

■ 展望・解説 ■

新しい核エネルギーと来世紀環境対策について — トリウム溶融塩核エネルギー協働システム —

On The Nuclear Energy and Global Environmental Measure in the Next Century
— Thorium Molten-Salt Nuclear Energy Synergetics —

古川 和 男*

Kazuo Furukawa



Abstract

来世紀エネルギー環境対策は混迷の極にあるかに見える。原因は余りに誤謬に満ちた見解が前提となっているからと考えられる。特に核エネルギー技術に関して著しいと言わざるをえない。まずそれらの根源の再検討を進めつつ、次に具体的打開策として「トリウム溶融塩核エネルギー協働システム」構想の概要を示す。安全性、核廃棄物、核拡散・核テロ対策、社会適合性、経済性などで、決定的長所を持つと考えられる。

1. はじめに

1995年に入り、改めてCO₂問題の手づまりが大きく報道されている。言うまでもなく、これは来世紀再来世紀を含めてのエネルギー戦略再構築を要求しており、省エネルギーとかCO₂回収で片付く問題ではない。しかし現実性ある対応策は何一つないかに見える。

CO₂のみでなく、高度の環境汚染、廃棄物を思うとき、もし産業エネルギー源として太陽エネルギーが実用できるようになれば理想に近いであろうが、まだ一世紀は要すると考えられ、化石エネルギーとそれとを橋渡しするものとして、核エネルギーは必須の筈である。しかし、現状は無惨である。これでよいのか、抜本的に考えなおしてみたい。

ここには、我々が35年をかけて追求して来た検討結果の大筋を示し、再出発案を提示してみたい。それは殆ど常識を覆すものとなるであろう。

2. 新構想——THORIMS—NES

原爆・原潜に始まる核エネルギーの歴史は余りにゆがんだものであった。しかし、それらの根幹をなした冷戦構造が消滅する中で、ようやく非軍事的な新路線が国内外の支持を得て来つつある。それを1987年から

トリウム溶融塩核エネルギー協働システム〔THORIUM MS-NES: Thorium Molten-Salt Nuclear Energy Synergetics〕と名付けた。その基盤となっている思想を、十数項目に要約して示してみたい。

なお、その論據のより詳細は、数年前からかなり詳しく、一般向け文献(1)で解説してある。個々に引用しないが参照していただきたい。

2.1 環境は有限、資源は実効的に無限

環境とは取敢えず大気と地表であろうが、大気は実に僅かの物量である(表1参照)。極めて脆弱で有限と言うべきであろう。

表1 大気と大地の物量比較

	大気	大地	質量比
地表1cm ² 当りの質量	1kg	(深さ1kmまで) 3g/cm ³ × 10 ⁶ cm ³ (深さ10kmまで) " 10 ⁶ cm ³	300 3000

しかし、資源をローマクラブの警告に従って安易に有限と言うのは、恣意的であり営利誘導的である場合が殆どである。局所的、短期的、過渡的な場合を除き、有史以来枯渇したものをまだ知らない。埋蔵量などと言うものは全く営利的で、常に30~50年分以上とはなりえない性格のものである。しかし、如何なる資源でも無駄使いは許されない。これには環境の有限もからまる。まして核物質の場合は一層僅少量なものとなる。廃棄物を増やしてはならず、原則として掘り出したものは使い切るべきだからでもある。ここでは、国際的独占が問題である。

