

ノーベル平和賞を受賞された佐藤栄作元首相の遺言で創設された財団  
(佐藤栄作記念国連大学協賛財団) が、最優秀賞を与えた論文

第 22 回 佐藤栄作賞 「核拡散防止」最優秀賞 受賞論文(付属の 6 図は別添)

2006.01.29. 投稿

2006.06.30. 受賞

## 核拡散防止への実効ある提言

トリウム熔融塩国際フォーラム

([QYT00127@nifty.ne.jp](mailto:QYT00127@nifty.ne.jp))

古川 和男

### 要約

1. はじめに
2. 核拡散をめぐる国際情勢と日本の政策
3. 核技術とエネルギー・環境への貢献策  
〔環境およびエネルギー事情の将来予測〕  
〔環境およびエネルギー問題の困難性〕  
〔エネルギーと環境：貧困との闘いに〕  
〔太陽起源再生可能エネルギーは未熟〕  
〔打開への企業と国家の役割〕
4. 現行核エネルギー平和利用技術の苦悩
5. トリウムによる核拡散防止の強化策  
〔トリウム技術の主要な特色〕  
〔必要な技術要素の概要〕
6. トリウム熔融塩協働システムの開発
7. 核拡散防止に優れたトリウム（補足）
8. 新トリウム構想と国内外の支持
9. 終わりに

### (要約)

核分裂技術は 20 世紀最大の科学成果の一つであり 21 世紀の地球救済に必須であるが、不幸にも軍事利用が先行して平和利用を困難にし、国際政治に「核拡散防止」策の手詰まりと世界動乱の恐れをもたらしている。

政治的に「核不拡散条約」などを中心に多大の努力が払われたが、2005 年 5 月一杯を費やした国連の「核不拡散条約再検討会議」は成果なしに終わった。核兵器国が核兵器の廃絶に全く怠慢であり、非保有国の平和利用に制約が多い。現行の原発も安全性に始まり「核不拡散性」やテロ・耐震・核廃棄物処理等に関して難問をかかえ、現状維持さえままならない。

国際法による安全保障措置などの努力は、当面の世界平和確保のためおろそかにできないが、長期的な展望に事欠く事態である。楽観論は全く聞かれない。今こそ、初心に戻って核分裂科学の本質を再検討し、軍事悪用を封じるのに適した「核分裂エネルギー平和利用技術」を本格的に開発すべきである。科学技術と共に生きる道は、その本質を良く理解し弊害を最小限に抑えつつ最良

の利用方法を見出す事にある。

実は人類はその道が大戦中から営々と模索研究していた。そして 1970 年初頭に到達したのが、ウラン系固体核燃料でなくトリウム系液体(熔融塩)核燃料を利用する原子力発電炉(原発)技術であった。トリウム資源は十分に広く分布し独占されない。重大事故は原理的に起こさず、核拡散の主役プルトニウムを生成せずに有効に燃焼焼却できるので、核拡散・核廃棄物問題は大きく改善できる。その基盤技術は 1950~76 年頃に米国オークリッジ研究所で大いに研究開発されたが、軍用に向かず冷戦下で敬遠されてしまった。

それを更に単純化し実用性を高め小型化に適し経済性高く世界展開を可能にしたのが、ここに紹介する“核燃料自給自足型トリウム熔融塩炉”である。特別に強烈なガンマ線を持つ核弾頭物質を取りだし利用するのは不可能で、監視検知も極めて容易であって核拡散防止には最適、軍用に不適である。全世界で処分に困っている使用済み固体核燃料を熔融塩燃料に変え、その中のプルトニウムを燃焼消滅させつつ無理なくトリウム核燃料サイクルに移行できるから、現在の原発路線からの切り替えは滑らかである。

この「核拡散防止」に優れた新核技術は、また地球環境・エネルギー・貧困問題打開に広く貢献できる。技術基盤は整っているので、20-30 年とわずかな資金で国際共同開発が可能である。技術立国日本の平和で健全な発展のためにも、この構想の積極的開発を国際共同で開始すべきである。

## 1. はじめに

核分裂技術は 20 世紀最大の科学成果の一つであり 21 世紀の地球を護るのに必須であるが、不幸にも軍事利用が先行し、その平和利用展開にまで影響を及ぼしている。その結果として国際政治に「核拡散防止」策の手詰まり、世界動乱の恐れがもたらされているのである。

国際法「核不拡散条約 (NPT)」などによる安全保障措置の努力は、当面の世界平和確保のために揺るがせにできないのは明白であるが、2005 年 5 月一杯を費やした国連の「核不拡散条約再検討会議」は成果なしに終わった。長期的な展望に事欠く事態であり、楽観論は全く聞かれない。今こそ、初心に戻って核分裂科学の本質を再検討し、軍事悪用を封じるのに適した「核分裂エネルギー平和利用技術」を本格的に開発すべきである。

すでに人類はその道が大戦中から営々と模索研究し、1970 年初頭に到達したのが、現在実用化されているウラン系固体核燃料とは全く異質のトリウム系液体(熔融塩)核燃料を利用する原子力発電炉(原発)技術である。より優れた原発燃料でありしかもプルトニウムを生み出さない上に焼却できるので核拡散防止に適するが、それだけ軍事向きでないために冷戦下では敬遠されてしまった。

我々はそれを改良単純化し「核拡散防止性」を高めたのみでなく安全性・経済性や核廃棄物対処策を大きく改善した。さらに現原発体系から問題の多いプルトニウムを受け入れ燃焼消滅させつつ、トリウム熔融塩炉への円滑な移行と早期の世界展開を果たさせうる。

この「核拡散防止」に優れた新核技術は、また地球環境・エネルギー・貧困問題打開に広く貢献できる。貧困問題打開も、核拡散・核テロ防止に有効な重要案件である。

まず第 2 章で「核拡散の実態」を概説した上で、有効な「核拡散防止策」は今世紀の環境・エネルギー・貧困対策を兼ねなければならないことを明らかにし、

次に「トリウム利用構想」の具体的内容とその「核拡散防止効果」を提示しよう。

## 2.核拡散を巡る国際情勢と日本の政策

### 【核拡散を巡る国際情勢】

1953年アイゼンハワー米大統領が国連で「アトムズ・フォ・ピース」演説を行い、原子力の平和利用が始まった。しかしソ連は1949年に核実験を行い米国との激しい核兵器保有競争を始め、次いで英・仏・中国が後に続いた。追随する国を恐れて、国際原子力機関(IAEA)が作られ1971年に核不拡散条約(NPT)を発効させたが、核兵器の保有国と非保有国に差別と不公平が基本的に生じている。

「非核兵器国は核兵器による防衛を放棄するのだから、核兵器国は核攻撃をしないと約束せよ」と「安全の保証」を約束させても、理性が働いている時にだけ有効である。また、核兵器国から核兵器廃絶への「明確な約束」を引き出しても、合意文書すら作成に至らなかったことが国際的な規制の形骸化を証明している。従って、核技術力の面での確かな決め手が求められる。

イラン・イスラエル・北朝鮮にNPT/IAEA管理体制が機能しない実態からみて、核兵器願望国に有効に機能する保証はない。イラクの二の舞を生む火種であるかもしれない。

