

## 第二の原子力時代の門を開く トリウム熔融塩炉

(株)トリウムテックソリューション 高橋 裕

## Thorium Molten Salt Reactors That Open the Gate of the Second Atomic Energy Age

By Yutaka Takahashi, Thorium Tech Solution Inc.

従来の主流原子炉である軽水炉は低コストでクリーンなエネルギーではあるが安全性が問い直されている。この原稿ではクリーンでかつ高い安全性を保有し地産地消にも適する低コストの小型新型革新炉の一つ、しかもプルトニウム消滅も可能なトリウム熔融塩炉の概要を説明する。

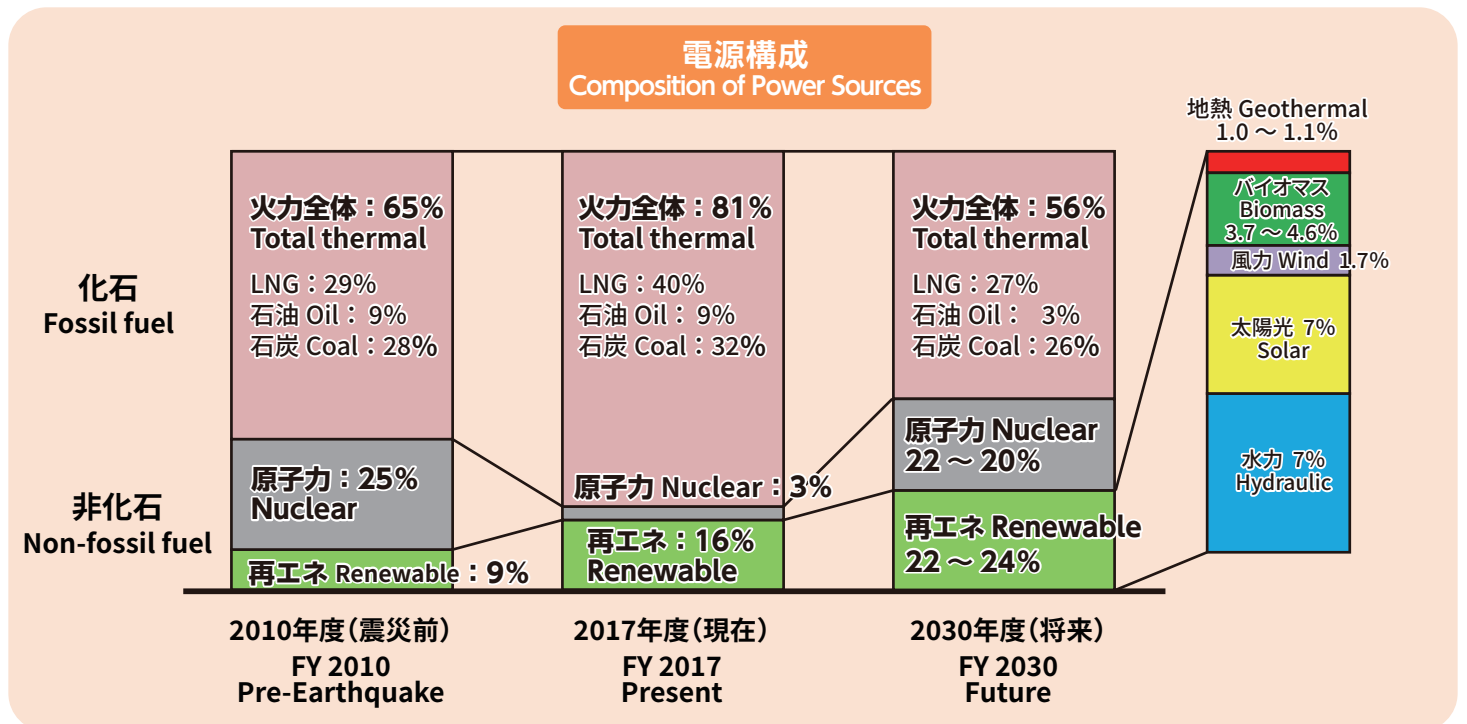
Light water reactors, which are mainstream conventional nuclear reactors, generates clean energy with low cost, but their safety has been reevaluated. This article outlines one of the low-cost small new innovative reactors that are clean, highly safe, and suitable for local generation and local consumption, namely thorium molten salt reactors that can eliminate plutonium.

## 日本の現在のエネルギー戦略

発足したばかりの菅義偉新政権は、昨年10月26日の首相所信表明演説で、2050年までに温暖化ガス排出ゼロを目指す「カーボンニュートラル」を実現することを宣言し、従来の1990年比80%以上削減、という目標を大きく引き上げクリーンエネルギー問題に正面から取り組む姿勢を国内外に示した。

## Current Energy Strategy of Japan

The newly inaugurated Yoshihide Suga administration announced in the general policy speech by the Prime Minister on October 26, last year that it would achieve “carbon neutrality” with zero global warming gas emissions by 2050. He has greatly raised the previous goal of reducing the emissions amount by 80% or more from



資源エネルギー庁「エネルギー基本計画策定後の動向と今後の対応の方向性について」平成30年12月27日 より  
From Agency for Natural Resources and Energy "Trends after the formulation of the basic energy plan and the direction of future measures", December 27, 2018

