

第 47 回 日韓技術士国際会議釜山大会発表論文 『核分裂エネルギー (Energy) 技術への向き合い方』

井上祥一郎 (森林・上下水道・衛生工学・農業・水産・建設・環境・応用理学部門)

Abstract : In 2013, when I attended Japan-Korea Professional Engineers International Conference in Suwon of Korea, a Korean engineer threw the question to us on session 1. "Today, I find No presentation about Nuclear Power Generation (NPG) Plant Accident in 2011 by Japanese engineer. What's on your mind?"

Based on my analysis, I conclusively state on the following. "Safe technology on nuclear fission energy is highly likely to exist." For example, Thorium Molten Salt Reactor (TMSR).

After looking for third-party evaluation to TMSR on the book published before NPG plant accident occurred in March 2011, I found four books evaluating TMSR well.

However, I can find the sentence of TMSR in few books which are written by authors who call themselves NPG professional, who insist for or against NPG in their books.

I think nondisclosure of scientific and technical information can be the cause of barren discussion in binomial opposition between for and against NPG, because information is necessary to make a judgement for nuclear fission energy.

We, professional engineers should make it public intentionally of scientific and technical information influencing to public interest, according to engineer's ethics.

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（以下福島第一原発）の過酷事故発生（2011）から2年半後の第43回日韓技術士国際会議水原大会（2013）第一分科会で、韓国側技術士から「韓国技術士は福島第一原発事故を大変心配しているが、日本側の発表に原発に関するものが無い。日本の技術士は原発についてどのように考えているか？」との問題提起があった。

筆者は会場から「原発は公益確保の担保ができない技術であることが、事故によって明確になったので廃止すべき技術だ」と発言した。

1943年生まれの筆者は、時代背景もあり広島、長崎に落とされた「原子爆弾」への嫌悪がある。「核分裂エネルギー (Energy) の平和利用」と言われる原発

に対しても警戒心が強い。事故以前から原発関連の書籍が目につくと購入し、本棚に読まないまま 20～30 冊は並んでいた。原発に批判的な書籍が多かったが、古川和男著の新書版『『原発』革命』（2001）もその中にあった。

第 44 回松山大会の数ヶ月前に、発刊直後の長瀬隆著「トリウム（Thorium）原子炉革命」（展望社 2014）に出会った。副題が「古川和男・ヒロシマ（HIROSIMA）からの出発」。帯封に「脱原発か？再稼働か？不毛な対立を超える第三の道！プルトニウム（Plutonium）の消滅処理をしながら、平和で安全な原子力エネルギー（Energy）に転換させる技術がここにある！」とあった。

同書で「原発＝ウラン（Uranium）軽水炉」という認識は間違いであることを知った。事故炉とは技術概念の異なる、安全性が高く、経済的、かつ、核兵器廃絶も可能になると解説されている「トリウム（Thorium）熔融塩炉」への強い技術的好奇心が芽生えた。原子核分裂によるエネルギー（Energy）発生過程で、使用済核燃料問題解決と核兵器廃絶に繋がるプルトニウム（Plutonium）の利用と消滅が、並行して起きることに驚きを感じたのである。

早速読破して、松山大会で関連分科会の座長の了解を得て、当該技術を紹介するメモ（Memo）を配布した。韓国技術士の 2、3 人の方から「トリウム（Thorium）熔融塩炉」を知っているとの反応もあった。

以降、関連書籍を入手して知識の集積に努め、春川市大会（第 45 回）、栃木・日光大会（第 46 回）の折にも、松山大会と同様、非公式な情報発信をした。

水原で問題提起を受けてから 4 年目の、今回、公式に情報発信ができることになった。経過報告だが、機会を作って頂いた関係者の方々に感謝する。

島根県技術士会は、非専門分野における研鑽も重視し、毎年 1 月の研究発表と、研究報告書への投稿を奨励している。これに応え筆者も、「門外漢『トリウム（Thorium）熔融塩炉』を調べる」の①、②を発表、投稿している。

2. 島根県における地元原発関連資料

島根県技術士会の所在地、松江市の北方約 10 km の所に、県庁所在地では唯一の中国電力島根原発がある。定格電気出力（以下同じ）46 万 kW 一号炉は廃炉が決まっており、82 万 kW の 2 号機は運転停止中である。日本最大といわれる 137.3 万 kW の 3 号炉は完工しているものの未使用で現在に至っている。

