

核燃料資源としてのトリウム利用

亀井敬史¹⁾

1. はじめに

現在, 人類は人口増加や途上国の急速な経済発展, 化石燃料の大量消費による地球温暖化等の環境破壊, さらには工業生産活動による資源の消費などさまざまな課題を抱えている。地球温暖化は, 昨年末にデータのずさんな評価や誤った記述が指摘されるなどその信憑性が危惧されることもあったが, 人為的な二酸化炭素の排出が地球の気温上昇を招いている傾向への認識が変わっているわけではない。このことを踏まえれば, 今後も人類全体の活動をいかに持続可能な形へと移行させてゆくべきかの議論が引き続き必要となろう。

そのためには世界全体の人為的な活動による二酸化炭素の排出がどのような部門からなされているかを知る必要がある。国際エネルギー機関の報告によれば(IEA, 2007), 発電部門が全体の46%を占め最大の排出源となっている。次いで運輸部門が23%を占め, 第二の排出源となっている。

発電部門に関しては, まず電力生産時の二酸化炭素排出量を減少させるものとして太陽光発電, 風力発電, 太陽熱発電など再生可能エネルギーと呼ばれる供給源の導入が進められている。これらは二酸化炭素の排出量は少ないものの, 単位面積当たりの発電量の少なさや発電の不安定さなどの課題も持つ。そのためこれらを補完するため蓄電設備などとの併用が求められる。また, 従来の石炭火力発電は資源量や安定性に優れるため, これからの二酸化炭素排出量を削減する試みとして, 二酸化炭素の分離・貯蔵技術(Carbon Capture & Storage: CCS)と呼ばれるものがある(IPCC, 2005)。発電時の二酸化炭素排出量の少ない技術としては原子力も挙げられる。原子力は燃料採掘, 加工等の過程での二酸化炭素の排

出を加味しても石炭火力発電のおよそ44分の1程度と評価されている(電中研, 2001)。このため既存の原子力利用国に加え, 発展途上国でも原子力の導入を計画する国が増えている。一方で原子力固有の放射性廃棄物や核拡散に対する懸念もあり, 必ずしも温暖化対策に原子力が積極的に検討されているわけではなかった。1997年の京都議定書採択の際に定められた二酸化炭素排出削減のためのクリーン開発メカニズムの技術選択肢に原子力が含まれなかったのはその現れの一つである。しかしながら, 昨年に入りイギリス, ドイツ, スウェーデン, イタリアといったEUの

第1表 主要メーカーの低炭素自動車。

	社名	ブランド名など
日本	トヨタ	プリウス(HV)
	日産	リーフ(EV)
	ホンダ	インサイト, CR-Z(HV)
	三菱自	i-MiEV(EV)
欧州	VW	ニューコンパクトクーペ(HV)
	アウディ	Eトロン(EV)
	BMW	MINI E(EV)
	ダイムラー	Smart EV(EV)
	ルノー	Z.E.(EV)
	PSA	三菱自よりOEM(EV)
米国	GM	シボレー・ボルト(EV)
	フォード	フォーカス(EV)
	テスラモーターズ	テスラ・ロードスター(EV)
韓国	現代	i10エレクトリック(EV)
中国	BYD	e6(EV)

注) HV:ハイブリッド車, EV:電気自動車

1) 財団法人 国際高等研究所

キーワード:トリウム, 原子力, 希土類, 電気自動車, 国家戦略

国々でも原子力に対する政策を転換する動きが現れてきている。

電力需要を発生点で捉え、これと電力供給とを動的に調整することで系統全体での電力需給の最適化を図るスマートグリッドと呼ばれる構想も研究が進められており、2009年に誕生した米オバマ政権でも主要なエネルギー政策の柱となっている。

運輸部門のおよそ7割を占める自動車に関してもこの数年で大きな変化が見られる。特に2009年には国内外の主要な自動車メーカーがハイブリッド車、もしくは電気自動車の投入を表明しており、特に電気自動車に関してはこれまでの主要メーカーとは異なる新たな企業の参入も見られる(第1表)。

ガソリンや軽油を燃料とする自動車からハイブリッド車や電気自動車への移行は、運輸手段の低炭素化に効果的である。しかしここで重要なことは、そのために大量の希土類が必要となることである。

2. 希土類資源の確保

従来の内燃機関と電気自動車とでは駆動方式に大きな違いがある。それは後者が電気モーターを駆動機構とする点である。これはハイブリッド車においても同様である。この電気モーターの主要部材である永久磁石の磁性を高めるためにネオジムが用いられる。ハイブリッド車のように高温となるエンジンなどの部位と共存する場合には、高温特性を高めるためにディスプロシウムが必要となる。これらはともに希土類に属するが、この希土類を安定的に確保できるかどうか、今後の自動車産業の競争力を左右する。

