

## RAI REPORT: Transatomic Energy Aims to Clean Up Nuclear Power

Author: Rapid Access International October, 2014

21世紀に入り、クリーンで再生可能なエネルギーという題目は重要性をさらに増してきている。石油や石炭に関する環境への悪影響や副作用がより明らかになってきたためだ。そのため、クリーンエネルギー部門は、スタートアップ向けとしてここ1年程度でシリコン・バレーのベンチャーキャピタルから多額の資金を調達しており、2014年前期で12億4千万ドルに達した。このようなスタートアップの中で、トランスアトミック・パワー (Transatomic Power) 社 (以下TAP社) は、高度の核廃棄物を電気に変換し、効率的かつクリーンな原子力エネルギー発電を低価格で提供できる原子炉を開発している。それと同時に、原子力利用に関する次の4点の喫緊の懸念事項の緩和も図っている。

1. 環境配慮
2. 安全性
3. 経済性
4. 核不拡散

### 環境配慮

原子力エネルギー利用に係る最大の懸念の一つとして、環境への影響が挙げられる。福島原発災害後にも周辺環境への被害が示された。TAP社は、熔融塩炉の開発により、原子力エネルギーからの環境影響の緩和を目指している。研究者によると、「熔融塩は化学的に不活性であり、万一漏れがあっても冷却し、固形化する。事故発生時には核分裂プロセスは自動的に停止する」という。熔融塩の性質から、TAP社の原子炉は、機能不全に陥っても周辺環境を汚染せず、核廃棄物廃棄の問題も解消できる。従来型の原子力発電と異なり、熔融塩炉は濃縮度**1.8%**という低濃度のウランも、商用稼働している軽水炉から発生した使用済み燃料も使うことができる。前者の場合、熔融塩炉の燃料消費率は最大**96%**、従来型の原子炉と比較して約**30倍**であるため、原子力エネルギーを効率的かつクリーンに活用することができる。

### 安全性

原子力発電の環境への悪影響に加え、福島原発やチェルノブイリを含むその他の過去の原因災害で示されたように、原子炉は特に放射能漏れが発生すると公共安全に対する脅威となる。TAP社は、機能不全に落ちる確率を低下させ、万一それが起こった場合には制御できるよう、例えばフリーズバルブ等の安全機能の搭載や熔融塩の性質を利用してこの問題を解決しようとしている。機能不全予防については、TAP社は、余剰反応の予防、漏えいの確率低下が図れるよう崩壊熱除去、余剰燃料排出を行う方法として、低圧パイプ及びフリーズバルブの使用を提案している。また、同社は、この原子炉に関して、前述の安全措置と熔融塩の性質から実現する、受動的炉停止能力も強調している。例えば、TAP社の原子炉の運用温度は摂氏**650~700度**であるが、熔融塩は沸点が摂氏約**1,200度**と高いため、過熱や急激な事故拡大に対する脆弱性は低い。さらに、崩壊熱を

大量の熔融塩に分散させることができるため、崩壊熱密度が低下し、さらに機能不全の確率を下げるができる。

最後に、TAP社の原子炉は水素化ジルコニウムを減速材として使うことにより、ウラン濃縮度が1.8%と低くとも高い度合いの熱中性子化を達成できる。これは、ジルコニウムが中性子を吸収しにくく、優れた耐放射線性を有するという性質による。

### 経済性

固体燃料を用いる従来型の軽水炉と異なり、TAP社の原子炉は液体である熔融塩を用いる。液体燃料は熱伝導に優れているため、ウラン濃縮度が低くても原子炉の効率を高く維持できる。TAP社の原子炉は、液体燃料を用いるという利点に加え、水素化ジルコニウムを減速材として用いることにより原子炉容器の小型化・コスト削減が可能だ。そのため、黒煙減速材を用いる熔融塩炉と比較して、投入できる熔融塩の量は5倍となる。一方で、ジルコニウムの中性子を吸収しにくいという特徴を利用して熱中性子領域の中性子発生を高め、転換比0.9を達成できる。また、従来型の軽水炉と異なり、熔融塩炉は、燃料の消耗に対応して、ウラン、使用済み核燃料（将来はトリウムの可能性も）を含む、様々な資源の燃料を連続的に補給することができる。熔融塩炉には、非放射性的の熔融塩を入れた中間ループや核分裂生成物の除去に必要な構造的空間等、追加的な製造コストも必要となるが、この部分は短期的・長期的効率性で相殺できる。

