

核エネルギーは宇宙の根源のエネルギーです  
「第一の核の時代」から「第二の核の時代」への転換により  
人類のエネルギー問題を解決します

## 「トリウム熔融塩炉」の開発

株式会社トリウムテックソリューション

TTS

代表取締役 古川雅章

# はじめに

満天の星は核エネルギーによって輝いています。地球上に生物が存在しているのも核エネルギーである太陽エネルギーの恩恵によるものです、核エネルギーは宇宙の根源のエネルギーです。

核物質1gは石油1トンと同じ(百万倍の)エネルギーを生みだします。

その作り出すエネルギーがあまりにも強力であったために、人類は核エネルギーを戦争の道具として使いました、原爆が作られ広島、長崎に落とされました。

エネルギー源としても極めて魅力的だった為に、世界中で原発が作られました。今後も作り続けられます。

しかし、その普及があまりにも急速に進んだため、安全に対する配慮が不十分でした。スリーマイル島、チェルノブイリ、福島と三つの大事故を起こし、日本では原発否定の世論が大勢を占めています。

われわれはこれまでの時代を「第一の核の時代」と呼びます。そして核エネルギーが戦争の道具としてではなく、真に人類に貢献するエネルギーとして使われる「第二の核の時代」はこれから始まるのだと主張します。

「第一の核の時代」の主役を占めた「軽水炉」は今後日本では新增設をしないことが決まっています。再稼働軽水炉原発も2070年には無くなります。

「第二の核の時代」の主役は「トリウム熔融塩炉」です。安全で、安く、廃棄物問題も少なく、核武装に結びつかない、真に人類に貢献するエネルギーとしての核エネルギーを作ることが可能です。

日本は原子力の技術開発のポテンシャルが高い国です。「第二の核の時代」の主役となる「トリウム熔融塩炉」の開発において、日本は世界の先頭に立つことができます。

# 「第二の核の時代」に向けての具体的シナリオ

「トリウム熔融塩炉」は「第二の核の時代」の主演になる！

1. 原発＝危険なもの という 既成概念からの脱却 安全な原発はあります！

・小型化・核燃料を「液体」にすることによる「原理的安全性」・「パッシブセーフティ」(事故を未然に防ぐ)

2. 原発をベースロード電源から、自由度の高い一般電源にする

従来の原発:大型、出力が一定 「トリウム熔融塩炉」:小型、出力変動自由、地産地消に適する

3. 再生可能エネルギーと組み合わせ、再生可能エネルギーの弱点である不安定さの問題を解決する

4. エネルギー選択の最も重要な要素である低コストのエネルギーの供給を実現する

発電コスト5円/kWh以下 他のエネルギー源と比較して最も安価なエネルギー源となる

5. 核廃棄物の発生量が少ない

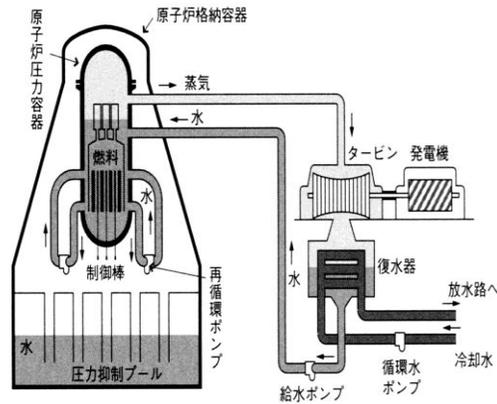
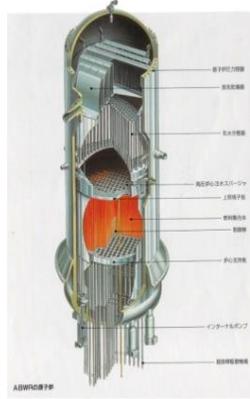
## 実現のシナリオ

①20万kWプルトニウム消滅用熔融塩炉の開発

②2.5万kW超小型トリウム熔融塩炉の開発

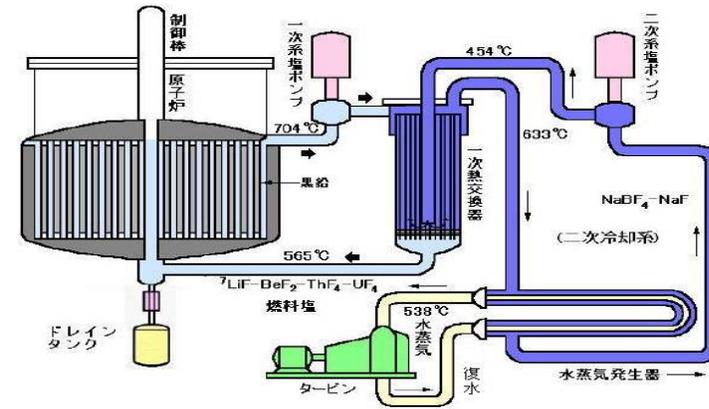
# 「第一の核の時代」の原子炉 = 固体燃料炉でウラン燃料炉

沸騰水型軽水炉



# 「第二の核の時代」の原子炉 = 液体燃料炉でトリウム燃料炉

トリウム熔融塩炉



	軽水炉	トリウム溶融塩炉
核燃料	ウラン 固体燃料・燃料棒あり(定期交換要)	トリウム 溶融塩液体燃料・燃料棒なし(交換不要)
冷却材	水 高圧(高圧容器要)	溶融塩液体燃料が冷却材を兼ねる 常圧の液体燃料が炉内を循環
出力	100万kW以上(大型炉)	20万kW以下(小型炉)
安全性	安全対策必要 → 構造複雑	原理的に安全 → 構造単純
核燃料再処理	再処理工場必要	再処理工場は不要
発電コスト	15円/kWh(新設の場合) 10円/kWh(再稼働)	5円/kWh以下

# 1.「安全」です

「第一の核の時代」の原子炉＝固体燃料炉＝アクティブセーフティ(能動的安全性)の原子炉  
「軽水炉」は五重の安全対策を講じてあるので「絶対安全」と言って来たが、福島事故が起こって安全神話は崩壊して、信用を失った

「第二の核の時代」の原子炉＝液体燃料炉＝パッシブセーフティ(受動的安全性)の原子炉  
**原理的に過酷事故は起こり得ない**

- ①燃料棒を持たないので、燃料棒のメルトダウンは原理的に起こらない
- ②冷却に水を使っていないので、水と金属の反応による水素発生は無く、水素爆発も原理的に起こらない
- ③緊急時、炉心下部のドレンバルブが自動的に開いて、液体燃料は地下のドレンタンクに移行し、自然冷却。  
原子炉内には核物質が無いので、原子炉が破壊されても核物質の漏出は無い
- ④万一熔融塩液体燃料が漏れ出しても、空気・水とは反応せず、450℃以下に冷えるとガラス状に固まって内部に核物質を閉じ込めて外部に出さない
- ⑤熔融塩炉では、高温(約700℃)の熔融塩液体燃料が炉心と熱交換機の間を循環して炉心で発生した熱を外部に運び出している。

万一、循環ポンプが止まっても液体燃料は自然対流により循環を続け、炉心の熱を外部に運び出す。

また、循環速度が遅くなると炉心の核反応速度も遅くなり、熱の発生も少なくなり、炉心過熱は起こらない。

## 2、原発はベースロード電源であるという既存概念から脱して、 「トリウム熔融塩炉」は自由度の高い一般電源です

### ①小型です

従来の「軽水炉」: 百万kW以上の大型

遠隔地設置広域配電

「トリウム熔融塩炉」: 20万kW以下 超小型炉: 2, 5万kW

地産地消に向いている

### ②出力変動自由

従来の「軽水炉」: 出力一定

「トリウム熔融塩炉」: 負荷変動に対応して自由に出力を変動出来ます

3. 再生可能エネルギーとのコラボレーションにより、  
再生可能エネルギーの弱点である不安定性の問題を解決し、  
再生可能エネルギーの普及促進に貢献します

トリウム熔融塩炉と再生可能エネルギーを組み合わせることにより

- ①トリウム熔融塩炉の熱交換器の熱容量が大きいことを利用して  
再生可能エネルギーの小さな出力変動を吸収して安定化させます
- ②大陽光のような昼夜の出力差が大きい再生可能エネルギーと組み合わせる場合は、  
独自の考案による低コスト蓄電システムを使って、大陽光の昼間の余剰電力を蓄電し  
その電力を夜間に使うことを可能にします