それは電気自動車ではガソリンエンジン等の精密機器を製造する高度な能力がメーカーとして必ずしも必要ではなく、ユーザーのニーズによっては汎用品モーターを用いてでも完成車を組み立てることが可能となるためである。これは高度な製造技術を有するメーカーが競争力を確保していた市場に、新たに比較的技術水準の低い企業が参画できることを示している。この時労働コストなどの競争に加え、高性能のモーターを製造する材料としてのネオジム、ディスプロシウムといった希土類の確保が自動車メーカーの競争力を左右することとなる。

昨年夏より希土類資源のわが国への供給が不安視されつつあり、この3月に至っても希土類価格の大

幅な上昇が報じられている。希土類資源は、かつてはインドやブラジル、アメリカなど多様な国が生産をしていたが、90年代以降、中国が生産を拡大し、現在では世界の生産量の97%を占めるに至っている。わが国も輸入の90%を中国に依存している。1992年、鄧小平氏は南方講和において「中東には石油、中国には希土類がある」と語り、その中国資源戦略が具現化してきたと言えよう。

供給源が多様な場合には市場原理が働いて価格の安定化や供給量の調整が発生するが、独占に近い状態ではこのような市場原理が働くことを期待することは難しい。昨年10月9日にはわが国の直嶋経済産業大臣が中国を訪問し陳徳銘商務相に対して希土類資源の安定供給を要請したが、陳商務相は希土類資源に対する需要急増から採掘現場での環境汚染が発生していることなども考慮し、環境保全を理由に輸出規制を行っている」と説明した。

中国は人口の増加に加えて国民の生活水準の急速な向上、都市の近代化などに伴い市民の自動車の所有が増加している。こういった中で温暖化対策などの環境対策を講じつつ自動車生産を増加させ、またこれを国内生産させていくために電気自動車は非常に好都合である。上述したように電気自動車は製造業としての技術的ハードルが低いことに加え、これの製造に必要な材料が中国国内で調達できるためである。その材料にはモーターに不可欠なネオジムやディスプロシウムに加え、航続距離の長いリチウムイオン電池に使われうるリチウムが挙げられる。第1表に示した中国BYD社はリチウムイオン電池のメーカーであるが、近年自動車生産に進出した。ガソリン自動車の生産も行っているがe6と呼ばれる電気自動車の量を計画している。米国の著名な投資家であるウォーレン・バフェット氏は2008年に同社に対して2億3千万ドルを拠出している。

このように中国国内向けの希土類資源の需要が今後も高まることを考慮すれば、わが国への安定供給を期待することは極めて難しい状況にあると言えよう。このため、わが国でも民間企業や石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)などが中国以外の希土類資源開発を行っているが、必ずしも順調に進んでいるわけではない。それは希土類とともに放射性のトリウムが産するためである。

3. トリウムの利用

3.1 トリウムとは

トリウムは原子番号90の元素で、自然界から得られる放射性物質である。同位体組成は質量数232のものがほぼ100%を占める。その半減期は141億年で、資源量的には同じ放射性物質であるウランの3~4倍存在すると見られている。ウランに比べると資源は普遍的に存在しており、60万トンあると言われるブラジルやオーストラリア、膨大な人口を抱えるインド、そして先程から述べている中国も多くのトリウムを有するとされている。米国は2009年までは30万トンほどの埋蔵量があるとされていたが、昨年その値を90万トンとした(USGS, 2009)。残念ながらわが国にはトリウムは存在しない。

トリウムが原子力の燃料となることは戦前から知られており、1955年に制定されたわが国の原子力基本法にもその第一章三条にウランと並ぶ核燃料物質であると記されている。核燃料としてのトリウムとウランの大きな相違は、トリウムが親核種でしかないことである。原子炉では核分裂反応によってエネルギーが発生するのに加え、この核分裂反応を起こすことができる核分裂性物質が、原子炉内に装荷されたウランなどに中性子が吸収されることで再生産されていく反応が生じている。

このように再生産する元の物質を親核種と呼び、ウラン238とトリウム232がある。ウランは他に核分裂そのものを起こすことのできる質量数235の同位体を0.7%の割合で天然に含んでいるため、ウランは採掘すればそのまま燃料とすることができる。トリウムを核燃料に利用するには、別途、核分裂性物質を確保しなければならない。このような違いから、トリウムはこれまで原子力の燃料として商業的に利用されたことはなかった。

トリウムが含まれる主な鉱物にはモナザイトが挙げられる。インドの南西海岸などの重砂の主要な構成要素である。またイオン吸着鉱にも含まれており、このためディスプロシウムの生産時にトリウムが生じることが多い。