政府は3年毎にエネルギー基本計画を見直している。現在の第5次計画は2018年7月に閣議決定したものであるが、2017年度現在の電源構成に占める化石燃料の比率81%を低効率の石炭発電所の廃止などにより2030年度には56%に抑え、代わりに非化石燃料の比率を高め、再生エネルギーを16%から22～24%に、福島原発第一号機事故などで相次ぐ停止を余儀なくされた原子力は3%から20～22%に引き上げる目標を掲げている。

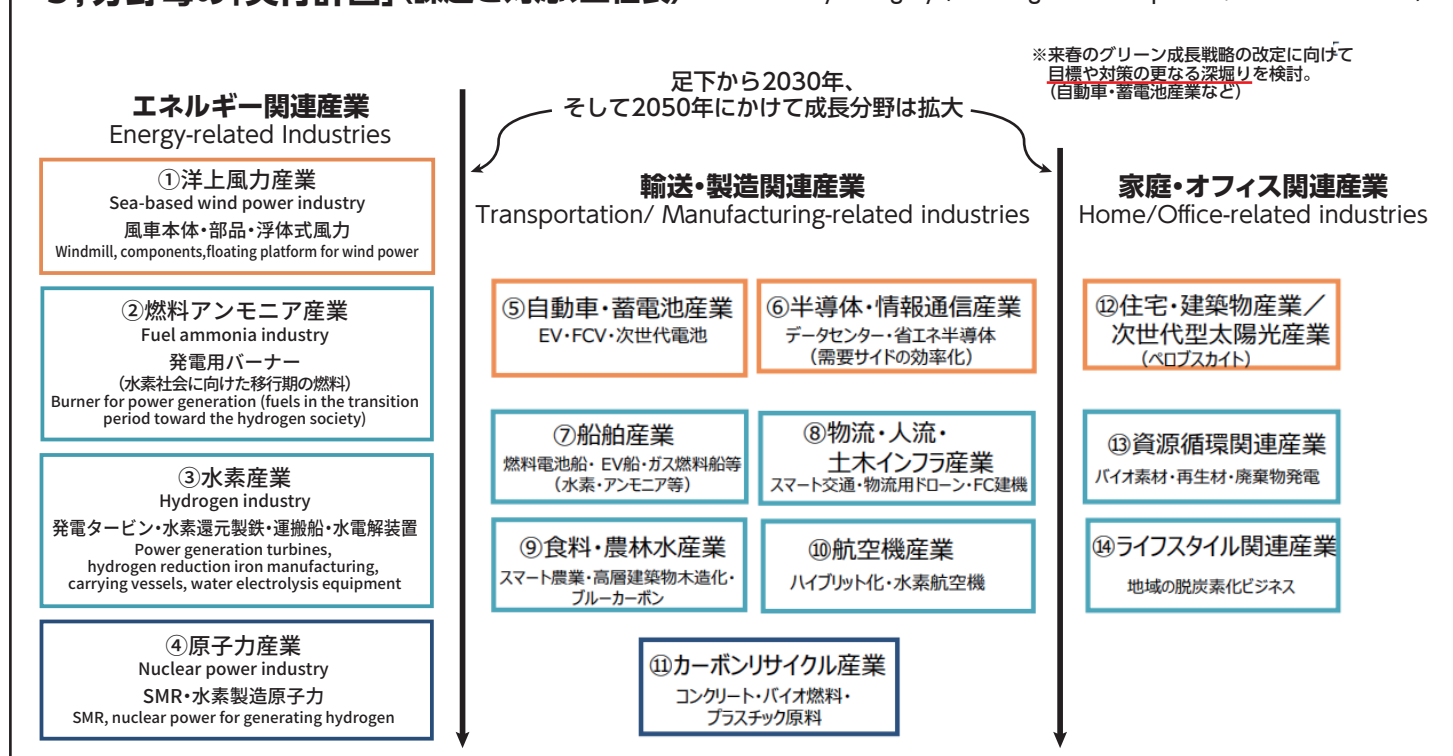
菅首相の演説からも、本年にも出る第6次エネルギー基本計画では大幅な変更が予想されるが、昨年12月25日に資源エネルギー庁は、エネルギー、輸送・製造、家庭・オフィスの3部門14重要分野における脱炭素2050年への政府の実行計画「グリーン成長戦略」を発表した。エネルギー関連産業では洋上風力発電、アンモニア、水素、原子力の4分野を重点分野としており、原子力産業には小型炉（SMR）、高温ガス炉、核融合が盛り込むなど、安全性の高い革新的技術に裏付けられた次世代の原子力発電開発の重要性を謳った。

1990 level, signaling his willingness to tackle the clean energy problem head-on at home and abroad.

The government reviews the basic energy plan every three years. The current Fifth Plan was decided by the Cabinet in July 2018, but it has set a goal to reduce the ratio of fossil fuels in the power source composition from 81% as of FY 2017 to 56% in FY 2030 through the abolition of low-efficiency coal power plants, etc., increase the ratio of non-fossil fuels instead, increase the ratio of renewable energy from 16% to 22-24%, and increase the ratio of nuclear power, which had to be stopped one after another due to the Fukushima nuclear power plant No. 1 accident, etc., from 3% to 20-22%.