### 核不拡散

TAP社の原子炉は、主に次の3つの方法で核拡散問題の解消を図る。第一に、同社の原子炉では、新たなウラン濃縮施設及び燃料再処理施設が不要となる。熔融塩炉はウラン、使用済み核燃料、さらに将来的な可能性としてトリウムを使用することができるためである。第二に、この原子炉は使用済み燃料で稼働できるため、その貯蔵が不要である上、既存の使用済み燃料も消費できるため、使用済み燃料の安全な貯蔵問題と核拡散問題の双方を解消できる。第三に、従来型の熔融塩炉ではウラン濃縮度20~30%を必要とし、兵器用の濃縮度により近くなるが、TAP社の原子炉は水素化ジルコニウムを減速材として使用していることなどから、ウランが1.8%と低濃度であっても効率的に原子力発電が行える。

### 結論

総合的に考えると、TAP社が提案する熔融塩炉は米国におけるクリーンエネルギー開発の継続に大いに寄与し、原子力エネルギーに関する積年の諸問題の多くを解消できそうである。環境、安全性、経済性、不拡散という4つの問題への対応として、水素化ジルコニウム減速材を使用した熔融塩炉の開発を続けることで、TAP社の原子炉は、エネルギー問題に直面する米国国内並びに諸外国においてクリーンで持続可能なエネルギー市場を創出できる可能性がある。このことは特に日本にとって重要である。福島原子力発電事故以降、原子力エネルギーに対する反発が広がり、エネルギー市場にギャップが生じているためだ。それ以降、日本は低廉なエネルギーでこのギャップを埋める一方、「クリーンコール」の活用に至るべく環境技術革新における世界のリーダーとしての地位を維持しようとしている。日本はTAP社のような原子炉を研究・採用することで、

エネルギー部門のギャップを埋めると同時にクリーンエネルギーに関する取組をさらに発展できるかもしれない。

## **RAI REPORT: Transatomic Energy Aims to Clean Up Nuclear Power**

Author: Rapid Access International October, 2014

Moving into the 21st century, the topic of clean, renewable energy has become an increasingly important one as the negative environmental impact and spillover associated with coal and oil become more apparent. Accordingly, the clean energy sector has received an influx of funding from Silicon Valley venture capitalists from startups within the past year or so, attracting \$1.24 billion in financing in the first half of 2014. Among these startups, Transatomic Power is developing a reactor capable of turning high-level nuclear waste into electric power to deliver efficient and clean nuclear energy creation at a competitive price while solving the following four pressing concerns regarding nuclear usage.

- 1). Ecological stewardship
- 2). Public safety
- 3). Non-proliferation
- 4). Cost-efficiency

### **Ecological Stewardship**

One of the top concerns regarding the usage of nuclear energy is its environmental impact as demonstrated by the harmful impact on the surrounding wildlife after the Fukushima disaster. Transatomic Power seeks to mitigate the environmental impact of nuclear energy by creating molten sand based reactors, with researchers noting that because molten sand “is so inert...even if there is a leak, it cools and solidifies...The fission process stops automatically in an accident.” Due to molten sand’s qualities, Transatomic Power’s reactors will not contaminate the surrounding environment in the case of a malfunction, and also resolve the question of how to dispose of nuclear waste. Unlike conventional nuclear energy sources, molten sand reactors are capable of consuming both freshly mined uranium enriched at levels as low as 1.8%, and spent nuclear fuel generated by commercial light water reactors. In the case of the former, molten sand reactors also consume up to 30 times more reactor fuel than conventional generators and then uses 96% of the remaining energy, resulting in more efficient and clean use of nuclear energy.