## 4. 5円/kWh以下の低コストを実現します

熔融塩炉は、液体燃料炉であるため、構造が単純、安全対策にコストが掛かりません

熔融塩炉のコストの試算例

試算	年	セント/kWh	2012年換算 セント/kWh
Sargent & Lundy	1962	0.65	4.95
Sargent &... ORNL TM-1060	1965	0.15	1.09
Kasten,MOSEL reactor	1965	0.21	1.53
ORNL-3996	1966	0.24	1.62
McNeese et al,ORNL-5018	1974	0.72	3.36
Engel et al,ORNL TM7207	1978	0.66	2.33
Moir	2000	1.58	2.11

Robert Hargraves: iThEO Oct 29, 2012

この試算は、100万Kw熔融塩増殖炉に対するものです。

20万Kw FUJI の場合は、小型化によるコストアップ、増殖機能を外すことによるコストダウンを考慮する必要がありますが、5円/kWh 以下 は十分可能です。

「軽水炉」の発電コストは新設で15円/kWh、再稼働で10円/kWh、それに比べて1/2以下

## 5. 核廃棄物の発生量が少ない

原子力の抱える大きな問題が核廃棄物問題です。

「トリウム溶融塩炉」は、①燃料が液体であること ②核燃料にトリウムを採用していること により、核廃棄物問題の大幅な改善を可能にします。

①. 燃料が液体であることにより廃棄物の量が大幅に減量になります

1) 燃料棒を持たず、燃料棒を定期的に交換し再処理する再処理工場は不要です。

そのため再処理工場から出る大量の核廃棄物の発生はありません。

2) 液体燃料が炉心で核反応を起こし、いろいろな核反応生成物が出来ますが、その中で核反応を阻害する核物質だけを核燃料循環系から取り出す処理をして、核反応を阻害しない核物質は循環系に残します。

その結果、取り出す核廃棄物の量は極めて少量です。

原子炉敷地内に保管して、原子炉敷地外に運び出す必要はありません。

②燃料にトリウムを使っているため、ウラン燃料の場合発生する半減期数百万年以上という危険な超ウラン元素(プルトニウムも超ウラン元素の一つです)の発生が殆どありません。

# 2050年温暖化ガス排出ゼロ達成への寄与の提案

COP25で日本は不名誉な化石賞を受賞した

2021年11月開催COP26では、日本は2050年度温暖化ガスゼロを表明をすると考える。

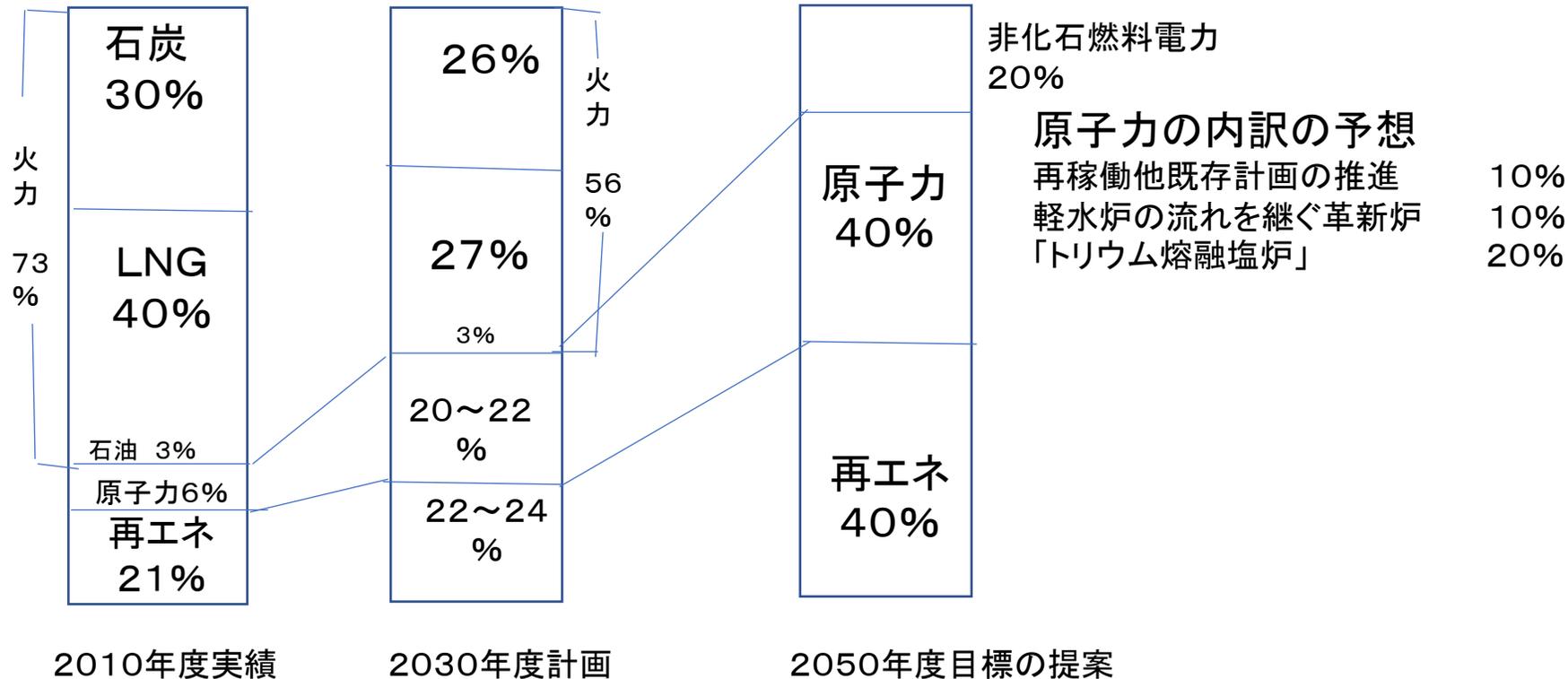
2050年度原子力比率40%を目指すべきである。

原子力比率40%達成は、既存原発再稼働のみでは不可能で、新しい原子炉の寄与が不可欠である

「トリウム熔融塩炉」の寄与を提案する

## ■政府が目指す2030年度の電源構成

## 2050年度目標の提案



# 「トリウム熔融塩炉」実現のシナリオ

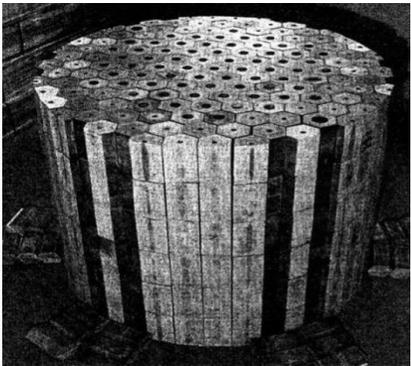
- ① 原発再稼働による2030年原子力比率20～22%達成への協力
  - 1) 原発再稼働のためには使用済核燃料の処分が必要
  - 2) 使用済核燃料の処分のためには六ヶ所村再処理工場の稼働が必要
  - 3) 再処理工場稼働のためには発生するプルトニウムの処分が必要
  - 4) プルトニウム処分のための「プルサーマル」は処理能力が不足
  - 5) 「**プルトニウム消滅処理用熔融塩炉**」を開発し、「プルサーマル」を補足
  
- ② 2050年原子力比率40%達成への協力
  - 1) 2.5万kW超小型「**トリウム熔融塩炉**」を開発
  - 2) 海外での事業展開
  - 3) 海外実績をベースに日本国内で事業展開
  - 4) 20万kW「トリウム熔融塩炉」を開発し、日本国内で本格展開