第2節で述べたように、中国からの希土類供給量が制限される中で中国以外の新たな資源開発が進められているが、その有望な国の一つはベトナムである。ここでは中国南部と同様な地質体があるほか、独自

のアルカリ岩が分布し、わが国の豊田通商も資源開発を行っている。

昨年12月の石油天然ガス・金属鉱物資源機構の会合でも報告されたが、複数の有望な鉱区のうち、ディスプロシウムの含有率が600ppmと高い南ナムセー地区などでは、トリウムの含有率も400ppmと高く、トリウムの対処に目処がつかないため開発を行えないでいる。結果的にトリウム含有率が数10ppmと小さいベンデン地区の開発に着手している。ただしディスプロシウムの含有率は31ppmとわずかである。

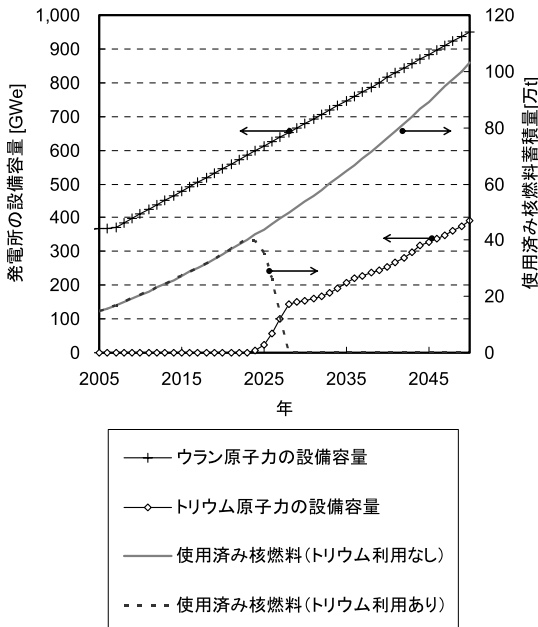
このような選択をせざるを得ない背景には、トリウムが放射性物質であって安易に廃棄することができず、かつ現状では用途がないことが挙げられる。トリウムは、かつては光学ガラスやランタンの炎の安定化に用いられたこともあり、また酸化トリウムは耐熱特性が極めて高く、これを活かしてつぼなどにも用いられる。しかしながらその使用量はわずかで、希土類残渣のトリウムを消費する量ではない。

トリウムの最も有効な利用手段は核燃料である。第1節でも述べたようにエネルギー需要増加や温暖化対策などの有効な手段として原子力は期待されるが、核拡散等の懸念があり、必ずしも受け入れられてはいない。トリウムは質量数がウランより小さく、結果としてプルトニウムの生産量がウランのおよそ100分の1である。また長期間の管理を必要とする放射性廃棄物の主成分である超ウラン元素の生成量も極めて少ない。こういった利点に加え、50年にわたるウラン利用に伴って生産されたプルトニウムが、先述したトリウムの核分裂性物質の欠如を補完できる量になってきたことから、トリウムの商業利用への具体的な取り組みが始まりつつある。

近年まではインドでの研究開発など限られた国での関心しかなかったが、今年からは中国がカナダ原子力公社の協力の下、秦山原子力発電所にトリウム燃料の装荷を開始する予定となっているなど、諸外国でトリウム利用への動きが具体化している。

3.2 核燃料としてのトリウムを利用

トリウムを核燃料として利用するには、核反応の結果生成する透過力の強い γ 線に対する遮蔽などの対策が必要であるが、基本的にどのような形式の原子炉でも利用可能である。上述した中国の秦山原子力発電所はカナダ製の重水炉(CANDU)である。わ



第1図 世界のトリウム原子力導入量の計算例。

が国は軽水炉（沸騰水型，加圧水型）であるが，軽水炉でのトリウム燃料の利用も大学等の研究機関をはじめ，米ライトブリッジ社（旧トリウムパワー社）やノルウェーのツール・エナジー社など民間企業でも研究開発されている。軽水炉でのトリウムの利用は，燃料の利用効率の面からは重水炉に劣るが，設備の数では世界最大でありトリウム利用の波及効果は大きい。計画中の各国の新規導入の炉型は軽水炉が占める。米 SHIPPINGPORT 発電所（加圧水型炉）では70年代に試験的にトリウムが利用された。このため，既存の設備を活用でき，また今後も引き続き利用される軽水炉でのトリウム利用を検討していくことは重要であろう。（山脇ほか，2005）

