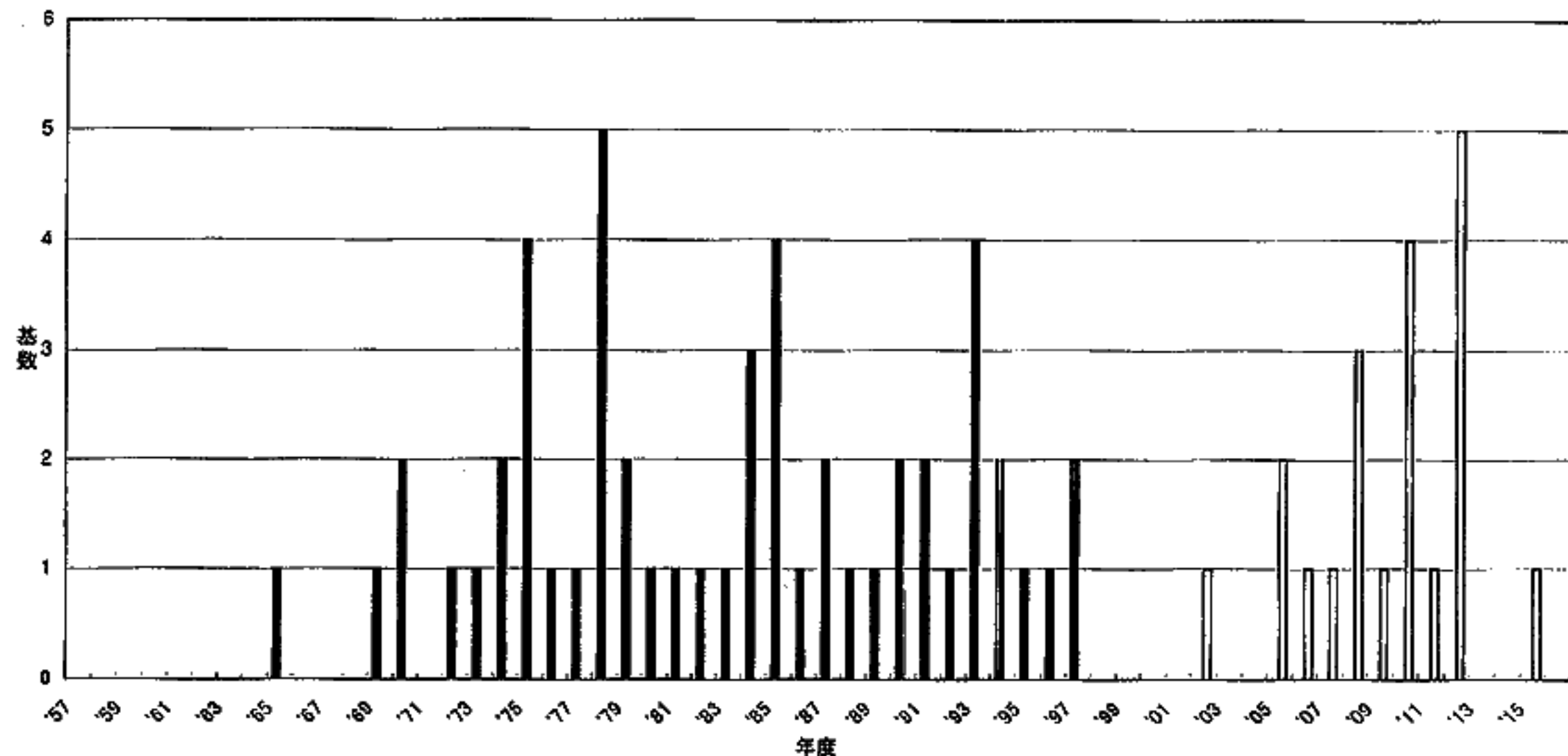


## 原子力の技術基盤の確保について

### —参考資料集—

- 参考1 我が国の商業用原子力発電所の運転開始年の推移
- 参考2 我が国の原子力発電所運転後経年度別トラブル報告(法律対象)件数の推移
- 参考3 日米欧の原子力発電所の計画外停止頻度の推移
- 参考4 出力損失の内訳
- 参考5 BWR運転訓練センターの訓練実績
- 参考6 原子力発電訓練センターの訓練実績(PWR)
- 参考7 遠心機開発の流れ
- 参考8 新型遠心機の開発体制
- 参考9 国内MOX燃料加工工程の概要
- 参考10 MOX燃料加工事業に係る導入技術
- 参考11 再処理技術の海外移転状況
- 参考12 六ヶ所再処理工場要員訓練
- 参考13 再処理施設試運転等スケジュール
- 参考14 幌延深地層研究所のイメージ図
- 参考15 我が国の原子力研究開発予算の推移
- 参考16 電力共通研究費(原子力分)の推移
- 参考17 電機・重電製造業における研究開発費の推移
- 参考18 我が国の電気事業者の原子力技術系従業者数の推移  
我が国の原子力発電所における放射線業務従事者数の推移
- 参考19 鈾工業の原子力技術者の推移
- 参考20 日本原子力研究所事業所別人員推移
- 参考21 核燃料サイクル開発機構定員推移
- 参考22 原子力工学科入学者数等
- 参考23 我が国の原子力開発利用のあゆみ
- 参考24 核燃料サイクル開発機構の近年の予算推移
- 参考25 日本原子力研究所における安全研究関係予算(一般会計)の推移
- 参考26 核燃料サイクル開発機構職員の年齢別構成
- 参考27 主な原子力施設における放射性廃棄物の保管量
- 参考28 日・英・仏における核燃料サイクル事業の状況
- 参考29 原子力発電所定期検査時における作業体制(例)
- 参考30 原子力工学を専攻する学生に対する奨学金の例

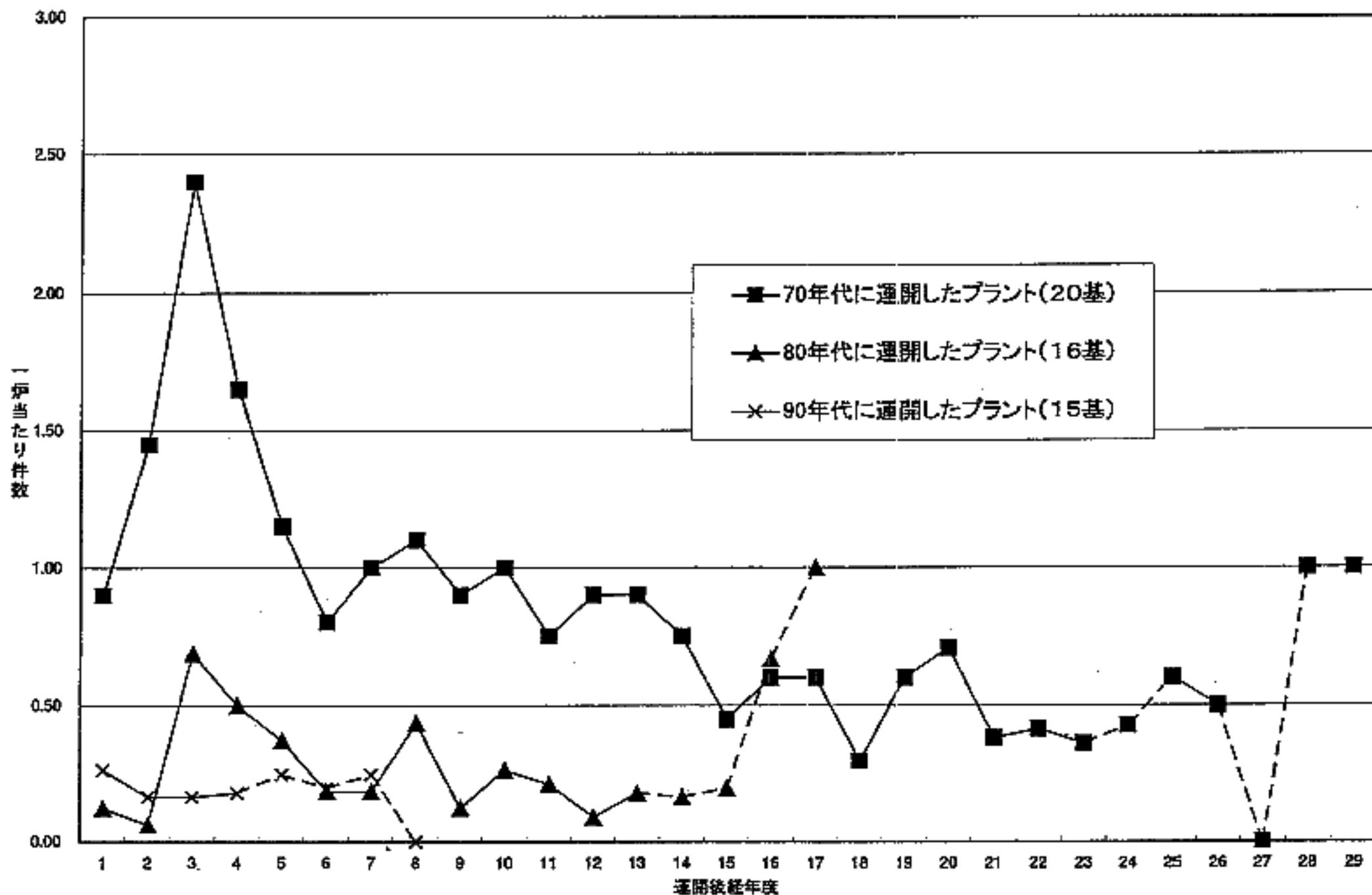
# 我が国の商業用原子力発電所の運転開始年の推移



出典：原子力発電関係資料（資源エネルギー庁 平成12年6月）

平成13年度電力供給計画の概要（資源エネルギー庁 平成13年3月） （注）白抜きは予定

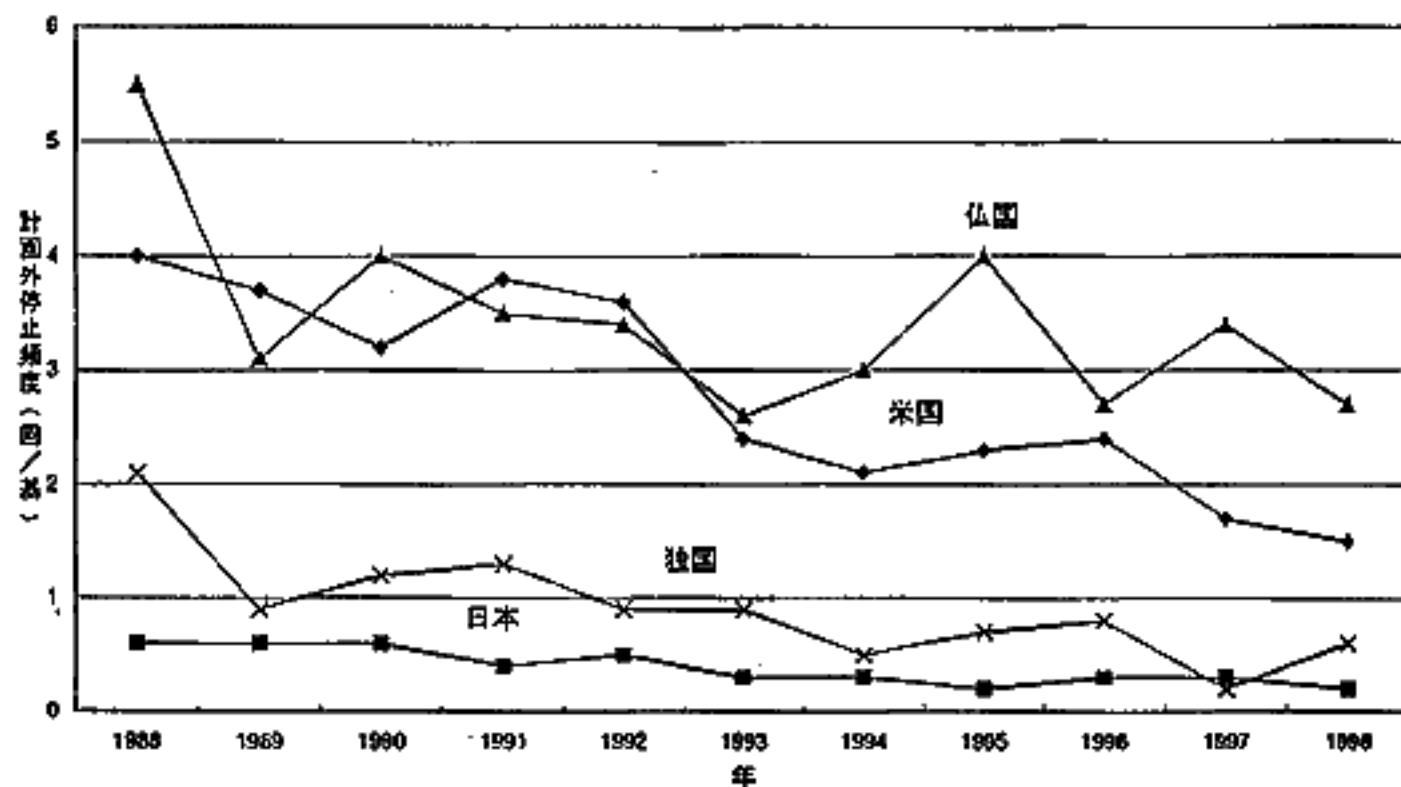
我が国の原子力発電所運開後経年度別トラブル報告(法律対象)件数の推移



(注) データ数によってバラツキが生じるため、基数が10基を割った時点で実線から破線に変えて表示。

出典：原子力発電運転管理年報（（社）火力原子力発電技術協会／1997年実績）

日米欧の原子力発電所の計画外停止頻度の推移



出典: LAEA-PRIS (Power Reactor Information System)