# 「トリウム熔融塩炉」の歴史

- 原子炉は原爆燃料のプルトニウムを生産し、核武装するための手段として作られた。
- 第二次世界大戦が終って、平和の時代が来ると考えたユージン・ウイグナー(1963年ノーベル賞)とアルビン・ワインバーグ(オークリッジ国立研究所所長に就任)は、戦争のための原子炉でなく**平和のための原子炉はいかにあるべきか**を追求した、**1945年**プルトニウムを作らない平和のための原子炉である**トリウム熔融塩液体燃料原子炉の構想を発表**
- オークリッジ国立研究所において、最大250名の研究者が参加して開発研究が行われた。

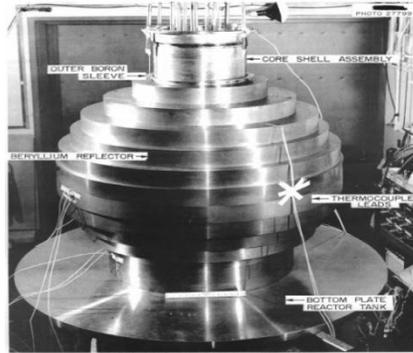
## ①航空機用原子炉ARE

1954年に860°Cを達成。



## ②臨界実験炉PWAR-1

1957年に臨界到達。



## ③熔融塩実験炉MSRE

**1965～1969年まで無事故運転。**



- 20年以上にわたる国家プロジェクトとして開発され、**基礎技術は確立している。**
- 1976年** 政治的理由により**開発中止**。理由:トリウムを燃料としプルトニウムを作らないため**軍事的に無価値**。
- 1985年 日本の**古川和男(TTS創業社長)**のグループが単純化、小型化を行ったトリウム熔融塩炉「**FUJI**」を設計。
- 2011年** **中国**が国家プロジェクトとして**開発着手**、700人体制、2020年実験炉臨界、2030年までの商用化目標。
- 米国の14社を中心に**世界で20社の熔融塩炉開発ベンチャーが活動中**。理由:研究開発が終っており**先行投資小**  
米国政府は国家として開発を支援。理由:中国の世界覇権に対抗。

# 「プルトニウム消滅用熔融塩炉」の開発

再処理工場

審査

地震の揺れ

450ガル(申請前) → 700ガル

高レベル廃液から放射能を減らすための対応

冷却装置を新たに設置

合格

(規制委)