先述したように，トリウムに高エネルギーの γ 線が同伴すること，トリウム酸化物が現在商業利用されているPUREX法で再処理ができないことなどから，熔融フッ化物を用いた液体燃料による熔融塩炉も1950年代から提案されてきた。米国では60年代にオークリッジ国立研究所で実験炉が成功している。米エネルギー省による第四世代原子炉（現行炉は第二，第三代と呼ばれる）の候補の一つにも挙げられており，2010年米国国防予算権限法案にも記載された（亀井，2009a）。

第3.1節で述べたように，現在は50年以上にわたるウラン利用の結果，プルトニウムが大量に蓄積されており，今後も発生し続ける。このプルトニウムを核分裂性物質として用いた場合に世界全体で導入可能なトリウム原子力の設備容量をシミュレーションした。ここではトリウム原子力の商業利用は2024年に始まると仮定した。なお本計算ではウラン原子力の成長曲線は国際エネルギー機関（IEA，2007）の値を採用した。2050年に設備容量で392GW（標準的な軽水炉の設備容量を1GWとして392基分）となる。現在の原子力の設備容量は約400GWである。シミュレーション結果を第1図に示す。

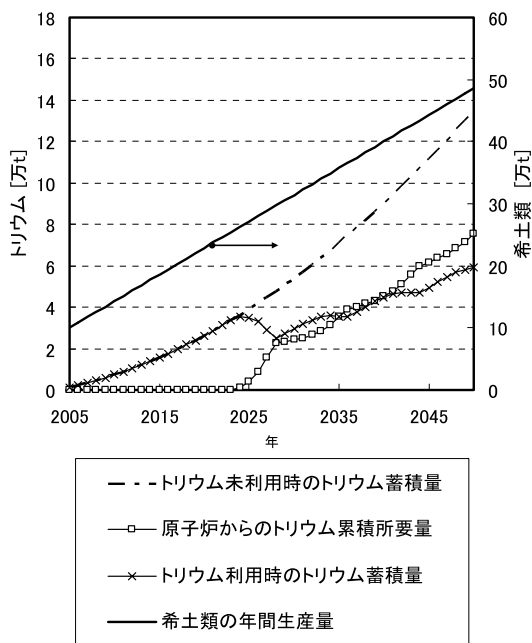
トリウムと併用する核分裂性物質として濃縮ウランも利用可能であるが，濃縮ウランは現在の原子力に必要であり，この利用が今後も継続すること，またウランの利用後に生成するプルトニウムが必ずしも核燃料として有効に活用されていないことを考慮すれば，プルトニウムをトリウムとともに燃料として利用することが望ましいと考えられる。

3.3 トリウムの生産量と消費量

第1図の規模でトリウム原子力が導入される場合に，希土類生産時のトリウム蓄積量から原子力によって消費されるトリウムの量をシミュレーションした。トリウムの蓄積量や生産量の詳細は明らかにされていないため，ここでは希土類の生産量の予測（渡辺，2008）からトリウムの生産量の概算値を与えた。簡単のため，希土類生産時にその生産量の1%に相当する量のトリウムが発生すると仮定した。また計算開始時点の世界でのトリウムの蓄積量はゼロとした。実際にはこれまでの希土類生産に伴い，ブラジルやインドなど合わせ，世界全体で数万トンの蓄積があると言われている。

第1図の計算に用いた原子炉には核分裂性物質にプルトニウムを用いるもの（Honma and Shimazu，2007）と，トリウムから生産されたウラン233を用いるもの（Mitachi *et al.*，2007）との2種類がある。ともに設備容量20万kWの小型炉であり，1基当たりのトリウム初装量はそれぞれ31.3トンと56.4トンである。後者は30年間の運転寿命期間中に5.2トンのトリウムを追加する。計算結果を第2図に示す。

2024年のトリウム原子力の利用開始時点で4万トン程度の蓄積量があるが，次第に消費され2050年には



第2図 世界のトリウム蓄積量と消費量。

6万トン程度の在庫となる。トリウムを原子力に利用しない場合は13万トン程度まで蓄積する。なお2005年の初期値を2万トンとした場合、グラフ全体が上に2万トン分ずれると考えてよい。

このようにトリウムを核燃料として利用した場合、(1)従来のウランを燃料とする原子力に加えて新たなエネルギー源を得られること、(2)このために必要なトリウムは、希土類生産時の副産物として得ることができ、新たなトリウム資源開発を必要としないことなど、多くの利点が見出せる。

4. 日本の取るべき対応

ここまで見てきたように、地球温暖化対策などの制約条件の下でわが国が十分な国際競争力を確保するためには、低炭素社会に資するエネルギー産業の構築、ハイブリッド車や電気自動車など低炭素自動車の製造が不可欠である。特に低炭素自動車には希土類が必要であるが、その生産時に放射性的トリウムが発生することが課題となっていた。このトリウムを核燃料として利用すれば課題が克服できることを示したが、これは自動車産業側の視点である。