炉型は全てウラン（Uranium）軽水炉で、一、二号炉が沸騰水型（BWR）、三号炉が改良型沸騰水型（ABWR）である。

島根原発に関する地元出版物として、一般財団法人人間自然科学研究所が企画した山本謙著「島根核発電所 原発 その光と影」三和書籍（2015）と、山陰研究ブックレット（Booklet）5、執筆者代表上園昌武「島根の原発・エネルギー

ギー（Energy）問題を問いなおす」今井書店（2016）の2冊がある。（図1）

前者に1963年9月27日の島根県議会本会議における原発の安全に対する水産商工部長の答弁として、建設時点には、現時点より安全な原子炉が発明されているであろう、という表現で、当時の原発の安全性は十分ではないとの認識を示す言葉が残されている。^[1]

後者は6名の島根大学教員が著した出版物で、同書には「今後の島根原発の立地・稼働をめぐることは、地方自治理念に基づき、地域住民自身が自立的に判断すべきである。そのために不可欠なのは、市民論議を尽くすことと、何よりもその前提となる正確な情報の共有である。」と記述され、「住民参加と地域合意保証を支えるためには、提供する公的な組織や、事業計画の調査や設計に関わるエネルギー・コンサルタント



図1 島根発原発関連書籍 2冊

(Energy Consultant) という中間支援組織との協働システム (System) が不可欠。」と結んでいる。^[2] 島根県技術士会の果たすべき役割が示されていると考えられる。

最近興味深い動きがあった。地元企業の小松電機産業社長で、人間自然科学研究所理事長を兼ねる旧知の小松昭夫が、3種類のウラン (Uranium) 軽水炉が揃った島根原発を、「世界遺産に！」と提案し、2017年4月8日、「島根原子力発電所国際プロジェクト (Project) 構想から、真の地方創成時代が始まる！」と題したシンポジウム (Symposium) を、本社内の太陽ホール (Hall) で開催した。案内パンフレット (Pamphlet) の裏面に、「高レベル (Level) 放射性廃棄物の発生が極めて少なく、飛躍的な安全性が望める、次世代トリウム (Thorium) 発電炉研究への道が開けることも期待できます。」とあり少なからず驚ろかされた。

筆者は日程が合わず参加できなかったが、一般財団法人日本総合研究所名誉会長等の肩書のある野田一夫が基調講演者であった。小松は韓国と企業活動と並行して文化・文明面での交流があり、今後の展開に注目したい。

小松グループ (Group) の広報面を受け持つ八雲志人館は、機関紙として「ゆう科学通信」を発行している。ここには原発関連の記事もある。Vol.12の大見出しは、「グレゴリー・ヤッコ (Gregory Jaczko) 氏『(島根原発再稼働は) ダ

ズント・メイク・センス (Doesn' t make sense) (意味をなさない)』。

記事の内容は、2015年10月9日の「中国地方弁護士大会」における主講師の元米国合衆国原子力規制委員会 (NRC) 委員長 G. J 氏の『「原発事故は起こるものだ」を前提にオープン (Open) な議論を」という講演内容等を紹介した上で、マスコミ (Mass communication) の取り上げ方に疑問を呈したものである。

新聞各社が G. J 氏の発言に一切触れなかった点について、「新聞の編集権にクレーム (Claim) をつける気はありませんが、島根原発周辺住民にとって大事な情報が抜け落ちてしまった感は否めません。」と述べ、新聞関係者の島根原発に関する情報共有に対する意識欠如を指摘した。^[3]

3. トリウム (Thorium) 熔融塩炉の概要

3.1. 核分裂エネルギーに関する科学情報の必要性

東電福島第一原発事故以前から、世界全般で急激に原発利用の機運後退が進んだといわれている。この主因について、核科学者として、「トリウム (Thorium) 熔融塩炉」の研究とその普及に生涯努力した故古川和男は、このことに関し、現状の原発「ウラン (Uranium) 軽水炉」を想定して次の3点を挙げている。^[7]

- ① 多重な安全性強化が必要でコスト (Cost) 増とも関連して経済競争力が低下
- ② 放射性廃棄物及び使用済み核燃料処理が難題
- ③ 核拡散対策を含めて社会的合意形成が困難

つまり、営利企業にとって原子力発電は儲からない発電システム (System) になった。また、国民視線からは、使用済核燃料の再利用も見通しが立たず、福島第一原発事故処理も予定さえ分からない。核兵器廃絶と使用済核燃料のプルトニウム (Plutonium) 問題は微妙である。これらの現実が、原発の将来性は見通せないという意識に繋がっている。筆者は上記3点をこのように理解した。