更田豊志  
委員長

梶山  
経済産業相



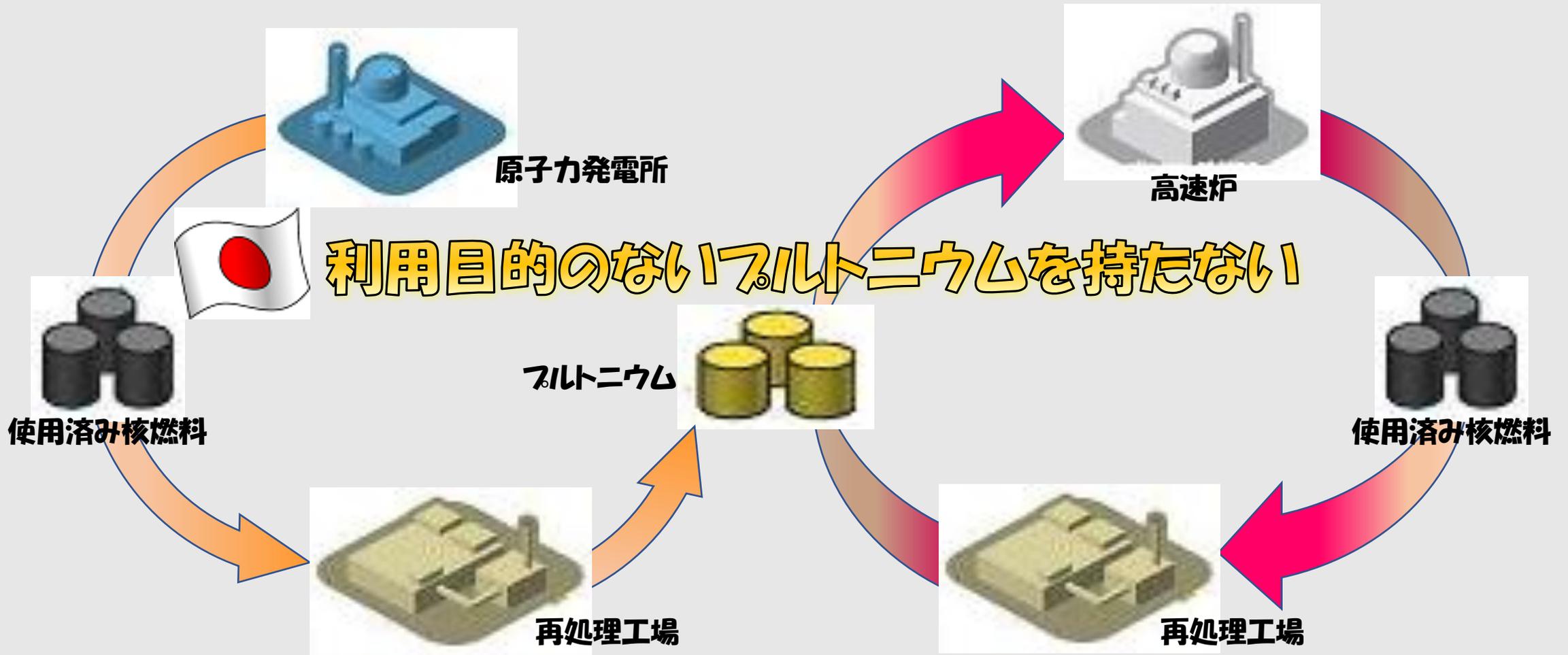
「課題解決しながら核燃料サイクル推進」

「2年後の本格稼働めざす」

原燃



# 核燃料サイクル





# 増えるプルトニウムへの懸念

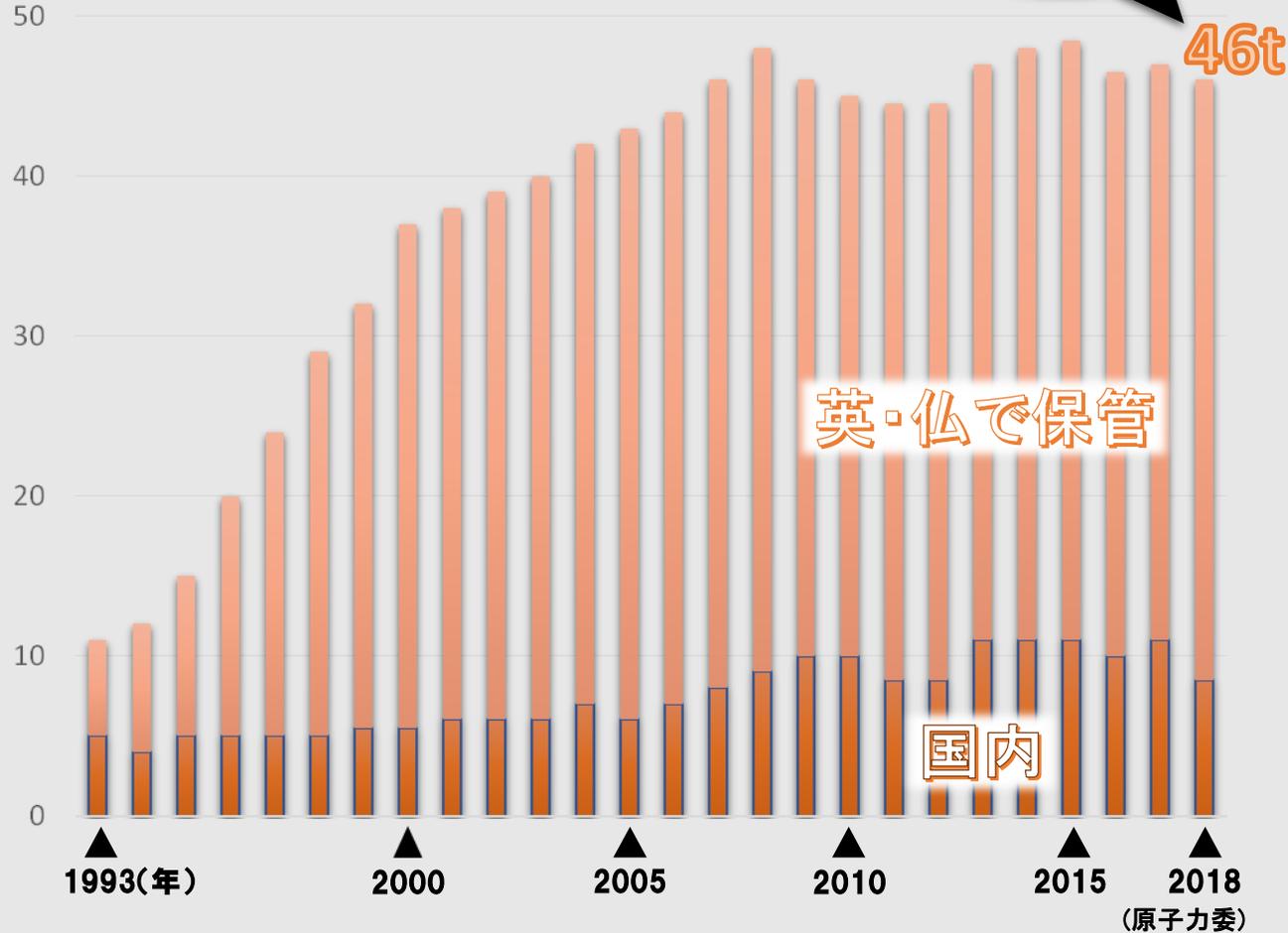


原爆  
5,700発分



日米原子力協定で  
日本にプルトニウム利用認める

(t)



日本に削減要求

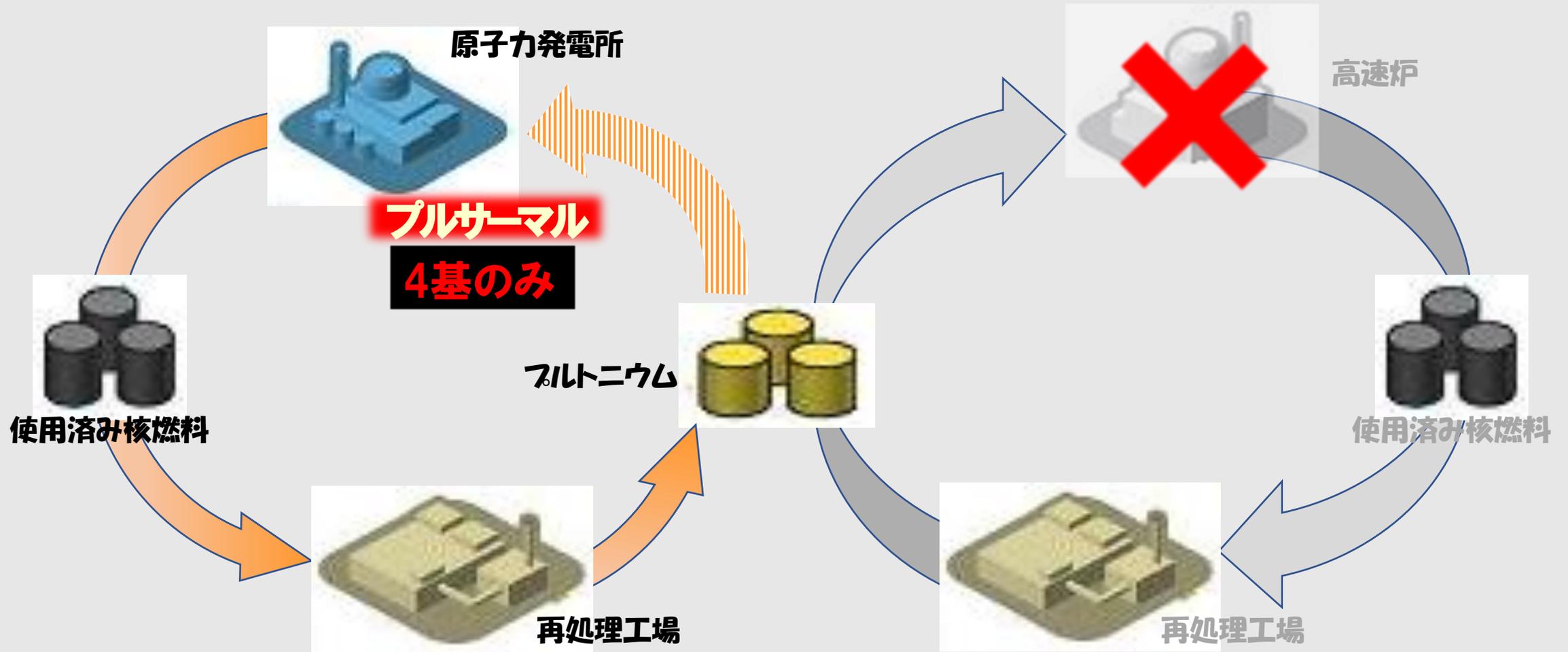
これ以上プルトニウム利用  
広めたくない



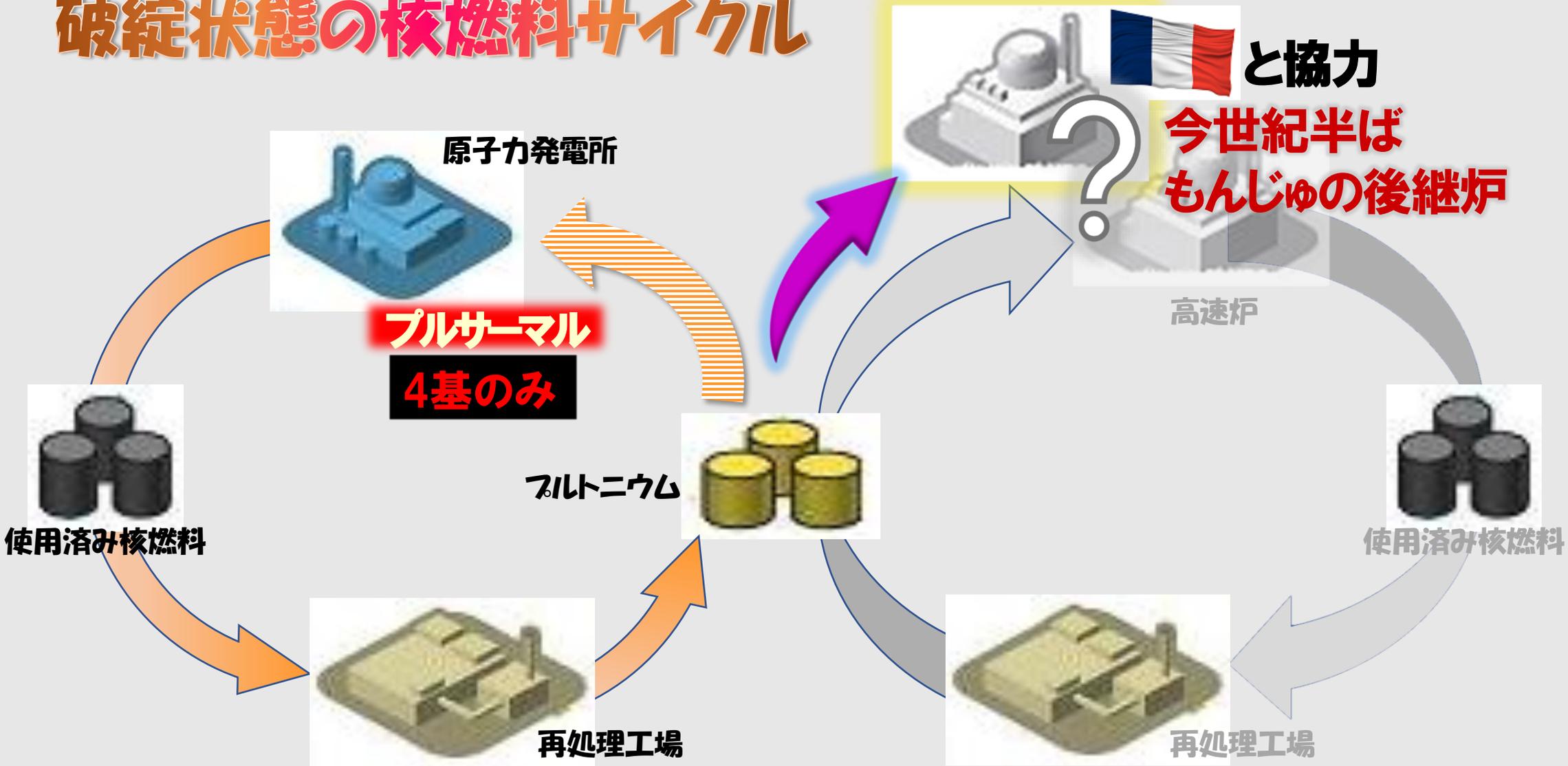
原子力委員会 (2018年)