From Prime Minister Suga's speech, the 6th Basic Energy Plan, which will be released this year, is expected to undergo major changes, but on December 25, last year, but the Resources and Energy Agency announced the government's action plan "Green Growth Strategy" for 2050 with goals of decarbonization in 14 key fields in 3 sectors including energy, transportation/manufacturing, and home/office. The energy-related industries focus on the four fields of offshore wind power generation, ammonia, hydrogen, and nuclear power as key fields. The nuclear power industry includes small modular reactors (SMR), high-temperature gas reactors, and nuclear fusion. It emphasized the importance of developing next-generation nuclear power generation that was supported by highly safe and innovative technology.

## 5, 分野毎の「実行計画」(課題と対応、工程表) Action Plan by Category (Challenges and Responses, Process Schedule)



経済産業省 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」 より

From the Ministry of Economy, Trade and Industry "Green Growth Strategy for Carbon Neutrality by 2050"

	現状と課題 Current status and challenges	今後の取組 Future response
小型炉 (SMR)	<p><b>各種要素技術の開発が必要</b> Development of various technological elements needed</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・海外での実証プロジェクトと連携した基本設計・開発。</li> <li>-Basic design and development in collaboration with overseas demonstration projects</li> <li>・日本企業独自で多様なニーズを見据えた小型炉を自主開発。</li> <li>-Voluntary development of small modular reactors (SMR) by Japanese companies only with various needs in mind</li> </ul> <p><b>革新的技術の安全性や経済性を検証</b> Verification of safety and economic efficiency of revolutionary technology</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性は、米・英・加で許認可取得に向けたプロセスが進行中。</li> <li>-Ongoing process in the US, the UK and Canada for safety toward licensing</li> <li>・経済性は、量産化で追求。</li> <li>-Economic efficiency pursued through mass production</li> </ul>	<p><b>国際連携プロジェクトへの参画</b> Participation in International Collaboration Project</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2020年代末の運転開始を目指す海外の実証プロジェクトと連携した日本企業の取組に対し、安全性・経済性・サプライチェーン構築・規制対応を念頭に置きつつ支援を行う。</li> <li>-Support the efforts of Japanese companies in collaboration with overseas demonstration projects aiming at start of operation at the end of 2020s with safety, economic efficiency, supply chain buildup, and regulatory compliance in mind</li> <li>・海外で先行する規制策定を踏まえ、技術開発・実証に参画。</li> <li>-Participation in technological development and demonstration based on more advanced regulation-making</li> <li>・日本企業がプロジェクトの主要プレーヤーとして参画し、脱炭素技術である SMR の安全性の実証に貢献。主要サプライヤーの地位を獲得。2020年代末の海外での SMR 初号機開発後、海外連携によりグローバル展開と量産体制を確立。</li> <li>-Japanese companies participate in the projects as major players and contribute to safety demonstration of SMR which represents decarbonization technology, secure the status of major suppliers; After overseas development of the first SMR unit at the end of 2020s; achieve global deployment and mass production system through international collaboration</li> </ul>

経済産業省 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」より原子力産業小型炉（SMR）の部分抜粋  
Excerpt of the segment of the nuclear industry small modular reactor (SMR) from the Ministry of Economy, Trade and Industry “Green Growth Strategy for Carbon Neutrality by 2050”

## 衆議院第一議員会館で講演会、 「第二の原子力時代」の門を開く！を開催

政府がエネルギー政策の舵を大きく切る中で、昨年12月8日、衆議院第一議員会館で「第二の原子力時代」の門を開く！をタイトルに講演会が開かれ、(株)トリムテックソリューションの古川雅章社長が「トリウム熔融塩炉」開発についての講演を行った。

題目に「第二」とある理由は、現在までの第一原子力時代が、今まさに第二原子力時代を迎えているという意味である。

エネルギー政策の変革期を迎えていることを感じてもら

## Lecture Meeting titled “Opening the Gate of the Second Atomic Energy Age!” Held at the First Members' Office Building of the House of Representatives

As the government makes a major shift in energy policy, the Lecture Meeting titled “Opening the Gate of the Second Atomic Energy Age!” was held at the First Members' Office Building of the House of Representatives on December 8, last year. President Masaaki Furukawa of Thorium Tech Solution Inc. gave a lecture on the development of “thorium molten salt reactor”.

The reason why the title referred to “Second” means



うために前段が少し長くなったが、「第二の原子力時代の門を開く」とはどういう意味で、果たして「第二の原子力時代の門を開くモノが何なのか」という本論に入りたい。ここでは、筆者を初め多くの読者も原子力研究者ではないことを前提に筆を進める。理論的・技術的な詳細説明を望む方は、原子力の研究者でトリウム熔融塩炉“F U J I”の設計者として世界的に著名な故古川和男博士の名著「原発安全革命」（文春新書）を是非お読みいただきたい。