一方、原子力利用の側からすれば、これまでウラン

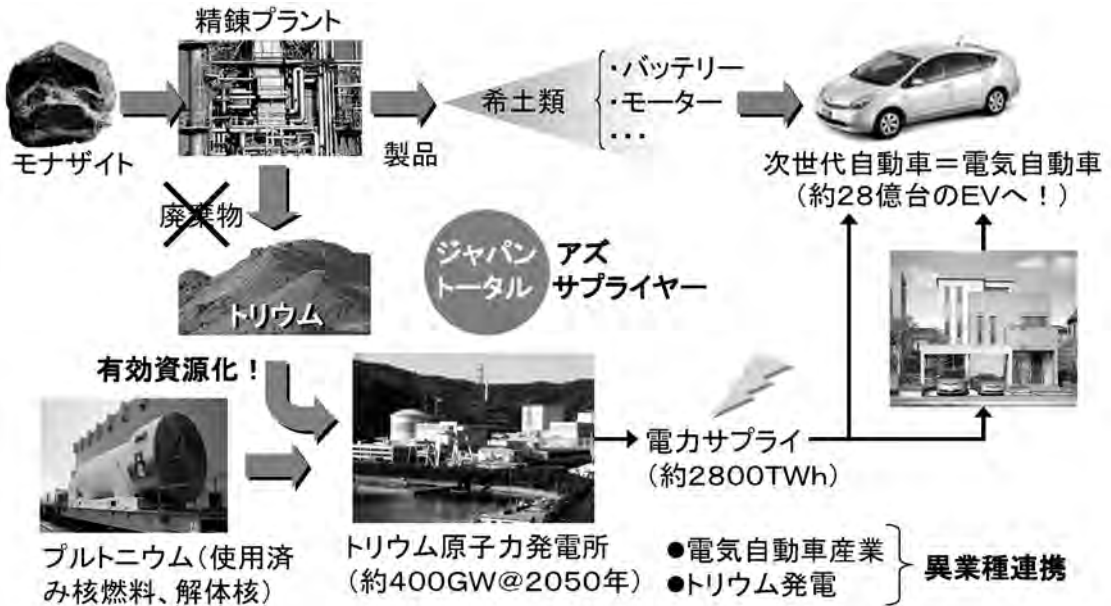
利用を前提に諸政策を進めてきたため、トリウムをなぜ今、検討すべきかの自動車産業側に立った理解はない。このように国家産業基盤を支える種々のステークホルダーが、互いに隣人の抱えている課題を知らずに連携が十分に取れていない状況が今後も続けば、国全体の国際競争力はさらに低下すると危惧される。そこで本節では、どのような産業間の枠組みや、国としての支援体制が必要かを述べる。

4.1 希土類産業と自動車産業

まず自動車産業を中心に見てみよう。産業の構成要素としては、(1)ハイブリッド車や電気自動車を生産する、(2)そのために希土類を購入する、(3)希土類確保のために鉱山を開発する、(4)鉱山で放射性的トリウムが発生する、(5)トリウムを廃棄物とせず核燃料として活用する、(6)トリウム原子力から電気自動車に電力を供給するという流れになる。この連携モデルを第3図に示す。

まず(1)については論を俟たない。(2)に関して言えば、上述したように世界の生産量の97%は中国が占めており、かつ昨年以降、中国からの輸出枠は縮小傾向にある。しかし、陳商務相が言うように希土類生産時に環境汚染問題を抱えているのであれば、これを日本が技術・資金面での協力を行い、その見返りに希土類の安定供給を図るなどの提案をするべきであろう。加えて、トリウムを原子力に用いるための技術支援を行うことも可能である。注意すべきは、このような考えはわが国以外からでも提案できることだ。トリウム原子力ではすでにカナダが協力をしており、軽水炉でのトリウム利用については米国やノルウェーが先鞭をつけようとしている。米中の自動車関連の動きも見れば、希土類とトリウムとの連携を視野に入れていると考えられる(亀井, 2009b)。

(3)と(4)に関して言えば、ベトナムなどの新規鉱山開発時にトリウム含有率が高くても、もし必要な資源(ネオジムやディスプロシウムなど)が豊富に含まれているのであれば、そのような鉱区の開発をトリウムが理由で躊躇すべきでない。ただし、トリウムは自動車メーカーでの用途はなく、また第3図に示すような異業種間の連携も構築されていないのが実情である。そのため、トリウムについては原子力産業(メーカーや電力事業者)との連携が必要である。日本以外での利用が見込まれるのであれば資源商社が保有すること



