

レアアース製錬に伴うトリウム等の 放射性廃棄物管理に関する一考察

——エイジアンレアアース (ARE) 社事件, ライナス社問題を事例として——

和田 喜彦

1 はじめに

1.1 研究の背景と動機

筆者は、1990年代よりエコロジカル・フットプリント (EF) 指標という持続可能性評価指標の開発・改良のための研究に従事してきた。エコロジカル・フットプリントとは、経済活動や私たちの消費生活を持続的に支えるために必要な生態系サービスの供給源である生態系の面積 (土地および水域) のことである。Rees (1996) は、エコロジカル・フットプリントを、「ある特定の地域の経済活動、またはある特定の物質水準の生活を営む人々の消費活動を持続的に支えるために必要とされる生産可能な土地および水域面積の合計 (それらが地域内に存在するか外に存在するかは問わない)」と定義している。人間の経済活動が必要としている生産可能な土地水域面積 (エコロジカル・フットプリント) が、実際地球上に存在している土地水域面積 (=バイオキャパシティ) の面積を超過 (オーバーシュート) していなければ、生態系サービスの需要と供給のバランス関係という視点から見て持続可能性は確保されていると考えることができる (和田, 2005)。すなわち、持続可能性達成のための必要条件のひとつと捉えることができるのだ。この指標の世界的な認知度は高まりつつあり、現在では、日本やスイス、アラブ首長国連邦を含む 11 の国・地域で持続性評価指標として公式採用されている (Global Footprint Network, 2013)。2012年

には、この指標の有用性が評価され、その共同開発者であるウィリアム・リース教授とマティス・ワケナゲル氏に対して、公益財団法人・旭硝子財団より「ブループラネット賞」が授与されている。

エコロジカル・フットプリントの認知度の高まりと活用の広まりは世界的となっているが、この指標には幾つかの解決されるべき課題が残されている (Kitzes, *et al.*, 2009)。たとえば、経済活動がもたらす環境負荷のうち、十分に捕捉しきれていない負荷が存在する。とりわけ、ウラン開発や製錬の過程で排出される鉱滓（テールング）や原子力発電所で産み出される使用済み核燃料のような放射性廃棄物については、エコロジカル・フットプリントで十分に考慮されているとは言えない状況である。放射性廃棄物の影響は超長期にわたる場合があり、生成されてから事後継続的に管理され続けなければならない (和田, 2007)。したがって時間軸の観点からの考慮が必要である。和田 (2010) は、こうした放射性物質の環境コストを「放射能フットプリント (Radioactive Footprint)」として、予備的な考察を加えている。

本研究は、こうした文脈から派生したものである。今回は、レアアース製錬工程で発生するトリウム (Th) 232 などの放射性物質についての環境影響と環境管理の実態を予備的に調査することが目的である。実態の把握のために、既存研究のサーベイと現場に足を運ぶことから開始した。取り上げた事例は、2例あり、1例目は、日本の三菱化成工業(株) (当時：現在は三菱化学(株)) の子会社であるエイジアンレアアース (ARE) 社が 1970 年代後半から 80 年代にかけてマレーシア西部のペラ州で引き起こした放射性廃棄物の杜撰な管理による深刻な公害事件である。2例目は、オーストラリアに本社があるライナス社がマレーシアの東海岸に建設したレアアース製錬工場の問題である。この工場は、暫定運転免許を取得し、2012 年 12 月に操業を開始したが、周辺住民団体などが環境汚染の懸念を訴え、強硬に反対している。

1.2 研究の目的と方法

本研究では、エイジアンレアアース（ARE）社事件の経緯と長期的な影響を理解すること、ライナス社の製錬工場稼働問題を解決するにあたり、ARE 社事件から将来に向けての教訓を得ること、そしてライナス社問題の解決の糸口を探ること、ARE 社事件やライナス社問題のような事例が再発しないための方策を探ることを目的とした。

研究方法としては、ARE 社事件の歴史的資料や既存研究を掘り起こし、現時点での放射性物質の漏れの有無とその程度を現地調査と土壌分析により解析した。ライナス社レアアース製錬工場についても、既存の研究の読み込みと、工場の関係者と周辺住民双方およびこの分野の専門家からの聞き取り調査、そして土壌分析を実施した。

2 レアアース資源と公害問題

2.1 レアアースの副産物：放射性トリウム等

レアアース（希土類元素，REE：Rare-Earth Element）は、原子番号 57 番のランタンから 71 番のルテシウムまでのランタノイド元素 15 元素の総称で、21 番のスカンジウム（Sc）、39 番のイットリウム（Y）を加えて 17 元素とすることもよくある。ハイブリッド自動車の高性能モーターやスマートフォン等の各種ハイテク製品や LED のような省エネ製品の製造に必要な不可欠な資源である。

レアアースの供給元は地政学的に偏っており、中国が全世界で消費されるレアアースの約 97% を供給している。とはいえ、中国のレアアース埋蔵量は、世界の約 30% を占めるに過ぎない。なぜ中国がレアアース生産市場でのシェアを伸ばしたのか。生産コストを抑え、レアアースの国際価格を下げることによって他国の生産を採算割れにして、撤退させるという戦略を用いてきたからである。生産コストを抑えるための方法として、採掘や製錬工程での汚染対策コストや廃棄物管理コストを掛けないような生産方法を選択しているとする見解を持つ専門家もいる（加藤，2012）。

第 1 表 マウント・ウェルドで採掘されるレアアース資源

軽レアアース	酸化ランタン，酸化セリウム，酸化プラセオシム，酸化ネオジム， 酸化サマリウム，酸化ユーロピウム
重レアアース	酸化ガドリニウム，酸化テルビウム，酸化ジスプロシウム， 酸化ホルミウム，酸化エルビウム，酸化ツリウム， 酸化イッテルビウム，酸化ルテチウム，酸化イットリウム

(出所) Lynas Corporation (2012).