## 「第二の原子力時代」の門を開く！

熔融塩炉 MSR(Molten Salt Reactor)が鍵となる

2020年12月8日 衆議院第一議員会館大会議室

主催：一般社団法人共創日本ビジネスフォーラム 株式会社トリウムテックソリューション

### 第一の原子力時代

1942年、米国シカゴ大学のエンリコ・フェルミにより、原子力発電の原理となる核分裂の連鎖反応が実験炉で成功した。1951年には原子力発電実験炉ができ、1954年には原子力発電所が運転を開始し、2020年1月1日現在で437の原子力発電所が世界で稼働している（（一社）日本原子力産業協会資料）。大半はウラン固形燃料を使う軽水炉型であり、発電量で100万kWh規模のものが多く。原子力発電は太陽光発電や風力発電と異なり、火力発電のように季節、天候、昼夜を問わず一定量の電力を低コストで安定供給するベースロード電源で、かつ火力発電とは異なりCO<sub>2</sub>を排出しないクリーンエネルギーといった利点がある。しかし最大の弱点は安全性の問題である。重大事故が発生した場合に、爆発、炉心融解（メルトダウン）、放射性物質の周辺地域へ拡散といった危険性がある。その他にも、立地が都心部から離れており長距離送電に伴うエネルギーロスが大きく、使用済み核燃料の再処理や核廃棄物受け入れ先の確保が必要となる。安全保障の観点では、ウラン燃料を燃やして生成されるプルトニウムが核兵器製造に使用できることから、日米原子力協定で利用目的のないプルトニウムの削減を求められている。

昨年11月4日の「原発の増設を現時点では想定していない」との菅首相の国会答弁は、安全性に大きな問題を抱える従来主流の軽水炉型原子力発電の時代、いわば第一の原子力時代の幕引きが始まったと受け止められよう。と同時に、関連して「新型革新炉を含めた技術開発等、不断の安全性向上に向けた取り組みは進めていく」との梶山弘志経済産業大臣の発言は、第二の原子力時代の幕開けと期待を表明したものと受け止められる。

### 第二の原子力時代とは

それでは第二の原子力時代の原子炉にはどのような要件が課せられているだろうか？低コスト、安定供給できるベースロード電源、CO<sub>2</sub>排出をしない、という原子力発電の強みを失わず、福島第一原子力発電所で起こったよう

that the first atomic energy age up to now is about to enter the second atomic energy age.

I have given a lengthy initial explanation to allow readers to realize that we are in the transformation period of the energy policy, I want to get into the main topic on the meaning of “Opening the Gate of the Second Atomic Energy Age” and “What is going to open the gate of the Second Atomic Energy Age”. Here, I will proceed on the assumption that many readers, including this author, are not nuclear power researchers. For those who want a detailed theoretical and technical explanation, I recommend them to read the great book “Nuclear Power Plant Safety Revolution” (Bunshun Shinsho) by the late Dr. Kazuo Furukawa, who was a nuclear power researcher and a world-famous designer of the thorium molten salt reactor “FUJI”.

### First Atomic Energy Age

In 1942, Enrico Fermi of the University of Chicago in the United States succeeded in the chain reaction of nuclear fission, which is the principle of nuclear power generation, in an experimental reactor. A nuclear power plant experimental reactor was built in 1951, a nuclear power plant started operation in 1954, and as of January 1, 2020, 437 nuclear power plants are in operation worldwide ((one company) Japan Nuclear Industry Association materials). Most of them are light water reactor types that use uranium solid fuel, and many of them generate 1 million kWh. Unlike solar or wind power generation, nuclear power generation is a base load power source that stably supplies a constant amount of power at low cost regardless of the season, weather, day or night like thermal power generation, and also have an advantage of being clean energy that does not emit CO<sub>2</sub> unlike thermal power generation. But the biggest weakness is the issue of safety. In the event of a serious accident, there is a risk of explosion, core meltdown, and diffusion of radioactive materials into the surrounding area. In addition, the location is far from the city center with a large amount of energy loss associated with long-distance power transmission, so it is necessary to reprocess spent nuclear fuel and secure a place to receive nuclear waste materials. From a security perspective, plutonium produced by burning uranium fuel can be used for the production of nuclear weapons, so the Japan-US Nuclear Cooperation Agreement requires the reduction of plutonium that has no purpose for use.

Prime Minister Suga's response to the Diet on November 4, last year, saying, “We do not anticipate the construction of additional nuclear power plants at this time,” can be perceived as the indication that the First Atomic Energy Age, namely the era of mainstream conventional light water reactor type nuclear power generation, which has major safety problems, is beginning to be phased out. At the same time, Minister of Economy, Trade and Industry Hiroshi Kajiyama said, “We will continue to make efforts to improve safety, such as technological development including new innovative reactors,” and his statement can be perceived as the indication of the dawning of the Second Atomic Energy Age and his expression of expectations for it.