今の主題のトリウムは、来世紀一杯使い続けても、インドの海砂からで十分な位で、何も問題ない。

「石油が涸渇するから、高価に付いても(もしくは危険でも)原発が必要」などと言う暴論には、絶対組してはならない。経済原則は、恣意的に崩せはしない。

また次の項目も深く関わってくる。

*元東海大学開発技術研究所教授
〒259-12 平塚市北金目1117

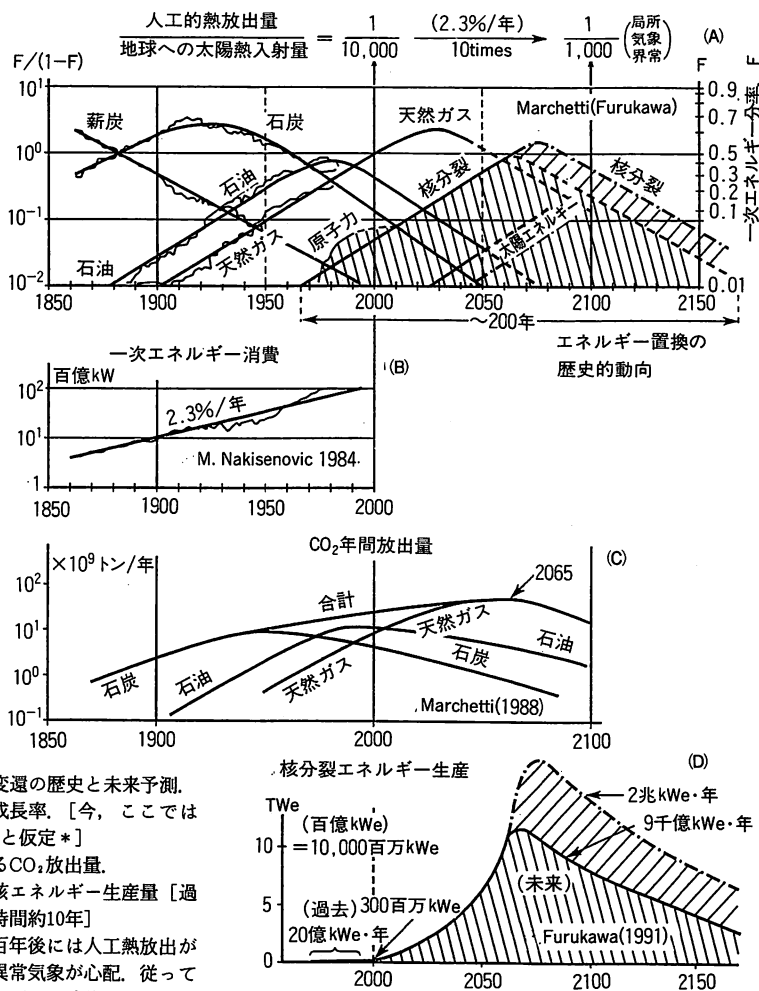


図-1 来世紀に必要な核エネルギー産業の規模

2.2 主要エネルギー技術の寿命は約二百年

図-1に示したように、得られた限りの統計データから、主要エネルギー技術はほぼ二百年が寿命とみられる。次々と社会により良く適合し経済的な技術が生れ、交替を迫るからである。石炭に次ぎ石油が、そして次によりクリーンな天然ガスが延びてくるが、CO₂などの汚染で次第に後退（対策費を加えると高価という事）を強いられ、核エネルギーに移る他はないと思われる。

しかしそれもしばしば核融合学者が言うように、究極永劫のエネルギーとなることはない。上記の諸エネルギー技術は全て熱発生型技術であるから、地球への太陽入射エネルギーに比べて現在の1万分の1から千分の1に迫ってくる（図-1上部）。私の考えでは、平均気温上昇はまだよいが局所的加熱高温化によって致命的な局地気象災害が続発するのではないかと思う。

それはどのような条件が整ったならであるか、専門家はまだ誰も答えてくれないが、否定した人を知らない。少なくとも来世紀前半に否定できなくなるであろう。その他の面からも、非熱発生型エネルギー即ち太陽エネルギーへの移行を急がねばなるまい。中間に核エネルギーがあると考える。

2.3 来世紀中心に必要な核エネルギー：核分裂

図-1から我々が必要とする核エネルギーは、(a) 倍増時間で10~15年、(b) 少なくとも最大百億 kWe 位、(c) 総発電量で1,000~2,000TWe・年であり、これは過去の核による総発電量 2 TWe・年の数百倍に相当する。しかも20年位で軌道に乗せなければならないので、核分裂に頼る他ないのは明白と言える。それも増殖サイクルでなければならない。