近年，中国は環境汚染防止と資源保全という名目で生産量と輸出量を制限しており，輸入国の立場から安定的にレアアース資源を得るためには，供給元の多様化が必要であるとされる．日本も，積極的に供給元の多様化に努める一方，同時にレアアース代替技術や「都市鉱山」からのレアアース回収技術の開発に邁進している（原田・中村，2008）．

供給元の多様化のひとつとして，太平洋の深海の海底泥からのレアアース回収を目指す試みがある（加藤，2012）．しかし採掘コストの高さの問題があるため，短期的な多様化の試みは中国以外の国と「都市鉱山」からの供給先確保という手段が中心となっている．中国以外のレアアース供給源として日本政府が進めているプロジェクトのひとつがオーストラリアのマウント・ウェルド（Mt. Weld）鉱山で採掘されたレアアース鉱石をマレーシアに輸送し，そこで製錬するというものである．オーストラリアのライナス（Lynas）社がこの開発プロジェクトの担い手となっており，日本政府は，独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）を通じ，建設資金として，ライナス社に対し約 200 億円の融資を実施し，双日㈱と JOGMEC そしてライナス社との間で，年間 8,500 トン（日本国内のレアアース需要の約 3 割相当）のレアアース供給を 10 年間行うという契約が成立している．今後，セリウムやランタンなどのレアアース製品が日本に供給されることになっている（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC），2011）．

ちなみに，マウント・ウェルドで産出されるレアアース鉱物資源は，第 1

表の通りである。

さて、レアアース鉱床を生成過程の違いによって分類すると、(1) マグマ由来鉱床と (2) イオン吸着型鉱床に分類できる。マグマ由来鉱床からの鉱石を使用する場合、製錬後の廃棄物には放射性トリウム、ウランなどの放射性物質や重金属が含まれる（加藤，2012）。ライナス社の製錬は、マグマ由来鉱床の鉱石を使用しているため、放射性トリウムなどによる周辺への環境汚染への懸念が払拭されておらず、マレーシアでは国論を二分する大問題となっている。

ライナス社製錬工場稼働の是非が大きな議論となっている原因のひとつとして、30年ほど前に日本の三菱化成工業(株)（現在の三菱化学(株)）の子会社のエイジアンレアアース（ARE）社が同じマレーシア国内で引き起こした放射能汚染事件がある。この事件を引き起こした加害企業である ARE 社と三菱化学は、地元の小学校に奨学金を供与するための基金づくり、放射性物質の除染と保管業務のために資金を提供しているものの、放置した放射性廃棄物と病気や先天性異常との因果関係を認めず、また加害責任も認めていない（小島，1992，1999）。被害者は、加害企業や政府からの謝罪も十分な補償も受けることができないまま放置されているのである。日本の市民や NGO が寄付を集め、基金をつくり、そこから月々わずかな見舞金が存命中の被害者に支払われているのが実情である。こうした経緯により、マレーシア市民の間での類似の製錬施設の稼働に対する不安が醸成されている（Bradsher, 2011a）。

2.2 放射性トリウムを利用する技術

一方、日本国内では、東京電力福島第一原発過酷事故の影響から、既存のウラン燃料を利用する原子力発電については多くの日本国民が不安を抱いている。そのため、日本国内での脱原発や代替エネルギーへの転換を目指す動きも以前に比べ活発化してはいる。しかし、ひそかに、ウラン燃料ではなく、トリウム 232 の核分裂連鎖反応を利用する技術（トリウム溶融塩炉）をウラン燃料軽水炉の代替として普及させようとする動きも現れてきている。亀

井(2011)によれば、トリウム溶融塩炉は、圧力を比較的強く抑えることができ、安全であり、またプルトニウムが生成されないのでテロ対策としても好都合であるとのことである。また小型化も可能で、価格も安いという。しかし、トリウムを核分裂した後にはウラン同様、多種多様な核分裂生成物質が産み出され、その管理は超長期間行われなければならない。

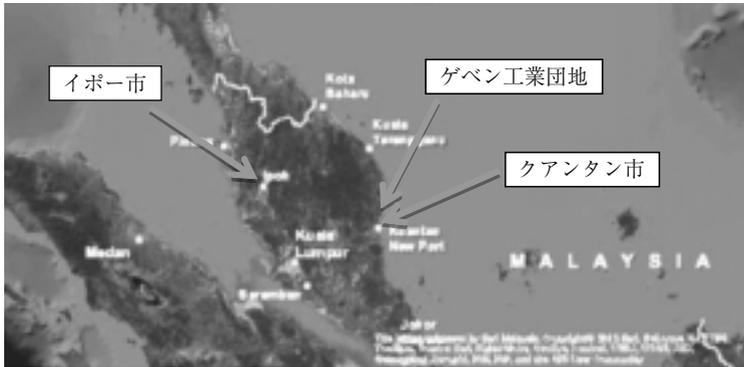
室田(2011b)は、こうした動きをワインバーグの亡霊が舞い戻ってきたとして警戒している。ワインバーグとは、アメリカの核物理学者の Alvin M. Weinberg (1915-2006) のことである。彼は核兵器を生み出した「マンハッタン計画」の申し子とも言える人物で、第2次世界大戦後はオークリッジ国立研究所などに勤務し、エネルギー供給を際限なく増やすことだけで人類の幸福を増進できる、という妄想にとりつかれ(室田, 2013)、核の“平和利用”(民事利用)を強力に推し進めた人でもある。そして、原子力エネルギーを世界に普及させるために「地球温暖化二酸化炭素主因説」を利用しようとした、と室田(2011a)は指摘している。原子力潜水艦や原子力空母は、ワインバーグの発案から産み出された技術であるが、トリウム溶融塩炉の開発も彼の手によるものである。