更に核兵器製造には核実験が必要であるので、包括的核実験禁止条約(CTBT)が1996年に設けられたが、米・中国などが未批准で発効できない状況にある。IAEAの報告では、6万発あった核弾頭が、冷戦が終わった今でも8～9カ国で2.7万発もあるといわれる。核兵器国は核軍縮の義務を怠っているにも拘らず、それ以外の国々は核エネルギーの平和利用で多くの制約を受けているのが実状である。

当面する具体的な核危機は、頻繁な核物質等の不正取引が横行している北東アジア・中東・南アジアの諸国であろうが、テロ集団の出現も含め、各国の核管理に困難が増している。

2005年12月、IAEAとエルバラダイIAEA事務局長に「核エネルギーの軍事利用防止に努めた」という理由で、ノーベル平和賞が授与された。核拡散防止政策の新たな対応として、ウラン濃縮と使用済み核燃料再処理工場新設の5年間凍結や核燃料国際管理バンク構想を提唱する等「核の番人」として、IAEAの指導力に期待しているからでもあるが、前途多難である。

### 【核拡散に対する日本の政策】

2005年夏、日本ではより透明性のある公開討議を加えて、新しい「原子力政策大綱」を決定した。従来ウラン軽水炉核燃料サイクルの路線継承を宣言し、今後の原子力の水準を現在あるいはそれ以上に長期間維持しつつ、再処理工場の再開、高速増殖炉の50年後の実用化などを盛り込んだ基本政策大綱である。足下の揺らいでいる日本のエネルギー確保のために、堅い決意で当面の原子力の位置づ

けを決めたのは評価出来る一面はある。しかし核拡散問題には何ら具体的な提案もなく、不確実性のある高速増殖炉開発やバックエンドの将来についての姿勢は明確でない。

日本は、非核3原則を表明しているが、米国の核の傘下即ち米国の核の抑止力に頼っているから、核抑止などの国際的な提言や主張には賛成できず、ことごとく棄権しているようである。核廃絶を唱えながらも米国の核の傘下で再処理工場を再開させ、平和利用に名を借りて潜在的に核保有している実態を、他国の尺度からはどう見られているか、慎重であらねばならない。それをしっかりと認識したエネルギー政策こそが、国際社会に融和し日本の安全および国益にも即した行動となる。日本が核拡散防止に関し、国際的には孤立しているのみでなく、保守系国会議員などに核武装論者が増えつつあるのは憂えるべき事態である。

エネルギーとして原子力発電(原発と略称)が必要なことは第3章で述べるが、核兵器原料となるプルトニウムを副産物として生成しない次世代原発の開発に成功すれば、核兵器を廃絶することも可能であろう。それが民事専用のトリウム熔融塩炉技術であり、第4章以下で紹介したい。

### 3. 核技術とエネルギー・環境への貢献策

前世紀以来、エネルギー環境問題は日本存続に係るのみでなく地球最大の課題であり、積極的な世界戦略が求められる。しかもそれには巨大規模の核エネルギー産業を用意しないと打開できないのである。まずその根拠を明確にし、必要とする核エネルギー産業の体質および規模を把握した上で、それにふさわしくしかも「核拡散防止」に有利な新技術を開発すべきである。それで初めて「核拡散防止」は本格的長期的に成就するであろう。

**【環境およびエネルギー事情の将来予測】**: 未来予測などいうものは一般に不可能なのだが、骨太な原理構成により骨格が良く見通せる「仮説的未来予測」を立て、大局を見誤らない事は重要である。それにはマルケッティ(RR-79-13, IIASA, 1987)が創め我々が補足して利用している図1が有効と考える。ここでは、細菌増殖とか商品流通といった生物・社会現象解析に有効な物流関数(logistic function)が使われ、縦軸は  $F/(1-F)$  [ $F$  は1次エネルギー分率]の対数である。最も重要な点のみを指摘すると:

- ①巨大基幹エネルギー技術というものは、200年位の寿命で主役は置き替わる。
- ②化石燃料依存が現実だが、その環境破壊と供給不安定の打開には、太陽依存型のエネルギーを補助的寄生的なものから本格化すべきだが、量的には今世紀末まで間にあわない。
- ③今世紀中頃は、核エネルギー依存を本格化するほかはないが、全エネルギーの7%程度の現状維持が精々では話にならない。図1(D)のように、約10年の倍增時間で高度成長させねば無意味である。CO<sub>2</sub>抑制にはそれでも不足な位であるが、他

に有効な方策は見当たらず、核エネルギー技術の真の「革命」は必須である。

もう少し付言しよう。

**【環境およびエネルギー問題の困難性】**: 環境・エネルギー対策にコンセンサスが見えない。プーチン大統領が期限切れ寸前に豹変し京都議定書は成立したが、温暖化ガスの25%を放出する米国大統領は地球温暖化対策を拒否している。また昨年から石油価格が暴騰し「石油資源は有限、いや無限」などと姦しいが、情報を支配しているのは市場原理である。我々は「地球」そのものを科学的にはまだ幾らも知らない。地球は大きい。それを否定する意見も根強いが、それは環境（特に空気量は実に少量[地上1平方糎当りに僅か1kg]）の脆弱さから導かれる錯覚だと思われる。図1(A)からも明らかのように、エネルギー資源の主役は交代し実効的に無限であろう。今世紀は「資源問題に振り回されず、優れたエネルギー技術追求」に専念すべきである。

**【太陽起源再生可能エネルギーは未熟】**: その技術の本質は、「太陽からきて最後は熱になるエネルギー」を途中で発電などに利用しつつ最後はやはり全て熱にするものであるから、人工的熱放出が殆どない。地球上の熱量は変わらないから、化石エネルギーなどのように地球温暖化のみでなく「局所異常気象」増大によって[図1(A)の上欄参照]生物生存を脅かすのは減るが、エネルギー密度が低く非定常・不安定で工業的大規模エネルギー源には程遠い。条件のよい地域でも必要電力の一割以上負担させるのは危険で、補助的である。工業的実用化に成功しても量的にはさらに数十年を要し[図1(A)参照]、当面核エネルギーに頼るほかはない。

**【エネルギーと環境：貧困との闘い】**: 資源なく社会構造が脆弱で孤島の日本は一国では生きられない。数十年先を見越し世界との共存を計るべきだが、現在、世界人口の約15%相当の11億人が一日一ドル以下の貧困に喘ぎ、地球を不安定にしている。20億人が電気を持たず、さらに20億人は百W/人以下の生活という。国連は世界のGDP約5千兆円のせめて0.7%をODA援助資金にと豊かな国に呼びかけているが、日本さえ僅か0.2%である。日本は率先して「安全で安価な新平和核技術」を確立して世界の「貧困対策」にも貢献し、「核拡散・核テロリズム」の温床撲滅を実現すべきである。

**【打開への企業と国家の役割】**: 原発には、60年来史上最大の投資がなされてきた。必要なのは「原理に忠実な新炉型技術」の実用化である。勿論国家・国際機関の有効な支援は是非必要であるが、すでに社会的産業基盤もかなりよく用意されており、真に強力巨大な新産業形成には民間企業家の奮起が必須である。

理想論のみを唱えていると見えるであろうが、実は上記の要求を満たす具体的な新核技術が存在する。それを以下に示そう。

## 4. 現行核エネルギー平和利用技術の苦悩

現行の核エネルギー平和利用技術は、図 1(A)のようにこの 20 年間は 1 次エネルギーの 6-7% 提供に停滞している。不可欠だから多大の努力で維持に努めているが、④核拡散、⑤安全性、⑥核廃棄物、⑦経済性に問題があり、世界に喜んで受け入れられているとは言えない。

