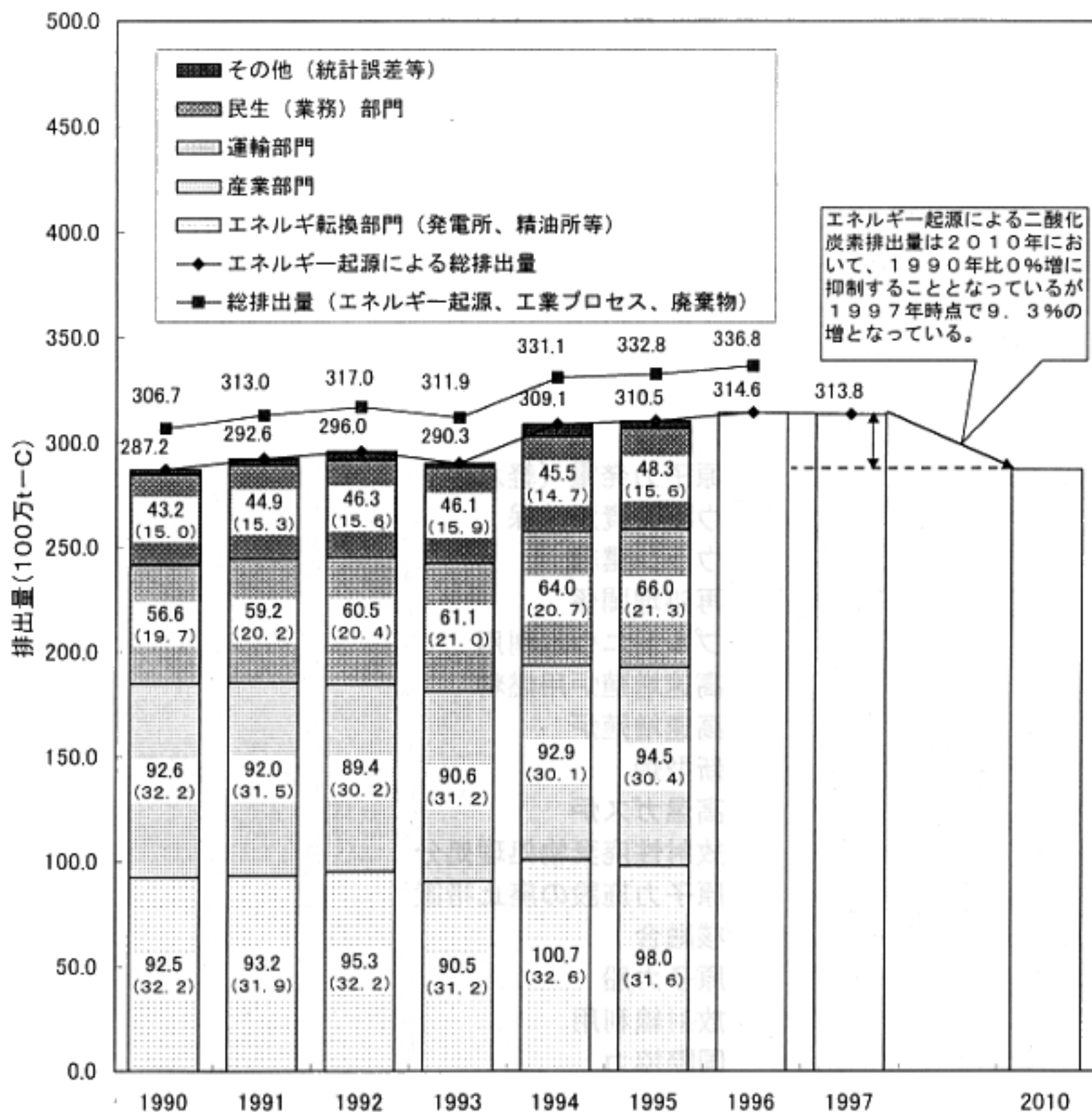
最終エネルギー消費量

原油換算(100万キロリットル)





二酸化炭素排出量



総 論：長期計画の対象期間

	▽1955年(昭和30年)	▽1965年(昭和40年)	▽1975年(昭和50年)	▽1985年(昭和60年)	▽1995年	▽2000年	▽2005年	▽2010年
S31 長計								
S36 長計	1961 —————→	1970 —————→	1980 —————→					
S42 長計		1967 —————→	1977 —————→	1985				
S47 長計		1972 —————→	1982 —————→	1992 —————→				
S53 長計			1978 —————→	1988				
S57 長計			1982 —————→	1992 —————→				21世紀
S62 長計				1987 —————→	2000 —————→			21世紀
H6 長計					1994 —————→			2010 2030 —————→

————— : 計画期間 ————— : 展望期間

総 論：原子力開発利用の意義

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	【資源】 ○我が国のエネルギー供給の問題を解決 【産業】 ○産業の急速な進展を可能にする 【科学技術】 ○学術の進歩をもたらす 【国民福祉】 ○国民の福祉の増進をもたらす	【資源】 ○エネルギー供給の安定化、多様化に重要な役割 【産業】 ○ORI 及び放射線利用は広範かつ多岐にわたり、産業発展に及ぼす影響が大 ○原子力開発の推進は多くの面で産業経済の基盤を拡大強化 【科学技術】 ○原子力は技術革新の大きな担い手	【資源】 ○エネルギー供給の将来における有力な担い手 【産業】 ○産業構造の高度化に大きく寄与 【科学技術】 ○技術革新に大きな役割 ○科学技術水準の向上に大きく寄与 【国民福祉】 ○国民生活の福祉に大きく寄与	【資源】 ○エネルギー供給の安定化に大きく貢献 ○今後の研究開発によりエネルギーコストを低減させる期待 【産業】 ○産業構造の高度化に多大な貢献を期待 【科学技術】 ○科学技術水準の向上に多大な貢献を期待 【環境】 ○生活環境の保全に必要なきれいなエネルギーを供給する可能性
実施状況				

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	【資源】 ○原子力は、石油代替エネルギーの中心的役割を担う重要なエネルギー源 【産業】 ○産業構造の高度化等の波及効果 ○社会経済の発展に大きく寄与 【科学技術】 ○科学技術水準の向上等の波及効果 【国民福祉】 ○国民の生活水準の維持向上に大きく寄与 【国際】 ○我が国の自主性の確保と国際協力の推進	【資源】 ○原子力は発電コスト面でも相当廉価、燃料コストの変動影響も小さい。核燃料サイクルの確立により高い供給安定性 ○我が国のエネルギーセキュリティの確保 【産業】 ○ORI 及び放射線は、工業、農業、医療等の分野で利用 【科学技術】 ○科学技術水準の向上に大きな役割 ○次代の創造的科学技術の育成 【国民福祉】 ○国民生活の向上に大きな貢献が期待 【国際】 ○世界の核不拡散体制の確立に貢献	【資源】 ○我が国のエネルギー供給構造の脆弱性の克服に貢献する基軸エネルギー ○世界的なエネルギー供給の安定化に貢献 ○経済性、供給安定性等に優れている 【科学技術】 ○基礎的研究の飛躍的促進に有効 ○広範な科学技術の水準向上のための牽引力 ○知的資産の形成に貢献 【環境】 ○地球温暖化等環境影響が小さく、大気汚染物質を軽減 【国際】 ○原子力開発利用推進の牽引車として国際社会に貢献 ○世界の核不拡散体制の維持・強化に貢献	【資源】 ○我が国のエネルギー供給構造の脆弱性の克服に貢献する基軸エネルギー ○人類のエネルギー供給源の選択肢の拡大 ○リサイクル文明の創造 【科学技術】 ○広範な科学技術の水準向上に貢献 ○知的資産の形成に貢献 【国民福祉】 ○豊かで潤いのある生活の実現のため役割が増大 【環境】 ○地球温暖化防止などに有効 【国際】 ○資源問題、地球環境問題の観点からの国際社会の安定化 ○解体核物質の平和利用による国際社会の安定化
実施状況	1974 年：第一次オイルショック 1977 年：カーター米大統領の核不拡散政策	1979 年：第二次オイルショック		1991 年：旧ソ連の解体による冷戦構造の崩壊

各 論：原子力発電（軽水炉）

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年 (1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○相当規模の動力炉敷基をできるだけ速やかに海外に発注する	○1960 年代にわが国で実用化が進められるのは、 <u>ガス冷却炉</u> 及び <u>軽水冷却炉</u> と考えられる ○ <u>実用規模 2 号炉は軽水冷却型</u> が適当であるが、その選定は慎重に行う必要がある ○1960 年代に <u>2 号炉以降更に 3 基程度の設置</u> が期待される	○ <u>1985 年以降は原子力発電が電源開発の主力となる</u> ○原子力発電規模 1975 年： 6 百万 k W 1985 年： 3 0 百万 k W～ 4 0 百万 k W ○1970 年代後半には石油火力と同等またはそれ以上の経済性を有すると予想	○新発電源開発は <u>火力</u> および原子力が主流となる ○原子力発電規模 1980 年： 3 2 百万 k W 1985 年： 6 0 百万 k W 1990 年： 1 0 0 百万 k W ○現在 5 0 万 k W が運転中であるが近く 1 0 0 万 k W の建設が着手される見込みであり、昭和 50 年代後半(1980～1985)には 1 5 0 万 k W クラスが実用化される ○経済性の観点では <u>1980 年代前半頃</u> から原子力は火力と競合しうる
実施状況		1963 年：原子力委、国産動力炉を重水減速型に決定 1966 年：原電東海発電所運転	1970 年：原電敦賀運転 関電美浜 1 号機運転 1971 年：東電福島 1 号機運転	

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○ <u>原子力発電は他の電源に勝るとも劣らぬ経済性を誇つ</u> ○原子力発電規模 1985 年： 3 3 百万 k W 1990 年： 6 0 百万 k W ○ <u>改良標準化計画</u> について、信頼性・稼働率の向上、被ばく低減、保守点検作業性の向上を目的として、 <u>1975 年から進め 1977 年に第一次改良・標準化が終了</u> ○ <u>1980 年までに信頼性向上・検査の効率化等を目的とした第二次改良標準化を進める</u>	○原子力発電は <u>将来における発電の主流</u> となることが期待される ○原子力発電規模 1990 年： 4 6 百万 k W 2000 年： 9 0 百万 k W ○ <u>1985 年を目標に、負荷追従を可能とする高性能燃料の開発、検査機器等の自動化、遠隔操作化等を内容とした第 3 次改良標準化を進める</u>	○原子力発電規模 2000 年： 5 3 百万 k W 2030 年： 1 0 0 百万 k W ○ <u>高転換軽水炉は当面は概念の成立性の技術的評価に関する研究を行い、その後経済性を含めた総合評価を行う</u> ○ <u>固有の安全性</u> については、軽水炉技術に適用できる点があるか検討を進める	○原子力発電規模 2000 年： 4 5. 6 百万 k W 2010 年： 7 0. 5 百万 k W 2030 年： 1 0 0 百万 k W ○軽水炉の高度化のため ・故障・トラブルの再発防止 ・定期安全レビュー ・高経年原子炉対策 ・シビアアクシデント対策等の予防保全活動を行うとともに、 ・ヒューマンファクター対策 ・随率論的安全評価 ・自動化技術の高度化 ・運転管理の高度化 ・プラント全運転期間中の総合的な設備管理方策に取り組む
実施状況	1978 年：第一次改良標準化報告 1981 年：第二次改良標準化報告書	1985 年：第三次改良標準化終了		

各 論：ウラン資源確保

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年 (1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子燃料は<u>極力国内資源に依存し、やむを得ない場合不足分を輸入することとする</u> ○国内資源の探査は地質調査所が概査を、原燃公社がその後の精査を担当し、鉱山の開発は民間に期待するが必要な場合は原燃公社も行う	○地質調査所は引き続き概査を行う ○原燃公社は人形峠および東郷の試験的開発に着手	○わが国のウラン埋蔵総量はわが国の需要を充足することは不可能 ○これまでの探鉱によりわが国の有望地域は明らかとなった ○今後、原燃公社はこの地域を集中的に探鉱し実態を究明 ○ウラン資源の相当程度を開発輸入方式で確保することが望ましい	○国内のウラン埋蔵総量は、今後も飛躍的増加は期待できず、海外に供給源を求めざるを得ない ○海外ウランの長期購入契約等を引き続き促進 ○年間所要量の 1／3 程度は開発輸入により確保することを目途に、民間が主体となってウラン資源の確保を進める ○動燃の基礎調査活動を強化拡充 ○国内ウラン資源の調査、探鉱は1975年度終了を目途に行う
実施状況	1955 年：地質調査所人形峠にウラン鉱床発見 1959 年：天然ウラン供給協定締結（日本・IAEA）	1965 年：原燃公社東郷鉱床発見 1965 年：土岐市にて 1 次原燃発見	1967 年：電力 8 者カナダとのウラン長期契約を締結 1967 年：海外ウラン資源開発株式会社発足 1970 年：動燃人形峠ウラン精製プラント操業開始	

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○必要な天然ウランのほとんど<u>全てを海外に求めざるを得ない</u> ○海外からの長期購入契約を引き続き中心として確保 ○長期的には 1／3 程度を開発輸入により確保することを目標とし、引き続き海外における探鉱開発を行う ○動燃は調査探鉱活動を推進し、民間による開発を促進 ○供給の不安定等に備えるため<u>ウランを備蓄することとし、その進め方を検討</u>	○供給源の多様化にも配慮しつつ、長期購入契約により天然ウランを確保するほか、自主的な探鉱活動を積極的に進める ○自主的な探鉱活動は引き続き動燃が推進するが、<u>民間への引継ぎ方策を検討</u>	○長期購入契約により天然ウランを確保するほか、自主的な探鉱活動を積極的に進めるとともに、鉱山開発への経営参加等を進めていく ○自主的な探鉱活動は引き続き動燃が推進するが、民間への引継ぎ方策を検討 ○燃料加工施設、発電所における貯蔵能力の活用等について検討 ○濃縮で発生する<u>劣化ウラン</u>については将来の利用に備えて貯蔵を行うものとする	○長期購入契約、自主的な探鉱活動、鉱山開発への経営参加等を天然ウランの安定確保に努める ○自主的な探鉱活動は引き続き動燃が推進する
実施状況	1978 年：動燃、カナダ及びオーストラリアに現地法人設立 1984 年：動燃中国での調査開始	1987 年：動燃国内探鉱を終了		1998 年：動燃のサイクル機構への改組に伴い海外ウラン鉱床増益の民間移転または売却が決定

各 論：ウラン濃縮

	昭和31年(1956年) 9月内定	昭和36年(1961年) 2月決定	昭和42年(1967年) 4月決定	昭和47年 (1972年) 6月決定
長期計画の内容		○1960年代は、濃縮ウランは米・国際原子力機関等から供給を受けることになるが、<u>1970年代の後半には一部国産化を可能とする</u> ○ウラン濃縮に関する研究開発を原研（一般的基礎研究）、および原燃公社（遠心分離法）にて進めるが、将来濃縮事業を行う場合は原燃公社が受け持つことが適当	○<u>海外のみに依存することは望ましくなく、わが国で採用すべきウラン濃縮方式を定めるための資料を1975年頃までに得るため、従来から行っている遠心分離法、化学分離法に加えて気体拡散法についても調査・研究を実施する</u> ○遠心分離法については、1975年度までにカスケード試験を行う	○<u>国際共同濃縮事業</u>については1973年までにわが国の方針を決定する ○1980年代に<u>需要の一部国産化</u>を目的に研究開発を推進し、ウラン濃縮技術開発懇談会において研究計画、開発体制等を検討する
実施状況			1969年：理研、ガス拡散法による濃縮試験成功 1969年：動燃、遠心分離法による濃縮実験成功 1970年：原研ガス拡散法の工学研究着手	1974年：原研ガス拡散法カスケード試験装置完成 1974年：動燃遠心分離法カスケード試験開始

	昭和53年(1978年) 9月決定	昭和57年(1982年) 6月決定	昭和62年(1987年) 6月決定	平成6年(1994年) 6月決定
長期計画の内容	○必要な濃縮ウランは全面的に海外に依存しているが、<u>国産化の必要性はますます高まっております、新規需要の相当部分を国内で賄うことが目標</u> ○遠心分離法を引き続き推進し、<u>パイロットプラントの建設・運転を進める</u>（1979年 夏部分運転開始） ○<u>1990年頃までに実用工場を稼働させることを目標とし、その経済性の確認のため実証プラントを建設</u>	○<u>サイクルの自主性を確保するため国産化を進める</u> ○濃縮ウランの<u>国産化は遠心分離法で推進</u> ○商業プラントに先だって、<u>原型プラント(200tSWU)を建設することとし、当面動燃がこれに当たる</u> ○商業プラントは1980年第末までに運転を開始し、<u>1995年頃に1,000tSWU、2000年頃に3,000tSWUの規模とする</u> ○レーザー法は長期的観点から基礎的な研究開発を進める ○化学法は引き続き民間の研究を国が支援する	○今後とも国内におけるウラン事業化を進めていく ○事業化については91年頃の運転開始を目標1,500(tSWU) ○事業独立の目標としては2000年過ぎ：3,000tSWU ○経済性の向上のために新技術の開発を積極的に進める ○<u>新素材高性能遠心機を開発を</u>実用化への見通しを得るよう官民の連携のもと推進する ○<u>レーザー法のうち原子法については1990年頃にその後の推進方策について見直す</u>。化学法については今後の進展を見守りつつ研究開発を進める	○国内におけるウラン濃縮の事業化を進めていく ○2000年過ぎ：1,500tSWU ○それ以降の<u>国産化は、国際動向、経済性、技術の継承等から、規模、時期を判断</u> ○六ヶ所濃縮工場に新素材高性能遠心機の導入を図る ○2000年代前半の導入に向けて遠心機の開発を進める ○レーザー濃縮については、原子法、分子法の研究の継続について2000年頃までに判断 ○化学法の実用化は需要動向等から総合的に判断
実施状況	1978年：原研原子法ウラン濃縮の原理実証に成功 1979年：動燃人形峠パイロットプラント運転開始 1980年：電事連電力主体で商業プラント建設の方針決定	1982年：原研レーザー法による低濃縮成功 1987年：レーザー濃縮組合発足	1988年：原型プラント操業開始 1992年：六ヶ所濃縮工場操業開始 1993年：人形峠にて新素材高性能遠心機カスケード試験開始	

各 論：再処理関係

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長計の内容	○燃料要素の再処理については、 <u>極力国内技術によることとし、原子燃料公社をして集中的に実施</u>	○ <u>将来再処理事業は原子燃料公社に行わせる</u> ○1960 年代後半に完成を目標として <u>原子燃料公社に再処理パイロットプラントを建設し、工業化試験を実施</u>	○動力炉の使用済燃料の再処理については、 <u>国内で行うことを原則</u> ○原子燃料公社による再処理工場の建設（1970 年度完成、1971 年度操業） ○昭和 6 0 年頃には更に年間 1,000 トン程度の処理能力が必要となると見込まれ、 <u>新たな再処理工場が必要であり、民間企業において行われることを期待</u>	○再処理は国内で行うことを原則 ○ <u>動燃において建設中の再処理施設は、1974 年度に操業開始することとなっている</u> ○1977 年度頃にはこの処理能力を上回る見込み ○ <u>動燃施設に続く再処理工場の建設に早急に着手する必要があるが、第 2 工場以降は民間において行われることを期待</u>
実施状況			1966 年：原研再処理試験装置が完成、1968 年には、約 18 g の Pu 分離に成功	1971 年：動燃再処理工場の建設工事着工

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長計の内容	○再処理は国内で行うことを原則 ○ <u>東海再処理施設の運転を通じ、技術の確立を図るとともに、我が国における再処理需要の一部を賄う</u> ○ <u>第二再処理工場の建設、運転は、電気事業者を中心とする民間が行うものとし、昭和 65 年の運転開始を目途に速やかに建設に着手することが必要</u>	○再処理については、 <u>大部分を海外への委託によって対応しているが、再処理は国内で行うとの原則</u> ○ <u>当面年間再処理能力 1,200 トンの民間再処理工場の建設を 1990 年頃の運転開始を目途に促進するとともに、さらに将来の需要の伸びに対応する再処理計画についても今後検討</u>	○再処理は国内で行うことを原則。海外再処理委託については慎重に対処 ○国内における再処理能力を上回る使用済燃料については、 <u>再処理するまでの間適切に貯蔵・管理</u> ○1990 年代半ば頃の運転開始を目途に六ヶ所村で計画が進められている年間処理能力 800 トンの民間第一再処理工場の円滑な建設・運転を推進 ○民間第二再処理工場については、 <u>2010 年頃の運転開始を目途に、技術開発の推進等を総合的に進める</u>	○再処理を国内で行うことを原則とし、海外再処理委託については慎重に対処 ○国内の再処理能力を上回る使用済燃料は <u>エネルギー資源の備蓄</u> として再処理するまでの間適切に貯蔵・管理 ○ <u>現在建設中の六ヶ所再処理工場については、2000 年過ぎの操業開始を目指す</u> ○民間第二再処理工場の建設計画については、 <u>2010 年頃に再処理能力、利用技術などについて方針を決定する</u>
実施状況	1977 年 9 月：動燃再処理工場がパイロット試験運転開始			1993 年 4 月：六ヶ所再処理工場の建設工事着工

各 論：プルトニウム利用

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子燃料の有効利用等の見地からウラン、トリウムおよびプルトニウムについて十分な基礎研究を実施 ○核燃料物質の基礎研究は原研にて実施	○プルトニウムの燃料としての利用は、高速中性子増殖炉が最も有利だが、濃縮ウラン代替利用の研究開発を進める ○プルトニウム燃料の研究は、<u>原燃公社および原研にて特別の研究開発体制</u>を設けて強力に推進 ○1970 年代の前半に熱中性子炉への実用化を目標とする	○高速増殖炉が実用化されるまでの間、核燃料の有効利用の観点から熱中性子炉で利用することを考え、熱中性子炉での利用に関する研究開発を行う ○熱中性子炉での利用は<u>1975 年頃の実用化</u>を目標に、実用炉または新型転換炉の原型炉で実証試験を行う ○プルトニウム累積生産量は、1985 年度までに数十トンと推定	○余剰プルトニウム利用の世界の大勢は、当分は高速増殖炉初装荷用貯蔵よりも熱中性子炉でのリサイクル ○プルトニウム貯蔵の経済性には不確定要素があり、天然ウラン及び濃縮ウランの所要量節減(15 %程度節約)の観点からプルトニウムを軽水炉燃料として設立することが必要 ○軽水炉利用の技術は民間が主体となって一層効率的に研究開発が行われることを期待 ○プルトニウム生成量は、1985 年度には累積で約45 トンの見込みで、約40 トンの余剰が発生
実施状況			1967 年10 月：動燃発足	1978 年 3 月：「ふげん」臨界

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○高速増殖炉の実用化までの間熱中性子炉にリサイクルすることにより、ウランの所要量を軽減することが重要課題 ○新型転換炉の原型炉の運転等を通じ実証を行うとともに、軽水炉へのプルトニウムリサイクルについての実証試験を進める ○プルトニウム燃料の加工については、実用化に必要な研究開発を進め、実証を行うとともに、事業化の検討を行う	○高速増殖炉の実用化までの間プルトニウムの蓄積が予想されるので熱中性子炉で利用 ○高速増殖炉に先立ってプルトニウムの早期利用を図るため新型転換炉の開発及び軽水炉によるプルトニウム利用に関する開発を進める ○軽水炉によるプルトニウム利用については、<u>実用規模での実証を1990 年代中頃までに終了すること</u>を目標に民間が積極的を進めることを期待し、国は必要な支援を行う	○できる限り早期に軽水炉及び新型転換炉で一定規模でのプルトニウム利用を進める ○少数体規模での実証計画は、PWR、BWR 1 基に装荷 ○実用規模の実証計画として、<u>1990 年代前半を目途に PWR 及び BWR それぞれ 1 基に最終装荷規模で 4 分の 1 炉心の MOX 燃料を装荷し、1990 年代後半にも本格的利用へ移行</u>できるよう計画を進める ○海外再処理によって回収したプルトニウムの国際輸送については、<u>国際輸送システムを確立し、輸送体制の整備</u>を図る	○一定規模の核燃料リサイクルの実現が重要で、軽水炉と新型転換炉による実現を図る ○軽水炉による MOX 燃料利用を計画的に進める ○<u>1990 年代後半から PWR と BWR の少数基で利用を開始、2000 年頃に 10 基程度、2010 年頃までに十数基程度まで計画的・弾力的に拡大</u> ○<u>2000 年過ぎには年間 100 トン弱程度の国内 MOX 燃料加工の事業化が必要</u> ○MOX 燃料等の返還輸送は、<u>電気事業者等にて実施体制を検討し、輸送の安全性等に係わる情報提供や広報活動を実施</u>
実施状況				1998 年12 月：高圧プ्रेसーマル安全審査終了

各 論：高速増殖炉用燃料

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子燃料の有効利用等の見地からウラン、トリウムおよびプルトニウムについて十分な基礎研究を実施	○プルトニウム燃料の研究は、 <u>原燃公社および原研にて特別の研究開発体制</u> を設けて強力に推進 ○1970 年代の後半に高速中性子増殖炉への実用化を目標とする	○高速増殖炉用プルトニウム燃料の研究開発を進める ○高速増殖炉用燃料は、MOX のほか、炭化物、窒化物等の研究も行う	○高速増殖炉用のプルトニウム燃料の研究開発は、強力に推進 ○炭化物燃料等に関する基礎研究を推進
実施状況			1967 年10 月：動燃充足	1977 年 4 月：「常陽」臨界

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○プルトニウム燃料の加工については、実用化に必要な研究開発を進め、実証を行うとともに、事業化の検討を行う	○1990 年代初め頃の運転開始を目途に「もんじゅ」等の使用済燃料が処理できる規模の <u>再処理試験施設（パイロットプラント）の建設計画</u> を進める	○高速増殖炉使用済燃料の再処理技術は、動燃を中心に研究開発を進め、 <u>2000 年過ぎの運転開始を目途にパイロットプラントの建設計画</u> の具体化を図る	○2000 年過ぎの運転を目標に、 <u>RETR を建設、試験プラントは2010 年代前半頃に運転</u> ○高速増殖炉技術をベースにした新たなリサイクルシステムとして、窒化物燃料、金属燃料等の新型燃料によるリサイクルやアクチニドのリサイクルを行う <u>先進的な核燃料リサイクル技術</u> について長期的な研究開発に取り組む
実施状況		1985 年10 月：「もんじゅ」着工		1994 年 4 月：「もんじゅ」臨界 1995 年 1 月：RETR 着工（現在中断） 1995 年12 月：「もんじゅ」ナトリウム漏洩事故 1998 年10 月：炉内機構調整充足

各 論：高速増殖炉

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○主として原子燃料資源の有効利用の面から、増殖型動力炉の国産に目標を置く ○増殖実験炉 1 基を建設 ○原研にて設計研究	○将来の核燃料サイクルを確立するため、高速中性子増殖炉等の研究開発を原研にて進める ○小規模の実験炉を建設し、主として安全性に関連した研究を行い、実用規模炉のための工学的研究を推進	○将来の原子力発電の主流となるべきもの ○高速増殖炉の開発は、<u>国のプロジェクト</u>として自主的に実施 ○1967 年度なかばに、<u>動燃を設立</u> ○1970 年頃までに、熱出力10 万 k W 程度の実験炉の建設に着手し、1970 年代前半に電気出力20 ～30 万 k W 規模の原型炉の建設に着手 ○1990 年頃までに実用化することを目標とし、ナトリウム冷却型高速増殖炉を開発 ○電気事業者による積極的な実用化を期待	○将来の原子力発電の主流となるべきもの ○動燃を中心としてナトリウム冷却型の実験炉、原型炉の建設を進める ○実験炉は1974 年度に臨界 ○原型炉は1978 年度頃に臨界 ○実用化は1985 年～1995 年と見込まれ、<u>実証炉の建設</u>など積極的に実用化の方策を講ずることも考慮 ○ガス冷却型高速増殖炉等に関する基礎研究を推進
実施状況			1967 年10 月：動燃発足	1973 年 8 月：「フェザル」臨界 1977 年 4 月：「常陽」臨界

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○軽水炉から高速増殖炉へが基本路線 ○1995 年～2005 年に本格的実用化を図ることを目標として開発 ○原型炉を1990 年頃までに臨界 ○実証炉を1990 年代前半に臨界	○エネルギーセキュリティ上の意義に鑑み、早期に実用化すべきであり、2010 年頃の実用化を目標に開発 ○原型炉「もんじゅ」を1990 年頃に臨界に至らしめるよう早急に建設を進める ○1990 年代初め頃に<u>着工</u>することを目標に実証炉計画を推進し、それ以降については実証炉の経験を踏まえて進める ○実証炉の建設・運転は国の支援の下に電気事業者が積極的役割を果たすことを期待し、研究開発は民間の役割を増大させながら動燃を中心に進める	○将来の原子力発電の主流にするべきものとして開発を推進 ○実用化時期を見通すことは困難であるが、できるだけ早期に実用化を目指す ○経済性・安全性を含め、<u>軽水炉によるウラン利用に勝る技術体系としての高速増殖炉</u>によるプルトニウム利用体系を構築していくことを積極的に目指すことを基本とする ○高速増殖炉の<u>技術体系の確立</u>は、2020 年代から2030 年頃を目指す ○原型炉「もんじゅ」は1992 年に臨界に至らしめるよう動燃が民間の協力を得て建設 ○実証炉は1990 年代後半に<u>着工</u>することを目標に計画を進める	○高速増殖炉を相当期間にわたる軽水炉との併用期間を経て将来の原子力発電の主流にするべきものとして、計画的かつ着実に開発 ○電気事業者が進める実証炉開発と国の研究開発を同軸として<u>官民連携の下</u>、安全性、信頼性、経済性の向上を図る ○原型炉「もんじゅ」は性能試験を着実に進め、1995 年末の本格運転を目指す ○2 基の実証炉建設を進め、燃料サイクル技術の開発と整合をとりつつ2030 年頃までには<u>実用化が可能となるよう技術体系の確立</u>を目指す ○実証炉 1 号炉は電気出力約66 万 k W とし、2000 年代初頭に<u>着工</u>
実施状況		1985 年 9 月：「A-β-フェザル」臨界 1985 年10 月：「もんじゅ」着工		1994 年 4 月：「もんじゅ」臨界 1995 年12 月：「もんじゅ」ナトリウム漏洩事故 1998 年10 月：Aβ機操発足

各 論：新型炉

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○天然ウラン重水型原子炉を国内技術により建設 ○原研にて設計研究	○重水炉は、海外の開発状況を参考としつつ、JRR-2、JRR-3等を利用して原研を中心に研究を進める	○新型転換炉の開発は、<u>国のプロジェクト</u>として自主的に実施 ○重水炉は天然ウラン使用による燃料費の低減が見込まれるが、軽水炉に比較して実証性がやや不十分 ○1967 年度なかばに、<u>動燃を設立</u> ○新型転換炉は、1970 年代後半に実用化を目標 ○1960 年代後半に電気出力20万kW程度の原型炉の建設に着手 ○新型転換炉は、長期間にわたって高速増殖炉と併存し、トリウム熱中性子増殖炉への発展も考えられる	○動燃を中心に新型転換炉を開発し、原型炉は<u>1975 年度頃に臨界</u> ○新型転換炉の全原子力発電設備に占める割合は、1990 年度にはかなりの部分に達するものと期待 ○新型転換炉は、長期間にわたって高速増殖炉と併存
実施状況	1957 年 8 月：JRR-1 臨界	1962 年 9 月：JRR-3 臨界	1967 年10月：動燃充足	1978 年 3 月：「ふげん」臨界

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○新型転換炉は高速増殖炉の実用化との関連において重要な意義をもち、実用化へ向けて努力 ○実証炉の設計及び研究開発を進め、建設については、1980 年頃までに決定	○1990 年代初め頃の<u>運転</u>を目標に、電気出力60万kW程度の新型転換炉の実証炉を建設 ○実証炉の建設・運転は民間が積極的役割を担い、国は必要な支援を行う	○民間の主体的役割の下に青森県大間町において1990 年代半ばの<u>運転開始</u>を目標に60.6万kWの新型転換炉の実証炉を建設	○新型転換炉の実証炉（電気出力約60万kW）は電産が青森県大間町に2000 年代初頭の<u>運転開始</u>を目標に建設計画を進める
実施状況				1995 年 8 月：新型転換炉実証炉計画中止 1998 年10月：炉体機構充足

各 論：高温ガス炉

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○ガス冷却炉の研究開発については、炉の高電高圧化に重点をおく ○1960 年代に、燃料、燃料被覆材、黒鉛の処理、炉心構造等基本的問題に関する研究を推進	○改良型ガス冷却炉は高電化による熱効率の向上が見込まれるが、軽水炉に比較して実証性がやや不十分	○将来、一次冷却材炉心出口電圧1000℃程度の多目的高電ガス炉の必要性が考えられ、燃料、材料等に関する研究をすすめる ○高電ガス炉の多目的利用技術の開発は、政府および民間相互の密接な協力のもとに推進することが必要
実施状況		1965 年 5 月：東海発電所臨界		

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○核熱エネルギーを産業に供給する原子炉として、多目的高電ガス炉を開発 ○第一段階として、発生高電ガスの電圧1000℃を目標とする実験炉を1980年代後半を目途に建設	○実験炉を1990年頃の運転開始を目途に建設し、建設・運転に当たっては民間の積極的協力を求める ○実験炉の原子炉出口電圧は、950℃程度が適当で、将来は、1000℃以上を目標に研究開発を実施 ○原型炉以降の開発は、技術開発動向及びニーズを踏まえ、段階的に推進することとし、民間の積極的な取組、役割の増大を期待	○高電工学試験研究を、次世代の原子力利用を開拓する先進的・基盤的研究として、原研を中核機関として、大学、国立試験研究機関及び民間との連携の下に総合的・効率的に進める ○高電工学試験研究の中核施設として、<u>高電工学試験研究炉を建設</u>し、高電ガス炉技術基盤の確立及び高度化を図るとともに、高電工学に関する先端的基础研究を行う	○高電ガス炉技術基盤の確立、高度化及び高電工学に関する先端的基础研究を進める ○中核的施設となる高電工学試験研究炉を、<u>1998年頃の臨界</u>を目指して建設を進める
実施状況			1991 年 3 月：HTTR着工	1998 年11 月：HTTR臨界

各 論：放射性廃棄物処分

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○今後廃棄物の発生量の増加が見込まれ、適切な時期に廃棄物処理のための機関を新設するほか、原研等で処理の研究を推進する ○海洋投棄に関する研究を積極的に行う	○中高レベル廃棄物は最終処分区域の決定を慎重に検討、当面は貯蔵に向け検討する ○低レベル廃棄物の海洋処分は固化等適切に処理し、汚染の防止に留意する	○低レベル廃棄物は固形化し、陸地処分や海洋処分を検討 ○陸地処分の可能性について、<u>1980 年頃</u>までに見越し ○海洋処分の可能性について、<u>1980 年頃</u>までに見越し ○低レベル廃棄物のセメント、アスファルト等による固形化技術の確立 ○高レベル廃棄物は当面慎重に保管 ○高レベル廃棄物の長期貯蔵のために必要な固形化等の技術の開発を進める
実施状況				

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○低レベル廃棄物については海洋処分と陸地処分を組み合わせる実施 ○海洋処分の安全性確認、本格処分に移行 ○高レベル廃棄物は固形化処理、一時貯蔵ののち処分 ○固形化処理及び貯蔵について、<u>1990 年頃までに実証試験</u> ○地層処分について、<u>1990 年頃から実証試験</u>	○低レベル廃棄物は海洋処分と陸地処分を併せて行う ○海洋処分については早期に試験を実施、本格処分に移行 ○陸地処分については早期に試験を実施、本格処分に移行 ○高レベル廃棄物の固形化処理、貯蔵技術の研究開発を推進 ○<u>1980 年代後半にパイロットプラントを建設、実証を行う</u> ○高レベル廃棄物処分技術は<u>2000 年以降できるだけ早期に確立</u> ○<u>返還廃棄物の受け入れ準備を推進</u> ○TRU 廃棄物処分を検討	○低レベル廃棄物は陸地処分及び海洋処分を基本方針 ○低レベル廃棄物の陸地処分は<u>民間事業者により1991 年頃操業開始</u> ○高レベル廃棄物は<u>深地層処分</u>を基本方針。適切な時期に実施主体を具体化 ○<u>動燃の貯蔵工学センター計画</u>（深地層研究開発及び廃棄物貯蔵を目的）を推進 ○返還廃棄物は<u>青森六ヶ所村の民間再処理工場に受け入れ、貯蔵</u> ○TRU 廃棄物、ケラン廃棄物処分は具体的検討を推進	○廃棄物の区分に応じた合理的処理処分が必要 ○海洋投棄は行わない ○<u>発電所廃棄物は低レベルは浅地中処分（比較的高レベルのものは検討継続）</u> ○高レベル廃棄物は地層処分を基本方針として、<u>2000 年を目安に処分事業の実施主体を設立、2030～2040 年代半ばまでに操業開始</u>を目指す ○地層処分の研究開発は動燃を中核として推進、<u>深地層の研究施設（核研）を整備</u> ○<u>北海道幌延町で動燃の計画する貯蔵工学センターを推進</u> ○TRU 廃棄物、ケラン廃棄物、RI 研究所廃棄物処分の具体的検討を推進
実施状況		1995 年：動燃ガラス固形化技術施設（TVF）運転開始	1992 年：日本原燃低レベル放射性廃棄物埋設センター（青森県六ヶ所村）にて埋設事業開始 1995 年：第 1 回返還輸送	1998 年：貯蔵工学センター計画を取り止めて、新たに北海道幌延町における深地層試験施設を申し入れ

各 論：原子力施設の廃止措置

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 (1972 年) 年 6 月決定
長期計画の内容				
実施状況				

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容		○原子炉の運転終了後できるだけ早い時期に解体撤去することを原則 ○敷地は原子力発電用地として利用 ○商業炉の廃止時期を考慮し1990年代後半までに技術向上、費制度の整備 ○解体技術開発は民間が主体で国は適切に支援を行う ○原研の動力試験炉(JPDR)を対象に技術開発と実地試験を行う ○商業炉の廃止措置に係わる資金面の対策、安全規制等の費制度について早急に確立	○原子炉の運転終了後できるだけ早い時期に解体撤去することを原則 ○敷地は原子力発電用地として利用 ○商業炉の廃止時期を考慮し1990年代後半までに技術向上 ○解体技術開発は民間が主体で国は適切に支援を行う ○原研の動力炉を対象に技術開発及び実地試験並びに既存技術の検証試験を継続 ○商業炉の廃止措置に係わる資金面の対策、安全規制等の費制度について早急に確立	○商業用発電炉については、原子炉の運転終了後できるだけ早期に解体撤去することを原則 ○解体撤去後の敷地利用については、原子力発電所用地として利用 ○原研の動力試験炉等を対象に技術開発や実地試験を継続 ○国は解体撤去のための既存技術の検証試験を継続 ○解体廃棄物処理処分は、処分費用の負担等、設置者で適切に行う責任がある
実施状況		1986 年：原研 JPDR 解体撤去作業を開始		1996 年：原研 JPDR 解体撤去終了 1998 年 3 月末：原電東海発電所営業運転終了

各 論：核融合

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○核融合について情報の収集に努力し調査を進める	○プラズマ科学の体系的研究の中核的機関となる <u>プラズマ研究所</u> について、その実現に積極的に協力する ○高圧プラズマ研究は、大学と並んで国立試験研究機関、原研その他において実施する	○物理的・技術的分野の研究開発を総合的に進めるために、 <u>1969 年度に総合装置のプロジェクト</u> に着手することをめどに準備を進める	○ <u>1975 年～1985 年に臨界炉心プラズマ試験装置</u> （ <u>臨界プラズマ試験装置 J T-60</u> ）の建設を目途に開発を進める ○ <u>トカマク型トーラス系装置の研究開発に重点をおき、1985 年～1995 年に核融合動力実験炉の建設をめざし研究開発を進める</u> ○炉プラント工学技術の開発については、各コンポーネント機器の開発を行う
実施状況		1961 年：名古屋大学プラズマ研究所創設	1973 年：原研 J T-60 設計開始 1978 年：原研 J T-60 建設開始	

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○ <u>1980 年代前半を目途に J T-60 を建設</u> ○ <u>1985 年～1995 年完成を目途に核融合反応実験（重水素・トリチウム燃焼実験）及び炉心工学技術の総合試験を行うための炉心工学試験装置（トカマク型を想定）の建設を検討</u> ○トカマク型以外の方式についての基礎研究等について一層の推進を図る	○建設中の J T-60 により <u>1980 年代後半に臨界プラズマ条件を達成</u> ○ <u>1990 年代後半に自己点火条件を達成し、核融合炉を技術的に立証する</u> ○そのための実験炉は、原研においてトカマク型を想定して研究開発を進める ○大学、国立試験研究機関等では、先駆的・基礎的研究を行い、併せて人材養成に努める	○原研 J T-60 による臨界プラズマ条件達成を目前 ○ <u>2000 年前後に自己点火条件及び長時間燃焼の達成を目標として、トカマク型の次期大型装置の国内建設の開始を1990 年代前半に念頭におき計画</u> ○国際協力については、共同建設の可能性を含め積極的に取り組む ○研究開発の推進にあたっては原研が次段階の研究開発において主体的役割を果たすとともに、大学、国立試験研究機関等では、基礎的・独創的研究を行い、併せて人材養成に努める	○ <u>国際熱核融合実験炉（ITER）計画の工学設計活動に主体的に参加。原研が中心となって進める</u> ○自己点火条件の達成、長時間燃焼の実現、原型炉の開発に向け炉心工学技術の基礎形成を主要な目標に研究開発 ○ITER 以外の研究開発は原研、大学、国立試験研究機関等の協力で推進する ○大学、国立試験研究機関は、基礎的な研究開発を推進し、併せて人材養成に努める
実施状況		1985 年：J T-60 運転開始	1992 年：ITER 工学設計活動（EDA）が4 国（日、米、EU、露）で開始 1996 年：J T-60 が臨界プラズマ条件を達成。	1998 年：6 年間のEDAに引き続き、3 国により3 年間EDAを継続／完了すべきとの方針をとりまとめる

各 論：原子力船

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○第 1 船は1968～1970 年までに建造運航を目標 ○推進用原子炉は軽水炉を想定 - 海外より技術導入、同時に国産化研究を推進	○原子力第 1 船は1967 年度に<u>起工</u>し、<u>1971 年度に完成</u>を目標に建設 ○<u>約 2 年間</u>の実験航海ののち、乗務員の養成等に利用 ○原子力第 2 船の着工は1970 年代前半を目標に、民間企業中心で行うことを期待。政府は適切な助成策を講ずる ○原子力高速コンテナ船の<u>国産化</u>を目標とし、<u>高出力加圧水型船用炉</u>の改良等の研究を1970 年代前半に終了することを目途に推進	○原子力第 1 船「むつ」を1972 年度末までに完成 ○その後約 2 年間の実験航海を行い必要な知見を得る ○原子力第 2 船以降の建造は民間において自主的に進められることに期待 ○<u>一体型加圧水炉</u>を中心とする船用炉の研究開発を積極的に推進
実施状況			1968 年：原子力第 1 船起工 1969 年：原子力第 1 船進水、「むつ」と命名	1974 年：原子力船「むつ」出力上昇試験中に放射線洩れを発見

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力第 1 船「むつ」は<u>遮蔽改修及び安全性総点検</u>を行い、できるだけ早期に建造完了、実験航海等で必要な技術の蓄積を図る ○「むつ」の開発と並行して、広範な研究開発、経済性の解明等を進める	○早急に原子力第 1 船「むつ」の修理を終え、慎重な計画の下で実験航海を実施 ○「むつ」の<u>新定係港</u>は早期にこれを建設 ○日本原子力船研究開発事業団は、船用炉の設計評価研究を実施し、研究開発計画の具体化を図る ○日本原子力船研究開発事業団は<u>恒久的な原子力関係機関と統合</u>して、研究開発に取り組む	○原子力船「むつ」は、<u>関根底新定係港</u>を建設し、<u>約 1 年</u>の実験航海ののち直ちに<u>解体</u> ○「むつ」による知見を蓄積、整備し、今後の船用炉改良研究に活用 ○船舶技術研究所においても基礎研究を進める	○原子力船「むつ」の<u>解体工事</u>を随実にすすめ、「むつ」による成果を蓄積、整備 ○船舶技術研究所においても基礎研究を継続 ○船用炉の改良研究を推進
実施状況	1982 年：「むつ」佐世保での修理終了、大湊港へ帰港	1984 年：「むつ」新定係港建設開始 1985 年：日本原子力船研究開発事業団を原研と統合	1990 年：「むつ」実験航海に出航、同年出力 100 %達成 1992 年：原研「むつ」実験終了宣言	1995 年：原子力船「むつ」原子炉撤去 1996 年：「むつ」改造の大型海洋観測研究船「みらい」進水