3 研究結果

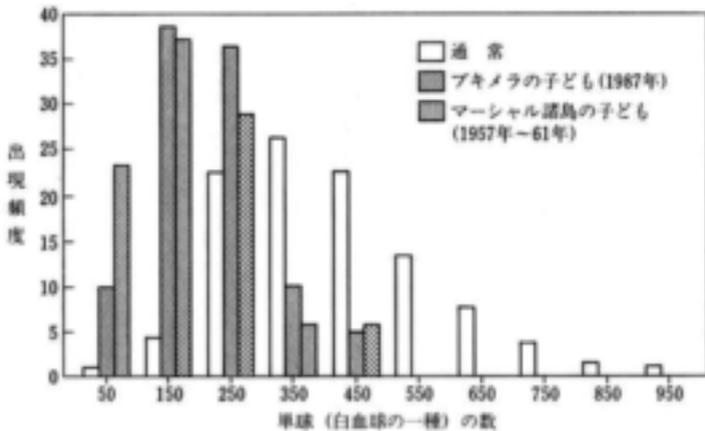
3.1 ARE社事件の概要

3.1.1 ARE社事件の歴史的経緯

ARE社事件は、マレーシア・ペラ州イポー市郊外ブキメラ村周辺において、1970年代から1980年代にかけて、モザナイトからイットリウムなどの希土類金属を抽出する工程から発生した放射性トリウムおよび放射性ウランなどによる環境汚染である(第1図)。「公害輸出」の典型とされる(日本弁護士連合会公害対策・環境保全委員会, 1991)。この工場はトリウムなどを含む残土などの廃棄物の保管施設を持たず、工場の裏にあった池や地面にそれらを野積み状態にしていた。杜撰な廃棄物管理の結果、通常の730倍の線量も計測された場所も発



第1図 マレー半島の地図：当該都市の位置関係
(作成協力：坐間昇)



第2図 ブキメラ村の子どもとマーシャル諸島の子どもたちの白血球分布
(注) T. Jayabalan 医師の調査による
(出所) 小島 (1992)

見されている (1986 年時点). その結果, 住民の健康被害が現れた. マレーシア平均の 3 倍の異常出産, 40 倍以上の発生率で子どもたちが白血病や癌に罹患した. 水爆実験の被害に遭ったマーシャル諸島ビキニ環礁周辺の子どもたちの白血球の減少と類似の症状がブキメラ村の子どもたちにも現われた (第2図).

住民は ARE 社の操業停止を求めて抗議活動を展開。1985 年にはイポー高等裁判所に提訴。高裁は仮処分として操業停止命令を出し、操業を一時止させた。その後 ARE 社は廃棄物の仮備蓄場を建設したため、マレーシア原子力許可委員会から操業の再開を認められた。ところが仮備蓄場は穴を掘っただけの粗末なものであったため、住民は抗議行動を再開。1992 年にはイポー高裁で、操業中止命令。住民側の全面勝訴となった。しかし、1993 年にマレーシア最高裁の上告審では操業を合法として認める逆転判決が出された。

ARE 社は 1994 年 1 月、「中国から輸入するほうが経済的」として撤退。工場は閉鎖され、放射性トリウム 14% を含む放射性廃棄物が放置された。

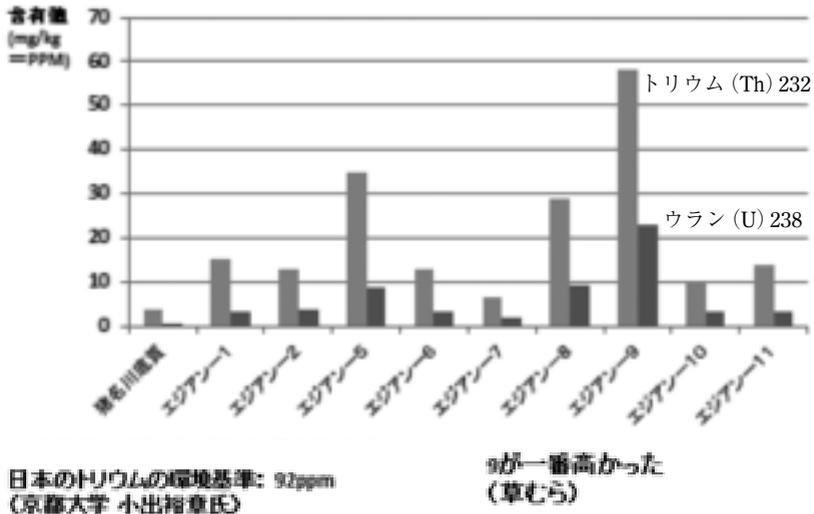
ARE 社工場の解体と廃棄物保管場所の設置と除染作業が行われたのは 2003 年から 2005 年にかけて、操業停止から 9 年もたってからであった。現在、従来の地上の保管場所が古くなり、放射性廃棄物を新しい地下保管場所に移転中である。

三菱化学も州政府も、現在に至るまで、被害者の病気と ARE 社が排出した汚染物質との因果関係を認めていない。三菱化学は地元小学校に対し奨学金基金を設立しているのみである。ただ、放射性廃棄物の保管・管理、除染作業のためには莫大な費用がかかっており、累積で 100 万米ドル（約 100 億円）が三菱化学からマレーシア側に支払われたと推定される (Bradsher, 2011a)。

ちなみに、三菱化成工業（現・三菱化学）は、四大公害病のひとつである「四日市ぜんそく」の加害企業のひとつである。1972 年に、三菱化成工業は四日市工場の建設前に、環境影響評価を行わなかった過失があったとする判決を受けた。そして、ぜんそく患者に対し、損害賠償を支払うことが命じられた。三菱化成工業は、四日市で得た教訓をマレーシアでまったく活かしていなかったのだ (小島, 1990)。

3.1.2 ARE 社事件の現在

筆者は ARE 社工場跡地で放射線測定を 2012 年 12 月初旬に実施した。地上



第3図 ARE社(1-2)工場跡地と廃棄物最終保管場(5-11)の放射性物質(トリウム232とウラン238)の含有値
(出所) 福本敬夫氏(大阪大学理学部)による分析.

からの高さ1mでの放射線(ガンマ線のみ)は, 0.115, 0.109, 0.118, 0.128マイクロSv/h程度で, バックグラウンドの2~3倍程度であり, 汚染の程度はそれほど大きくはない. 工場跡地から数キロ離れたところにある廃棄物最終保管場付近も計測した. 通常の10倍程度の線量を計測した場所もある(地点番号: エジアン-6: 0.444マイクロSv/h).