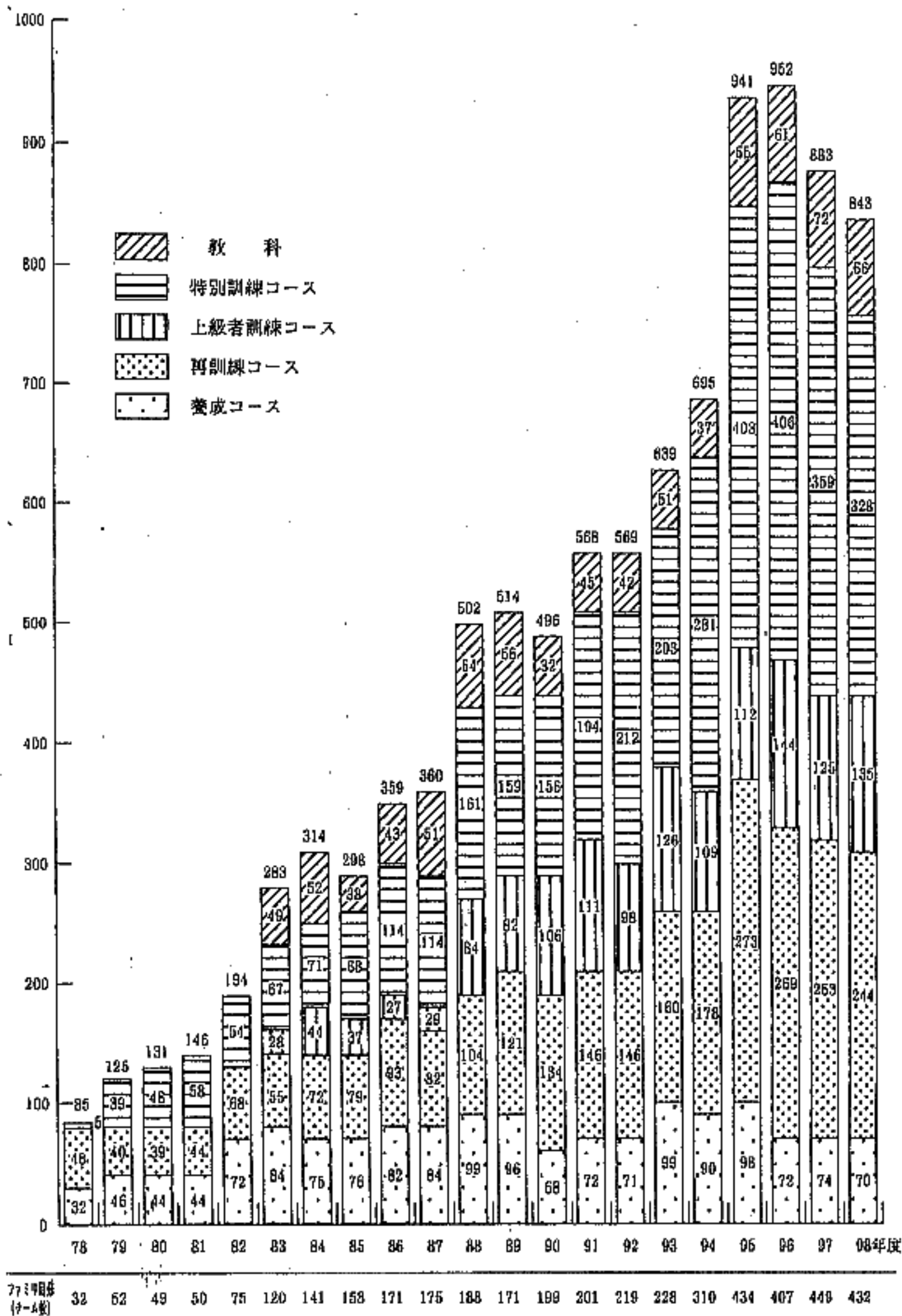
## 出力損失の内訳

| 年 度       |         | 1981 | 82   | 83   | 84   | 85   | 86   | 87   | 88   | 89   | 90   |
|-----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 設 備 利 用 率 |         | 61.7 | 67.6 | 71.5 | 73.9 | 76.0 | 75.7 | 77.1 | 71.4 | 70.0 | 72.7 |
| 出力損失      | 定期検査    | 32.6 | 28.3 | 26.0 | 25.0 | 22.7 | 23.3 | 20.9 | 24.7 | 27.6 | 24.7 |
|           | 故障・トラブル | 3.2  | 1.6  | 1.1  | 0.4  | 0.9  | 0.5  | 1.2  | 2.9  | 1.3  | 1.4  |
|           | その他     | 2.5  | 2.4  | 1.4  | 0.7  | 0.4  | 0.5  | 0.9  | 0.9  | 1.0  | 1.1  |

| 年 度       |         | 1991 | 92   | 93   | 94   | 95   | 96   | 97   | 98   |
|-----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 設 備 利 用 率 |         | 73.8 | 74.2 | 75.4 | 76.6 | 80.2 | 80.8 | 81.3 | 84.2 |
| 出力損失      | 定期検査    | 24.2 | 23.8 | 23.3 | 21.3 | 18.3 | 18.0 | 16.9 | 14.6 |
|           | 故障・トラブル | 0.7  | 1.4  | 1.0  | 1.6  | 1.3  | 0.7  | 1.5  | 0.9  |
|           | その他     | 1.3  | 0.6  | 0.3  | 0.5  | 0.2  | 0.5  | 0.2  | 0.3  |

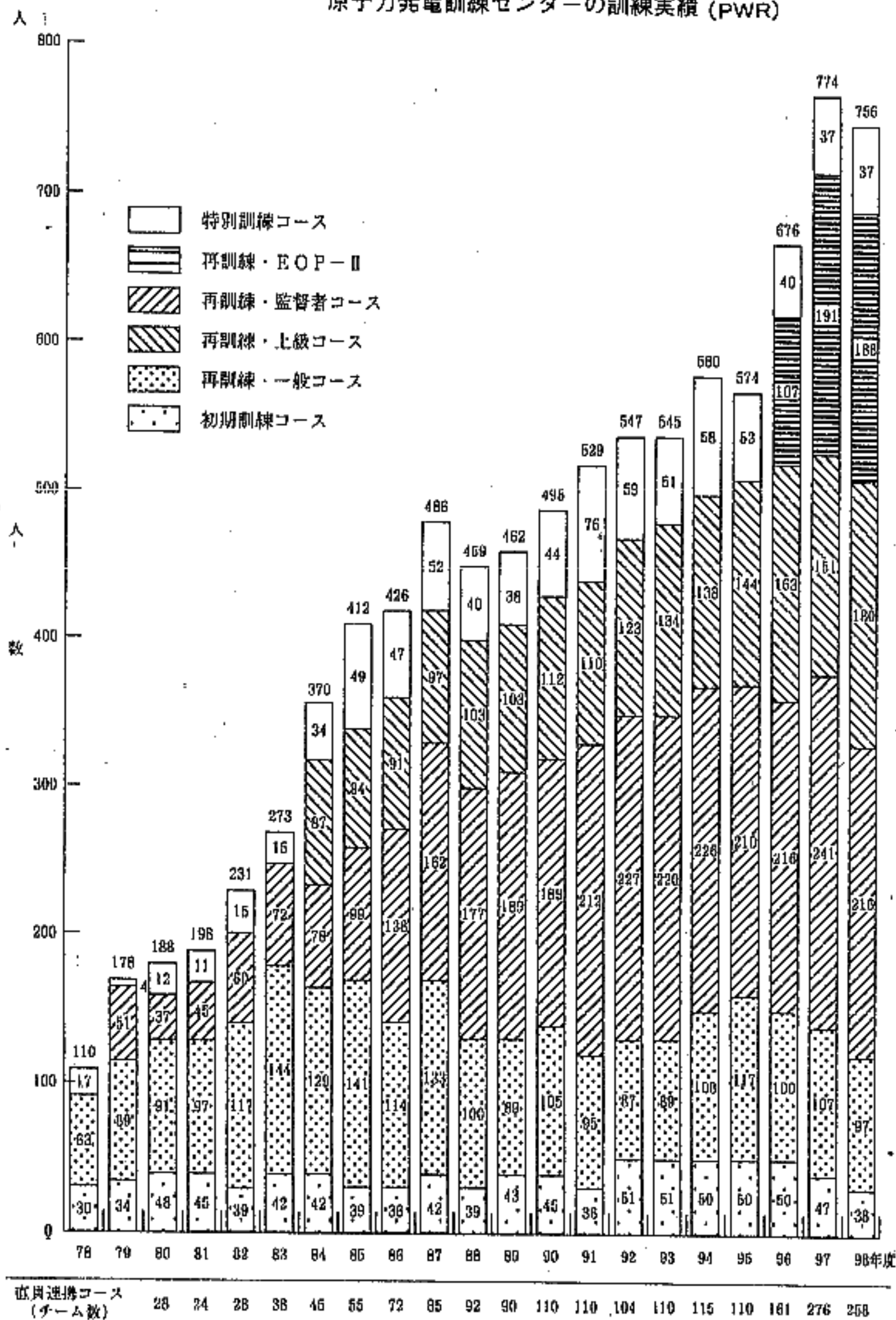
(注)日本原子力発電㈱東海発電所は1997年度末で営業運転を停止した。

BWR運転訓練センターの訓練実績

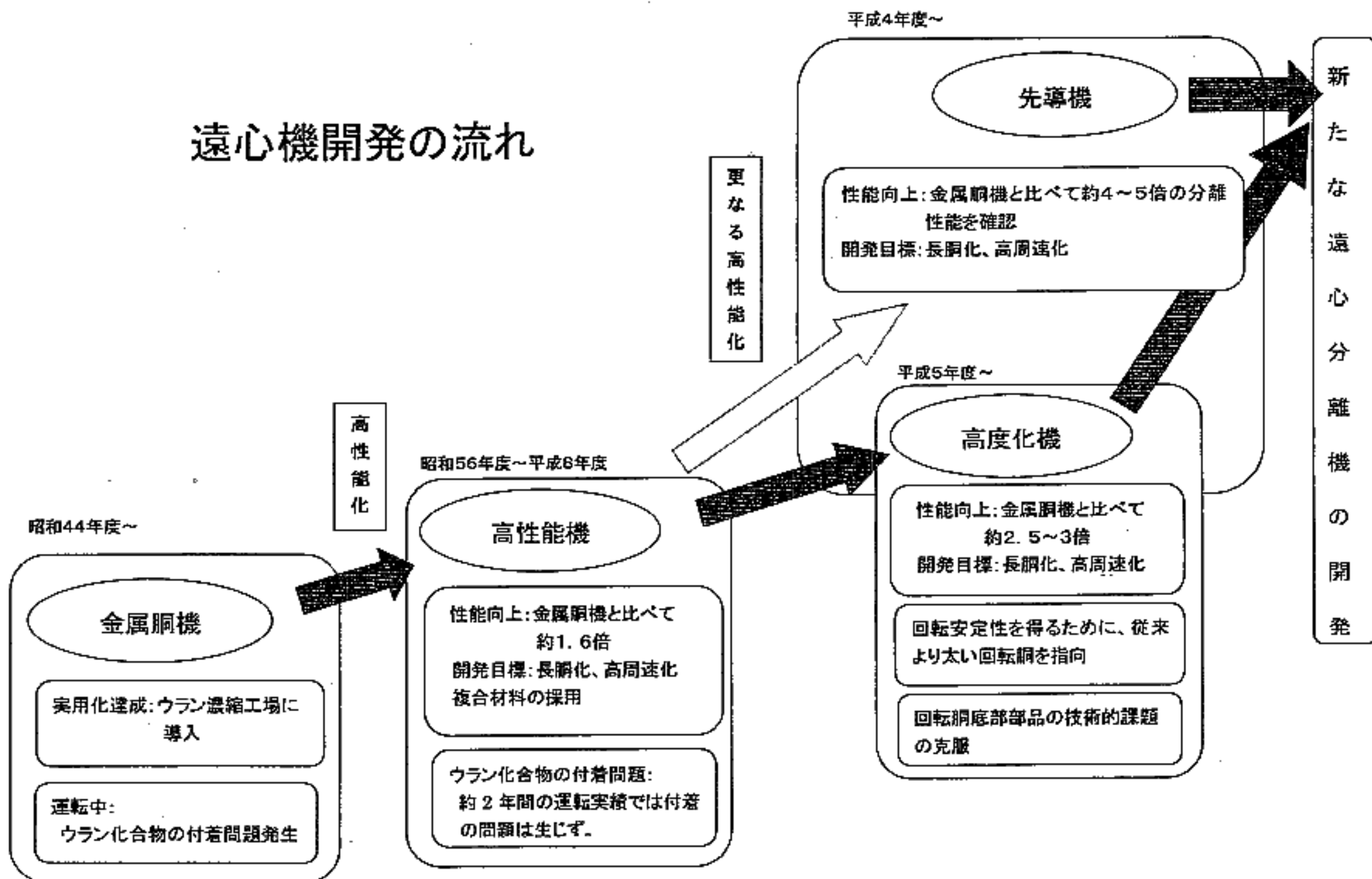


出典:平成11年版(平成10年度実績)原子力発電所運転管理年報  
(社団法人 火力原子力発電技術協会)

原子力発電訓練センターの訓練実績 (PWR)