2.4 トリウム利用は決定的

U-Pu 増殖サイクルは、すでに経済性獲得に今後さらに35年は必要と宣言している。安全性、再処理、核廃棄物、Pu 関連の核拡散・核テロ対策問題、そして輸送問題だけを取ってみても、世界展開は無理であろう。Pu 総量が数万トン以上になる事だけでも考えてほしい。このPu 消滅対策がすでに我が国でもIAEAでも主題となっているが、これにもTh サイクルは決定的に有利である。他の難題のほとんど全てにも有利と思われる(後述参照)。

2.5 原子力発電所は化学プラント：液体燃料を！

原子力発電所(以下原発と略称：正しくは核エネルギー発電所)は原子核化学反応エネルギーを利用しようとするのであるから、核そして元素が変わる化学プラントであると考えるのが正解である。化学プラントの作業媒体は液体であるべきである。1950年代には世界はそれを執ように追求したのである。

2.6 トリウム溶融塩炉技術の成功

結論として、殆ど溶融弗化物塩を燃料とするもののみが有望となった。これは1947~1976年にわたる米国Oak Ridge 国立研の余りに完璧な理論的技術的開発努力によるものである²⁾。その結果、単純な炉構造・運転・保守性格、苛酷事故の考えられない高い安全性などが、実験炉MSRE 4年間の美事な運転実績(1965~69)で証明されたのである。

2.7 増殖サイクルが必須

しかし、Th は天然には²³²Th が100%であって、これに中性子を加え²³³U にしないと有効に核分裂させられない。従って、Th-²³³U サイクルは増殖型であることが必須である。実用上、2.3節から明らかなように、U-²³⁹Pu サイクルにおいてもそれは同様である。

2.8 しかし増殖発電炉構想は幻想

増殖と発電を兼ねる原発、例えばNa 冷却高速増殖炉は少くも概念としては理想“夢”と言われ、皆信じている。筆者も35年前に確信し、日本のNa 技術の基礎作りを引受けた。それを終えた後は、よりよい溶融塩増殖炉を推奨していたのであるが、加速器溶融塩炉を考え始めた中で、次第に来世紀世界には不適格であることに気付いた。

2.3節の要請には全く答えられないのである。増殖性能が全く弱い。倍増時間で言って20年以下にはとてもなりえない。しかも全世界の炉が高性能・大型・複雑な増殖炉になったとしてもである。発電所は公共施設としてより単純で規模自由なものでなければ、世界

に展開できない。では、どう対処するか？

2.9 増殖作業と発電は分業：symbiotic (共生系) 結合

燃料製造は生産工場作業である。一方発電所は公共的施設の性格をもつ。それらは互に本性が全く異なり、合せて二兎を追うものは何も得られない。

分業すれば、かえって各機能を十分に発揮し、それを結ぶ溶融塩燃料サイクルがうまく働く増殖システムが完成できる。装置としては互に独立しつつも、助け合って高い機能を発揮することを symbiotic (共生的的) と言い、全体を協働システム構想 (synergetics) という。

この考えに沿って、溶融塩増殖施設と、溶融塩発電所と、補助的処理施設などを全体系にまとめたのが「THORIMS-NES」である³⁾。以下にもう少し具体的に解説する。

2.10 増殖には加速器溶融塩増殖炉：工場，集中立地

加速器溶融塩増殖炉 (Accelerator M. S. Breeder : AMSB) は原研時代の1980年に塚田甲子男、中原康明氏の協力をえて発明したものである。