「とにかく核は嫌だ」という国民感情は、原発事故の都度強くなっており、「トリウム (Thorium) 熔融塩炉は、プルトニウム (Plutonium) の消滅処理をしながら、平和で安全な原子力エネルギー (Energy) に転換させる、事故炉とは全く異なる原発」といくら論じても、福島事故炉と同じ核分裂エネルギー (Energy) 技術というだけで、拒否反応が示されるということであろう。

この多数の国民感情や、南海・東南海地震等の発生も危惧されている中で、原発の再稼働が政治や企業の要請を背景に進められている。安全で、経済的な核分裂エネルギー (Energy) 技術が科学的根拠で公示されれば、国のエネルギー (Energy) 政策への国民の選択肢は広がる。技術の科学的情報が欠如したまま可否を論じたのでは、二項対立のみで真の国民合意の形成は不可能である。

3.2. トリウム熔融塩炉の概要

トリウム (Thorium) 熔融塩炉技術については、上記古川は、①固体から液体へ ②ウラン (Uranium) からトリウム (Thorium) へ ③大型から小型へ、を軸に論を展開しているが^[5]、この主張を技術士の知的フィルター (Filter) を通すというイメージ (Image) で、大木久光技術士 (環境、資源工学部門) の著作から引用する。長くなるがご容赦頂きたい。

「トリウム (Thorium) 炉は軽水炉原子炉より、格段に安全で、高レベル (Level) 放射性廃棄物の発生もきわめて少ない次世代の原子炉といわれており、燃料にトリウム (Thorium) 232 を使用し、核分裂物質として少量 (重量で約 1%) の弗化ウラン (Uranium) または弗化プルトニウム (Plutonium) を混合したものを、一次冷却材として熔融状態弗化物塩を使用する液体燃料炉。従来の低濃縮ウラン (Uranium) 型やプルトニウム・ウラン (Plutonium・Uranium) 型の固体燃料とは違った次のような特徴がある。

①構造がはるかに単純で安い発電コスト (Cost)

②燃料になるトリウム (Thorium) は、ウラン (Uranium) の数倍存在し独占不能で安価

③プルトニウム (Plutonium) を含む超ウラン (Uranium) 元素類が生産されないから、特に再処理に伴う放射性廃棄物の発生量が少なく、核兵器となるウラン (Uranium) やプルトニウム (Plutonium) を使わないし、ほとんど生成しないので、核兵器への転用が困難 (平和な原子炉)

④核物質の消耗分の追加注入を行うだけで済み、燃料交換が不要

⑤転換率が 1.0 に近く高いので核物質の追加もわずかで経済的

⑥燃料が炉心外部にも循環するので、ポンプ (Pomp) の不具合時などの対処問題があるが、万一燃料塩が炉外に流出しても再臨界や爆発の恐れはない

⑦研究は 1960 年代から始められたが実験炉段階で停滞

⑧開発のための課題は技術的な面よりも政治的な面と経済的な面 (小型で波及効果が少ない) といわれている。」^[6]とまとめている。

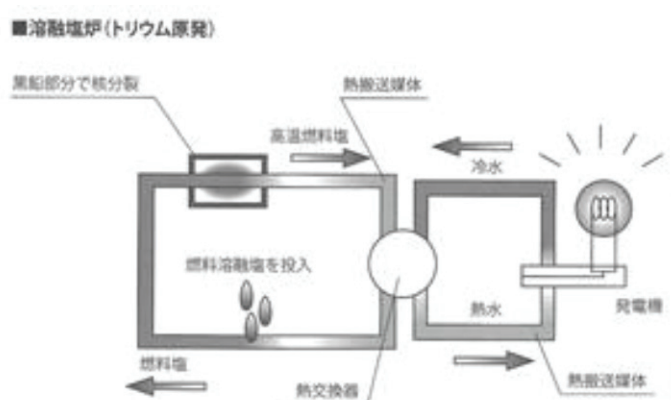


図 2 トリウム (Thorium) 熔融塩炉模式図 (大木原図)

4. トリウム (Thorium) 利用の経緯

トリウム (Thorium) を利用は福島原発事故の 2011 年 3 月 11 日以後に注目さ

れた技術ではない。原子力基本法（1955年12月19日公布）にウラン（Uranium）と並んで記載があることから、法律の制定時から認識されていたことが分かる。

天然のトリウム（Thorium）はほぼ100%がトリウム（Thorium）232で、これには核分裂性がないが、中性子を1個吸収すると核分裂性のウラン（Uranium）233に変換する。この中性子1個を得るためにウラン（Uranium）235やプルトニウム（Plutonium）239を必要とする。ウラン（Uranium）233が燃えても、プルトニウム（Plutonium）発生は極めて微量（1/1000程度）とされる。また、熔融塩として液状で使うか、固体燃料の燃料棒として使うかの選択肢がある。