④核拡散の主因は、核燃料となるウラン U235 やプルトニウム (Pu) の放射能が弱くて監視管理が困難であり、さらにそれら入手のためのウラン濃縮および化学再処理技術が軍用・非軍用で共通だからである。⑤安全性では、多重の防護策を講じても過去の大災害の記憶のほかに、多重事故からの災害不安を拭えない。⑥核廃棄物は、固体核燃料体の製造・再処理・再製造などに伴う放射性物質、特に Pu などの超ウラン元素による汚染物質の多量発生とその長期貯蔵が難点である。⑦経済性では、複雑精密な装置やシステムであるのと、さらに④、⑤、⑥が関係して高価となるからである。

これら全てが改善できねば、社会に喜んで受け入れられる産業にはなりえない。その解決には、①ウランではなくトリウム (Th) を利用し、②固体でなく液体核燃料を使用することである。

①トリウム (Th) 利用： 実は核燃料サイクルには 2 種類あり、実用されているウラン-プルトニウム (U-Pu) サイクルのほかにトリウム-ウラン (Th-U) サイクルというのがある。Th から新しい U233 という U235 以上に良い燃料ができるのを利用すれば、U235 や Pu と縁が切れ、強烈な放射能で軍用にならない(次章参照)。

②液体核燃料使用： 既存の原発は皆固体核燃料体を使っている。Th-U サイクルで適切な液体核燃料に替えるならば、①放射能による変質・破壊がなく、②燃料追加は自由だから余分な核分裂性物質は不要で、制御棒もほぼ不要となり、③常圧で高温の液体を使い、漏れれば核燃料がなくなるから炉は止まり、その液体は冷えれば安定不燃なガラス固化体とする。④気化性で放散されやすい放射性物質は常時分離し、炉内に置かず安全にする。⑤全核燃料サイクル内を 1 液体が循環するのみで余り人手を掛けないから作業量は減り、装置・施設・システム全体が単純化できて発生する核廃棄物が大きく減少でき、さらにその放射能消滅処理作業をサイクル内部で経済的に実行可能となる。

これで、上記の難問④核拡散、⑤安全性、⑥核廃棄物、⑦経済性の全てが解決可能なことが推察願えるであろう。以下の各章で少し専門的になるが具体的に解説したい。その基礎技術は確立しているのである。

## 5. トリウムによる核拡散防止強化策

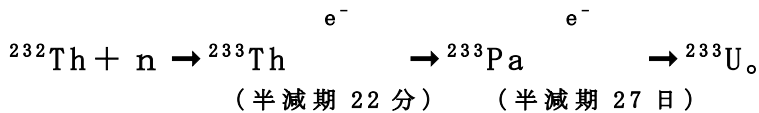
[トリウム技術の主要な特色]

トリウム利用における重要な特徴長所は次の 3 点である。

【その 1】トリウム資源は普遍豊富で独占不能：U に次ぐ重い天然元素で、地

殻中にUより3,4倍多く存在し、Uと違い海水に移行せずに海砂(山砂)として世界中、特に印・トルコ・ブラジル・豪などで多量に産出し、採取容易である。

【その2】プルトニウムを作らない：天然トリウムはTh232のみだが、中性子を1個吸収するとTh233となった後、2度ベータ放射能壊変(電子放出)を繰り返しプロトアクチニウム(Pa)を経て、核分裂性のU233となる。[n：中性子, e<sup>-</sup>：電子]



この新しいU233は、U235やプルトニウム以上に熱中性子炉で性能のよい燃料なのである。

天然ウランの場合は99.27%がU238であるが、中性子を1個吸収しU239となり、ネプツニウム(Np)を経て核分裂性Pu239となる。これは、さらに原子炉内で中性子を吸収して重いアメリカシウム・キュリウムなどの超ウラン元素となる。これらは核弾頭物質ないし厄介な長寿命高放射性廃棄物となるが、トリウムは核の質量数が232とそれらより6以上小さいので、プルトニウムなどの超ウラン元素を生み出さないから、核拡散防止上決定的に有利である。

【その3】高放射能で軍用に不適：トリウム炉から得られる核分裂性U233は、必ずU232を含み、その強烈なガンマ線は遮蔽不可能で検出は容易である(U235やPuなどはガンマ線が弱い)。U233燃料は、鉛25cm、コンクリート1mを貫通する極めて強いガンマ線を出し数時間で致死量となるから、核兵器にできない。監視検知などにも好都合だが、複雑な遠隔操作を要する「固体核燃料」には適さない。

#### 〔必要な技術要素の概要〕

①最適な液体核燃料の熔融塩：原発には、反応が遅く複雑な「固体」や大容量で高圧になる「気体」よりも、作業媒体として「液体」がよい。最適なものは、弗化リチウムと弗化ベリリウムの混合塩(LiF-BeF<sub>2</sub>)を溶媒にし核燃料弗化物を溶かした「熔融弗化物燃料塩」であり、化学的に極めて安定不燃な常圧液体である。放射線による照射損傷を全く受けず、1液相で核反応・熱輸送・化学処理用の優れた3機能を兼ねる。500℃以下に冷えれば放射性物質閉じ込めに有効で安定なガラス固化体となる。

②増殖発電炉方式の不採用：理想といわれているが大型かつ複雑化しても増殖能力は不足である。図1(D)の様に倍增時間を約10年にして世界に展開利用するには、核燃料増殖施設と発電炉を分離した上での組み合わせ(協働体)によって、高性能の燃料増殖サイクルを構築するほかはない。これを「トリウム熔融塩核エネルギー協働システム」と名付けた。

③発電炉FUJI：1985年に基本構成を確立したが、機能・構造・運転・保守が単純で、小型化しても原発として理想の“核燃料自給自足”能力を持つ「熔融塩発電炉(愛称：FUJI不二)」を実用化させる。原子炉容器内部は、常圧の熔融塩と頑丈な裸の黒鉛減速材(融点4千度)のみで単純に構成される。漏洩して燃料塩がなくなれば炉は止り、再臨界・炉心熔融などは固体核燃料でないから考えられず、過酷事故は原理的に起きない極めて安全な原発である。例えば図2および図3に示す小型熔融塩発電炉(FUJI)のように、15万kWe発電規模の炉本体は直径約5.4m高さ約4mの単純な熔封タンクである。炉寿命の間、炉開閉・黒鉛取替え・連続化学処理・燃料取替の全てが不要である。事

故時に放出され易い放射性クリプトン・キセノン・トリチウムは、常時取り除いて安全性を高め、1日当り400g相当のトリウム塩を年に2、3度添加するのが主要作業である。発電効率は44%と高く、廃熱量が減る。小型化でき、電力負荷に応じた柔軟な運転操業ができる。安全だから需要地近くに置かれ、送電網整備が節約できる。

④核燃料増殖施設 AMSB：1980年に創案した10億eV加速陽子でスプレション中性子発生反応させる加速器熔融塩増殖施設(AMSB)で、U233を生産しFUJIと協働利用する。Th濃度を高めた上記の熔融塩をターゲット/ブランケット兼用の構造とし、技術的困難が克服できた。