# 遠心機開発の流れ



## 新型遠心機の開発体制

これまでの開発成果、知見、人的資源の着実な集約と活用が必須

サイクル機構

原燃マシナリー

日本原燃

日本原燃 ウラン濃縮技術開発センター

平成12年11月、六ヶ所へ設立

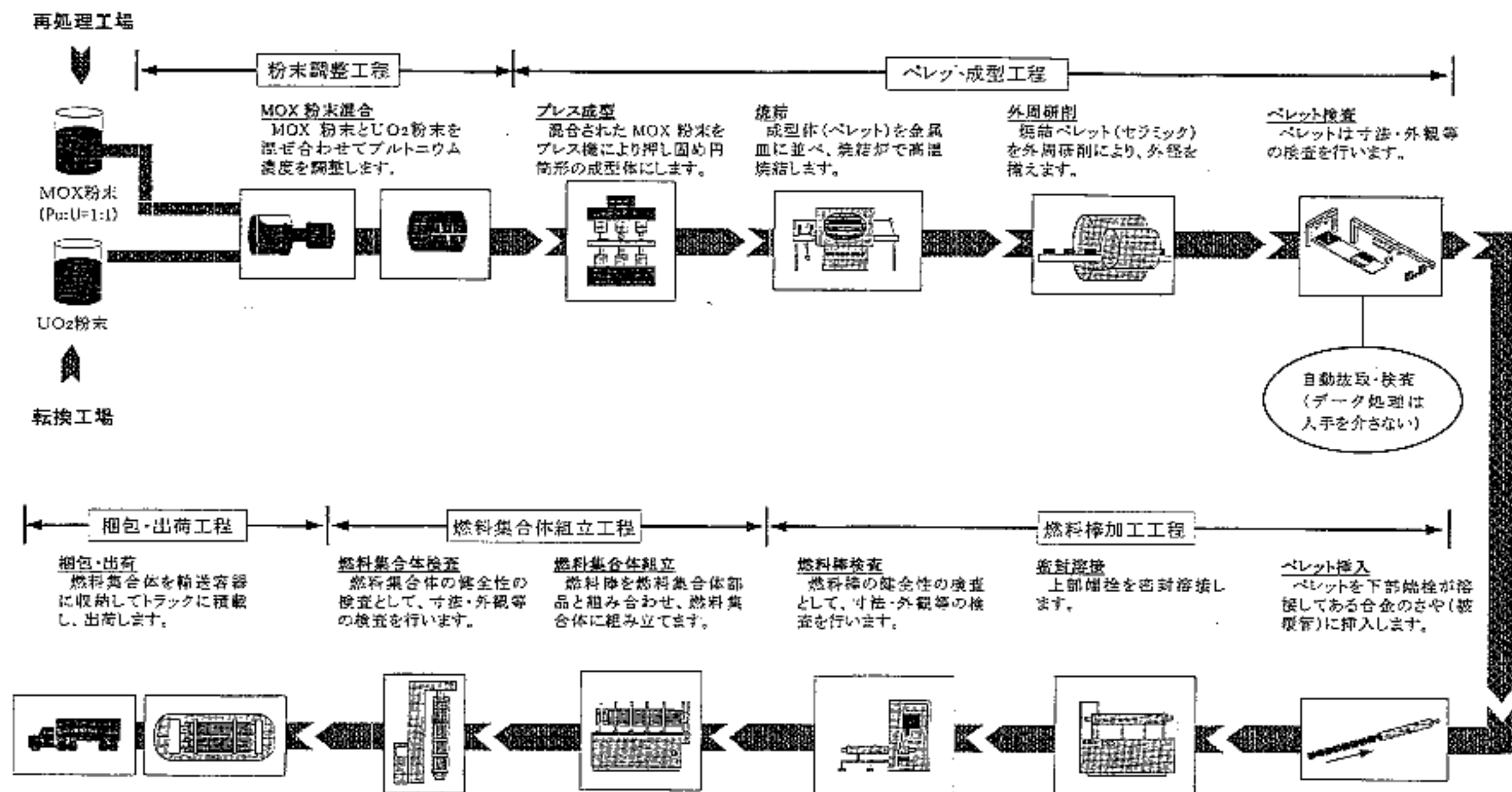
六ヶ所へUF<sub>6</sub>環境下での研究開発を行うことができる研究開発棟を  
平成12年11月竣工

サイクル機構の先導機技術情報の円滑活用



新たな技術協力協定の締結（平成12年11月）

# 国内MOX燃料加工工程の概要



# MOX燃料加工事業に係る導入技術

|           | 技術分野 | 粉末調整工程     | ペレット成型工程    | 燃料棒加工工程    | 燃料集合体組立工程  |
|-----------|------|------------|-------------|------------|------------|
| MOX燃料製造技術 | 設備設計 | MOX設備設計技術  | ウラン設備設計技術   | 同左         | ウラン設備設計技術  |
|           | 生産技術 | MOX粉末調整技術  | ウランペレット量産技術 | ウラン燃料棒量産技術 | ウラン集合体量産技術 |
|           | 品質管理 | MOX粉末分析技術  | MOXペレット検査技術 | MOX燃料棒検査技術 | ウラン集合体検査技術 |
| 保障措置技術    | 保障措置 | Pu保障措置技術   | 同左          | 同左         | 同左         |
| Pu安全取扱技術  | GB作業 | GB内装機器保守技術 | 同左          | 同左         | ---        |
|           | 安全設計 | Pu施設安全設計技術 | 同左          | 同左         | 同左         |

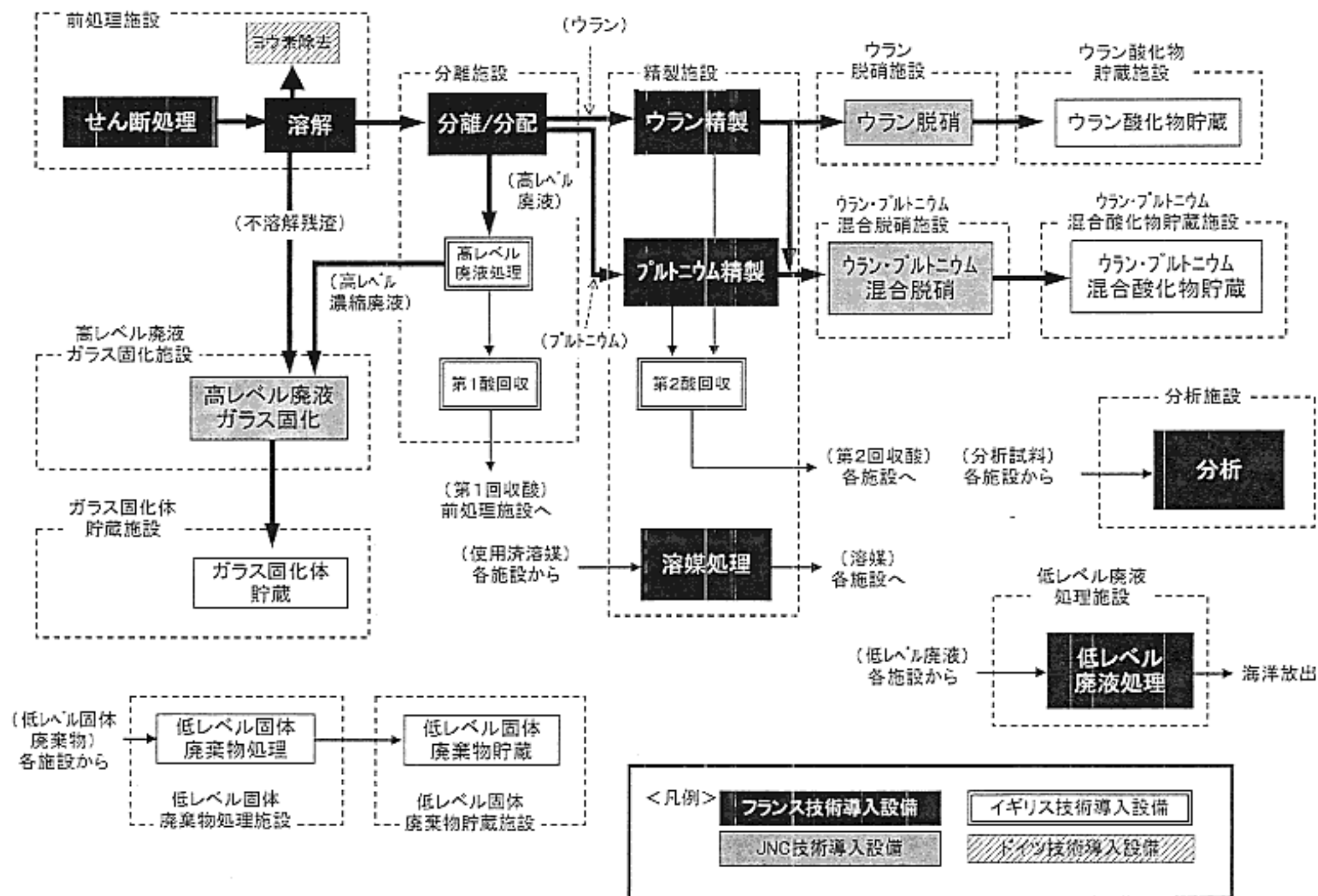
〔我が国特有の1:1MOX(MH\*)粉末に適合する運転  
条件の確証 等〕

|                                                                                      |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | 海外のMOX粉末調整技術(MIMAS法) |
|  | 国内のウラン燃料加工技術         |
|  | JNCのプルトニウム取扱技術       |

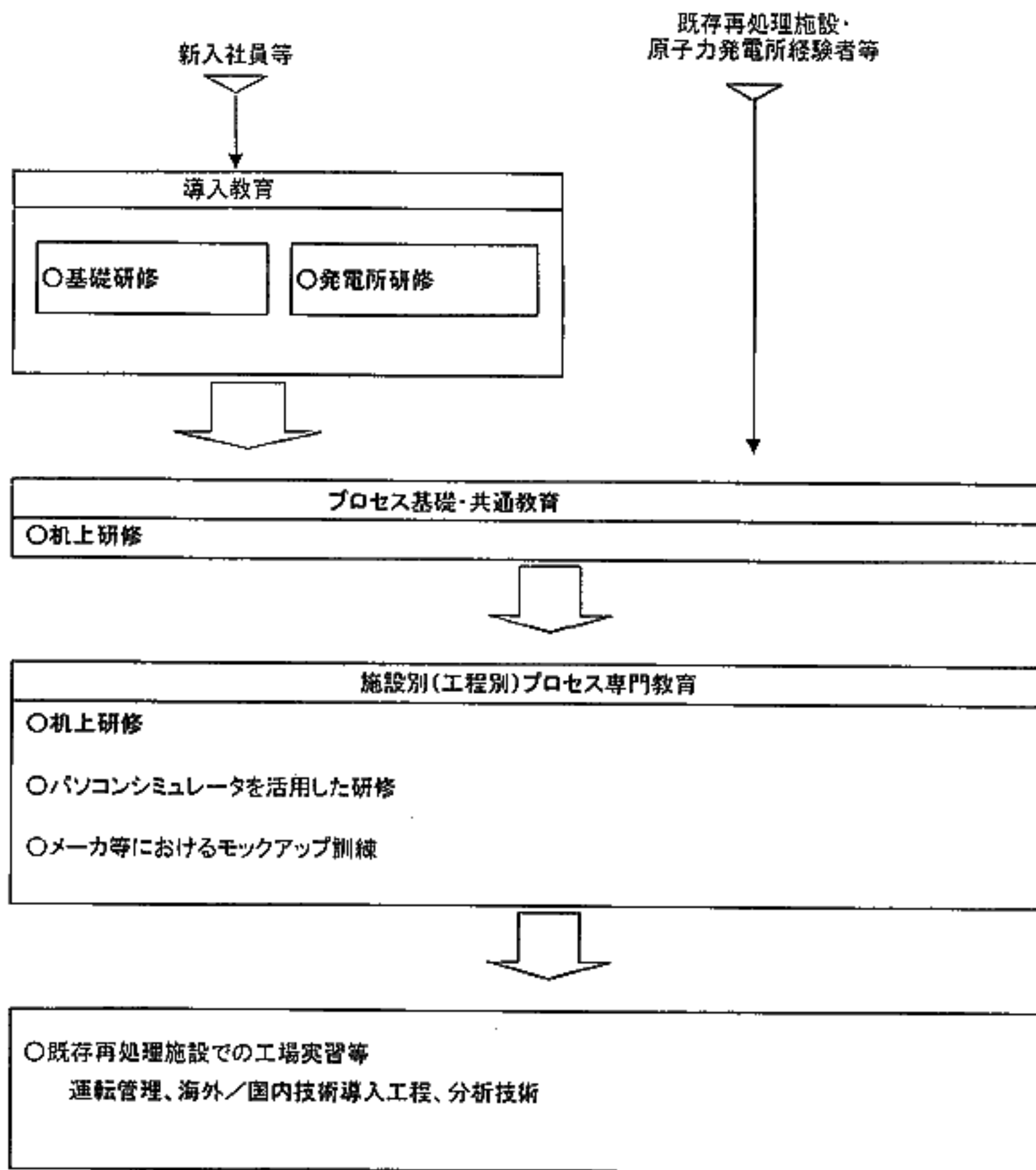
注) ハッチング部はJNC保有の1:1MOX(MH\*)粉末の知見を活用

\* マイクロ波加熱直接脱硝

## 再処理技術の海外移転状況



## 六ヶ所再処理工場 要員訓練



## 工場実習等の実績

ラ・アーク工場:36名(H2/4～継続中)

セラフィールド工場:6名(H12/4～継続中)、

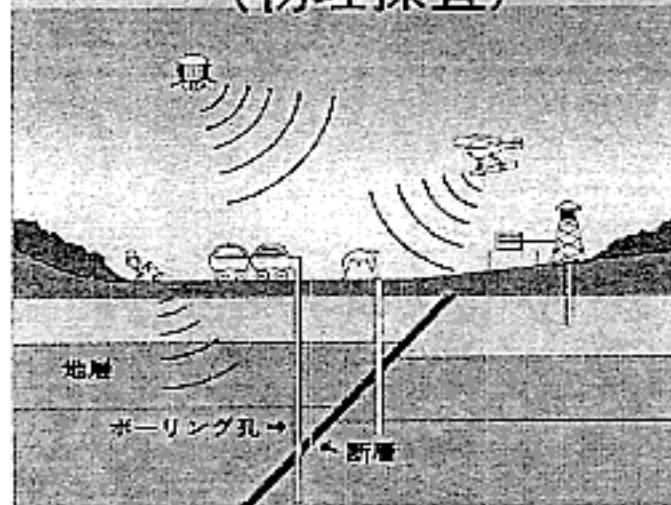
核燃料サイクル開発機構 東海工場:6名(H12/10～継続中))