それらの地点での土壌サンプルを採取し, 含まれている放射性物質や重金属の含有値を分析した結果を第2表に提示する(分析は大阪大学理学部福本敬夫氏). 廃棄物の最終保管場の周辺の土壌からは, 放射性物質や重金属の漏洩の発生が疑われる数値が検出された. このうちトリウム232とウラン238だけを抽出してグラフ化したものを第3図に示す.

有害な重金属や放射性物質であるトリウム, ウランともに異常に高い値を示してはいなかった. 最も高い値を示したのは, エジアン-9という草むらで

第2表 ARE社の工場跡地(1と2)と廃棄物最終保管場の周辺(5から11)の土壌分析結果

	猪名川 底質	エジアン —1	エジアン —2	エジアン —5	エジアン —6	エジアン —7	エジアン —8	エジアン —9	エジアン —10	エジアン —11
サンプル量 (g)	3.220	3.599	2.903	3.314	3.164	1.707	3.248	3.352	2.862	3.758
	含有値 (mg/kg)									
チタン (Ti)	350	30	34.4	29	21	13.2	29	32	12.2	16.6
バナジウム (V)	18	6.3	6.7	12.8	3.4	2.9	10.8	19.4	2.6	2.7
クロム (Cr)	16	18.8	6	13.6	6.7	12.4	12.3	12.7	6.1	3.7
マンガン (Mn)	241	117	68.9	196	103	133	177	291	87	113
鉄 (Fe)	9,320	26,400	2,760	7,540	2,610	1,900	6,620	18,600	1,750	2,200
ニッケル (Ni)	7.3	12.5	1.7	3.5	1.3	3.8	4	9.7	0.66	1.1
銅 (Cu)	33	39.6	8.6	5.9	2.8	29.3	15	16.4	7.1	6.7
亜鉛 (Zn)	64	33.3	31	25.6	20	60	42	82	10.5	12
ヒ素 (As)	5.8	14.6	16.4	32	7.2	5.9	28	66	5.9	8.6
ストロンチウム (Sr)	16	8.3	4.3	5	3.2	11.9	7.5	19.4	2.4	2.7
イットリウム (Y)	5	9.7	4.3	35	13	5.4	37	119	7.5	10
バリウム (Ba)	29	19.4	12	25.6	20	47	37	82	21.8	16.6
ランタン (La)	6.7	18.8	5.8	24	14	4.1	24.6	51.5	6.2	13.3
セリウム (Ce)	13	41	13	56.6	33	13.5	53	104	14.8	32
ネオヂウム (Nd)	5.2	14.6	4.8	21	12	3.8	21.6	47	5.8	12
鉛 (Pb)	18	11	9.5	20	7.5	7.5	21.6	45.5	4.6	6.1
トリウム (Th)	3.7	15.3	13	35	13	6.7	29	58	9.6	14
ウラン (U)	0.5	3.2	3.7	9	3.5	1.9	9.2	23	3.5	3.2

(出所) 福本敬夫氏(大阪大学理学部)による分析.

あるが、トリウムが、58.0ppm、ウランは23.0ppmであった。ちなみに日本におけるトリウムの環境基準は、92ppmである（小出，2013b）。

ただし、オーストラリアのMonash大学工学部教授Gavin Mudd博士によれば、地殻中の平均含有値は、トリウムが10.5ppm、ウランは2.7ppm（Rudnick, *et al.*, 2003）であるから、汚染物質の漏洩が発生した可能性も否定できない（Mudd, 2013）。今後、より広範囲な分析が必要とされる。

筆者は、ブキメラ村にて、28年前にARE社の従業員として工場施設の拡張工事に当たっていた女性に出会った。彼女の名は、ライ・クワン（Lai Kwan）さん。当時、工場の拡張工事が始まったころ彼女は子供をお腹に宿していた。1983年に誕生した子供（レオン、Leong）さんが先天性の白内障、心臓に穴があり小脳症という三重の重い障がいを持っていた。レオンさんは、何とか生き延びたが、2012年春死亡した（享年28歳）。髄膜炎に付随する感染症ショック死と診断され、ARE社が発生させた放射能汚染との因果関係は認められないままである（Kwan, 2012）。

3.2 ライナス社のレアアース製錬工場の環境問題

3.2.1 ライナス社のレアアース製錬工場建設の経緯と背景

ライナス社は、もともと中国において同様の製錬工場建設を計画していた（Bradsher, 2012）。しかし中国政府は、2006年に降段階的にレアアース採掘・製錬工程の規制、とりわけ環境規制を強化し続けている。このような情勢を受けて、ライナス社は、2007年に立地場所をマレーシアのトレンガヌ州に変更した（Bacon, 2012）。マレーシア政府がライナス社に対し10年間の法人税免除を申し入れたという事情もあった。ところが、この州のスルタン（君主）が反対表明を行ったため計画は頓挫した。2008年ペハン州クアンタン市の北方のゲベン工業団地内の敷地に白羽の矢が立った（第1図参照）。この地には既に石油化学工業を中心とする企業が多数立地している。またクアンタン港から2.5 kmという地の利もありこの地が選定された。

ただし、このゲベン工業団地から南方10 kmにはクアンタン市、北方10 kmにケママン市という人口が数十万人の中規模地方都市が存在する上、付近は南シナ海に面する風光明媚なリゾート海岸が続いている。ウミガメの産卵地も付近にあり、その隣接地には、「地中海クラブ」という高級リゾートも立地しているという土地柄である。また、2012年11月末に現地調査をしてわかったことであるが、このゲベン工業団地の敷地は、もともと海拔が低く、灌木が生える湿地帯が広がっていた場所であった。そのような水分の多い土地の上に、近隣の山を削って得た赤土を大量に搬入して盛り土をして整地した地盤が脆弱な場所なのである。以上の特性がある土地に、トリウム232、ウラン238などの放射性廃棄物が大量に産み出される工場が造られたのである。ここは、洪水の発生も懸念される場所でもある。実際、2012年12月25日に、ライナス社の製錬工場敷地とその周辺では、大雨のため洪水が発生している(SMSL, 2013)。元々湿地帯であった場所であるため、洪水が起これなくとも、万一、放射性物質が土壤中に漏洩した場合には、容易に地下帯水層に流入するという危険性も高い。