## 6. トリウム熔融塩協働システム開発

幸いトリウム熔融塩炉の技術基盤は、1950-80年頃に米オークリッジ研の優れた努力で整っているが、彼らが目指した熔融塩増殖発電炉MSBRには次の欠点がある：①増殖性能不足、②炉直結の連続化学処理装置の実用化が困難なばかりか核拡散防止に不適(第8章参照)、③炉心黒鉛が数年毎の取替えを要し液体核燃料炉の利点を損なう、④複雑高価で大型炉となる、などである。

トリウム熔融塩核エネルギー協働システムは、これらの困難を解消し実効的な増殖サイクルの早期実用化と「核拡散防止」に優れた体系を完成させるものである。その実用化戦略は十分に負担軽く実現性は高い。概要を示すと、④まず、図4(図2も参照)のような超小型原発miniFUJI(7000kWe発電)を建設運転する計画で、日米露三国共同で推進する構想をもつ。既にオークリッジ研が4年間の無事故運転に成功している熔融塩実験炉MSRE(7500kW空冷、図5参照)の成果を全面的に生かすので、研究開発費・期間は僅か300億円、7年でよい[機器開発では、同じ高温融体の液体Na炉技術が活用できる]。種々の革新原発炉型のなかで既に実験炉段階を終えているのは、この炉型のみと云えよう。FUJIの10年分相当の核燃料燃焼試験を、熔融塩実験炉MSREは終えているのである。

⑤miniFUJIで技術基盤が整えば、小型原発FUJIも10~13年後には建設運転開始できよう。時間と経費は極めて重要である。

⑥初期燃料には、低濃縮U235でもよいが、既存プルトニウム(Pu)を使いその消滅をも兼ねて核拡散防止を強化させる。既存の使用済み固体核燃料からのPu含有燃料塩の製造は単純な「弗素化乾式再処理法」で容易であり、基礎開発は終えている。このような運用で現在の原発体系から円滑経済的に新トリウム技術体系へ移行できる(図6参照)。軍用の余剰Puも含めて最も経済的なPu利用焼却手段であり、核拡散防止策の最たるものとなる。

⑦将来のU233補給用の増殖施設AMSBは開発を急ぐ必要なく、Puが使われてしまう25~30年後までに実用化すれば良い。これは世界に2,30箇所整備された「地域センター」に集中整備される。そして、使用済み燃料塩を受け入れて化学処理・核廃棄物処理された後、増殖施設AMSBで再生再利用される(図6参照)。

⑧核廃棄物は、超ウラン元素がなく運転保守作業の絶対量も少ないので、発生量も少ない。さらに原発最盛期[2070年頃]以降の後退期に余剰核燃料(すなわち中性子)を利用して、熔融塩燃料サイクル内部で経済実用的に核廃棄物消滅処理ができる。核廃棄物問題を飛躍的に改善できるが、熔融塩および施設はそれに最適な作業媒体である。



FUJI は高温工業熱供給にも有望である。出口温度の 700℃は、ニッケル系構造材なので高温化は比較的容易であり、水素製造炉としても有望である。今世紀中頃には、0.1～1 京円規模の世界に有益な基幹産業を構成できる。

## 7. 核拡散防止に優れたトリウム(補足)

より専門的になるが、核拡散防止での利点をもう少し補足したい。

旧ソ連からの核弾頭流出は事実であろうが、U235 または Pu 爆弾の弱いガンマ線が監視・検知を致命的に困難にしている。トリウム炉からえられる核分裂性 U233 は必ず U232 を含み、その強烈なガンマ線は遮蔽不可能・検出容易である(第 5 章参照)。例えば原子力担当 IAEA 副事務局長セメノフらも「トリウム-ウランサイクルは、プルトニウムのもつ汚名と無縁である。」と明言している (IAEA Bulletin, 1993/3)。実効的な汚名排除には、トリウムを使うほかはない。

ガンマ線はさておき核弾頭 1 個分(約 8 kg)を熔融塩炉から取りだそうとしても、塩中濃度が 1 重量%だから塩約 1 トン(300 リットル)が必要である。鉛の厚さ 25 cm またはコンクリートの厚さ 1 m もの遮蔽を介して持ちだし抽出する秘密作業は、事実上不可能である。勿論、分離後も同様である。

理論的には、運転直後の燃料塩から Pa233 を直ちに分離すれば、これから U232 を含まぬ純粋 U233 が入手できる(第 5 章参照)。だが、この場合は標準の FUJI 原発がもつ塩 50 トンの全量持ちだしが必要で、また放射能低減のために冷却しては半減期 27 日で消滅してゆき、入手は非現実的で考えられない作業といえる。

旧来の熔融塩増殖発電炉 (MSBR) は、Pa233 分離を行う連続化学処理装置を備えていて危険であったが、それを排除した新構想は核不拡散に決定的に優れている。

## 8. 新トリウム構想と国内外の支持

上記の構想を、「今まで聞いた事もないし、奇異で信じられない」と皆が言う。それに答えるのは簡単ではないが、敢えて言えば次の 2 点となろう。

- ・ 30 年来「教科書」から抹消： 従って現業の核科学技術者たちは現行技術の部分専門家で、初期の人々のように「原論」を知らない。下記の事例のように真の専門家達は知っている。

- ・ その原因は「冷戦の激化」： 「知られては困る」と戦略政策家・技術者達が彼らに有利になるよう策謀したのであろう。現に 30 年以上前の「教科書」では無視どころか大いに論じられていた。戦中から 1970 年台半ばまで、諸国で液体核燃料炉研究に多大の投資がなされていたのである(文献参照)。

フェルミが 1942 年末に最初の原子炉運転に成功した後、シカゴではノーベル賞受賞者ウィグナーらの指導で“ニュー・パイル”セミナーが催された。そこで、ウィグナーは燃料体に「液体」しかも「熔融弗化物塩」を大いに支持した。弟子のアービン・ワインバーグは、戦後ウィグナーとともに米国オークリッジ研究所を育てつつ、「熔融塩炉」開発を指導した。日本も含め各国で液体核燃料炉の研究がなされた中で圧倒的に成功したのがこの「熔融塩炉」であるが、1976 年に政治的に予算が打ち切られた。「加速器増殖」の方も、カナダのチョークリバー研究所が物理学的基盤づくりに成功したが、同じ頃に予算を打ち切られている。

それらの実用化の可能性を大いに高めたのが、核燃料増殖施設 AMSB(1980 年) および熔融塩原発 FUJI(1985 年)による“トリウム熔融塩核エネルギー協働システム構想”提案である。その後、華やかではないが国内外の研究者の協力および有力な指導者たちの支援推奨を受けつつ育ってきた。

開発経過の詳細は文献に委ねるほかはないが、少し補足すると、国内では、1981 年に茅誠司・西堀栄三郎・伏見康治・斉藤信房・山本寛その他の諸先生方の「トリウム学術委員会」、自民党超派閥の議員懇話会、経団連や土光敏夫氏の尽力をえたが、時期尚早であった。

仏電力庁から高速増殖炉が完成した 1987 年末に、「2 号機を作れば破産。熔融塩炉の共同研究を」と招待されたが、1998 年の増殖炉廃棄決定以前であったから、10 年先行し過ぎたといえる。

旧ソ連から 1983 年に共同開発提案をうけたがまだ尚早であり、その後ロシア・ベラルーシ・チェコ・トルコなどから多大の研究協力をえた。1995 年、露最高の核開発機関技術物理研究所[シベリア西端]から miniFUJI の共同建設が提案され、日・米・露三国共同開発計画会議を持ち所内に建設予定地も内定している(露政府も認知)。