# 再処理施設試運転等スケジュール

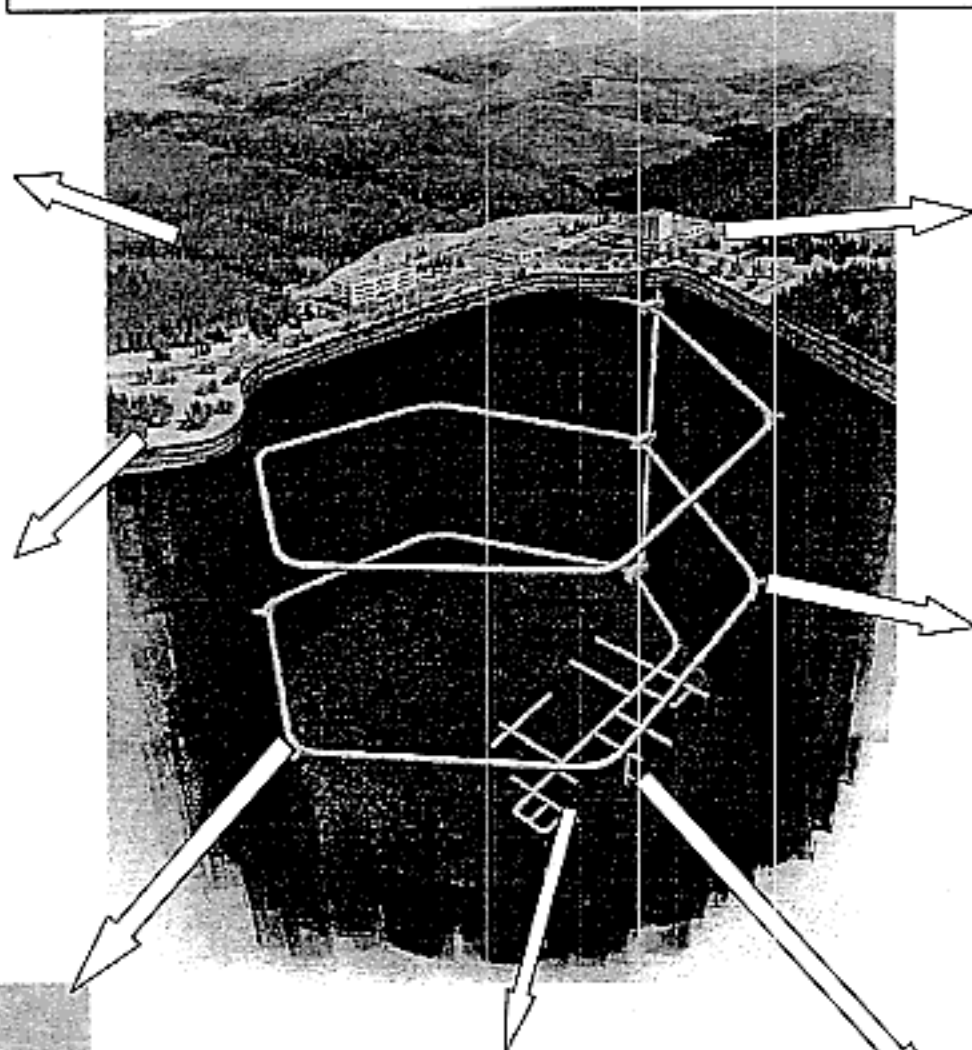
|         | 平成13年度 | 平成14年度 | 平成15年度 | 平成16年度  | 平成17年度 |
|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 主 要 工 程 |        |        |        |         |        |
|         | 通水作動試験 |        |        |         |        |
|         |        | 化学試験   |        |         |        |
|         |        |        | ウラン試験  |         |        |
|         |        |        |        | アクティブ試験 |        |

| 試 験 項 目 | 試 験 概 要                                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 通水作動試験  | 建設工程の最終段階であり、水、蒸気等を用いて各機器の作動や操作性の確認、計測制御設備の初期調整等を行う。この間に設備上の不具合をできる限り洗い出し、改善改良を行い以降の運転に支障をきたさないように努める。          |
| 化学試験    | 試運転の最初の段階であり、硝酸、有機溶媒等を用いて計測制御設備の再調整及び廃棄物処理施設の性能確認等を行う。                                                          |
| ウラン試験   | 天然ウラン又は劣化ウランを用いた溶解、抽出及び脱硝の機能・性能の確認、計測制御設備の再調整並びに工程の処理能力の確認等を行う。総合ウラン試験にて、再処理工場の全プロセスを通した試験を行い、アクティブ試験実施への確信を得る。 |
| アクティブ試験 | 使用済燃料を用いた核計装設備の校正、ウランとプルトニウムの分配性能、除染係数及び放射線遮蔽性能の確認並びに再処理工場全体での総合試験を行う。                                          |

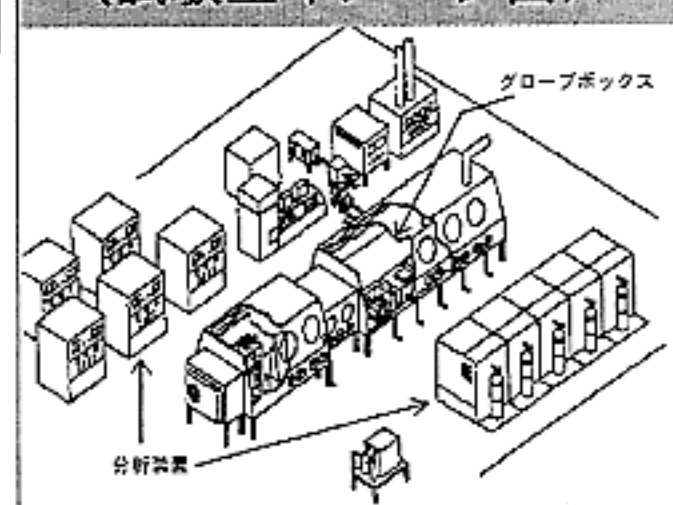
# 地層科学研究 (物理探査)



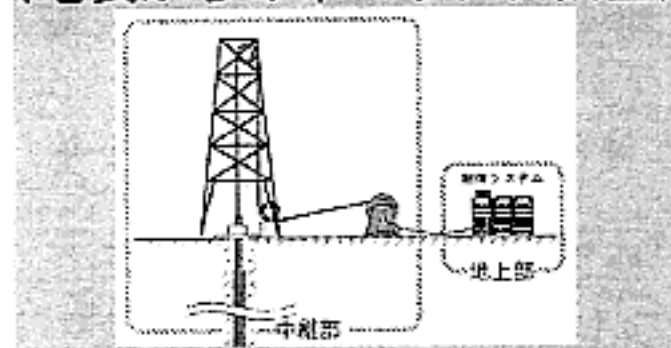
## 幌延深地層研究所のイメージ図 (スパイラル方式の場合)



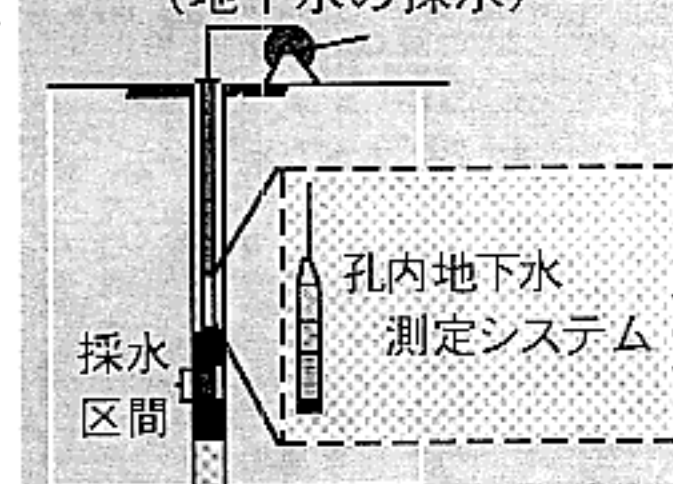
# 地上施設 (試験室イメージ図)



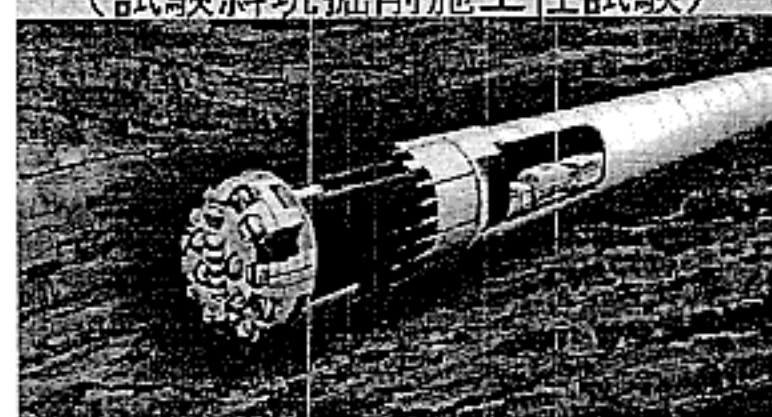
# 地層科学研究 (地表からのボーリング調査)



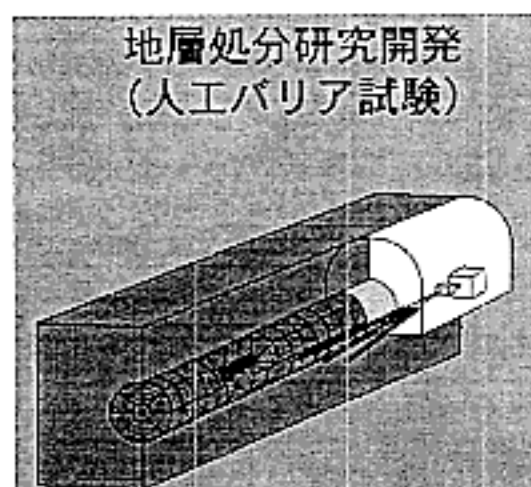
# 地層科学研究 (地下水の採水)



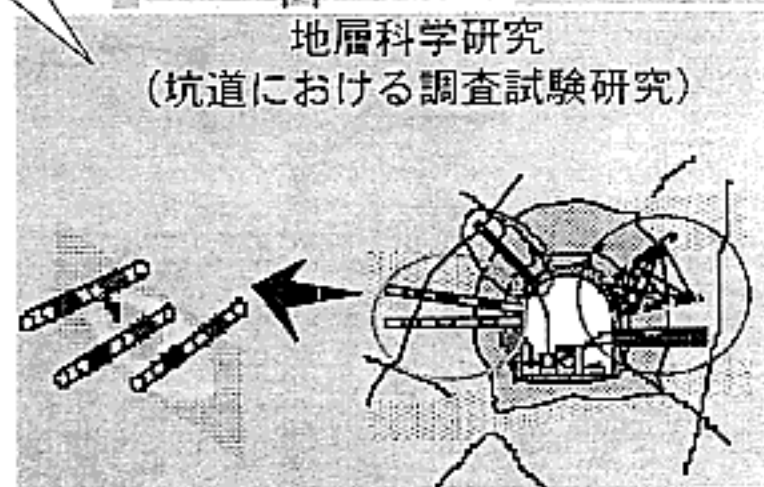
# 地層処分研究開発 (試験斜坑掘削施工性試験)



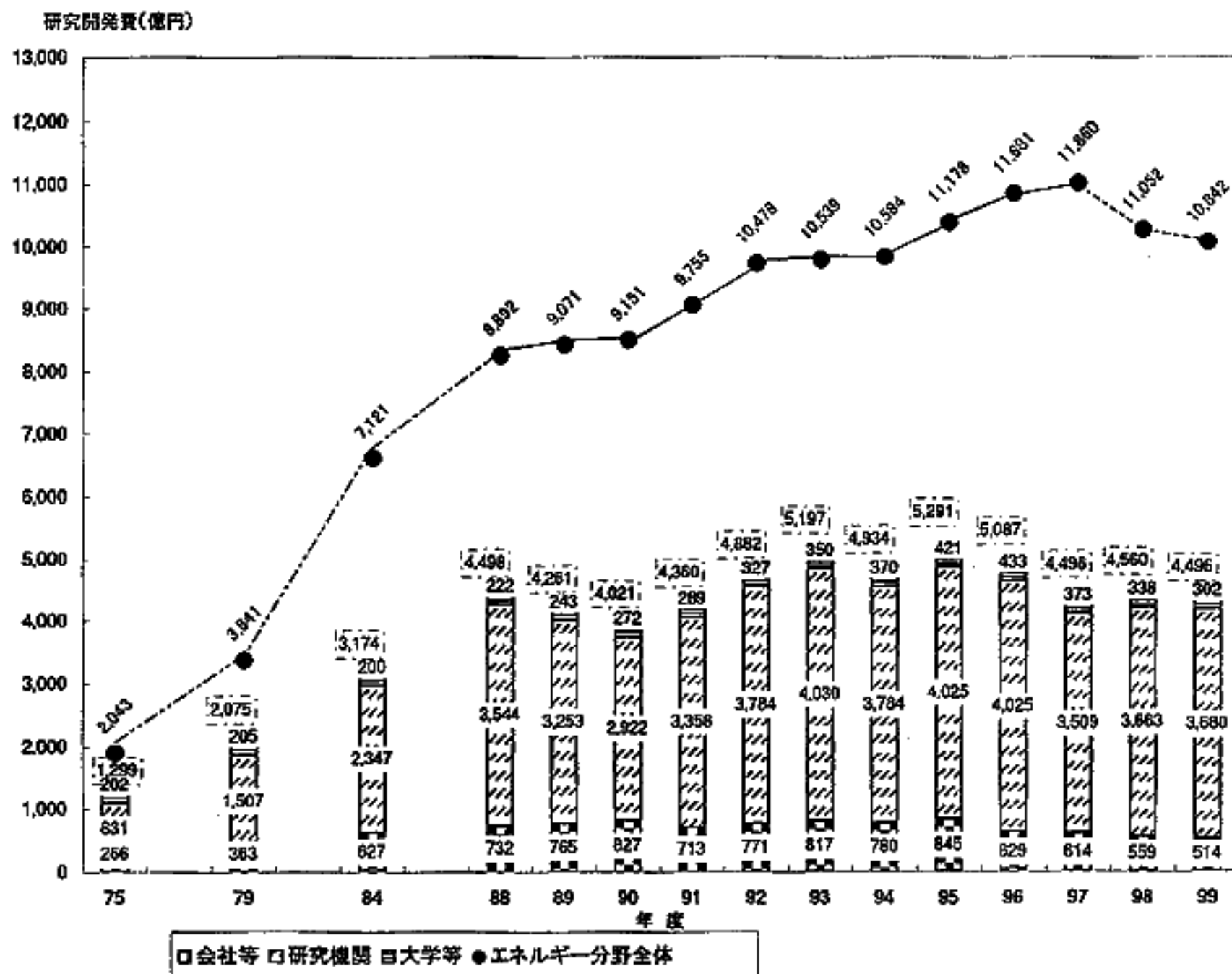
# 地層処分研究開発 (人工バリア試験)