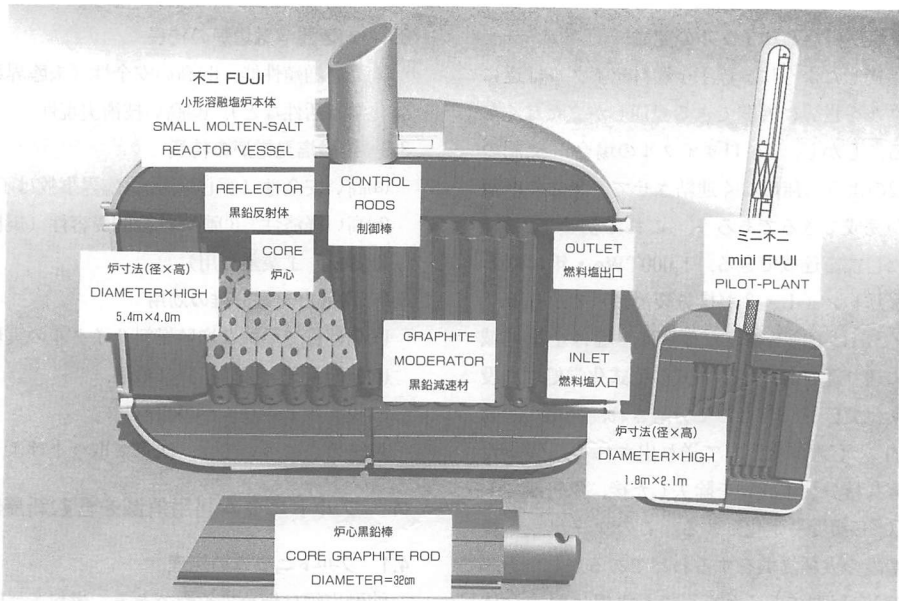
その物理的基礎は、カナダのChalk River 研の人々が約30年をかけて作ったものであった。それを基礎に化学工学的に実現性の高い設計概念にまとめたものである。簡略な解説は本誌⁴⁾でも行ってあるので立入らないが、1 GeVの陽子を溶融塩、例えば⁷LiF-BeF₂-ThF₄-²³³UF₄(64-18-17.5-0.5mol%) に直接入射するようになっている。塩浴の大きさは直径4.5m最深7m位で、中央に深さ約1mの渦を作り20cm位離れた偏心点に径10~20cmの陽子ビームを入射する。塩は、陽子とTh核とのスポレーション反応とそれで生ずる20個位の中性子により、Th を²³³U に変換させる。一流体がターゲットとブランケットを兼ねられる。

一般に技術的に最も困難な照射損傷、除熱はここでは問題とならない。炉化学的な問題解決にも種々有利である。加速器(1 GeV, 100~300mA連続) 開発を含め、20~25年で実用化できると考えられる。

これを10~数10基集中立地し、燃料塩、ターゲット/ブランケット塩の化学処理、廃棄物処理を行う地域センターを、世界に最大約30ヶ所設けるとよいであろう。これには充分な保障措置が加えられる(図-2参照)。

2.11 発電には溶融塩核分裂発電炉：公共的施設

その塩は汲み出されたならば、全世界に展開している溶融塩発電炉に送られて、塩組成を調整しつつ注入し運転開始する。



左は、標準小型炉の本体（直径5.4m、高さ4m、16万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。炉内は、黒鉛と塩のみから成っている。手前に棒状黒鉛の見本があるが、炉中央で隙間が少なく、よく中性子が減速されて核分裂が進む。周辺は塩、すなわちトリウムが多く、ウラン233再生に有効で、それが自給自足される。日量400grのトリウム供給のみで良い。右は同一寸法のパイロット炉本体（直径1.8m、高さ2.1m、7000kW）の模型である。同規模の実験炉が成功している。制御は1〜3本の黒鉛棒による。浮力で浮いて抜けると、減速が弱まり炉は止まる。

写1 <不二FUJI・ミニ不二mini FUJI> 炉本体断面模型図

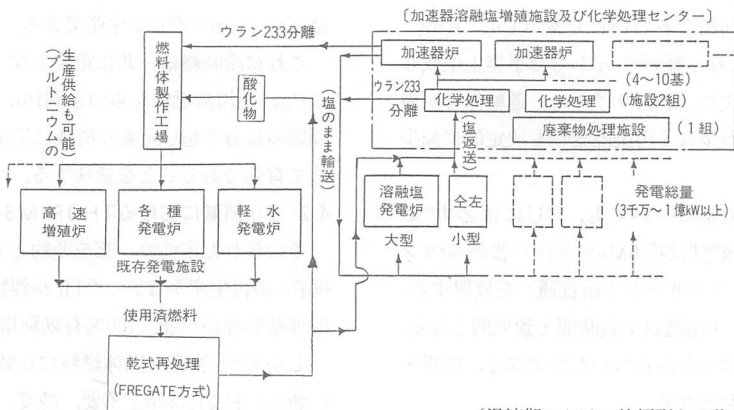


図-2 加速器溶融塩増殖施設と溶融塩発電炉の組み合わせシステム

(過渡期における他炉型との共存状態も示してある)