米国とは 1974 年頃より日米熔融塩炉共同研究を始め、オークリッジ研の歴代所長や研究者から多大の協力をえている。1992 年には大統領科学技術補佐官アラン・ブロムリから理解と激励を、1997 年には次の補佐官ジョン・ギボズより三国共同開発への理解をえた。最近の第 4 世代炉国際フォーラムが選んだ 6 炉型中に熔融塩炉も入っている。ローレンスリバモア研も協力的で、指導者エドワード・テラー(直後死去)らが最近支持論説を発表した(Nucl. Tech. 151, 334(2005))。

1997 年、国際専門家会議(日・米・露・ベラルーシ・仏・印・チェコ・トルコ及び IAEA より 24 名参加)でこの構想は全面的賛同をえている。OECD の IEA、NEA および IAEA の 3 者共同調査(2002 年秋)では国際共同開発に推薦された。その他ブラジル・中国・インドネシア・韓国・オーストラリアなどが関心を示している。

なお、2001 年 8 月に『『原発』革命』(文春新書)を出版し、理解は社会に拡がり始めた。また、最近の国際核政策の混迷や核テロ恐怖・石油価格高騰などから、諸国の「トリウム」への関心はようやく高まりつつあり、今こそ、日本が率先して行動すべき好機である。

## 9. おわりに

核拡散・核テロ防止を大きく前進させるためには、速効的ではないが新しい核平和利用技術体系が必要であり、実現性の高い具体構想：“トリウム熔融塩核エネルギー協働システム”が有効である事を提示した。これは現原発体制から円滑に移行でき、日・米・露中心の国際協力開発も計画されている。

既に基礎技術開発を終えているので、全構想に対する必要資金と期間は数兆円程度と 2-30 年で済むのは確かで、国際的には微々たるものである。最盛期には総計で 0.1 ないし 1 京円規模の世界に誇り益する産業が創生されよう。このようなものの実現によってこそ「核拡散防止」は本格化できると確信する。

資源・国土の乏しい日本の未来「物作り」産業育成のためにも、国際開発を開始しようではないか。国家の支援も必要であるが、強い技術確信と高い道

義心と善意の下での民間協力こそが、この成功と世界展開を約束するであろう。積極的な国民的検討討議の開始を望みたい。そして心ある企業家の奮起を期待する。

これが異常というべき「核拡散問題論議」の現状に実効性ある提言を加えられると確信したい。科学の世界には“負”の面が明らかに存在するが、それとの闘いを通して人間の“理性”を高めるのが“科学技術の道”と信ずる。

この計画には計り知れない協力支援を、国内外多数の方々から頂戴している。お名前を明記できないが、心から感謝の意を表わせて頂きたい。

## 【補足的文献】

- (1) 古川和男：“「原発」革命”：文春新書，文芸春秋社，2001
- (2) 古川和男：“液体燃料”，「原子炉工学講座 第4巻」，P. 77～113，培風館，1971.
- (3) 古川和男：エネルギー・資源、17、332～338(1996)【展望・解説】
- (4) 古川和男，加藤義夫：日本物理学会誌、57、467－475(2002)【交流】
- (5) K. Furukawa, H. Numata, Y. Kato, K. Mitachi, R. Yoshioka, A. Furuhashi, Y. Sato, K. Arakawa：Electrochem.，73、552-563(2005)【総合論文】
- (6) 和文論説・資料集：計三冊約千頁；  
英文論文論説集：計三冊約千頁；  
技術資料三冊：トリウム構想後援会 ([takahashi@cosmic-power.com](mailto:takahashi@cosmic-power.com))

(以上)

“核拡散防止への実効ある提言”(付属の6図)