# 地層科学研究 (坑道における調査試験研究)



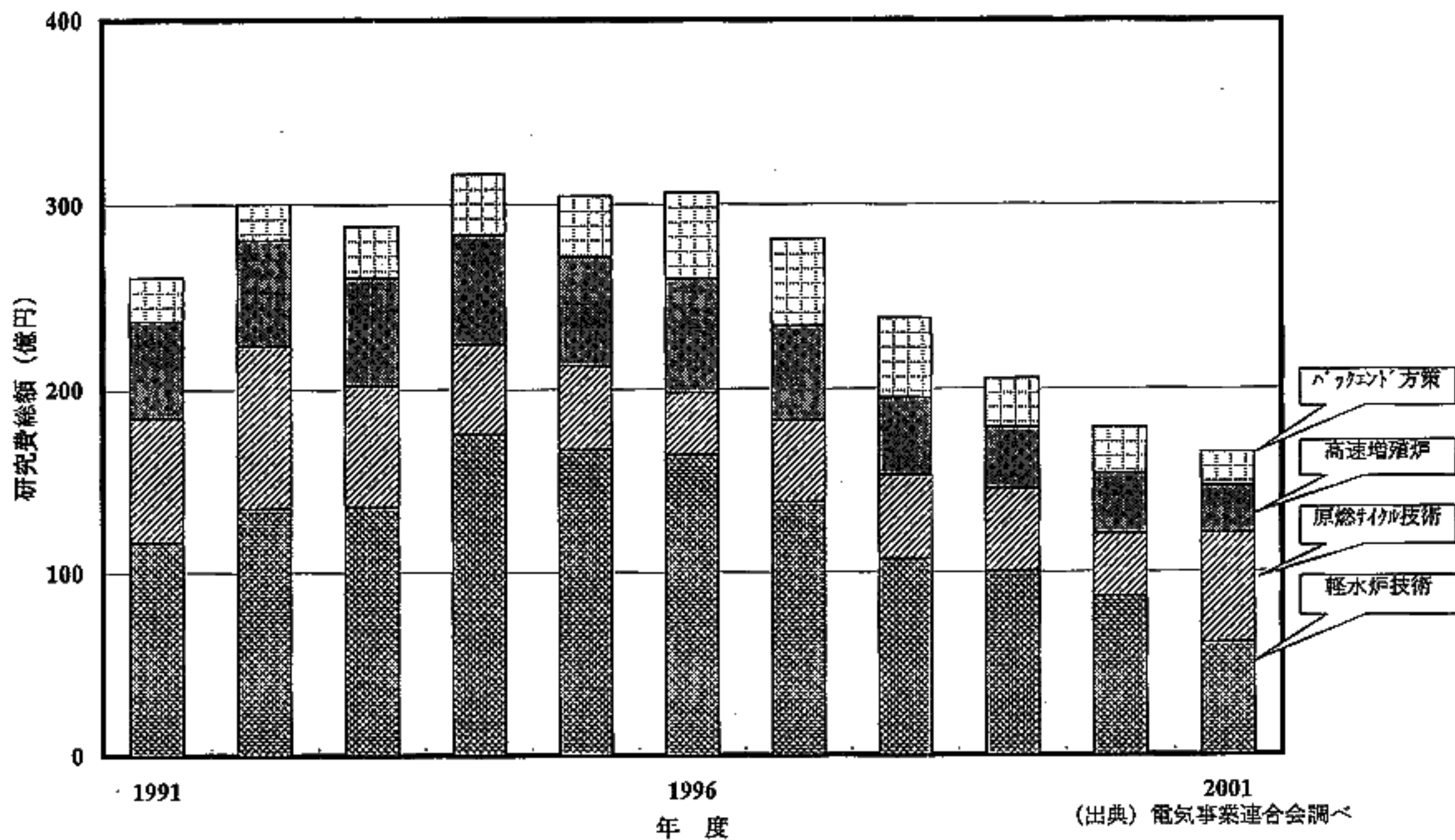
# 我が国の原子力研究開発予算の推移



(注)98年度から99年度年度は調査方法の変更により、連続性がない可能性がある。

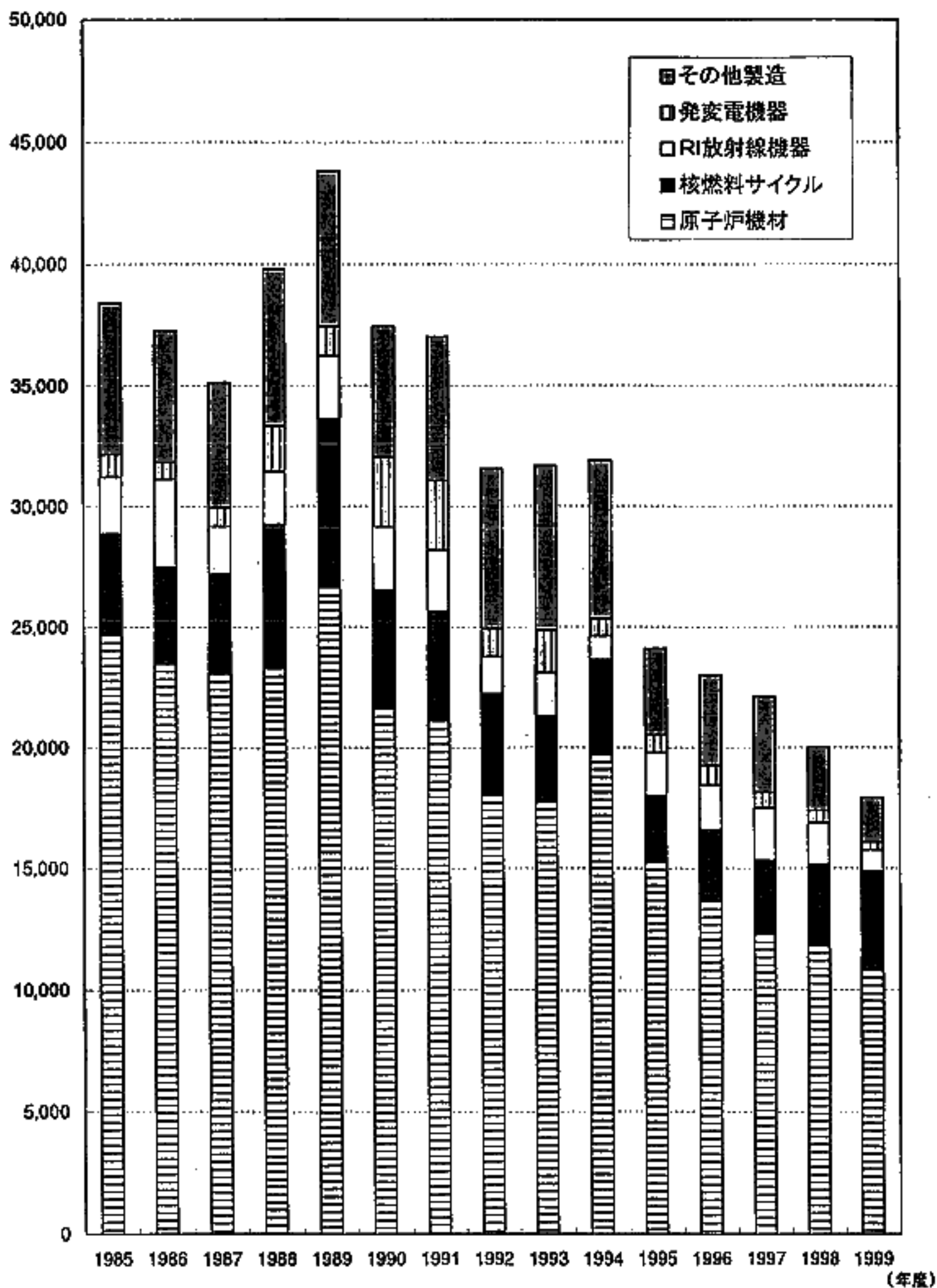
出典: 科学技術研究調査報告(総務庁統計局)データをもとに作成。

電力共通研究費（原子力分）の推移



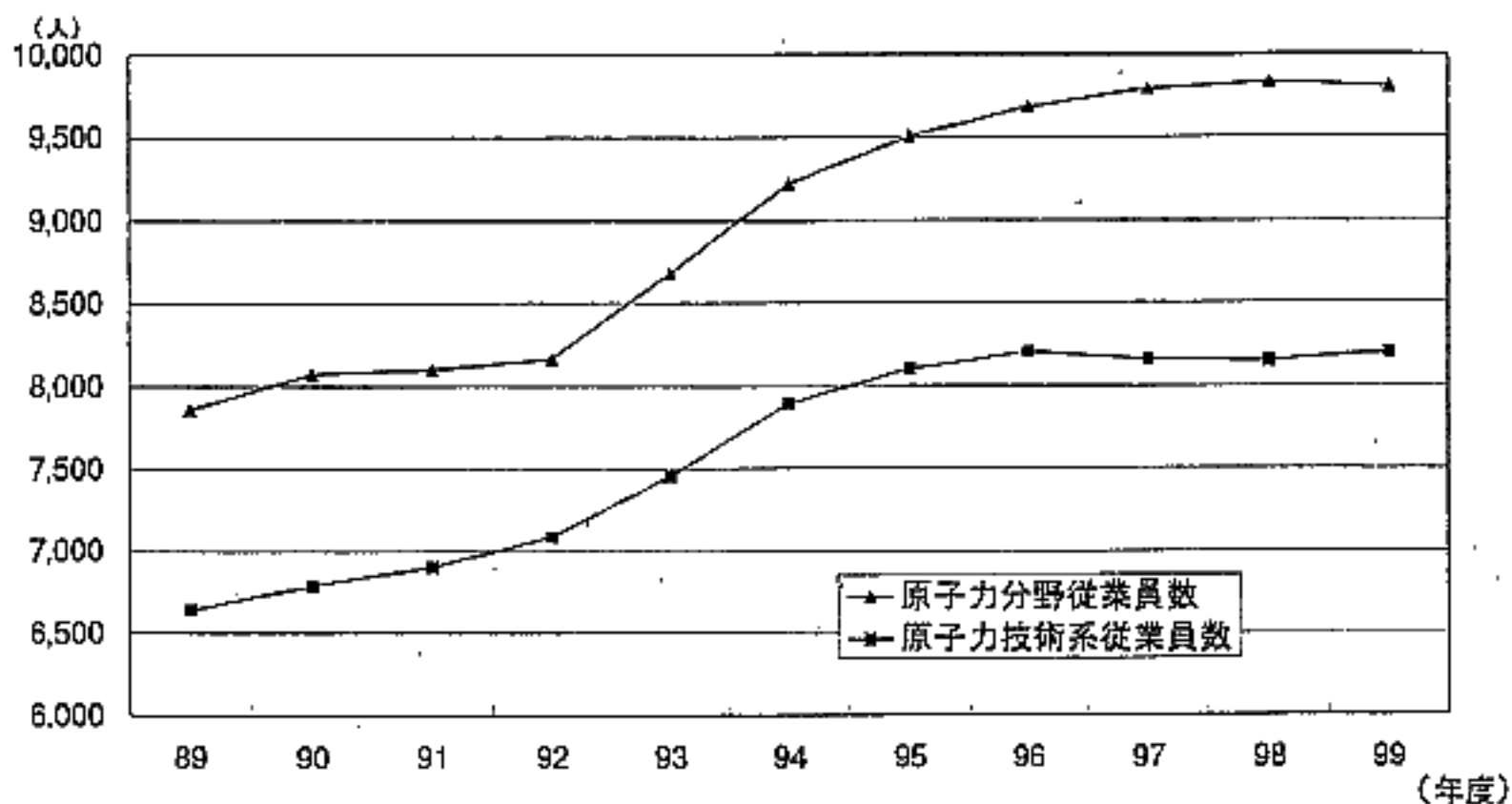
## 電機・重電製造業における研究開発費の推移

(百万円)

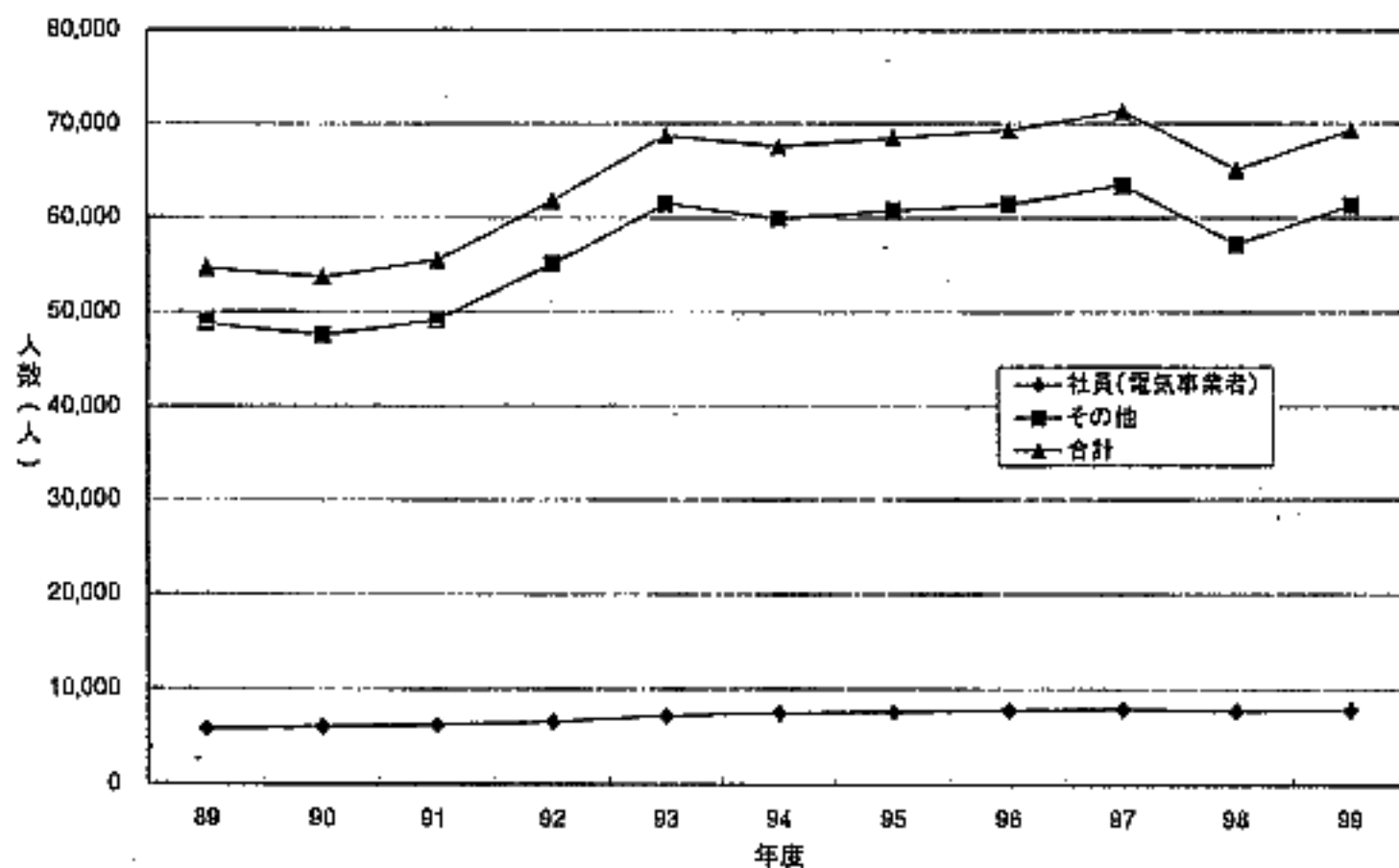


(出典:原子力産業実態調査報告(〈社)日本原子力産業会議))