炉本体は、写1に示したように、単純なタンクに約90容積%の減速材黒鉛を裸で充填したものである。塩組成の調整、Th添加のみで核燃料はほぼ自給自足される。従って制御棒（黒鉛）も不要かも知れない。もし塩が洩れても、水空気と反応せず、炉は止り、黒鉛から燃料塩が離れるので再臨界事故、そして炉心溶融もありえない。

Kr、Xeなどは溶解度が無いので常時カバーガスから分離される。これは中性子損失を大きく低減させ、事故時のそれら放射能漏洩を未然に防ぐこととなる。

構造・運転・保守・輸送・安全管理などが全て単純簡便になるのは、説明を要さないであろう。燃料体および黒鉛の取替、連続化学処理（増殖発電には必要であるが、開発は困難）を要さないで、サイズメリットは余りなく、規模は自由であろう。このような設計思想の溶融塩炉をFUJIs series と名付けた。

代表と考えている16万kWeの小型炉をFUJI、その前のPilot plant（7MWe）をmini FUJI、100万kWe級のsuperFUJIと名付け、概念設計を進めているが、充分優れた経済性がえられる見通しである⁵⁾。

2.12 溶融塩燃料増殖サイクルの完成

すでに指摘したように、U-Pu 燃料サイクルは遂に増殖サイクルを世界に展開できる見通しが立たなくなりつつある。しかし、Th-Uサイクルの場合、上記の施設を図-2のように無理なく連結させて、念願の増殖サイクルが完成できるであろう。これで初めて2.3、節に示した目標を達成できる。1,000TWe・年に対しThは200百万トン（1/3が核分裂消費）で足りる。

発電所FUJIは寿命を終えたならば、塩は全量地域センターに送り還され、バッチ式の乾式化学処理施設でまず弗素化でUがUF₆として分離され、発電炉始動用塩に添加（²³³U濃厚化）して送り出される。残った塩は、有害な核分裂生成物を除去した後、ターゲット塩に添加（²³³U濃度一定化）する。このターゲット塩が発電所増設の火種提供をするわけである。しかも、FUJIは自給自足型であるから、最も負担は軽く全体の燃料サイクルは最も単純なものとなるであろう。

2.13 核廃棄物、核拡散・核テロ対策の改善

苛酷事故の考えられない優れた安全性は上記からお分かりであろうが、次に社会的関心の高い廃棄物についても決定的な改善が見込まれる。

まず、長寿命で問題の多い超U元素（Pu, Am, Cm等）が、²³⁸Uより6軽い²³²Thからは事実上生成しないからである。次に、燃料サイクル、運転保守が単純なため、作業量が少なく汚染廃棄物も決定的に減少できるからである。

核拡散・核テロ対策についても、²³³Uには必ず²³²Uが副生し、その娘核²⁰⁸Tlが2.6MeVという強烈なガンマ線（鉛20cm、コンクリート1m貫通）を放射する。核弾頭量の²³³Uは、半m離れて数時間で致死的となる。したがって、軍事につかわれないだけでなく、監視・検知が決定的に有利となる。

即ち、核拡散・核テロ対策にも充分適した“平和用核エネルギー源”なのである。今までこの主張に反対さえもせず黙殺して来たので、社会一般は知らない。

3. THORIMS-NESの主要な特長

この特長を簡潔に要約すると次のようになる。

3.1 トリウムサイクルとしての特長

- (a)豊富、普遍的で独占不能な資源。
- (b)超U元素が殆ど生ぜず、それらの燃焼消費に有利（次章参照）。核廃棄物対策に有利。
- (c)核拡散・核テロ対策に有利。

3.2 加速器溶融塩炉の特長

- (a)高い増殖性能。(b)高い安全性（未臨界系、常圧、化学不活性など）。(c)高い技術実現性。

3.3 溶融塩発電炉の特長

- (a)高い安全性（炉心溶融、再臨界事故は不可能）。
- (b)高い経済性、(c)高い社会的受容性（規格自由、立地容易、工業熱利用）。

3.4 増殖と発電分離の効用

- (a)高性能で単純な増殖燃料サイクルの実現。
 - (b)技術管理・保障措置に最適。
 - (c)脱プルトニウムへの貢献。
- 最後の点については、次章で取り上げよう。