トリウム熔融塩国際フォーラム 古川和男

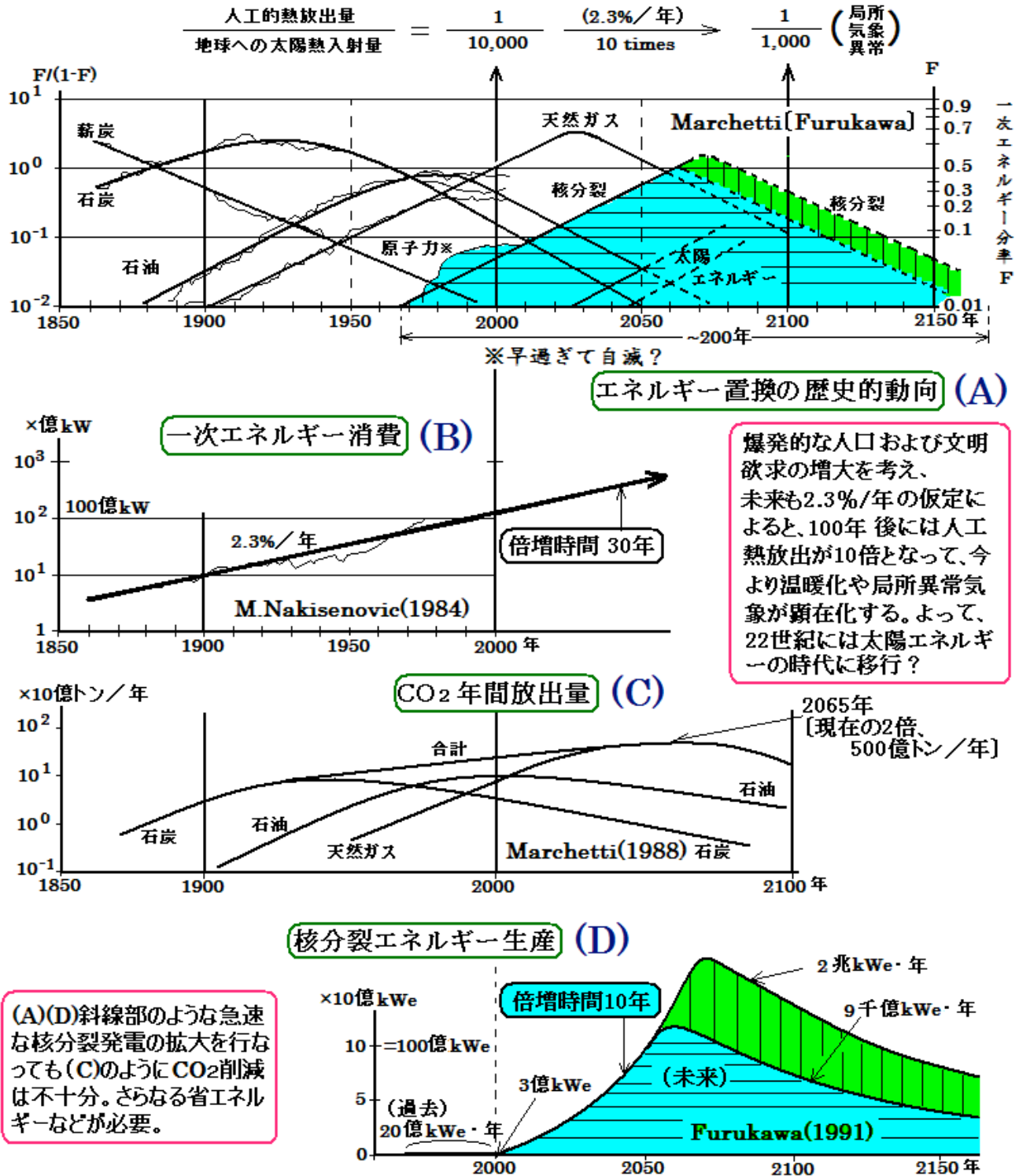


図1 核分裂エネルギー産業の規模予測

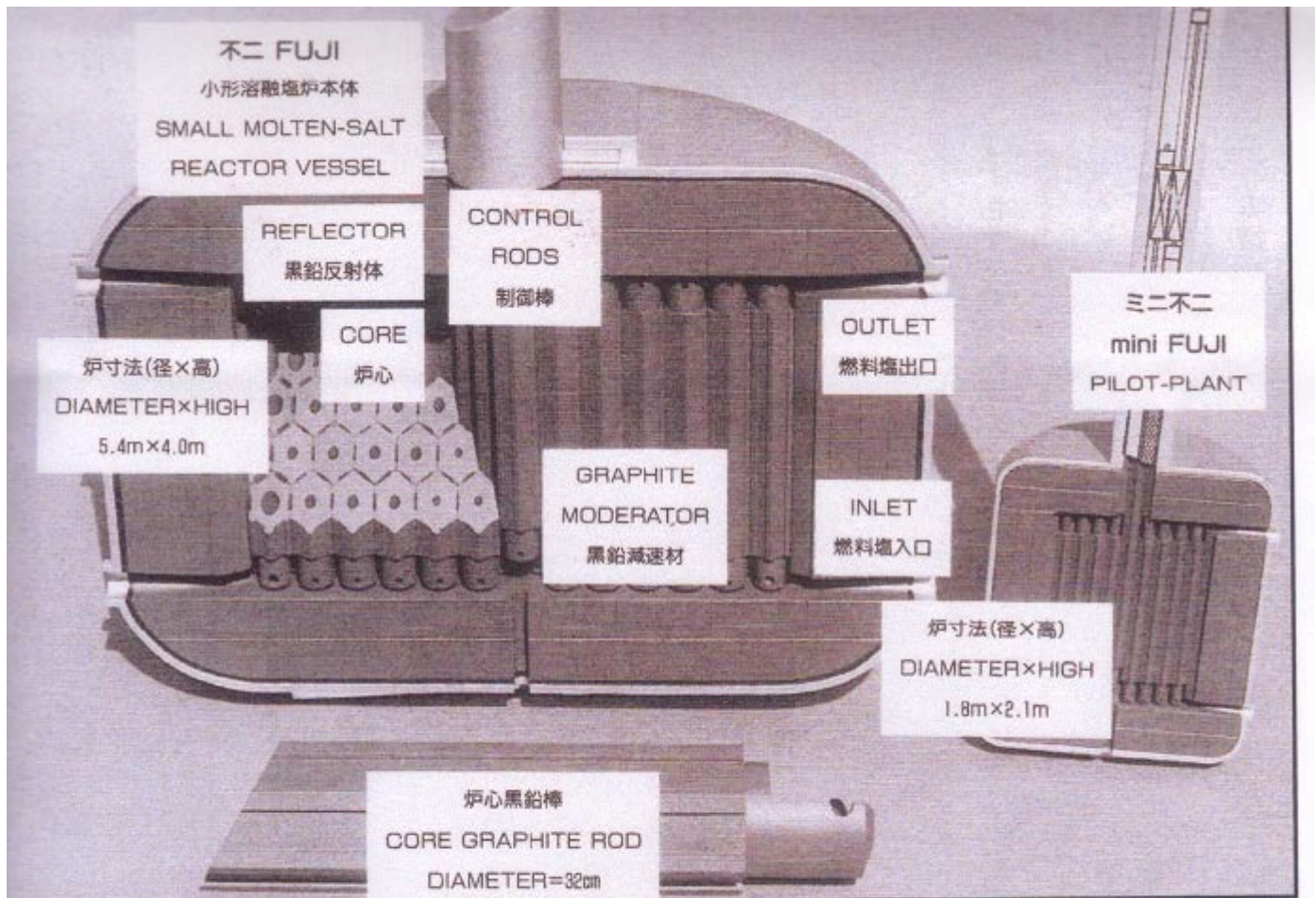


図2 小型熔融塩発電炉FUJIと超小型miniFUJI(右)の炉本体断面模型図

左は、標準小型炉の本体(直径5.4m・高さ4m・15万kW)の模型。内部は裸の黒鉛が90%を占め、残りの隙間を燃料塩が、最高1m毎秒で上向きに流れる。右は、同一寸法のパイロット炉本体(直径1.8m・高さ2.1m・7,000kW)の模型。同規模の実験炉が成功している。

15万KWe 小型熔融塩発電炉 (FUJI)  
 150MWe SMALL MOLTEN-SALT REACTOR "FUJI"