な過酷事故発生は想定し難い程の安全性を持ち、万一炉が止まっても放射性物質が周辺地域に飛散することはない。その上小型で地産地消に適し、長距離送電が不要なのでエネルギーロスも少ない。更に使用済み核燃料の再処理が不要で、核廃棄物の量は出ても少量で原子炉敷地内に保管して敷地外に運び出す必要がなく、安全保障上削減が求められる核兵器向けのプルトニウムを生成しない。これらの要件を全て満たす原子炉であれば第二の原子力時代の門を開くことができると言えよう。果たしてそのような、夢のような原子炉開発が可能であろうか？

## 第二の原子力時代の門を開くトリウム熔融塩炉

その門を開く原子炉こそ、以下紹介するトリウム熔融塩炉である。

原子力発電は、核分裂連鎖反応を継続的に生じさせ（臨界）、その際に生じる莫大な熱により、蒸気タービンなどを用いて発電する装置である。核分裂連鎖反応の材料として用いることができる天然の原料にはウランとトリウムの2種類がある。ウランは核分裂反応でプルトニウムを生成し、トリウムはウランを生成するがプルトニウムは生成しない。（核分裂反応や原子炉の構造についての詳細は、先に掲載した古川和男著「安全原発革命」に詳細に記載されている）。

第一の原子力時代の代表であるウラン固形燃料軽水炉とトリウム熔融塩炉による炉との大きな違いは3つある。

## Requirements of the Second Atomic Energy Age

Then, what are the requirements for nuclear reactors in the Second Atomic Energy Age? The requirements include not losing the strength of nuclear power generation, including low cost, base load power source capable of stable supply, and no CO<sub>2</sub> emissions, and achieving the level of safety that is hard to imagine the occurrence of a severe accident like the one that occurred at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Even if the reactor is shut down, radioactive materials should not be scattered in the surrounding area. In addition, it should be small and suitable for local power generation and local consumption, and it should not require long-distance power transmission, so there should be little energy loss. Furthermore, there should be no need to reprocess spent nuclear fuel, and even if nuclear waste materials are generated the amount should be small, and they should be stored on the reactor premises and don't need to be carried out of the premises, and plutonium for nuclear weapons that requires reduction for security should not be generated. It can be said that a nuclear reactor that meets all of these requirements can open the gate of the Second Atomic Energy Age. Is it really possible to develop such a dream-like nuclear reactor?

## Thorium molten salt reactors that open the gate of the Second Atomic Energy Age

The reactor that opens the gate is the thorium molten salt reactor introduced below.

Nuclear power generation system is a device that continuously causes a nuclear fission chain reaction (criticality) and generates electricity using a steam turbine operated by the enormous heat generated with such chain reaction. There are two types of natural raw materials that can be used as materials for fission chain reactions, namely uranium and thorium. Uranium produces plutonium in the fission reaction, and thorium produces uranium but not plutonium. (Details on the fission reaction and the structure of the reactor are described in detail in “Nuclear Power Plant Safety Revolution” by Kazuo Furukawa, referred to earlier).

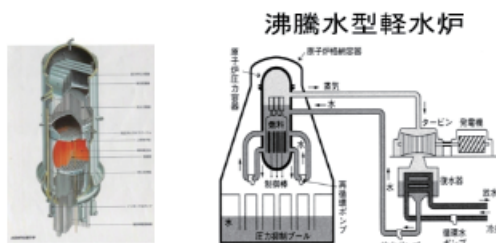
There are three major differences between the uranium solid fuel light water reactor that represents the First Atomic Energy Age, and the thorium molten salt reactor.

- 1、固体燃料 vs 液体燃料   ／   Solid fuel vs liquid fuel
- 2、ウラン燃料 vs トリウム燃料   ／   Uranium fuel vs thorium fuel
- 3、大型（100 万 kW 程度）vs 小型（20 万 kW 以下）   ／  
Large (about 1 million kW) vs small (200,000 kW or less)

これらの違いにより、第一の原子力時代の原子力発電の弱点を克服し、第二の原子力時代を迎えることが可能である。  
These differences make it possible to overcome the weaknesses of nuclear power generation in the First Atomic Energy Age and welcome the Second Atomic Energy Age.

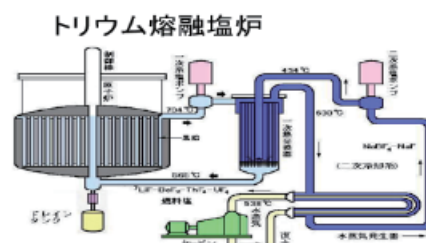
## 「第一の原子力時代」の原子炉 ＝固体燃料炉でウラン燃料炉

Reactor in the First Atomic Energy Age  
= Solid Fuel Reactor/Uranium Fuel Reactor



## 「第二の原子力時代」の原子炉 ＝液体燃料炉でトリウム燃料炉

Reactor in the Second Atomic Energy Age  
= Liquid Fuel Reactor/Thorium Fuel Reactor



	軽水炉 Light Water Reactor(Pu-themal)	トリウム熔融塩炉 MSR for plutonium transmutation(Pu-MSR)
核燃料 Nuclear fuel	ウラン Plutonium + U238 (MOX fuel) 固体燃料・燃料棒あり（定期交換要） Solid fuel/fuel rod (regular replacement required)	トリウム Plutonium (+ trans-uranium element) 熔融塩液体燃料・燃料棒なし（交換不要） No molten salt liquid fuel/fuel rod (no replacement required)
冷却材 Coolant	水 /Water	熔融塩液体燃料が冷却材を兼ねる Molten salt liquid fuel also serves as coolant
	高圧（高圧容器要） High pressure (high pressure container required)	常圧の液体燃料が炉内を循環 Liquid fuel at atmospheric pressure circulates in the reactor
出力 Pu processing capacity	100 万 kW以上（大型炉） 0.3 tons/year/1 million kW	20 万 kW以下（小型炉） 0.2 tons/year/200,000 kW
安全性 Safety	安全対策必要・構造複雑 Safety measures required /Structural complexity	原理的に安全・構造単純 Safe in principle /Simple structure
核燃料再処理 Nuclear fuel reprocessing	再処理工場必要 Reprocessing plant required	再処理は不要 No reprocessing plant required
発電コスト Power generation cost	15 円／kWh（新設の場合） 15 JPY/kWh (when newly installed)	5 円／kWh 以下 5 JPY/kWh or less
	10 円／kWh（再稼働） 10 JPY/kWh (restart)	