各 論：放射線利用

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○医学的利用は<u>放射線医学総合研究所</u>を設置して中心機構とする ○農業、工業その他の分野では、研究機関の照射施設やガンマフィールドの施設整備を図る ○トレーサーとして、化学反応機構、生体の生理機構の解明に向け研究を促進 ○放射線源として、生物への照射利用、物質への照射利用やその他各種計測・検査への利用に向け研究を促進	○原研を中心にプイソトープ生産の研究を推進 ○医学分野では、R I の診断・治療等への利用を推進するとともに、原子炉からの中性子線及び加速器からの放射線の利用しての研究を推進 ○生物及び農業分野では、各種標識化合物の利用あるいは多種類の R I の同時利用の研究を推進 ○工業分野では、R I 利用計測器の開発利用を推進、オートメーション化に向けた研究を推進	○プイソトープ生産は、原研を中心に可能な限り国産化を推進 ○医学分野では、新標識化合物の開発、核医学測定器による診断システムの開発、照射治療や<u>放射線滅菌</u>の研究開発を進める ○農業分野では、放射線育種及び科学的農業生産資材の効率的利用に関する研究開発を重点的に推進 ○工業分野では、工業解析・管理への応用、公害防止への応用等を推進	○短寿命 R I による各種疾患の治療法を確立、がん治療における高 L E T 放射線による治療法の開発を進める ○医療用具の放射線滅菌の実用化を促進し適用範囲を拡大 ○食品照射において指定品目の実用化のめどをたて研究開発を進める ○生物及び農業利用は実用化段階に入りつつあり、さらに研究を推進 ○放射線化学について工業化のための研究開発を促進
実施状況	1957 年：放射線医学総合研究所 発足	1962 年：原研、国産プイソトープの販売開始 1965 年：原研高崎研究所で粉末ポリエチレンを製造	1967 年：原子力委、食品照射を原子力特定総合研究に指定	1972 年：厚生省、じゃがいもへの食品照射を許可

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○重イオン等の粒子のがん治療効果の可能性を評価し、研究開発を進める ○短寿命 R I 生産及び診断治療技術並びに放射線滅菌の利用拡大に関し、研究開発を進める ○農業分野では、食品照射、家畜飼料の滅菌・殺虫への実用化への研究を進める ○工業分野での一層の利用拡大に努めるとともに、放射線化学の分野でも研究開発を推進する	○診断用標識化合物及びその製造機器等の開発並びに重粒子線などの高 L E T 放射線による治療法の開発を進める ○農業分野では、害虫駆除、食品の長期保存、品種改良などへの放射線利用の一層の利用拡大を図る ○排塵・汚泥処理への放射線利用など新たな分野における研究を推進	○高エネルギー重粒子線によるがん治療装置の建設及び研究開発を推進 ○陽電子 CT (P E T)、核磁気共鳴 CT 及び X 線 CT を組み合わせた診断システムに向けた研究開発を進める ○陽電子研究利用施設の整備を目指す、本格的技術開発に取り組む ○食品照射など放射線利用の実用化の推進に向け、消費者の理解の増進や荷制度の整備を進める	○次世代の大型放射光施設 (S P ring- 8) の整備の推進利用を図る ○イオンビームを用いたがんの照射治療、各種ビームの発生設備の技術開発等を進める ○被曝線量の総合評価に関する研究等を推進。基礎研究として低線量放射線の影響を明らかにするための研究開発に取り組む ○農林水産分野、医療分野、工業分野において放射線利用技術の一層の普及促進を図る
実施状況		1983 年：放医研、サイクロトロンの速中性子によるがん治療効果を報告	1993 年：原研の石炭燃焼排塵処理のパイロット試験で成果 1993 年：農水省が国内のウリミバエ根絶を宣言	1994 年：放医研の重粒子線がん治療装置 (H I M A C) 照射治療開始 1997 年：S P ring- 8 供用開始

各 論：国際協力

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○当初の間は外国技術の導入を積極的に実施 ○海外諸国、国際管理機構、地域開発機構等との連携協力を実施	○研究開発を進める過程において科学関係については国際交流をすすめる、技術関係については海外から技術を導入 ○国際的共同研究を進展させるために、既存の双務協定および国際原子力機関を通ずる政府間協力をいっそう推進 ○双務協定の拡大を考慮し、さらに、ユーラトム等の地域機関と新たに協力関係を結び、共同研究の推進を考慮	○先進諸国との二国間および国際機関を通じての協力をそれぞれの特色を活用して推進 ○放射性廃棄物の処分、原子力船の運航等に関しては、国際的な諸基準の確立および国際条約の締結などを国際機関の活動に協力しつつ、積極的に推進 ○東南アジア地域の各国に対して技術援助を行い、経済開発等に寄与	○IAEA の場を有効に活用するとともに、OECD の活動に積極的に参加 ○2 国間協力の一層の緊密化を図るとともに、関係諸国と 2 国間協定を締結 ○多国籍会議への参加、海外調査の強化等に必要な措置を講じる ○研究者の海外派遣、海外からの専門家の招へい、共同研究の積極的推進等をはかる ○発展途上国に対する専門家の派遣、研修員の受け入れ等の技術援助を積極的にすすめる ○国際協力に関する基盤を強化し、原子力開発利用の国際協定に資する
実施状況	1957 年 7 月：IAEA 発足 1958 年 1 月：ユーラトム条約発効 1958 年 12 月：日米協定(第 1 次)、日英協定(第 1 次)発効 1960 年 7 月：日加協定発効	1965 年 9 月：東京にて IAEA 総会開催	1968 年 7 月：日米協定(第 2 次)発効 1968 年 10 月：日英協定(第 2 次)発効	1972 年 6 月：IAEA 枠内で地域協力協定(RCA)発効 1972 年 7 月：日豪協定発効 1972 年 9 月：日仏協定発効

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力の研究開発における国際協力及び資源国との開発協力を積極的に推進	○原子力基本法の基本方針にのっとり、開発途上国に対する協力等を含めて国際協力を積極的に進める ○開発途上国との協力は、<u>相手国のニーズを的確に把握する</u>とともに、核不拡散問題に関する原子力先進国間の連携にも配慮しつつ推進 ○開発途上国との協力においては、原研等国の関係機関をはじめ、大学、民間も含めて、<u>国と民間が連携を深めつつ推進することが必要</u>	○先進国とは互恵性及び双務性の確保に配慮し、長期目標の下に計画的・段階的に協力を進める ○新興工業国を含む開発途上国とは相手国の国情を勘案しつつ<u>研究基盤・技術基盤の整備に重点を置き協力を進める</u> ○近隣アジア地域とはコンセンサスを得つつ地域協力を積極的に進め、地域全体の原子力技術レベルの向上を図り、経済・福祉の向上に資する ○IAEA 及び OECD/NEA 等の活動に<u>主要な一員として貢献し、国際機関の活動を通じて我が国に対する国際的理解の増進に努める</u>	○二国間、多国間の政策対話を<u>進めることが重要であり、あらゆる機会を通じて関心国の政策立案者やオピニオンリーダーとの意思疎通を図る</u> ○近隣アジア地域及び開発途上国との協力は、国情に応じた<u>長期的継続的な協力及び基盤整備に</u>係る協力を進め、各国の自助努力を支援するとともに、<u>原子力安全文化の醸成と核不拡散に関する意識の向上を図る</u> ○IAEA 及び OECD/NEA 等の活動に<u>主体的に貢献し、国際機関が安全確保等の面で機能を発揮できるように努力</u>
実施状況	1980 年 9 月：日加協定改正	1986 年 7 月：日中協定発効 1982 年 8 月：日豪協定改正	1990 年 3 月：第 1 回アジア地域原子力協力国際会議開催 1988 年 7 月：日米協定(第 3 次)発効	1996 年 11 月：1997 年 10 月に第 1 回、第 2 回「原子力安全会議」 1996 年 4 月：原子力安全モスクワミット開催 1998 年 10 月：日英協定(第 3 次)発効

各 論：核不拡散・平和利用（保障措置を含む）

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容			○わが国における原子力開発利用は、平和の目的に徹して推進 ○原子力平和利用の理念は、原子力基本法の制定以来、一貫して維持し、今後も基本理念として堅持	○わが国における原子力開発利用は平和目的に徹して推進 ○原子力平和利用の理念は、原子力基本法の制定以来、一貫して維持し、今後も厳密に平和の目的に徹する ○核物質管理制度の整備充実をはかる ○保障措置に関する技術開発を推進 ○IAEA等との国際協力を積極的にすすめる、国際的な保障措置制度の改善に努める
実施状況	1955 年12 月：原子力基本法公布 1957 年 7 月：IAEA 加盟			1970 年 3 月：NPT 署名 1970 年 6 月：IAEA 保障措置委員会加盟 1972 年 4 月：核管理計画加盟

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力研究開発利用を、厳密に平和目的に徹して進める ○原子力の平和利用を確保するため、原子力基本法及び核兵器の不拡散に関する条約（NPT）の精神にのっとり、原子炉等規制法をはじめとする関係法令に基づく厳重な規制を実施し、また国内保障措置体制の一層の充実を図る	○原子力基本法、NPT の精神にのっとり世界の核不拡散体制確立に貢献すると共に我が国の原子力開発利用を厳に平和目的に徹して推進 ○原子力開発利用は平和目的に限っていることについて国際的な理解を得ることが重要 ○IAEA と協力して保障措置上の重要性に応じた合理的な保障措置の適用を図り、原子力施設における査察量の低減化・効率化を図る ○核物質管理計画の機能を一層充実させるとともに原研、動燃等での保障措置技術の研究開発を一層促進	○原子力基本法に基づき平和利用に限って原子力開発利用を推進しており、推進に際しては核不拡散を前提 ○核不拡散を担保する健全な国際的枠組みの維持・強化のため、原子力平和利用の厳格な推進者としての主体性をもって核不拡散対応を図る ○NPT/IAEA の保障措置体制の維持・強化、主体的核不拡散対応の明確化、核不拡散信頼性の一層の向上、IAEA 保障措置の効果的・効率的適用	○原子力基本法に則り、厳に平和の目的に限り原子力開発利用を推進 ○NPT の無期限延長は妥当 ○核兵器の解体から生じる核物質については、発生国が行う貯蔵等へ貢献 ○核不拡散懸念のある不安定地域に対しNPT 加入と保障措置の履行を求め安定化に努力 ○IAEA 保障措置の強化・合理化、核物質防護、原子力資機材等の輸出規制強化に取り組む ○NPT 義務に加えて核不拡散関連技術の開発など自発的核不拡散努力を実施
実施状況	1977 年12 月：NPT 批准を国会承認（署名） 1978 年 1 月：ロンドンガイドライン公表			1995 年 3 月：KEDO 設立/ 5 月、NPT 無期限延長決定 1996 年 9 月：CTBT 署名 1997 年 7 月：CTBT 批准 1998 年 3 月：Pa 保有量公表 1998 年12 月：追加議定書署名

各 論：安全確保

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年 (1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○<u>安全性確保のための研究は、</u>原研を中心として、各国立試験研究機関、大学、民間企業の協力により強力に押し進める ○<u>安全基準を確立</u>する必要がある、<u>国際的基準等を十分参考</u>として研究を進める	○<u>立地条件の関連において、さらに技術的な開発と改善をはかり、同時に安全評価を行うための実証的な試験研究を推進</u> ○安全基準については、新しい事象に即応して、整備、改訂等を行う	○安全基準については新しい事象に即応して不断の見直しを行うとともに、<u>軽水炉以外を対象とした指針の整備をはかる</u> ○<u>従事者の安全意識、技術者の資質の向上、保安規定、安全管理体制の整備、施設設備の改善、信頼度の維持向上等をはかる</u> ○<u>事故、故障の原因、状況を把握・分析するための機能を整備</u> ○<u>防災対策を確立</u>
実施状況			1970 年：原研冷却材喪失事故試験装置（ROSA）完成	1975 年：原研 NSRR 完成 1976 年：原工試験設立

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力の安全確保について万全の態勢を確立することが急務。このような安全確保の上に立って、国民一般及び地域住民の理解を深める。国民と地域住民の声を原子力政策に反映させることにより国民的支援を得る ○工学的安全研究を進め、特に軽水炉については<u>安全余裕度を確保するために大規模な安全性実証試験、および改良標準化のための研究開発を進める</u>	○電気事業者は運転員の資質維持向上に努める ○運転員に対する支援システムの開発、<u>機操操作性の向上を進める</u> ○防災対策については今後とも整備充実を図る ○機器類の品質保証について一層の充実を図るため、国としても指針類の整備等を行う ○軽水炉に関する工学的安全研究は引き続き事故時の諸挙動解析などの研究を進める ○今後サイクル関連施設に関する安全研究を推進 ○<u>確率論的安全評価についても検討を進める</u>	○電気事業者は運転管理面及び保守面においても一層努力することが期待される ○内外の事故・故障情報等は随に安全確保対策に反映されるよう配慮 ○防災対策については、より実効性のある対策にするよう努める ○原子力施設等の工学的安全研究を引き続き進めるほか、<u>炉心損傷時のシビア・アクシデント時の安全研究、高燃焼度化、負荷追従等の高度化に対応した安全研究、寿命評価研究等を推進</u> ○耐震安全性、放射性物質の輸送安全性、確率論的安全評価の研究を今後も推進	○高経年原子炉施設の安全確保のため、国内外の故障、トラブル等から得られた教訓や最新の科学技術的知見を踏まえた予防保全に一層努める ○防災対策については、今後とも充実強化等に努める ○放射性物質の輸送、原子力施設の耐震、確率的安全評価の研究を実施
実施状況	1978 年：原子力情報センター設立 1979 年：TMI 事故 1980 年：原子力防災指針決定 1980 年：原工試安全解析所発足 1981 年：原電教習放射能漏洩	1982 年：原工試大型加圧台完成 1983 年：関電原子力保修訓練センター開設 1986 年：チェルノブイリ事故	1991 年：関電奥尻伝熱管損傷事故 1994 年：原研燃料サイクル安全工学研究施設（NUCEF）運転開始	

各 論：国民の理解増進・立地推進

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○一般国民へ <u>正しい原子力知識の普及徹底</u> を活用を行う	○国民全般に正しい知識の普及を図る	○原子力について <u>国民一般の理解と協力</u> を得ることが重要。 学校教育等を通じての原子力教育の強化、原子力広報専門機関の強化充実、広報普及機能の充実を図る ○立地地点数は昭和55年度で10地点 ○安全性の確保と環境保全 ○自然景観と国民の生活環境を保持するために自然環境との調整 ○脆弱地盤への立地、地下立地、島立地等の研究開発 ○ <u>地域社会との調和ある発展</u> を図る ○直排木の漁業復興への寄与
実施状況				1971 年：直排木の水産試験開始 1974 年：電源三法整備

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○ <u>原子力安全委員会の新設と安全確保について万全の態勢の確立</u> ○国民一般及び地域住民の理解を深め、 <u>国民と地域住民の声の原子力政策への反映</u>	○広報活動の充実 ○事故・故障時の経験を原子力施設の運転等に反映させ、正しい <u>情報公開</u> を行う ○各種実験試験の成果の活用 ○電源三法の活用、地域復興策の活用により <u>地域産業復興</u> を図る ○放射性廃棄物処理処分及び原子炉廃止措置に対して地元住民、国民に理解を得る ○立地推進のための体制の整備・強化を図る ○通常地盤立地、地下立地、海上立地方式等の調査検討を進める	○原子力発電所の立地地点数は2000年に20地点、2030年に30地点極、現在、要対策重要電源が15地点 ○原子力施設の安全運転実績により地元住民の理解を得る ○原子力施設の安全確保及び環境保全について <u>漁業及び農業関係者、婦人層</u> への一層の理解増進を図る ○電源三法制度を始めとする地域復興法案の充実 ○地元合意形成のために事業者が主体的役割となり、国が適切な支援を行う ○通常地盤立地、地下立地、海上立地方式等の調査検討を進める	○商業用原子力発電所の立地地点は17地点、要対策重要電源が12地点あり、地域復興効果による原子力施設の立地促進を図る ○「 <u>国民とともにある原子力</u> 」を目指し、 <u>国民の信頼感、安心感</u> を得る ○正随で客観的な情報公開・情報提供 ○青少年への原子力知識の普及 ○ <u>マスメディア利用等</u> の理解促進策の展開 ○第四紀層立地、海上立地、地下立地等の研究、耐震設計高度化による立地技術の高度化に取り組む
実施状況	1978 年：原子力安全委員会発足			1996 年：原子力政策田中会議

各 論：基礎研究

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○大学における研究を推進	○基礎・応用科学における基礎研究は規制せず、幅広く潜在的能力を向上させるべき ○大学と原研、その他の研究機関との <u>連絡の緊密化</u> ○研究施設の大規模化、高級化のため、共同利用・共同研究体制の促進 ○ <u>諸外国との情報交換及び研究交流</u>	○大学、原研、理研、放医研、その他の国研、民間における基礎研究の推進 ○基礎研究の環境の整備と経費の充実、連携の緊密化、国際交流の推進	○原研、放医研、理研、大学、その他の国研において基礎研究を行ない、民間では基礎研究の一部を分担することを期待 ○研究用施設設備の整備と資金・人材の確保、上記機関に動線を加えた各機関間での連携の緊密化、国際交流の推進 ○ <u>研究成果の実用化</u> への検討が必要
実施状況	1956 年：原研充足 1956 年：原燃公社充足 1957 年：放医研充足 1958 年：理研充足		1967 年：動線充足	

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○基礎研究の充実強化を図る ○大学、原研、理研、その他国研の大型共同実験施設の活用を図る ○大学、政府関係研究機関及び民間機関間の <u>人材交流</u> 、共同研究の効率的実施 ○基礎研究における国際協力の推進	○基礎研究の幅広い推進 ○研究炉・加速器等の大型設備の整備・改善と十分な活用を図る ○大学及び国研間の人材交流、共同研究の推進 ○国際交流、国際協力の推進	○基礎研究の充実を図る ○ <u>基盤技術</u> (材料技術、知的機能付与技術、レーザー技術、放射線リヌク界面・低減化技術) 開発を産官学の連携の下に効率的・計画的に推進 ○基盤技術開発の基本的方向等を検討するための部会を設置	○基礎研究の充実・強化 ○基礎研究とプロジェクト研究を結びつける基盤技術開発に取り組む。社会・人文科学も含めた幅広い研究調査に取り組む ○先端的研究開発分野において <u>研究体制の整備・充実</u> ○ <u>研究開発課題</u> に対する評価とテーマ設定・研究資源分配に反映 ○ <u>研究情報ネットワーク</u> の整備拡充 ○政府関係研究開発機関と大学との連携強化
実施状況			1987 年：基盤技術推進専門部会設置	1994 年：研究炉数15基、臨界実験装置10基

各 論：人 材

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○各分野の専門技術者の再教育・養成訓練を行なう ○海外への留学生派遣と原研への養成訓練を行なう施策を講ずる ○関連産業内に補助金の交付等による技術者の育成を行なう	○科学技術者の養成を大学に依存 ○文部省、大学、原子力委員会の連絡の緊密化 ○1970 年における推定数は原子力専門科学技術者1,200～1,300 人、原子力関連科学技術者4,500～5,300 人、放射線利用関係科学技術者5,000～5,500 人、放射線安全管理者300～350 人 ○原研・放医研の養成訓練施設での養成のほか、海外への留学、国内外の研究員の交流の推進	○1975 年度における所要数は原子力専門科学技術者約3,000～3,400 人、原子力関連科学技術者約9,100～10,000 人、核燃料科学技術者約2,000～2,300 人、放射線利用科学技術者約11,000 人、原子力安全管理科学技術者約1,800～2,000 人であり、新規所要数は前半5 年において年間約1,300～1,500 人、後半5 年において約2,400～3,100 人の見込み ○大学、原研、放医研等において組織的、体系的養成訓練を行う ○海外留学の派遣人員の増加と海外援助計画の利用	○原子力関係科学技術者の総数は、1969 年度で約18,800 人、1975 年度で約31,200 人、1980 年度で約44,300 人 ○新たに核融合専門科学技術者、原子力プロジェクト管理科学技術者が必要 ○大学、原研、放医研が計画的・体系的に養成訓練を推進 ○海外研究機関等との相互交流の推進
実施状況				原子力関係の技術系従業員数 原子力産業界 約6,000 人 (1970 年度)

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○安全性、環境保全等の分野の科学技術者の養成の推進 ○量より質に重点をおくべき ○原研、放医研等における組織的、体系的な養成訓練の実施 ○開発途上国の科学技術者の養成、指導	○1980 年度末における原子力関係技術者数4 万5 千人強(核燃料利用分野2 万5 千人強、放射線利用分野2 万人強) ○1990 年度には6 万6 千人程度(核燃料利用分野約4 万人、放射線利用分野約2 万6 千人) ○企業内、研修機関、研究機関において技術者の養成訓練・再教育を行うことが重要 ○民間から政府関係研究開発機関への出向制度	○原子力関係の研究者・技術者現在約5 万5 千人(核燃料利用分野約3 万2 千人、放射線利用分野約2 万3 千人) ○人材育成の支援・充実を図り2000 年度には約7 万5 千人(核燃料利用分野約4 万5 千人、放射線利用分野約3 万人) ○国際協力への積極的な参加、国際機関への人材派遣等を行なう	○大学等を人材養成の中核機関とし、民間が所要の増置により人材の養成・確保を推進 ○政府関係研究開発機関による人材養成・確保、研修活動の推進 ○原子力に対するイメージ向上を図り、夢と希望を与える原子力研究開発の展開をする。青少年への原子力知識の普及活動の充実・強化 ○研修機関の連携推進 ○学校教育における原子力を含むエネルギーに関する教育の充実 ○人材育成プログラムの強化
実施状況	原子力関係の技術系従業員数 原子力産業界 約15,000 人 (1975 年度)	原子力関係の技術系従業員数 原子力産業界 約30,000 人 (1982 年度)	原子力関係の技術系従業員数 原子力産業界 約31,000 人 (1987 年度)	原子力関係の技術系従業員数 原子力産業界 約35,000 人 政府関係研究機関 約5,500 人 (1997 年3 月31 日現在)

各 論：資 金

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容		○原研、原燃公社、放医研、大学、国研への研究施設整備に要する資金は約1,800億～2,000億円		
実施状況		1961 年度政府原子力関係予算 約85億円		

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○1978 年度～1987 年度までの所要資金は約4兆円(資源・燃料濃縮関係約4千億円、再処理・放射性廃棄物処理処分関係約4千億円、新型動力炉開発関係約1兆6千億円、核融合・原子力多目的利用関係約9千億円、その他安全性研究等約7千億円)	○今後10年間の資金は約5兆4千億円(新型炉開発その他原子力発電関係約1兆9千億円、核燃料サイクル関係約1兆9千億円、核融合その他基礎研究等1兆6千億円) ○民間での研究開発及び軽水型原子力発電所の建設等の資金約14兆円 ○上記約5兆4千億円のうち、約1兆6千億円はプラント建設資金であり事業主体が調達し、約3兆8千億円は研究開発段階のプラント建設費及び研究開発費であり国が確保	○1987 年度～2000 年度は約7兆円(新型炉開発その他原子力発電関係約2兆5千億円、核燃料サイクル関係約2兆1千億円、核融合及び放射線利用約9千億円、その他基礎研究等1兆5千億円) ○民間での研究開発経費約2兆2千億円、軽水型原子力発電所及び商業用核燃料サイクル施設経費約14兆円	○1994 年度～2010 年度は約9兆9千億円(新型炉開発その他原子力発電関係約5兆6千億円、核燃料サイクル関係約2兆2千億円、核融合及び放射線利用約1兆7千億円、その他基礎研究等約2兆4千億円) ○民間での研究開発経費約2兆円、軽水型原子力発電所及び商業用核燃料サイクル施設経費約10兆円 ○国と民間の役割分担に応じた資金分担
実施状況	1978 年度政府原子力関係予算 約1,754億円 1978 年度産業界原子力関係支出高 約1兆4,511億円	1982 年度政府原子力関係予算 約2,904億円 1982 年度産業界原子力関係支出高 約2兆5,368億円	1987 年度政府原子力関係予算 約3,602億円 1987 年度産業界原子力関係支出高 約2兆8,846億円	1994 年度政府原子力関係予算 約4,470億円 1994 年度産業界原子力関係支出高 約3兆8,893億円

各 論：原子力産業

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年 (1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力関連技術は原子炉およびその周辺機材の <u>国産化</u> のため、その育成に努める	○ <u>1970 年代初めを目標として国内メーカーが主体となって実用規模の軽水炉を建設しうるよう研究開発を推進</u>	○電気事業者は原子力発電所の建設・運転の経験の蓄積に努め、製造加工業者は早期国産化および改良を推進 ○原子力産業基盤の確立のため <u>長期低利資金の融資、税制上の優遇措置</u> など必要な助成を行う	○原子力発電設備機器の低廉・安定供給およびプラントの建設・運転・保守の円滑化のため一層の国産化が必要 ○政府は引き続き適切な資金的措置が必要
実施状況	1956 年：原産会議発足			

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○原子力発電の <u>国産化率も 9 5 %を超えるまでになった</u> ○ <u>近年の立地離散のため受注が安定せず、その産業基盤は十分なものではない</u> ○受注の安定化をはかるため、 <u>輸出産業として海外企業との競争力を養うべく、企業努力が必要</u>	○将来の原子力プラントの輸出に向けて（特に開発途上国に対する） <u>国際競争力を付けていくことが期待される</u>	○化石燃料による発電と発電原面の差が縮まっており、一層の経済性が求められる ○原子力機器供給能力の過剰状態の続く厳しい見通しのなか <u>産業として体質強化を図ることが課題となっている</u> ○わが国の原子力機器供給産業は信頼性、安全性等で優れた技術を有しており、今後 <u>国際分野に配慮しつつ国際展開を図る</u>	○化石燃料による発電と発電原面の差が縮まっており、一層の経済性の向上が求められている ○海外から原子力機器供給について期待が高まっている ○国は国際競争力の強化等、 <u>国際展開に必要な措置を講じることが重要</u>
実施状況				

各 論：大学との関係

	昭和 3 1 年(1956 年) 9 月内定	昭和 3 6 年(1961 年) 2 月決定	昭和 4 2 年(1967 年) 4 月決定	昭和 4 7 年(1972 年) 6 月決定
長期計画の内容	○大学における<u>研究教育用原子炉</u>については原子力研究の進展に応じて設置を考慮 ○大学と緊密に連携して研究成果の交流等にも意を用いる ○大学における基礎研究を推進	○基礎・応用科学での研究について大学に期待 ○大学と原研間の共同研究をより緊密化	○大学、原研、放医研等において組織的、体系的養成訓練を行う ○大学、原研、理研、放医研、その他の国研、民間における基礎研究の推進	○大学、原研、放医研が計画的・体系的に養成訓練を推進 ○大学、原研、理研、放医研、その他の国研において基礎研究の実施
実施状況		1959 年 7 月：立教炉設置 1959 年10 月：近畿大近大炉設置 1960 年 8 月：武蔵工大炉設置 1962 年 3 月：京大・EDR設置	1968 年12 月：東大・弥生炉設置	1972 年8 月：京大・EDCA設置

	昭和 5 3 年(1978 年) 9 月決定	昭和 5 7 年(1982 年) 6 月決定	昭和 6 2 年(1987 年) 6 月決定	平成 6 年(1994 年) 6 月決定
長期計画の内容	○大学、原研、理研、その他国研の大型共同実験施設の活用を図る ○大学、政府関係研究機関及び民間機関間の人材交流、共同研究の効率的実施	○大学及び国研間の人材交流、共同研究の推進	○政府関係研究開発機関において民間及び大学との人材交流を図る	○学問的基盤の確保と水準の向上を図り、研究開発の進展等に対応できる<u>教育研究機関としての機能強化を期待</u> ○政府関係研究開発機関と大学等との<u>連携のための体制の整備</u> ○大学等を人材養成の中核機関とする
実施状況				

長期計画各分野の進捗状況、課題等

現行長期計画の内容	研究・開発・利用の現状	課 題 等	備考
序 章			
第1章 21世紀の地球社会と原子力の果たす役割			
1. 直面する諸問題と21世紀地球社会への期待 (1) 世界人口の増加 (2) エネルギー消費の増大 (3) 資源の制約 (4) 地球環境問題の深刻化 ・化石燃料の消費量拡大に伴う二酸化炭素濃度の増大 ・地球温暖化に対する懸念 (5) 冷戦後の国際社会が直面する諸問題 ・冷戦後の国際社会の状況(旧ソ連の核解体の記述はなし) (6) 21世紀地球社会への期待 ・リサイクル文明の創造、環境調和型経済社会の形成が必要	人口：59億人(1998年)、70億人(2010年) エネルギー：85億ト(1995年)、115億ト(2010年) 石油換算 出典:OECD/IEA 'WORLD ENERGY OUTLOOK 1998 EDITION' ・気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)において京都議定書が採択(1997年12月) ・インド、パキスタンによる地下核実験の実施	・京都議定書に示された温室効果ガス削減目標の達成(2008～2012年:1990年比6%削減) ・国際的な核不拡散体制の強化	
2. 原子力平和利用の役割 (1) 豊かで潤いのある生活の実現 ・新エネルギーの問題点 ・原子力は、安定したエネルギー源としての地位を占めており、将来的にも期待できる (2) 地球環境と調和した人類社会の持続的発展 ・資源制約の観点から核燃料サイクルは、長期的には重要な役割を担うことが期待できる ・温暖化、酸性雨が懸念される化石燃料に対しその心配のない原子力 (3) 21世紀地球社会の条件整備への寄与 ・エネルギー源の選択肢を多様化するために原子力	・新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法 (1997年4月) ・地球温暖化対策に関する基本方針(1999年4月) 「原子力の開発利用については、原子力基本法に基づき放射性廃棄物の処理処分等を充実させつつ、安全性の確保を前提として、国民的議論を行い、国民の理解を得つつ進める。」		

は重要 ・原子力はエネルギー資源をめぐる国際社会の安定化にも貢献するものと期待 ・原子力は地球環境という観点からも国際社会の安定化に寄与 ・原子力技術の研究は、広範な科学技術の水準の向上に貢献 ・核解体後の核物質が再び軍事目的に利用されないことが基本であり、原子力発電の燃料とする考えもある	・科学技術基本法に基づく基本計画の策定(1996年7月) ・ロシア余剰兵器プルトニウム処分について、日露間で研究協力を実施予定		
第2章 我が国の原子力開発利用の在り方			
1. 我が国の原子力開発利用の目標 (1) エネルギーの安定確保と国民生活の質の向上 ・エネルギー需要は、2010年度には1991年度の約1.2倍 ・原子力は、準国産エネルギーと考えられるので、我が国エネルギー供給構造の脆弱性の克服に貢献 ・ウラン資源を最大限有効利用するため、核燃料サイクルの推進が政策の基本 ・放射線は、医療、農業等の幅広い分野で普及しており、今後、がん治療のような生活を豊かにするものとしての役割が期待 (2) 人類社会の福祉の向上 ・我が国は、原子力分野の基礎的な研究の振興、積極的な国際協力等を進め、その成果を国際社会に還元することが重要	・総合エネルギー調査会需給部会の報告(1998年6月) エネルギー需給：2010/1996→1.02(対策ケース) 1.16(基準ケース) ・当面の核燃料サイクルの推進について (1997年2月閣議了解) ・アジア諸国への技術支援、人材育成等の協力	・相手国の実情にあわせた的確な協力の推進	
2. 原子力開発利用の大前提 (1) 平和利用の堅持 ・我が国は、決して核兵器を保有しない ・核兵器廃絶という国民の願いのため、原子力の平和利用を促進するため「核兵器の不拡散に関する条約」(NPT)に加入 ・海外の論議において、我が国の核兵器開発の疑念があることを認識して、この誤解を解く努力を続けつつ、原子力の平和利用に取り組んでいく		・「核兵器の究極的廃絶」と「原子力平和利用」の両立 ・我が国の平和利用技術による国際的な核不拡散の強化への貢献	

(2) 安全の確保 ・安全の確保は大前提 ・原子力に潜在的な危険は存在するが、制御は可能 ・我が国では、周辺公衆に及ぼすような放射性物質の放出を伴う事故は皆無 ・国際的な原子力の安全確保に積極的に貢献	・一連の事故、不祥事等による国民の不安感、不信感の高まり	・原子力に対する国民の理解と信頼の獲得 ・技術的安全と社会的安心の乖離の解消 ・セーフティ・カルチャーの定着
3. 原子力開発利用の基本方針		
(1) 原子力平和利用国家としての原子力政策の展開 ・核不拡散についての国際的信頼の確保、平和利用を指向した技術開発、平和利用先進国にふさわしい国際対応、情報の公開・提供に取り組む	・原子力委員会原子力国際協力専門部会報告書「原子力国際協力のあり方及び方策について－新たな展開に向けて－」(1998年9月7日)公表 ・平和利用を目指した原子力エネルギーに関する技術開発・研究の推進 ・国際協力に基づいた研究開発の推進 ・研究成果の発表等成果の公表	・近隣アジア地域との協力 ・旧ソ連、中・東欧諸国との協力 ・核不拡散に関する我が国の対応
(2) 整合性のある軽水炉原子力発電体系の確立 ・放射性廃棄物の処理処分及び原子力施設の廃止措置は、残された最も重要な課題	・軽水炉機器の経年変化評価法の確立 ・順次処分方策を検討中	・TRU核種を含む放射性廃棄物、ウラン廃棄物の処分方策の策定 ・放射性廃棄物処分事業の具体化と着実な推進
(3) 将来を展望した核燃料リサイクルの着実な展開 ・高速増殖炉を2030年頃までには実用化が可能になるよう核燃料リサイクル技術体系の確立に向けて着実に研究開発を推進 ・MOX燃料の利用は、使用済燃料の直接処分に比べコストが若干高いと見込まれているものの、本質的な差はなく、経済性の向上に努める ・高速増殖炉による核燃料リサイクルについては、革新的な技術を段階的に取り入れることなどにより軽水炉並みの経済性を達成できる見通し ・核燃料リサイクルは、資源や環境を大切にし、また放射性廃棄物の処理処分を適切なものにするという観点からも有意義	・1997年12月1日に報告書「高速増殖炉研究開発の在り方」をとりまとめ、12月5日に原子力委員会はこの報告を妥当とする決定 ・将来の非化石エネルギー源の一つの有力な選択肢として、高速増殖炉の実用化の可能性を追求するために研究開発を進める ・広く国民の意見を反映した、定期的な評価と見直し作業を行うなど、柔軟な計画の下に、進められることが重要 ・原型炉「もんじゅ」は、この研究開発の場の一つ ・高速増殖炉研究開発の意義や進め方について、広く対話し、理解を得る努力が重要	・高速増殖炉の経済性を抜本的に向上する技術体系の確立(技術のブレークスルー) ・「もんじゅ」をはじめとする高速増殖炉の核燃料サイクル政策上の位置づけの明確化 ・原型炉「もんじゅ」の今日的意義の明確化 ・高速増殖炉研究開発についての国民意見の反映と、理解促進
(4) 原子力科学技術の多様な展開と基礎的な研究の強化 ・核融合エネルギーは、人類の恒久的エネルギー源の一つとして期待	・第三段階核融合研究開発基本計画に基づき、研究開発を実施	

・核融合については、主体的な国際協力の推進を図りつつ、研究開発を積極的に推進 ・放射線利用については、医療、環境保全の分野とともに、加速器や研究用原子炉から発生する新しいビームを活用した先端的な研究開発を推進 ・原子力技術にブレークスルーを引き起こす可能性のあるフロンティア領域の研究を推進	・国際熱核融合実験炉(ITER)計画に参画し、工学設計活動を実施(米国の工学設計活動からの撤退) ・放医研で重粒子線によるがん治療臨床試行が進行中。粒子線治療装置も全国5ヶ所で建設中 ・X線を用いたヘリカルCTの実用化研究の完了に続き、コーンビームCTやMR(磁気共鳴装置)等非電離放射線を利用した診断技術の高度化を図ると共に、短寿命PETを利用したPET、SPECTによる高精度診断を推進中 ・理研は、レーザー技術をウラン濃縮へ適応し、ブレークスルーをもたらした ・SPring-8の利用研究の推進 ・イオン照射研究施設TIARAの利用研究の推進 ・大強度陽子加速器の研究開発の推進 ・電子線・イオンビームを活用する環境保全等を目的とした新機能材料の創製及び宇宙、バイオ分野への活用	・SPring-8, TIARAの利用研究の更なる推進 ・中性子科学研究計画とハドロン計画との施設計画統合 ・イオンビーム活用の更なる推進
第3章 我が国の原子力開発利用の将来計画 1. 核不拡散へ向けての国際的信頼の確立 (1) 平和利用の堅持と国際的信頼の確立 ・原子力基本法に則り、厳に平和目的に限り原子力開発利用を推進 ・国際的な信頼を得るべく努力が必要 (2) NPT体制の維持・強化 ・NPTの普遍性を高めるとともに、核軍縮を働きかけることが重要 ・条約の無期限延長支持は妥当 ・条約の無期限延長が現在の核兵器保有国による核兵器保有の恒久化を意味するものであってはならない (3) 新たな核不拡散努力 ・平和利用の基本方針に立って、解体核発生国が行う核物質貯蔵等に貢献	・近隣諸国で核実験、核兵器搭載用飛行体発射試験等が相次いで行われた フランス南太平洋での核実験の終了 インド・パキスタンの核実験 北朝鮮のミサイル発射実験 ・原子力委員会原子力国際協力専門部会報告書「原子力国際協力のあり方及び方策について－新たな展開に向けて－」(1998年9月7日)公表 ・1995年4、5月、NPT再検討・延長会議において同条約の無期限延長を決定 ・旧ソ連核兵器廃棄支援として、1億ドルの協力を実施中	・核不拡散に関する我が国の対応 ・2000年のNPT再検討会議に向けた核不拡散体制への維持・強化への取組 ・特にロシア国における解体核処分早期実現のために他のオプションに比べて低コス

・不安定地域に対し、NPT加入と保障措置義務の履行を求めつつ、地域安定化に努力 ・IAEA保障措置の強化・合理化、原子力資機材輸出規制強化等への積極的取り組み (4) 我が国の自発的な核不拡散努力 ・査察、核物質の分析、情報処理等の信頼性確保のための体制を整備 ・余剰プルを持たないとの原則を堅持し、核燃料リサイクル計画の透明性を高めるための国際的枠組みの具体化に努力 ・核不拡散に配慮した研究開発(アクチニド・リサイクル技術等)への取り組み	・サイクル機構は、米ロの解体核処分に対する協力を実施中 ・1995年3月、KEDO設立 ・1998年10月、KEDO拠出に署名 ・1996年9月、CTBT署名開放。我が国の署名 ・1997年7月、我が国のCTBT批准 ・1998年5月、インド及びパキスタンによる地下核実験の実施 ・1998年8月、ジュネーブ軍縮会議がカットオフ条約交渉のための特別委員会設置を決定 ・1998年12月、追加議定書に署名 ・1999年2月、追加議定書の国内担保法国会提出 ・従来の保障措置協定に基づき実施可能な方策を順次導入するとともに、遠隔監視システムや環境試料分析技術等の技術開発を推進 ・大型再処理施設やプルサーマルに対応した査察関連機器及び分析・測定技術等の開発を実施 ・原子力白書でプル管理状況を公表 国際プル指針策定(1997年) ・IAEAにプル保有量、利用計画を報告し、公表 ・サイクル機構等で研究開発を実施中	・トのBN-600を用いた処分オプションに対する協力の強化が必要 ・CTBT国際監視制度等の検証機能確立 ・核不拡散関連技術の研究開発の計画的実施 ・従来の保障措置手段と未申告核物質・活動の探知能力を高める新たな保障措置手段の整合性のある形での組み合わせ ・今後の保障措置関連業務量の増大に対しても、適時かつ厳格な保障措置を実施するための査察業務の効率化 ・効率化方策として、定型化の進展した査察関連業務について、専門的な知見と技術を有する民間機関の活用 ・プルトニウム利用政策の透明性の向上と国内外の理解の促進に向けた広報活動 ・長期的観点から着実に研究開発を推進
2. 安全の確保 (1) 安全確保対策の充実 ・厳重かつ合理的な安全規制・管理に取り組む ・最新の科学技術的知見の各種基準等への反映 ・高経年原子力施設の安全確保 ・ヒューマンエラーの可能性の低減等の研究を推進	・もんじゅナトリウム漏えい事故(1995年12月) ・動燃東海再処理施設アスファルト固化処理施設火災爆発事故(1997年3月) ・動燃東海事業所におけるウラン廃棄物の管理問題(1997年8月) ・運転管理専門官の強化 もんじゅ・ふげん安全管理事務所(現敦賀原子力事務所)の設置(1996年7月)	

	東海運輸管理専門官事務所の設置(1998年4月) 六ヶ所原子力施設管理専門官事務所の設置(1992年12月) ・事故時の連絡通信体制の強化 - マルチメディア通信システムの導入(1998年1月) ・原子力安全委員会において、プルサーマルに関する報告書を取りまとめ(1995年6月) ・原子力安全委員会において、放射性廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方等について調査審議を実施中 ・被ばく管理技術、放出放射能の管理技術、環境監視技術の高度化のための研究開発を実施	
(2) 原子力防災対策の充実 ①防災活動支援情報システムの整備 ②原子力防災に関する研修の充実・強化 ③原子力防災対策の現状についての理解促進等の対策により、安全確保の充実を図る	・防災対策の実効性向上のための検討の開始 - 原子力安全委員会防災専門部会におけるIAEA基本安全基準等の取り入れにかかる検討を1996年から開始 ・防災基本計画の修正(原子力災害編の追加等の原子力防災対策の充実強化) ・原子力防災検討会報告書(1998年3月) ・原子力安全委員会防災専門部会において防災対策実効性向上のための総合的・体系的な視点に立った検討を1998年3月から開始 ・危機管理体制の整備を推進するため、対応規定類の整備、緊急時の情報伝達のインフラ整備等を推進する組織体制の整備を実施 ・防災情報システムを13立地道県に整備済 ・原子力防災に関する研修を充実強化 ・緊急時安全対策交付金による普及啓発事業の実施	・もんじゅ、ASP事故等による立地自治体からの防災体制に係る要望(特別措置法の制定、原子力レスキュー隊(仮称)の設置) ・立地自治体の防災対策を支援するための国の体制の強化(国の専門家の迅速な派遣体制、現地体制の整備) ・情報システムを用いた防災対策の円滑化(SPEEDI、COSTA、画像情報システム) ・多様な事故に対応するため緊急時マニュアルの改訂、実際の緊急時における指揮系統の整備など、具体的なシステム構築が必要 ・環境放射能調査の充実強化に関する記述を追加する必要がある
(3) 安全研究の推進 ・原子力安全委員会の年次計画に沿って最新技術、経験を踏まえた以下の対策を実施 ・原子力施設等の安全研究 - 原子力施設の耐震等 ・環境放射能に関する安全研究 ・放射性廃棄物処分に関する安全研究 - 処分計画に対応して実施	・原子力安全委員会における安全研究年次計画(1996年度～2000年度)の策定及びこれに基づく安全研究の推進	・原子力安全委員会における安全基準等の策定に関する調査審議に適切に対応するよう、研究評価、研究課題の重点化等
(4) 国際的な原子力安全の確保 ・世界の原子力施設に係る故障やトラブル等の情報	・国際原子力事象評価尺度(INES)に1991年より参画	

- の収集、分析、評価等において、主導性を発揮し、国際機関を通じた協力や二国間の協力に参加して世界の原子力の安全に努力 ・安全研究や安全規制の面における国際協力 ・原子力の安全確保は国際的な共通課題として各国が協力して取り組むことが重要 ・世界における原子力安全の問題の解決に積極的に協力 ・「原子力安全条約」の早期成立に向け、引き続き積極的に努力 ・旧ソ連、中・東欧諸国への支援 二国間、多国間の枠組みを通じ、短期的、長期的支援を行う ・近隣アジア地域、開発途上国との協力 安全確保に重点を置いて積極的に協力 ・原子力安全条約の早期成立のための努力	・事故・故障報告システム(IRS)に昭和50(1975)年代より参画 ・原子力事故早期通報条約、原子力事故等援助条約に加盟(我が国に対しては、1987年に効力発生) ・国際原子力防災訓練(INEX2)に1996年より参加 ・放射性廃棄物安全条約について1997年9月条文採択、署名開放。我が国においては署名・批准の準備中 ・米、仏、瑞、独、韓、英、中、伊の8カ国と二国間規制情報交換を実施 ・安全基準類策定への協力、OSART、ASSETミッションへの専門家派遣。 ・1996年4月、モスクワ原子力安全サミット ・1997年11月、「橋本・エリツィン・プラン」 ・旧ソ連型炉に対する原子力安全技術支援 ・チェルノブイリ原発の第2石棺建設協力 ・国際チェルノブイリセンターへの協力 ・アジア原子力安全国際会議を1996年に東京、1997年にソウルで開催 ・原子力安全に係る派遣、研修事業 ・IAEA特別拠出金事業アジアプロジェクト ・我が国においては、1994年9月署名、1995年10月批准済(1996年10月発効)	
3. 国内外の理解の増進と情報の公開 (1) 国民の理解の増進と情報の公開 ・核物質防護、核不拡散、財産権の保護に関する情報など非公開とすべき情報を除き、公開を原則 ・報道関係者に対する正確で客観的な情報公開・情報提供 ・「国民とともにある原子力」であるために国民の信頼感、安心感を得る ・正確で客観的な情報公開・情報提供 ・青少年に対する原子力の正確な知識の普及を図る (2) 国際的な理解の増進 ・我が国の原子力開発利用を円滑に進めていくためには、世界の国々の理解と信頼が必要 ・我が国の原子力開発利用の意義、具体的内容についての合理性の確保と原子力の平和利用	・社会的な関心が特に高い施設に関する設計及び工事の方法の認可申請書、保安規定の公開 ・原子力委員会、原子力安全委員会において本委員会、審査会、専門部会等の議事及び資料の公開等を実施 ・原子力政策円卓会議の開催 (1996年4月～、1998年7月～) ・サイエンス・チャンネルの試験放送	