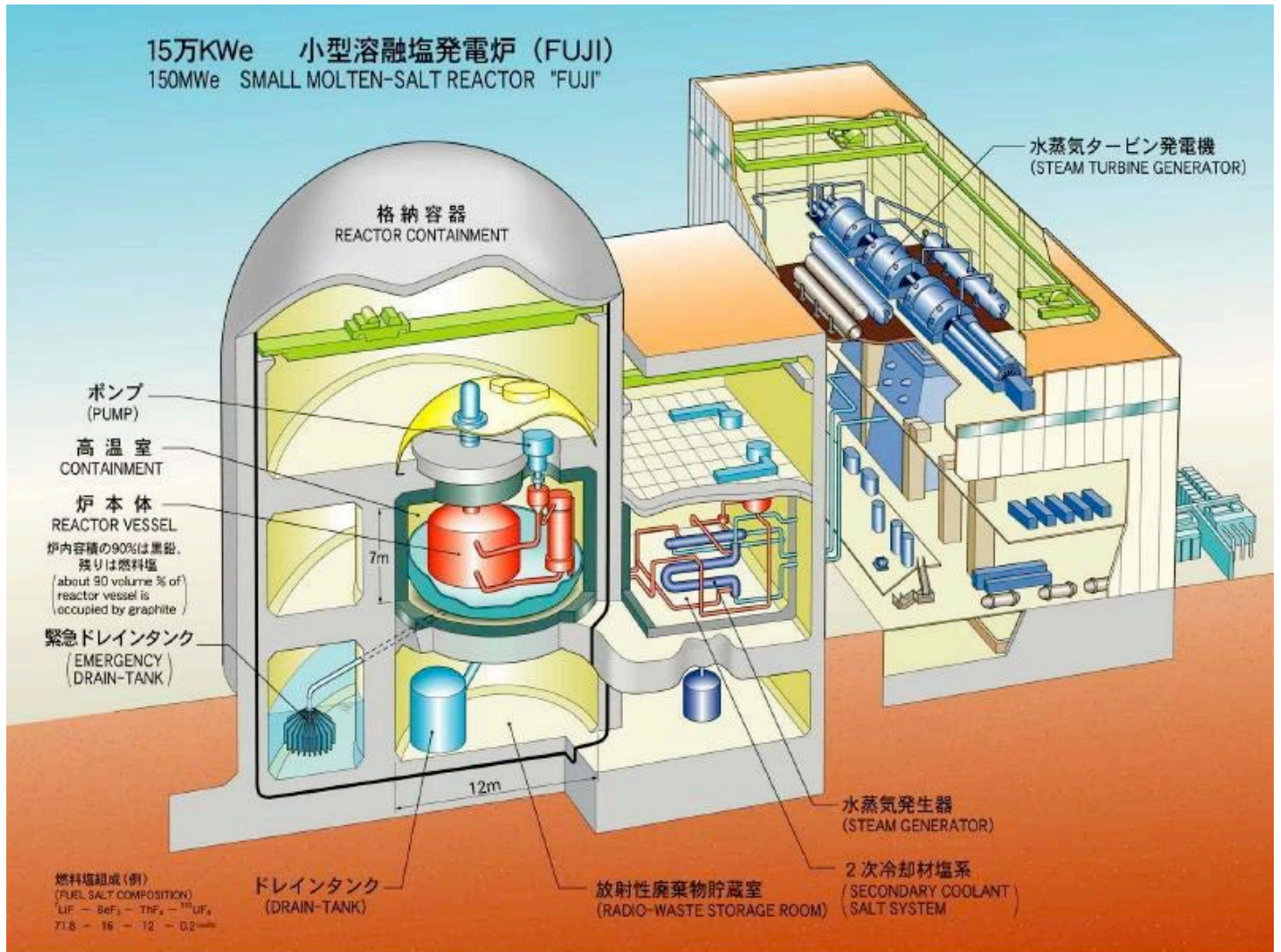


図3 小型熔融塩発電炉 FUJI の全体図

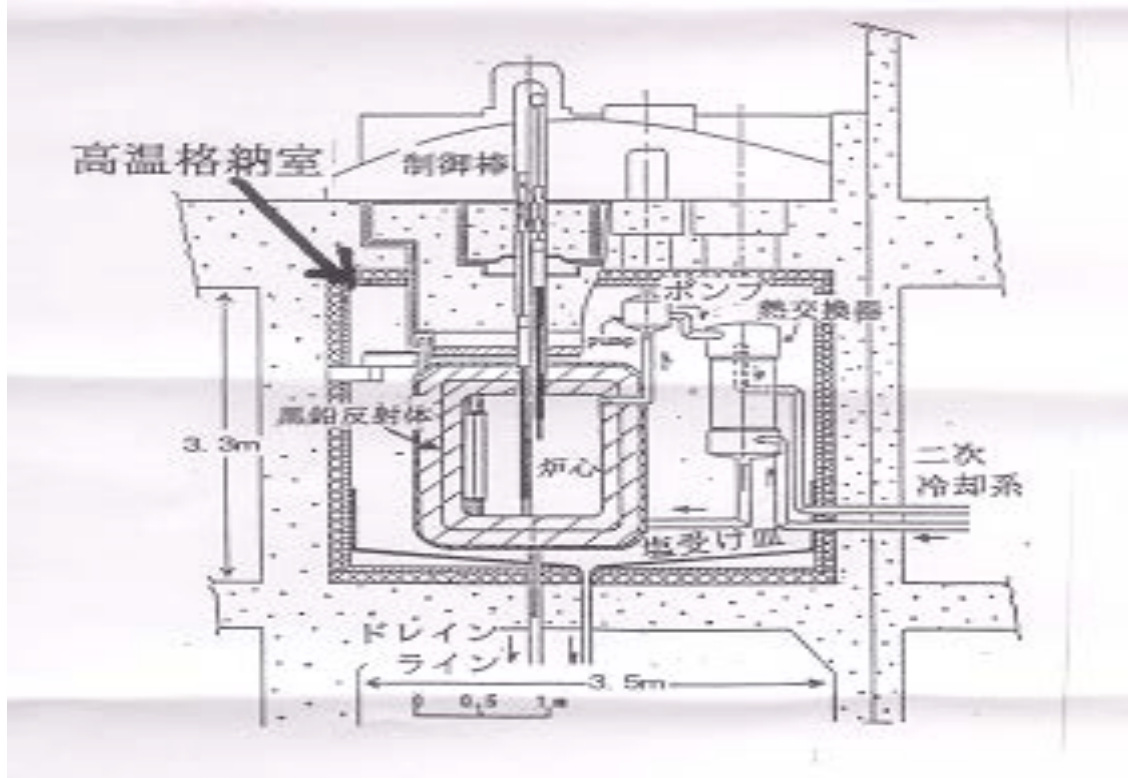
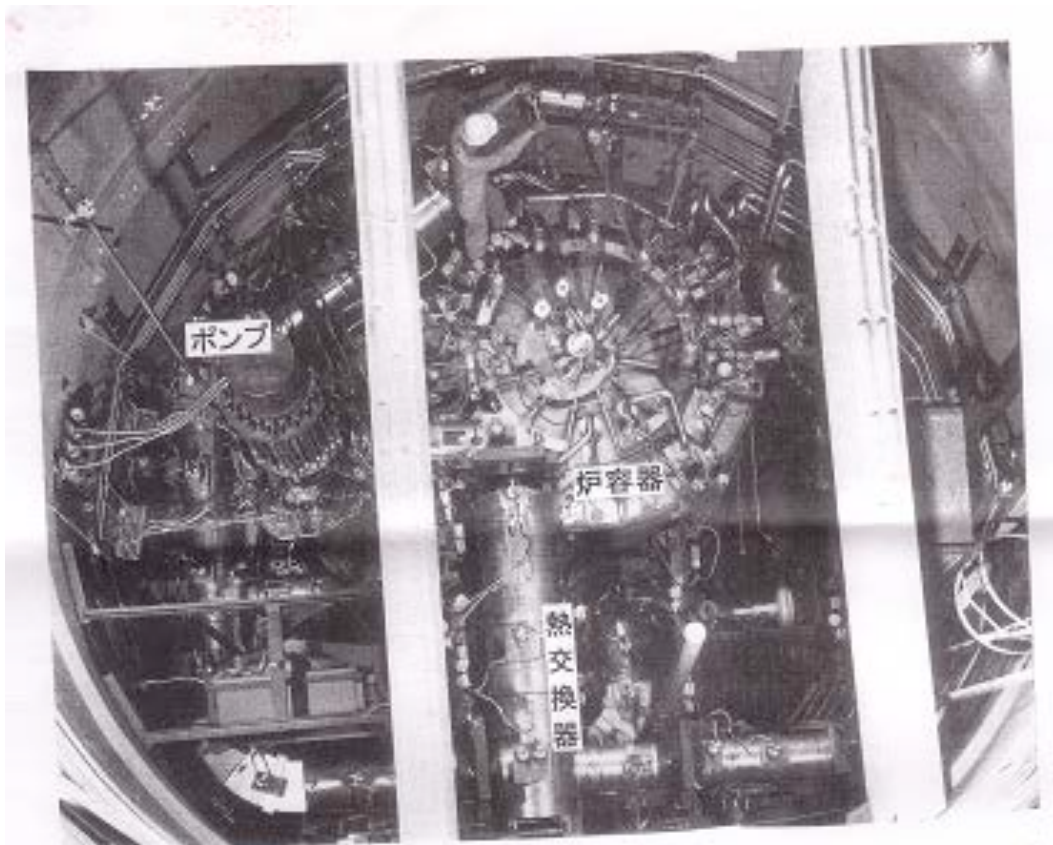