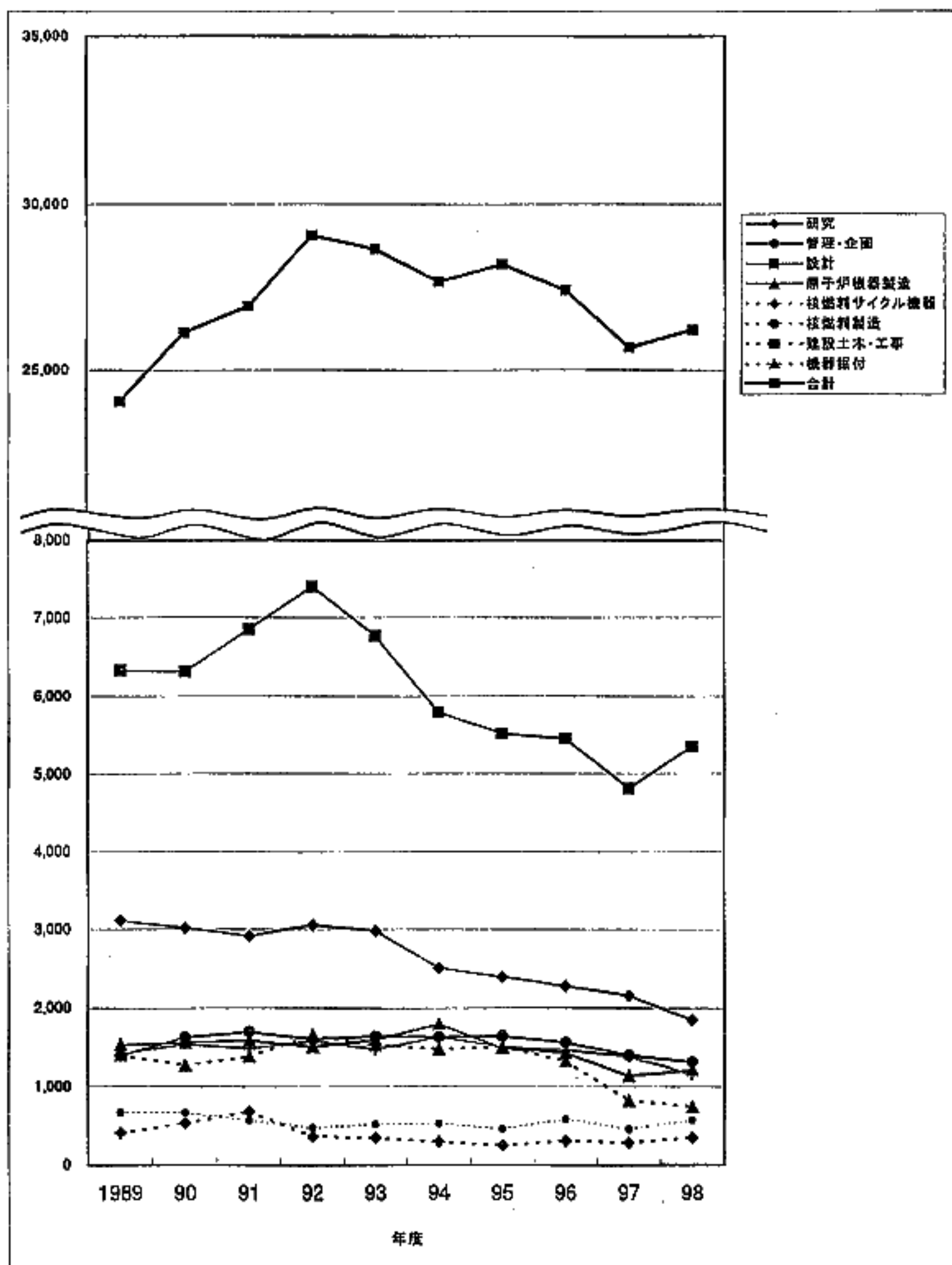
我が国の電気事業者の原子力技術系従業者数の推移



我が国の原子力発電所における放射線業務従事者数の推移

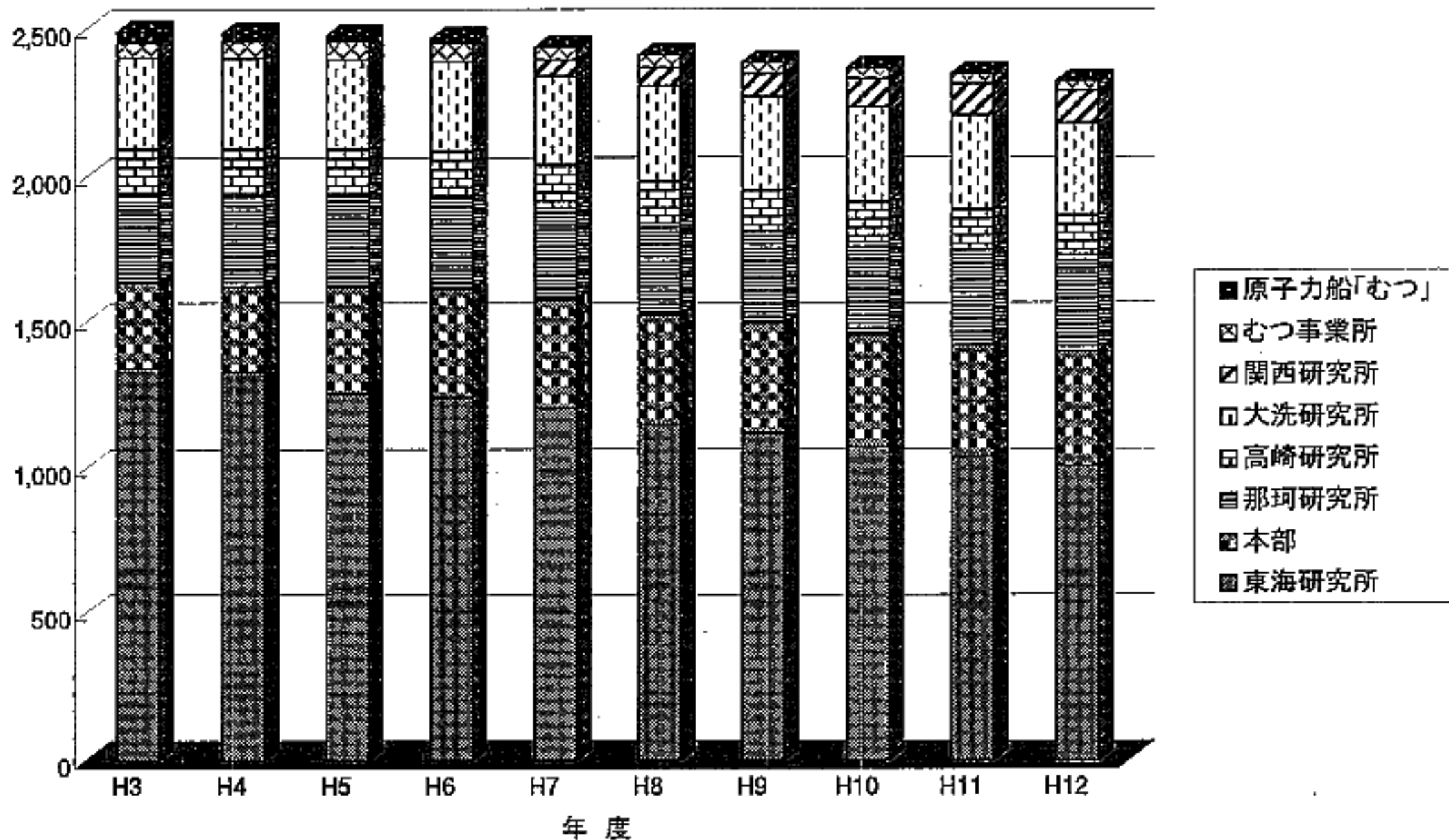


# 鈾工業の原子力技術者の推移



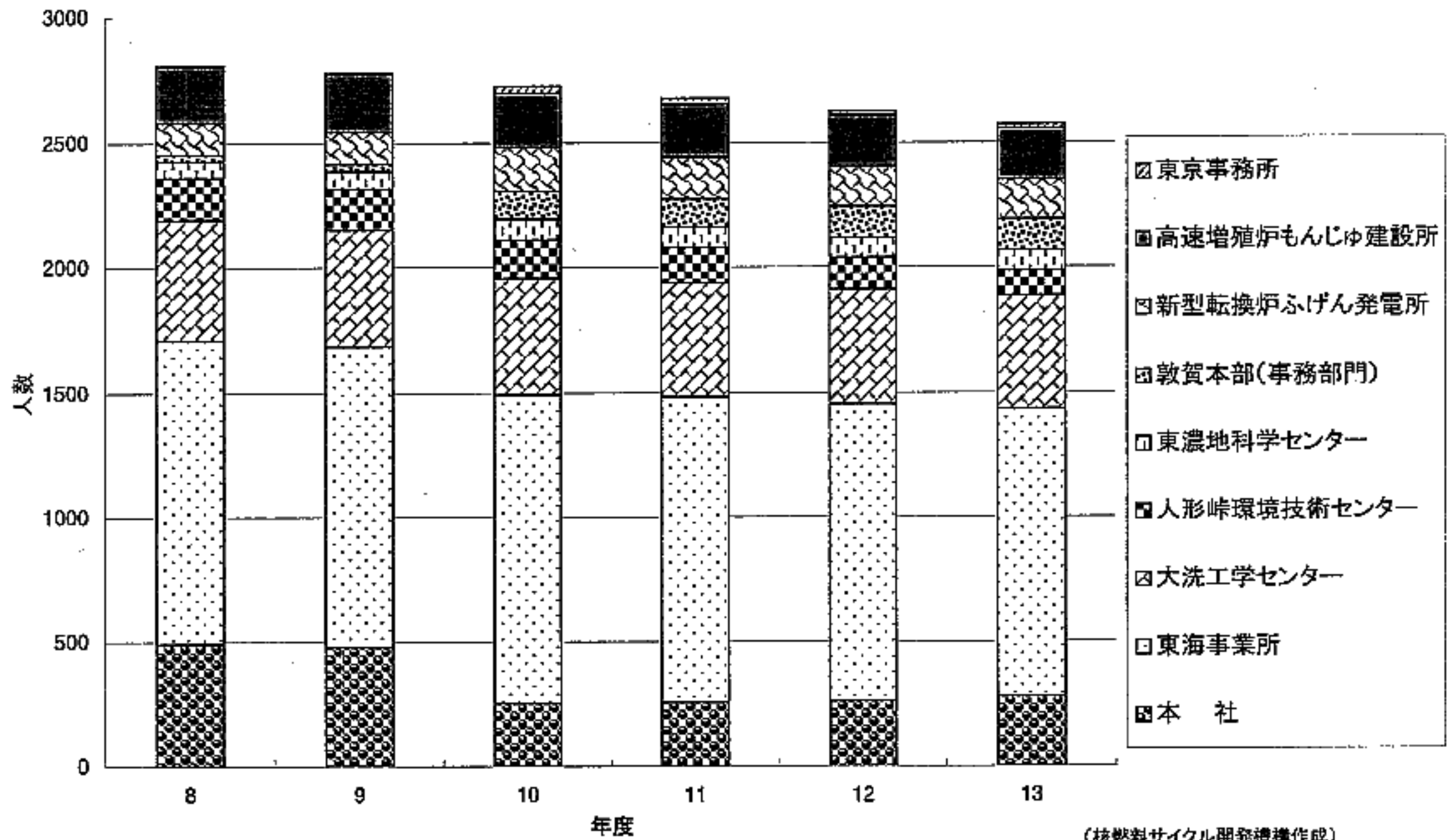
日本原子力研究所事業所別人員推移

人 員

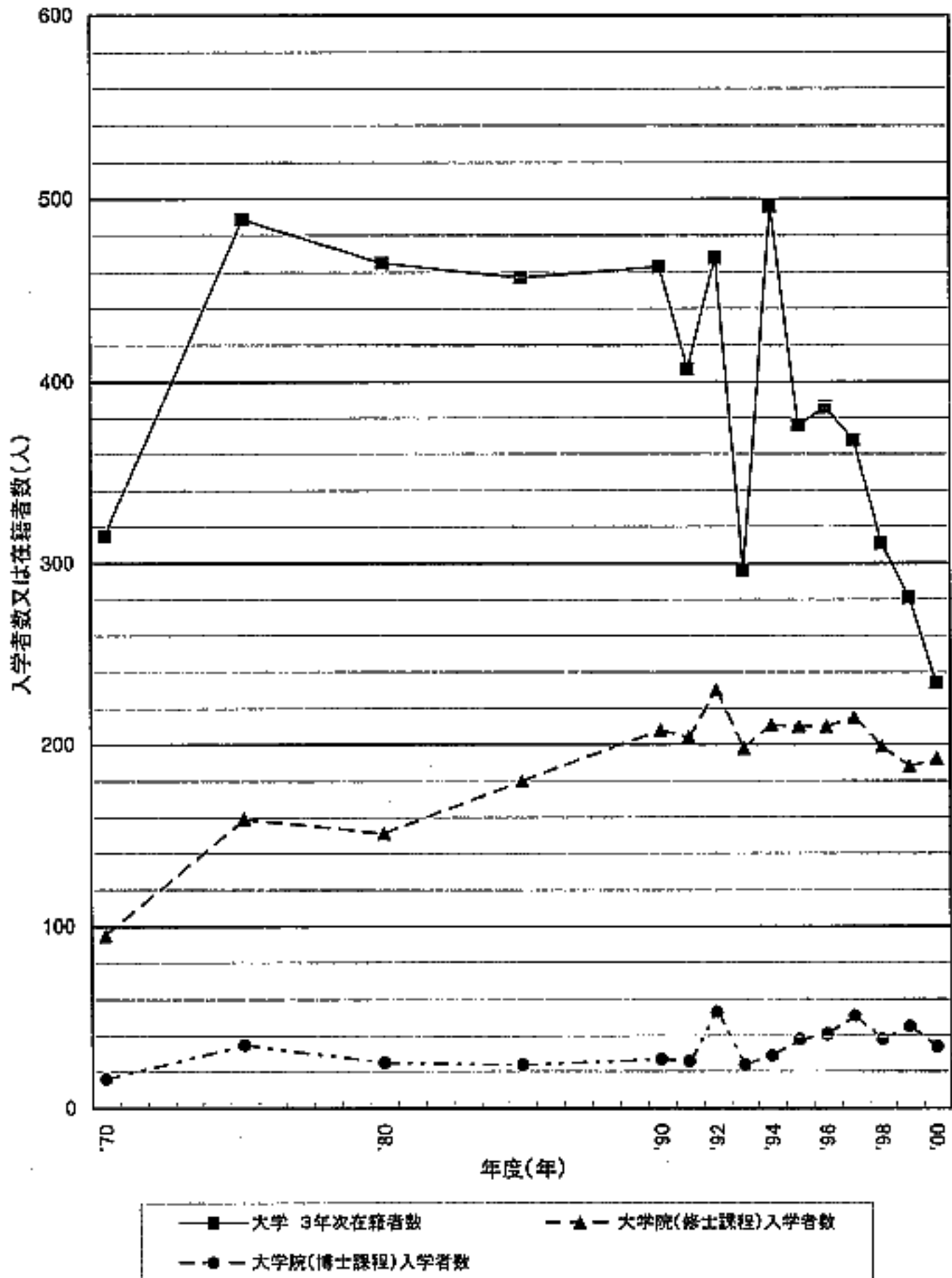


出典：日本原子力研究所資料から作成。

# 核燃料サイクル開発機構定員推移



## 原子力工学科入学者数等



※数値は学校基本調査報告書(文部省)による。

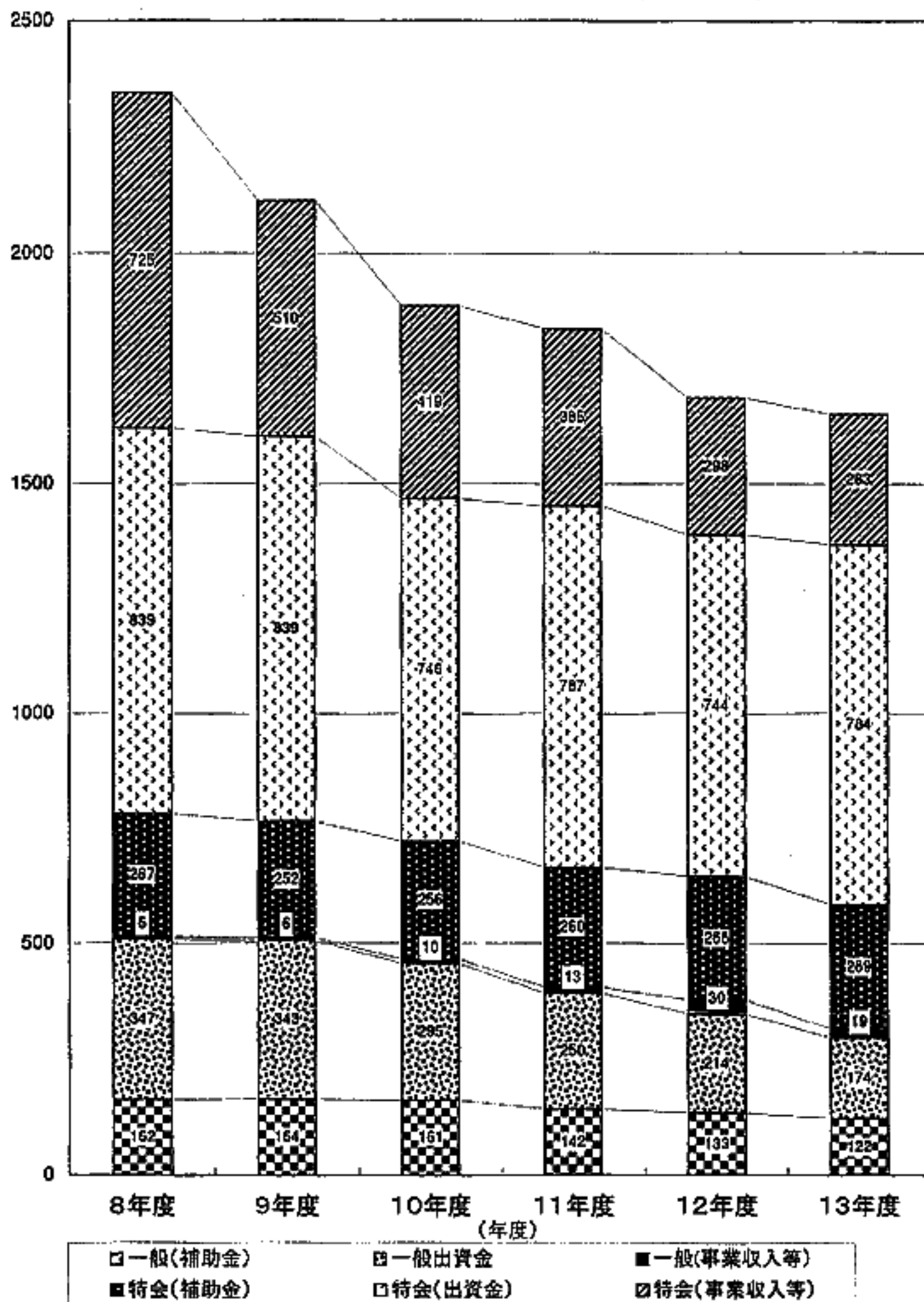
※学科帰属が3年次に確定する大学もあることから、大学は3年次の在籍者数とした。

## 我が国の原子力開発利用のあゆみ

| 西暦    | 原子力発電                                                                                                                          | ウラン濃縮                                                                                                                                                   | 再処理                                                                                                                                                                            | MOX燃料加工                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1950～ | <b>基礎技術導入期</b><br>・原子力開発予算化(1954)<br>・原研JRR-1着工(1955)                                                                          | <b>基礎研究期</b><br>・理研、遠心法の基礎研究開始(1959)                                                                                                                    | ・原子力委員会、「原子力開発利用長期計画」において原燃公社が再処理プラントの建設運転を行う旨、発表(1956)<br>・原研、国内初の使用済燃料からのプルトニウムの分離に成功(1959)                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1960～ | <b>実用技術導入期</b><br>・初の商用炉・原電東海着工(1961)<br>(国産化率35%)<br>・原研JPDRIによる我が国初の発電に成功(1963)<br><br>・原電敦賀、福島第一、美浜着工(1967)<br>(国産化率55～56%) | ・原子力委員会、遠心法の研究を原子燃料公社(現、サイクル機構)に推進させる方針を決定(1961)<br><br><b>自主技術開発期</b><br>・原子力委員会、ウラン濃縮基本計画策定(1969)<br>(1969)<br>・動燃、小型遠心機による濃縮試験に成功(1969)              | ・原子力委員会、再処理調査団訪米派遣(1961)<br><br>・原燃公社、英NCP社へ予備設計発注(1963)<br>・原燃公社、仏SGN社へ詳細設計発注(1965)<br><br><b>国内再処理黎明期</b>                                                                    | ・原子力委員会「原子力開発利用長期計画」においてプルトニウム燃料の研究開発の推進方針の発表(1961)<br>・原燃公社、米NUMEC社へ、プルトニウム燃料開発施設(現、プルトニウム燃料第一開発室)の概念設計発注(1962)<br><br><b>基礎固め期</b><br>・プルトニウム燃料第一開発室完成。プルトニウム260kg搬入(1968)<br>・動燃、プルサーマル、常陽、ふげん、もんじゅ燃料の基礎研究<br>・プルトニウム燃料第二開発室運転開始(1972) |