## 高い安全性と経済的優位性

発電で重要な安全性と経済性について、軽水炉と比較しながら、トリウム熔融塩炉の特性を以下説明する。

### <高い安全性>

トリウム熔融塩炉の安全性は主として化学プラントのように液体燃料として運転することによる。トリウムを熔融塩（液体のフッ化物のフリーベ系熔融塩）に溶かし込むことにより、核分裂反応が起こっても常圧状態が保たれ、メルトダウンの原因となる燃料棒は不要である。冷却に水を使わないので水素ガスは発生しない。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し、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るので炉心過熱は起こらない。緊急時には炉心下部のドレインバルブ（排出口）が、電源が落ちた状態でも自動的に開き、液体燃料は地下のタンクに落ち、同時にガラス状に固まるので放射性物質を閉じこめ外部に出さない。従って福島第一原子力発電所のよう、水素ガス爆発、核燃料融解（メルトダウン）、放射性物質の外部への流出は起きない。

このような原理的安全性・パッシブセーフティ（事故を未然に防ぐ）を備えているので過酷事故は想定し難い。

### <経済的優位性>

トリウム熔融塩炉は発電コストが1kWh 当たり 5 円以下と試算され、再生可能エネルギー、火力、さらには軽水炉よりもはるかに低価格で電力を供給できる（下表参照）。そもそも燃料となる核物質は1グラムから石油1トン分（百万倍）のエネルギーを生み出す効率のいいエネルギー資源である。加えてトリウム熔融塩炉はトリウムを液体燃料として用いることから、複雑で定期交換を要する燃料棒が不要で構造が単純なうえに、軽水炉のように何重もの安全対策が不要な分、より低価格での製作が可能となる。また液体燃料の流速を変化させることで核分裂反応のスピードをコントロールできるため、再生可能エネルギーの不安定さを補えるなど、再生可能エネルギーとの相性もいい。

更に熔融塩炉はトリウムだけでなくプルトニウムも燃料として用いることができるため、厄介者扱いされている

## High safety and economic advantage

The characteristics of the thorium molten salt reactor are described below in comparison with the light water reactor in terms of safety and economy, which are important for power generation.

### <High safety>

The safety of the thorium molten salt reactor is mainly due to the operation as liquid fuel like a chemical plant. By dissolving thorium in a molten salt (a FLiBe type molten salt of liquid fluoride), the normal pressure state is maintained even if a fission reaction occurs, and fuel rods that can cause a meltdown are unnecessary. Since water is not used for cooling, hydrogen gas is not generated. Even if the circulation pump stops, the liquid fuel continues to circulate by natural convection and carries the heat of the core to the outside, and if the circulation speed slows down, the nuclear reaction speed of the core slows down and heat generation decreases, so core overheating does not occur. In an emergency, the drain valve (exhaust port) at the bottom of the core automatically opens even when the power is turned off, and the liquid fuel falls into the underground tank, and at the same time it hardens into a glass, so the radioactive materials are trapped and do not go out. Therefore, unlike the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, hydrogen gas explosion, nuclear fuel meltdown, and outflow of radioactive materials to the outside do not occur.

Since it is equipped with such principle safety and passive safety (preventing accidents), it is difficult to assume a severe accident.

### <Economic advantage>

The thorium molten salt reactor is estimated to cost less than 5 yen per 1kWh, and can supply electricity at a much lower price than renewable energy, thermal power, and even light water reactors (see the table below). In the first place, nuclear material used as fuel is an efficient energy resource that produces energy equivalent to 1 ton (million times) of oil from 1 gram of it. In addition, since thorium molten salt reactor uses thorium as a

As of 2030	トリウム熔融塩炉 Thorium MSR	原子力/Nuclear	石炭/Coal	LNG	石油/Oil	太陽光 Solar	洋上風力 Offshore wind
		軽水炉/LWR	火力/Fire	火力/Fire	火力/Fire		
発電コスト (円/kWh) Cost of power generation (JPY/kWh)	<b>5 以下</b> <b>Below 5.0</b>	10.3	12.9	13.4	28.9~41.7	12.7~15.6	30.3~34.7
	← 試算 Estimated	資源エネルギー庁資料 2030 年モデル Materials of the Agency for Natural Resources and Energy					

電源コスト比較 / Comparison of power generation costs



1965～69年まで米国オークリッジ国立研究所で無事故運転をした熔融塩実験炉 MSRE  
Molten salt experimental reactor MSRE operated accident-free at the Oak Ridge National Laboratory, USA from 1965 to 1969