4. プルトニウム利用消費を含む新展開

4.1 プルトニウムの処理

溶融塩炉は極めて柔軟である。燃料も²³³Uのみでなく²³⁵U、²³⁹Puに差替えてもよい。従ってFUJI-seriesの核分裂炉にPu（および超U元素）を全面的もしくは部分的に添加して、有効に燃焼消費させることができる。加速器炉AMSBでも同様である。しかもPu 1 ton消しつつ、FUJIでは約0.6~0.9ton、AMSBでは2~3 tonの²³³Uが生産できる。

これは冷戦終結と共に重要となった解体核弾頭からのPu、使用済燃料からの余剰Pu、さらにはかねがね問題の長寿命超U元素の消費にTHORIMS-NESが極めて有効であることを意味する。

4.2 Pu消費におけるTHORIMS-NESの利点

その優れた本性の一部を要約しておこう。

- (a)Puの再生産がない：²³²Thが親物質なので当然。
- (b)連続処理が可能。100%有効利用しつつ完全に消せ、しかも²³⁸U生産（固体燃料なら数度、再処理加工）
- (c)新しいR&Dは殆ど不要。純度、組成変動は問題でない。Pu供給が止まれば、²³⁵U、²³³Uで運転持続。
- (d)輸送は一度でよい。
- (e)解体後直ちに弗化物とし、²³³U（²³²U）で高ガンマ汚染させるとよい。使用時の組成再調整は容易。

核廃棄物処理にしても、U-Puサイクルでは超U元素を生産しつつ消費を言うが、まず作らないことであり、Th-Uサイクルではそれが出来る。また長寿命の核分裂生成物についても、元素分離、群分離は非経済な話である。塩から分離せずに燃料サイクルに残し、徐々に焼却、減衰させるのを原則とすべきである。

4.3 来世紀における新シナリオ

数年前まではPuは貴重品で、Thサイクルに分け

てくれるなど夢また夢であった。今は逆転し、次のような新エネルギー戦略が構築でき、より容易円滑にTh時代に移行展開できるようになった。

そこでは次の三計画から始める：

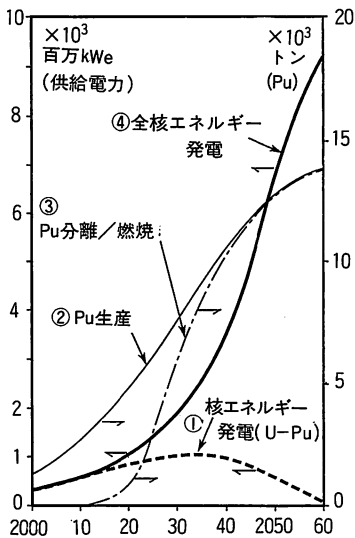
D-plan：今後のを含め使用済燃料全てを化学処理しPuおよび超U元素を乾式で経済的に分離。

F-plan：それをFUJI-Puで燃やしつつ発電し、²³⁵U生産。

A-plan：さらにAMSB-Puでも同様の作業を行う。

Dでは湿式Purex工場も利用してよいが、乾式溶解塩法で、弗化物塩として分離し、そのままPu燃焼用のFUJI-Pu、AMSB-Puで処理しつつ²³⁵Uに換えてしまう。核拡散問題のみでなく、高い経済性が期待できる。これらにより、次第に“地域センター”が育てられ、使命を終ったFUJI-Pu、AMSB-Puはそのまま標準施設に移行する。F、A-planで作られた²³⁵Uにより多数のFUJI発電所が世界に展開されて行く。