| 1970～ | <b>信頼性向上期</b><br>・一部を除き国産化達成、島根着工(1970)<br>(国産化率93%)<br><br>・第1次改良標準化に着手(1975)<br>・ほぼ国産化達成、玄海2、福島第二2着工(1979)(国産化率99%)          | ・原子力委員会、遠心法をナショナルプロジェクトに指定(1972)<br><br>・動燃、パイロットプラント概念設計開始(1975)<br><br>・動燃、パイロットプラント建設工事開始(1978)<br><br>・動燃、パイロットプラント全面運転開始(1982)                     | ・動燃、仏SGN社等と分離精製工場等の建設工事契約を締結(1970)<br><br>・動燃、分離精製工場等の工事着工(1971)<br><br>・動燃、使用済燃料の搬入・せん断開始(1977)                                                                               | <b>キャッチアップ、自主技術開発期</b><br>・動燃、常陽、ふげんへの燃料供給<br>・マイカ液混合転換粉(MH粉)を用いた燃料製造開始<br>(1979)<br>・原電敦賀1号炉用プルサーマルMOX燃料加工<br>(1985)                                                                                                                     |
| 1980～ | <b>完成革新期</b><br>・第3次改良標準化(ABWR・APWR開発)に着手(1980)<br>・全国平均利用率70%達成<br>・既存型軽水炉の技術高度化も実施<br>・原研JPDRI解体実施試験開始(1986)                 | <b>実用技術開発及び実用化期</b><br>・動燃・原燃協力協定締結(1985)<br>・動燃、原型プラント(DOP-1)運転開始(1988)<br>・原燃、濃縮工場着工(1988)<br>・動燃、原型プラント(DOP-2)運転開始(1989)<br>・原燃、150tSWU/年で操業開始(1992) | ・動燃、本格運転開始(1981)<br><br><b>実用技術開発期</b><br>・動燃・原燃技術協力基本協定締結(1982)<br>・動燃・原燃、技術協力の実施に関する協定締結(1985)<br>・動燃、MOX燃料(ふげん)を初めて再処理(1986)<br><br><b>東海(再処理)安定運転</b><br>・原燃、再処理工場着工(1993) | <b>高度化期</b><br>・動燃、遠隔自動化プラントであるプルトニウム第三開発室運転開始(1988)<br><br>・動燃、もんじゅへの燃料供給開始(1992)                                                                                                                                                        |
| 1990～ | <b>成熟期(建設低迷)</b><br>・初のABWR型炉・柏崎5着工(1992)                                                                                      | <b>遠心機の高性能化期</b><br>・動燃、原燃、高性能機共同開発(1986～96)<br>・原燃、高度化機開発(1993～98)<br>・動燃、先導機開発(1992～)                                                                 |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2000～ |                                                                                                                                | ・原燃、ウラン濃縮技術開発センター設置(2000)                                                                                                                               | ・サイクル機構・原燃、再処理試運転協力(2000)<br><br>・原燃、再処理工場竣工予定(2005)                                                                                                                           | ・原燃、MOX燃料加工事業主体表明(2000)<br>・サイクル機構・日本原燃技術協力協定締結(2000)<br><br><b>実用技術移転(軽水炉用MOX)期</b>                                                                                                                                                      |

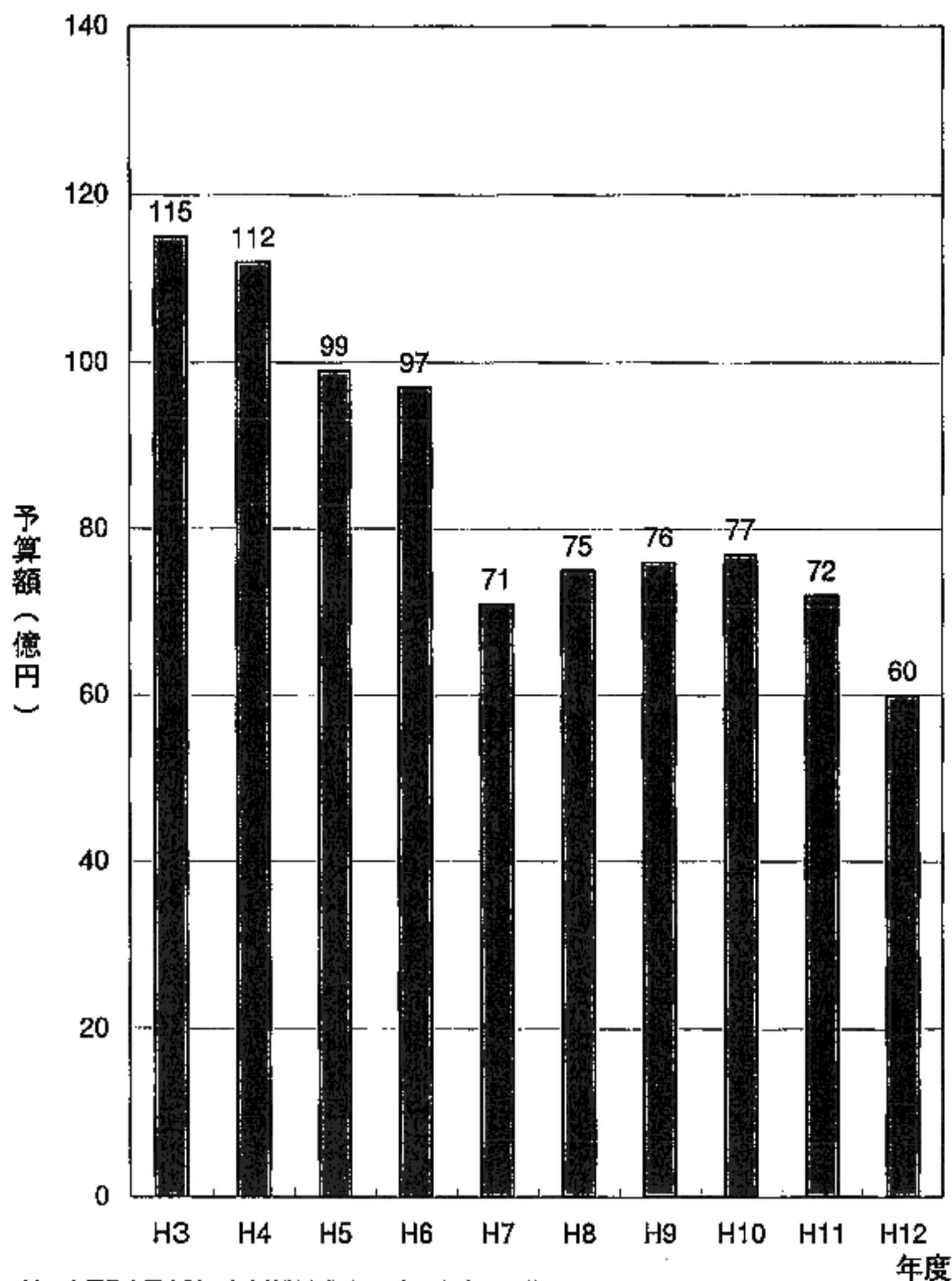
# 核燃料サイクル開発機構の近年の予算推移 (一般会計、特別会計、事業収入等)