・安全確保の実績を示す		
4. 原子力発電の将来見通しと原子力施設の立地の促進 (1) 原子力発電規模の見通し ・現在の設備容量は3837.6万kw、総発電電力量の約3割 ・原子力発電規模は、2000年には約4560万kw、2010年には約7050万kwが目標 ・商業発電に占める原子力の割合は、2000年に約33%、2010年に約42%の見通し ・2030年の原子力発電の設備容量が約1億kwに達することが期待 (2) 原子力施設の立地促進 ・現在の商業用原子力発電所の立地地点(サイト)は17サイト(46基)、要対策重要電源として12サイト(新規7) ・既存サイトでの増設と共に、新規サイトの確保、関連施設の立地対策が重要 ・原子力施設の立地による波及効果を地域の長期的発展に結びつけると共に、新規立地予定地点での理解の促進への意義が大きい ・円滑な立地促進のため、関係省庁の一体となった地域振興の支援、積極的な広報の展開を行う ・中長期的観点から、立地技術の高度化に取り組む	・現在の設備容量4508.2万kw、総発電電力量の35.2% ・原子力発電規模は、2010年には7,000万～6,600万kwが目標(総合エネルギー調査会需給部会報告書1998年6月) ・商業発電に占める原子力の割合は、2010年に約45%の見通し(総合エネルギー調査会需給部会報告書1998年6月) ・46基→51基(1998年12月末現在)	・電源三法等制度の充実等について ・電源地域振興対策の充実強化について ・既設原子力発電地域に対する国の一体的な支援強化について ・広報対策の充実強化 ・立地地域の恒久的な地域振興策の確立 ・原子力発電施設等立地地域長期発展対策交付金の弾力的運用 ・電源地域の振興に関する総合的恒久的な施策
5. 軽水炉体系による原子力発電 (1) 軽水炉の高度化 ・軽水炉は世界で最も広く利用され、十分な実績を持っており、今後も長年に渡り我が国の原子力発電の主流を担うと予想 ・軽水炉発電については、官民協力の下、安全性の一層の向上、高品質の維持の上での経済性の向上への不断の努力が必要 ・技術開発については、一層の積極的な安全確保への取組と共に、原子力産業全般における技術力の維持・向上、情勢に的確に対応した設計、運用両面からの技術の高度化を図る ・長期的観点から、燃料・炉心機能の高度化、将来	・技術開発については、改良型軽水炉の定着(ABWRの運転開始等)、信頼性、運転性、経済性の向上を目指した設計、運用両面での高度化及び高経年化対策等が進行中 ・長期的観点から燃料・炉心機能の高度化が進行中	

型軽水炉、中小型炉についての調査・研究に取り組む

(2) ウラン資源の確保と利用

①天然ウランの確保

- ・天然ウランの累積所要量(予測)は以下の通り
2000年:16万トン程度
2010年:28万トン程度
2030年:60万トン程度
- ・OECD/NEA及びIAEAの共同報告によると、我が国の需要量は世界の約13%(1992年)
- ・天然ウラン資源の安定確保のため、動燃による海外調査探鉱を実施するとともに、民間における探鉱活動を助成

②ウラン濃縮

- ・ウラン濃縮の年間役務所要量予測は以下の通り
2000年:5000トンSWU/年程度
2010年:7000トンSWU/年程度
2030年:10000トンSWU/年程度
- ・2000年にはOECD諸国の濃縮役務需要の約2割となる予測。供給能力は2010年過ぎも過剰と推測
- ・濃縮ウランの安定供給、核燃料サイクルの自主性の確保のため、国内におけるウラン濃縮の事業化を進める
- ・ウラン濃縮原型プラントは、現在の運転サイクル以降の運転についても、その利用を検討
- ・国内民間濃縮事業の確立を目標として、2000年過ぎ頃の1500トンSWU/年の規模の安定した操業の実現と経済性の向上に取り組む
- ・それ以降の展開は、国際動向、経済性、技術の継承等を考慮し、具体的事業規模と時期を検討
- ・ウラン濃縮機器製造分野は、技術力や機器生産能力の維持・向上を図っていくことが必要

・将来型軽水炉(単純化軽水炉等)調査・研究が進行中

- ・2000年の累積所要量予測は16万トン程度(1998年)
(それ以降の予測は、原子力発電規模の予測の仕方による)
- ・共同報告によると、世界の約14%(1996年)
- ・核燃料サイクル開発機構は自主的な探鉱活動により、カナダ、オーストラリアを中心に4万トン強の埋蔵鉱量の権益を保有
- ・海外ウラン探鉱は整理事業として適切な過渡期間をおいて廃止し、権益は適切に売却していくことを決定
- ・2000年のウラン濃縮役務所要量予測は5000トンSWU/年程度(1998年)
(それ以降の予測は、原子力発電規模の予測の仕方による)
- ・2000年にはOECD国の約2割弱(17.7%)と予測(1998年)
供給能力は、現時点では同様に過剰と推測される
- ・六ヶ所村において濃縮工場が1050トンSWU/年で操業中
- ・サイクル機構の原型プラントは、これまで約300トンの濃縮ウランを生産
- ・実用化に必要な技術基盤を確立し、開発した遠心機は六ヶ所濃縮工場に導入
- ・サイクル機構のウラン濃縮は整理事業として適切な過渡期間をおいて廃止
- ・ウラン濃縮原型プラントの役務運転を1998年度から約3年間継続し、以後廃止措置研究に活用
- ・2000年過ぎ頃より、経済性向上を目指した高度化遠心機を用い、450トンSWU/年を増設開始予定

・ウラン濃縮の経済性向上には、適宜評価を行いながら新技術の適切な導入が重要 ・遠心分離法濃縮技術については、六ヶ所工場に新素材高性能遠心機の導入を図るとともに、2000年代前半の六ヶ所濃縮工場への導入に向け高度化機の開発を進める ・レーザー法濃縮技術については、原子法、分子法の研究開発を次の段階に進めるべきか否かを2000年頃までに判断する ・化学法濃縮技術の実用化は、総合的に判断 ③回収ウラン、劣化ウランの利用等 ・回収ウランは、再濃縮してリサイクルすることが適切 ・ウラン濃縮原型プラント等での再濃縮計画を進めるなど、回収ウランの本格的利用に備え、民間関係者と動燃が共同研究を行う ・海外再処理委託からの回収ウランは、海外で転換、再濃縮を行うべく電気事業者が準備 ・劣化ウランは、将来の利用に備え効率的な貯蔵方策、利用法策について検討していく	・旧動燃及び民間による新素材高性能遠心機の開発成果を踏まえ、2000年過ぎ頃からの導入に向けてサイクル機構と民間との共同研究により高度化機を開発中 ・分子法の研究開発は1997年度、原子法の研究開発は1998年度で国の予算措置終了 ・研究開発は既に終了 ・原型プラントで実施中であり、1998年度から約3年間の追加役務運転においても、回収ウラン再濃縮を計画している ・海外再処理委託からの回収ウランについては、1990年～1993年に150トンの転換、再濃縮を欧州にて実施	・サイクル機構と電力同研究後の開発体制への円滑な移行 ・研究成果のとりまとめと技術の民間移転
6. 核燃料リサイクルの技術開発 (1) 核燃料リサイクル計画の具体化 ①MOX燃料利用 (イ) 軽水炉による利用 ・軽水炉によるMOX燃料利用は、実用規模の核燃料リサイクル技術の確立、体制の整備等の観点から重要であり、計画的に進める ・現在の軽水炉でのMOX燃料は特段の技術的問題はないと言える ・1990年代後半からPWR、BWRそれぞれ少数基、2000年頃に10基程度、2010年までには十数基程度の規模に計画的、弾力的に拡大が適当 (ロ) 新型転換炉による利用 ・新型転換炉原型炉「ふげん」は運転を継続	・1997年2月の閣議了解、電力による2010年までの計画の公表 ・1995年の原子力安全委員会原子炉安全基準専門部会報告書 ・電力の計画 2000年まで : 4基 2000年代初頭 : 9基 2010年まで : 16基～18基 ・サイクル機構のATRは整理事業とし、「ふげん」は2003年に運転を終了し、廃炉研究に活用 ・「ふげん」は1997年度までの19年間で、設備利用率約65%、発電電力量約180億Whを達成	・停止後の円滑な廃止措置の実施

・新型転換炉実証炉は2000年代初頭の青森県大間町での運転開始を目標に電源開発が建設計画を進める ②使用済燃料再処理 ・使用済燃料の年間発生量は以下のとおり予想 2000年：800～1000トン 2010年：1000～1500トン 2030年：1500～2300トン ・使用済燃料は再処理を基本とし、核燃料サイクルの自主性の観点から国内再処理が原則 ・東海再処理工場は六ヶ所再処理工場の操業開始まで再処理需要の一部を賄い、同工場操業以降は軽水炉MOX、新型転換炉、高速増殖炉等の使用済燃料再処理の技術開発の場として活用 ・六ヶ所再処理工場(年間処理能力800トン)は2000年過ぎの操業開始を目指す ・民間第二再処理工場は、六ヶ所再処理の建設・運転経験や技術開発を踏まえての設計・建設を基本とし、軽水炉MOX等も再処理が可能とするとともに優れた経済性を目指す ・六ヶ所再処理の計画等を考慮して、2010年頃に再処理能力、利用技術などについて方針を決定 ・研究用原子炉等の使用済燃料は、再処理又は長期保管し、具体的方策は関係機関で検討 ③使用済燃料の貯蔵・管理 ・使用済燃料は準国産の有用なエネルギー資源の一つと位置づけられ、再処理までの間適切に貯蔵・管理する ・発電所内の従来方法での貯蔵を原則とするが、貯蔵の見通しを勘案し、将来的な貯蔵方法等についても検討を進める ・軽水炉MOX等の使用済燃料も、再処理するまでの間、発電所内で適切に貯蔵・管理 ④MOX燃料加工	・これまで、650体を越えるMOX燃料使用実績をあげ、我が国のプルトニウム利用技術の確立に貢献 ・平成7年の実証炉計画の中止とフルMOX-ABWR導入の決定 ・1998年における現状及び見通し 現在：900トン 2010年：1400トン 2030年：1900トン ・軽水炉使用済燃料の海外搬出終了(1998年9月) ・東海再処理工場は1998年3月までに約900トンの再処理を実施(アスファルト事故により、現在計画停止中) ・再処理工場では、再処理技術高度化に向けての取り組み(高信頼性機器、前処理工程の高度化、遠隔技術等)を実施 ・六ヶ所再処理工場は2003年操業開始予定 ・研究炉用高濃縮ウラン使用済燃料は、1996年の米国の引取政策の決定により、返還輸送を実施中 ・発電所内貯蔵の増強を図るも、1998年の実務者検討会等の報告書により、2010年までに約5000トンを発電所外において貯蔵開始することが必要とされた	・フルMOX装荷の安全性の議論 (原子力安全委で1998年11月開始) ・東海再処理工場活用方策 ・制度整備、事業主体の設立、立地等
---	--	--

(イ) 軽水炉用MOX燃料加工 ・海外再処理で回収されるプルトニウムは、基本的に欧州でMOX燃料に加工し、1990年代後半からの軽水炉利用への使用が適当 ・電気事業者は検討・準備を進め、国は平和利用担保のための措置を講じる ・2000年過ぎには年間100トン弱程度の規模の国内MOX燃料加工の事業化が必要 ・電気事業者が中心となって事業主体を確定するとともに、円滑な技術移転のため、動燃のMOX燃料加工施設の活用について、早急に結論を得ることが重要 (ロ) 新型転換炉用MOX燃料加工 ・「ふげん」用MOX燃料加工は、動燃にて加工施設の所要の設備整備を進める ・実証炉MOX燃料については、同施設でMOX燃料を加工できるよう、追加的設備設備等を関係者で検討していく ⑤MOX燃料等の返還輸送 ・MOX燃料等の返還輸送については、電気事業者等関係者において実施体制を検討 ・国際的理解・協力に向けて、輸送の安全性等に係る情報提供、広報活動を適切に実施	・1999年からの装荷に向け、欧州において加工中 ・電気事業者等において事業化を検討中 ・MOX燃料製造技術を研究開発 ・1995年のATR実証炉計画の中止決定 ・第1回MOX燃料輸送は1999年に実施予定。 ・SPF諸国首脳招聘、IMOにおける輸送安全性の説明等を実施	・日・ユーラトム協定締結交渉 ・立地及び事業化に当たっての技術的課題
(2) 将来の核燃料リサイクル体系の確立に向けた技術の開発 ①高速増殖炉技術の開発 (イ) 高速増殖炉開発の長期的な進め方 ・将来的に核燃料リサイクル体系の中核として位置付け、相当期間の軽水炉との併用期間を経て将来の原子力発電の主流とすべく開発 ・電気事業者が進める実証炉開発と国の研究開発を両輪として官民連携の下、開発を進めることとし、動燃は技術開発の中核的役割を果たす ・「もんじゅ」に続く実証炉は電気事業者が建設 ・2基の実証炉建設によって革新的技術等を実証し、軽水炉並みの建設費を達成 ・2030年頃までには実用化が可能となるよう技術体系の確立を目指す	・高速増殖炉懇談会報告により、高速増殖炉の研究開発を進めることが妥当とされた ・実用化にあたっては、実用化時期を含めた開発計画について、安全性と経済性を追求しつつ、将来のエネルギー状況を見ながら、柔軟に対応	・高速増殖炉懇談会報告を受けた、現行長計の見直し

＜国内再処理によって回収されるプルトニウム＞ ・1990年代末までの累積需給は、東海再処理工場からのプル0.4ト/年と返還プルを合わせた約4トを「もんじゅ」等の研究開発0.6ト/年に使用 ・2000年代後半には、需要は「もんじゅ」、高速増殖実証炉、新型転換実証炉、軽水炉利用等を合わせて約5ト/年、供給は六ヶ所再処理工場の約4.8ト/年と東海再処理工場の約0.2ト/年 ・2000～2010年の国内回収プル(約35～45ト)は、高速増殖炉、新型転換炉等の研究開発用に約15～20ト、軽水炉利用で約20～25ト使用 ＜海外再処理によって回収されるプルトニウム＞ ・2010年頃までには、海外再処理による回収プルの累積量は約30ト、基本的には軽水炉用MOX燃料に加工後、返還輸送し軽水炉利用 ・国内プルが不足する場合は海外からのプル数ト程度を高速増殖炉、新型転換炉等の研究開発に利用 適切なランニングストックは必要だが、以上のようにプル需給はバランスしており、余剰プルは持たないとの原則に沿っており、今後ともこの原則厳守を内外に示していく	・核燃料リサイクル計画専門部会を1994年12月に立ち上げ(「もんじゅ」事故以降、中断) ・原子力白書にて公表 ・1995年8月時点の見通しを公表 ・2000～2010年は、研究開発用に約10～15ト、軽水炉利用で約25～30ト使用(ATR実証炉 → フルMOX-ABWRの変更により見直し)	・もんじゅ、東海再処理工場の立ち上げを踏まえた新たな見通しのとりまとめ
7. バックエンド対策 (1) 放射性廃棄物の処理処分 ① 放射性廃棄物処理処分に係わる基本的考え方 ・適切な区分管理と区分に応じた合理的な処理処分が必要 ・海洋投棄は社会的・政治的情勢等を勘案し実施しない ・再利用について検討。必要な研究開発を進める ・規制除外・規制免除についても国際動向を踏まえ適切に対処	・発生源に基づいて廃棄物を区分し、放射能濃度や核種の寿命を考慮した処分方策を原委で検討 ・海洋投棄はロンドン条約により中止 ・海洋投棄は1994年2月の法令改正により全面禁止 ・電源特会で研究開発を継続 ・原子力安全委員会にてクリアランスレベルを検討中 ・1997年5月、原子力安全委員会放射性廃棄物安全基準専門部会において、クリアランスレベル(放射性物質としての特殊性を考慮する必要がない物の明確化)に関する調査審議を開始 ・主な原子炉施設(軽水炉、ガス炉等)におけるクリアランスレベルについては、1999年3月を目途に他の型式	・放射性廃棄物の分かり易く合理的な区分方法の検討 ・国、電気事業者、実施主体の適切な役割分担 ・原電東海の廃止措置のスケジュール(早ければ2001年に原子炉解体の手続きを開始)を勘案しつつ、2001年春頃を目途に、クリアランスレベルを制度化 ・規制免除レベルとの整合性、環境基本法関係法令(廃掃法、リサイクル法等)との関係の整理、社会的観点の配慮等が今後の課題

- ・発生者責任（各事業者等）が基本
- ・国は処分の安全性の確認と法制度等を整備

②発電所廃棄物の処理処分

- ・原子炉設置者に処分責任
- ・放射能レベルの比較的低いものは浅地中処分
- ・比較的高いものは検討を継続

③サイクル廃棄物の処理処分

(イ) 高レベル放射性廃棄物の処理処分

- ・安定な形態に固化した後、30年から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地下の深い地層中に処分することが基本方針
- ・国は、確実な処分の実施に責任を負うとともに必要な施策を策定
- ・動燃事業団は研究開発等を実施、電気事業者は処分費用の確保と責任を十分踏まえた役割を果たす
- ・処分事業の実施主体は2000年を目安にした設立が適当
- ・以下の手順に従い、2030～2040年代半ばまでの処分場操業開始を目途とする
- 1) 実施主体は、予備的な調査を経て地元の了承

（重水炉等）の原子炉施設、RI法対象施設等におけるクリアランスレベルについては、2000年夏頃を目途に報告書を取りまとめる予定

- ・処分事業に関するスケジュールを踏まえつつ、原子力安全委員会での調査審議の結果に従い、所要の制度を着実に整備

- ・発電所の運転に伴い発生する廃棄物については、青森県六ヶ所村の日本原燃(株)低レベル放射性廃棄物埋設センターにて埋設処分を実施中

- ・1998年10月、原子力バックエンド対策専門部会報告書「現行の政令濃度上限値を超える放射性廃棄物処分の基本的考え方について」がとりまとめられ、発電所廃棄物全体について、処分の基本的考え方が示された

- ・1998年11月、原子力委員会において「現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物処分への取組について」が決定

- ・現行の政令濃度上限値を超える低レベル放射性廃棄物（炉内構造物、使用済制御棒等）については、1998年11月、原子力安全委員会放射性廃棄物安全規制専門部会及び放射性廃棄物安全基準専門部会において、「安全規制の基本的考え方」及び「安全規制に関する基準値（政令濃度上限値）」の調査審議をそれぞれ開始

- ・1998年5月、高レベル放射性廃棄物処分懇談会報告書「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」がとりまとめられ、実施主体の在り方、事業資金の確保方策、処分地選定プロセス、立地地域との共生方策などの基本的考え方が示された

- ・1998年6月、原子力委員会において「高レベル放射性廃棄物処分の推進について」が決定

- ・1998年6月、原子力安全委員会放射性廃棄物安全規制専門部会において、高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方に関する調査審議を開始

- ・総合エネルギー調査会原子力部会において処分費用の合理的見積り及び処分事業の在り方について審議し、1999年3月に報告を取りまとめ

- ・現行の政令濃度上限値を超える放射性廃棄物の処分事業の具体化
- ・原電東海の廃止措置のスケジュールを勘案しつつ、政令、総理府令等の改正（政令濃度上限値を追加設定、技術基準の整備等）を実施

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分方策についての国民の理解増進
- ・2000年目途の法制度の整備
- ・2000年目途の実施主体の設立
- ・実施主体の処分地選定スケジュールを勘案し、早急に「安全規制の基本的考え方」を提示
- ・その後「安全規制の基本的考え方」に従い順次、立地条件、安全設計、安全評価等に関する具体的な安全基準・指針等を策定
- ・立地条件に関する安全基準・指針等については、処分子定地の選定やこれに係る国の確認の際に参照できるよう策定

を得て処分予定地を選定 2) 国が選定結果を確認 3) 実施主体は、処分予定地において所要のサイト特性調査と処分事業の実証を行う 4) 実施主体は、処分地として適当と判断すれば処分地の設計を行い、処分に係る事業申請を行う 5) 国は必要な法制度等の整備を図り、安全審査を行う ・費用の確保のため早急に具体的検討を進め、合理的な見積もりを行う ・地層処分の研究開発は、動燃が中核となり推進し、その成果は2000年前までに取りまとめる ・深地層の研究施設と処分場計画は区別し、北海道幌延町での貯蔵工学センター計画は地元及び北海道の理解と協力を得て推進を図る ・核種分離・消滅処理の研究開発も推進し、1990年代後半を目途に各技術の評価を行う (ロ) TRU核種を含む廃棄物の処理処分 ・再処理事業者、MOX燃料加工事業者、電気事業者の間で処分の責任を明確化し、処分の具体化に向けた検討を進める	・処分事業の実施主体は民間主体で2000年を目途に設立 ・費用は電気事業者が原子力発電に係る費用として計上(総合エネルギー調査会原子力部会1999年3月) ・1997年4月原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会において、地層処分技術の研究開発の進め方等を示した報告書を取りまとめ ・動燃、原研、地質調査所等は、1997年9月に「地層処分研究開発協議会」を設置し、第2次取りまとめに向けた協力を強化 ・核燃料サイクル開発機構の主たる業務として、高レベル放射性廃棄物の処理処分に係る研究開発が明示された ・1998年9月に第2次取りまとめの第1ドラフトを公表 ・2000年前までに2次取りまとめを完成 ・1995年12月、岐阜県、瑞浪市、土岐市、動燃の4者は超深地層研究所計画にあたり、協定書を締結 ・研究所の実現に向け、表層調査、1000mボーリング等実施中 ・1998年2月、貯蔵工学センター計画を取り止めて新たな提案として北海道幌延町における深地層の研究の推進を申し入れた ・1998年6月の原子力委員会決定では、岐阜県及び新たに提案された北海道における深地層の計画を地元の理解を得て推進する旨明記 ・核種分離・消滅処理研究については、オメガ計画に従い、原研、サイクル機構等が研究開発を推進 ・1997年8月サイクル機構、電気事業者が共同作業チームを設置し、技術的観点から処分概念を構築中 ・1998年12月より、原子力委員会原子力バックエンド対	・処分地選定スケジュールの明示 ・早期の費用算定と徴収の開始 ・第2次取りまとめの策定及びそれ以降の研究開発課題と役割分担の検討 ・第2次取りまとめの国による評価 ・サイクル機構が中心となって実施する「地層処分の研究開発」の成果については、原子力安全委員会における安全基準等の策定に関する調査審議に適切に反映 ・超深地層研究所計画、北海道幌延町における深地層の研究計画の推進 ・これまでの研究開発成果の整理と今後の進め方の検討 ・TRUを含む放射性廃棄物の処理処分概念のとりまとめ ・原子力バックエンド対策専門部会での処分
--	---	--

・全α核種について、放射能濃度約1ギガベクレル／トンを一応の区分目安値に設定し、目安値より低いものは浅地中処分、目安値より高いものは高レベル放射性廃棄物の処分方策と整合性を図りつつ、1990年代末を目途に具体的な処分概念の見通しが得られるよう検討 ・動燃は原研の協力で処分技術の研究開発を推進し、電気事業者等は責任を十分踏まえた役割を果たす	- 策専門部会において当該廃棄物の処分方策の審議開始 ・共同作業チームにおいて、研究成果を集約し、1999年度末を目途に報告書がとりまとめられる予定 ・原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会の調査審議結果がとりまとめられた後、原子力安全委員会において、安全基準等の策定に関する調査審議を開始 ・サイクル機構、原研、加工事業者等が処分に関する研究を実施	- 方策の策定 ・処分の責任者の明確化 ・処分事業の具体化 ・高レベル放射性廃棄物の処分方策と整合性を図る
(ハ) ウラン廃棄物の処理処分 ・転換・成型加工事業者や濃縮事業者、電気事業者の間で処分の責任を明確化し、処分の具体化に向けた検討を進める ・ウラン濃度が比較的低い大部分の廃棄物は、段階管理を伴わない簡易な方法による浅地中処分が可能	・サイクル機構、原研、加工事業者等が処分に関する研究を実施中	・処分の責任者の明確化 ・ウラン廃棄物の処理処分概念の策定 ・原子力バックエンド対策専門部会での処分方策の策定 ・処分事業の具体化 ・少量国際規制物質の取扱
④RI廃棄物及び研究所等廃棄物の処理処分 ・RI廃棄物は原研、日本アイソトープ協会等の主要な責任主体が早急に検討を始める ・国は放射線障害防止法等関連法令の改正など制度整備を行う ・比較的半減期の短いβγ核種が主要各種のRI廃棄物のうち、放射能レベルの比較的低いものは浅地中処分または簡易な方法による浅地中処分を行う ・半減期が極めて短い核種のみを含むものについては、段階管理を伴わない簡易な方法による浅地中処分を行う ・研究所等廃棄物については、発生者である動燃や原研等で早急に検討	・1998年5月に原子力バックエンド対策専門部会報告書「RI・研究所等廃棄物処理処分の基本的考え方について」がとりまとめられた ・1998年6月、原子力安全委員会放射性廃棄物安全規制専門部会において、RI・研究所等廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方に関する調査審議を開始 ・1998年6月、原子力委員会において「RI・研究所等廃棄物処分への取り組みについて」が決定 ・1997年10月、原研、動燃等はRI・研究所等廃棄物事業推進準備会を設立 ・準備会では、事業主体設立、事業資金の確保方策等についての検討及び処理処分に関する研究開発等を実施中	・2000年目途の事業主体の設立 ・事業化に向けての具体的な処分計画の検討 ・法制度の整備 ・「安全規制の基本的考え方」を示し、その後、具体的な安全基準・指針等を策定 ・放射線障害防止法等関係法令の改正を含め所要の制度を整備 ・ウラン、TRU相当については、今後それぞれの処分方策策定の中で検討
⑤返還廃棄物への対応 ・円滑な返還が行われるよう、電気事業者を中心に所要の措置を講じる ・管理施設で一定期間貯蔵後、適切に処分(国内廃棄物との整合性を図る) ・国際協力を得て、情報公開と広報活動を実施	・これまで4回の輸送を実施し、合計168本のガラス固化体を六ヶ所村で貯蔵中 ・今年度中に第5回を実施する予定 ・情報公開を進めるとともに、海外諸国に対して、電力事業者が中心となり、広報活動を実施中	・TRU核種を含む廃棄物について、電気事業者の返還計画を勘案しつつ、事業所外廃棄規則の改正等所要の制度を整備 ・輸送事業のルーチン化 ・高レベル放射性廃棄物以外の廃棄物の返還
(2) 原子力施設の廃止措置 ・原子力施設の廃止措置は、設置者の責任の下、	・1998年3月、商業用原子炉として初めて日本原電東海	・再処理施設解体技術の研究開発

地域社会との協調を図りつつ進める ・商業炉の廃止措置は運転停止後早期に解体撤去し、敷地は発電所用地に利用 ・原研の動力試験炉や再処理特別研究棟を対象に解体技術開発を推進。国は確証試験を継続 ・廃止措置に伴う廃棄物は、設置者の責任で適切に処分	・1号炉が営業運転を停止 ・原研の動力試験炉については、1996年3月に解体試験を終了し、再処理特別研究棟の解体試験を実施中 ・1997年6月総合エネルギー調査会原子力部会廃炉検討部会報告書にて原子炉の解体は既存の技術で概ね対応可能と結論 ・1998年10月、原子力バックエンド対策専門部会報告書「現行の政令濃度上限値を超える放射性廃棄物処分の基本的考え方について」がとりまとめられ、これにより、発電所から発生する廃棄物は全て処分の基本的考え方が示された ・1999年3月、総合エネルギー調査会原子力部会は、解体放射性廃棄物の処理処分費用を試算	・研究炉の解体に当たって具体的な措置（費用確保、廃棄物処分、使用済燃料取扱）
8. 原子力科学技術の多様な展開と基礎的な研究の強化 (1) 基礎研究と基盤技術開発 ① 基礎研究 ・新たな可能性の探索・実現のために基礎研究の充実強化 ・今後重点的に推進されるべき研究分野(原子核・原子科学に関する研究、TRU等)の列举 ② 基盤技術開発 ・基礎研究とプロジェクト開発を結びつける基盤技術開発に取り組む ・ソフト系科学技術分野においては、幅広い調査研究に取り組む	・放医研において、放射線生体影響の機構解明のためのゲノムサイエンス、生体ラジカル研究を実施中 ・理研は、継続した高度化研究により世界最高性能を実現した重イオン加速器施設において、原子核・原子科学研究を推進 ・RIビームを用いた先駆的研究を進めるとともに次世代加速器として大強度・高エネルギーRIビーム発生利用施設の整備を進めている ・重イオン・RIビームを利用した先端的研究を物理・化学・工学・生物医学・環境科学の各分野とそれらの学際領域で推進中 ・先端基礎研究センターの組織化と基礎研究の推進 ・放射光利用研究部の組織化とSPring-8放射光の利用研究の推進 ・ウラン、TRU等の重元素科学の推進 ・中性子散乱等による物質及び生物研究等の推進 ・物質科学研究部、エネルギーシステム研究部の組織化と基盤技術開発の推進 ・並列計算処理普及システムソフトの開発	・技術基盤の整備と利用研究の一層の展開

	・DNA変異検出と画像解析技術の開発 ・医療用放射光診断装置の要素技術研究の着実な進展 ・1998年3月「クロスオーバー研究の推進について」に基づき、第三期を検討 ・原子力委員会基盤技術推進専門部会で重点的に実施すべき技術領域を指定 ・複数の研究機関のポテンシャルの結集を必要とする研究分野では国立試験研究機関(4省庁10機関)、原研、理研が課題を分担して実施(クロスオーバー研究) ・実施中(1999年度要求)の5技術領域は、①放射線生物影響分野、②ビーム利用分野、③原子力用材料技術分野、④ソフト系科学技術分野、⑤計算科学技術分野 ・理研は、植物における核種の動的移行に関する研究を進める ・理研は、原子力構造物の加工組立工程での残留応力・材質変化を考慮に入れた構造設計のためのFEMプログラムの開発、分子法レーザー技術を基に赤外レーザー技術を継続して発展させることができた	・原子力クロスオーバー研究推進方法と今後のあり方 ・基盤技術研究における大学との連携 ・研究成果の技術移転
(2) 原子力エネルギーの生産と原子力利用分野の拡大に関する研究開発 ・原子力の革新的な技術の研究開発については、総合的な観点から取り組む ・原子力研究の高度化、利用分野の拡大に取り組む ①新しい概念の原子力システムに関する研究開発 ・受動的安全炉の研究開発の推進 ・プルトニウムを用いた軽水炉、新型燃料や冷却材の基礎的研究 ・新概念の原子炉の実現に必要な炉工学・設計研究のための設計・実験システムの研究開発の推進 ・再処理において、回収、抽出の新技术に関する研究等とそれに適した燃料、一体化したシステムに関する検討の推進 ・湿式・乾式の核種分離、原子炉・加速器を用いた消滅処理の研究推進とTRUの核データ等の整備、充実を図る ②高温工学試験研究 ・高温ガス炉技術の基盤確立、高度化及び高温工	・受動的安全炉の伝熱研究 ・高転換型MOX炉心の概念研究 ・窒化物燃料原子炉システムの研究 ・核燃料サイクル技術開発の推進 ・再処理プロセスの構築と技術確立の推進 ・オメガ計画の実施 ・中性子科学研究計画の推進 ・核データの収集、整備、データベースの拡充 ・HTTRについては、建設が終了し、1998年11月に臨界を	・多様な原子力システムの検討、確立 ・核種分離・消滅処理技術研究開発の実施 ・研究開発成果の整理と今後の研究開発の進め方の検討 ・水素製造システム等のHTTRへの接続等の利

学に関する先端的基礎研究の推進 ・中核的施設として、HTTRの建設を推進 ・HTTRを活用した研究開発の進展を図る ③原子力船研究開発 ・原研において、原子力船「むつ」の解役工事と船用炉の改良研究の推進 ・船舶技研において、基礎研究の継続実施 (3)放射線に関する研究開発 ①放射線利用に関する研究開発 ・医療分野等でのRI利用技術、加速器を用いたビーム発生・利用技術及び研究用原子炉を用いた中性子照射・利用技術に関する研究開発の推進 ・SPring-8の整備推進 ・イオンビームを用いたがん治療の推進 ・医療専用小型放射光装置の開発 ②放射線の生物・環境影響に関する研究開発 ・日本の風土・特性に配慮した被ばく線量の総合的評価に関する研究等の推進 ・人体への低線量放射線の影響を明らかにするための研究開発 ・宇宙環境等での放射線の生物影響に関する研究の推進	達成 ・HTTRを活用した利用研究については、1996年度から核熱利用システム技術開発を開始 ・一体型船用炉(深海調査船等を対象)に関する研究 ・放医研では1994年から炭素イオンを用いたがん治療の臨床試行が開始され、1998年7月末現在で473人の治療が行われている ・粒子線がん治療の地域展開 ・粒子線生物学の研究が進展しており、粒子線治療の基礎データが蓄積されつつある ・医療専用小型放射光装置は設計パラメータの検討、技術的問題点の抽出が進行しており、SPring-8等を用いた実験研究が行われている ・理研は、重イオン加速器から出るビームを用いて、原子核物理、物質科学等の基礎研究を行うとともに、工業、農業、医療、環境保全等の幅広い分野の研究開発を実施 ・理研は、重イオン加速器に関する研究開発で得た技術により、新しい加速器である大強度で全元素にわたるRIビーム発生利用施設を整備中 ・イオンビームについては、マイクロビーム技術の開発及びバイオ分野への利用へ進展 ・医療照射設備の整備等を含む研究炉(JRR-4)の改造 ・JRR-3中性子ビームを利用した先端基礎研究の推進 ・SPring-8の供用開始(1997年10月) ・環境中に放出された放射性物質の動態と被ばく線量推定に関し、総合的に研究を推進、内部被曝線量モデル等を完成 ・低線量放射線影響に関するデータベースの整備及び健康リスク評価の研究 ・低線量放射線発がんや胎児影響、プルトニウム生物影響について、放射線高感受性マウスにおける放射線発	用研究 ・粒子線治療施設の建設計画の地域展開に伴う専門技術者の育成 ・今後放射光を医学用として活用するためには、研究評価をふまえつつ臨床の現場に隣接して設置できる小型装置の開発が不可欠 ・TIARAの利用研究等の高度化 ・SPring-8施設の高度化 ・日本人の特性に配慮した被ばく線量評価の推進 ・低レベル放射線の生物影響研究を現象面の把握と機構研究の両面から総合的に推進 ・放射線及び環境ストレスに対する新しい生体防御機構に関する総合研究の推進 ・環境放射線の生物圏におけるレベルとその
---	--	---

③放射線利用技術の普及・拡大 ・農林水産・医療・工業分野における放射線利用技術と国際協力の普及促進 ・環境保全技術の実用化の研究開発の推進 ・粒子線治療施設の全国展開	がん感受性の解析やプルトニウムの生物線量測定法を確立する等、解明が進んだ ・放射線の生物影響に関連するゲノム領域の解析研究を実施 ・国立機関原子力試験研究費では、4省庁60機関において、60課題が、食品照射、医学利用、農林水産、工業利用、環境対策の分野で実施(1999年度要求) ・理研は、RIビームとPETを組み合わせる事によって、照射位置の極めて正確な測定を同時に可能にする、ビームによるガン治療技術の開発を目指して、RIビーム発生利用施設を整備中 ・理研は、重イオンビーム植物工学とも言える画期的な手法を開発し、育種的应用を検討している ・タイ原子力庁と放射線加工処理に関する研究協力を1994年から実施 ・電子線による排煙処理技術の実用化完了	影響を、他の環境危害要因との比較を含め総合的に推進 ・HIMACの多角的利用
(4)核融合研究開発 ・今後は、我が国の核融合開発にとって不可欠な実験炉の開発を推進 ・実験炉の開発を目指した国際熱核融合実験炉(ITER)計画及びその他の国際協力を幅広く推進 ・実験炉の補完的研究開発、先進的な研究開発、核融合炉の大型化・高性能化を図る炉工学技術の研究開発、安全性に関する研究開発等の推進 ・研究開発のリスク、資金及び人材に関して、低減化と効率化を図る ・ITERに係る研究開発は原研が中心となり、それ以外の研究開発は関係機関が連携・協力 ・特に、大学、国研等には、基礎的な研究開発と人材養成に係る努力を期待 ・今後の研究開発においては、産業界の積極的参加を配慮することが重要	・ITERを我が国の実験炉として位置付けて開発 ・6年間のITER/EDAを終了し、技術的にはほぼ建設が可能な段階に達した ・EDAを3年間延長し、実現可能性のある設計書の作成を日、EU、ロシアの3極により計画 ・JT-60において、1996年にエネルギー増倍率が1を超える臨界プラズマ条件を達成するとともに、1998年には世界最高のエネルギー増倍率1.25を達成し、実験炉の物理基盤構築に大きく貢献 ・多くの資源と人材を要する実験炉の開発と国際協力により推進 ・超伝導ヘリカル方式では世界最大のLHD(大型ヘリカル装置)が完成し、実験開始 ・ITERの設計活動に産業界から多数の研究者が参画	・ITER建設への見通し

・今後とも、核融合会議での連絡・調整を踏まえ国際協力を考慮しつつ、関係機関間の連携・協力により、研究開発を推進		
9. 国際協力の推進 (1) 国際協力の基本的考え方 ① 政策対話の必要性 ・二国間、多国間での既存の定期的な協議等の活発化を図る ・関心国の政策立案者やオピニオンリーダーとの意志疎通を図る ② 積極的国際協力の必要性 ・「もんじゅ」等の核燃料リサイクル関連施設を国際共同研究施設として活用 ・技術情報の交換、先進諸国に蓄積された知見の効果的活用等に重点を置く ・先進的リサイクル技術の研究開発に関する国際協力の推進 ・バックエンド対策の国際的コンセンサスの形成、核融合研究開発、放射線の高度利用等の国際的取り組みと、基盤技術開発に関する国際協力 (2) 近隣アジア地域及び開発途上国との協力 ① 近隣アジア地域との協力の重要性 ・地域内の共通課題に取り組むとともに、個別的要請にもきめ細かな対応が必要 ② 国情に応じた長期的継続的な協力及び基盤整備に ・既存の二国間、多国間及び地域の協力の枠組みを効率的に組み合わせ ・安全確保、核不拡散、研究支援に係わる制度的な協力体制の検討が重要 ・各国の自助努力の支援と既存の研究交流制度の拡充、ならびに基礎科学、産業技術等の向上や人材養成等が必要 ③ 原子力資機材等の供給への取組	・原子力委員会原子力国際協力専門部会報告書「原子力国際協力のあり方及び方策について－新たな展開に向けて－」(1998年9月7日)公表 ・高速増殖炉研究開発分野における仏及びロシアとの具体的協力の可能性について、政府担当者を含めた検討を行う定期的な専門家会合を1998年より設置し、施設活用及び人材交流を含めた情報交換の具体化を議論 ・理研は、英国RALの大強度陽子加速器ISISにおいてミュオン科学に関する研究協力を実施 ・サイクル機構は、ロシア原子炉科学研究所(RIAR)とバイパック燃料製造及び乾式再処理技術に関する研究協力を予定 ・アジア地域原子力協力国際会議を1990年より毎年開催 ・原子力研究交流制度、原子力要人・専門家招へい、原子力管理者研修等の事業を実施 ・理研は、アジア各国の加速器技術の高度化、研究・技術者の育成を目指した研究協力を推進	・近隣アジア地域との協力 ・旧ソ連、中・東欧諸国との協力 ・核不拡散に関する我が国の対応 ・サイクル機構大洗工学センターのFERサイクル研究開発の国際的拠点化への取り組み ・「常陽」、「もんじゅ」等の核燃料サイクル関連施設を国際共同研究施設と位置付け ・放射性廃棄物処分に関する情報交換等の国際協力の推進 ・人材養成、研究施設の共用促進

・民間協力の進展に合わせた二国間原子力協力協定の締結等必要な環境整備を図る ・建設・運転等に至る準備的活動に対する民間の貢献に期待 ④安全確保と核不拡散への配慮 ・各国共通の問題として安全の確保に重点を置いた協力が重要 ・相互に核不拡散に関する意識向上を図る努力が重要 (3) 国際機関への貢献 ・IAEA、OECD/NEA等の国際機関活動に対しては、主体的に貢献 ・国際機関への派遣員数の増加、主要ポストへの計画的派遣に努めるとともに、重要テーマに対する応分の資金拠出を実施 (4) 国内環境の整備 ・原子力委員会の主導の下、関係機関の間の意思疎通・調整を図り、連携を強化 ・研究交流のために宿舎の整備、組織の整備・強化を期待 ・開かれた研究開発体制を確立するため、組織、人材、運営の面で国際対応能力の充実を図る	・日英原子力協力協定の締結、発効(1998年10月) ・オメガ計画の実施 ・国際共同研究の実施 ・国際標準としての安全基準の策定への寄与 ・ハルデン計画等のOECD/NEA共同研究プロジェクト ・国際的研究交流促進のため、宿泊施設を整備	・日ユーラトム原子力協力協定交渉 ・処分に関する国際的な情報交換の推進 ・国際的に共通な安全基準・指針の策定 ・研究施設の幅広い共用の促進
10. 原子力開発利用の推進基盤の強化 (1) 原子力人材 ①原子力に関係する人材問題への対応 ・大学等を人材養成の中核機関とし、民間が所要の措置を講じることで人材の養成と確保を推進することを期待 ・国は政府関係研究機関における人材の養成と確保、研修活動を推進 ②人材の養成と確保 ・原子力に対するイメージ向上を図り、若い人に夢と希望を与えるような原子力研究開発を展開 ・青少年期における正しい原子力知識の普及活動の充実・強化 ・各学校において原子力を含むエネルギーに関する教育の充実を期待	・若者の原子力離れや施設の老朽化などに伴い、大学が人材養成の中核機関として充分には機能していない ・研修能力を持たない中小の民間でも人材の養成が充分には行われていない ・一般人の原子力講習としての原子力教養セミナーの開催 ・上級研究者の育成とともに、原子力の現場を支える中級技術者の養成が重要となっている ・こうした中で、原子力技術の空洞化を防ぐためにも政府関係研究機関による中級技術者の養成は技術の継承という面でも重要であるとの認識が広がりつつある	・東南アジアを中核とした人材育成の効率的推進 ・原子力技術の空洞化を防ぎ、安全を担保するために、現場を支える中級技術者の育成 ・施設の共用促進 ・研修実務者レベルでの話し合いの場の設定