今後どれ位のU-Pu原発が世界に作られるか不明であるが、OECD/NEAでも現在の精々2、3倍しか期待していないので、図-3の最下点線程度と仮定して



- ① 来世紀世界でのU-Pu 発電予測 (2030年頃、現在の3倍)。
- ② それに伴うPu 蓄積総量 (約1.4万t) (一部は再処理?)
- ③ 不純なPu (含超U元素) を経済的に弗化物塩として分離 (D-plan), それを直ちにF-plan (MSR-Pu [FUJI-Pu], 2010年以降) A-plan (AMSB-Pu, 2020年以降) により、燃焼させつつ、²³⁵UF₄を得る。
- ④ これらにより、次第にTHORIMS-NESを完成させ総計で④曲線の発電を実現 (図-1 (D) 参照)

図-3 現U-Pu cycleよりTh-U cycleへの現実的移行方策^{5,6)}

みよう。これは細線のようなPu蓄積約1万4千トン意味する。これを2010年頃より化学処理を始め、分離PuはすぐF-planに回す。また2020年頃からはA-planも開始し、太い実線のように新しい原発群を育てて行く。この線は、図-1 (D) の目標量と一致する。

このような方式が、最も現実的経済的な世界対策ではなかろうか? 詳細は論文^{5,6)}を参照願いたい。ここに示したのは一例であるが、ここではFUJI-Pu、AMSB-Puの最大値は、約2億kWeおよび約650施設となった。ただし、それらの性能は今から30~50年後には大きく向上し、この数字も変わるであろう。

5. 国内外の開発経過、今後の見通し

この方面のR&Dにおいて、最初かつ最大の貢献をしたのは米Oak Ridge国立研ORNLである。1947年頃より基礎研究を始め、1954年には弗化物燃料塩の炉を動かし、さらに本格的な実験炉7.5MWth MSREを1965~69年の丸4年間十二分に運転させて、技術基盤を完成させたのである。

それに基づき1970年には溶解塩増殖炉MSBRの概念設計を完成させたが、カーターの核不拡散政策として当面全増殖炉開発は見合せることとなり、1976年にR&D中止となった。しかしカーターは当時日本の調査団長にFBRでなくMSBRを推奨した。

これらの成果に刺激されて、インド、フランス、ソ連、スイス、日本などに広く支持者が育っており、種々の研究成果が発表されている。ここでは極く一部にのみ触れておこう。

フランスは、弗素化乾式化学処理に熱心であり、それはソ連に引継がれた。また1973年~1983年の10年間、EdF (電力庁) が中心になって溶解塩増殖炉計画が進められた。しかし液体鉛炉内冷却案採用のため失敗した。Superphenix 二号機断念を決めた1988年には、筆者を招き共同検討結果を報告書⁷⁾にまとめた。

日本でも1960年頃から、原研、原産、大学などで調査研究が始まり、原子力学会内に「溶解塩増殖炉研究専門委員会」が設けられ、十数年研究促進の役割をわたりた。文部省科研費も少しは出たが余りに僅かであった。中心は原研の筆者らのグループで、最初はDT核融合ブランケット用として溶解塩ループ実験を始め、次に加速器炉にも応用を拡げていった。AMSBの発明は1980年であるが、慣性核融合増殖炉につき阪大山中・中井研の協力をえ、米LLNL (Moir) との共同も現在も続けている。筆者は1983年に東海大に移った

が、AMSBの他、そのパートナーのFUJI原発の設計研究に、富士通、原研、豊橋技科大その他、海外からの多大の協力をえている。

ソ連もDT核融合ハイブリッド炉のKurchatov研(Novikov)の研究を端緒として、AMSBに一番早くから関心を示し、また熔融塩発電炉の研究も行った。1990年には、Velikhov 所長より東海大にORNLとの三者共同研究が申込みれた。またPuの加速器消滅を主導するITEP研も所長以下、筆者との研究協力計画を進めている。また炉工学最大のIPPE研、炉化学材料最大のRIAR研も共同開発を希望している。

カナダは、1950年頃から偉大な核指導者W. B. Lewisが、増殖発電炉を否定し加速器増殖炉の物理的基盤を着実に整えてくれた。1977年頃にはその目度が出来て来たので、我々がこれと熔融塩炉技術とを結合させることとなった。

米国もそれを受けて、BNL、LANLなどで加速器炉の研究を行っているが、工学的検討が弱い。我々の構想に対し、1992年には科学技術補佐官Allan Bromley博士が激励してくれ、その後もORNLのみでなくDOE、RAND Corpなどが強い関心を示している。