プルトニウムを熔融塩炉で消滅させながら、高収益産業を生み出すという一石二鳥の効果が期待できる。また、ウランが偏在・独占されているのに対してトリウムは世界中に普遍・豊富なので、より安価で資源確保競争にさらされる危険性は少ない。

ウィグナー博士やワインバーグ博士らの尽力により、米国オークリッジ国立研究所で熔融塩実験炉が1965年から1969年までの4年間、無事故運転をした実績があり、技術的に確立しているので、他方式の新型革新炉と比べても、開発時間や開発コストで優位性を持っている。

## ‘軍事的無価値’との判断により開発の選択肢から除外

新型革新炉とはいうものの、熔融塩炉はここ数年で現れた技術ではない。先に述べたように、4年間の無事故稼働実績があるにも拘わらず、米国で1976年に熔融塩炉開発が突然中止になり、それ以降は最近まで開発が中断していた。中止理由は、当時の国際情勢を反映して、トリウム熔融塩炉が核兵器製造向きのプルトニウムを作らないため‘軍事的に無価値’との政治的判断によるものと言われている。残念なことに、そのため世界中の原子力発電所のほとんどが、安全性や経済性に劣るが軍事的価値を持つプルトニウムを生成する軽水炉になってしまった。

liquid fuel, it does not require complicated fuel rods that require regular replacement, has a simple structure, and does not require multiple layers of safety measures like a light water reactor, so the reactor can be manufactured at a low cost. In addition, since the speed of the fission reaction can be controlled by changing the flow velocity of the liquid fuel, it is compatible with renewable energy, such as compensating for the instability of renewable energy.

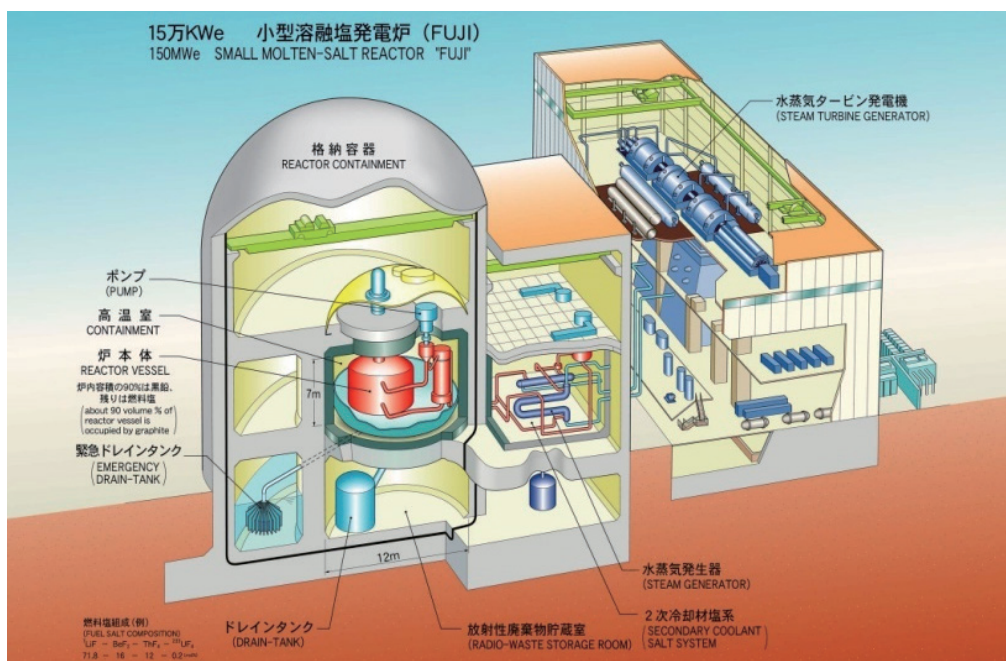
Furthermore, since the molten salt reactor can use not only thorium but also plutonium as fuel, the effect of two birds with one stone can be expected to create a highly profitable industry while eliminating troublesome plutonium in the molten salt reactor. In addition, while uranium is unevenly distributed and monopolized, thorium is universal and abundant all over the world, so it is cheaper and less vulnerable to competition for securing resources.

Thanks to the efforts of Dr. Wigner and Dr. Weinberg, the molten salt experimental reactor has a track record of having operated accident-free for four years from 1965 to 1969 at the Oak Ridge National Laboratory in the United States, and it is technologically established. Compared to other types of new innovative reactors, it has advantages in terms of development time and development cost.

## Excluded from development options due to judgment of being 'militarily worthless'

Although it is a new innovative reactor, the molten salt reactor is not a technology that has emerged in the last few years. As mentioned earlier, despite four years of accident-free operation, the development of a molten salt reactor was suddenly terminated in the United States in

1976, and development has been suspended until recently. It is said that the reason for the cancellation was due to the political judgment that the thorium molten salt reactor is 'militarily worthless' because it does not produce plutonium suitable for the production of nuclear weapons, reflecting the international situation at that time. Unfortunately, this has resulted in most nuclear power plants around the world becoming light water reactors that produce plutonium, which are inferior in safety and economic efficiency but have military value.



(株)トリウムテックソリューション創業社長古川和男設計の熔融塩炉“FUJI”

Molten salt reactor "FUJI" designed by Kazuo Furukawa, founding president of Thorium Tech Solution Inc.