第3図 希土類およびトリウムを中核とする自動車産業と原子力産業の連携。

も考えられる。これらが私企業にとってリスクを伴うのであれば、国が介入して政府備蓄するなどの枠組みを検討すべきだ。

上記でトリウムを備蓄する場合には、保管場所を (a)日本, (b)採取地, (c) 第三国とするなどが考えられる。(a) の場合は新たな国内法の整備が必要となろう。(b) の場合は採取国との間で交渉が必要であろうし、もし了解が得られない場合には適切に処置して埋め戻すことが求められよう。現状では適切な処置の下で埋め戻されている。しかしながら、埋め戻しに伴うコスト、将来の燃料としての価値を考慮すれば適切な管理の下で保管する措置を講じるべきである。(c) に関しては、例えばノルウェーや米国等のトリウム燃料の製造国への移送や、あるいは国際的に共同管理する保管地などを構築することも考えられる。本稿ではトリウムの資源面での可能性を鳥瞰することを目的としているため細部には踏み込まないが、いずれの場合でも、それぞれの処理・保管・移送の課題とコストの詳細な検討が今後求められる。

(5) に関しては、国内でのトリウム利用に関する議論と並行して海外市場での競争力確保のためにわが国の原子力産業は検討すべきである。これは原子力のみでの枠組みではなく、電気自動車などの異業種

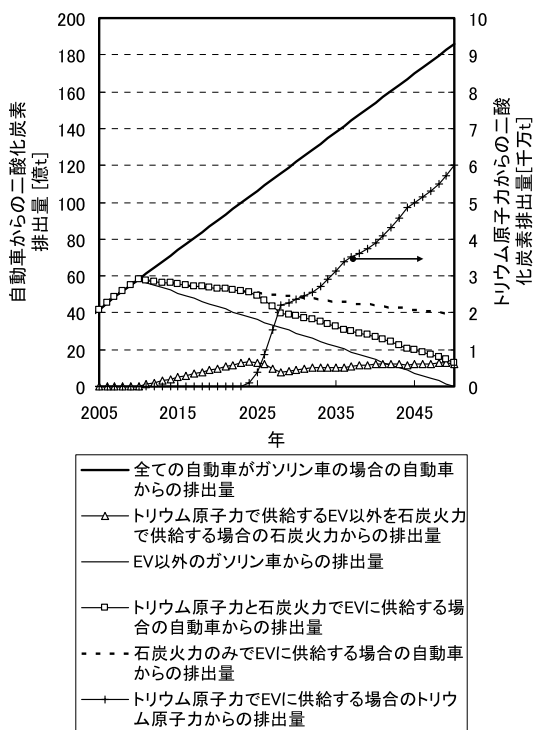
間で連携した枠組みを構築するべきである。

4.2 自動車産業と原子力産業

日本自動車工業会(2009)によれば2005年の世界の自動車保有台数は約9億台であり、年率約3.5%で増加を続けている。このペースで増加を続けた場合、2050年には40億台に達し、自動車から排出される二酸化炭素の量は2005年の45億トンから2050年には186億トンになる。今後、ガソリン自動車から電気自動車への置換が急速に進展し、これにトリウム原子力から電力供給を行った場合の二酸化炭素の排出量を計算した。

ここではやや大きめの数字であるが、電気自動車は2010年から年間1億台生産されるとした。この場合、2050年には全ての自動車電気が自動車となる。トリウム原子力による電力供給は第1図の結果とする。トリウム原子力は2024年から導入されるため、それまでは石炭火力発電所から電力供給する。トリウム原子力の導入後は、順次、対応する規模の石炭火力発電所を休止する。なお石炭火力発電所でのCCS(二酸化炭素回収・貯留)は想定しない。結果を第4図に示す。

2050年に石炭火力のみで電力供給した場合には二



第4図 世界のトリウム原子力による電気自動車への電力供給と二酸化炭素排出量。

酸化炭素の排出量は約39億トンとなる。トリウム原子力を用いた場合には約28億台に電力供給でき、残りを石炭火力で供給しても二酸化炭素排出量は全体で約13億トンと大幅に削減できる。

4.3 トリウム原子力と電力事業

第3節で見たように、海外でのトリウム原子力に対する取り組みは近年急速に高まりつつある。これに対応できる能力をわが国が有していなければ、国際市場での競争力は大幅に低減すると考えられる。この視点からは、原子燃料工業のような核燃料メーカー、これを装着する原子炉メーカー、またγ線遮蔽などを考慮した発電所を建設するゼネコンなどが検討を始めるべきだろう。

一方、国内に目を転じれば、原子力政策はウラン利用で構築されてきており、これを変更することは必ずしも容易ではないし、また不用意に変更すべきでもない。原子力はエネルギー安全保障上、少量の燃料で安定的に大量の電力を供給でき、備蓄効果も高