図4 超小型熔融塩炉 miniFUJI の概念設計図

- ◆このパイロット炉本体(直径1.8m・高さ2.1m・7,000kWe発電)の模型図は図2参照。同規模の実験炉 MSRE が既に成功している。
- ◆図5の実験炉 MSRE と殆ど同規模であるが、主配管は15cmから8cm径と細くなり、空気冷却ではなく7,000kWe発電。



実体写真：運転直前の熔融塩実験炉 MSRE の炉格納室内部  
 (米国オークリッジ研究所にて、1965~69 年末まで無事故運転)

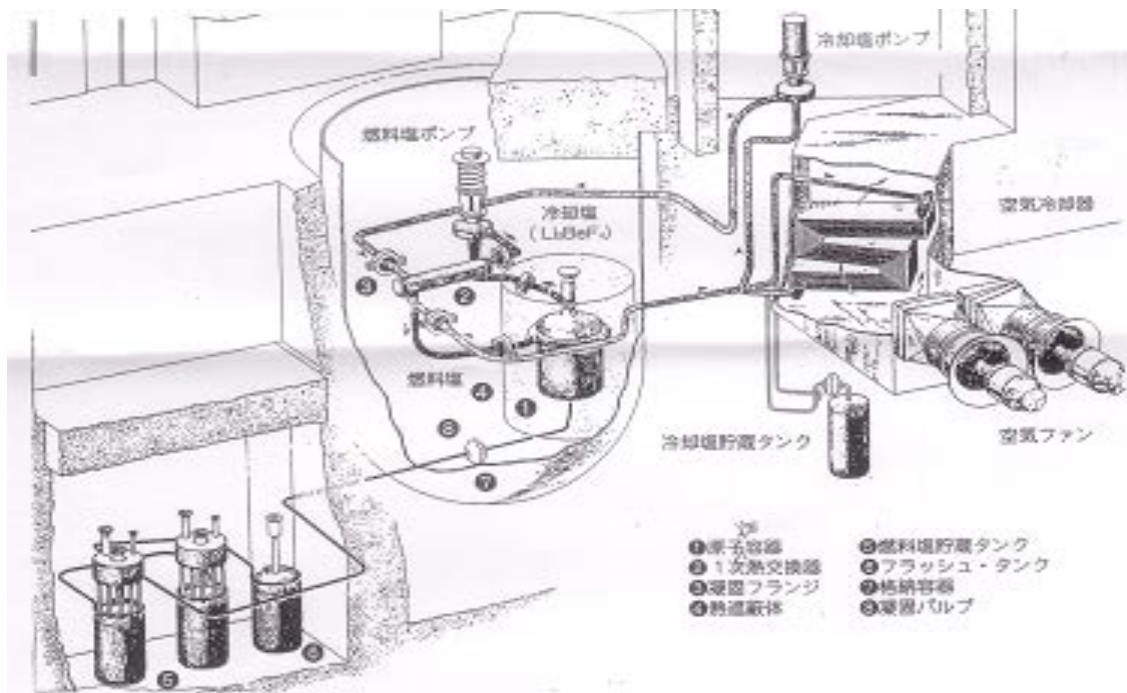
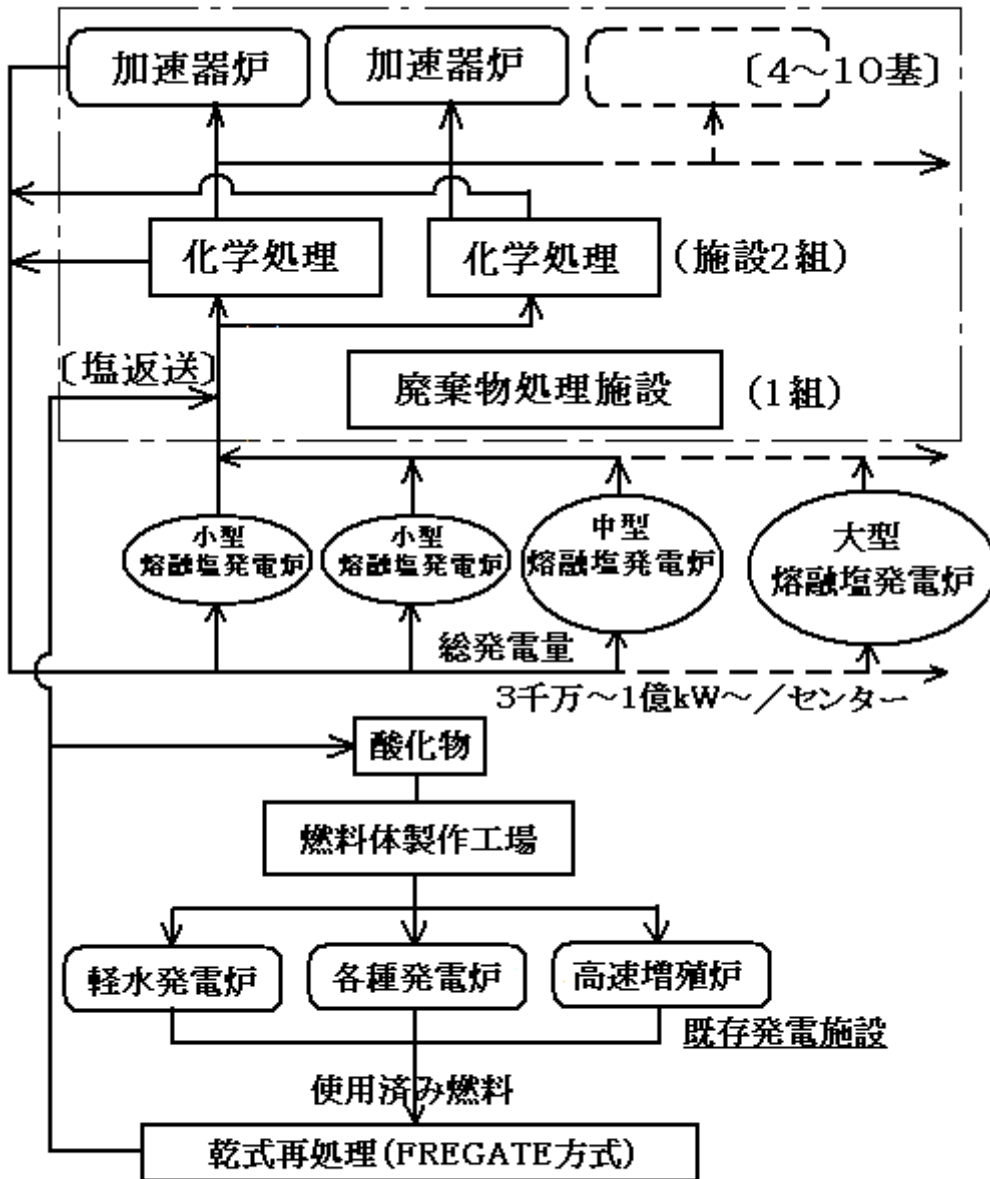


図5 熔融塩実験炉 MSRE(米国オークリッジ研究所)  
 (1965年6月—1969年12月の間、17,655時間無事故で成功裏に運転実験された。熔融塩ループの総運転時間は26,076時間。)



《加速器熔融塩増殖施設および化学処理センター》

この地域センターを、世界に20~30ヶ所整備



過渡期における他炉型との共存状態を示す

図6 加速器熔融塩増殖施設と熔融塩発電炉の組み合わせシステム〔トリウム熔融塩核エネルギー協働システム〕

過渡期における他炉型との共存状態も示した