「プルトニウム利用計画作り  
削減していく」

# 破綻状態の核燃料サイクル



# 破綻状態の核燃料サイクル

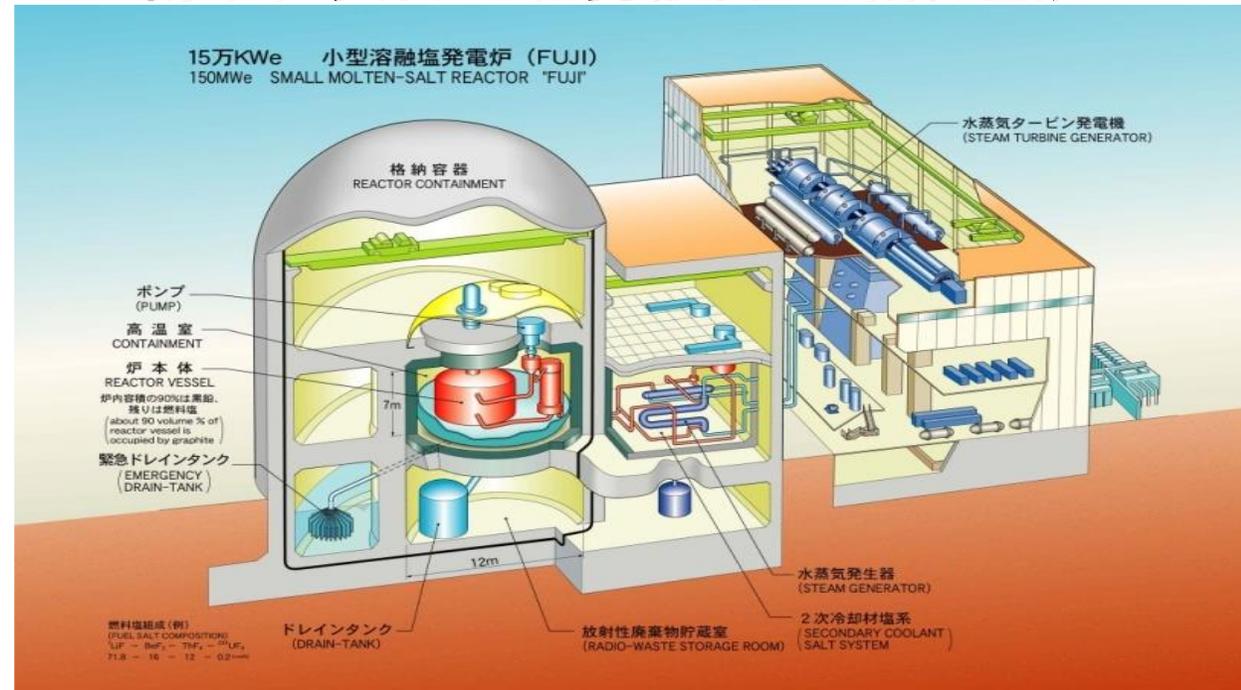


# 第一部 行き詰まるプルトニウム利用

## プルトニウム問題は解決可能です

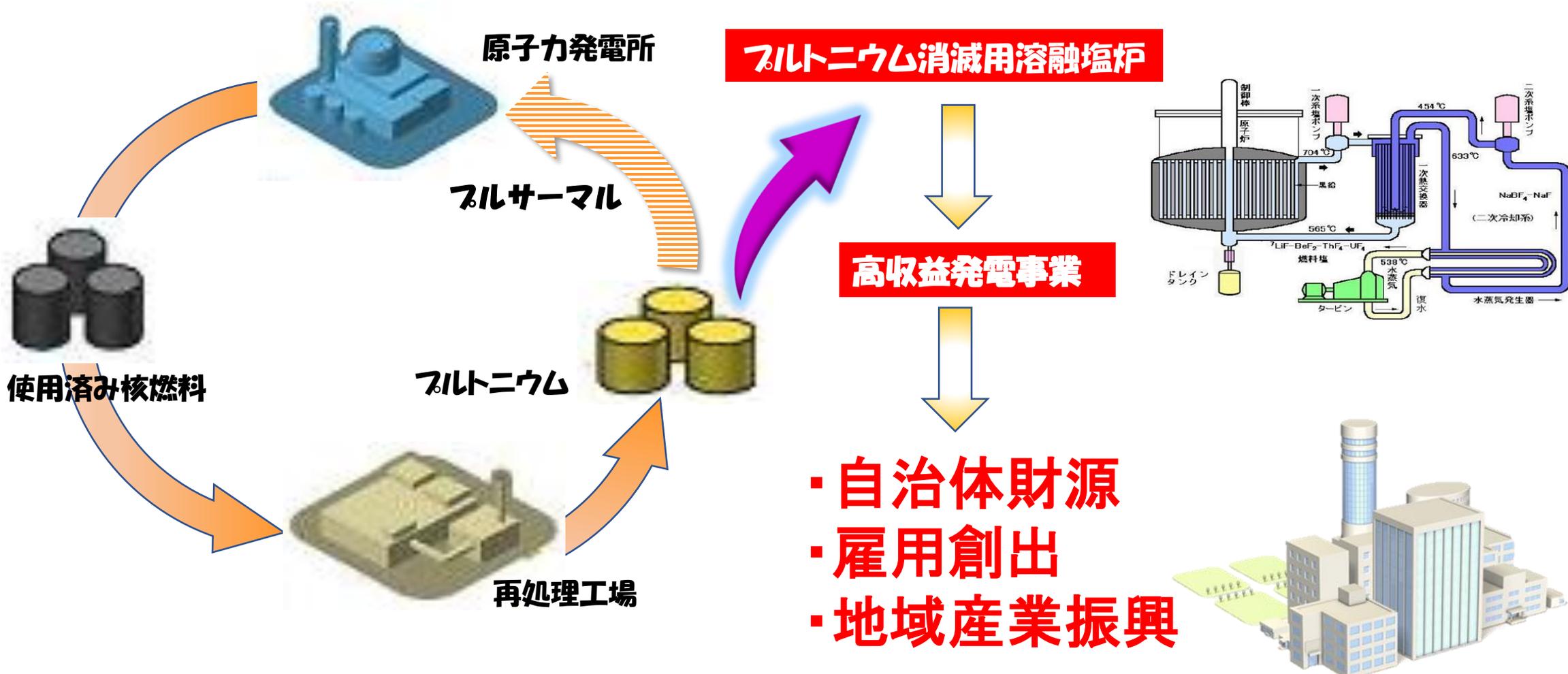
### 「プルトニウムを燃料として使い消滅する熔融塩発電炉」の開発

#### TTS創業社長古川和男設計の熔融塩炉“FUJI”



# 1、プルトニウム問題を解決し、高収益産業を生み出します！

厄介者のプルトニウムは金の卵に変身します

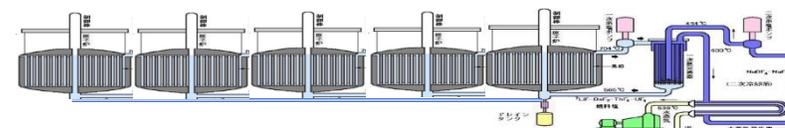


## 2、プルトニウム処理能力は軽水炉プルサーマルの3倍以上です！

軽水炉プルサーマル	プルトニウム消滅用熔融塩炉
プルトニウム処理能力 0.3トン／100万kW	プルトニウム処理能力 0.2トン／20万kW



炉心を5個ハイブリッド



プルトニウム処理能力 0.3トン／100万kW	プルトニウム処理能力 1トン／100万kW
----------------------------	--------------------------