いなど利点も多い。このためウラン資源の確保は今後も進めるべきである。核不拡散の視点からは、わが国はNPTに加盟する中で唯一、濃縮から再処理に至る核燃料サイクル全体を持つことを許されていないが核兵器への転用をしていない。わが国が核の平和利用を訴える上からも、今後もウランの利用は続けるべきである。しかしながら、ウランも資源である以上、これを獲得しようとする他国が現れてきた際に競争にさらされる。ウランの価格も2007年初頭の中国の原子力拡大表明後に急激に上昇した。トリウムの利用を加えることは、エネルギー供給源の多様化となり、エネルギー安全保障を向上させることに寄与する。

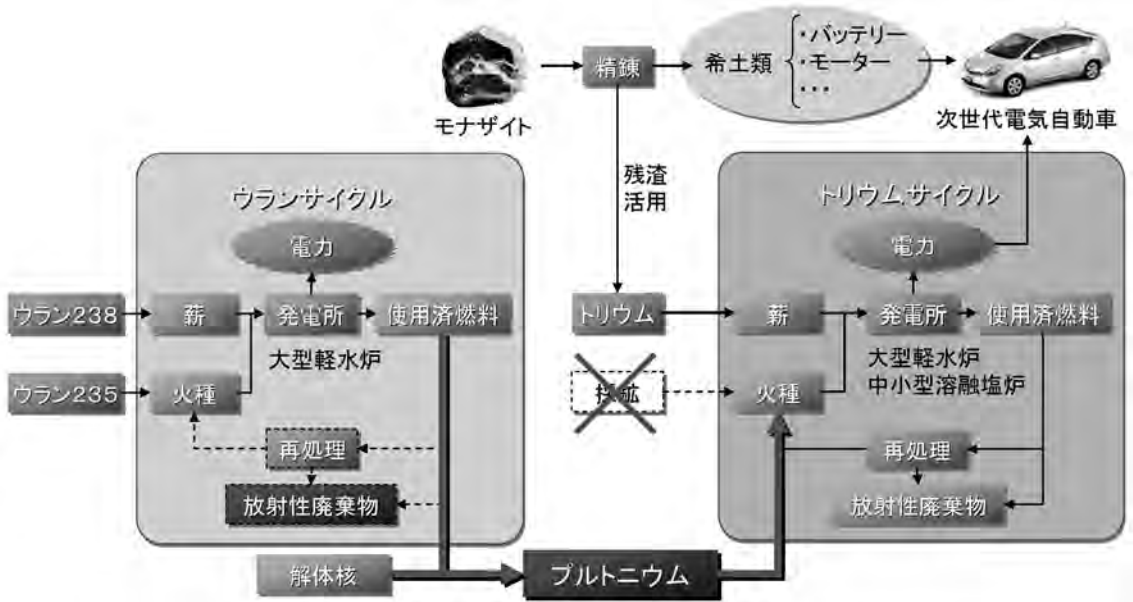
トリウムの利用は、核拡散の恐れを考慮すれば、海外で新たに原子力を導入する国での利用を優先的に考えるべきである。わが国などすでに原子力利用と製造技術を有する国々は、これらの国でのトリウム利用を技術面や制度面で支援する枠組みを検討すべきである。このような新規利用国では、トリウムに限らず原子力発電所の運用そのものが初めてである。この時にわが国の電力事業者が運用支援を人的側面も含めて行うことが考えられる。このようなトリウム利用実績の海外での蓄積は、将来の国内利用のための先行事例として考えればよい。

トリウムの利用時には火種となる物質が必要であることは第3節で述べた。これにはプルトニウムが適するが、国内電力事業者の自社保有分はすでにプルーサーマル向けに決められている。しかし将来の発生分をトリウム利用にも供与することは、中長期的視点ではウラン利用に加えてトリウム利用を事業オプションの選択肢に拡大することとなり、国際競争力の向上を図ることができよう。

国内でのトリウム利用は、すでに蓄積されているプルトニウムの消費に資すること、また使用済み核燃料の長寿命核種の量が大幅に減少されることなどを豊田(2010)が指摘している。このようなウランとトリウムの連携を第5図に示した。ここでのウラン-トリウムの連携は同一国内に限るものではなく、国家間をまたぐものと考えてよい。