・人材育成面における政府関係研究開発機関の連携の推進を図る ・原子力研修の充実・研修機関の連携の推進により、総合的な研修体制の整備を図る ・諸外国の研究者、技術者等の積極的な受け入れを図る ・人材育成プログラムの強化等に取り組む	・人材育成に携わる人的余裕が充分でない ・アジア・太平洋地域の国々のための研修コースの開設 ・研修による原子力に関する人材養成の実施	・国際協力事業団とのさらなる連携強化 ・放射線防護や緊急時対応(医師・看護婦・放射線管理・消防・警察など)の教育強化 ・粒子線がん治療における地域協力 ・全体的な人材育成は大学が適している ・研究機関と大学の共同研究による人材育成 ・外国人研究者受け入れのための予算確保
(2) 資金 ・1994年度から2010年度までの大略の見込みは約9兆9千億円 ・上記内訳として、新型炉開発その他原子力発電関係約3兆6千億円、核燃料サイクル関係約2兆2千億円、核融合及び放射線利用約1兆7千億円、その他基礎研究等約2兆4千億円 ・この他の大略の見通しとして民間の研究開発に約2兆円、軽水炉原子力発電所及び核燃料サイクル施設建設に約10兆円 ・多様な手段により資金を確保し、限られた資金の重点的、効率的な活用が必要 ・国と民間のそれぞれの役割分担に対応した資金分担を図り、適切な時期に各研究開発課題について厳正な評価を行う	・政府全体の原子力関係予算額 平成1994年度 456,832(百万円) 1995年度 483,075 1996年度 489,468 1997年度 496,179 1998年度 469,081 ・1999年度機関別・省庁別予算額 科学技術庁 337,141(百万円) うち、 日本原子力研究所 112,713 核燃料サイクル機構 143,970 放射線医学総合研究所 15,386 理化学研究所 6,668 国立試験研究機関 2,410 通商産業省 131,687 外務省等 8,983	
(3) 研究開発の推進体制と研究基盤の高度化 ① 研究開発機関の役割分担 (イ) 民間の役割 ・軽水炉・核燃料サイクル技術について、信頼性の向上、技術の高度化等に関する技術開発を積極的に実施 (ロ) 政府関係研究開発機関の役割 ・動燃は、高速増殖炉、新型転換炉を含めた核燃料サイクル各般に関連する開発及び研究を推進し、その発展、実用化を期することが役割	・経済性、合理性の向上について、電中研を中心に研究開発を実施 ・1998年10月、動燃は核燃料サイクル開発機構に改組、高速増殖炉及び関連する核燃料サイクルの研究開発、高レベル放射性廃棄物処理処分技術の研究に事業を重点化 ・サイクル機構は、開発に必要な研究課題及び要となる重要な技術を見極め、人、技術の面で関係機関と連携しつつ、着実に成果が得られるよう取り組む	・大学等関係機関との連携への取り組み ・研究開発成果の展開が必要

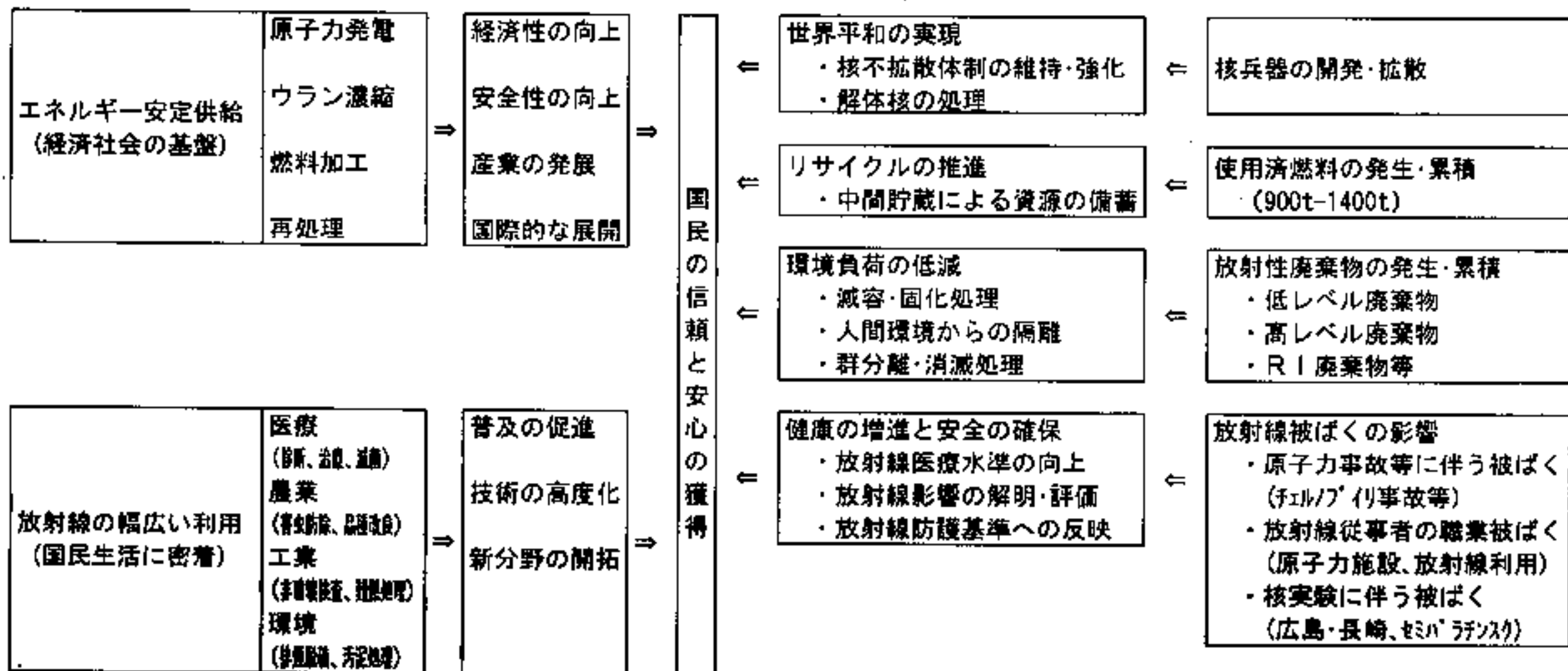
・原研は原子力の開発に関する研究等を総合的、効率的に行い、原子力の研究、開発及び利用の促進に寄与することが役割 (ハ) その他の国の関係機関、国立試験研究機関、大学等において ・放医研は、放射線の生物影響、放射線障害の防止、放射線の医学利用等の中核的研究機関であり、理研は物理・科学等の基礎的研究分野で研究ポテンシャルを活かすことが重要 ・大学は、我が国の学問的基盤の確保と水準の向上を図りつつ、研究開発の進展等に対応できる教育研究機関としての機能強化が期待される	・「基本計画」に従い、エネルギーの安定的確保を目指した原子力エネルギーの研究開発と科学技術の総合的発展に貢献する先端的研究開発の実施 ・原研の保有する世界最先端の施設を活かした研究協力及び国際貢献の展開 ・専門的な分野の研究開発を分担 ・放医研は、放射線の生物影響、障害の防止、医学利用の中核的研究機関としての役割を担う ・理研は、重イオン加速器施設を用いた物理学・科学・工学・生物医学とそれらの学際領域の研究、海外のユニークな施設を利用した物理学・物質科学研究を実施 ・理研は、レーザー、材料科学、環境科学、生物学に係る原子力の基盤技術の開発や、利用研究を独自に、または他機関・大学と連携して進めている	
②研究基盤の高度化 ・先端的研究開発分野において、研究用原子炉、大型加速器等の研究設備・機器の維持、更新等を適切に推進するとともに、研究システムの拡充・充実、研究支援業務の見直し・強化、事務業務の簡素化を進める ・研究開発課題に対して適正な評価を行い、将来の研究テーマ設定、研究資源の配分等に反映 ・原研、動燃、放医研及び理研は、中核的研究機能の育成・整備に努め、優れた研究成果を上げることが期待される ・国は、資金の重点配分等の支援を行う ・研究開発評価の実施 ・研究情報ネットワークの整備拡充により、有機的情報流通体制の確立を目指す	・効率的で開かれた運営に努めて多数の大学・民間研究者が利用 ・研究施設の安全確保のための老朽化対策 ・研究炉、加速器の適切な維持管理 ・公募型研究制度、博士研究員制度の導入 ・大綱的指針に基づく研究評価を開始し、第三者による外部評価を実施 ・サイクル機構を中心に、地層処分に関する情報(成果)のネットワークを整備中 ・原子力基盤技術開発に係わる研究のうち、原子力用材料技術の分野では、「基盤原子力用材料データフリーウェイ利用技術に関する研究」において、原子力用材料データの検索システムを構築	・HIMACの利用の多角化、重点化 ・全体的な施設高経年化への対応 ・2期計画を含めたRIビーム発生利用施設の完成 ・研究評価実施の効率的実施の方策 ・研究評価の適切な反映
③研究開発機関間の連携強化 ・共同研究等の推進とともに、種々の分野の研究者による研究会等の拡充を図る	・1997年9月、地層処分研究開発協議会の設置 ・理研では、原子力基盤技術開発・利用研究において他	・研究施設等の共用の促進、体制の整備 ・独立行政法人、大学等との連携のあり方

・国内及び国際的な先端的研究設備・機器の共同設置・共同利用の推進 ・政府関係研究開発機関と大学等の連携に当たり体制整備等の適切な措置が必要	機関・大学との研究協力を実施 ・HIMACを中核として国内外の研究機関・研究者と重粒子線共同利用研究を推進 ・連携大学院を設置し、高等教育を実施。 ・種々の制度を利用して、国際ワークショップを積極的に開催 ・原子力基盤クロスオーバー研究では、各課題ごとに設置された交流委員会で参加機関を束ねるとともに、研究会等を随時開催	・推進体制の充実、大学の参加等、研究協力の在り方
11. 原子力産業の展開 ・原子力発電は発電コストに占める機器設備等に要する割合が大きく、内需誘発効果が高い ・原子力発電と化石燃料による発電の経済性の差は縮まり、一層の経済性の向上が求められる ・原子力供給産業は、 1) 原子力技術の改良・高度化 2) 信頼性の高い機器、燃料及び役務の供給 3) 技術の共通化等を通じた経済性の向上 4) 市場の国際化、国際競争力の向上 5) 核燃料サイクル、高速増殖炉等の今後の展開に向けた技術的基盤の強化 等を図っていくことが重要 ・原子力供給産業は、自らの研究開発が重要 ・電気事業者は、長期的視点に立ち、適切かつ計画的に設備・研究開発への投資を行うことが重要 ・政府関係研究開発機関は、民間との連携を図り、技術力の向上に寄与することが重要 ・研究開発活動の円滑化のための環境整備を図ることが重要 ①技術的基盤の維持向上 ・長期的視点に立ち、原子力供給産業と電気事業者の連携を図りつつ技術開発を積極的に進めることが重要 ・技術の実用化の際、国が適切な支援を行うことを検討することも必要 ・ウラン濃縮、再処理等について動燃から事業主体への技術移転の円滑化、事業主体の技術力の	・ウラン濃縮、再処理について、技術協力協定に基づき事業主体である日本原燃に技術移転を実施	・サイクル機構のウラン濃縮技術は今後技術移転を実施

向上が重要 ・ 自立産業へ向けた技術的基盤の強化、研究開発を進めていくことが必要 ②国際的展開 ・ 核不拡散を前提とした原子力平和利用の協力の基盤の整備と共に、研究交流、協力を進めることが重要 ・ 我が国の優れた技術力を積極的に示し、我が国の原子力開発利用に対する海外の理解を深める ・ 安全性と核不拡散の確保を十分に踏まえた協力のあり方について検討し、国際展開に必要な措置を講じることが重要	・ IAEAの保障措置の強化に協力 ・ 近隣アジア諸国との原子力協定、研究基盤構築への支援	・ 再処理技術に関しては、必要な研究開発を進め、速やかに成果を技術移転すること
--	--	---

原子力による恩恵の享受（光の部分）

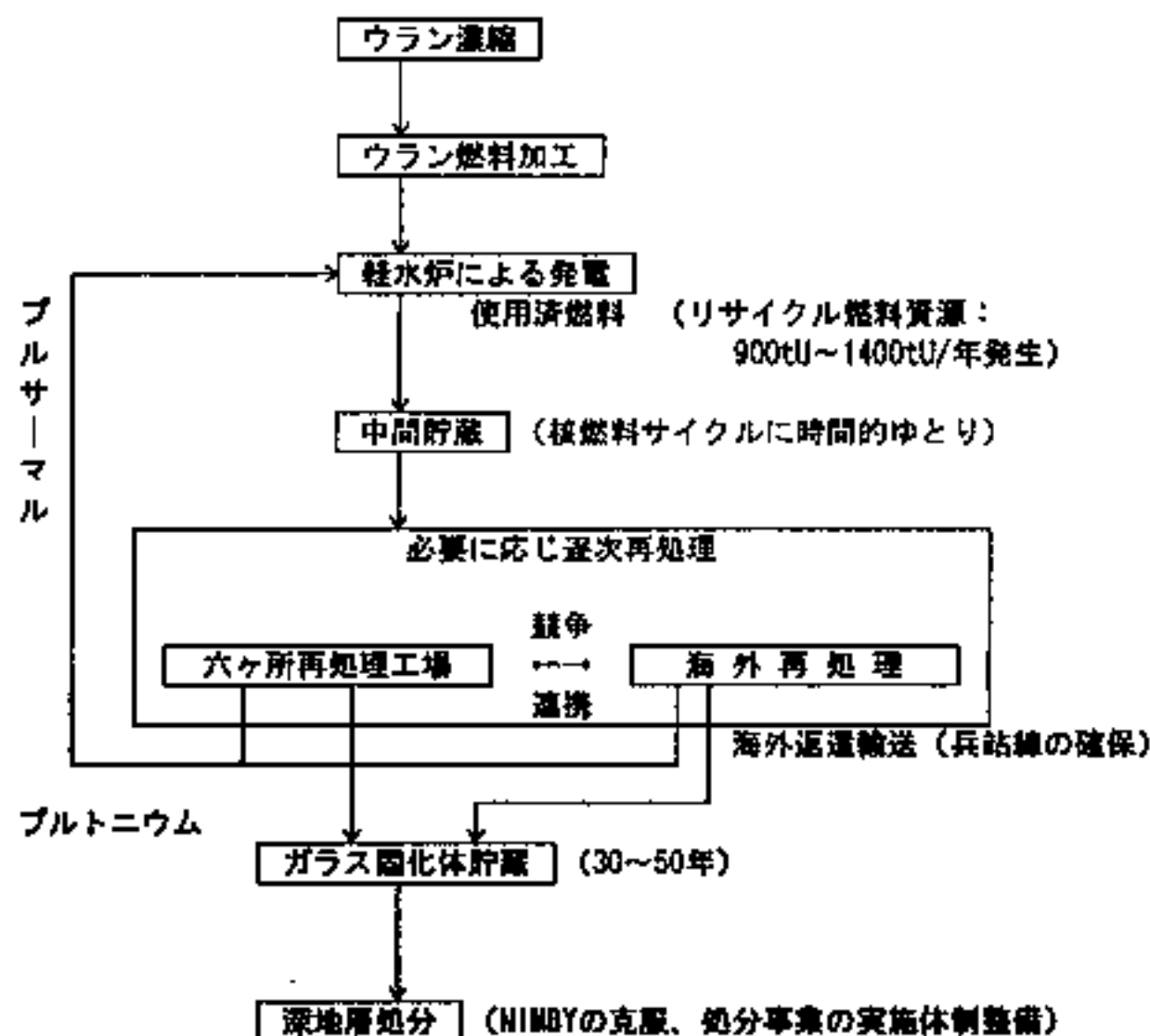
原子力に対する不安・不信（影の部分）



新長期計画（原子力発電、核燃料サイクル）

エネルギー供給構造の脆弱性の克服

基本理念：長期にわたるエネルギーの安定供給
競争力のある産業としての自立
ウラン資源の供給途絶への備え
地球温暖化防止への貢献

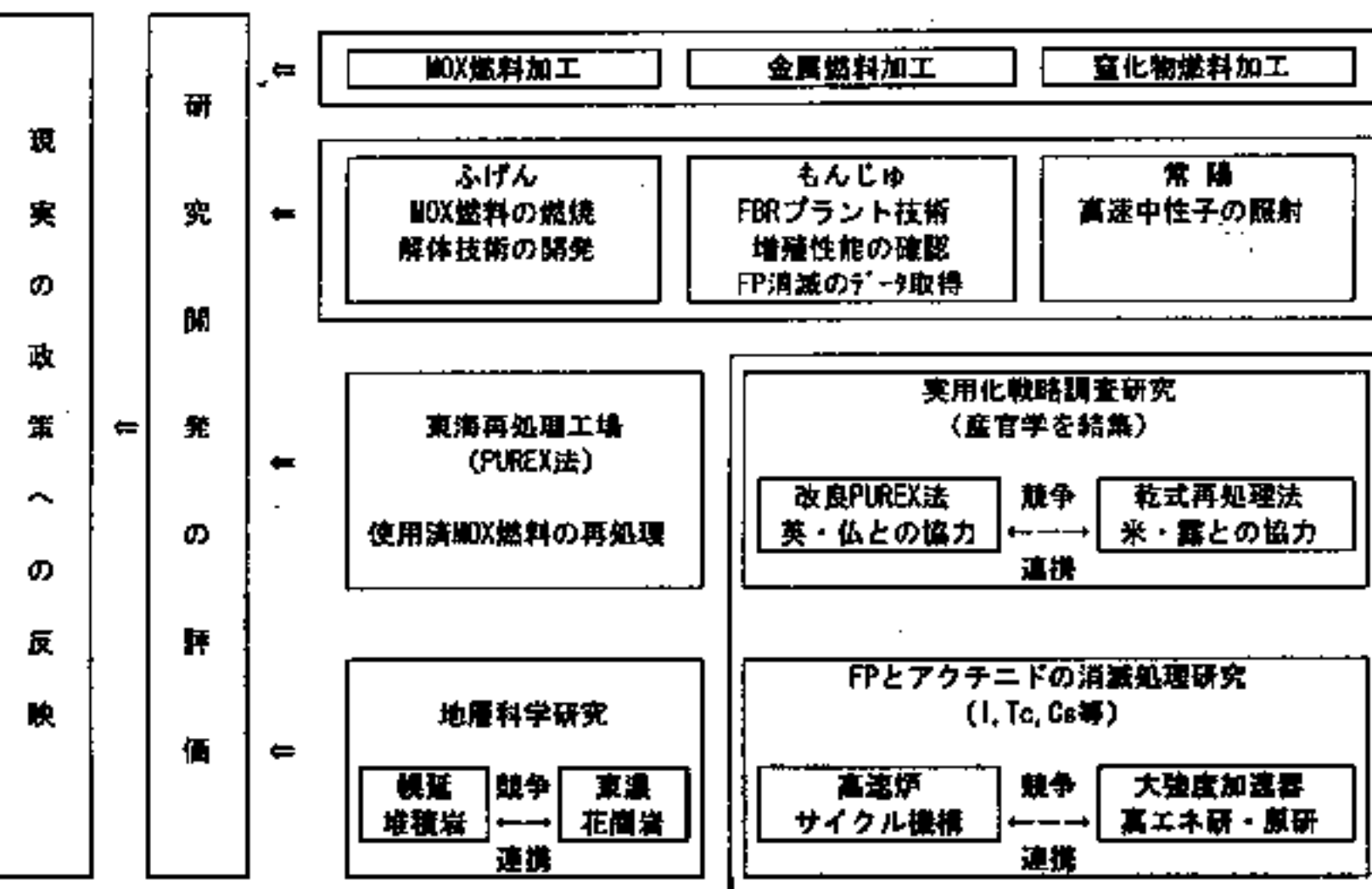


- ・「余剰ブルトニウムを持たない」という原則を前提として政策体系を構築
- ・国際的な観点（特にアジア地域）を念頭においた政策展開が必要
- ・国民・社会との接点（政策決定への国民参加、地域との共存共栄等）を重視

創造性豊かな研究開発の推進

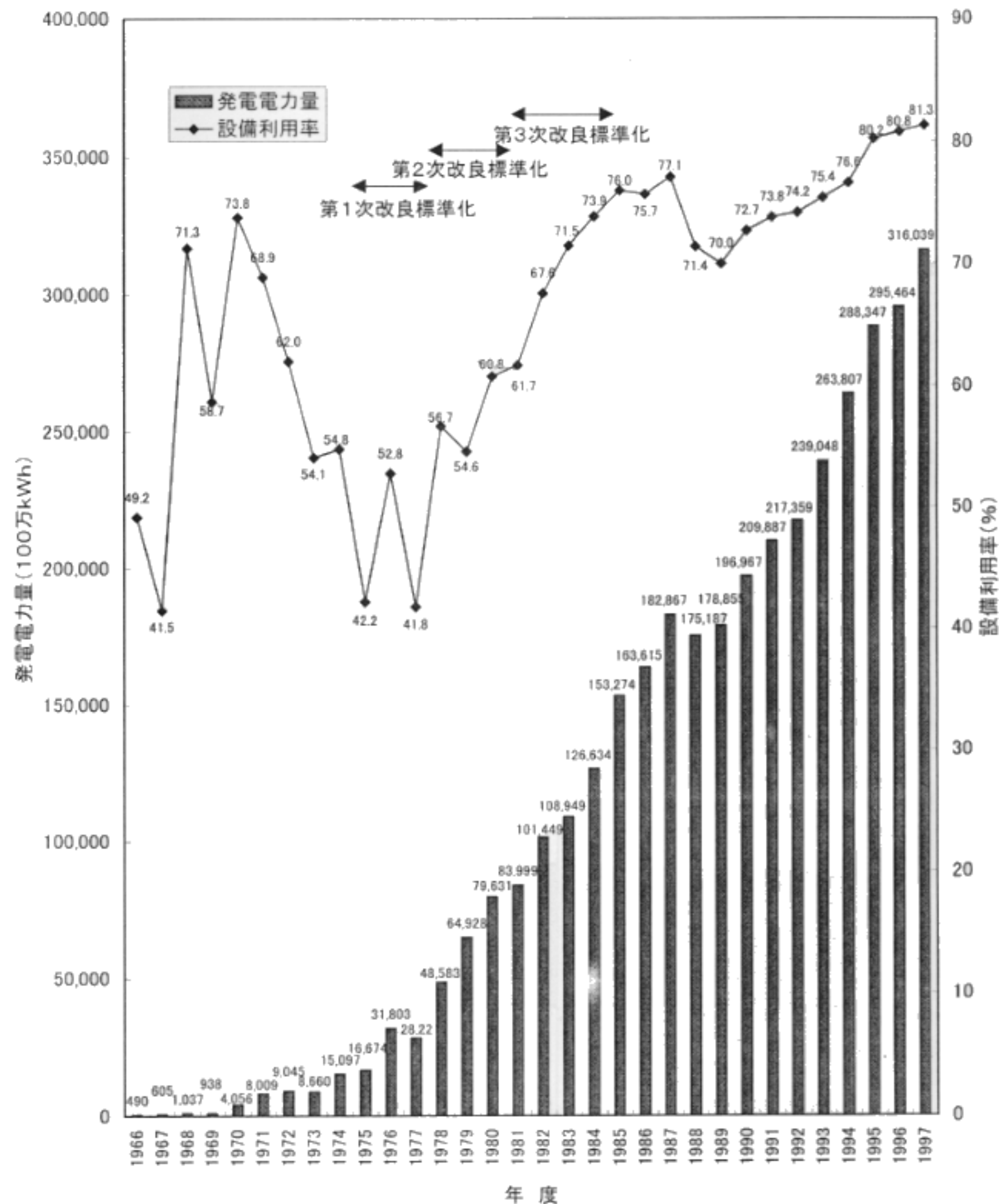
基本理念：環境調和型の核燃料リサイクル体系の構築

- ・放射性物質による環境負荷を低減（ゼロリスクを目指して）
- ・ウラン資源の燃焼効率の向上（完全燃焼を目指して）
- ・核拡散抵抗性の向上（負の遺産の消滅を目指して）
- ・経済性・安全性の向上（社会的受容を目指して）

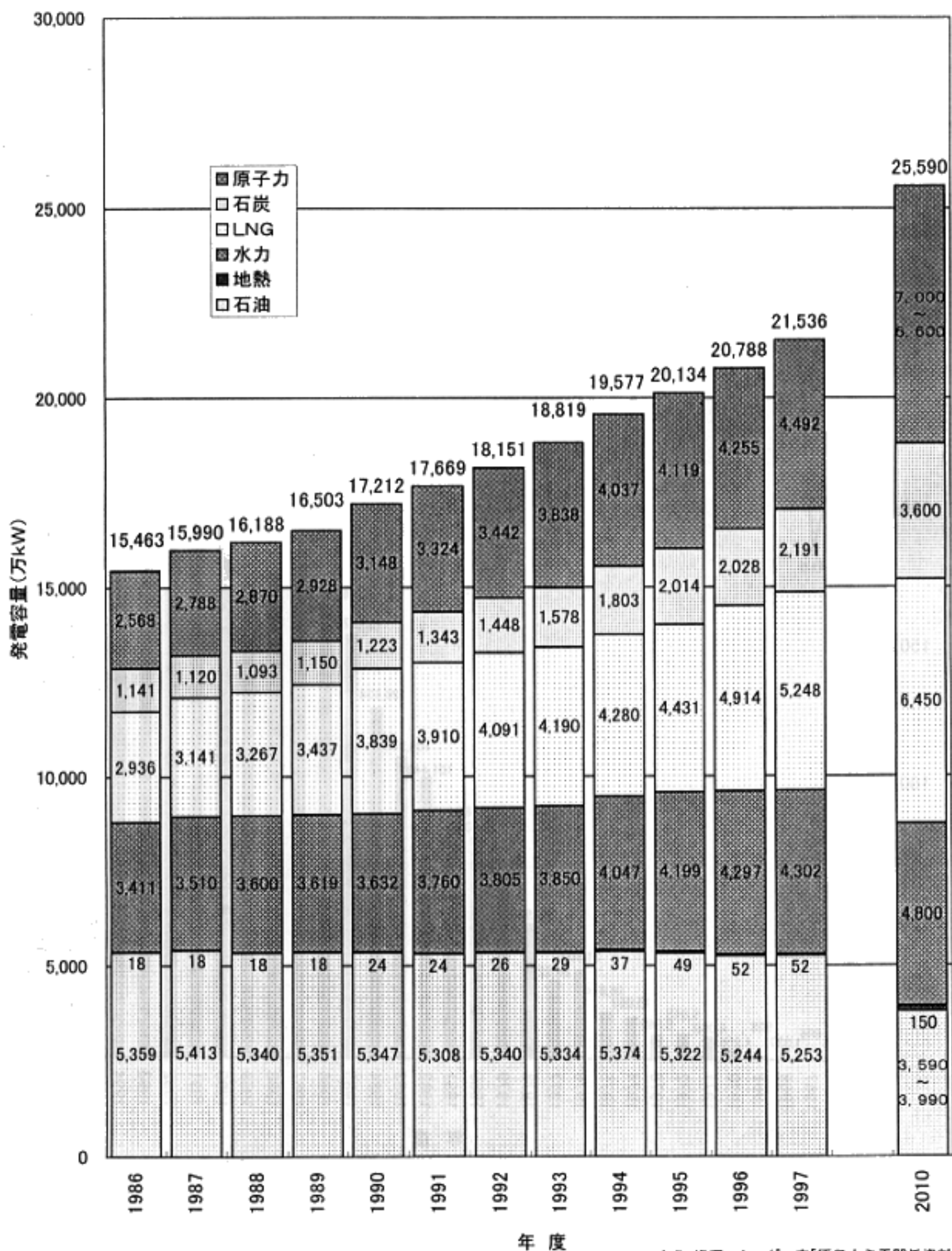


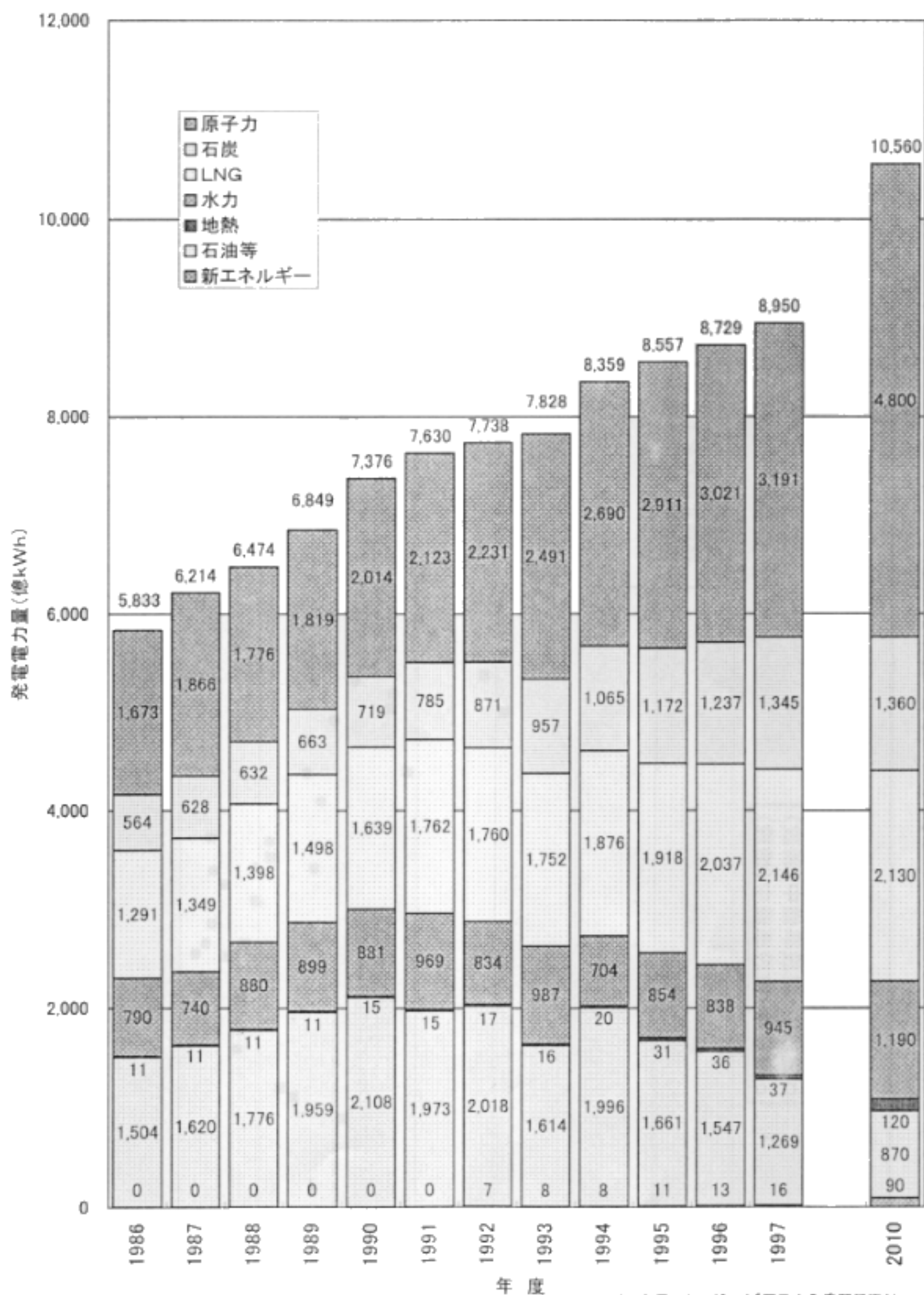
- ・長期的に達成すべき究極的目標と、それに至る中間的な目標を設定
- ・産学官の「棲み分け」から「相互乗り入れ」へ転換
- ・研究開発に競争原理を導入し、優れたアイデアを幅広く探索し、絞り込み

原子力発電による電力量と設備利用率(商業用炉)



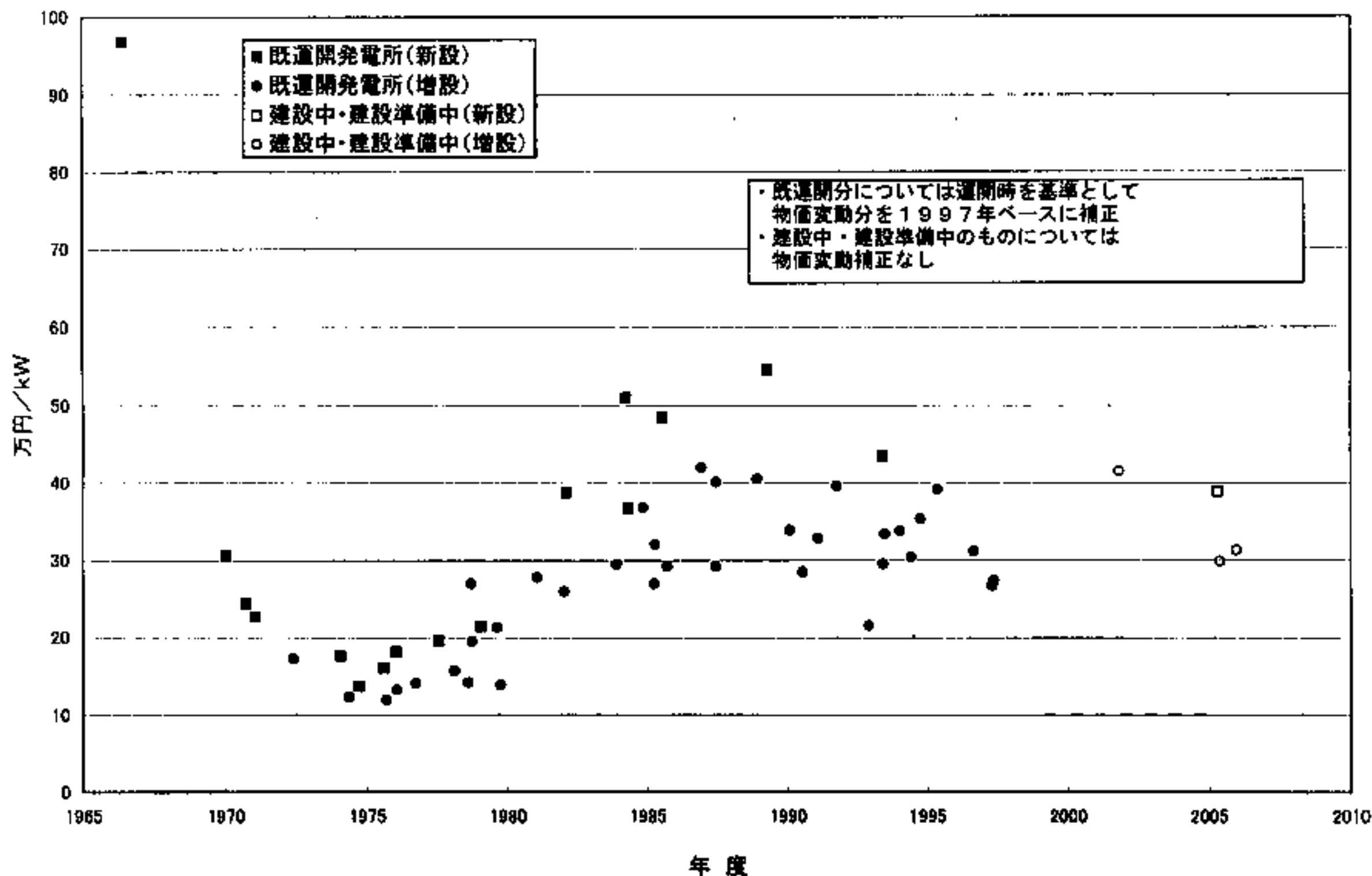
発電設備容量(一般電気事業用)





原子力発電所建設コスト

資料 3. 2 - 4



核燃料サイクル開発機構

FBR サイクルシステムに係る研究開発の総括について

1. 研究開発実績に係る全体的総括

○わが国の高速増殖炉開発の基本方針は、実験炉、原型炉、実証炉、実用化へと段階的に、かつ核燃料開発と連携しつつ自主開発することとされてきた。サイクル機構（JNC）は、この方針に従って研究開発を開始し、約30年の間に実験炉「常陽」の運転および原型炉「もんじゅ」の初送電の達成等を通じて数多くの技術データとノウハウを蓄積した^(注1)。

注1)「常陽」は、累積運転時間約56,000時間、積算熱出力約4,600,000MWhの運転実績を有する。この間、ドライバー燃料は一本も破損を経験していない。照射試験では、燃焼度約10万MWd/t（ピン平均）を達成している。「もんじゅ」は、試運転で約40%出力を達成した段階にある。

○「常陽」および「もんじゅ」の初装荷燃料や取替燃料は、東海ブルトニウム燃料製造施設で両炉の運転工程に合わせて計画的に製造してきている。また、高レベル放射性物質研究施設（CPF）では、「常陽」の使用済燃料を使用してPUREX法をベースとした高速炉燃料の再処理技術の開発試験を実施し、技術的な成立見通しを得ている^(注2)。

注2) これまでのドライバー燃料製造実績は、「常陽」MK-I燃料約10,000本、MK-II燃料約50,000本（MK-III炉心燃料を含む）、「もんじゅ」燃料約50,000本、総計約110,000本である。CPFでは、59本の照射済燃料ピン（最高燃焼度約10万MWd/t）を用いて試験を行った。ここで回収したブルトニウムの一部をMOX燃料に加工し、「常陽」に装荷した。

○高速増殖炉と核燃料の開発で得た30年間の技術成果^(注3)は、原型炉段階のFBRサイクルシステム技術の成立性を裏付ける根拠をなしているが、さらに、次の実用化ステップに向け技術の高度化が図

られつつある。

注3) 技術報告書(約35,000件)、特許・実用新案(約1,300件)、データベース(約20種)、コンピューター・プログラム(現在実用に供されているもの約50件)などの資産として蓄積されている。このうち、外部機関へ技術移転した技術報告書は約600件(11機関)、コンピューター・プログラムは約20件(4機関)である。

○しかし、これまでは技術システムの工学的成立性の確認と最適条件の探索を中心として研究開発を行ってきたため、これまでのFBRサイクルシステム概念のままでは、発電コストで軽水炉システム等に比肩し得る経済性の達成は難しい。そこで、FBRサイクルシステムの実用化を目指して、PUREX-MOXペレット燃料・ナトリウム冷却ループ型大型炉という従来の主要な技術仕様の組合せにとらわれることなく、経済性追求を重視した提案型のシステム設計研究を幅広く実施するとともに、技術のブレークスルーを見い出していくことが必要である。

○また、炭酸ガスを中心とした地球温暖化問題や廃棄物の処分問題等に係る環境論的視点からも、FBRサイクルシステム技術を高度化、完成させていくことが求められる。

2. 個別研究開発課題の総括

○FBRサイクルシステムの実用化の観点で重要な研究開発分野ごとに、研究開発の達成状況を整理し、その実績を評価して、今後取り組むべき課題を明らかにした。以下にその概要を示す。

○取りまとめに当たっては、実用化時期までに導入される技術のブレークスルーによって経済性や環境負荷低減等に係る技術基盤が大きく影響される可能性があることを考慮して、幅広い視点を確保する目的で、「技術的選択肢に係る研究開発」を第一に取り上げることにした。

○今後、関連する研究開発については、FBRサイクルシステムの実用化像の構築、および「もんじゅ」を活用した発電用プラント技術

の確立などの中で見通しをつけ、その成果は経済的なFBRサイクルシステム概念の提案に集約する方針である。

2.1 高速増殖炉の研究開発

2.1.1 技術的選択肢に係る研究開発

○技術的選択肢の基本としては、炉型、出力、冷却材および燃料形態が挙げられる。JNCでは、ループ型、大型化、ナトリウム冷却、MOX燃料などの仕様を選択し、研究開発を実施してきた。

○「常陽」および「もんじゅ」ではループ型を選定した^(注4)。ループ型は保守・補修時の接近性に優れており軽水炉の経験も活かし易いこと、タンク型は機器配置のコンパクト化が図り易いことが特徴である。なお、諸外国での運転経験も参考にすると、ループ型とタンク型とでは本質的な差異はないと判断できる。

注4) ループ型の選定理由としては、上記の特徴以外に、機器の独立性が高いため開発に際しメーカーの分担実施が可能であり、技術的成立性および機器の信頼性確保の見通しが立て易かったこと、耐震設計の成立見通しを立て易かったこと等が挙げられる。ループ型およびタンク型のデメリットには、それぞれ、配管物量が大きくなりがちであること、直径10数m以上のタンクの耐震性確保が容易でないこと等がある。

○炉出力については、実験炉（10万kWt級2ループ）および原型炉（30万kW級3ループ）を建設し、また、その後の設計研究では60万kW級（3ループ）および130万kW級（4ループ）FBRを検討するなど、大型化のスケールメリットを追求してきた。一方、「常陽」並みの熱出力の小型モジュール型炉の研究も行った^(注5)。

注5) モジュール化の利点は、工場生産が可能になり工期短縮や量産化によるコスト削減が図れること、施設のモジュール間での共用化によるコスト削減が図れること、固有安全性に係る小型炉のメリットを活かした安全系の局限化が図れること、研究開発を含めた開発期間の短縮が図れること等が挙げられる。

○冷却材には大別して液体金属とガス^(注6)が挙げられるが、液体金属ナトリウムを選定した高速炉の開発を進めてきた。冷却材ナトリウムの構造材との共存性、純度管理、伝熱流動特性等の技術はほぼ

確立している。高温構造設計については、より一層の合理化を検討中である。水および空気との反応に係る安全性の評価技術は、現在進めている研究開発を加えて数年以内に整備する計画である。

注6) 冷却材ガスとして炭酸ガスおよびヘリウムガスがある。これらのガスはほとんど放射化せず、SG 伝熱管破損時においても水との化学反応による炉心への核熱的な影響はないため、中間冷却系を不要にできる。ナトリウム炉に比べて中性子エネルギースペクトルが硬くなり増殖性はやや有利になるが、熱伝達性能で劣るため炉心が大きくなり、燃料サイクル上やや不利である。炭酸ガス冷却熱中性子炉が実用化されている。

○燃料形態については、軽水炉燃料の製造経験が活かせることや当時高燃焼度化への可能性が最も期待できると判断したことから MOX 燃料（セラミックス）を選択し、製造の容易さからペレット型を採用した。振動充填燃料、金属射出成型燃料等については、照射実績が少ないので、実用化までに必要とされる資金等の負担はより大きくなる（2.2.1 参照）。

2.1.2 経済性目標を目指した研究開発

○60～150 万 kWe 級ナトリウム冷却ループ型大型炉の設計研究において、「軽水炉と同等の安全性を確保しつつ経済的に比肩し得る高速増殖炉」の実現を目指して研究開発を実施してきた。

○炉心の設計では、MOX 燃料炉心の高線出力・高燃焼度化、窒化物燃料炉心を用いた固有安全性の活用等を検討した。

○原子炉構造や冷却系の設計では、配管長の対「もんじゅ」外挿型プラント比 50%程度への短縮が可能な炉容器上部流出入配管方式（ヘッドアクセス方式）や、他の冷却システム概念に比べて原子炉建設コストの 10%程度の削減が期待できる 2 次系削除システム^(注7)等を提案した。なお、冷却システムとしては、(i)熱交換器／循環ポンプ一体、(ii)冷却系一体（IHx から SG までを一体化した概念）、(iii)タンク型、(iv)2 次系削除、(v)2 次系削除・蒸気発生器／循環ポンプ一体の 5 種類のプラント像を描き、経済性の概略評価を実施して、各システムのコスト差は約 20%内^(注8)との見通しを

得ている。

注7) 上述の設計研究における課題は、2次系削除システムの成立性にかかわる2重管型蒸気発生器のリーク検出システムの開発およびナトリウム-水反応に対する安全論理の確立である。

注8) 原子炉および冷却系の物量は2次系削除型では130万kWe級軽水炉の約60%、その他では約70%と評価された。

○燃料取扱設備は、「常陽」から「もんじゅ」へと改善を図ってきた。プラントの稼働率向上や軽水炉にはない設備ゆえさらに設計上合理化が求められ、炉容器蓋解放式（UIS 引抜き方式）の燃料交換、炉外燃料貯蔵設備の削除等の検討を進めている^(注9)。

注9) 「常陽」では、炉内冷却後の使用済燃料を炉停止時に炉外移送する方式により、一日数体の割合で交換する。「もんじゅ」では、炉外燃料貯蔵設備を持つ方式に変更し、燃料交換速度を一日10体に改善するとともに、炉の稼働時にも炉外燃料貯蔵設備以降での作業を可能とした。

○実炉経験の活用の観点からは、「常陽」では経年変化評価用データの収集・評価を、「もんじゅ」では、経験を踏まえた運転保守コストの低減策の提案や、BOP設備のシステム構成や性能余裕の合理化の可能性評価、機器故障率実績データを踏まえた安全系の合理化検討を進めることが重要である。

2.1.3 環境負荷低減を目指した研究開発

○資源の有効利用と放射性廃棄物の低減を通じて環境負荷の低減を目指す研究開発として、TRU 燃焼（マイナーアクチニド：MA 燃焼）炉心の研究を実施している。また、TRU 燃料リサイクルに柔軟に対応できるリサイクル炉概念の検討も行った。それらにより、大型MOX炉心で5%程度のMA添加であれば炉心特性に有意な影響を与えずにMAを燃焼できること、高速炉は、増殖のみならず、プルトニウムやMAの燃焼等多様なポテンシャルを有していることを明らかにしてきた。

○運転に伴って生成される長半減期かつ放射能強度の大きいFPを消滅させる研究では、消滅対象FPを半減期により、5万年以上、2万年～100年、および数10年～1年の計29核種に分類し、半減

期5万年以上の超長半減期核種 (^{129}I 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs 、 ^{93}Zr 、 ^{99}Tc 、 ^{126}Sn 、 ^{79}Se の7核種) (注10) を消滅できれば、潜在的放射性毒性が天然ウランの放射性毒性と同程度になる期間を数100年まで軽減できることを明らかにした。