処理能力

1 : 3.3



# 20万kWプルトニウム消滅用熔融塩発電炉による発電事業

- プルトニウム消滅目標:3トン/年  
(六ヶ所村再処理工場から生まれるプルトニウム7トン/年の約43%)
- プルトニウム消滅用熔融塩炉の消滅するプルトニウム:0.2トン/年/基  
必要基数:15基
- 2025年までに最初の1基を建設する
- 開発費:1千億円
- 15基稼働したとすると 売電売上約3,150億円/年、営業利益約2,100億円/年

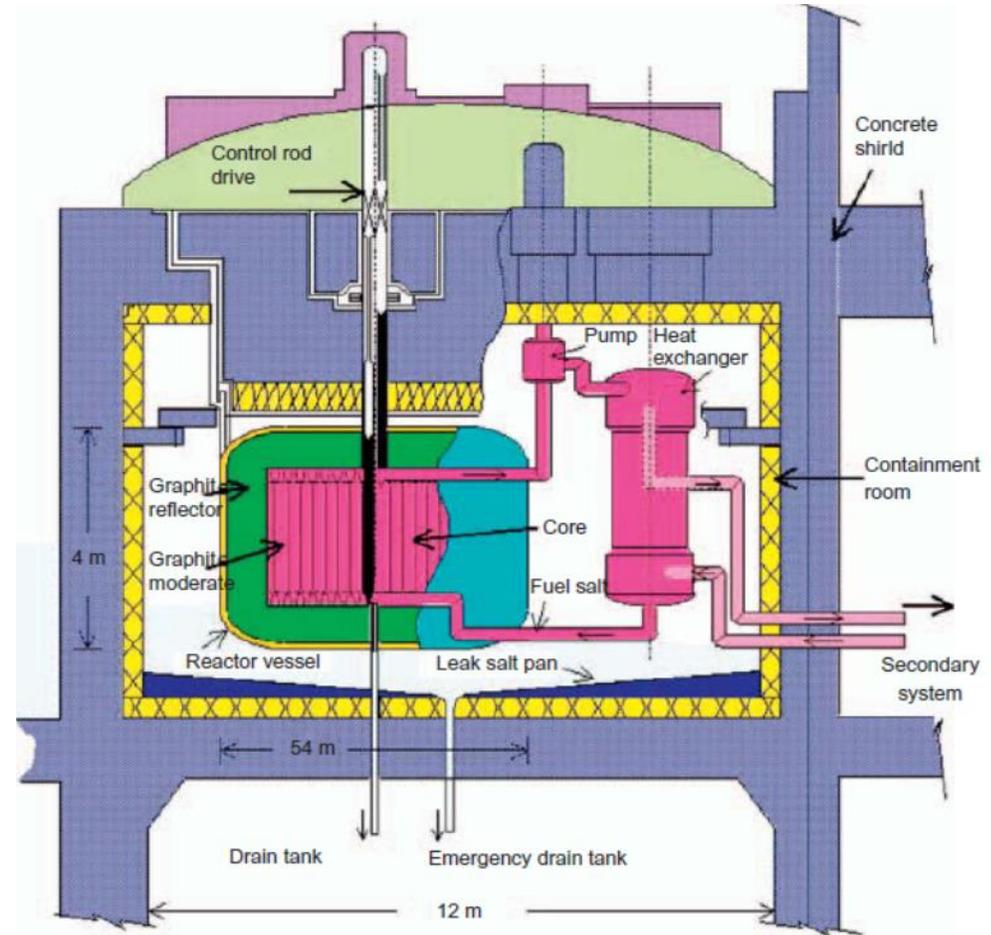
	年間1基当たり計算
発電量	14億kWh/年/基 (=20万kW×24h×365日×80%(稼働率))
売電金額	210億円/年/基(単価:15円/kWh)
発電コスト	70億円/年/基(単価:5円/kWh)
営業利益	140億円/年/基(単価:10円/kWh)

# 20万kWプルトニウム消滅用熔融塩炉「FUJI」の概要

- 出力 : 20万kWe
- 炉心寸法 : 直径5m × 高さ5m
- 開発期間 : 6年
- 開発費 : 1,000億円
- プルトニウム燃焼・消滅量 : 200kg／年
- 価格 : 1,000億円
- 発電コスト : 5.0円／kwh

# 20万kWプルトニウム消滅用熔融塩炉 「FUJI-U3」の設計

- ・燃料棒を持たず、熔融塩液体燃料が炉内を循環する。
- ・オークリッジ国立研究所で開発に取り組んだ熔融塩増殖炉をベースに、古川和男が単純化、小型化を行い、新しい小型熔融塩炉FUJIを設計した。



FUJI-U3の炉心設計図

# 株式会社トリウムテックソリューション [URL:http://ttsinc.jp](http://ttsinc.jp)

- ①名称 株式会社トリウムテックソリューション(略称 TTS)
- ②住所 本社 東京都町田市金井ヶ丘三丁目16番7号  
町田事務所 東京都町田市森野1-37-10 Wald137 3F
- ③設立 2011年3月22日
- ④資本金 1億1千380万円
- ⑤役員 取締役会長 金子 和夫  
代表取締役社長 古川 雅章  
取締役 阿蘇 伸生  
技術顧問 吉岡 律夫 NPO法人 トリウム溶融塩国際フォーラム 名誉理事長  
技術顧問 古川 和朗 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 教授