5. おわりに

地球温暖化対策や核廃絶などの制約条件の下での次世代産業を考えるにあたり、核燃料としてのトリ



第5図 ウラン原子力とトリウム原子力との連携。

ウムに注目した。トリウムは電気自動車などに用いるネオジウムやディスプロシウムといった希土類の精錬残渣として発生する。現状では放射性廃棄物として環境問題の原因でしかないが、一方で核燃料としての利用が可能である。原子力は温暖化対策になるが核兵器への転用の恐れが残る。トリウムを核燃料とした場合には核兵器への転用が困難であるという特徴を持つ。すなわち、トリウムを核燃料として用いることにより、運輸手段とエネルギー供給手段が有機的に結合され、次世代が求める要件を満たす産業構築の要となる。トリウム原子力は2050年に392GWの設備容量となり、この時トリウムは約7万トン利用される。この設備容量は約28億台の電気自動車の所要電力に対応し、この時二酸化炭素の排出量は約13億トンに低減できる。

トリウムを核燃料に利用すれば、希土類資源国でのトリウム廃棄物問題が克服され、資源確保戦略を強化できる。電気自動車とトリウム原子力を併せて輸出することにより、資源確保とわが国産業の国際競争力の強化に資すると期待される。しかしながらこのようなスキームは米国などいずれの国でも採用可能であり、早期に着手するかが資源確保を含めた今後の趨勢を左右する。

米国は当面必要な希土類の確保を中国との間で進めると考えられ、中長期的には1998年に生産休止したマウンテンパスを再開する見込みである。1950年代には米国ではトリウムの政府買い上げが進められていたが、その本格的な商業利用には至らなかった。しかし現在、複数の法案が議会にも提出されている。

直近では今年の3月3日に民主党のハリー・リードと共和党のオリン・ハッチが共同でトリウム燃料法案を提出している。これは2008年10月2日に提出したものと同一中身である。2008年の議会では採択されなかったが、今回は採択の可能性が高いと言われている。2009年には国防予算権限法案に海軍向けのトリウム溶融塩炉の開発が盛り込まれた。これは原子力潜水艦を念頭に置くが、加圧水型原子炉がその後、発電用に展開されたことを考えれば、商業用発電炉への展開を想定していると言えよう。2010年3月12日には米エネルギー省が次世代原子炉の概念設計業務を4,000万ドルで軽水炉のウエスティング・ハウスとゼネラル・アトムックに委託した。2009年に提出された温暖化対策法案にもトリウム原子力の記載がある。下院では採択されたが、上院では依然審議中である。2009年には民主党のジョー・セステク議員がトリウム溶融塩炉の開発法案を提出している。米国では2010

年3月29日, 30日にグーグル本社でトリウム原子力に関する国際会議が開催された。ここでは原子力利用に加えてレアアースとトリウムに関する資源論的な議論も行われている。なおグーグルのエリック・シュミットCEOはオバマ政権の科学技術顧問を務めている。

昭和30年代にはわが国の希土類産業界からトリウムの政府備蓄の要請が出されていた(新金属協会, 1998)。その時は将来の不確実性を理由に採用しなかったが、現在の希土類産業が支える上位の産業の広がりとは当時の比ではない。同じ轍を踏むべきではない。今後のわが国の取り組みに期待したい。

文 献

- 電中研, 電力中央研究所 (2001): ライフサイクルCO₂排出量による原子力発電技術の評価。
- Honma, Y. and Shimazu, Y. (2007): Fuel Cycle Study on Pu-Th based Molten Salt Reactors for Sustainable Fuel Supply, Proc. of TU2007 (CD-ROM).
- IEA, International Energy Agency (2007): World Energy Outlook.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2005): IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Chapter 3, Working Group (2006), Cambridge University Press.
- JOGMEC, 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2009): 第12回資源開発基礎講座「レアアース資源の基礎知識と最近の動向」, 資料2-10.
- 亀井敬史 (2009a): HV車, 電気自動車向けレアアースの確保が急務, 環境ビジネス, 10, 11.
- 亀井敬史 (2009b): 歴史は繰り返す, 時の法令, 1848, 4-5.
- Mitachi, K., Yamamoto, T. and Yoshioka, R. (2007): Self-sustaining Core Design for 200 MWe Molten-Salt Reactor with Thorium-Uranium Fuel: FUJI-U3-(0), Proc. of TU2007 (CD-ROM).
- 日本自動車工業会 (2009): 世界自動車統計年報.
- 新金属協会 (1998): レア・アース, 新金属協会.
- 豊田正敏 (2010): 原子力発電の歴史と展望, 東京図書出版会.
- USGS (2009): Thorium Minerals Yearbook.
- 渡辺 寧 (2008): 希土類: 資源調査および資源開発, 産総研 TODAY, 8, 5.
- 山脇道夫・山名 元・宇根博信・福田幸朔 (2005): 高い核拡散抵抗性と優れた特性を有するトリウム燃料サイクル (第1部), 日本原子力学会誌, 47, 12, 14-33.
- KAMEI Takashi (2010): Thorium utilization as unclear fuel.

< 受付: 2010年4月2日 >