## 第二の原子力発電時代は始まっている

しかしながら、第一の原子力時代の軽水炉型原子力発電が相次いで寿命（日本は40年の運用期間、原子力委員会認可により1回に限り20年限度の延長可能）を迎えようとしている中で、世界中で原子力発電の見直しが本格化している。今までのように政府主導ではなく、安全性に加え経済性を重視した開発を民間主導で行い、それを政府が支援するという、ベンチャーによる小型炉（SMR：数万kWh規模）の開発である。既に米国の14社を中心に世界で20社の開発ベンチャーが名乗りを上げしのぎを削っている。日本にもその流れは押し寄せ、経済産業省も2019年度から「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」を開始し2020年度が2年目である。（株）トリウムテックソリューションの熔融塩炉開発も支援対象事業として採択され、日本特有のプルトニウム消滅熔融塩炉並びに世界市場を見据えたトリウム熔融塩炉の開発を進めている。

## 終わりに

温暖化をはじめとする地球環境保全の重要性が高まる一方で、新興国を中心に急伸している世界のエネルギー需要に応えるには、省エネの推進とともに安全でクリーンな低コスト電力の大量供給が必要である。同時に、核兵器製造に向くプルトニウムを生成しない‘平和のための原子炉’を人類は求めている。これらのニーズに応え得る第二の原子力時代の担い手としてのトリウム熔融塩炉に筆者は大きな期待を寄せ、希望を抱いている。

### （参考）

株式会社トリウムテックソリューションのホームページ

<https://ttsinc.jp/>

「原発安全革命」（文春新書）購入

<http://www.gunkyo.co.jp/bookGAK.php>

電子版

[https://books.bunshun.jp/](https://books.bunshun.jp/ud/book/num/1666080600000000000K)

[ud/book/num/1666080600000000000K](https://books.bunshun.jp/ud/book/num/1666080600000000000K)

モルテン・ソルト・リアクター勉強会

[https://www.youtube.com/](https://www.youtube.com/channel/UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg)

[channel/UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg](https://www.youtube.com/channel/UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg)

トリウム、もう一つの原子力（amazon prime）

<https://www.amazon.co.jp/dp/B08DL6LBXN>

「「原発」、もう一つの選択」 金子和夫著 ごま書房新社

「トリウム原子炉革命」～古川和男・広島からの出発～

長瀬 隆著 展望社

## The Second Atomic Energy Age has begun

However, as light water reactor type nuclear power plants in the First Atomic Energy Age is about to reach the end of its life cycle (40 years of operation in Japan, the operation can be extended only once for about 20 more years with the approval of the Atomic Energy Commission) one after another, the review of nuclear power generation is in full swing around the world. The review focuses on the development of a small modular reactor (SMR: tens of thousands of kWh in scale) by a venture company, in which the private sector takes the initiative in development that emphasizes safety and economic efficiency with support from the government, instead of the government-led development as in the past. Twenty development ventures around the world, centered on 14 in the United States, have already submitted a bid and are competing. The trend is reaching Japan, and the Ministry of Economy, Trade and Industry started the “Innovative Nuclear Technology Development Support Project to Meet Social Demand” in FY 2019, and FY 2020 is the second year. The development of a molten salt reactor by Thorium Tech Solution Inc. has also been adopted as a project for support, and the company is proceeding with the development of a plutonium-eliminating molten salt reactor peculiar to Japan and a thorium molten salt reactor with an eye on the world market.

## In conclusion

While the importance of global environmental conservation such as mitigation of global warming increases, in order to meet the rapidly growing global energy demand centered on emerging countries, it is necessary to promote energy saving and supply a large amount of safe, clean and low-cost electricity. At the same time, humankind is seeking a ‘reactor for peace’ that does not produce plutonium suitable for the production of nuclear weapons. This author has great expectations and hopes for the thorium molten salt reactor as a leader in the Second Atomic Energy Age that can meet these needs.

### (reference)

Homepage of Thorium Tech Solution Inc.

<https://ttsinc.jp/>

For purchase of “Nuclear Plant Safety Revolution”

(Bunshun Shinsho)

<http://www.gunkyo.co.jp/bookGAK.php>

Digital version

[https://books.bunshun.jp/](https://books.bunshun.jp/ud/book/num/1666080600000000000K)

[ud/book/num/1666080600000000000K](https://books.bunshun.jp/ud/book/num/1666080600000000000K)

Molten Salt Reactor Study Group

[https://www.youtube.com/channel/](https://www.youtube.com/channel/UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg)

[UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg](https://www.youtube.com/channel/UC4cm0mYPDBZHqcz0t15-mwg)

Thorium, Another Nuclear Power (Amazon Prime)

<https://www.amazon.co.jp/dp/B08DL6LBXN>

“Nuclear Power Plant”, Another Choice

by Kazuo Kaneko, Goma Shobo Shinsha

“Thorium Reactor Revolution

- Kazuo Furukawa, Departure from Hiroshima”

by Takashi Nagase, Tenbosha



編集・企画：NPO 法人サラーム会

TEL & FAX：03-3480-2617    ホームページ：<http://g-salaam.com>