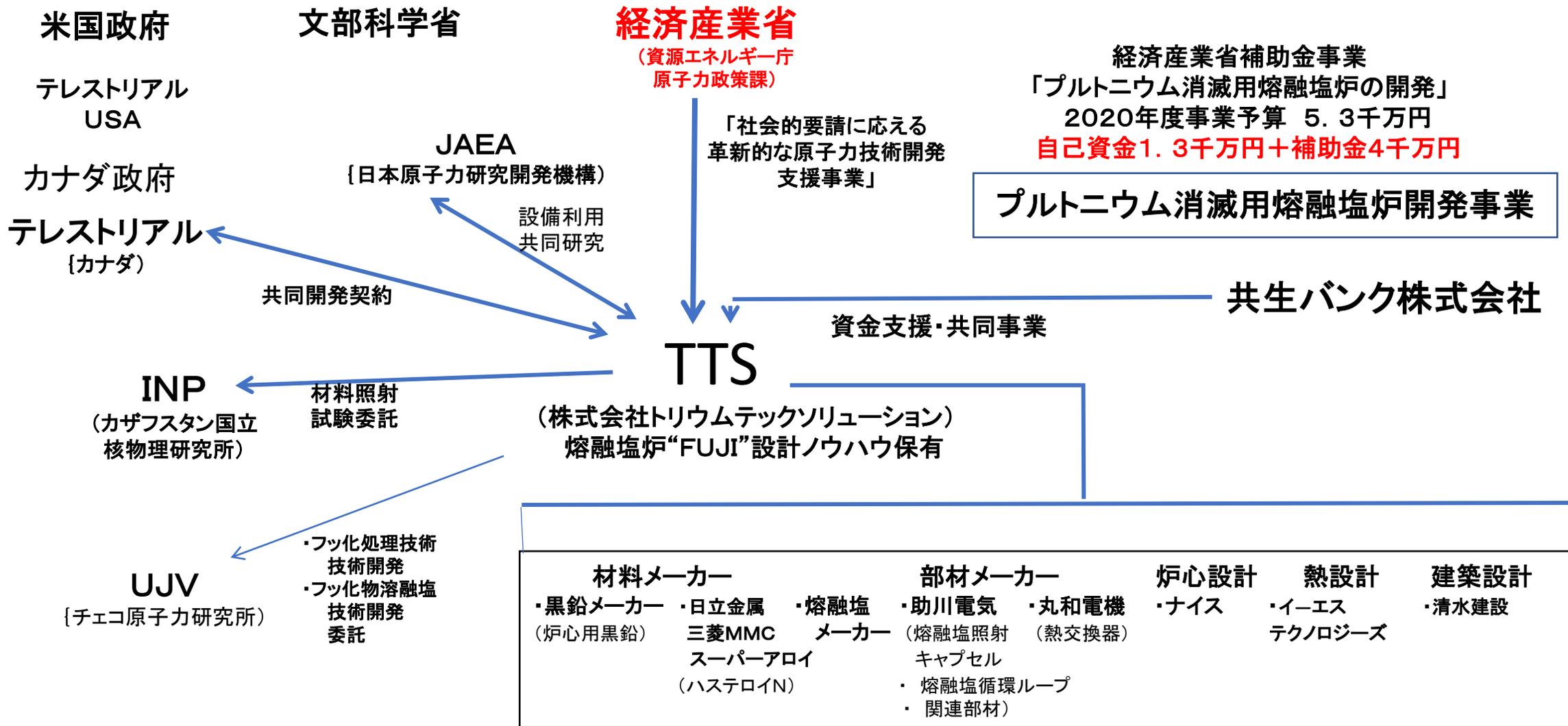
## ⑥事業目的

当社は、初代社長故古川和男の遺志を継ぎ、従来の固体燃料原子炉路線の継承ではなく、真に人類に貢献する核エネルギーを実現するための第三の道として、液体燃料炉である熔融塩炉を実現することを目的とします

## ⑦経済産業省認定取得

2019年度経済産業省「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」の支援対象企業に選定された。提案テーマ「プルトニウム消滅用熔融塩炉の開発」

# 2020年度プルトニウム消滅用熔融塩炉開発体制



# 開発のロードマップ

2019年度経済産業省「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」  
の公募に応募して採択され、開発を進めています。

## 開発テーマ「プルトニウム消滅用熔融塩炉の開発」

年度	2020	2021	2022	2023	2024	2025
ステージ	フィージビリティ スタディ	開発				
実施 内容	基礎調査 概念設計 安全審査指針案 検討 運転制御方法検討	基本設計 材料試験 立地選定 安全審査指針案 提言 許認可申請手続き 準備	詳細設計 材料試験 ループ試験 用地交渉 関係法制度案提案 ゼロ出力認可申請 準備	原子炉製造開始 建屋・発電施設の 建設着工 認可申請準備 ゼロ出力認可申請	原子炉製造 模擬炉試験 建屋・発電施設 建設 認可申請 ゼロ出力認可取得 核分裂性物質調達	ゼロ出力試験 臨界試験 熱出力運転 発電試験 出力変動・安全 制御 運転試験 認可取得
事業費	5,333万円 内訳 公的資金 4,000万円 自己資金 1,333万円	約10億円	約90億円	約200億円	約400億円	約300億円

# プルトニウム消滅用熔融塩炉からトリウム熔融塩炉へ！

プルトニウム消滅用熔融塩炉による発電事業は、**日本独自の事業**です  
非核武装国でプルトニウムを大量に保有し、プルトニウムを削減しなければならないニーズを持っているのは  
世界で日本だけだからです

プルトニウム消滅用熔融塩炉の**燃料を、プルトニウムからトリウムに変える**ことにより  
「**トリウム熔融塩炉**」になります

## トリウムとは？

地球上には核資源としてウランとトリウムの二つがあり、  
資源量としてはトリウムはウランの数倍あります

しかし、原子炉の燃料としてはウランのみが使われトリウムは使われて来ませんでした  
理由は、もともと原子炉は核兵器になるプルトニウムを生産するために作られたもので、  
**プルトニウムを作らないトリウム**を燃料とする原子炉は、核武装に結び付かないからです

# 「トリウム熔融塩炉」は、安全で、低コストで、核武装に結びつかない原子炉です！

## 1. 液体燃料原子炉であり安全です

液体燃料が循環して原子炉の炉心で発生した熱を外部に運び出し、その熱で発電します。

■従来の原子炉は、電源が停止し冷却水が無くなると固体燃料の熔融(メルトダウン)が起こります。

熔融塩炉は液体燃料炉で、燃料棒を持たず、炉心熔融はありません。

■従来の水冷却炉では、電源停止による過熱で水素が発生し、水素爆発が起こります。

熔融塩炉は、水を使っていないので、水素爆発は起こりません

■万一燃料が漏れ出しても空気・水とは反応せず、ガラス状に固まって内部に放射性物質を閉じ込めて外部に出しません。

## 2. 低コストです

構造単純・安全対策容易・燃料のトリウムは容易に入手出来て低価格

2030年モ	トリウム 熔融塩炉	原子力 (軽水炉)	石炭 火力	LNG 火力	石油 火力	大陽光	洋上風力
発電コスト 円/kWh	5.0 以下	10.3	12.9	13.4	28.9 ~41.7	12.7 ~15.6	30.3 ~34.7

試算

資源エネルギー庁資料

## 3. トリウムを燃料としておりプルトニウムを作りません

保有国がプルトニウムを取り出して核武装することはありません

## 4. 再生可能エネルギーとの共存性に優れています

負荷変動対応出力調整が容易に出来ます。再生可能エネルギーとの併用で、再生可能エネルギーの不安定さをカバーします。

# 2. 5万kW超小型「トリウム熔融塩炉」の開発

## 1. 開発理由

### ① 開発競争における差別化

1) 世界の熔融塩炉開発の流れは出力20万kW程度の小型炉であり、超小型炉による差別化を図る。

超小型炉の市場は存在する。先行開発により独占が可能。

2) 短期開発可能: 「軽水炉」の場合は、炉心構造が複雑で、小型化が困難であるが、「熔融塩炉」は炉心構造が単純で、小型化が容易であり、超小型炉の方が短期間での開発が出来る

3) 開発投資が少なくて済む: 20万kW小型炉は約1千億円、2.5万kW超小型炉は約3百億円

### ② 低コスト化が可能の見通し

「軽水炉」では小型化により発電コストが上昇し経済性に問題があるが、「熔融塩炉」の場合は設計の単純化により、小型化による発電コストの上昇が避けられるという見通しを得た