スイスは国立核研SIN(現PSI)のスプレーション中性子源グループが、筆者への研究協力を行った。またベラルーシの核物理グループSosny科学センター長Chigrinovは、四年来、筆者とAMSB-Pu設計研究協力をし、多大の成果を挙げつつある。

トルコは、十数年前に多量のTh資源を発見し、公称最大の資源国である。1991年には原子力機構総裁より筆者へ共同研究の希望が寄せられ、大学との共同が始まりつつある。その他、インド、ブラジル、インドネシア、中国、韓国、チェコ、イスラエルなどに、改めて関心が高まりつつある。

IAEAとしても、従来から事務局は我々の動向に強い関心を示してくれていたが、冷戦崩壊と共に例えば機関誌に事務次長らが、「Puにからまる汚名と無縁なTh-Uサイクルの再検討」を主張するに至っている。昨年11月には、Pu処理関係の技術委員会が催され、最も合理的なものとして我々の構想が大いに注目された⁶⁾。〔追記 これは今年11月の関連委員会ですらに前進した⁸⁾。〕

1993年11月には、ノーベル受賞者Carlo Rubbia CERN所長が、我々と同じキーワード「トリウム、加速器、熔融塩」が来世紀救済の鍵と提言した。いくつかの点で間違い(一般原発とはなりえない)などを

指摘しておいたが、この方面の社会認識はこれで大きく前進した。

国内においても、Pu消滅への利用検討に通産省が関心を示し、一昨年は詳細な研究会、本年は委託調査が進められた。さらに文部省科研費重点領域研究では、「THORIMS-NESの基盤研究」申請の準備が進んでいる。民間の有識者の関心も着実に高まりつつある。

6. まとめ

この数年ようやく世界は大きく変わりつつある。

一つは、核冷戦構造が明かに崩壊したことである。戦後最大の変動であり、先進国のほとんどはそれへの変容を遂げつつあるが、日本だけは全く無表情である。

今一つは、ようやく地球環境が人為的に大きく破壊されつつあり、特に温室(化石燃料)効果が無視出来ない、もしくは致命的かつ手遅れとようやく認識されるようになったことである。しかし、これについても日本の反応は実効的には零に近いのではなからうか。

原水爆に曝され、戦争を放棄した日本人こそ、この問題に真正面から取組むべきである

膨大な内容を一度に書き流し申訳なく想うが、少し詳しい解説¹⁾を十数回にわたり既にかいたので、要点をより広く知っていただきたいと一回にまとめた。

まず基盤とした思想および原則的な方針策について厳しい御批判・御助言を下さるよう、深くお願いいたします。論文集も作られてある。

参考文献

- 1) 古川和男; 来世紀の核エネルギーシステム: 原子力工業, 37巻, 7~12号(1991); 38巻1~3, 5, 7号(1992); 39巻5号(1993); 41巻3号(1995).
- 2) 参照, 「熔融塩増殖炉」日本原子力学会(1981).
- 3) Furukawa et al.: (Summary Report), J. Nucl. Sci. Tech. 27(1990) 1157.
- 4) 加藤義夫ほか4名: エネルギー・資源, Vol. 7(4)(1986) 315.
- 5) Furukawa, K, et al.: AIP Conf. Proceedings 346(1995) P. 745-751, Am. Inst. Phys.; Inter. Conf. of Ene. Envi. (May 8-10, 1995, Shanghai).
- 6) Furukawa, K., Mitachi, K., Chigrinov, S. E., Kato, Y., Lecocq, A., Erbay, L. B.: IAEA Tech. Com. Meet. on Pu Disposition, (7-11 Nov, 1994, Obninsk, Russia).
- 7) Furukawa, K, Lecocq, A.: "Prelim. Exam. Next Gen. Nucl. Reactors in Comparison with Small Th MSR", (Dec, 1988).
- 8) Furukawa, K, et al.: IAEA Tech. Com. Meet. on Adv. Fuels Reduc. Ac. Gen. (21-23 Nov, 1995, Wien).