注10) 特に、 ^{99}Tc および ^{129}I は地層処分時のリスク寄与が相対的に大きい核種であり、FP消滅処理の第一の対象となる。中性子の減速材を取り付けたFP (^{99}Tc 、 ^{129}I) 入り燃料集合体をブランケット領域に装荷することにより、高速増殖炉では、余剰中性子を利用してこれらのFPを十分消滅できる可能性がある。

2.1.4 基盤技術研究

○炉物理研究では、臨界実験(原研FCA、英国ZEBRA、米国ZPPR)および遮へい実験(米国TSF)などにより、FBR炉心の炉定数や解析コードシステムを検証・整備した。また、「常陽」および「もんじゅ」の炉心特性解析や遮へい解析を実施し、解析コードの適用性を確認した。金属および窒化物燃料炉心については、臨界実験を実施し、MOX炉心と同程度の精度で炉心解析できる見通しを得ている。

○安全性研究では、受動安全性(注11)、炉心安全(注12)、ナトリウム安全(注13)、ソースターム(注14)、確率論的安全評価(PSA)(注15)等の広い範囲にわたる研究開発を展開し、研究成果に対して国際的にも高い評価を得ている。

注11) 「常陽」自然循環試験により、FBRの高い自然循環除熱能力を確認した。「もんじゅ」では、水-蒸気系を含む発電システム全体の自然循環除熱特性を確認する。受動的炉停止については、自己作動型炉停止機構(SASS)やGas Expansion Module(GEM)を検討した。SASSについては「常陽」による炉内試験の準備を進めている。

注12) 炉心損傷(CDA)過程における影響評価を目的として、国際協力の下にSAS4AやSIMMER-IIIコードを開発・整備し、TREATやCABRI等の炉内試験データなどで検証を進めてきた。実用化に向けての課題は、炉心局所事故に係る機構論的な解析コードを整備すること、高性能燃料の合理的な破損判断基準を整備すること、再臨界の排除を成立させることである。

注13) ナトリウム燃焼についてはプール状およびスプレイ状燃焼試験を合計

約70回、ナトリウム-水反応については実証試験を合計19回実施し、各々安全設計・評価手法の開発に反映した。「もんじゅ」2次系ナトリウム漏えい事故を契機にナトリウム安全技術の再構築が求められたが、それに対しては、現象の理解を深めるべく試験を実施しつつ、ナトリウム漏えい対策設備や腐食量に関する設計指針を整備してきており、数年以内に信頼性のある技術として成熟を図っていく計画である。

注14) 照射済燃料の高温時のFP放出・移行挙動に係る試験を実施しつつ、ナトリウム-コンクリート反応等のモデルを追加した CONTAIN-LMR を国際協力の下に開発した。

注15) 「もんじゅ」を対象としたPSAを実施し、解析コードシステムを開発・整備するとともに、大型FBRモデルプラントに対する適用研究を行い、合理的な安全論理の検討に反映した。高速炉機器信頼性データベース(CORDS)については、「常陽」や「もんじゅ」の運転経験データを収録している。

○構造・材料研究では、高温強度、ナトリウム環境効果、中性子照射効果等を究明し、材料強度基準を策定するとともに、クリープ疲労に着目した破損防止評価手法を開発し、各種試験による妥当性確認を行った上で、「もんじゅ」の高温構造設計方針(BDS)並びに実証炉用高温構造設計方針(DDS)の策定に反映した。現在、DDSをベースとしてより合理的な高温構造設計方針の策定検討を進めている。また、汎用非線形構造解析コードFINASを開発した。FINASは一般公開されており、大学、産業機関を含む約70の機関で利用されている。

○伝熱流動研究では、「常陽」や「もんじゅ」を評価対象とした、ナトリウムおよび水を用いた模擬試験を行い、圧力損失、熱伝達、流量配分、冷却材沸騰等の伝熱流動特性に関するデータを取得し、設計手法の整備や安全性の確認等を実施した。また、汎用性のある伝熱相関式や乱流モデル等を用いて燃料集合体から冷却系全体を解析対象とできるFBR伝熱流動解析コードシステム(ASFRE:燃料集合体、AQUA:ブレナム、SSC:冷却系)を完成させた。さらに、この数値シミュレーション技術を用いてサーマルストライピング(高サイクル熱疲労)に係る直接計算手法を整備した。

2.2 燃料サイクルの研究開発

2.2.1 技術的選択肢に係る研究開発

○燃料製造技術については、MOX ペレット燃料の量産技術の確立を図るとともに、MOX 振動充填燃料の研究開発に着手した。また、窒化物、金属燃料等について基礎的な研究開発を行った。

再処理技術については、湿式ピューレックス (PUREX) 法の研究開発を進めてきており、CPF での試験等により同法が高速炉使用済燃料の再処理に適用できる技術的見通しを得た。乾式再処理法については、基礎試験やそれを用いた新しいサイクル構想の検討を始めた段階にある。

○MOX ペレット燃料については、「常陽」および「もんじゅ」の燃料製造を通して年間 5t 規模の製造技術を確認した^(注 16)。また、ウランおよびプルトニウムの混合溶液を酸化物に転換するマイクロ波加熱脱硝法による 10kgMOX/日の転換技術、および高密度ペレットに比べ粉末調整や焼結においてより厳しい工程条件が必要とされる低密度 (理論密度に対し約 85%) ペレットの量産技術を確認した。なお、マイクロ波加熱脱硝技術は六ヶ所再処理工場に採用されている。

注 16) 累積生産量は約 16t に達している。先行する仏国は、年間 25t 規模で、累積生産量は 100t を超えており、製造規模、実績ともに大きい。

○MOX 振動充填燃料については、ペレット燃料との比較研究として、湿式法で製造し、海外炉での照射試験により照射挙動と健全性を確認した経験がある^(注 17)。現在は、経済性の向上と TRU 含有燃料の有力な製造法として再度取り上げ、乾式法で製造される粒子を使用することも対象として、海外共同研究による製造試験を実施している。

注 17) ゲル球の混合およびゲル球と粉末の混合によって製造した振動充填 MOX 燃料 (2 本) を低線出力・低燃焼度 (約 320W/cm、約 900MWd/t) 条件で、米国 GETR 炉において照射した。

○窒化物燃料は、雰囲気制御型グローブボックスにおいて基本的なペレット製造方法を確認した。金属燃料^(注 18)は、コールド試験により製造条件を検討した。

注 18) 米国・IFR（一体型燃料サイクル）計画での照射実績は U-Zr 燃料約 8000 本（このうち燃焼度 10at%を超えるものは約 1500 本）および U-Pu-Zr 燃料約 600 本（同じく約 300 本）である。なお、同計画は 1994 年に中止された。

○湿式再処理法については、CPF において、プルトニウム含有率が 30%程度までの使用済燃料および最高燃焼度約 10 万 MWd/t 程度までの使用済燃料のペレットを用いた基礎試験を行い、プロセスの技術的成立性をほぼ見通した。その後、ウラン/プルトニウム/ネプツニウムの共抽出を可能とする PUREX 法の改良や TRUEX 法（高レベル廃液からのアメリシウム、キュリウムの分離）に関する基礎試験を実施している。また、小型・高性能化を目指した工程機器の開発を行い、システムとしての技術的成立性見通しも得ている。

2.2.2 経済性目標を目指した研究開発

○MOX ペレット燃料製造技術の開発では、工程機器の自動化および一体化等の開発を進めるとともに、ペレット製造工程を簡素化したショートプロセスの開発に着手した。これらの開発により、FBR 燃料製造コストは軽水炉燃料製造費の 3 倍程度まで低減可能との見通しを得た。

○振動充填法は燃料製造コストをより低減できる可能性を有する。再処理方式と整合をとった粒子製造法（湿式法あるいは乾式法）の確立と照射挙動の評価が今後の課題であり、海外研究機関との協力等により研究開発を進めていく計画である。

○湿式再処理技術の開発では、プロセスの改良・短縮化や小型・高性能機器の信頼性確認試験を行った。これらにより、軽水炉燃料再処理の 2 倍程度までコストを低減できる見通しを得た。さらに、低除染で簡素な抽出プロセスを採用した再処理／燃料製造一体化施設概念により、1.4 倍程度までコスト低減できる見通しを得た。

○乾式再処理法は大幅なコスト低減の可能性を有しているため、今後、他機関との協力を含め、研究開発を加速する計画である。

2.2.3 環境負荷低減を目指した研究開発

- ネプツニウム入り MOX 燃料ペレット／振動充填燃料およびアメリカシウム入り MOX 燃料ペレットの「常陽」での照射試験に向け、燃料製造試験の準備を進めた^(注19)。

注19) ネプツニウム入り MOX については、平成 15 年度からの「常陽」での照射試験に向け、スイス PSI 研究所との共同研究を平成 8 年度から開始し、サイクル機構と PSI においてそれぞれペレット、振動充填燃料の製造試験の準備を行っている。また、アメリカシウム入り MOX については、サイクル機構において燃料製造のためのセル改造を行った。

- CPF での湿式再処理ホット基礎試験で、ナトリウム含有試薬に代わるガス化可能な化学試薬を再処理の溶媒洗浄工程等に用いること(ソルトフリープロセス)により、含塩廃棄物の発生量を約 1/10 に低減できる見通しを得た。

- 使用済燃料中のマイナーアクチニドのうち、ネプツニウムについては、PUREX 法の改良によりほぼ全量をプルトニウム製品中に回収できることを確認した。また、TRUEX 法の改良により、高レベル廃液中のアメリカシウム、キュリウムを>99.9%の効率で回収できる見通しを得たが、同伴するランタニド元素との経済的な分離技術の開発が今後の課題である。

- 使用済燃料中の長半減期核種 (^{107}Pd 、 ^{79}Se 、 ^{99}Tc 等) の回収に向け、それら元素の分離技術の開発に着手した。

2.2.4 基盤技術研究

- 燃料製造に係る機器開発では、処理能力の向上を図るため、自動化および一体化による高速のペレット検査機器の開発を実施した。また、酸化物粉末の飛散防止策として、集粉機を開発し、捕集した粉末の工程へのリサイクルを可能にした。

- 湿式再処理技術では、実燃料を用いた CPF での基礎試験により再処理基本フローシートを確立した。240kg/日相当の小型で高性能の新型機器を開発した。さらに、遠隔保守技術を確立し、装置材料

の耐硝酸性を明らかにした。また、日米協力により臨界データベースを拡充した。

2.2.5 照射試験

○「常陽」を MK-II 炉心に改造し、FMF 等のホットラボにおける照射後試験機能と併せて照射試験センターとして機能するよう整備するとともに、FMF の増設を行い、「もんじゅ」燃料の照射後試験も実施できるようにした。「常陽」では、各種照射リグを開発することによりパラメトリックに多くの照射試験を実施してきた。その結果、「もんじゅ」燃料を主体に、実証炉用燃料、新型燃料、被覆管材料等の照射データを数多く取得し、高性能燃料の設計、開発に反映することができた。

○定常照射では、米国 FFTF 炉を用いた燃料集合体照射試験で燃焼度 16 万 MWd/t (ピーク) を達成し、健全性が確保できることを確認した。「常陽」では、現在、目標燃焼度 15 万 MWd/t (集合体平均) の達成に向け燃料と被覆管の研究開発を進めている。被覆管については、スエリング抑制対策が重要な課題となっており、今後、海外開発被覆管材の利用も含め、耐スエリング性に優れた材料の開発が必要となっている。なお、燃料開発においては、計測線付きリグ (INTA) を用いて燃料中心温度を測定し、照射初期の温度予測精度の向上を図った。

○非定常照射では、「常陽」を用いた熔融限界線出力試験 (PTM 試験) において、中実燃料の密度、被覆管とのギャップ幅等をパラメータとして試験し、熔融開始線出力が 520~650W/cm の範囲のデータを得た。米国 EBR-II 炉を用いた過渡過出力試験 (TOP 試験) では、「もんじゅ」燃料は過出力時の燃料破損限界に対し十分な安全裕度があることを確認した。

EBR-II 炉を用いた破損燃料継続照射試験 (RBCB 試験) では、燃料が破損しても破損部位は安定であることを確認した。

なお、「常陽」における材料照射試験では、温度制御が可能な照射リグ (MARICO) を開発し、材料の温度依存照射挙動の詳細な把握を可能にした。

○これら照射試験のデータはデータベース化され、照射挙動解析コード CEDAR、SIMPLE 等の検証・開発に反映された。

○なお、「常陽」は、現在、中性子フラックスを 1.3 倍、照射可能スペースを約 2 倍、年間運転時間を約 1.5 倍にする等、さらに照射性能を向上させた MK-III 炉心へと移行中である。

3. 研究開発費

○これまでの研究開発費の実績は以下の通りである。

- ・ 1967～1996 年の累積額：約 1 兆円

- ・ 内訳：「常陽」13%、「もんじゅ」55%、その他 32%

なお、累積投資額は、仏国では 520 億 FF（約 1.43 兆円：1994 年までの累積）、米国では 75 億 US\$（約 1.80 兆円：1987 年までの累積）である^{（注 20）}。

注 20）外貨 FF、US\$ の邦貨への換算は、研究開発実施当時の為替レートに基づく。

○今後、研究開発の実施に当たっては、従来にも増して開発目標や方向性の明確化を図り、適宜達成度や費用対効果比を評価しつつ、実用化の観点からの優先度を考慮した柔軟な計画運用により効率化を図っていく。

実証炉開発の経緯について

1. 実証炉開発の目的：

FBR の技術的実証を目的とした原型炉に続き、将来的な大型商用発電炉の経済的実証を目的として、設計・建設・運転・保守されるのが実証炉である。実証炉には実用化に繋がる高いプラント性能と経済性・安全性の向上が求められ、これらの設計要求をシステム設計として統合・具体化するのがこれまで実施してきた設計研究である。実証炉の着工時期までには、実用化段階に必要となる経済性向上を達成するための要素技術の開発見通しも獲得しておくことが望ましいことから、実証炉の設計研究とその成立性を確保するための要素技術の研究開発とともに、実用化に向けた研究開発も並行して実施してきている。

実証炉の設計・建設・運転・保守によって得られる貴重なプラント技術に関する経験と、実用化に向けた技術開発の成果を、次の FBR に継承し、実用化に資することが実証炉開発の目的である。

2. これまでに実施してきた研究開発

実証炉の設計は、大型商用 FBR 炉心の性能と経済性・安全性向上を整合させていくために、従来の設計研究のように既に開発・実証済みの技術に基づいてプラント設計を行うのではなく、設計要求を満足するために必要な構造概念・機器開発等の開発段階の要素技術を取り込んだ設計としている。また、実用化段階で必要と考えられる幾つかの要素技術も、実証炉設計に取り入れ、その設計・運転・建設・保守の経験により、実用化のために必要な知見を蓄積していくこととしている。このため、実証炉の成立性については、詳細設計あるいは安全審査・建設等に至るまでに、幾つかの構造・機器等の性能確認や機能実証が必要となる。

実証炉で採用された新たな要素技術には、トップ・エントリー配管構造、免震構造、コンパクト化した各容器内の熱流動挙動、電磁ポンプ、一体型蒸気発生器、短尺型制御棒駆動機構、破損燃料検出システム、マニピュレータ方式燃料交換機、自己作動型炉停止機構 (SASS) 及びガス膨張機構 (GEM)、Na 中検査・補修機器、早期 Na 漏洩や主循環流量計等の計装システム等があり、これらの設計・評価、機能確認のための研究開発が実施されてきた。新たな構造、新型の機器・システムが、設計通りの性能を発揮できるかどうかを解析と試験で確認し、実機設計に向けて必要な改良点を摘出するのがこれまで実施してきた主な研究内容である。この一方で、設計・評価の合理化に向けて、構造・安全基準類の整備と設計評価手法の高度化等についても取り組んできている。(図-1、図-2 参考)

3. 研究開発の体制

実証炉の研究開発は、電力(9 電力と電源開発と原電)から付託を受けた原電が、原子力主要メーカーとの委託研究をベースに進めてきた。この内、燃料設計と炉心損傷評価についてはサイクル機構が中心になって実施し、その成果を実証炉の設計・評価に反映させてきた。この他に、安全性向上を目的とした SASS 及び GEM の開発では、前者はサイクル機構と、後者は原研との共同研究として実施し、民間では実施できない炉内試験あるいは炉物理試験を実施・計画中である。また、安全基準類、構造設計方針類、耐震関連の検討では、関係機関の専門家のみならず学識経験者を加えた委員会活動が行われ、研究成果の検討と新たな指針類の考え方について幅広い意見を反映してきている。昨年より、実用化に向けた研究開発として、カザフ IGR 炉内試験装置を用いた再臨界を排除するための試験研究をサイクル機構との共同研究として着手するとともに、先進的 FBR リサイクルの分野ではサイクル機構及び電中研と協力し、種々のサイクル方式の検討を開始している。

国際協力については、高速増殖炉研究開発運営委員会が中心になって、欧州側運営委員会との研究協力(EJCC)、米国 DOE との研究協力(UJCC)を実施し、ここでの個別課題に対する研究協力では、運営委員会各機関の専門家から構成される定期的な会合を実施してきている。また、電力では、欧州 FBR 電力グループ(EFRUG)が開発を進めてきた欧州の統合型 FBR(EFR)の設計研究に関する情報交換会合を実施し、設計研究の進捗、主要な設計・評価課題に関する意見交換を実施してきた。

図1 高速増殖実証炉の設計研究経緯

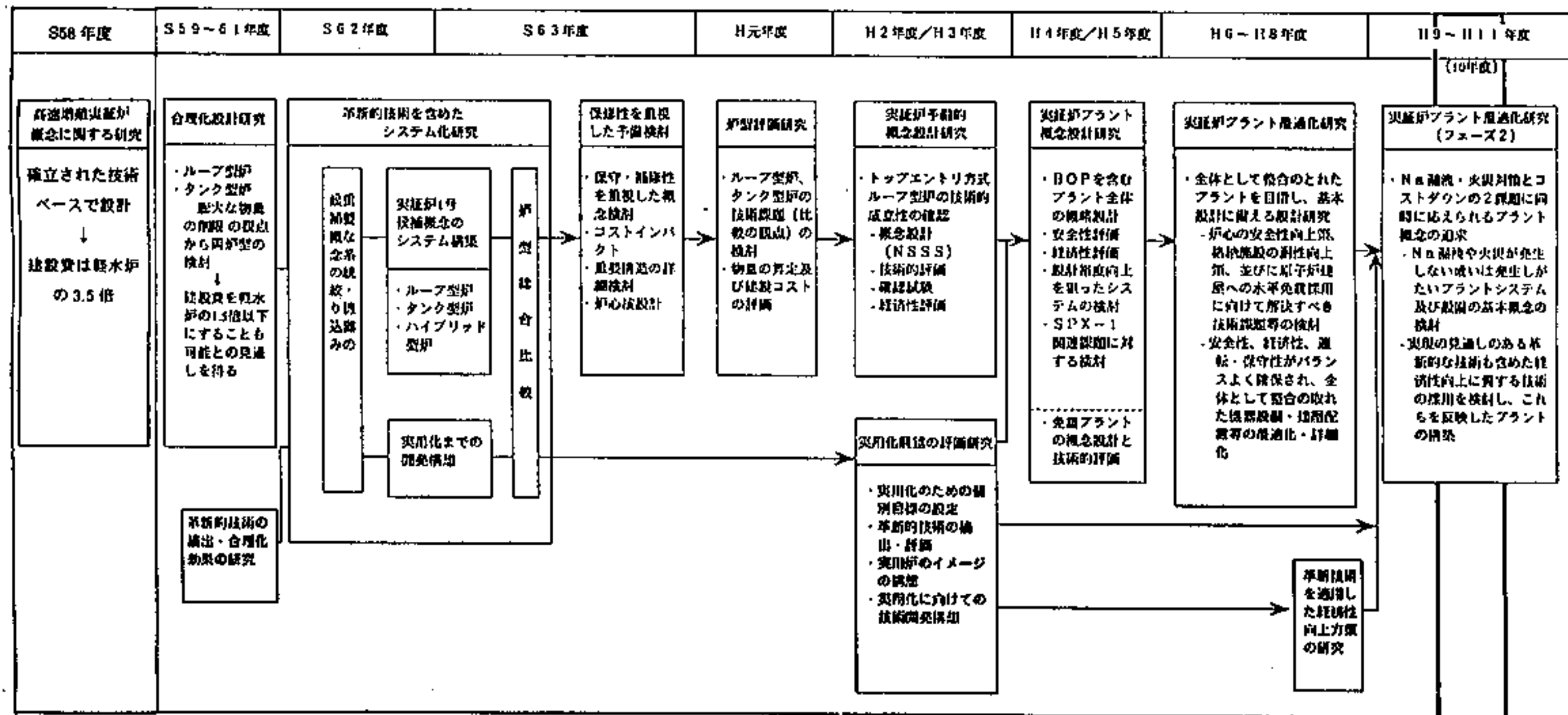


図2 実証炉の主要技術に関する開発経緯

	昭和60年	昭和61年	昭和62年	昭和63年	平成元年	平成2年	平成3年	平成4年	平成5年	平成6年	平成7年	平成8年	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年			
全体研究のフェーズ					▽トップエントリーループ型を選定				▽基本仕様選定			▽もんじゅNa選定							
	概念設計研究				炉型評価研究	実証炉予備的概念研究		実証炉プラント概念設計		実証炉プラント最適化研究		実証炉プラント最適化研究・フェーズ2							
構造設計方針に関する研究						DDS(暫定案)の策定		DDS機構充実のための検討、解析及び試験の実施、DDS(案)への研究成果の反映											
						実証炉に特有な構造設計の評価手法の開発、整備													
改良SG鋼材料データの評価研究(材料強度基準の整備)	実証炉SGへの適応性検討										学識経験者からの意見の聴取								
					米国DOEからの材料特性データの入手、分析、比較対照試験の実施			試験計画の策定	材料強度データの蓄積(材料強度試験、極長時間高温強度試験、大型継手試験、耐SGC性能確認試験、強度評価手法の検討)										
高速炉構造用SUS316の評価研究(材料強度基準の整備)						実証炉適応性、有効性検討					学識経験者からの意見の聴取								
								試験計画の策定	外部機関(金材技研、ORNL)での材料試験実施による材料強度データの客観的評価										
											材料強度データの蓄積(材料強度試験、極長時間高温強度試験、大型継手試験、強度評価手法の検討)								
免震に関する研究					免震構造の成立性に係る検討	免震プラントの構築と成立性検討			免震設計評価(設計用地震動適応性、免震装置の健全性等)										
主循環/大容量電磁ポンプの開発研究						電磁ポンプによる主冷却系の検討		主循環電磁ポンプの開発研究					大容量流路型電磁ポンプ開発研究						
ISI、補修技術の開発研究					Na中検査技術の開発(Na中目視検査用センサ等の開発、Na中体積検査装置の開発)														
					気中検査技術の開発(原子炉容器等目視・体積検査装置の小型化、両装置の1次系配管への適用性検討)														
											Na補修技術の開発								
安全基準、安全設計方針等の評価研究						安全設計方針(案)の策定					安全設計方針の具体化(Na-水反応評価、自然循環評価、Na燃焼評価、燃料健全性判断基準、LBB評価等の検討)								
											研究成果の安全設計方針への反映								
											高速炉安全基準調査専門委員会における安全設計・評価方針類の検討								
炉心安全性向上に関する研究										ロシア・Naブレナム炉心燃焼試験データの入手、評価									
								熱伸張制御棒基礎特性試験	圧力向膨張効果の評価										
								自己作動型炉停止機構(SASS)の有効性評価、基本構造設定、性能評価 (断時効試験、応答試験、Na中耐熱・耐熱疲労試験、JNC氷庫での試験)											
											GEM有効性評価と両反応度評価(ガス膨張試験、米国FFTF実験データの調査、原研FCAIにおける臨界試験等)								
												再臨界挙動概念の検討、カザフIOR炉内試験による原理確認試験							
COAIに関する影響						COAIの炉内終息シナリオの構築(事象推移評価、炉容器の耐衝撃性試験・評価)						普遍的性質に基づいたCOAIシナリオの検討							
												サイクル機構での最新評価技術によるCOAIシナリオの構築							
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000			

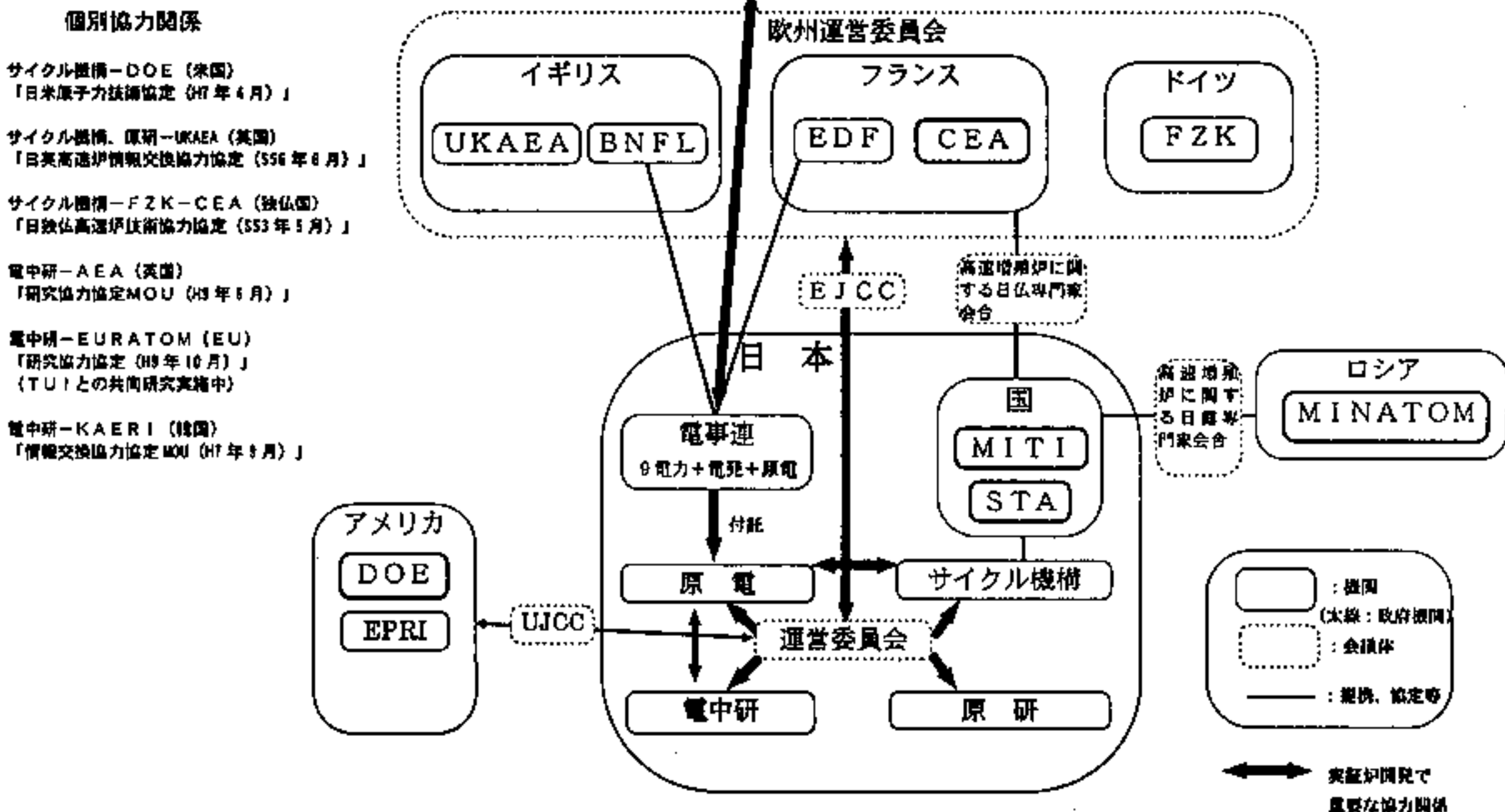


図 3 FBR 開発研究に関する国内外機関との協力関係

電中研における FBR 金属燃料サイクルの研究の現状について

電力中央研究所
原燃サイクル部
常磐井守泰

1. はじめに

金属燃料 FBR と乾式再処理（金属燃料サイクル）の研究開発を 1985 年以来実施している。1998 年からの 5 年研究を設定した。

- ・ 炉、燃料の実用性を見極めること、
- ・ 乾式再処理の実用プロセス（案）を提案すること

なお、軽水炉湿式再処理からの高レベル廃液からの TRU の回収と金属燃料 FBR での消滅させる乾式分離・消滅技術も並行して実施（図参照）。

2. 概況

2.1 燃料・炉心・安全性

- ・ U-Pu-Zr 3 元合金とステンレス被覆管との「共晶」の下限温度を見極める研究を実施中（英国 AEAT に研究員を派遣）。U-Zr の 2 元系（原研との共研）
- ・ 挙動解析コードが使えるレベルに達したと判断し、開発は終了。今後は、照射計画の立案などに活用されることを期待。
- ・ 小型から大型炉心まで炉心の設計を実施（例：取り出し平均燃焼度 16 万 MW D/t で、複合増倍時間が 30 年以下が可能）。
- ・ 金属燃料 FBR の魅力として受動的な安全特性に注目（径方向の膨張効果を評価できる解析コードの開発）。
- ・ 受動的に炉停止しなかった場合の炉心損傷検討（解析コードの開発）
- ・ 2 次系削型 FBR の概念（経済性追求）

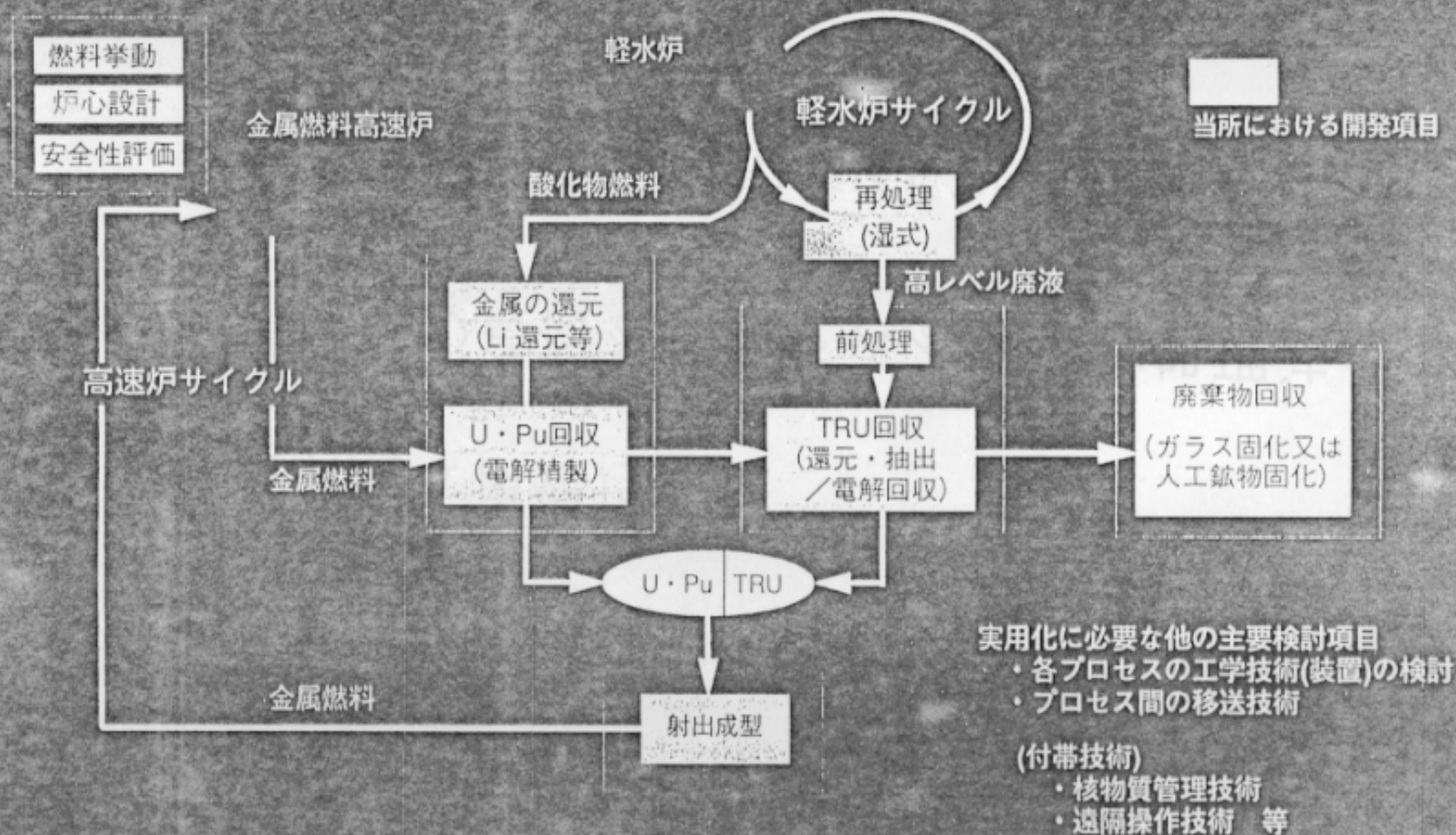
乾式リサイクル技術 研究開発の目的

次世代燃料サイクル技術として

1. 経済的な再処理方法
2. 環境への負荷を軽減できる廃棄物処理法

大幅な経済性、安全性が期待できる将来のFBRの研究
(金属燃料FBR)

乾式リサイクル・金属燃料プロセスフロー



乾式リサイクル技術の特徴

- すべてのアクチニド元素をリサイクルする燃料サイクル（現在はU、Puサイクル）
- 比較的核拡散抵抗性に強い
- 柔軟な燃料サイクルが期待
 - ・ 種々の燃料形態；酸化物、金属、（窒化物）
 - ・ 種々の燃料組成； UO_2 、MOX
 - ・ 種々の燃焼度
 - ・ 燃料の冷却期間にほとんど影響されない

原研における高速炉開発の現状

原研では、高速炉臨界実験装置（FCA）を用いて、新型高速炉の核特性の実験による検証及び積分データを用いたデータ&メソッドの開発を進めている。また閉じた燃料サイクルシステムの確立を目指して、「自己完結型燃料サイクルシステム」の評価を行った。

1. FCA を用いた臨界実験と解析

臨界実験

実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」の模擬実験等に引続き、以下の臨界実験を実施してきた。

(1) 新型燃料高速炉模擬実験

金属燃料、窒化物燃料を想定し特性評価を行うと共に、核特性の予測制度を評価した。

(2) 減速材添加高速炉模擬実験

金属燃料高速炉の反応度改善効果の実験的検証を目的とし、減速材（ポリスチレン CH にて模擬）装荷量をパラメータ（設計値を挟む）とし、Na ボイド効果の減少、ドップラー効果の増大を実験的に確認した。また、増殖性能の指標として、C8/F9 反応率比を測定した。

(3) 国際 β eff ベンチマーク実験

反応度スケールの評価精度向上を目的とし、NEA/NSC の国際協力として実施した。ウランフリー-Pu 炉心等を構築し、ベンチマーク炉心としてもユニークな特色ある実験となった。

(4) GEM 臨界実験

原電との共同実験として GEM（ガス膨張による反応度抑制機構）実験を実施した。GEM は冷却材喪失事故時に炉心に負の反応度を挿入するため実証炉設計で検討されている。

上記実験の解析を進めると共に、データベースを作成中である。

2. 自己完結型燃料サイクルシステムの研究

研究の目的は、長半減期核種であるマイナーアクチニドを燃料サイクルの中に保持し、燃料として利用する閉じた燃料サイクルシステムの確立を目指して、窒化物燃料高速炉と高温化学再処理システムからなる集約型燃料サイクルシステムの検討を進めた。

燃料サイクルシステムの評価

- (1) 窒化物燃料の高温化学再処理技術の検討：プロセス要素技術
- (2) リサイクルシステムの検討：物質収支データ、塩廃棄物処理技術
- (3) 経済的な 1.5 N 濃縮技術の検討：1.4 C 生成量及び回収技術
- (4) 遠隔操作燃料加工技術の検討：検査技術、品質保証
- (5) 遠隔加工に適した燃料形態の検討：振動充填法の適用

窒化物燃料 Na 高速炉概念の検討

高線出力化による発電コストの低減と高い安全性の達成が期待できる窒化物燃料高速炉の炉心・プラント特性として、以下の検討を進めた。

- (1) 安全性向上炉心 (2) 高性能炉心 (3) マイナーアクチニドリサイクル特性
- (4) 希土類核分裂生成物リサイクル特性 (5) 長半減期核分裂生成物核種の消滅特性

2. 炉特性解析システムの整備

JENDL の整備

- (1) JENDL 高エネルギーファイル (50MeV 及び 3GeV までの中性子及び陽子の核反応データ)
- (2) JENDL アクチニドファイル (約 90 アクチニド核種)

計算コードシステムの整備

高速炉解析システム SLAROM の整備を継続する他、詳細解析コードとして、モンテカルロ法に基づく MVP/GMVP コードを開発した。

原研における先進的核燃料リサイクル技術開発の現状

原研では、長寿命核種の群分離・消滅処理に関する研究（オメガ計画）等で、優れた核的熱的特性を有する窒化物燃料と革新的再処理技術である乾式再処理との組合せを軸に、そのシステム構築を進めるとともに、設計・評価に必要なデータベースの整備、要素技術開発等の基盤研究を行っている。これらの研究は、先進的核燃料リサイクル技術と共通する技術基盤を有しており、同分野の研究開発にも資することが可能である。

2. 窒化物燃料開発

燃料製造技術

炭素熱還元法によるU-Np-Pu系窒化物の調製法を確立、ゾルゲル法による高純度窒化物燃料粒子の製造に成功。また、炭素熱還元法によるAmNの調製試験に着手。

燃料特性、燃料挙動

U-Np-Pu系窒化物の熱伝導度、蒸発挙動等の高温熱特性測定を通じて、窒化物が酸化物と比べて10倍程度高い熱伝導度を有すること、また、全率固溶性をもつこと等から組織安定性が高いこと等を確認。

照射安定性が期待できる熱安定型燃料ペレットの製造を行うとともに、JMTRでの照射試験によって、FPガス放出が極めて少ない等、その優れた性能を実証。「常陽」においてU-Pu混合窒化物燃料ピンを照射中（サイクル機構との共同研究）。

今後の展開

燃料製造技術高度化のほか、事故時挙動等の評価に必要な2000K以上の超高温での窒素解離現象測定を計画。不活性マトリックス系窒化物の熱特性測定等を継続。

「常陽」で照射中の窒化物燃料の照射後試験等を平成11年度から実施。より高燃焼度を目指した照射試験の立案。

- Am窒化物に関する研究。

3. 乾式再処理

熔融塩電解（電中研との共同研究）

- グラム規模でのU-Np-Pu系窒化物の熔融塩電解によって同金属を陰極に回収することに成功し、窒化物燃料が乾式再処理に適用できることを実証。
- 熔融塩／熔融金属間の分配、アクチニドの電極反応等の乾式再処理プロセス構築と評価に必要な基礎データを蓄積。サイクル概念
- N-15濃縮窒素のリサイクルを念頭に置いた新しい再処理概念“LINEX”の提案。

4. その他の関連研究開発

窒化物燃料及び乾式再処理以外に以下の要素技術開発研究等を進めている。

- TRU酸化物、合金等の基礎物性。
- 新抽出剤の開発。
- 新湿式再処理技術開発。
超臨界二酸化炭素抽出分離法の基礎研究。

原研における群分離・消滅処理の研究開発

概要

原研における群分離・消滅処理(P-T)研究の目的は、再処理工程からの高レベル放射性廃液中の元素をその特性により分離する群分離技術と、それらのうち長寿命放射性核種を含む元素を効率よく消滅処理することの出来る消滅処理専用システム(加速器駆動未臨界炉及び専焼高速炉)の開発である。消滅処理の対象核種は、半減期、放射性毒性、及び工学的実現性等を考慮して、マイナーアクチノイド(MA: Np, Am, Cm)、長寿命核分裂生成物の Tc-99、I-129 とする。

群分離・消滅処理により原子力発電に伴う高レベル放射性廃棄物の発生量の極少化を図り、地層処分の負担の軽減化を目指す。

原研では発電炉燃料サイクルと群分離・消滅処理サイクルの2階層からなる階層型核燃料サイクル概念(図1)を提案し、その概念実現に向けて群分離・消滅処理技術の総合的な研究開発を進めてきた。この概念の特徴は、1) MA 消滅処理が発電炉サイクルから独立していることであり、2) これにより消滅処理が発電炉サイクルに負担を与えることがないこと、3) 高レベル放射性廃液を出発点とする P-T サイクルは、発電炉サイクルに比較すると物流量が少なく規模が小さいこと、4) MA を小規模なサイクルに閉じこめて徹底した消滅処理を行うことが可能であること、5) P-T に係わるコスト低減を図る事が出来ること、6) 将来の技術開発の成果を取り込みやすいこと、等である。

これまで、MA を 99.9% 以上分離回収するための湿式群分離法、非常に硬い中性子スペクトルを有する加速器駆動未臨界炉及び専焼高速炉、及び、これら消滅処理専用システムに適した燃料として窒化物燃料の研究開発を進めてきた(図2)。なお、原研では次世代強力中性子源としての核破砕中性子源の開発を目的とする中性子科学研究計画を推進中であり、加速器駆動未臨界炉の実験に必要な大強度陽子加速器は、核破砕中性子源のための陽子加速器を用いる。

1. 研究開発の経緯

原研における群分離研究は、1973 年頃から HLW を分離して長半減期放射性同位体を製造する技術の一環として開始した。消滅処理研究は 1974 年に着手し、MA は約 1 MeV 以上のエネルギーの高速中性子により

核分裂する事に着目し、MA を燃料とする専焼高速炉の概念の検討を開始した。この過程で、発電用燃料サイクルと群分離・消滅処理サイクルを組み合わせた階層型核燃料サイクルの概念を創出した。

さらに、MA は核破砕反応によっても消滅処理出来ることから、高エネルギー陽子による核破砕反応の解析に関する基礎的な研究を 1978 年頃から開始した。その基礎のもとに、大強度陽子加速器と核破砕ターゲット、MA 燃料装荷未臨界炉心を組み合わせた加速器駆動未臨界炉についての検討を進めてきた。

原研では、1990 年 10 月～1992 年 3 月に群分離・消滅処理研究計画特別チームを組織し、オメガ計画に関する総合的研究開発計画の立案や所内関連分野間の調整を行った。さらに、1998 年には中性子利用による基礎科学の革新的な進展と加速器駆動消滅処理技術の開発を目指した「中性子科学研究計画」を開始した。大強度陽子加速器の開発はこの計画における主要開発課題として、また、群分離・消滅処理研究開発は中性子利用研究の一環として行うこととした。

2. 研究内容、成果及び技術的達成度と今後の課題

2.1 群分離プロセスの研究

(1) 研究内容、成果及び技術的達成度

- ・再処理によって発生する濃縮高レベル廃液を対象に、4 群群分離プロセスを開発した。
- ・群分離の最重要課題である超ウラン元素群の分離では、高レベル廃液からの回収率の目標を定め、DIDPA を使用する抽出分離プロセスを、テクネチウム－白金族元素群の分離では脱硝沈殿法を、ストロンチウム－セシウム群の分離では無機イオン交換体カラム分離法をそれぞれ開発し、二次廃棄物の発生量の少ない、安全性や経済性に優れた原研独自の群分離プロセスを構築した。
- ・このプロセスについて、これまでは主に模擬廃液を用いた実験室レベルでの試験により、目的元素について十分に高い分離度が得られることを明らかにした。
- ・群分離プロセス全体を通しての物質フローを求め、製品の純度や固化体の量、廃棄物発生量などを推算した。

- ・超ウラン元素群は消滅処理を行なうことで、高レベル廃棄物の超長期にわたる潜在的毒性を大幅に低減出来ることになる。また、発熱の大部分を占めるストロンチウム－セシウム群は吸着分離に使用した無機イオン交換体を直接高温で処理することにより、ガラス固化体よりもはるかに耐熱性や難溶性に優れた固化体にすることが出来、その体積も群分離をしない場合の全量ガラス固化体の約 10% にすぎないことを明らかにした。
- ・その他の元素群は、発熱も少ないことから、全量ガラス固化体の約 5 分の 1 に減容することが出来、長期貯蔵をすることなく、地層への直接処分が期待出来ることになる。また、群分離後各群の固化体総量は、全量ガラス固化体の場合の約 3 分の 1 程度であり、群分離によって大幅な減容化が期待できることになる。
- ・群分離によって発生する二次廃棄物の固化体体積は、再処理で発生する量の約 5 分の 1 で、しかも、アルファ放射能濃度は 1 GBq/ton 以下にできるものと考えられる。(表 1)

(2) 今後の課題

当面（今後 5 年間程度）の課題としては、4 群群分離プロセスに関する実廃液試験、化学工学的要素技術開発、群分離プロセスの解析評価に関する研究、より効率的な希土類元素からの超ウラン元素の分離法開発などのプロセスの高度化研究及び資源化に関する研究がある。