## 2. 新興国での市場展開

新興国での市場展開からスタートし、実績を作ってから日本市場での市場展開を行う。

理由: ① 日本では新しい原子炉の許認可取得が困難であり、日本市場での展開では世界の流れに取り残される。

② 新興国は配電インフラ未整備の国が多い。地産地消に向けた超小型炉のニーズが高い

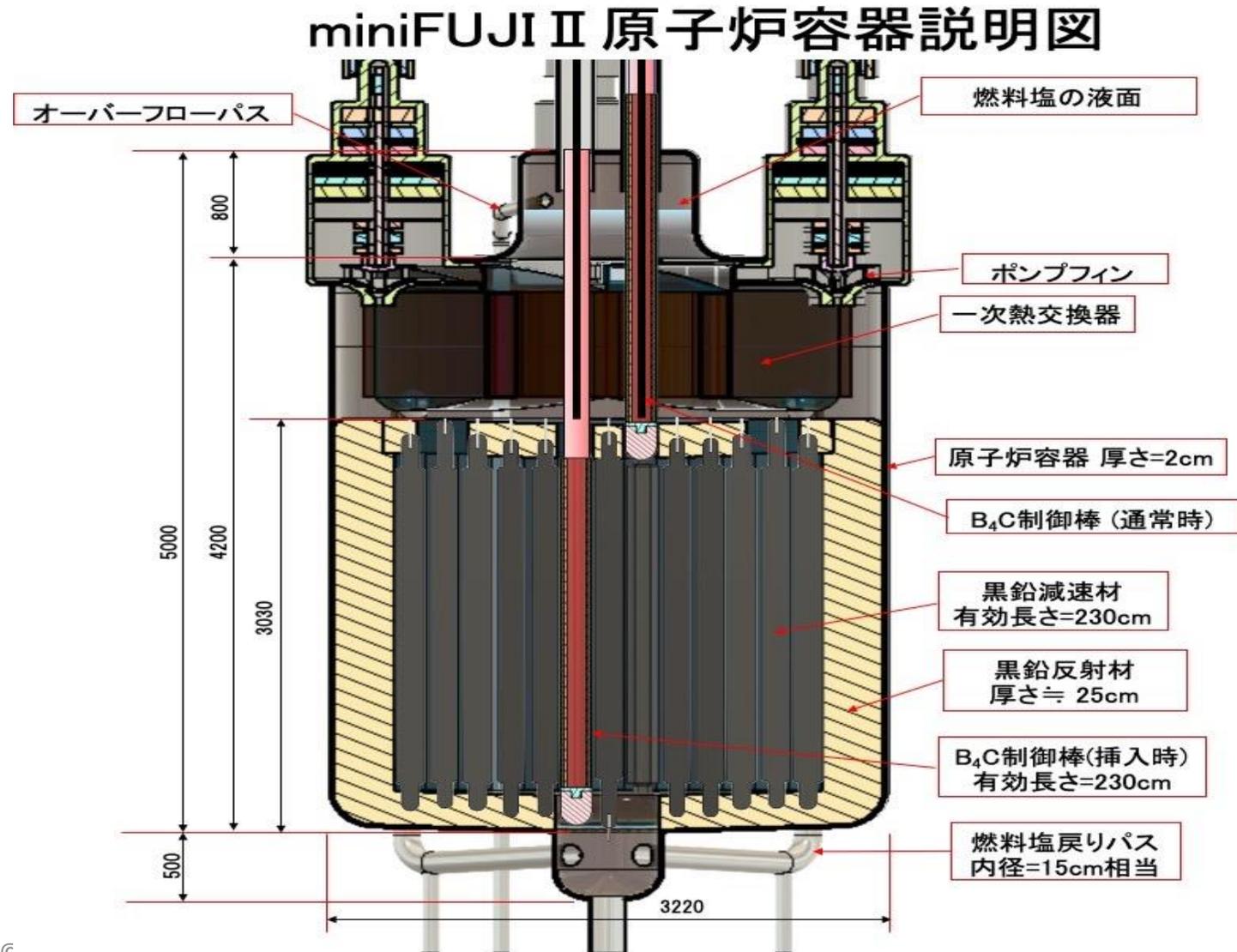
③ 短期間で開発し、新興国での実績を背景に、日本市場での展開を行い、日本の2050年温暖化ガスゼロ

への貢献を目指す。

### 3. 2.5万kW超小型トリウム熔融塩炉 mini-FUJI II の概要

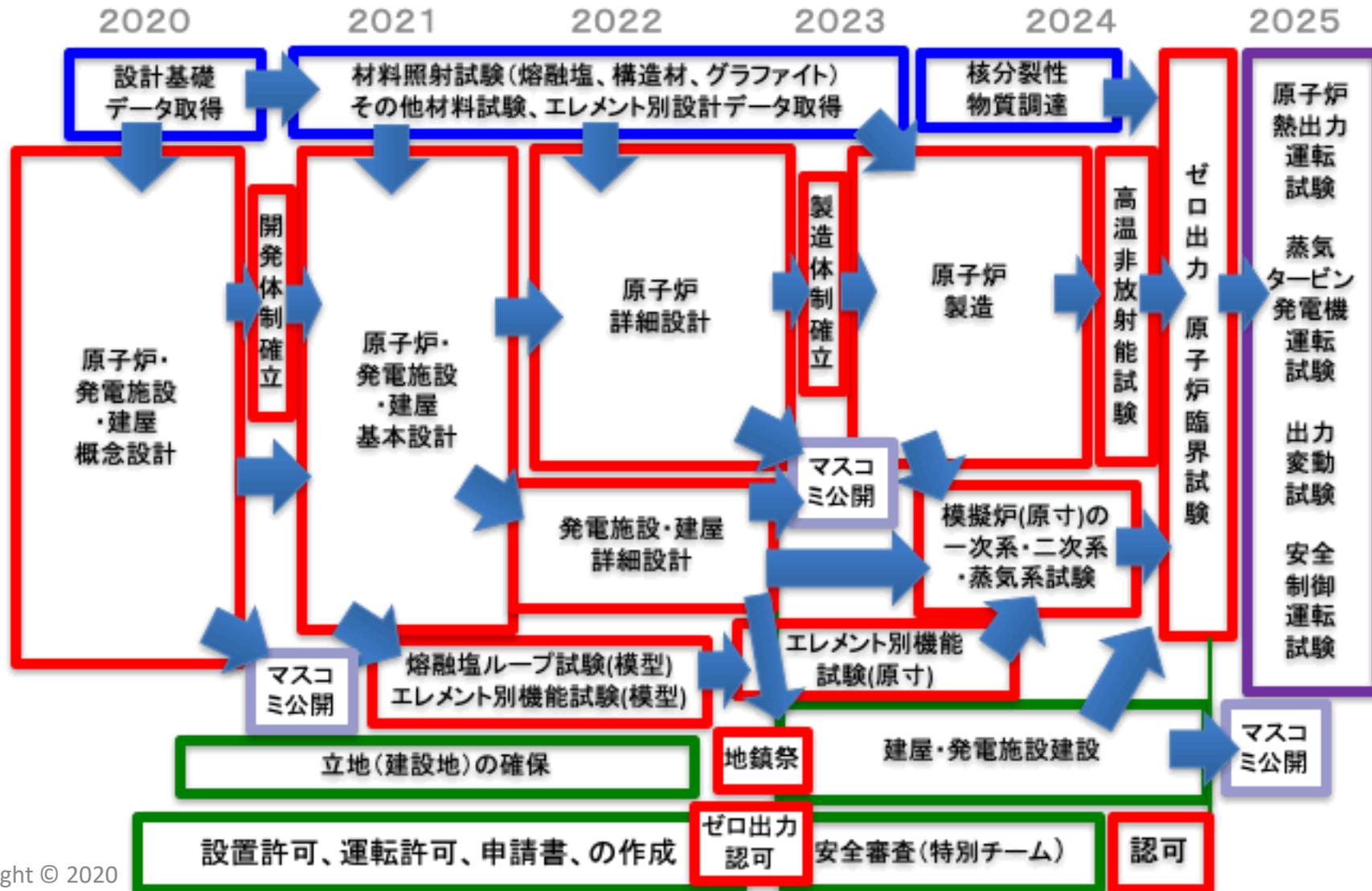
- 出力 : 2.5万kWe
- 炉心寸法 : 直径3m × 高さ5m (熱交換器一体型)
- 開発期間 : 今後5年 (2025年完成)
- 開発費 : 300億円
- 価格 : 150億円
- 発電コスト : 6.0円/kwh

## 4. 2. 5万kW超小型トリウム熔融塩炉「mini-FUJI II」の設計



## 5. 開発スケジュール

下図は、今年度に概念設計を実施している超小型商用実証炉について、2025年度の稼働開始を目標とする開発工程のプロセスをフロー図として作成したものである。



# トリウム熔融塩炉による世界展開！

## ■プルトニウムを作りません

■**安全**で、核廃棄物も少なく、何よりも**安い電力を供給**出来ます

- 安い電力があれば、砂漠化の進行している地域に水を作ることが出来て  
そこで農業が出来るようになります。

また、安い電力があれば、その地域に産業を興すことが出来て、その地域は豊かになります  
世界から貧困をなくし、格差から生じる戦争をなくすことが出来ます

日本は、トリウム熔融塩炉を世界に供給することにより、

**世界から核兵器を無くす**ことに貢献します

日本は、トリウム熔融塩炉を世界に供給することによって、

人類に貢献します