ライナス社は、自社のレアアース製錬工場を「Lynas Advanced Materials Plant (ライナス先進的物質生産工場)」と名付け、略称の「LAMP」とともにこの呼称を頻繁に使う。かつて、甚大な放射能汚染を引き起こしたARE社の製錬工場とは全く異なる立派な工場であると言いたいのであろうか。

3.2.2 放射能汚染の懸念と住民による反対運動

ライナス社は、2012年5月よりLAMPの操業を開始する準備を整えていた。しかし、工場の建設が始まる2年前から、廃棄物の漏洩による放射能汚染と健康被害への懸念、周辺の不動産価格の下落などの問題点が指摘され、地元周辺の住民による反対運動が開始された。

2011年3月頃、LAMP施設の建設に携わる複数のエンジニアが、工事の杜撰さや複数の重大な欠陥が見過ごされている実態を内部告発した。その告発

を受けたニューヨークタイムズの記者が2011年3月8日にLAMPが持つ潜在的な問題点を指摘する記事を掲載した（Bradsher, 2011a）。その時点で、工事は80%完成していたという。これを契機とし、住民運動が本格化していった。

住民組織は複数存在するが、その中でも、「Save Malaysia Stop Lynas : SMSL」（「マレーシアを救うためライナス社の稼働を止めよう」）と称する市民団体が、この運動の中心的存在となっている。この団体のコアメンバーは多彩である。代表を務める Bun Teet Tan 氏は、元高等学校で理数科の教師だった人物だ。その他、実業家、医師、会計士、エンジニアなどが集まって知恵を出し合っている。

ライナス社のLAMPの設計や工事が杜撰であると知った住民たちは、住民に十分な説明もなく建設を許可した政府に抗議した。政府は、パブリックフォーラムを6回にわたり開催することを約束したが、これまでに2回しか実施されていない。

住民の納得を得ることができないマレーシア政府は、2011年6月に、国際原子力機関（IAEA）の調査団をマレーシアに招き、LAMPの許可審査過程に関しての第三者による調査を依頼した。IAEAは11点の改善勧告を公表し、政府とライナス社はそれらに従うことを公の場で発表した。

しかし、政府とライナス社は、情報を公にすることと、審査過程の透明化、長期的な放射性廃棄物管理計画の見直しといったIAEAの勧告に従うという約束を守らなかった。

2011年6月29日には、ニューヨークタイムズに続報が掲載され、住民たちの懸念は更に強いものとなっていった（Bradsher, 2011b）。

2012年1月30日に、マレーシア原子力発電認可局（AELB）が、LAMPに対する2年間の暫定運転免許（Temporary Operating License : TOL）を付与することとした。しかし、ライナス社がIAEAの改善勧告を満たさなければならないという理由により、暫定運転免許の発行は停止された。

一方で、安全な長期的放射性廃棄物管理プランが立てられていないにもか

かわらず、鉍石を輸入する免許と廃棄物を処理する免許の2つの免許がライナス社に対し発行された。

2012年11月8日に、マレーシア・クアンタン高裁にて、幾度も延期がくり返されたLAMPの暫定運転免許を認めるか否かの判決が言い渡され、結果的に暫定運転免許の有効性が認められた。

判決を受けて、市民団体SMSLは2012年11月9日に、対話のための暫定的な猶予期間を与えよ、もしくは暫定運転免許の再度の暫定的な停止をするよう控訴した。そして、2012年11月14日にヒアリングが行われた。

2012年12月19日に、マレーシア控訴裁判所は、ライナス社の暫定運転許可を停止する司法の命令を求める住民側の訴えを却下した。そして、住民側に対し、訴訟費用と弁護士費用としてライナス社と政府側にそれぞれ10,000マレーシア・リングgit(約29万円)を支払うよう命じた。

このように、司法の場でも、ライナス社により有利な判決が出されている。しかし、最近になって若干潮向きが変わってきている。ライナス社が、住民組織を相手取って起こしていた名誉棄損裁判で、2013年6月、ライナス社側が訴えを取り下げる事態となった。ライナス社の強引なスラップ訴訟に対する世論の批判が強まってきた可能性がある。以上が、マレーシアでのライナス社の動きと反対運動に関する最近の動向である。

3.2.3 ライナス社の生産計画と実績

ライナス社のLAMPにおいて、最初の3カ月は年率11,000トンで生産をし、2013年からは年率22,000トンで操業することを計画している。

LAMP敷地内にレアアース鉍石が搬入されたのは、2012年11月中であるが、工場施設のベルトコンベアの不具合などがあり、実際の稼働開始は同年12月7日ころであったと見られている。ただし、前述したように、2012年12月25日には、この工場が洪水に見舞われており、それによる影響は定かではない。この工場では、製品の製造が初めて成功したのは、2013年2月27日になってい

る。その産品は、炭酸サマリウム-ユーロピウム-ガドリウム (SEG carbonate) 200kg である。翌日、炭酸ランタニウム-セリウムが産出された。その他、炭酸ネオジウム-プレセオディウム (= ディディミウム) が生産されている (Lifton, 2013)。

3.2.4 マレーシア政府・学会などの立場

マレーシア政府は、住民の意見を聴くと言いながら、ライナス社の製錬工場の稼働に対して基本的に前向きである。2013年5月にオーストラリアのブリスベンでクイーンズランド大学主催のレアアース国際シンポジウムが開催され、筆者も研究発表をする機会が与えられたため、ARE社事件の顛末について報告した。マレーシアより、マレーシア科学アカデミーの研究者5名も出席していた。科学アカデミーの代表者は、ライナス社問題については、政府の考え方と同じで、環境問題は存在しない、経済的便益が極めて大きくこのプロジェクトを停止させることは許されないという立場をとっていた。この件では、マレーシア国内の「産・官・学」の鉄のトライアングルの意向が強く支配し、住民側の懸念が軽視されている実態があるようだ。