### **Public Safety**

Alongside nuclear power’s negative impact on the environment, as Fukushima and other past nuclear reactor disasters have demonstrated e.g. Chernobyl, nuclear reactors can also pose a threat to public safety especially in the case of a radiation leak. Transatomic Power seeks to solve this issue through installed safety features e.g. freeze valves and molten salts’ properties to decrease the chances of a malfunction and control the consequences if one should happen. In regards to the former, Transatomic Power proposes to use low pressure piping and freeze valves to remove decay heat and drain excess fuel, preventing excess reactivity and reducing the chances of a leak. Transatomic Power also emphasizes their reactor’s passive shutdown ability

which is enabled by both the aforementioned safety measures, and molten salt's own properties. For example, due to molten salt's high boiling point of approximately 1200 °C compared to the reactor's operating temperature of 650-700 ° C, Transatomic Power's reactors are less prone to overheating and rapid accident escalation. In addition, unlike light water reactors which were originally meant to be used underwater and require constant cooling, molten salt reactors can be monitored by extracting fission products. Furthermore, by dissolving and diluting decay heat across a substantial mass of salt, decay heat density is lowered, further lessening the chances of a malfunction. Finally, by innovating with a zirconium hydride moderator, Transatomic Power's reactors can reach high thermalization or energy production while keeping enrichment levels as low as 1.8% due to zirconium's low absorption of neutrons and high radiation damage resistance.

### **Cost Efficiency**

Unlike conventional light water reactors which use solid fuels, Transatomic Power would use molten salt, a liquid fuel which has been shown to be a better conductor, hence increasing reactor efficiency while maintaining low enrichment levels. In addition to its reactor's liquid fuel advantage, by using zirconium hydride reactors, Transatomic Power can also reduce the size and cost of reactor vessels, quintupling the amount of fuel salt that can be used, while harnessing zirconium's low neutron absorption properties to generate more neutrons in the thermal region, resulting in a fuel to energy conversion ratio of about 0.9. Finally, unlike conventional light water reactors, molten salt reactors can be constantly refueled to counteract fuel depletion with a range of resources, including uranium, SNF, and potentially thorium. While molten sand reactors require some added production costs such as an intermediate loop with non-radioactive salt and structural space for fission product removal, such costs would be counteracted by the reactor's short and long-term efficiency.

### **Non-Proliferation**

Transatomic Power's reactors seek to resolve the issue of proliferation primarily through three methods. First, Transatomic Power's reactors would eliminate the need for new enrichment and reprocessing facilities as its molten salt reactors are capable of using fresh uranium, spent nuclear fuel (SNF), and potentially other materials such as thorium. Secondly, because its reactors can run off of SNF, Transatomic Power's products would eliminate the need to stockpile spent nuclear fuel while also reducing past inventories, hence resolving both the issue of how to most safely store spent fuel and nuclear proliferation. Thirdly, because of the reactors use of a zirconium hydride moderator, Transatomic Power's reactors are capable of efficiently generating nuclear energy at enrichment levels as low as 1.8% as opposed to conventional reactor's 20-30% enrichment levels, levels much closer to military-grade nuclear enrichment levels.

### **Conclusions**

All things considered, it appears that Transatomic Power's proposed molten sand reactor would significantly contribute to the continued development of the clean energy sector in the U.S. and resolve many of the long-standing problems associated with nuclear energy. By further developing past molten sand reactor models with its zirconium hydride moderator to address the above four listed issues-- environment, public safety, non-proliferation, and cost efficiency-- Transatomic Power's reactors could create a market within the U.S. as well as other countries

facing energy problems for clean, sustainable energy. This would be particularly significant in Japan given the energy market's gaps due to the widespread backlash against nuclear energy post-Fukushima. Since then, Japan has sought to fill in said gaps with affordable energy while maintaining its position as a global leader in environmental technology innovation, leading to the usage of "clean coal." By studying and adopting Transatomic Power's reactors, Japan could further develop its clean energy initiatives while filling in the energy sector's gaps.

**Sources:**

[http://transatomicpower.com/white\\_papers/TAP\\_White\\_Paper.pdf](http://transatomicpower.com/white_papers/TAP_White_Paper.pdf)

<https://gigaom.com/2014/08/05/nuclear-startup-transatomic-power-scores-seed-funding-from-founders-fund/>

<http://www.businessweek.com/articles/2014-06-05/transatomic-powers-safer-reactor-eats-nuclear-waste>

[http://seattletimes.com/html/business/technology/2024829860\\_venturecapitalistsxml.html](http://seattletimes.com/html/business/technology/2024829860_venturecapitalistsxml.html)

<http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/energy/11120003/Technology-revolution-in-nuclear-power-could-slash-costs-below-coal.html>

<http://www.techtimes.com/articles/16388/20140925/food-affected-by-the-fukushima-disaster-negatively-impacts-wildlife.htm>