更に、当面の課題以外に実用化するまでには、ストロンチウム－セシウム群の処理処分技術の開発、アルファ廃棄物の処理処分と群分離技術との係りなどの検討などが必要である。

2.2 消滅処理システム技術開発の研究

2.2.1 消滅処理システムの研究

(1) 研究内容、成果及び技術的達成度

- ・消滅の高効率化のために、MA の直接核分裂を目指した硬いスペクトルを有する消滅処理専用システムとして、専焼高速炉と加速器駆動未臨界炉 (ADS) (図 3) の 2 つの炉型を提案し、P-T サイクル MA 処理割合 99.5% 及び現行軽水炉 10 基分以上の MA 処理能力を設計目標とした。
- ・ABR 及び ADS の炉設計を実施し、この目標値を満足する炉心概念を得た。その主な性能は、MA 消滅量 (kg/GWt/y) が ABR: 250 kg、ADS: 354 ~ 366 kg、サポートファクターは 10 ~ 14 基である。

- ・ Tc-99 と I-129 の消滅については、ADS の反射体領域に Tc 金属と NaI 化合物を装荷して検討した結果、消滅量は Tc-99 が 44kg、I-129 が 6 kg であり、これらは現行軽水炉年間当たりの生成量の約 1.8 と 1.2 基分に相当する。(表 2)
- ・ 専焼高速炉及び加速器駆動炉は MA 体系が臨界か未臨界かの違いはあるものの、原子炉技術としては共通する部分が多いので、当分の間、並行して開発を進める。
- ・ I-129, Tc-99 の消滅処理について検討は不十分であり、ターゲット材料の選択も含め今後検討が必要である。
- ・ これらの設計研究に必要な核設計データベースとして、JENDL-アクチノイドファイル (89 核種) 及び高エネルギー核データファイル (122 核種) の整備及び高エネルギー核子・中間子輸送コード NMTC/JAERI、ADS 設計コード ATRAS、ABR 設計コード ABC-SC、ABR 動特性コード、群定数ライブラリー等の開発・整備を行った。

(2) 今後の課題

ADS について冷却材 (Na/Pb-Bi) の選択及び多様な (MA, LLFP) 組成燃料への最適な適応炉心の検討、核設計データベースの一層の充実等を行って、炉概念設計を継続するとともに、ADS システム特有の技術課題であるビーム窓の材料開発・設計、ターゲット特性実験及び低出力加速器駆動炉運転特性実験を、消滅処理実験施設を建設して実施する。

2.2.2 燃料/燃料サイクル技術開発

(1) 研究内容、成果及び技術的達成度

- ・ TRU 混合窒化物系の熱物性データの整備を進め、窒化物燃料技術の基盤を形成した。
- ・ UN、PuN、NpN の熔融塩電解試験等により、窒化物高温化学再処理概念の成立性について初期的な見通しを得た。(図 4、5)
- ・ AmN、CmN の調製試験についての準備をほぼ完了した。
合金については、アクチノイド相互の合金化挙動予測が可能となった。
- ・ これらの技術開発の成果により、消滅処理専用システム及び関連する燃料サイクルの技術的見通しが得られた。窒化物燃料・燃料サイクル技術及び窒化物・合金基礎物性データは、消滅処理研究開発の他、先進的核燃料リサイクル技術開発にも応用可能である。

(2)今後の課題

N-15 のより経済的な濃縮法及び回収技術の開発、AmN、CmN の調製試験、MA 燃料サンプル試作及び照射実験、MA 窒化物燃料の電解精製試験を行うとともに、燃料ピン照射、再加工技術開発、廃塩処理技術開発等を実施して技術的成立性を実証する。また、WASTEF の利用拡大、NUCEF 不活性雰囲気気鉄セル設置により、MA の高温化学研究体制を確立する。

2.2.3 陽子加速器開発

次世代強力中性子源として大強度核破砕中性子源の開発を目的とする中性子科学研究計画を推進中であり、その主要開発項目の一つは大強度陽子加速器の開発である。加速器駆動未臨界炉の実験にはこの加速器を用いる。

(1)研究内容、成果及び技術的達成度

- ・熱出力 1000 MW の加速器駆動未臨界炉に必要な陽子加速器の性能は陽子エネルギーが約 1 GeV、電流が ~ 40 mA の超伝導線形加速器である。これは既存の加速器の 20 $\sim$ 40 倍の大電流加速器である。
- ・加速器駆動未臨界炉開発のためには、このような大電流陽子加速器の技術的可能性及び陽子加速器を用いたハイブリッドシステムの実験的研究が必要となる。
- ・これまでにインジェクター部の要素技術開発では、目標値を上回る性能を実証し、大電流化の見通しを得た。
- ・超伝導空洞の開発では目標値を大幅に超える表面加速電場強度を実現し、超伝導加速技術開発に対する見通しを得た。(図 6)

以上のまとめとして、群分離・消滅処理システムの技術的達成状況及び実用化までのステップを表 3 に示す。

表 1 4 群群分離後の固化体の性状とその後の処理

使用済燃料 (33 GWd/t) 1 トン当たり

群	主な核種 又は元素	固化体形態	体積 (l)	発熱密度 (W/l)	群分離後の処理	
超ウラン元素群	Np- 237 Am- 241	酸化物	0.09		消滅処理	
テクネチウム- 白金族元素群	Tc- 99 Ru, Rh, Pd	金属	0.39		有効利用 Tc: 消滅処理	最大中間貯蔵量 ²⁾
ストロンチウム- セシウム群	Sr- 90 Cs- 137	無機イオン交換体 -焼成体	14	82 50年後 19	中間貯蔵 →処分	 336 m ³
その他の元素群	Zr, Mo, Fe 希土類元素	ガラス固化体 (酸化物含有率30%)	31	6.1 5年後 1.7	(中間貯蔵) →処分	 124 m ³
4 群固化体総量			46			
群分離無しの時 の固化体量		ガラス固化体 (酸化物含有率12%)	150	10.0 50年後 1.8	中間貯蔵 →処分	 3600 m ³
群分離後の 二次廃棄物	硝酸ナトリウム、 リン酸カルシウム	セメント固化体 (含有率40%)	330 ¹⁾		浅地層処分 ($\alpha < 1 \text{ GBq/t}$)	

1) 群分離後の二次廃棄物の量は再処理によって発生する二次廃棄物の量の約5分の1である。

2) 800 t/yの再処理プラント及びそれに附随する群分離プラントを30年間運転した場合。その他の元素群は5年間貯蔵する事とする。

表2 消滅処理炉における消滅性能比較

		加速器駆動炉	専焼炉	高速増殖炉
燃料物質		窒化物	窒化物	混合酸化物
燃料形態		焼結ペレット	被覆粒子	焼結ペレット
冷却材		鉛-ビスマス	ヘリウム	ナトリウム
熱出力	(MWt)	820	1200	2600
サイクル長 ¹⁾	(EFPD)	600	300	1368
炉心平均高速中性子束	($\times 10^{15} \text{n/cm}^2 \cdot \text{s}$)	3.6	5.9	4.1
MA/LLFP 装荷量	(kg)	2568 / 1000	1865	1450 ²⁾
MA/LLFP消滅量	(kg / 1GW・年)	305 / 49	292	41

1) 実効的な燃料照射時間

2) 燃料中のMA割合；5 %

MA = Np、Am、Cm

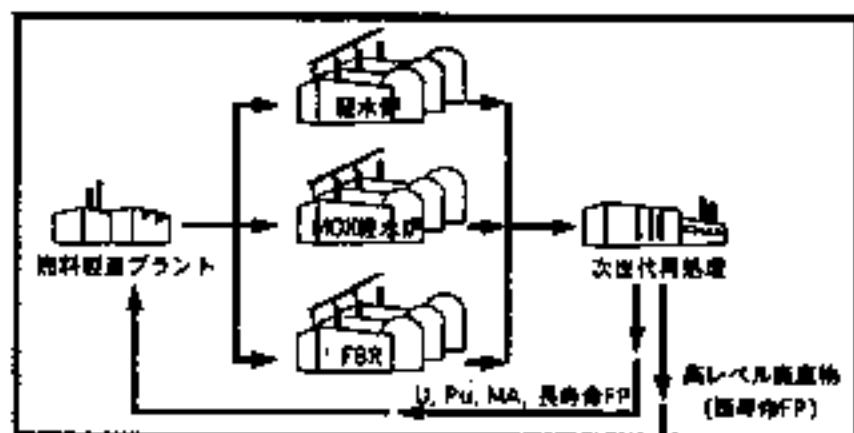
LLFP=Tc-99、I-129

表3 研究の現状と今後の研究開発ステップ

研究項目	1998 年	2010 年	2020 年	2030 年
群分離	4 群群分離法開発 Am, Cm: 99.99%, Np: 99.9% 以上 分離・回収	NUCEF での実腐液試験 模擬高レベル腐液試験 群分離プロセス高度化	パイロットプラント 設計・建設・運転	プラント実用化
消滅処理システム 技術	加速器駆動炉及び専焼高速炉の炉概念 検討 核データの整備及び炉設計コードの開 発・整備	最適炉心設計 核データ及び設計コードの精度向上	実用炉概念設計 核データ及び設計コードの精度向上	実用炉
システム技術	実験炉概念検討 消滅処理実験の検討	実験炉概念検討・設計 FCA 炉物理実験, 消滅処理基礎実験	実験炉概念設計・詳細設計 工学実験	システム炉工学技術の検証
MA 窒化物燃料開発	燃料サイクル概念構築 UN, PuN 燃料照射 物性データベース整備	AmN, CmN 調製試験 MA 窒化物燃料サンプル試作・照射 データベースの拡充	MA 窒化物燃料短尺ピン照射試験: 常陽 製造技術開発	実用燃料開発
乾式再処理技術	UN, PuN, NpN 電解試験	未照射 MA 窒化物燃料処理試験 照射(U, Pu)N 試片処理試験	照射済み MA 窒化物処理試験 燃料再加工技術開発 腐蝕処理技術開発	電解精製技術の実用化 燃料再加工技術実用化 腐蝕処理技術実用化
FP ターゲット開発		製造及び照射試験: JMTR	ターゲット材選定	
材料・構造	ビーム窓・ターゲット予備設計 ビーム窓材料調査 Pb-Bi 腐食データ調査	ビーム窓・ターゲット設計 材料照射実験 Pb-Bi 流動実験 材料・構造データベース整備	ビーム窓・ターゲット詳細設計 材料選定	ビーム窓・ターゲット実用 設計
陽子加速器 (中性子科学研究計 画)	入射系主要コンポーネント開発 超伝導空洞開発	ビームロス低減化 高稼働率化 1.5 MW 加速器	大電流化、連続ビーム化 8MW 加速器	実用加速器(～40MW)

図1 群分離・消滅処理を組み込んだ核燃料サイクル

CENS/JAERI

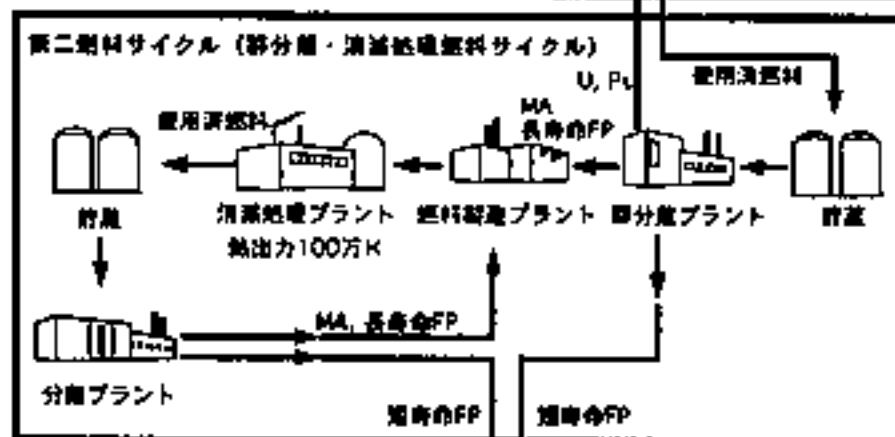
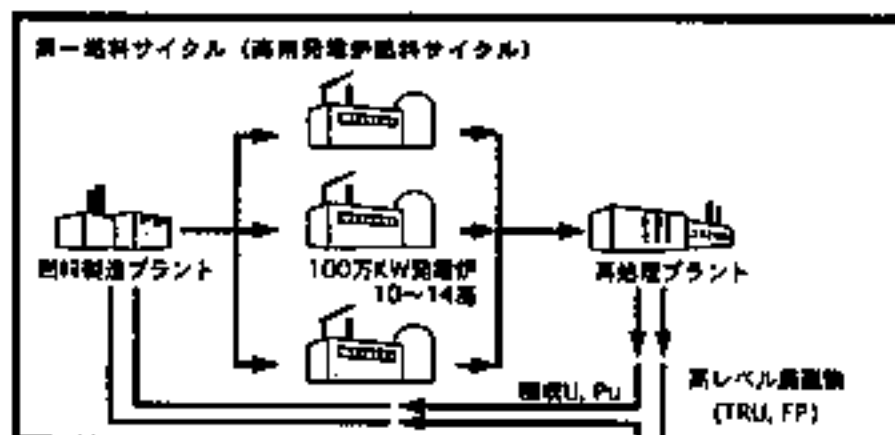


TRU : 超ウラン元素
FP : 短寿命核種
MA : マイナー・アクチノイド



先進核燃料サイクル概念

- ・ 発電炉を用いた消滅処理
- ・ MA消滅処理には発電炉（高速炉）を用いる。
- ・ PUREX再処理法を改良して、UやPuと共にMAも分離
- ・ サイクル機構、電中研、フランス等はこの方式を研究



階層核燃料サイクル概念

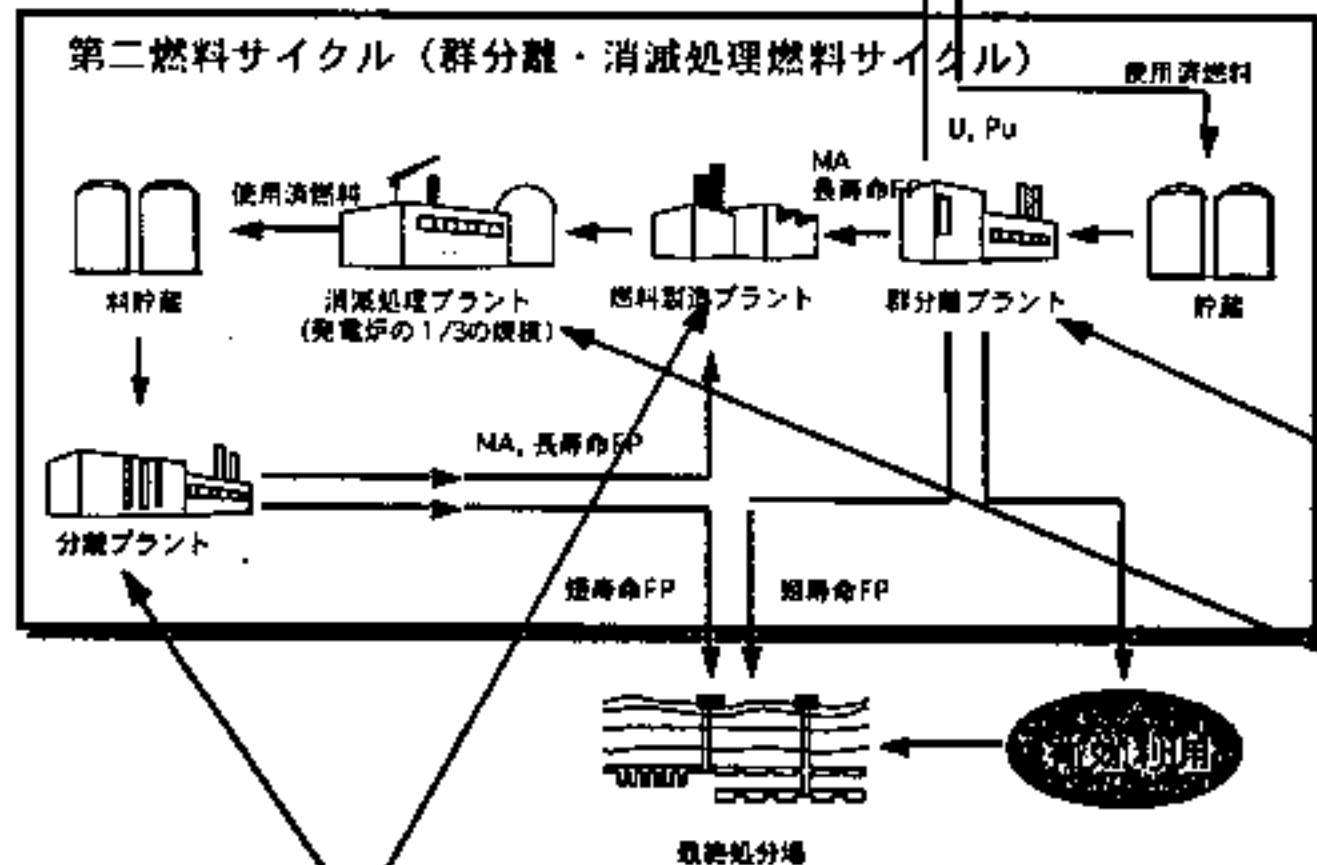
- ・ 発電炉燃料サイクルに群分離・消滅処理サイクルを付設
- ・ 発電炉燃料サイクルの再処理廃液からMAや長寿命核種を回収
- ・ 消滅処理専用システム（加速器駆動亜臨界炉や専焼炉）を用いた消滅処理
- ・ 原研が提案
フランス（スーパーフェニックス放棄決定後）がこの方式へ

図2 研究開発の内容

CENS/JAERI

第一燃料サイクル（商用発電炉燃料サイクル）

第二燃料サイクル（群分離・消滅処理燃料サイクル）



目標

階層核燃料サイクルの開発 原研が創出した概念
効率的、経済的な群分離・消滅処理のため

- ・この概念達成に必要な技術の研究開発を行う
- ・99.5%以上の群分離・消滅処理効率を目指す
(0.5%以下の長半減期核種が廃棄物として放出される)

1. 群分離技術の開発
4 群群分離技術： 溶媒抽出法

2. 消滅処理専用システムの開発
加速器駆動未臨界炉 (ADS)
専焼高速 (ABR)
高エネルギー中性子によるMAの核分裂

3. 窒化物燃料技術
燃料製造
電気精錬法分離

4. 消滅処理に必要な技術の開発
 - 1) 大強度陽子加速器
(現在、中性子科学研究計画の一環として開発)
 - 2) 技術開発を支える基礎的な研究
データベース整備：核データ、燃料物性データ

消滅処理専用システムの開発

加速器駆動未臨界炉

図3

CENS/JAERI

構成

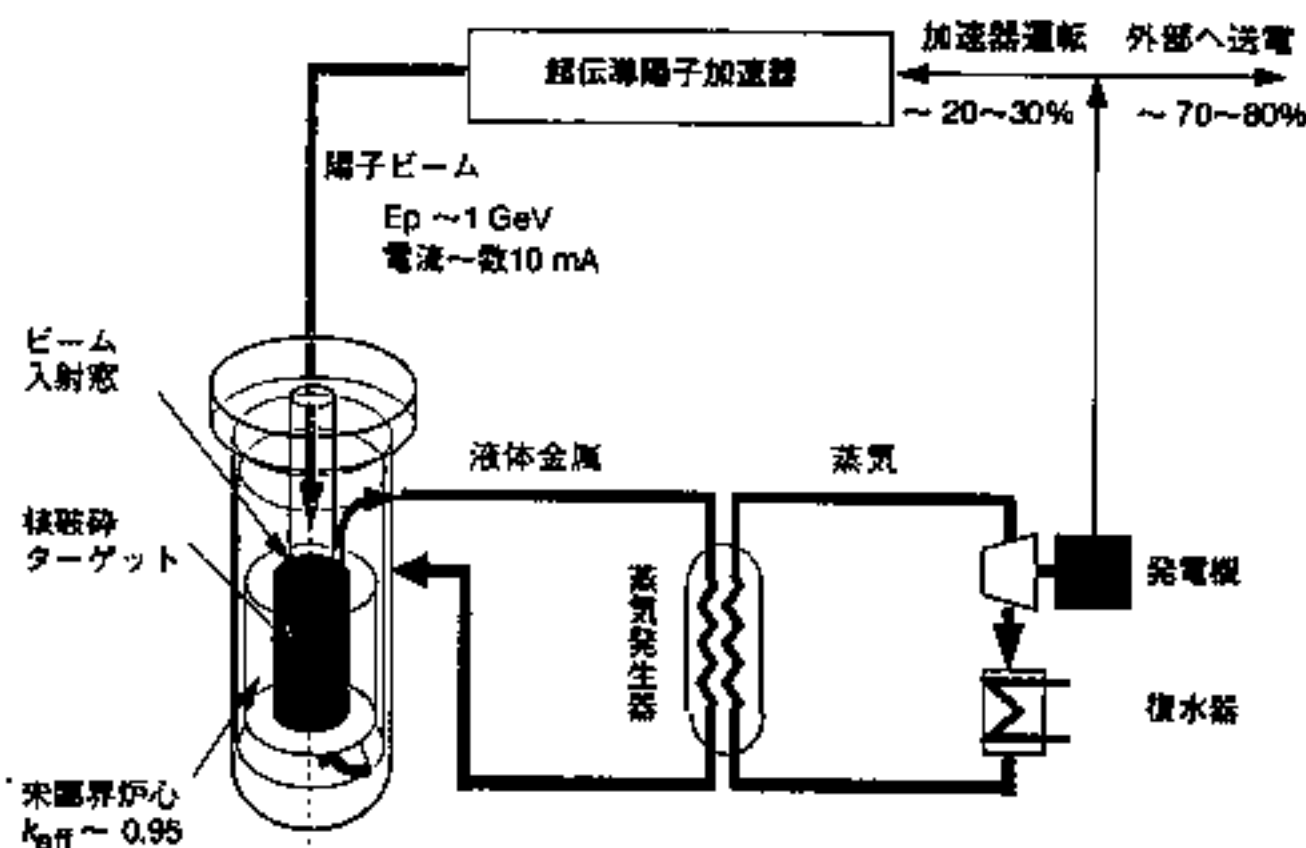
陽子加速器、陽子ビーム・ポート
ビーム入射窓、核破砕ターゲット
未臨界炉心、冷却材

特徴

未臨界炉

- ・ 中性子実効増倍係数 $k_{eff} < 1$
(臨界炉 $k_{eff} = 1$)
- ・ 核分裂反応の持続 $\Rightarrow$ 外部中性子源が必要
- ・ 陽子ビーム遮断 $\Rightarrow$ 核分裂連鎖反応終息
- ・ 制御棒は補助的な役割、安全棒の機能は不要
 $\Rightarrow$ 燃料組成／設計の自由度大きい

加速器駆動未臨界炉は
消滅処理専用システムとして最適



MA消滅処理性能

- ・ 熱出力80万KW（発電炉の1/4規模）炉心
- ・ 年間当たり300kgのMA消滅
- ・ 現行軽水炉12基分に相当

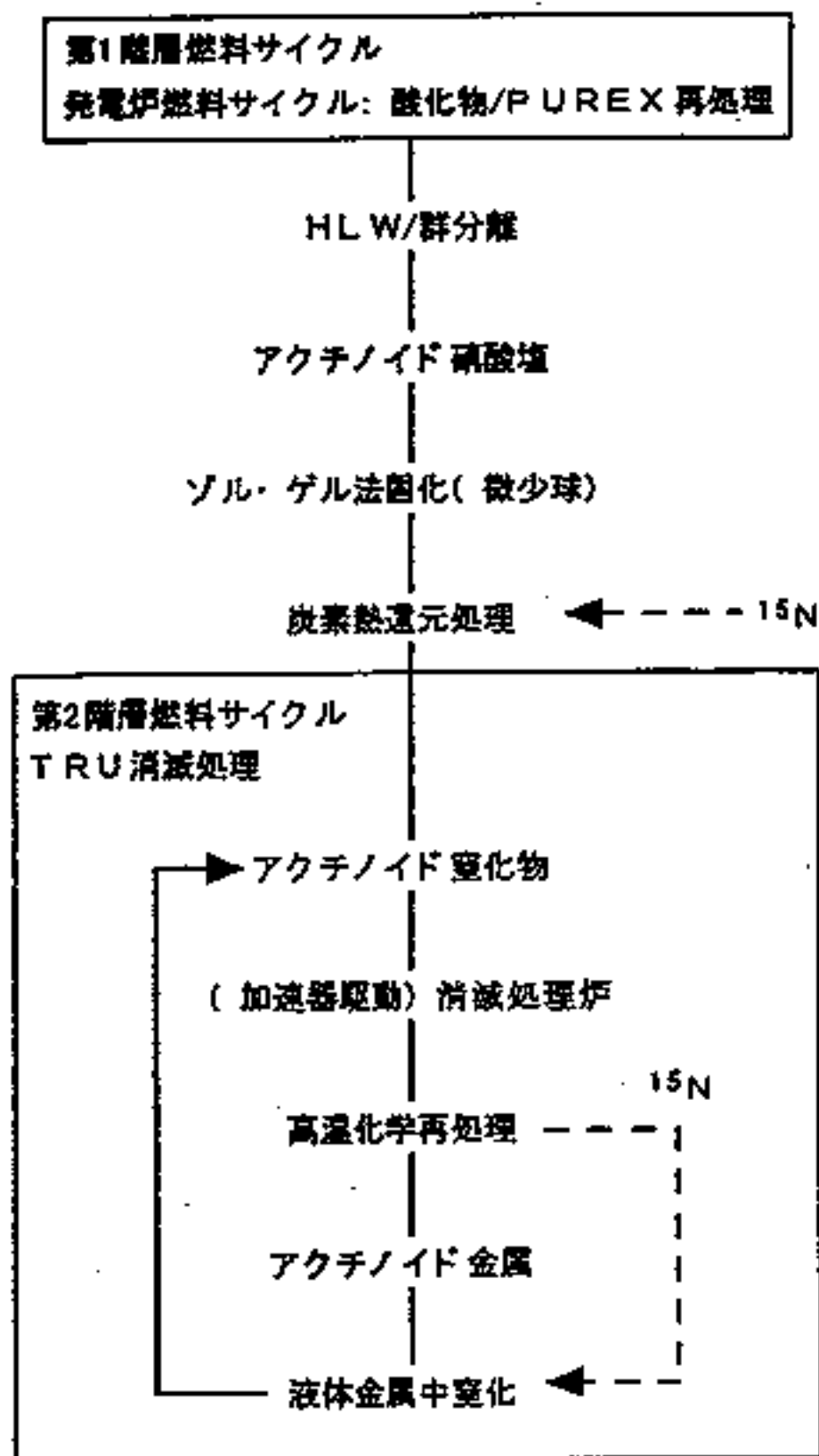


図 4 窒化物/高温化学再処理法に基づく TRU 燃料サイクル概念

MA窒化物燃料

特長：

- MAを高密度で含有
- 高融点（ $\sim 3000\text{K}$ ）
- 金属並の熱伝導度
- 組成が変わっても性質が一定

高い消滅効率、
安定した性能

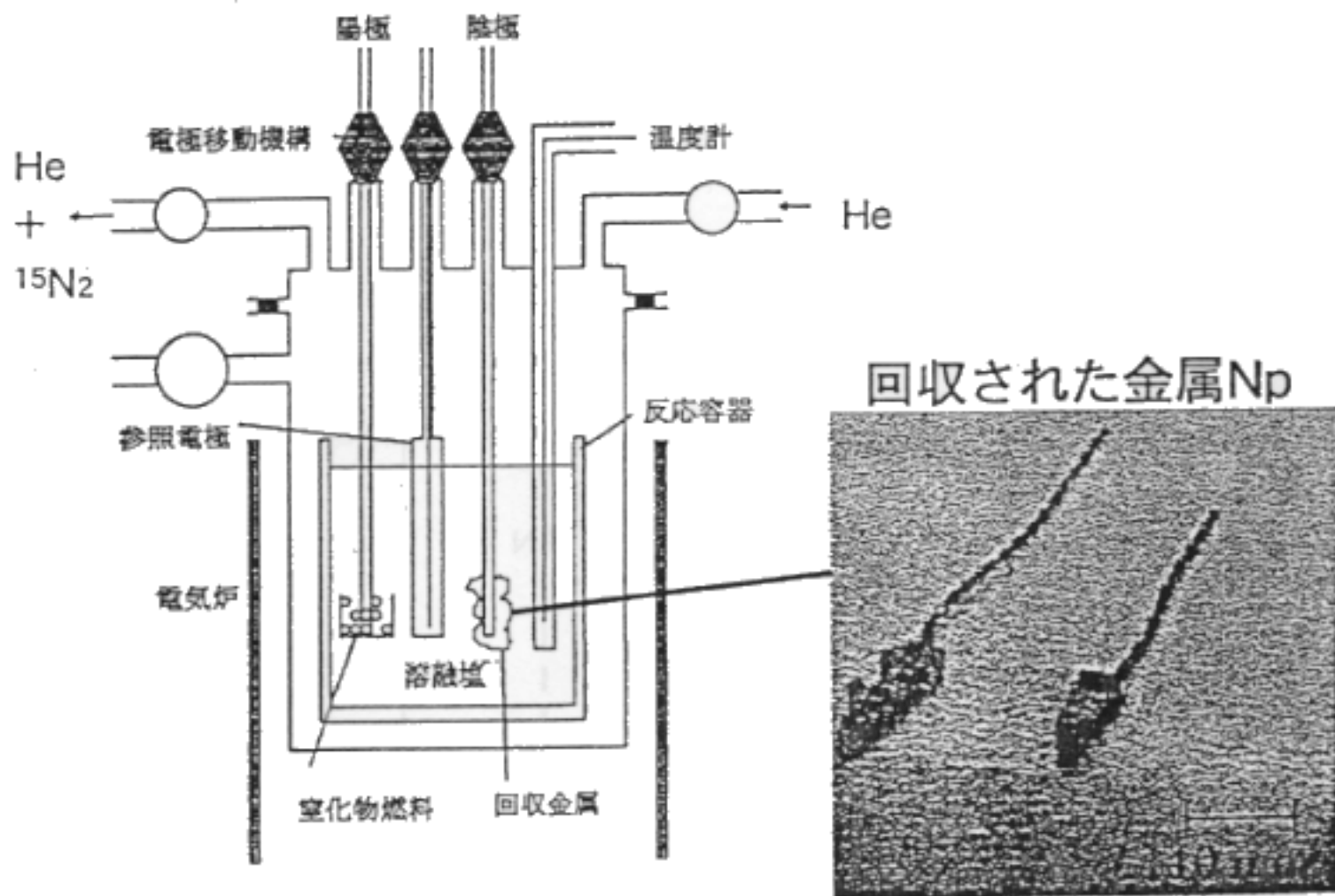
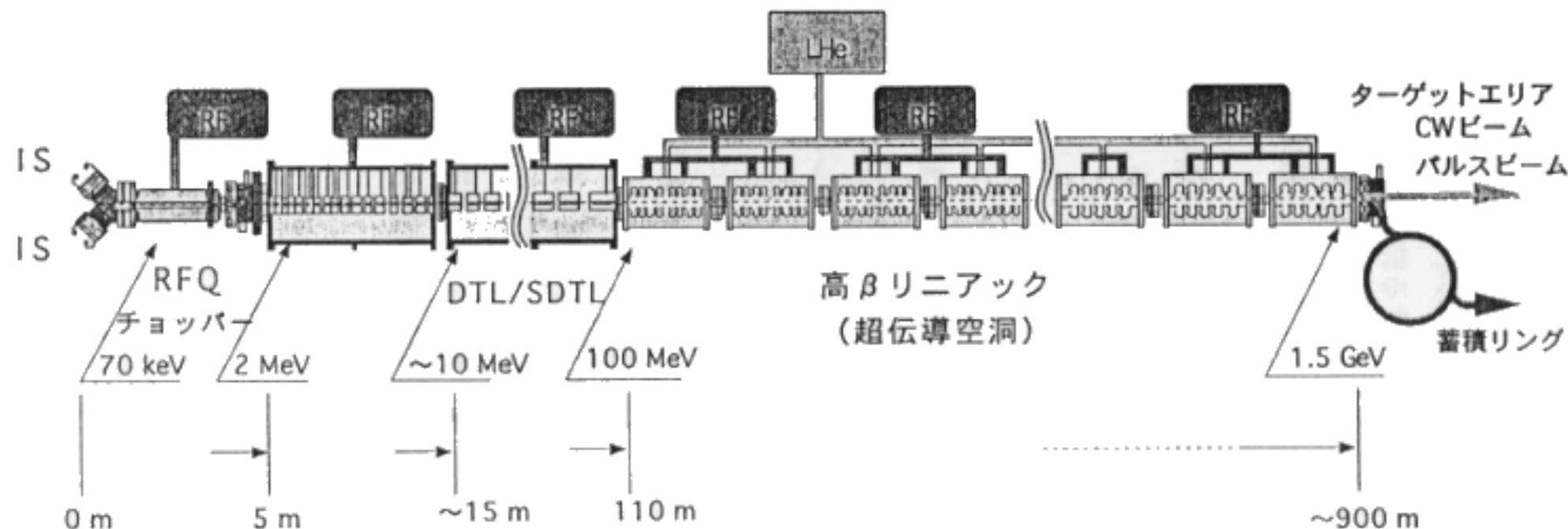


図5 MA窒化物燃料の熔融塩電解

熔融塩中で照射済みMA窒化物燃料を電解し、MA金属を核分裂生成物から分離・回収してリサイクルする。階層型核燃料サイクル概念では、消滅処理炉に併設した小規模な施設で照射済みMA燃料の処理を実施する。実験室試験において、窒化ネプツニウムから金属ネプツニウムを回収することに成功した。

加速器概念図



陽子リニアック基本仕様

加速粒子:	正負水素イオン
エネルギー:	1.5 GeV
ビーム電流:	1st stage ; パルス平均 1 mA ピーク 16.7 mA (パルス幅 2 ms, 繰り返し 50 Hz)
	2nd stage ; CW < 5.33 mA パルス平均 < 5.33 mA ピーク 30 mA
低エネルギー部:	RFQ & DTL 常温リニアック : 200 MHz
高エネルギー部:	超伝導リニアック : 600 MHz
チョッピングファクター:	60 % (中間パルス幅 400 ns)

図 6 加速器システム構成

実用化戦略調査研究の進め方について

核燃料サイクル開発機構

1. 状況認識

- MOX ペレット燃料－Na 冷却大型炉－PUREX 法再処理の組み合わせが現時点ではもっとも実用化レベルに近い技術であるが、経済性の不足が指摘され、FBR サイクルシステムの実用化時期を 2030 年以降に遅らせる結果となっている。
- 軽水炉と比肩する経済性を実現するためには、炉の簡素化、燃料製造及び再処理の工程簡素化等、FBR サイクル全体にわたる革新を行い、抜本的な経済性向上を実現する必要がある。
- このような背景の下で、幅広く技術の可能性を探り、革新技術を導入して「最適な FBR サイクルシステム」を提示することが求められている。

2. 実用化戦略調査研究の進め方

2.1 基本的考え方

- 実用化戦略調査研究の主たる目的は、飛躍的な経済性向上を実現するための可能性を見出すことである。そのため、革新技術を積極的に取り入れ、FBR サイクル全体の整合性を図りながら大幅な経済性向上の芽を摘出し、実用化に向けた開発の方向づけを行う。
- 最初の 2 年程度の期間では幅広く技術選択肢の評価を行うことを重視する。その後 5 年程度の期間で必要な試験を実施し、そのデータを踏まえた評価を行う。
- 海外施設の積極的な利用も考慮する。
- 安全性を前提とし、①経済性、②資源の有効利用、③環境負荷低減、④核不拡散性の各項目を評価の視点とする。特に経済性が最重点項目である。
- FBR サイクル全体としての最適化を念頭に置いて総合的に判断し、実用化候補を絞り込み、競争力ある技術にとって本質的に重要な「枢要技術」を特定する。

2.2 第 1 フェーズ (1999～2000 年度)

- 最初の 2 年間は、幅広い技術選択肢について、経済性という観点から見通しを付けるため絞り込んでいく検討を重点的に行う。
- 幅広い技術選択肢の中で、落とすことができない経済性に寄与すると思われる代表的な技術選択肢の例として以下の項目が挙げられる。(添付―I 参照)

原子炉冷却系 (冷却系の簡素化概念)

原子炉冷却材（Na／鉛／ガス）

原子炉出力（大型化／モジュール化）

燃料加工プロセス（ショートプロセス法、振動充填法）

分離・抽出プロセス（低除染化、乾式法）

- 炉／燃料／再処理からなる FBR サイクルシステムとしてそれらを組み上げた場合、経済性向上に効果があると期待される選択肢を選定する。
- 国内、海外のデータも積極的に参照する。
- 環境負荷低減等、経済性以外の視点からの特性を経済性と共通の指標で評価する手法を検討する。

2.3 第2フェーズ（2001～2005 年度）

- 第1フェーズの結果を踏まえ、経済性向上が期待される組み合わせの FBR サイクルシステムを対象に、具体的かつ定量的な検討を行う。
- 整合性のある FBR サイクルとして、経済性に重点を置き総合的に評価し、軽水炉と比肩しうる経済性を実現できる可能性のある FBR サイクルを選定する。
- 取得した試験データを速やかに反映して実用化戦略調査研究を効率的に進める。
- 海外機関／施設の積極的な利用も考慮する。
- 当該 FBR サイクルの実現に必要な研究開発目標を明確化する。

2.4 開かれた体制

- 電気事業者、メーカー、大学、他の研究開発機関等と共同作業を行う等、関係機関との緊密な連携を図りつつ作業を進める。
- 海外機関との協力を進める。

2.5 期待される成果

以上の実用化戦略調査研究を行えば、実用化に向けた開発戦略を構築するために必要な以下のような成果が得られと期待される。

- 軽水炉と比肩しうる経済性を実現できる FBR サイクルシステム（技術の組み合わせ）の提示。（それぞれの FBR サイクルシステムに予測される発電コスト、廃棄物量等の定量的な解析結果の提示を含む）
- 実用化までに必要な期間、予算、使用施設等の提示。

代表的な技術選択肢の例

〔1〕2次系削除システム

- 1) システム概要；ナトリウム2次冷却系を削除する
- 2) 狙い；ナトリウム冷却システムでは、水冷却系に比べ系統が1系統多く、そのプラントに占める物量割合は大きい。2次系を削除することにより、大幅な物量削減、原子炉建設コスト低減が可能になる。
- 3) 課題；主要課題として①ナトリウム漏洩検出システムの開発、②安全論理の構築、③I S I技術の開発等が抽出されている。

〔2〕鉛合金冷却炉

- 1) システム概要；冷却材として鉛または鉛合金（Pb-Bi）を用いる。
- 2) 狙い；S GでのNa-水反応対策用設備類を削減できる。沸点が高くULOF時のボイド発生を回避できる。中性子スペクトルを固くでき、TRU燃焼に有利である。
- 3) 課題；ポンプ動力の容量が大きくなる。構造材との共存性に注意が必要である。

〔3〕ガス冷却炉

- 1) システム概要；冷却材として気体（ヘリウム、炭酸ガス）を用いる。
- 2) 狙い；冷却系が簡素になり、ナトリウム取扱いに起因する設備の複雑さ等の問題を回避できる。廃棄物の発生が少ない。可視性に優れ保守作業等に有利である。ペント型燃料を採用し高燃焼度化ができる可能性がある。中性子スペクトルが固く、TRU燃焼に有利である。
- 3) 課題；圧力喪失時の除熱機能喪失が大きな問題であり、安全性を確保できる工学システムが必要である。

〔4〕振動充填

- 1) プロセス概要；粒子状燃料を直接被覆管に振動充填する。
- 2) 狙い；ペレット燃料製造に比較してプロセスが大幅に簡素化され、かつ遠隔自動化が容易であることから、製造コストの低減が可能である。また、TRU燃料製造法としての適用にも適している。
- 3) 課題；粒子燃料の製造法、振動充填条件の最適化、酸素ゲッター材分布の均一化、照射挙動の確認等の課題がある。

〔5〕乾式再処理

- 1) システム概要；電気化学的方法により、燃料・TRUを分離回収する。
- 2) 狙い；PUREX法は高い純度で燃料を回収できるものの、その工程プロセスは複雑である。乾式法は工程が簡単のため、機器設備がコンパクトになり、建設費低減、経済性向上が期待できる。
- 3) 課題；塩廃棄物等、廃棄物処理が複雑になる可能性がある。燃料の収率向上を図る必要がある。耐食性材料の開発が必要である。

整合性ある原子力システムの核燃料リサイクル概念 と その開発シナリオの検討

(東芝) 原子力プラント計画部
鈴木 聖夫

概 要

リサイクルによる核エネルギーの完全利用と放射性物質のゼロリリースを究極の目標とする整合性ある原子力システム (SCNES) の成立性を検討し、全体システム像を例示した。整合性ある原子力システムは実現可能性のあるシステムであり、今後の研究開発の目標になり得るシステムと考えている。

SCNESに向けた当面の開発目標を設定し、その目標を満足するリサイクルシステムの全体構成及び開発ステップを検討した。

高速炉によるアクチニドリサイクル技術と、よう素、テクネチウム、セシウムなどの長半減期FP元素の消滅技術により、エネルギーを生産しつつ、廃棄物中の放射線毒性、発熱量などをワンス・スルーの1/100～1/1000程度に低減することが可能になる。

1. はじめに

今日の原子力界を取り巻く情勢は厳しさを増しており、原子力界には閉塞感が漂っているように見える。このような状態を容認し続けることは、我が国の原子力界の発展を阻害し、ひいては原子力からの撤退の道を歩むことになりかねない。

原子力開発の当初から、核燃料リサイクル体系の中核と位置づけられてきたナトリウム冷却高速増殖炉の開発は、1960年代には夢の原子炉として多くの参画者を募り、その開発が囑望されてきたが、ウランの余剰感と経済原理に合うものが得られていない等から、原型炉、実証炉と続く開発計画の妥当性の確認や高速増殖炉の開発の在り方などの確認が求められている。

欧米各国が開発の中断乃至撤退をしていることもあり、高速炉開発の必要性の再確認を求める声がある。原子力の将来展望が問われている。

原子力は21世紀の社会にとって必然の選択であると信じている。

このような状況理解のもと、原子力の本質に根差した(本来の可能性に裏打ちされた)将来像を示すことが閉塞感の打破や原子力界の活性化に資すると考えている。

「整合性ある原子力システム(以下SCNESと略記する。)」を原子力が目指すべき将来像として位置づけ、その概念と開発シナリオの検討を行っている。

ここでは、SCNESの成立性検討、当面の開発目標、SCNESにおける核燃料サイクルの全体像及びその開発ステップの概要を紹介する。

2. SCNESの成立性検討

(成立性の評価)

SCNESの成立の可能性は、核分裂で生成される中性子の数と核分裂エネルギー範囲の中でSCNESの究極の目標である「リサイクルによる核エネルギーの完全利用と放射性物質のゼロリリース」が達成できるかどうか、及び、この時の消滅対象FPの必要装荷量（平衡装荷量）が炉心廻りに配置可能な範囲内であるかどうかを検証することによって示すことができる。すなわち、以下に示す中性子バランス、エネルギーバランス及び質量バランスなど、SCNESが成立するための必要条件の評価により成立の可能性を評価する。

(1) 中性子バランス

発生中性子数 $\geq$

連鎖反応維持+燃料増殖+放射性FP消滅に必要な中性子数

(2) 質量バランス

FP炉内平衡装荷量 $\leq$ 炉心廻りに装荷可能な量

(3) エネルギーバランス

得られるエネルギー $\geq$ 核燃料リサイクルに必要なエネルギー

このような成立性評価は、東工大の研究チームにより研究され、1994年に成立性があると報告されている。ここでは、最新の知見（核断面積など）に基づいて実施した、成立性評価の概要を示す。

良く知られているように、高速炉には、以下の特長がある。

- ・燃料による無駄吸収が少なく燃料の増殖が可能である。
- ・使用済み燃料中に存在するNp、Am、CmなどのPu以外の超ウラン元素（以後、MAと略記する。）を燃料として利用することができる。
- ・炉心の周囲のブランケットに配置した劣化ウランの量を調節することにより、同一炉心構造、同一プラントで燃料増殖のみならず、超ウラン元素（TRU）を消滅することができる。

このような特長を持つ高速炉では、超ウラン元素の燃焼（消滅）に関しては、Pu以外の超ウラン元素をPuと共に燃料としてリサイクル利用するアクチニドリサイクルにより達成できる。したがって、成立性評価のポイントは、燃料増殖（自給自足条件）を維持した上で放射性FPの消滅、閉じ込めが可能かどうかである。

このような観点から、代表的な高速炉酸化物燃料炉心及び金属燃料炉心の場合について成立性を評価した。

(中性子バランス：表1)