3.2.5 ライナス社の主張についての検討

筆者は、ライナス社の LAMP 工場に入構し、工場責任者 (Wee Tiat Eng 氏) と短時間面会した (2012年11月27日)。

Eng 氏からの説明によると、「LAMP の操業から排出される放射性トリウム廃棄物の放射能レベルは、6.2Bq/g なので、現在作ってある鈹滓ダム (粘土層と HDPE 層、放射能漏えい検知器が付いている) で充分管理できる」とのこと (Eng, 2012)。

しかし、ドイツの研究所の指摘では、粘土層はわずか 30cm、HDPE は 1mm の厚みしかない。これでは、ドイツの一般有害廃棄物でも許可が降りないという (Oeko-Institut, 2013)。

また、前出のオーストラリアの Monash 大学教授 Gavin Mudd 博士からは、このような場合、通常3重の層にする上、それぞれの粘土層の下に砂層も追加することが一般的である (Mudd, 2013) との証言を得ている。万一汚染水の漏れがあった場合に、汚染水が環境中に拡散する前に回収しなければならないが、その作業のための時間かせぎを可能にする工夫であるとのこと。

「廃棄物は何年管理する予定か」との問いに対して Eng 氏は、回答を保留し、「トリウムの半減期は 141 億年であり、非常に安定的であるため、万一環境中に漏れても影響は少ない」などと述べた。「過去のエイジアン・レアアース事件の場合より、廃棄物は放射能レベルがかなり低いので心配はいらない。万一、大気、水中に放射性物質が漏れたとしても、工場の境界線での放射線量は、最悪の場合でも、0.002mSv/年、すなわちバックグラウンド以下の値となるという予測であるから大丈夫だ」とのこと。しかし、廃棄物が環境中に漏れた場合の放射能汚染の程度は、国際的に許容できる量の 1,000 倍に達すると、上記ドイツの研究所が批判している。

福島市内に存在するホットスポット (= 除染が必要である) の土壤のセシウムの放射能のベクレル値は、12,000Bq/kg 程度であり、グラム換算では 12Bq/g となる。この数値と比較しても、放射能レベル 6.2Bq/g のトリウム廃棄物が「環境中に漏れたとしても大丈夫」とは言えないレベルと言えよう。

京都大学・小出裕章氏の計算では、ライナス社のトリウム廃棄物 (6.2Bq/g) の中には、約 1,500ppm のトリウム 232 が含まれる (小出, 2013a)。小出論文 (1990) で問題提起された岡山県の酸化チタン製錬廃物中のトリウムの濃度は約 700ppm であり、ライナス社の廃棄物の濃度はその 2 倍以上である。かりに 2 倍と仮定し、岡山のトリウム廃棄物の事例をライナス社の事例に当てはめた場合 (諸条件の相違があるものの)、地上 1m の空間線量は年間 36 ミリ Sv となり、現在の甘い基準で一般人に許されている被曝許容量 1 ミリ Sv を大幅に超える値となる。工場責任者が述べた「万一、漏れても問題ない」という主張は正当性を欠くと言えよう。

4 お わ り に

以上の分析から、レアアース製錬に伴って排出される放射性トリウムなどの汚染物質の管理はリスク高く、超長期的に行う必要があり、管理自体が相当難しいことが示唆される。ライナス社製錬工場の放射性トリウムなどの廃棄物管理設備は、十分な管理体制を整えているとは認められず、工場稼働は時期尚早であると考えられる。そもそも、オーストラリアでは認められていない放射性廃棄物が排出される製錬工程が、他国マレーシアで行われること自体、グローバル・ジャスティスの視点からは認めにくい非倫理的行為であると思われる。

日本政府も、JOGMEC を通じてライナス社に約 200 億円という多額の融資を行った。放射能による環境汚染を引き起こすリスクの高いプロジェクトへの融資が、日本国民の税金を使って実施されたわけである。問題を事前に予測し回避せずに、問題案件に融資を行った日本政府の責任は大きいと言えよう。

政府開発援助（ODA）関連の援助案件を実施する際に遵守されなければならない「環境社会配慮ガイドライン」は存在するが、JOGMEC の案件についての「環境社会配慮ガイドライン」は存在しない。いわば、盲点というべきものである（ただし、JOGMEC は、2013 年 4 月 18 日に、労働安全衛生・環境（HSE）に関する方針、いわゆる「HSE 方針」を策定している。また双日(株)も「双日環境方針」を高らかに掲げている（2004 年 4 月 1 日制定、2013 年 8 月 6 日改訂）。これらは抽象的な掛け声倒れに陥っている可能性がある。）。日本政府は、JOGMEC についてもより実効性が高い「環境社会配慮ガイドライン」を早急に策定すべきであろう。また、日本の市民社会も JOGMEC の融資案件を監視していく体制を整備しなければならないであろう。

ライナス社は、LAMP において 2012 年 12 月から製錬を開始し、2013 年 6 月四半期で、117 トンの酸化レアアース製品を売却したという。（年間目標は 1 万

1,000トン) 収益は約6,000万円とのことである。しかし、レアアース製品の売却価格は1kg当たり5豪ドルであるのに対し、生産コストは20豪ドルであり、大きな損失を産み出している (Australia Network News, 2013)。こうしたレアアース製品価格の下落への対応として、日本政府からの融資返済期限のリスケジュールが行われた。また、生産計画を1年2カ月遅らせることに決定している(フェーズⅡの完了期限を2014年1月から、2015年3月に延期している (Lynas, 2013))。