(億円)



出典: 核燃料サイクル開発機構資料より作成。

日本原子力研究所における安全研究関係予算(一般会計)の推移

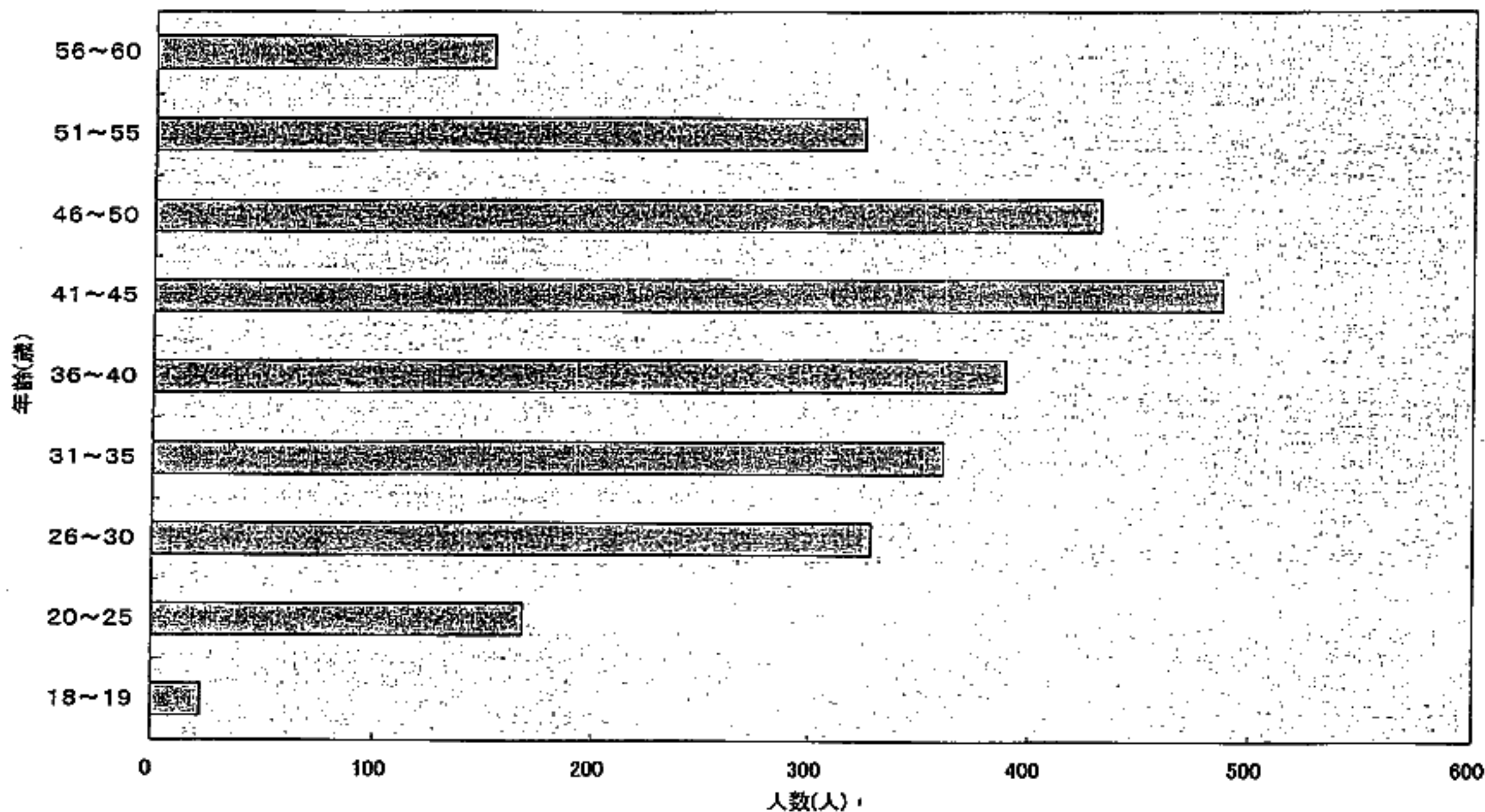


(注) 日本原子力研究所の安全性研究費は、平成12年度は39億円だが、同研究所で予算の組み替えを行ったためであり、組み替えの対象となった経費も含めると60億円となる。

出典: 日本原子力研究所資料より作成

# 核燃料サイクル開発機構職員の年齢別構成（平成12年6月1日現在）

平均年齢40.5歳



# 主な原子力施設における放射性廃棄物の保管量

## 主な原子力施設における低レベル放射性廃棄物の保管量

(単位：200リットルドラム缶換算)

|                             | H 6年度末    | H 7年度末    | H 8年度末    | H 9年度末    | H10年度末    |             |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
|                             | 累計 (本)    | 累計 (本)    | 累計 (本)    | 累計 (本)    | 累計 (本)    | 保管能力 (本)    |
| 実用発電用原子炉施設                  | 約 513,800 | 約 507,700 | 約 501,700 | 約 494,200 | 約 488,300 | 約 849,600   |
| 日本原子力研究所                    | 約 132,900 | 約 135,900 | 約 138,400 | 約 140,700 | 約 145,300 | 約 178,700   |
| 核燃料サイクル開発機構                 | 約 130,900 | 約 134,900 | 約 140,100 | 約 147,500 | 約 154,200 | 約 208,800   |
| 核燃料加工施設等 (動燃<br>の保有する施設を除く) | 約 33,400  | 約 35,200  | 約 30,600  | 約 38,500  | 約 40,500  | 約 56,400    |
| (社) 日本アイソトープ<br>協会          | 約 73,200  | 約 70,400  | 約 72,300  | 約 74,600  | 約 72,300  | 約 115,300   |
| 合 計                         | 約 884,200 | 約 884,100 | 約 889,100 | 約 895,500 | 約 900,600 | 約 1,408,800 |

## 高レベル放射性廃棄物の保管量

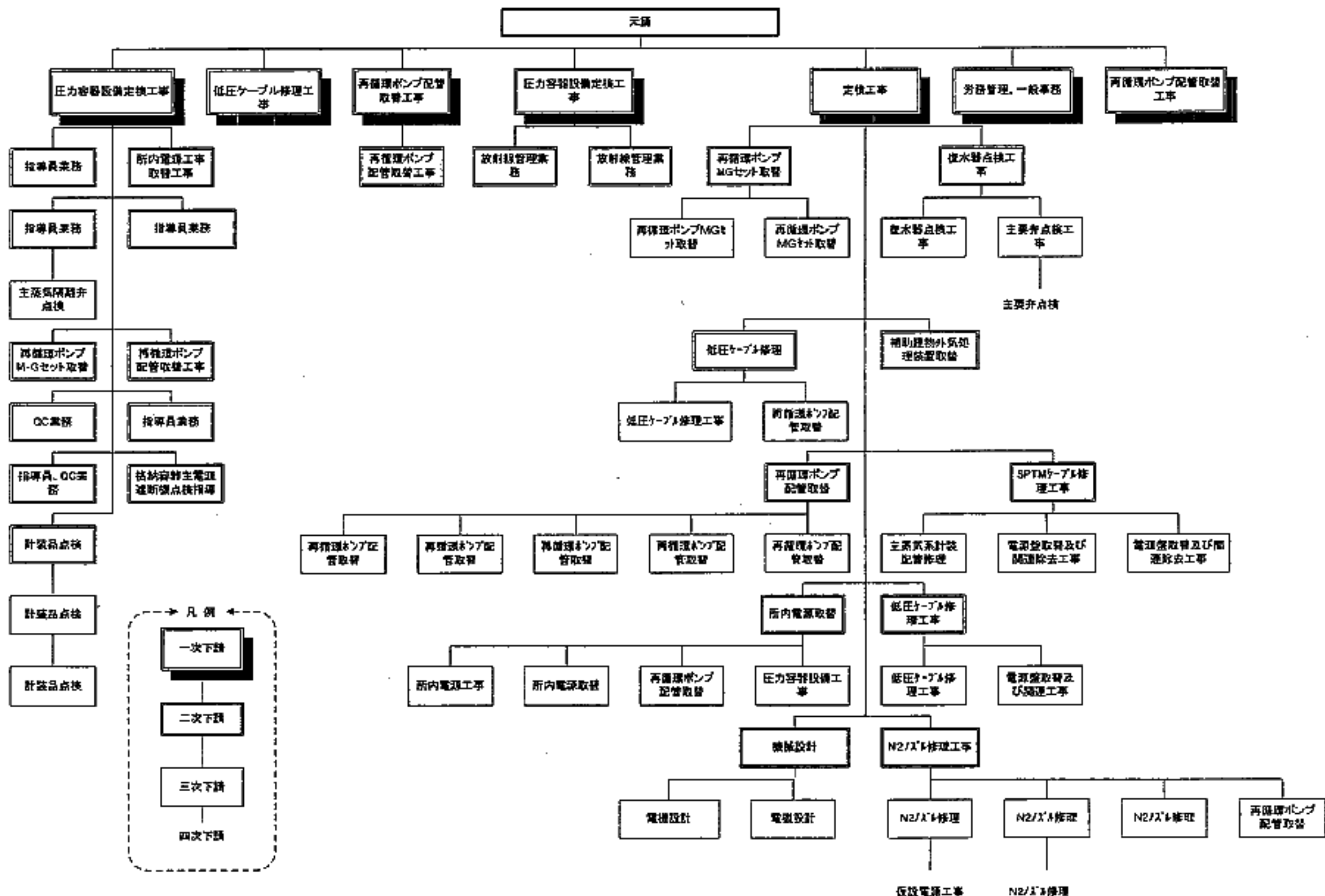
| 固体廃棄物<br>(ガラス固化体) | H 6年度末  | H 7年度末  | H 8年度末  | H 9年度末  | H10年度末  |           |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|                   | 累計 (本)  | 累計 (本)  | 累計 (本)  | 累計 (本)  | 累計 (本)  | 保管能力 (本)  |
| 核燃料サイクル開発機構       | 2       | 22      | 62      | 62      | 62      | 420       |
| 日本原燃物             | 0       | 28      | *28     | *68     | 128     | 1,440     |
| 液体廃棄物             | H 6年度末  | H 7年度末  | H 8年度末  | H 9年度末  | H10年度末  |           |
|                   | 累計 (ml) | 累計 (ml) | 累計 (ml) | 累計 (ml) | 累計 (ml) | 保管能力 (ml) |
| 動力炉・核燃料開発事業<br>団  | 552     | 526     | 513     | 480     | 453     | 870       |

\* このほかに、平成 8 年末現在で 40 本、平成 9 年度末現在で 60 本が搬入されていたが、貯蔵ピットへの収納前であったため各年度末の保管量の累計には含めていない。

日・英・仏における核燃料サイクル事業の状況

|         | 日本                                                            | 英国                                            | 仏国                                            |
|---------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| (再処理)   |                                                               |                                               |                                               |
| 研究開発    | サイクル機構等、国が中心となって研究開発を実施。                                      | BNFLが、国策により開発された技術に基づき、設計・建設。自らも研究開発部門を所有。    | 仏国原子力庁(CEA)が技術開発、エンジニアリング会社のSGNが設計・建設         |
| 事業実施主体  | 日本原燃㈱                                                         | BNFL(将来的に民営化)                                 | COGEMA                                        |
| 技術移転    | 事業化に際しては日本原燃が国内外から実用可能な最良技術を選び構成。開発主体と日本原燃間で技術移転を実施。          | 英国原子力公社(UKAEA)の一部門が独立してBNFLとなる(開発主体と事業主体が同一)。 | CEAの一部門が独立してCOGEMAとなる(開発主体と事業主体が同一)。          |
| (濃縮)    |                                                               |                                               |                                               |
| 研究開発    | サイクル機構が中心となって遠心法の研究開発を実施。                                     | URENCOにて遠心法の開発を実施。                            | CEA/COGEMA共同で原子レーザー法について研究開発中。                |
| 事業実施主体  | 日本原燃㈱                                                         | URENCO(ドイツ、イギリス、オランダの合弁会社)                    | COGEMA                                        |
| 技術移転    | 事業化に際しては日本原燃がウラン濃縮技術開発センターを設置し、サイクル機構からの研究者を受入れ新型遠心機の研究開発を実施。 | 開発主体と事業主体が同一。                                 | 遠心法については諸外国の既存技術の導入を検討中。<br>原子レーザー法については自主開発。 |
| (MOX加工) |                                                               |                                               |                                               |
| 研究開発    | サイクル機構が中心となってATR及びFBR用MOX燃料の研究開発を実施。                          | BNFLが、国策により開発された技術に基づき、設計・建設。自らも研究開発部門を所有。    | CEAが技術開発。                                     |
| 事業実施主体  | 日本原燃㈱                                                         | BNFL(セラフィールドMOX燃料プラント(SMP)はウラン試運転中)           | MELOX(FRAMATOME(仏メーカー)とCOGEMAの出資会社)           |
| 技術移転    | 事業化に際しては日本原燃が国内外から実用可能な最良技術を選び構成。技術の組合せについて、確証が必要。            | 開発主体と事業主体が同一。                                 | BN(ベルギーニュークリア)からの技術移転及び仏国内技術集約。               |

### 原子力発電所定期検査時における作業体制(例)



## 原子力工学を専攻する学生に対する奨学金の例

## 1. 東電記念科学奨学金

- 実 施 者：(財) 東電記念科学技術研究所
- 目 的：電機事業に係る基礎的な技術に関する試験研究に対して助成を行うことにより我が国の産業の進展と国民生活の向上に寄与すること。
- 対 象 者：電気工学（なるべく電力工学）及び原子力工学を専攻する学生。  
ただし修士課程または、博士課程に限る。
- 件 数：毎年14件程度
- 助成金額：年間4万円程度

## 2. 原子力工学大学院学生に対する奨学金

- 実 施 者：(社) 日本電気協会
- 目 的：我が国の大学の原子力工学部門において高度な教育、研究の水準を維持するにとどまらず質量ともに一層の充実、向上を図ること。
- 対 象 者：大学院後期課程（博士課程）に進学して原子力工学に関する研究を行う予定の修士課程2年生
- 件 数：8件（平成12年度採択分）
- 助成金額：年間100万円
- 選考方法：当該協会に設置された選考委員会による決定