酸化物燃料炉心では、核分裂1回当たりに中性子が2.9個発生し、この内、

連鎖反応の維持に1個、燃料増殖に1個が消費される。その他の中性子の無駄吸収に0.45個が消費されることを考慮しても、核分裂1回当たりに0.45個の中性子を自らの核分裂により発生した放射性FPの消滅に使うことができる。一方、半減期1年以上の全放射性FPを使用済み燃料中から100%回収し、同位体分離して原子炉に入れて中性子照射により消滅させる場合に必要な中性子の数は、核分裂1回当たりに0.24個であり、放射性FPの消滅に使うことが出来る中性子の数、0.45個以下である。すなわち、中性子バランスは成立する。

なお、消滅対象、長期の減衰待ち保管を要するFP元素は、I、Tc、Cs、Pd、Zr、Sn、Se、Sr、Smの9元素である。

金属燃料炉心の場合には、中性子の無駄吸収が少ないために、放射性FPの消滅に使える中性子の数は、0.72個であり、更に余裕をもって中性子バランスが成立する。

なお、FPの同位体分離を行わない場合には、放射性FPの消滅に必要な中性子の数は1個以上になり、中性子バランスが成立しない。即ち、高速炉によるSCNESが究極の目標を達成するためには、FPの同位体分離技術が必須と言える。現在の原子レーザー法による同位体分離技術はその候補技術のひとつと考えられる。

(エネルギーバランス：表2)

核燃料サイクル全体を考えたときに最もエネルギー消費が多いと考えられる再処理・成形加工などのリサイクル施設の工程でFPの同位体分離を想定した場合でも、その必要エネルギーは核分裂により得られたエネルギーの1.9%であり、エネルギーバランスが成立する。

(質量バランス；表3)

100万kW_eの高速炉において自ら核分裂により発生する放射性FP量と消滅量がバランスする平衡装荷量は、合計で約14tである。通常の100万kW_e高速炉において、炉心廻りにブランケット燃料を配置する場合の重量は約40tであることを考え合わせると、前記FP量約14tは炉心廻りに配置可能な量と考えられる。すなわち、FPの質量バランスも成立する。

以上の結果から、

高速炉によるアクチニドリサイクルシステム

放射性FPの回収、同位体分離システム

高速炉の炉内で長半減期FPを消滅するシステム

短寿命FPの減衰待ち保管システム

から構成されるSCNES（図1）が究極の目標を達成する可能性があることが確認された。

上記の評価では、使用済み燃料中のTRU、及び半減期1年以上の放射性F

P (30核種)の100%回収を想定して必要中性子の数を評価しており、回収・同位体分離工程で高回収率(6ナイン:註1)を実現する革新技術が達成できれば、原子炉での消滅能力は十分あり、廃棄物の放射能などを天然ウランレベルまで低減できる可能性がある。

FPの消滅効率を上げるために高中性子束FP消滅炉が、また、回収FPへの純度要求を緩和するためには加速器駆動原子炉などの革新技術も必要になる可能性がある。

註1:6ナインは99.9999%を意味する。

3. 当面の目標

(なぜ当面の目標を設定するか)

6ナイン以上の高効率回収や同位体分離には現段階では達成を見通すことが困難な革新的技術が必要であり、当面の開発シナリオを検討するためには、中間的な目標の設定が必要である。

(当面の目標設定の考え方)

目標に至る開発シナリオや技術選択のシナリオが描けること(達成の可能性を比較的容易に見通すことができること)、消滅により大きな効果が期待できること、Puを特別視しない核燃料リサイクルの実現などを要件として、消滅に関する当面の目標を検討した。当面の目標における消滅対象FPとして、I、Tc、Csを選定し、当面の目標を以下の様に設定した。

(当面の目標)

高速炉によるアクチニドリサイクル(回収率3から4ナイン)

I、Tc、Cs、Srの回収(回収率2から3ナイン)

I、Tc、Csの高速炉による消滅

Srの減衰待ち保管

^{129}I 及び ^{99}Tc は、同位体分離の必要性がなく、元素回収も比較的容易と考えられ、また、炉内消滅時の必要中性子数や平衡装荷量も少なくて済むため高速炉での炉内消滅適用性も高い。更に、これらの核種は廃棄物の長期毒性の低減効果が大きいので、当面の炉内消滅の目標核種とした。

^{135}Cs については、同位体分離しない場合には必要中性子、平衡装荷量ともにやや多くなるが、廃棄物からCsを回収することは、Srと同様に短期の発熱量低減効果があり、また、地層処分の安全評価上、重要核種となるとの評価例があることなどから、Csを炉内消滅目標に加えることとした。

Srは半減期約29年と短いため炉内消滅対象とはしないが、CsとSrを廃棄物から回収することにより廃棄物の50年冷却後の発熱量はアクチニドリサイクルのみの場合に比べ約1/55(ワンス・スルーの1/140)に低減し、大きな効果があること、回収は比較的容易と考えられる、等の理由から、保管・減衰対象とした。

その他の長半減期FP (^{107}Pd 、 ^{93}Zr 、 ^{136}Sn 、 ^{137}Se) は、同位体分離の必要性が高い、もしくは元素回収の技術見通しが前記の元素ほど明確でないことなどから、当面の消滅対象目標には含めていない。

(当面の目標の達成可能性)

当面の目標における消滅対象FPを炉内で消滅できる見通しを確認するため、前記の議論と同様に、中性子バランス、質量バランスを評価した。(表4)

消滅対象FPは、いずれも同位体分離をしないものとし、現時点で妥当と考えられる化学形態で炉内に装荷することを想定し、化合物としての無駄吸収量を含めた必要中性子数及び平衡質量を評価した。必要中性子の数は、0.32個、平衡質量は12.4 t となり、中性子バランス、質量バランスともに成立の見通しがあることが確認された。(表4)

また、具体的な回収プロセスの検討により、改良湿式プロセス、酸化物乾式プロセス、金属乾式プロセスのいずれのプロセスにおいてもプロセスの追加、改良により目標回収率を達成できる可能性があると評価された。(図3)

(当面の目標を満足するSCNESの姿：図4)

高速炉によるアクチニドリサイクルシステム (回収率3～4ナイン)

I、Tc、Cs、Srの元素分離・回収システム (回収率2～3ナイン)

I、Tc、Csを高速炉の炉内で消滅するシステム (図2)

Srの減衰待ち保管システム

から構成されるリサイクルシステムにより、Puを特別視しないアクチニドリサイクルが実現し、エネルギーを生産しつつ、高レベル廃棄物の放射能及び潜在毒性の大幅低減 (ワンススルーの1/100～1/1000) が可能になる。(図5)

4. SCNESに向けた開発ステップの概要

次に示す3つの開発ステップに分けるものとした。

(1) 第1ステップ：SCNESに向けた基盤技術の確立と開発戦略の確立

第1ステップでは、SCNESに向けた基盤技術と開発戦略の確立の時期であり、主な開発項目は以下のとおりである。

①高速炉によるPuリサイクル技術の確立

②アクチニドリサイクルに向けた基礎技術開発

- ・アクチニド回収技術の基礎試験
- ・アクチニド燃料製造技術の基礎試験
- ・アクチニド燃料の照射試験

③FP消滅の基礎技術開発

- ・FP (I、Tc、Cs、Sr) 回収技術の基礎試験
- ・FP (I、Tc、Cs) 照射、FP消滅の基礎試験

- ④FP (Sr) 保管技術の確立
- ⑤アクチニドリサイクル、FP消滅技術の開発戦略策定
- ⑥SCNESに向けた革新技术の研究

(2) 第2ステップ：SCNESに向けた高度化技術の開発
(当面の目標の達成)

第2ステップは、SCNESに向けた高度化技術開発の時期であり、当面の目標を達成する時期でもある。主な開発項目は以下のとおりである。

- ①高速炉によるアクチニドリサイクル技術の確立
 - ・アクチニド回収技術の選択と実証試験
 - ・アクチニド燃料製造技術の選択と実証試験
 - ・アクチニドリサイクル炉心燃料技術の確立
- ②FP消滅技術の確立
 - ・FP回収・炉内装荷技術の確立
 - ・FP炉内消滅技術の確立
- ③SCNESに向けた革新技术の開発戦略策定

(3) 第3ステップ：SCNESに向けた更なる高度化技術の開発

第3ステップは、SCNESに向けた更なる高度化技術の開発の時期であり、革新技术の開発が強く要求される時期である。同位体分離技術や、高回収率を達成する新しい回収・分離プロセスなどの開発が行われるステップである。

これまでの検討によれば、通常の高速炉では相当量のFP消滅が見込まれるが、消滅効率は必ずしも高くはなく、平衡装荷量が比較的多くなる。したがって、消滅率向上の観点から高中性子束化等の革新技术の開発が望まれる。また、消滅用の余剰中性子の数を多くする観点などから、加速器駆動原子炉(ADC)の開発が必要になる可能性がある。これらの革新技术の開発は、ステップ2において行われる位置づけ評価や開発戦略の策定に基づいて実施される。主な開発項目は以下のとおりである。

- ①アクチニドリサイクル技術の高度化
 - ・回収率の向上
- ②FP消滅技術の高度化
 - ・消滅対象核種の拡大
 - ・回収率の向上
 - ・同位体分離技術の導入
- ③革新技术の開発
 - ・革新的アクチニド及びFP回収・加工システムの開発
 - ・FP同位体分離技術の開発
 - ・加速器駆動原子炉
 - ・高中性子束FP消滅炉

5. おわりに

整合性ある原子力システム（SCNES）の成立性を検討し、全体システム像を例示した。これにより、整合性ある原子力システムは実現可能性のあるシステムであり、今後の研究開発の目標になり得るシステムであると考えている。

原子力の経済性向上が第一の課題であるとの意見が多い。経済性の向上は、当然、追求すべき目標である。整合性ある原子力システムと経済性向上は、共に追求すべき目標であり、その開発は同時併行して実施が可能と考えている。

将来のリサイクル社会では、環境論がさらに重視されるようになり、環境論的価値を数字によって表現する手法の開発が重要と考える。

表1 中性子バランスの評価結果

表2 エネルギーバランスの評価結果

表3 質量バランスの評価結果

表4 高速炉によるFP消滅のポテンシャル評価

図1 SCNESの全体システム像

図2 SCNESの炉心概念

図3 SCNESへ向けたTRU、FP回収プロセスの例

図4 SCNESの全体システム像(現状から見通せるSCNES)

図5 放射能等の低減効果

表1 中性子バランスの評価結果

— 高速炉炉心(放射性FPは同位体分離して炉心に装荷)の場合 —

核分裂あたりの中性子数	酸化物燃料炉心	金属燃料炉心
[必要中性子数]		
1. 連鎖反応維持		
Fissile核分裂	0.80	0.72
Fertile核分裂	0.20	0.28
2. 増殖(Fertile捕獲)(増殖比1.00)	1.00	0.85
3. FP消滅(同位体分離想定)時	0.24	0.24
4. 無駄吸収		
Fissile捕獲	0.20	0.13
その他の捕獲	0.25	0.20
必要中性子数合計	2.69	2.42
[核分裂発生中性子数]	2.9	2.9
[FP消滅に利用可能な中性子数]	0.45	0.72

表2 エネルギーバランスの評価結果

— 高速炉での核分裂あたりのエネルギー —

得られる電気エネルギー	必要エネルギー
核分裂エネルギー 200MeV	燃料サイクル工程での必要エネルギー
プラント熱効率 41%	同位体分離*を行う場合 1.4MeV
発電所内負荷率 6.4%	(1.4MeV÷76.8MeV=1.9%)
$200 \times 0.41 \times (1-0.064) = 76.8\text{MeV}$	1.4MeV

* 長半減期FP8核種を対象としたレーザー法による同位体分離。同位体分離を行わない場合は0.1MeV。

FPの同位体分離を想定しても、エネルギーバランスは成立

表3 質量バランスの評価結果

— 必要中性子と平衡装荷量 —

FP核種	必要中性子(個/核分裂)	平衡装荷量(t/GWe)
^{129}I	0.015	0.44
^{99}Tc	0.060	0.87
^{135}Cs	0.074	3.0
^{107}Pd	0.030	0.26
^{93}Zr	0.037	2.3
^{126}Sn	0.003	5.0
^{79}Se	0.0006	0.01
その他	0.02	2.0
合 計	0.24	14

注) 中性子束スペクトルは高速炉の径ブランケット相当とし、 $1 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2/\text{s}$ を想定。

核データライブラリはJENDL3.2ベース。

表4 高速炉によるFP消滅のポテンシャル評価

— 炉内でのFP消滅達成の見通し —

消滅対象核種	同位体分離 の有無	炉内装荷形態(例) とその融点	必要中性子数 (個/核分裂)	平衡装荷量* (t/GWe)
^{129}I	無し	CeI_3 (760°C)	0.025	0.8
^{99}Tc	無し	Tc金属(2170°C)	0.06	0.9
^{135}Cs	無し	CsCl (645°C)	0.23	10.7
合 計			0.32	12.4

* 装荷形態を考慮

FP消滅に利用可能な中性子数は酸化物燃料高速炉の場合、約0.45個/核分裂



炉内消滅達成の可能性あり

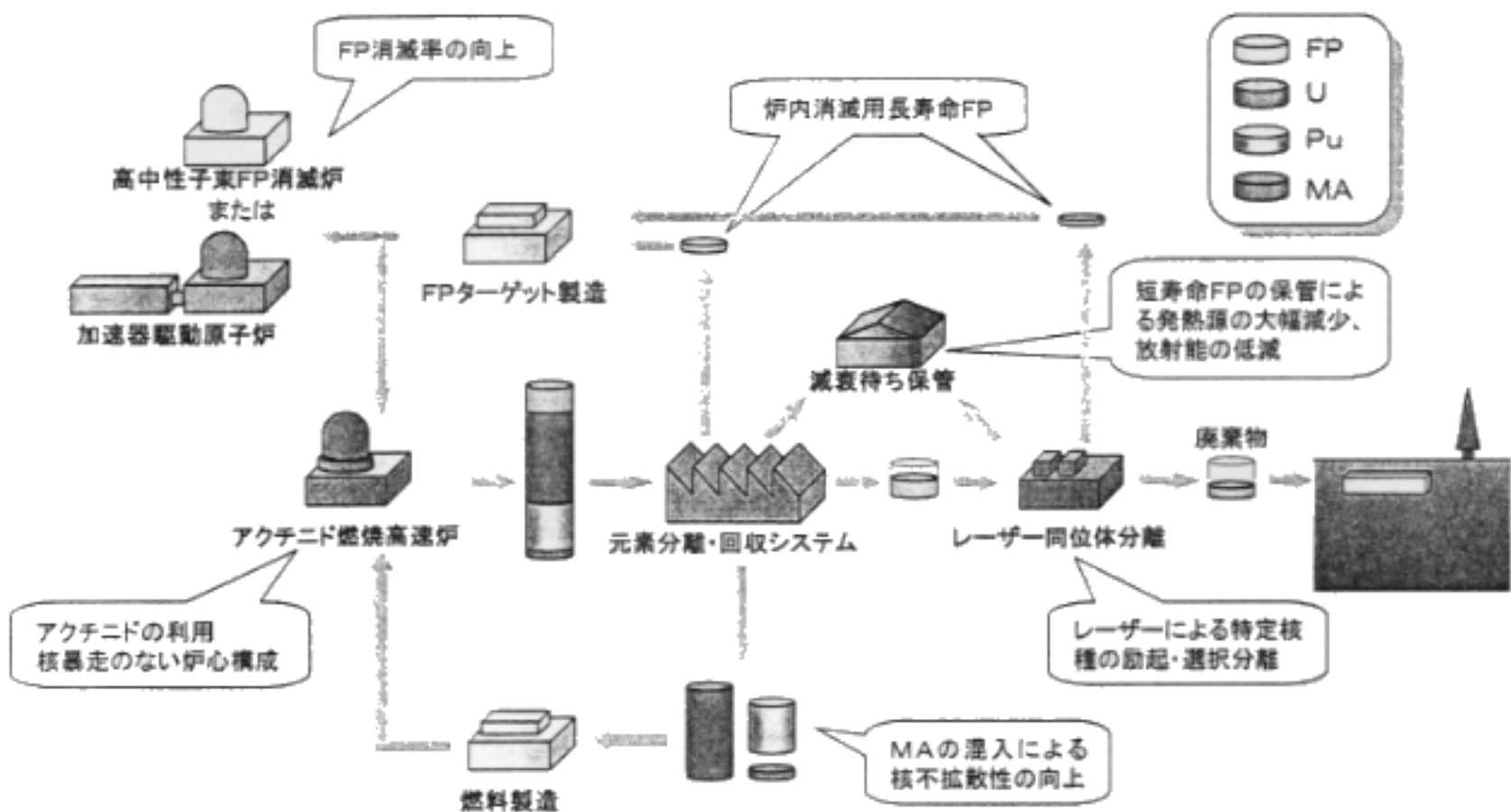


図1 SCNESの全体システム像

金属燃料炉心
熱出力
炉心等価直径
増殖比

1600MWt
4.4m
約1.0

FP消滅率(同位体を含む)

核種	装荷量	消滅量	消滅率
^{129}I	0.5t(CeI_3)	5.4kg/年	1.8%/年
^{99}Tc	0.6t(Tc-metal)	16kg/年	2.8%/年
^{135}Cs	7t(CsCl)	28kg/年	1.4%/年

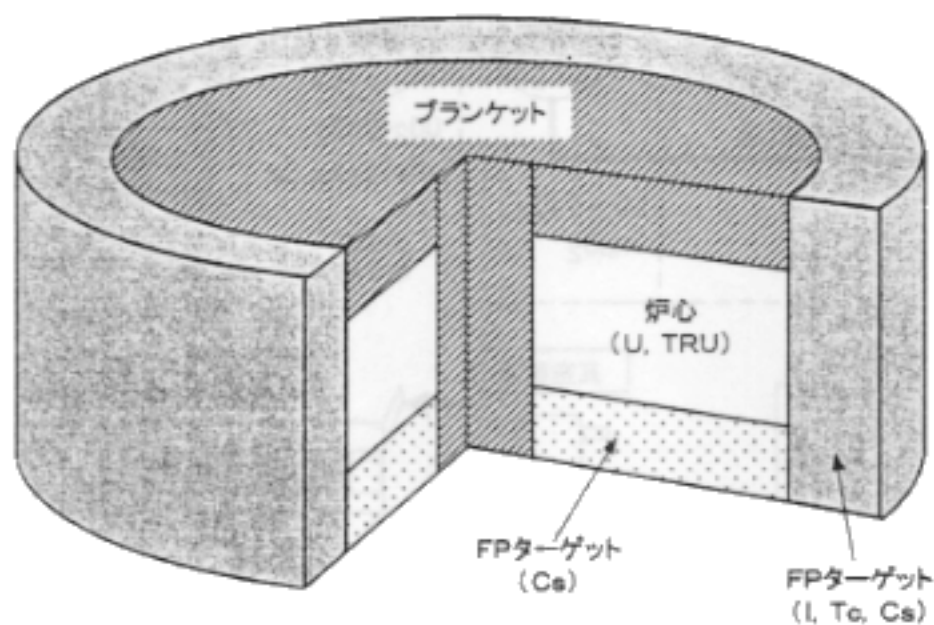
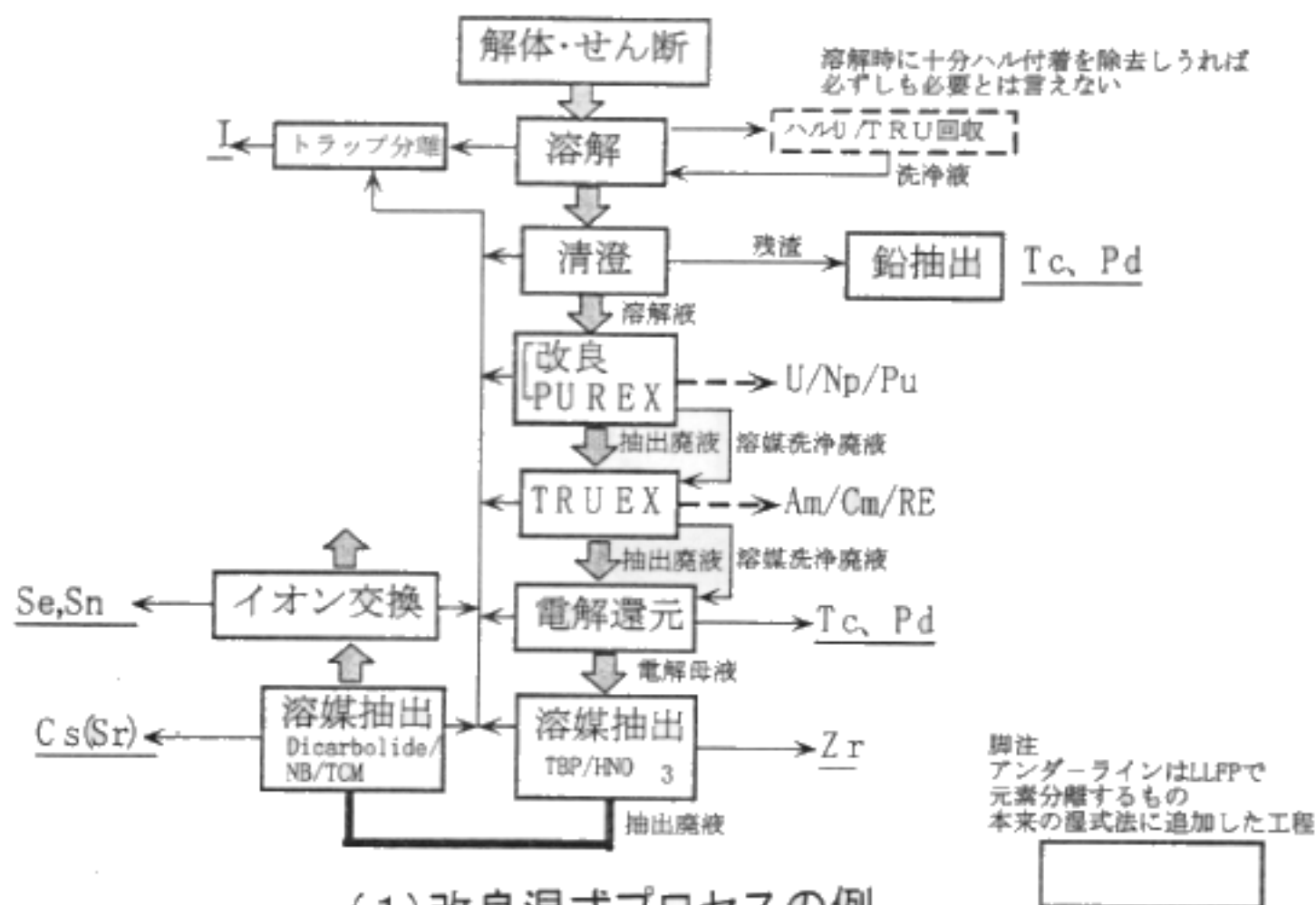
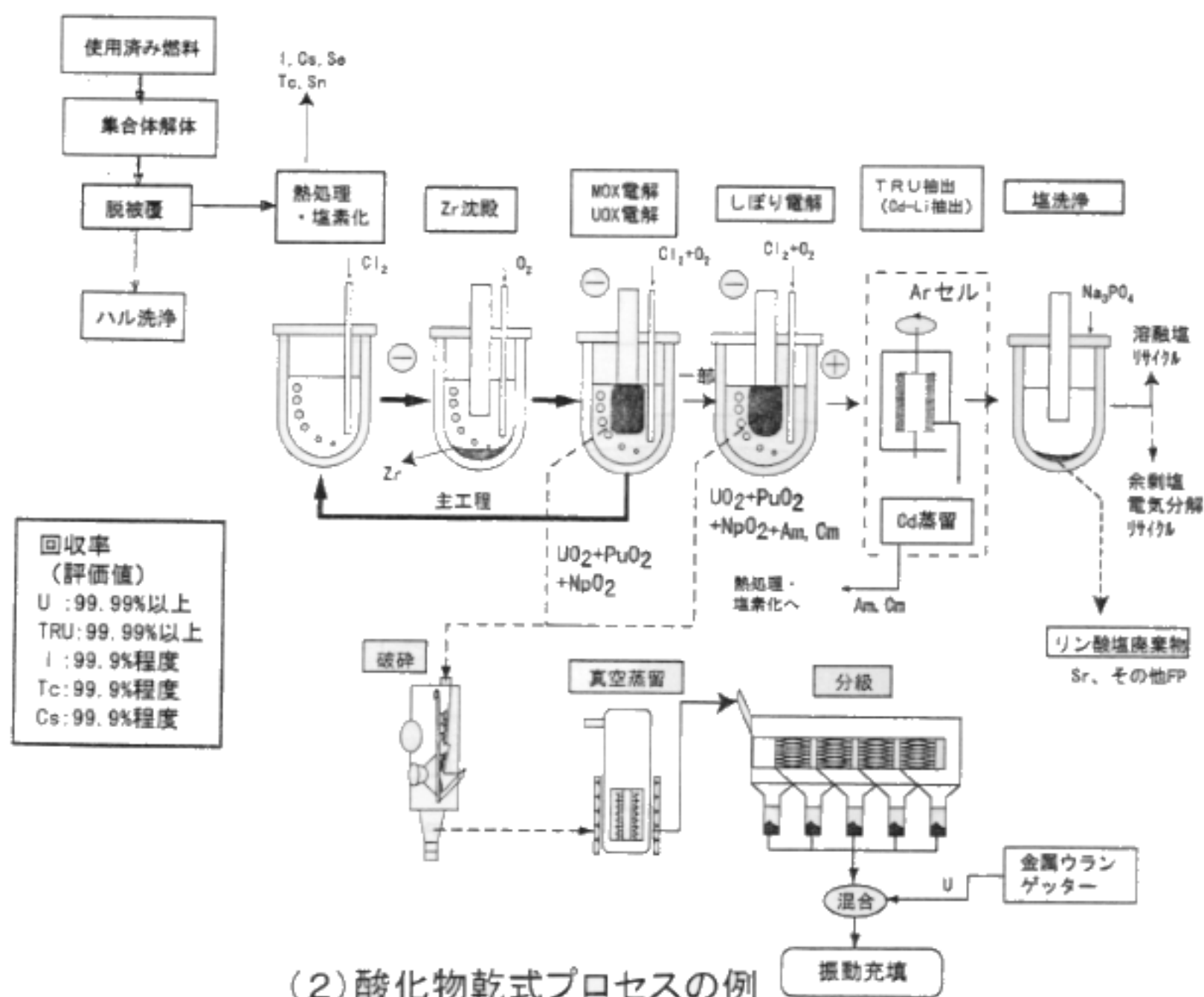


図2 SCNESの炉心概念 - I、Tc、Cs消滅炉心の例 -



(1) 改良湿式プロセスの例



(2) 酸化物乾式プロセスの例

図3 SCNESへ向けたTRU、FP回収プロセスの例

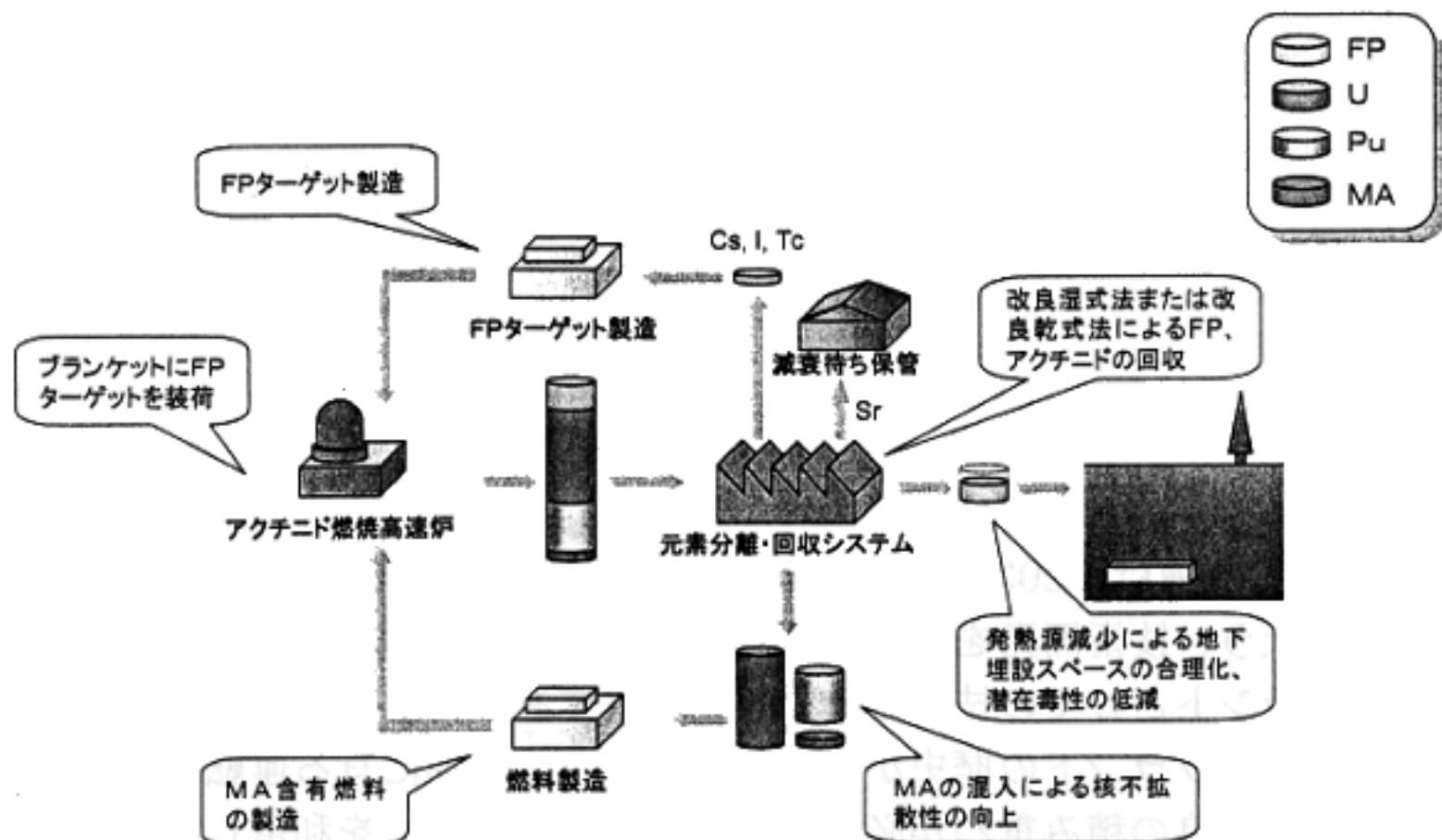


図4 SCNESの全体システム像(現状から見通せるSCNES)

例 高レベル廃棄物の放射能等への影響(軽水炉ワンスルーとの比較)

条件 アクチニド 99.9%回収、燃料としてリサイクル
I, Tc, Cs 99%回収、炉内で消滅
Sr 99%回収、減衰待ち保管

項目	50年後	1000年後
放射能	1/40	1/90
放射線毒性	1/500	1/300
発熱量	1/140	1/300

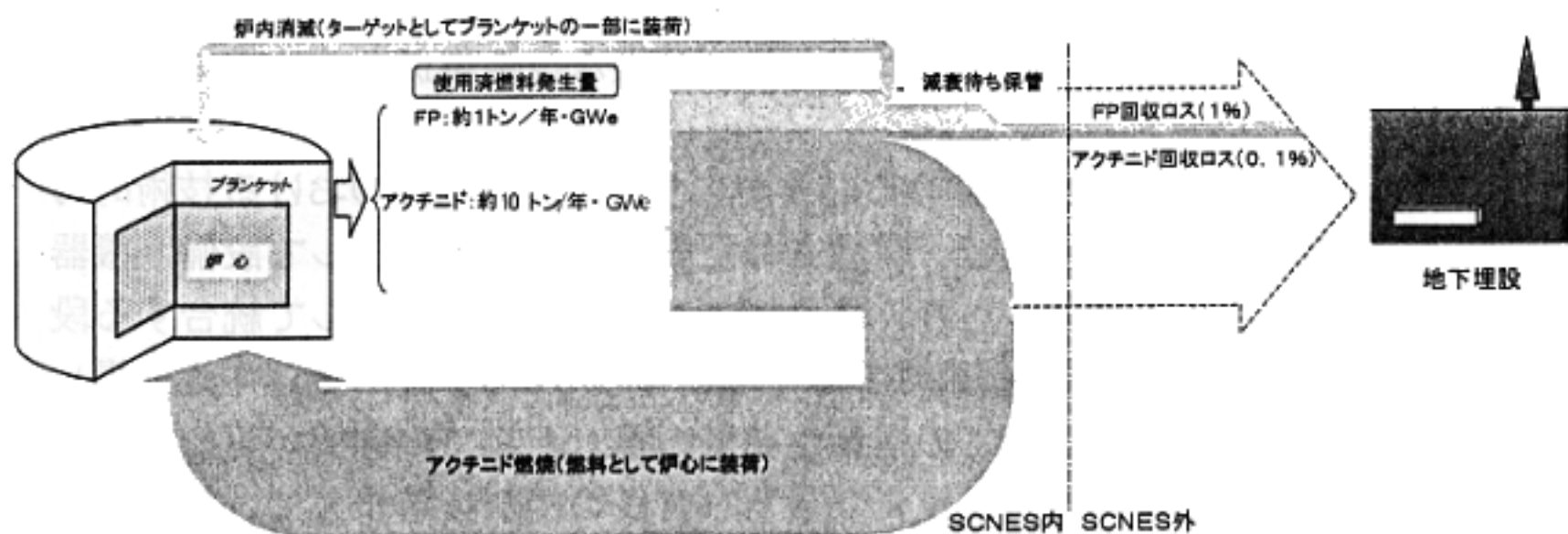


図5 放射能等の低減効果

「もんじゅ」の役割とその意義について

核燃料サイクル開発機構

1. FBR実用化に向けた「もんじゅ」の役割（図1参照）

- (1) サイクル機構は、2030年～2050年頃には、FBRの実用化（導入開始）できるよう、技術開発を進める計画である（別紙1参照）。それには、発電プラントとしての技術の確立が不可欠であり、現在、実用化されている軽水炉プラントの歴史からも明かな通り、長期に亘る運転経験の蓄積と技術改良の積み重ねが必要である。「もんじゅ」を利用して、できるだけ早く実用化見通しを明らかにするため、地元のご理解とご協力を得ながら早期に運転が再開できるよう努めるとともに、運転再開後は、発電プラント技術の成熟を図っていく。
- (2) また、実用化には、軽水炉と比肩できる経済性を持つことが必要であり、MOX燃料ナトリウム冷却炉を最も有力な技術として開発を進めるが、技術の多様化及び経済性を一層向上させる革新技術の発掘を目的に、実用化戦略調査研究を合わせて進める。
- (3) 「もんじゅ」で得られた運転データを基に、基盤となる燃料・炉心技術、ナトリウム技術、プラント設計技術等の実証と高度化を図るとともに、この高度化された設計基盤は、実用化戦略調査研究や革新技術・新概念の技術評価に活用する。また、それらの技術評価において選択された有望技術については、2010年頃にFBRサイクル実用化像の見通しを提示するとともに、2015年頃までに実用化に必要な技術根拠を体系的に整備する。
- (4) 技術の開発は段階的に進める必要があり、また、信頼のおける技術的可能性を見極めるためには、開発された要素技術を統合化して設備・機器としてまとめて確証したり、さらにプラントシステムとして統合する段階が必要である。有望技術については、「もんじゅ」が「高速中性子場」や「発電システムとしての信頼性確証の場」としての利用が可能であることを考慮して、費用対投資効果及び官民の役割を踏まえて、効率的に技術の確証を行うことが重要である。

(5)開発の成果は、国際的にも活用され、エネルギー安定供給、産業の面からも大きく貢献する。従って、国際協力を積極的に展開する。

以上の観点から、「もんじゅ」は、実用化に至る各段階において、これまで想定されていた役割のほかに新たな役割を担う必要がある。

大別すると、以下の3期に分類できる。なお、第2期以降は、実用化戦略調査研究の成果を踏まえて定める計画であり、以下はFBRサイクルシステムの実用化に向けたもんじゅ利活用策の検討例を例示として示したものである。

(1)第1期；発電プラントとしての技術実証の段階（2010年頃まで）

「もんじゅ」の安全・安定運転によりFBRサイクルシステムの社会的受容性を高めるとともに、「もんじゅ」の運転実績に基づき、設計技術の妥当性、「常陽」から大型化された技術等の実証を行う。また、発電プラントとしての技術の成熟に向けて、2010年以降も運転を継続し、経年特性の把握や運転データの蓄積を行うことは重要である。

(2)第2期；経済性向上に寄与する技術の確証段階（2020年頃まで）

実用化戦略調査研究により、経済性向上を図る技術を摘出するが、これらの有望技術及びその基盤となる技術については、「もんじゅ」に適用または改造して、確証することが可能である。

例えば、経済性の向上に向け、炉心においては高燃焼度化し、15万MWD/t以上を目指すことが重要である。

なお、合わせて照射施設としての能力を備えることも可能であり、マイナーアクチニド（MA）や高次化Puを含む燃料を集合体規模で確証することができる。

(3)第3期；FBR実用化技術の確証段階（2025年頃まで）

枢要技術として開発を進めた要素技術については、プラントシステム化して次期プラントに集約されることになるが、必要に応じて「もんじゅ」等で確証される。例えば、「もんじゅ」の炉心では、環境負荷低減化技術等の21世紀の原子力システムに相応しい技術を追求するため、炉心規模でマイナーアクチニド（MA）や高次化Puの燃焼等が可能である。

2. 「もんじゅ」における研究開発

2.1 第1期：発電プラントとしての技術実証（2010年頃まで）

「もんじゅ」は、発電設備を備えた我が国初の高速増殖炉であり、「もんじゅ」及び関連する核燃料サイクル施設の安全・安定運転によりFBRサイクルシステムの社会的受容性を高める。

また、将来の実用炉の主要な系統を全て有している「もんじゅ」の運転実績に基づき、これまでの技術の集約を行い、設計技術の妥当性、「常陽」から大型化された技術等の実証を行うとともに、技術改良を積み重ねる。

また、発電プラントとしての技術の成熟に向けて、2010年以降も運転を継続し、経年特性の把握や運転データの蓄積を行うことは重要である。

(1) 運転信頼性の確立

- ① 運転、保守、補修及びトラブル経験等を通じ、機器設備の安全・安定運転の実証、運転の習熟及び必要な改善改良を行い、FBR発電プラントとしての信頼性を示す。
- ② 運転、保守経験を踏まえ、運転・保守マニュアル、各種基準類の整備を図り、実用化に向けた基準・体系作りを行う。
- ③ 定常運転及び過渡運転特性から運転余裕を見極め、安全性評価技術の妥当性及び裕度評価を行い、実用化への見通しを立てる。
- ④ 経時的に反応度変化をする高次化ブルトニウム炉心管理技術、ナトリウム取扱い技術、燃料管理・取扱い技術の確立を図る。
- ⑤ 運転、保守、補修及びトラブルデータを蓄積し、FBR信頼性データベースの構築を行う。

(2) 技術の実証と高度化

- ① 「もんじゅ」は、MOX燃料を用いた規模の大きな炉心であり、将来の実用炉の炉心に近く、制御棒、燃料燃焼反応度などの炉心特性や高速増殖炉の主要特性である増殖性能を「もんじゅ」で確認する。
- ② 「もんじゅ」のナトリウム系統設備は容量・規模が大型化されており、「常陽」での経験を踏まえ主循環ポンプ、ナトリウム純化系、燃料洗浄設備などの改良が行われている。また、研究開発を重ねた上で実用に供した蒸気発生器のような設備がある。

概念設計段階から製作、運転まで取り組んできたこれらの設備系

統ついで実際の運転、保守等を通じて蓄積されたデータに基づいて評価、集約を行い技術の確証を行う。また、運転データを踏まえて設計技術の妥当性及び裕度評価を行い、改良すべき課題等を明らかにし実用化に向けて設計手法の高度化を図っていく。

- ③「もんじゅ」は我が国の自主技術で設計、製作、運転を行う初の発電FBRプラントであり、海外の先行炉にない特徴を有し、運転を通してそれらの実証を行う。また、大型の炉心とナトリウムループを持つ施設として、実規模で前例のない技術データの取得を行う。（別紙2参照）

（もんじゅの特徴とその実証）

- a. ループ型発電FBR
- b. 2次冷却系配管分岐型崩壊熱除去系
- c. 厳しい耐震基準に基づくプラント系統設備
- d. 高温構造設計基準に基づくプラント系統設備
- e. 数%Amを含有する高次化プルトニウム燃料燃焼
- f. 増殖性能
- g. 格納容器内2次系配管の簡素な引き廻し
- h. シャヘイプラグの高剛性

（実機プラントの特徴を生かした技術データの取得）

- i. Pu利用の柔軟性実証（ふげん再処理燃料の使用）
- j. ボイド反応度測定（大型炉心で初、実施済）
- k. 長寿命制御棒の実証（4サイクルで初）
- l. 自然循環除熱試験（ループ型、水蒸気系除熱で初）
- m. 原子炉容器内ストラティフィケーション測定試験（実機で初）
- n. SG水リーク模擬試験（試験として初）
- o. 燃料破損検出模擬試験（DN法）（大型実機で初）
- p. FBR設計データベース拡充（初）

- ④プラント建設コストの低減化へのポテンシャル評価

「もんじゅ」の運転実績に基づく系統設備の設計裕度評価、設計手法高度化等の原型炉としての技術の集約結果に基づき設計裕度合理化によるプラント建設コスト低減化効果を評価する。

2.2 第2期；経済性向上に寄与する技術の確証（2010年頃から2020年頃まで）

第1期で得られた成果を基に、「もんじゅ」自体の経済性の一層の向上を行うとともに、実用化戦略評価研究により抽出された概要技術で機器・設備規模での確証が必要な技術については、「もんじゅ」に適用・改造して、実用化の見通しを確認することが可能である。

また、炉心の高度化を行い、「もんじゅ」自身の経済性と性能の向上を図りながら、実用化に向けた炉心燃料開発に貢献できる。

(1) 運転・保守に係るコストの低減

① 運転維持経費の低減

「もんじゅ」の安全・安定運転を達成しながら、蓄積された運転実績を基に運転維持経費の低減を行う。定検作業、運転管理業務等を合理化し、長寿命制御棒の導入と合わせて経費の削減を図る。

② 運転・保守コストの低減化

a. 高燃焼度化

平均5.5万MWD/Tから8万MWD/Tへ、さらに15万MWD/Tの高燃焼度化を実現し、燃料費の低減化を図る。

b. 制御棒長寿命化

シュラウド管ナトリウムボンド制御要素の適用により、高燃焼度4サイクル運転期間使用を実現し、制御棒費の低減化を図る。

c. 運転保守データの蓄積

運転保守データの蓄積を図り、点検保守の頻度、範囲、程度を見直すことにより、将来プラントにおける点検保守に係るコストの削減に反映する。

(2) 実用化戦略調査研究で抽出される技術の確証

これまでの設計研究で採用が検討された技術の中で、制御棒長寿命化、炉心大型化、炉上部構造簡素化、中間熱交換器コンパクト化、配管短縮化、格納容器小型化については、第1期の「もんじゅ」の役割の中で技術可能性が確認される。しかし、第1期の「もんじゅ」では見通しが得られない技術で実用化戦略調査研究で抽出される技術については、「もんじゅ」に適用し、技術可能性の見通しを確認すること

が可能である。

(以下は例示)

○原子炉内構造物の供用期間中検査技術

○新材料の一体貫流型蒸気発生器又は2重管蒸気発生器

(3)炉心の高度化、集合体規模の燃料開発

○10ヶ月以上の連続運転、及び燃焼度8～15万MWD/tが可能なMOX燃料炉心

○GEM (Gas Expansion Module : ガス膨張機構) やSASS (Self Actuated Shutdown System : 自己作動型炉停止系)