このように、ライナス社案件は、環境面だけでなく、財政面でも問題を抱え込んでいる可能性がある。引き続き注視してゆく必要がある。

今後の研究計画としては、エコロジカル・フットプリントの拡張版としてのレアアース・フットプリント指標の開発への道筋をつけたいと考えている。

謝 辞

室田武先生は、効率的で、環境負荷が少ないと一般に信じられている技術であっても、その本質は何かを、エントロピー論の視点から厳しく吟味する態度の重要性を教えてくださった。原子力発電はもちろんのこと、自然エネルギーに対しても、注意深く監視することの重要性を主張し続けてこられた。前述したように、福島第一原発過酷事故の後から、トリウム溶融塩炉はウランを使う軽水炉に比べ、安全で、小型で、安価であるので利用すべきだと言説が跋扈し始めた(亀井, 2011)。この言説の問題点についても、室田先生は、誰よりも早くから警鐘を鳴らしておられる。

本研究も室田先生のこうした研究姿勢に触発され、環境負荷が少ないとされるLEDやハイブリッド車などの製造過程で大量に使用されるレアアース資源の環境影響をきちんと把握したいという思いから計画されたものである。

現場主義も室田先生から教えていただいた貴重な教えのひとつである。筆者がカナダのブリティッシュ・コロンビア大学留学中には、室田先生もカナダのヨーク大学に滞在されていた関係で、鮭の遡上による栄養分の山林への引き上げの現場に何度も連れて行っていただいた。筆者が札幌に移ってから北海道のホッチャレ(鮭の死骸)による

海の栄養素の森林への還元についての研究に同行させていただいた。お陰様で、現場に足を運ぶことによって初めて理解できることや入手できる情報があることを思い知らされた。メタンハイドレートや炭焼き、漁業資源の供給可能量の調査等のためにも現場に出かけられたが、そのような機会にも同行させていただいた。室田先生の機敏な足の動きには驚嘆させられた。少し気を許すと、すぐに何メートルも先に行ってしまうのであった。

2012年7月末に倒れられた時は非常に心配したが、ここ数カ月は驚異的な回復を達成され、安堵している。室田先生、これからも現場と一緒に出掛けましょう。そして、いつまでも元気に活躍し続けてください。

マレーシアでの現地調査では、Bun Teet Tan 氏、Grace Lee 氏、Ray Ng 氏、Jade Lee 氏、末永恵氏、Chan Chee Khoo 教授はじめ、たくさんの皆様にお世話になった。また、ライナス社の Wee Tiat Eng 氏にも急なアポ取りであったものの、会うことに快く同意いただいた。この場を借りて謝意を表したい。

本論文は、平成 24 年度および平成 25 年度環境省委託業務「環境経済の政策研究：物質利用に伴うライフサイクル環境影響評価手法の開発及び国際資源循環の推進に関する研究」の研究成果の一部である。

【参考文献】

- Australia Network News (2013). "Lynas First Production and Earnings Disappointing" August 1, (<http://www.abc.net.au/news/2013-08-01/lynas-first-production-and-earnings-disappointing/4857272>)
- Ar, Zurairi (2012) "Court fixes Dec 19 for appeal on Lynas TOL decision," *The Malaysian Insider*, December 7. (<http://www.themalaysianinsider.com/malaysia/article/court-fixes-dec-19-for-appeal-on-lynas-tol-decision>), 2012.12.19 取得.
- Bradsher, Keith (2011a) "Mitsubishi Quietly Cleans Up Its Formet Refinery" *New York Times*, March 8, (<http://www.nytimes.com/2011/03/09/business/energy-environment/09rareside.html>) 2013.9.5 取得.
- Bradsher, Keith (2011b) "The Fear of a Toxic Rerun." *New York Times*, June 29. (<http://www>

- nytimes, com/2011/06/30/business/global/30rare.html?_r=1&=pagewanted=all) 2013.5.25 取得.
- Bacon, Wendy (2012) "Lynas' Waste Plans: A Toxic Pipe Dream," *The New Matilda*. (<http://newmatilda.com/2012/12/19/lynas-toxic-pipe-dream#comments>), 2012.12.19 取得 .
- Bradsher, Keith (2012) "China, Citing Errors, Vows to Overhaul Rare Earth Industry," *New York Times*, June 20. (http://www.nytimes.com/2012/06/21/business/global/china-vows-tighter-controls-over-rare-earth-mining.html?_r=1&), 2012.12.19 取得 .
- Consumer Association of Penang. (<http://www.consumer.org.my/index.php/health/454-chronology-of-events-in-the-bukit-merah-asian-rare-earth-developments>), 2013.5.17取得 .
- Eng, Tiat Wee (2012) Personal Communication on November 27.
- Global Footprint Network (2013) *2012 Annual Report*.
- Kitzes, Justin, Alessandro Galli, Marco Bagliani, John Barrett, Gorm Dige, Sharon Ede, Karlheinz Erb, Stefan Giljum, Helmut Haberl, Chris Hails, Laurent Jolia-Ferrier, Sally Jungwirth, Manfred Lenzen, Kevin Lewis, Jonathan Loh, Nadia Marchettini, Hans Messinger, Krista Milne, Richard Moles, Chad Monfreda, Dan Moran, Katsura Nakano, Aili Pyhala, William Rees, Craig Simmons, Mathis Wackernagel, Yoshihiko Wada, Connor Walsh and Thomas Wiedmann. (2009). "A Research Agenda for Improving National Ecological Footprint Accounts," *Ecological Economics*, Vol. 7, No. 68, pp. 1991–2007.
- Kwan, Lai (2012) Personal communication on November 30.
- Lifton, Jack (2013) "A Visit To The Lynas Advanced Materials Plant," Technology Metal Research website. (<http://www.techmetalsresearch.com/2013/03/a-visit-to-the-lynas-advanced-materials-plant/> Uploaded on March 7, 2013), 2013.9.5 取得 .
- Lynas corporation (2012) "Increase in Mt. Weld Resource Estimate for the Central Lanthanide Deposit and Duncan Deposit" (January 18) (http://www.lynascorp.com/Announcements/2012/Increase_in_Mt_Weld_resource_Estimate_1068363.pdf) 2013.2.21 取得.
- Lynas Corporation (2013) "Financial report for the year end of June 30, 2013" (<http://www.lynascorp.com/Annual%20Report/Lynas%20Corporation%20Ltd%2030%20June%202013%20Annual%20Report%201255840.pdf>) 2013.9.17 取得.

Mudd, Garin (2013) Personal Communication on June 4.

Oeko-Institut (2013) *Description and critical environmental evaluation of the REE refining plant LAMP near Kuantan/Malaysia*. (<http://www.oeko.de/oekodoc/1628/2013-001-en.pdf>). 2013.2.22 取得.

Rees, William E. (1996) "Revisiting Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability," *Population and Environment*, Vol. 17, No. 3, pp. 195-215.

Rudnick, R. L. and S. Gao (2003) "Composition of the Continental Crust," H. D. Holland & K. K. Turekian (eds.), *Treatise on Geochemistry*, Elsevier Pergamon, Vol. 3 of 9, Chap. 3.01, 64 p.

Save Malaysia Stop Lynas (SMSL) 2013 (<http://savemalaysia-stoplynas.blogspot.jp/>), 2013.2.21 取得.

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) (2011) 『JOGMEC News』 Vol. 27 (特集レアアースの通説：正と誤) 12月12日.

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2013) 「HSE 方針」 (http://www.jogmec.go.jp/introduction/act_005.html), 2013.9.17 取得.

原田幸明・中村崇監修 (2008) 『レアメタルの代替材料とリサイクル』シーエムシー出版.

市川定夫 (2005) 「ロザリー・バーテル博士と私」ロザリー・バーテル著, 中川慶子, 振津かつみ, 稲岡美奈子訳 『戦争はいかに地球を破壊するか』緑風出版, pp. 21-30.

亀井敬史 (2011) 「トリウム溶融塩炉 安全, 安価で小型: 軽水炉と太陽光の弱点補うトリウム原子炉 (2)」『Wedge』9月27日. (<http://wedge.ismedia.jp/articles/-/1509?page=1>), 2013.5.13 取得.

加藤泰浩 (2012) 『太平洋のレアアース泥が日本を救う』PHP 新書.

小出裕章 (1990) 「産業廃棄物処分場に姿を現した放射能」『技術と人間』第19巻, 第11号, pp. 39-53.

小出裕章 (2013a) 電子メールによる回答, 1月21日 (月) 14:15 着信

小出裕章 (2013b) 電子メールによる回答, 5月14日 (火) 9:05 着信

小島延夫 (1990) 「公害輸出: その実態と法的問題点」『法学セミナー』422号, pp. 48-51.

- 小島延夫 (1992) 「日系企業 A R E による公害の悲劇：マレーシア」土生長穂・小島延夫編『アジアの人びとを知る本 ① 環境破壊とたたかう人びと』大月書店, pp. 45-65.
- 小島延夫(1999)「公害と環境破壊を輸出する日本政府と企業」『前衛』10月号(通巻717号) pp. 99-106.
- 室田武 (2011a) 「原発廃炉の経済学：危険な低炭素言説の歴史的起源からの考案」エントロピー学会編『原発廃炉に向けて：福島原発同時多発事故の原因と影響を総合的に考える』 pp. 157-171. 日本評論社.
- 室田武 (2011b) 「温暖化をめぐるワインバグの亡霊」UTCP シンポジウム「脱原発シナリオをアセスメントする」(10月2日, 東京大学)における発表.
- 室田武 (2013) 「温経知世 (90): ニコラス・ジョージエスク＝レーゲン」『エコノミスト』7月23日号, pp. 54-55.
- 日本弁護士連合会 公害対策・環境保全委員会編 (1991) 『日本の公害輸出と環境破壊——東南アジアにおける企業進出と ODA——』日本評論社.
- 双日株式会社 (2004, 2013) 「双日環境方針」(<http://www.sojitz.com/jp/csr/environment/policy>), 2013.9.17 取得
- 和田喜彦 (2005 年) 「エコロジカル・フットプリントでみる『環境収容力』」北川正恭・山本良一他編著『サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告書』第5部第3章, pp. 248-263, 267-271. (株)イースクエア内・サステナビリティの科学的基礎に関する調査プロジェクト事務局.
- 和田喜彦 (2007) 「エコロジカル・フットプリント指標の応用動向と今後の課題：事後継続的影響管理 (PIM) コストの算入について」『日本 LCA 学会誌』Vol. 3, No.1, pp. 3-10.
- 和田喜彦 (2010) 「低炭素社会づくりの文脈におけるエコロジカル・フットプリント, カーボンフットプリント, 放射能フットプリント」『日本 LCA 学会誌』Vol. 6, No. 3, pp. 201-208.

(わだ よしひこ・同志社大学経済学部教授)

The Doshisha University Economic Review, Vol. 65 No. 3

Abstract

Yoshihiko WADA, *Problems of Radioactive Thorium and Uranium in Rare Earth Refineries: Case Studies of the Asian Rare Earth Incident and the Lynas Issue*

Radioactive substances such as thorium and uranium are often produced during the refining processes of rare earths. If the radioactive wastes thus generated are not managed properly, it could lead to radioactive contamination and health hazards. One of the worst cases of radioactive contamination was the Asian Rare Earth (ARE) Incident that took place in the Perak Province of Malaysia during the late 1970s and 1980s. In a legal battle that followed, the plaintiffs lost the case. Thus, questions of causal relationship and who is responsible for such hazards have been left unsolved. Further, an Australian mining company, Lynas Co., Ltd., has started operating its newly built rare earths refinery in 2012 in the Pahang Province of Malaysia. The Japanese government has provided a loan facility of US\$ 200 million for this project. However, the company has been criticized by IAEA and several research institutes for serious deficiencies in its permanent waste disposal facilities and so on. Thus, the anxiety among the nearby residents has become enormous. This study examines the history and the status-quo of the ARE Incident. It also reviews the environmental and social impacts of the Lynas factory.