○燃料サイクルコストの低減ができる燃料 (例えば、低DFーパイバック燃料) の集合体レベルでの照射試験

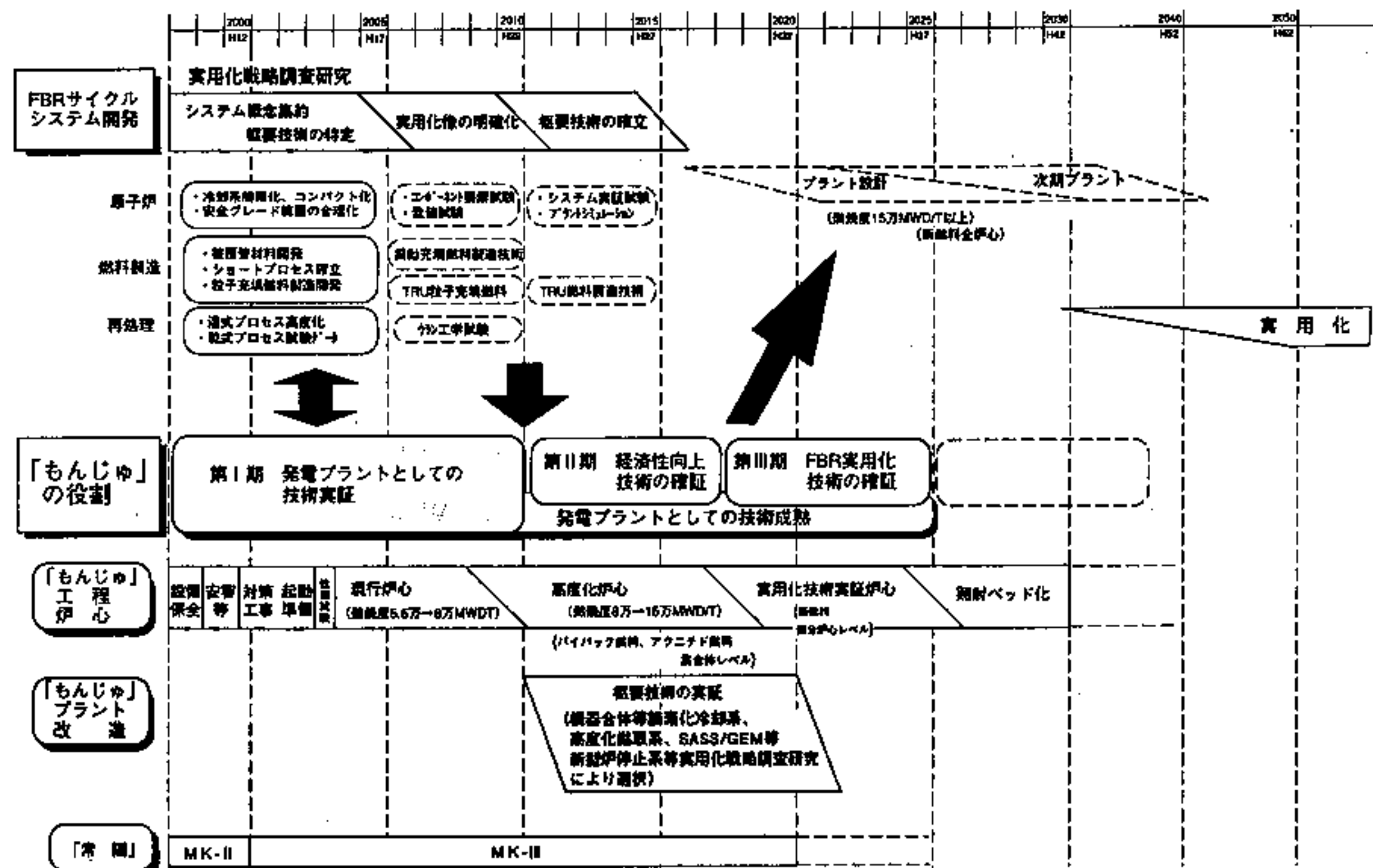
2.3 第3期 ; FBR実用化技術の確証 (2025年頃まで)

枢要技術として開発を進めた要素技術について、機器として統合化して必要に応じ「もんじゅ」において確証するとともに、環境負荷低減化技術等の21世紀の原子力システムに相応しい技術を追求するため、「もんじゅ」を活用することは重要である。具体的には今後の実用化戦略調査研究の評価で明らかにしていくものとする。

3. 「もんじゅ」の意義

- ・これまでの役割に加えて、実用化に向けた各段階で技術確証の場を提供する。
- ・照射施設として利用するとともに、共同の技術開発の場として利用することにより、世界の公共財として国際協力・国際貢献に役立てる。
- ・FBRに関する枢要技術及び技術者等の技術開発基盤を維持できる。
- ・「もんじゅ」を活用することを通して、人類の将来のエネルギーセキュリティ及び環境保全に貢献できる。

図-1 FBR実用化に向けた「もんじゅ」における技術開発



FBRの実用化時期（導入開始）を2030年～2050年頃と想定する理由

- ①エネルギー開発に責任をもつものとしては、エネルギー需給予測は悲観的見通しを重要視すべきであり、国家のエネルギー安全保障の観点から必要な研究開発を行い、十分な備えを基本とする。
- ②エネルギー需給予測は、不確かさを伴うものであり、また、社会心理にも大きな影響を受けるが、それほど遠くない時期に、石油の有限性が明確になったり、地球温暖化が顕在化してくると、ウラン資源に対する楽観的な見通しは急激に変化すると予想される。従って、ウラン²³⁸のエネルギー資源化の研究開発は必要不可欠である。
- ③今後の電力需要を想定すると、FBRが発電系統に導入される場合には、軽水炉のリブレースが主体であると想定され、基数が限定される。また、FBRの特性として、ウランの節約効果が顕在化するには時間を要する（ダブリング時間：数10年）。従って、現時点での予測として、ウラン資源量が2050年頃まで保証できるとしても、それ以前から導入を開始しないと、資源の逼迫が生じる。

運転再開以降に「もんじゅ」で行う技術取得

(もんじゅの特徴とその実証)

a. ループ型発電炉

原子炉容器が小型であるため耐震性に優れ、かつ1次冷却系機器が独立して配置してあるためメンテナンス性に優れているループ型の原子炉の運転・保守性を確認する。

b. 2次冷却系配管分岐型崩壊熱除去系

崩壊熱除去設備を中間熱交換器と並列に設置することにより、崩壊熱除去のための専用の系統を削除した崩壊熱除去系の運転・保守性を確認する。

c. 厳しい耐震基準に基づくプラント系統設備

地震国である日本に設置されているため、世界的にも厳しい耐震基準に適合するプラント系統設備を実証する。

d. 高温構造設計基準に基づくプラント系統設備

軽水炉より高い温度で使用されるため、高温下での非弾性挙動を合理的に評価する新しい構造設計基準が策定され、それに基づき設計が行われたプラント系統設備を実証する。

e. 数%Amを含有する高次化プルトニウム燃料燃焼

「もんじゅ」燃料は、燃焼度の進んだ軽水炉の再処理Puを燃料として使用しているため高次化しており、かつPu239の崩壊によりAmの蓄積が進んでいる。この様な燃料を使用した高速炉の炉心管理技術を確立する。

f. 増殖性能

増殖比については、反応率分布を性能試験で既に測定しているが、運転再開後は、使用済み燃料の照射後試験（燃料組成分析）により、増殖性能を確認する。

g. 格納容器内2次系配管の簡素な引き回し

海外炉では格納容器内と2次系配管は剛に接合され、2次系配管の熱膨張は格納容器内2次系配管の複雑な引き回しにより逃がしているが、「もんじゅ」は格納容器内と2次系配管はベローズ継ぎ手により接合することにより、熱膨張逃がし機能を確保しながら物量削減を図っている。「もんじゅ」では2次系配管ベローズ継ぎ手接合の機能を実証する。

h. シャヘイプラグの高剛性

原子炉シャヘイプラグは、制御棒駆動機構が設置されているため、その剛性が低いと撓みによる制御棒駆動機構の据えつけ精度の低下が懸念される。「もんじゅ」では水力発電所で使用されている水車の構造を応用した極めて高い剛性を有するシャヘイプラグを採用したため、制御棒の据えつけ精度は極めて高い。このシャヘイプラグの高剛性を実証する。

(実機プラントの特徴を生かした技術データの取得)

i. Pu利用の柔軟性実証

すでに「もんじゅ」炉心は数%のAmを含有し、「ふげん」のMOX再処理燃料を使用するなど、FBR炉心のプルトニウム利用の柔軟性を実証する。

j. ボイド反応度効果実測

ボイドを有する模擬集合体と集合体を交互に装荷し、ボイド反応度を測定している。

k. 長寿命制御棒の実証

制御棒の炉内使用期間を現行の1サイクルから4サイクルへと長寿命化し、照射後試験によりその健全性を実証する。

l. 自然循環除熱試験

自然循環力だけで崩壊熱が安定に除去できることを実発電プラントとして、水蒸気系の除熱効果も含めて実証する。

m. 原子炉容器内ストラティフィケーション測定試験

原子炉スクラム時の炉容器内ストラティフィケーション現象を既設のウェル内に設置された温度計で計測し、実プラントでのデータを取得する。

n. SG水リーク模擬試験

SG水リークの際に発生する水素ガスを模擬ガスとして注入し、その際の検出系の性能と制御系・保護系の性能を実プラントにて確認する（実施時期等詳細については検討中）。

o. 燃料破損検出模擬試験（DN法）

大規模な燃料破損時の状況を、特殊な燃料集合体内に設置したウラン金属片などにより模擬し、実際に遅発中性子を発生させて、その検出性能を実プラントにて実証する（実施時期等詳細については検討中）。

p. FBR設計データベース拡充

原型炉技術の集約の結果に基づき、これらを将来のFBR設計のための設計支援ツールとしてのデータベースを拡充する。

		今後の方向性	物質の根源を知る	物質・生体の機能を解明する	より良い生活のための応用を開拓する	新エネルギーの可能性を探る
光	レーザー	超高パルス化・超高出力	○クォークから原子核を理解する ○高エネルギー量子の振る舞い	○cDNA高速解析 ○タンパク質の立体構造 ○物質の原子配列と機能	○公害物質の同定 ○微小ガン発見と高精度CT ○細胞の内部加工 ○ナノ物質の加工	○レーザー核融合
	放射光	先端放射光源開拓				
荷電粒子	重イオン・R1	ビームの大強度化・高機能化	○物質の起源（ビッグバンからの元素合成） ○極限の原子核 ○新基本物質（クォーク・グルーオン・プラズマ） ○反物質の生成 ○質量の起源（ヒッグス）	○環境中の元素移動 ○代謝機能 ○遺伝情報の交信機能 ○物質の内部構造	○耐塩性植物（新機能植物） ○ガン治療 ○画像診断	○廃棄物処理の基礎研究 ○重イオン慣性核融合 ○加速器駆動炉 ○ミュオン核融合
	陽子					
	電子・ミュオン					
	プラズマ					
中性粒子	中性子	ビームの大強度化	○自然のCP対称性破れ ○高温超伝導の起源 ○ニュートリノ振動	○生体物質の立体構造	○新材料 ○磁性体材料 ○ニュートリノ通信	○先進原子力エネルギーシステム ○加速器駆動形減速処理
	中間子					
	ニュートリノ					
加速器技術 実験技術		大強度化 高エネルギー化 高分解能化 高感度化				

先端的研究開発の現状と将来 (2/3)

		知的フロンティア (物質の根源)	物質・機能の解明 (基礎的研究)	基盤技術と応用 (シーズ開拓)	21世紀のIT&E-技術
光	レーザー	短波長化 極端パルス化 大出力化 ↓ 宇宙物理現象の解明 レーザー加速器	X線レーザーホログラフィ レーザーアブレーション ↓ 遺伝子やタンパク質の理解 細胞の内部加工 材料の加工	レーザーによるロボット 制御技術 光通信技術 ↓ 遠隔操作での加工技術 新しい情報通信技術	大出力化 IT&E-変換技術 レーザー推進 ↓ レーザー積層造形 誘電体材料 人工衛星や飛行体の推進技術
	放射光	高輝度・高エネルギーの生成 電子分光 自由電子レーザー ↓ クォークレベルの原子核の理解	構造解析技術 光の吸収と分光 X線による超微細化学反応と結晶成長技術 ↓ 酵素反応の理解 物質表面界面の構造・機能の理解	顕微鏡・位相イメージング X線CT 元素分析技術 構造解析技術 ↓ 微小がんの発見や血管造影 微小・貴重試料の非破壊分析 地殻の構造変化の把握	重元素構造解析 吸収分光・電子分光 ↓ 同位体分離 超ウラン元素分析
荷電粒子	重イオン・RI	大強度加速技術 ビーム高機能化技術 超高感度検出技術 大量データ処理技術 ↓ 物質の起源、元素の起源の解明 原子核の存在限界と新構造創製とその理解	RIビーム照射及びワイドレンジ RI (マテリアル) 技術 マイクロビーム技術 ↓ 新物質の内部情報 生体物質の情報 遺伝子交差情報 環境中の元素の移行情報の解明	不安定核データベース RIビーム高機能使用法開発 RIビーム照射・打込み及びワイドレンジ RI (マテリアル) 技術 マイクロビーム技術 ↓ 原子力IT&E-新技術の開拓 新機能材料開発 高感度環境測定法の開発 がん治療 医療用トレーサー 宇宙環境での電子線被曝や生体リスクに関する研究	大強度加速技術 ビーム高機能化技術 超高感度検出技術 大量データ処理技術 ↓ 不安定原子核 (放射性同位元素) の基本的性質の体系的理解 と消滅処理技術等への貢献 中性子融合
	陽子 K中間子 π中間子 反陽子	大強度高エネルギー・ビーム発生技術 ビーム衝突技術 反応検出測定技術 大容量データ処理保存技術 ↓ 陽子スピン構造の理解 ハドロン質量生成機構の解明 CP対称性破れに関する基本パラメータ決定 物質と反物質の理解			

先端的研究開発の現状と将来 (3/3)

		知的フロンティア (物質の起源)	物質・機能の解明 (基礎的研究)	基盤技術と応用 (シーズ開拓)	21世紀の期待技術
荷電粒子	電子	高エネルギービーム生成技術 大強度ビーム発生技術 ビーム衝突技術 ↓ 新粒子の発見 質量の起源となるヒッグス 粒子の探索 CP対称性の破れと物質・反物質	高エネルギービーム生成技術 大強度照射技術 集束技術 ↓ 生体の機能 材料表面解析	高エネルギービーム生成技術 大強度照射技術 集束技術 ↓ 機能性材料開発 微量重金属捕集材料 半導体の改良、磁気媒体開発 有害物質除去技術	大強度照射技術 集束技術 ↓ ウランの捕集材開発
	ミュオン	大強度高効率ミュオンビーム発生・衝突技術 ↓ レプトンの基本的性質の解明	ミュオンスアール法 非破壊元素分析法 ↓ 物質内部の磁気的状況の把握 生体内微量元素や電子伝達情報	物質変換技術 新物質創製技術 ↓ 先端機能材料の創製・評価	大強度高効率ミュオンビーム発生・衝突技術 連鎖融合反応向上化の技術 ↓ ミュオン触媒核融合
中性粒子	中性子	大強度中性子ビーム発生技術 陽子ビーム照射用中性子源の開発 ↓ 物質の磁性の理解 高濃超伝導の起源 フラクタル・高分子・非晶体・液体等の理解	中性子散乱・解析技術 ↓ タンパク質立体構造 磁性体材料	医療用照射技術 高性能試験研究炉の開発 ↓ ガン治療 耐腐食性材料の開発	大強度中性子発生技術 不安定原子核の理解 ↓ 加速器駆動型減速処理システム 超小型炉 核融合炉材料開発
	中性中間子	大強度中間子ビーム生成技術 ↓ CP対称性破れに関する基本パラメータの決定 レプトンの基本的性質の解明			
	ニュートリノ	ニュートリノビーム発生技術 ニュートリノ検出技術 ↓ ニュートリノ振動の検証とニュートリノ質量測定		経済的なニュートリノビーム源 ニュートリノ検出技術 ↓ ニュートリノ振動	経済的なニュートリノビーム源 ニュートリノ検出技術 ↓ ニュートリノ振動

原子力政策円卓会議における情報開示に関する議論

I. 情報開示のあり方

1. 発信側の役割

- ・現状の情報公開はまだ不十分である。情報に客観性をもたせるとともに、アクセスの自由度を高め、前提条件等も含めて分かりやすく、繰り返して情報を開示する事が必要である。
- ・間違いを恐れず、必要な時に迅速な情報提供を行うことが重要である。間違えたら、後で訂正すれば良いと考えることも必要である。公開できない場合にはその理由を正直に言えば良い。
- ・フランスでは、原発の広報部長が独立した権限を持ち、全ての情報が広報部長に集まるようになっている。日本のように現場と本社、現場と役所を頻繁にやりとりしていると、遅れるのは当然で、日本でも工夫の必要がある。
- ・情報公開こそ最も重要なものであるといっても、原子力に関しては、事故などのリスク情報のみがマスコミに取り上げられ、ポジティブな情報は取り上げられない。情報の受け手が備えるべき節度の重要性も訴えたい。
- ・原子力について全国民的な議論の必要性の提案があったが、全国的に議論をしてもまとまらないし、まとまれば大政翼賛会になる。原子力政策の決定を国民に委ねる様な意見もあるが、国民は新聞等マスメディアに影響を受けやすく、新聞が必ずしも正しいとは限らない。

2. マスコミの役割

- ・正確な情報の提供は当然だが、世論を形成するマスコミは情報をきちんと伝達することも重要である。出し手、伝達者、受け手の3者とも改める必要がある。マスメディアの誤情報・誤報道に対し反論や反証していく姿勢が必要である。

3. 受け手側の役割

- ・市民側から、どの程度のリスクならば十分安全と考えるのかを逆に提示することが必要である。

4. 発信情報の内容

- ・議論をしても互いの根拠とするデータが異なる点が問題となることが多いことからデータは検証可能なものでなければならない。しかし現状の公開データだけでの検証は無理である。
- ・情報公開については、「技術の部分ではきちんとしている」「情報量は多いが信頼性が低い」「前提条件等データの中身がわかりにくい」「部分的に公

開されていない情報があり特に経済性に係わるものが少ない」等の意見がある。

- ・国際条約もあり、必ずしも全ての情報公開が可能なわけではなく、その場合には理由を正直に言えば良い。意識改革、カルチャーがどのように変わっているかを外に向けて堂々と発言することも必要である。しかし、それに紛れて意味が不明なまま非公開とされている情報があることも事実である。

5. 原子力 PA

- ・国民の大部分は、原子力に対し「良く分からないが不安」というイメージを持っており、そのような人々への説明が重要である。安全でないものを、どう安全に使っていくかの説明が必要である。

6. その他

- ・日本は原発のリスクを隠すという体質があると思われるが、リスクを公開しながら、引き受けるという考え方について議論を行う必要があるのではないか。
- ・現在、国の法律として「情報公開法」が無いのは大きな問題だ。法律が無ければ情報の請求を行うことができないし、そのような環境で原子力関係者が「（情報を）公開しています、これからも公開を進めます。」と言っても説得力がない。現在、法律化が進められている「情報公開法」は例外規定ばかりで話にならない。

II. 社会が安心する為の要因

- ・嘘をつかないシステムづくりが必要である。マスコミに叩かれることや、納期が遅れることを怖がらず、経済性や利益追求よりも安全性を優先すべきである。マスコミに叩かれたくない、あるいは納期を守ろうと考えるのはこの社会では普通のことではあるが、違約金など、嘘をついた結果、社会的に拒否されるようなシステム作りが必要である。企業や政府による理解も必要である。
- ・安全性については、「安全」と説明する人間のパーソナリティ、その人への信頼感が重要である。スポークスマンには一番有能な人を充てるべきで、年季の入った人、安心できる人を現場に張り付けてほしい。
- ・国民の大部分は、原子力に対し「良く分からないが不安」というイメージを持っている。どのように安全性が保たれているのか等、人々が知りたい情報を分かり易く提示してほしい。また、その仕組みを信頼性の高いものにしてほしい。
- ・原子力発電所からの災害を想定して、広域、かつ住民を含めた防災訓練を実施すべき。そのことによって、住民の生活の中に原子力発電をきちんと位置づけることにも繋がるのではないか。

原子力政策円卓会議におけるエネルギー教育に関する議論

【エネルギーへの関心】

- 国民は原子力に関して、どの程度、関心や知識があるのか疑問。女子大生に対する原子力に関するクイズの結果では、原子力発電の燃料がウランと答えられたのは56%、原発事故は旧ソ連のどこで起きたのかでは74%、IAEAが何の略称かがわかったのは6%であった。あまり知識はない。
- 子供たちはエネルギー問題に結構関心を持っており、21世紀に必要な科学技術として一番関心が高いのがクリーンエネルギーとなっている。高校生の3人に1人が核に危機感を持っている。

【エネルギー教育の現状】

- 中学の理科の時間数は非常に減ってきている。高校の教科書ではエネルギー問題については高度な内容を扱っているが、原子と原子核に関する分野での大学入試出題率が2%と低く、この分野は受験勉強では切り捨てられている。
- エネルギー関係の教育は、フランスでは非常に徹底しており、イギリスでも多い。一方、日本では理科離れが進んでしまっており、オカルト関係を信じる高校生が増えてきてしまった。
- 原子力の教育の問題として、国民の科学離れを止めるために科学技術庁は文部省任せでいいのか疑問。日本では、原子力そのものについて国民にほとんど教えられていない。
- 受験科目でないから生徒に教えないというのは教育の怠慢。
- これまでエネルギーに関する学科がなかったが、今年（平成8年）の4月から、京都大学の大学院にエネルギー科学研究科ができた。そこでは、文系の教育・学生も混じって議論をしている。今までは、理系と文系の会話が少なかったのではないか。
- エネルギー問題、原子力に関する学校教育がほとんど行われておらず、また教科書の記述にも不正確な表現が多く見られる。
- 学生にエネルギーとして何を選ぶかと聞いても知識がない。今の大学に環境、エネルギー、戦争などを教える講座がない。（H10）

【エネルギー教育の必要性・あり方】

- 国民が得るエネルギー、原子力に関する情報のほとんどが、マスコミのセンセーショナルなニュース等によるところが大きいのは問題。食物や自分自身にも放射能があることすら教育されていないのは問題。理科、社会科教育の見直しに関する文部省との連携強化が必要。
- 原子力委員会、科学技術庁だけの範疇で留まらず、文部省も含めて、例えば、「エネルギーと環境」を独立した1つの科目にするなど教育上の措置が必要。
- （情報の受けての能力に関しては）フランスが、原子力発電を始めたときに学校

で放射線の教育を始め、これにより、冷静な受け入れ方が得られている。原子力の不安感の大部分は放射線という訳のわからないものによるものである。是非、文部省とも話をしてもらって、義務教育で教育を実施してほしい。

- （情報の授受に関して）専門家はもっと一般の人にわかりやすく説明する努力をすべきである。また、小さい頃からの教育、中、高と教育を受ければ理解されやすくなる。
- 定常的な教育を続けていくことが必要であるし、また、先生も一年間通して教える知識がなく、教員の養成も必要。
- 「安全」だから「安心」の図式が得られれば、原子力発電所には賛成してもらえる。そのために、早い時期からエネルギー問題、原子力発電所に関する充実した教育を行うことを提案する。
- 小学校時代からの放射線、エネルギー教育が必要。
- エネルギー教育が重要である。昔は物の大切さ、資源の大切さを教えられてきたが、今、学校で原子力教育はタブー視されている。大人よりも将来を担う子供に対して教育を行った方がよい。（H10）
- 日本のエネルギー教育は海外に比べて遅れており、日本のエネルギー事情について現実をはっきり示すべき。
- エネルギー問題に関する教育を強化し、まず国民がベースとなる基本的な知識を得た上で議論すべき。
- 教育と言った時に、一般の人連へのパンフレット等を作成することだけでなく、原子力をどう考えるか判断できる人を作るための教育が重要。そのため、技術論だけでなく、科学技術の全体像、科学技術の歴史その中でのエネルギー、原子力をどう捉えていくかという教育が必要。
- 教育の面で重要なのは、科学技術教育というよりも民主主義教育。つまり、民主主義社会を支える一員として責任のある判断や考える力を持つようになる、専門家である前に一人の人間としての良心が持てる、批判的な精神を持ち建設的批判が展開できる、といった能力を身につけさせる教育が重要である。これが20年にわたって育てられれば、原子力だけでなくいろいろな巨大技術の問題について国民的合意は形成しやすくなる。
- 子供の頃から日常生活の中でエネルギーに対する意識づけを図っていくべき。また、地球規模の資源問題、環境問題に関わっていくためには世界的視野も必要。学校教育の中で、総合的な実生活と関連づけたエネルギー教育を取り入れるべき。
- エネルギー源が50年でほとんどなくなること、新エネルギーはせいぜい家庭電力であることなど、エネルギーに関する問題を一般国民や小中学生に教育する必要がある。エネルギー源が枯渇するであろうということを十分国民に知らせた上で、エネルギー源の選択ができるようにすべき。

学習指導要領（抜粋）

1. 小学校

○社会

第2 各分野の目標及び内容

[第3学年及び第4学年]

2. 内容

- (3) 地域の人々の生活にとって必要な飲料水、電気、ガスの確保や廃棄物の処理について、次のことを見学したり調査したりして調べ、これらの対策や事業は地域の人々の健康な生活の維持と向上に役立っていることを考えるようにする。

2. 中学校

○社会

第2 各学年の目標及び内容

[地理的分野]

2. 内容

- (3) 世界と比べて見た日本

ア (ウ) 資源や産業から見た日本の地域的特色

世界的視野から見て、日本はエネルギー資源や鉱物資源に恵まれていない国であること、土地が高度に利用されていること、産業の盛んな国であることといった特色を理解させるとともに、国内では地域の環境条件を生かした多様な産業地域が見られること、環境やエネルギーに関する課題などを抱えていることを大観させる。

[公民的分野]

2. 内容

- (3) 現代の民主政治とこれからの社会

ウ 世界平和と人類の福祉の増大

世界平和の実現と人類の福祉の増大のためには、国家間の相互の主権の尊重と協力、各国民の相互理解と協力が大切であることを認識させる。その際、日本国憲法の平和主義について理解を深め、我が国の安全と防衛の問題につ

いて考えさせるとともに、核兵器の脅威に着目させ、戦争を防止し、世界平和を確立するための熱意と協力の態度を育てる。また、人類の福祉の増大を図り、よりよい社会を築いていくために解決すべき課題として、地球環境、資源・エネルギー問題などについて考えさせる。

3. 内容の取扱い

(4) 内容の(3)については、次のとおり取り扱うものとする。

ウ ウについては、次のとおり取り扱うものとする。

(エ)「地球環境、資源・エネルギー問題」については、適切な課題を設けて行う学習を取り入れるなどの工夫を行い、国際的な協力や協調の必要性に着目させるとともに、身近な地域の生活との関連性を重視し、世界的な視野と地域的な視点に立って追究させる工夫を行うこと。

○理科

第2 各分野の目標及び内容

[第1分野]

1. 目標

(1) 物質やエネルギーに関する事物・現象に対する関心を高め、その中に問題を見だし意欲的に探求する活動を通して、規則性を発見したり課題を解決したりする方法を習得させる。

(4) 物質やエネルギーに関する事物・現象を調べる活動を通して、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養うとともに、自然を総合的に見ることができるようにする。

2. 内容

(7) 科学技術と人間

エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。

ア エネルギー資源

(ア) 人間が利用しているエネルギーには水力、火力、原子力など様々なものがあることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

イ 科学技術と人間

(ア) 科学技術の進歩による成果として新素材などの利用が行われ、日常生活が豊かで便利になったことを知るとともに、環境との調和を図りながら科学技術を発展させていく必要があることを認識すること。

○技術・家庭

第2 各分野の目標及び内容

[技術分野]

2. 内容

A 技術とものづくり

(1) 生活や産業の中で技術の果たしている役割について、次の事項を指導する。

イ 技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。

3. 内容の取扱い

(1) 内容の「A 技術とものづくり」については、次のとおり取り扱うものとする。

ア (1) のイについては、技術の進展がエネルギーや資源の有効利用、自然環境の保全に貢献していることについて扱うこと。

[家庭分野]

2. 内容

B 家族と家庭生活

(6) 家庭生活と地域とのかかわりについて、次の事項を指導する。

イ 環境や資源に配慮した生活の工夫について、課題をもって実践できること。

3. 高等学校

○地理歴史

第1 世界史A

2. 内容

(3) 現代の世界と日本

カ 科学技術と現代文明

原子力の利用、情報科学、宇宙科学の出現など現代の科学技術の人類への寄与と課題を追究させ、人類の生存と環境、世界の平和と安全などについて考察させるとともに、国際的な交流と協調の必要性に気付かせる。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の取扱いに当たっては、次の事項に配慮するものとする。

ウ 内容の(2)及び(3)については、次の事項に留意すること。

(ア) 客観的かつ公正な資料に基づいて歴史の事実に関する理解を得させるようにすること。

(イ)政治、経済、社会、文化、生活など様々な観点から歴史的事象を取り上げ、近現代世界に対する多角的で柔軟な見方を養うこと。

エ 内容の(3)については、次の事項に留意すること。

(ア)単に知識を与えるだけでなく、現代の世界が当面する課題について考察させること。その際、核兵器の脅威に着目させ、戦争を防止し、民主的で平和な国際社会を実現することが重要な課題であることを認識させること。

(イ)内容の才及び力については、例示された課題などを参考に適切な主題を設定し、生徒の主体的な追究を通して認識を深めさせるようにすること。

第2 世界史B

2. 内容

(5) 地球世界の形成

オ 科学技術の発達と現代文明

情報化、先端技術の発達、環境問題などを歴史的観点から追究させ、科学技術と現代文明について考察させる。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の取扱いに当たっては、次の事項に配慮するものとする。

ウ 内容の(4)及び(5)については、次の事項に留意すること。

(ア)客観的かつ公正な資料に基づいて歴史の事実に関する理解を得させるようにすること。

(イ)広い視野から世界の動きをとらえることとし、各国史別の扱いにならないようにすること。

(ウ)政治、経済、社会、文化、生活など様々な観点から歴史的事象を取り上げ、近現代世界に対する多角的で柔軟な見方を養うこと。

(エ)日本と関連する諸国の歴史については当該国の歴史から見た日本などにも着目させ、世界の歴史における日本の位置付けを明確にすること。

エ 内容の(5)については、次の事項に留意すること。

(ア)単に知識を与えるだけでなく、地球世界の課題について考察させること。その際、核兵器の脅威に着目させ、戦争を防止し、民主的で平和な国際社会を実現させることが重要な課題であることを認識させること。

(イ)内容のエ、才及び力については、例示された課題などを参考に適切な主題を設定し、生徒の主体的な追究を通して認識を深めさせるようにすること。

第3 日本史A

3. 内容の取扱い

(2) 近現代史の指導に当たっては、客観的かつ公正な資料に基づいて、事実の正確な理解に導くようにするとともに、多面的・多角的に考察し公正に判断する能力を育成するようにする。その際、核兵器の脅威に着目させ、戦争を防止し、民主的で平和な国際社会を実現することが重要な課題であることを認識させること。

第4 日本史B

3. 内容の取扱い

- (3) 近現代史の指導に当たっては、客観的かつ公正な資料に基づいて、事実の正確な理解に導くようにするとともに、多面的・多角的に考察し公正に判断する能力を育成するようにする。その際、核兵器の脅威に着目させ、戦争を防止し、民主的で平和な国際社会を実現することが重要な課題であることを認識させること。

第5 地理A

2. 内容

(2) 地域性を踏まえてとらえる現代世界の課題

イ 地球的課題の地理的考察

(ア)環境、資源・エネルギー、人口、食料及び居住・都市問題を地球的及び地域的視野から追究し、地球的課題は地域を越えた課題であるとともに地域によって現れ方が異なっていることを理解させ、それらの課題の解決に当たっては各国の取組とともに国際協力が必要であることについて考察させる。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の取扱いに当たっては、次の事項に配慮するものとする。

イ 内容の(2)については、次の事項に留意すること。

(ア)アの(ア)及びイの(ア)については、世界を広く大観する学習と具体例を通して追究する学習とを組み合わせる。その際、イの(ア)の環境、資源・エネルギー、人口、食料及び居住・都市問題はそれぞれ相互に関連し合っていることに留意して取扱いを工夫すること。

第6 地理B

2. 内容

(1) 現代世界の系統地理的考察

イ 資源、産業

世界の資源・エネルギーや農業、工業、流通などから系統地理的にとらえる視点や方法を学習するのに適切な事例を幾つか取り上げ、世界の資源、産業を大観させる。

(3) 現代社会の地理的考察

オ 環境、エネルギー問題の地域性

環境、エネルギー問題を世界的視野から地域性を踏まえて追究し、それらは地球的課題であるとともに各地域によって現れ方が異なっていることをとらえさせ、その解決には地域性を踏まえた国際協力が必要であることなどについて考察させる。

○公民

第1 現代社会

2. 内容

(1) 現代に生きる私たちの課題

現代社会の諸問題について自己とのかかわりに着目して課題を設け、倫理、社会、文化、政治、経済など様々な観点から追究する学習を通して、現代社会に対する関心を高め、いかに生きるかを主体的に考えることの大切さを自覚させる。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の取扱いに当たっては、次の事項に配慮するものとする。

- (イ) 現代社会の諸問題については、地球環境問題、資源・エネルギー問題、科学技術の発達と生命の問題、日常生活と宗教や芸術とのかかわり、豊かな生活と福祉社会などから、地域や学校、生徒の実態に応じて、二つ程度を選択して取り上げ主体的に課題を追究させるよう工夫すること。

第3 政治・経済

2. 内容

(3) 現代社会の諸課題

イ 国際社会の政治や経済の諸課題

地球環境問題、核兵器と軍縮、国際経済格差の是正と国際協力、経済摩擦と外交、人種・民族問題、国際社会における日本の立場と役割などについて、政治と経済とを関連させて考察させる。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の取扱いに当たっては、次の事項に配慮すること。

- ウ 内容の(3)については、この科目のまとめとしての性格をもつものであることに留意し、内容の(1)及び(2)で学習した成果を生かし、地域や学校、生徒の実態等に応じて、ア及びイのそれぞれにおいて課題を選択して追究させること。その際、政治や経済の基本的な概念や理論の理解の上に立って、事実に基づいて多様な角度から考察し、理論と現実との相互関連を理解させること。

○理科

第1 理科基礎

2. 内容

(2) 自然の探求と科学の発展

ア 物質の成り立ち

(ア) 原子、分子の探究

ウ エネルギーの考え方

(ア)エネルギーの考え方の形成

(イ)電気エネルギーの利用

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ 内容の(2)のアの(ア)については、元素の概念や原子、分子の存在を確かめていく過程で決め手となった諸法則に関する観察や実験を通して、物質を構成する粒子の概念が形成された過程を平易に扱うこと。(イ)については、物質の合成についての簡単な実験を通して、物質を構成する元素の組成の組み替えにより、天然にしかないと思われていた物質も合成でき、合成された有用な物質が人間生活を豊かにしてきたことを扱うこと。その際、合成物質などの利用には自然界に対する配慮が重要になってきたことにも触れること。

エ 内容の(2)のウの(ア)については、熱と仕事との関係や熱と他のエネルギーとの変換に関する実験を通してエネルギー保存の法則が自然のあらゆる現象を貫いて成立する自然科学の一般的な原理として確立されたことを扱うこと。その際、蒸気機関の発明にも触れること。なお、数式の扱いは最小限にとどめること。(イ)については、電気、磁気についての実験を通して、電池や発電機が発明されたことにより化学エネルギーや力学的エネルギーが電気エネルギーに変えられるようになったことを扱うこと。また、電気エネルギーは動力源、光、熱などへも容易に変換できる便利なエネルギーとして広く利用されるようになったことも扱うこと。

第2 理科総合A

2. 内容

(2) 資源・エネルギーと人間生活

人間生活にかかわりの深い化石燃料、原子力、水力、太陽光などの利用の際見られる現象は、エネルギーという共通概念でとらえられることを理解させる。

ア 資源の開発と利用

(ア) エネルギー資源の利用

蓄積型の化石燃料と原子力及び非蓄積型の水力、太陽エネルギーなどの特性や有限性及びその利用などについて理解させる。

(イ) その他の資源の利用

金属、非金属資源の特性や有限性、資源探査の方法や開発、再利用について理解させる。

イ いろいろなエネルギー

(ア) 仕事と熱

電流による発熱や仕事など、熱と仕事を中心としてエネルギーの基礎について理解させる。

(イ) エネルギーの変換と保存

太陽エネルギーは仕事に変えられたり生物のエネルギー源になったりする

こと及びエネルギーは変換されるがその総量は保存されることについて理解させる。

(3) 物質と人間生活

身の回りの物質は原子、分子、イオンから成り立ち、それらの粒子の結び付きの変化で物質の性質が変わることやエネルギーの出入りがあることを理解させる。

ア 物質の構成と変化

(ア) 物質の構成単位

原子、分子、イオンとその結合についての基礎を理解させる。

(イ) 物質の変化

物質の状態変化及び化学変化における原子、分子、イオンの状態をエネルギーと関連させて理解させる。

イ 物質の利用

(ア) 日常生活と物質

人間生活とかかわりの深い物質の特性と利用及び物質の製造にエネルギーが必要であることについて理解させる。

(4) 科学技術の進歩と人間生活

科学技術の成果と今後の課題について考察させ、科学技術と人間生活とかかわりについて探究させる。

3 内容の取扱い

(2) 内容の程度や範囲については、次の事項に配慮するものとする。

ア 内容の(1)のアについては、電流と熱、力と仕事、物質の成分などに関連した身近な自然の事物・現象の中から適宜事例を取り上げ、観察、実験などを基にして扱うこと。イについては、具体的な課題を取り上げ、観察、実験などを中心に扱うこと。その際、得られた数値の処理の仕方やグラフの表し方にも簡単に触れること。

イ 内容の(2)のアの(ア)については、多様なエネルギー資源が発電や熱源に利用されていること及び蓄積型のエネルギー資源の成因、分布、埋蔵量の有限性並びにこれらがエネルギーとして利用できる過程についての概略を扱い、環境への配慮が必要であることにも触れること。その際、羅列的な扱いはしないこと。原子力に関連して、天然放射性同位体の存在や α 線、 β 線、 γ 線の性質にも触れること。(イ)については、金属、非金属資源となる元素が地殻の中に地域的に濃縮して鉱床をつくっていることを扱うこと。また、海洋底を含めて資源の探査及び資源の有効利用にも触れるが、深入りしないこと。イの(ア)については、力と仕事の基礎概念を扱うとともに、位置及び運動のエネルギーの考えを仕事の概念と結び付けて扱うこと。その際、熱が仕事に変わる際の不可逆性も含めて仕事と熱量や電力量などのエネルギーとの関係にも触れること。(イ)については、太陽エネルギーにより水が位置エネルギーを得て、水力、電力として利用されること、光合成で有機物が生成され、呼吸によって生物のエネルギー源となり、その一部は化石燃料の

エネルギーとして蓄積され、燃料となっていることなどを身近な事例を基に扱うこと。また、エネルギー保存の法則により、一見多様な現象が統一的にとらえられることを扱うこと。

ウ 内容の(3)のアの(ア)については、元素の周期性を基に原子、分子、イオンを平易な例に基づいて扱うこと。また、原子の構造も簡単に扱うこと。

(イ)については、三態変化、燃焼、酸化・還元、中和などの中から事例を一つ又は二つ選び、物質の状態変化や化学変化にはエネルギーの出入りが伴うことを扱うこと。

エ 内容の(4)については、生徒の興味・関心等に応じて、物質や資源の利用、エネルギーの変換や利用など科学技術に関する身近な課題を取り上げ、科学技術と人間生活とのかかわりなどを平易に扱うこと。

第5 物理Ⅱ

2. 内容

(3) 物質と原子

物質と原子に関する現象を観察、実験などを通して探究し、物質の物理的な性質が原子や分子などの運動によってもたらされることを理解させ、固体の性質を電子の状態と関連付けて考察できるようにする。

ア 原子、分子の運動

(ア) 物質の三態

(イ) 分子の運動と圧力

イ 原子、電子と物質の性質

(ア) 原子と電子

(イ) 固体の性質と電子

(4) 原子と原子核

光や電子の波動性と粒子性、原子や原子核、素粒子における現象を観察、実験などを通して探究し、量子的な考えなど基本的な概念や原理・法則を理解させる。

ア 原子の構造

(ア) 粒子性と波動性

(イ) 量子論と原子の構造

イ 原子核と素粒子

(ア) 原子核

(イ) 素粒子と宇宙

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

エ 内容の(4)のアの(イ)については、水素原子の構造を中心にスペクトルと関連させて扱うこと。イの(ア)については、放射線及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること。(イ)については、素粒子を中心に扱い、宇宙については、素粒子の研究が宇宙の始まりの研究と結び付いてきた

ことに簡単に触れる程度とすること。

第10 地学I

2. 内容

(2) 大気・海洋と宇宙の構成

地球の大気圏及び水圏での現象を観察、実験などを通して探究し、それらが太陽放射エネルギーを原動力としていることを理解させる。また、太陽や恒星の活動を観察、実験などを通して探究し、宇宙の構造や広がりを理解させる。

イ 宇宙の構成

(ア) 太陽の形状と活動

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ 内容の(2)のアについては、大気及び海洋の運動が太陽放射エネルギーを原動力として起きていることを地球規模で扱うこと。(ア)については、緯度による受熱量の違いによって大気の大循環が生じていることを中心に扱い、日本の四季の気象も扱うこと。また、オゾン層の破壊などの地球環境問題にも触れること。偏西風波動については深入りしないこと。大気圏の層構造、大気中の水、風の吹き方も扱うが、転向力については定量的な扱いはしないこと。(イ)については、海洋の層構造と大循環及び海流を扱うこと。また、エルニーニョ現象など大気と海洋の相互作用を平易に扱うこと。潮汐は、扱わないこと。イの(ア)については、エネルギー源としての核融合を扱うが、概略にとどめること。(イ)については恒星のHR図を中心に扱い、恒星の性質や進化については定性的な扱いにとどめること。(ウ)については、銀河系の構造を中心に扱い、宇宙の膨張については定量的な扱いはしないこと。

○家庭

第2 家庭総合

2. 内容

(5) 消費生活と資源・環境

エ 消費行動と資源・環境

現代の消費生活と資源や環境とのかかわりについて理解させ、環境負荷の少ない生活を目指して生活意識や生活様式を見直し、環境に調和した生活を工夫できるようにする。

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

オ 内容の(5)のウについては、契約、消費者信用、問題の発生しやすい販売方法などを取り上げて、消費者の権利と責任について具体的に理解させる

ことに重点を置くこと。エについては、生活と資源や環境とのかかわりについて具体的に理解させることに重点を置くこととし、地球環境問題に深入りしないこと。

○工業

第13 原動機

2. 内容

(1) エネルギー変換と環境

ア 動力エネルギーへの変換

イ エネルギーと原動機

ウ エネルギーと環境

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

ア 内容の(1)のウについては、エネルギー消費と環境問題の関連を簡単に扱うこと。

第20 電力技術

2. 内容

(1) 発電と送電

ア 発電方式

イ 水力発電

ウ 火力発電

エ 原子力発電

オ 送電

(4) 省エネルギー技術

ア 発電・送電の省エネルギー技術

イ 電力利用の省エネルギー技術

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

ア 内容の(1)のアについては、主な発電方式の概要と特徴を扱うこと。また、新しい発電方式も、簡単に扱うこと。イからエまでについては、発電の基本原則、方法、構成及び特性を扱うこと。オについては、送電の方式と特性を扱うこと。変電所については、構成及び運用の基礎的な内容を扱うこと。

第42 社会基盤工学

2. 内容

(1) 社会基盤整備の概要

ア 土木の歴史

イ 社会資本と社会基盤の整備

ウ 災害と国土の整備

エ エネルギーの整備

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

ア 内容の(1)のアについては、土木事業に関する技術史を取り上げ、土木構造物と人間の生活とのかかわり及び土木事業が産業や経済の発展に果たした役割を簡単に扱うこと。イについては、経済や産業の基盤整備と土木工事とのかかわりを簡単に扱うこと。ウについては、防災のための国土の整備を扱うこと。エについては、電力やガスなどのエネルギー資源の活用の概要について理解させること。

第43 工業化学

2. 内容

(3) エネルギーと化学変化

ア 燃焼と化学

イ 酸化と還元

ウ 化学結合

エ 反応速度と化学平衡

オ 原子エネルギー

3 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

ウ 内容の(3)のアについては、燃焼に伴う化学変化とエネルギー変換の基礎的な内容を扱うこと。イについては、酸化と還元及び電気分解と電池を扱うこと。ウについては、化学結合及び物質の構造を扱うこと。エについては、反応速度と化学平衡の基礎的な内容を扱うこと。オについては、放射性物質の性質と利用を簡単に扱うこと。

第44 化学工学

2. 内容

(2) 物質とエネルギーの収支

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ 内容の(2)については、資源及びエネルギーの有効活用の事例を通して、具体的に理解させること。イについては、熱収支を簡単に扱うこと。

第45 地球環境化学

2. 内容

(2) 資源とエネルギー

ア 地球と資源

イ 資源の有効利用

ウ 資源の使用と地球環境

(4) 環境の保全と化学技術

ア 環境保全と製造プロセスの改善

イ 環境汚染の処理技術

ウ 廃棄物の再利用

3. 内容の取扱い

(2) 内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

イ 内容の(2)については、資源の有限性、資源及びエネルギーの有効利用の必要性、化石燃料の使用が地球環境に及ぼす影響などを扱うこと。

エ 内容の(4)のアについては、環境保全のための製造プロセスの改善に関する基礎的な内容を扱うこと。イについては、環境汚染物質の基礎的な処理技術を扱うこと。ウについては、廃棄物の再資源化の基礎的な処理技術を扱うこと。