4.1. 科学技術庁発足当時の検討

1956年6月、発足したばかりの科学技術庁で、将来の原子力行政を担わされた主要メンバー（Member）による内部会議の議事録についての記載がある。

この内部会議には島村武久原子力政策課長、村田浩原子力調査課員等7人の若手官僚が参加しており、米国への原子力国費留学から帰国直後の一人を除き、核燃料サイクル（Cycle）の資源としてプルトニウム（Plutonium）ではなくトリウム（Thorium）に注目していたとある。その理由を、

- ① レアアース（Rare earth）の副産物としてトリウム（Thorium）は比較的容易に入手可能
- ② ウラン（Uranium）に比べて埋蔵量をはるかに多いとの見込み
- ③ 核兵器の材料のプルトニウム（Plutonium）239が生じず軍事利用が極めて困難
- ④ 発生するタリウム（Thallium）は強いガンマ（Gamma）線を発し核ジャック（Jack）のターゲット（Target）にされにくい

としている。プルトニウム（Plutonium）の方が米国での経験がある、という帰国者1人の主張で結果は先送りされたと記されている。^{〔7〕}

固体か液体か燃料の型は特定できないが、60年以上前にトリウム（Thorium）に国として着目していた事実は、情報の公表がない現状を考えると興味深い。

4.2. 固体燃料としてのトリウム（Thorium）利用

前項を引用した文献〔7〕には、東京電力で草創期から原子力を担当した豊田正敏（後の副社長）の名前が出てくる。豊田は「プルトニウム（Plutonium）にウラン（Uranium）ではなく、トリウム（Thorium）を混ぜて軽水炉で燃やしてしまうトリウム（Thorium）発電炉構想」を提案していた。豊田は東京図書から2008年10月に「原子力発電の歴史と展望」を、2010年3月にその改訂新装版を出しており、トリウム（Thorium）発電炉への技術的な確信が2年間で一層強まったことが見て取れる。豊田の発案は、軽水炉の燃料棒への使用になるので、固体燃料としてのトリウム（Thorium）利用である。

伊東光晴は、山崎敏光元東大教授の考えに基づいて、ウラン (Uranium) 軽水炉の欠点を爆発の危険性とプルトニウム (Plutonium) など強い放射性廃棄物の発生とし、それを避けられる炉として豊田と同じ結論に達している。

液体燃料については、放射性物質の燃料が炉外を循環するため、ガンマ (Gamma) 線の人体への危険性が生じ、従業員の放射線被曝量の管理が重要であり、全工程でガンマ (Gamma) 線を遮蔽する必要を説いている。この欠点を熔融塩炉の米国における中止理由としている。^[8]しかし、燃料棒再処理時のガンマ (Gamma) 線の被曝影響については言及していない。

4.3. 液体燃料としてのトリウム (Thorium) 利用

トリウム (Thorium) を液体で使う炉の開発は、1947年に米国の国立オークリッジ (Oak Ridge) 研究所 (ワインバーグ Alvin Weinberg 所長) で航空機実験炉として始められた。温度不足でジェットエンジン (Jet Engine) 用は断念したが、引き続き炉設計研究および部分技術開発試験がなされた。1960年に構想を国が承認し、実験炉建設が始まり、1965年6月に臨界に達した。1969年12月まで、事故皆無で26000時間の運転実績を収め実験計画を完了したという。^[9]

古川は1968年にこの熔融塩実験炉を見学し、帰国後研究を重ねて、1980年の夏、発電容量16.1kWの不二FUJIと、ミニ不二miniFUJI (同0.7kW) の設計を完成させた。熔融塩温度は各々585~725℃、560~700℃と報告している。^[9]

4.4. トリウム (Thorium) 熔融塩炉を巡る動き

設計を完成させた古川は、この実現に向けて師の西堀榮三郎の理解を得た。西堀は当時ソニー (SONY) の会長だった井深大に話を通し、井深は茅誠司に協力を求め、茅の働きかけによって、古川構想の実現に向けて1981年「トリウム (Thorium) 学術委員会」が組織された。後述する土光敏夫も協力的だったという。一方、政界では二階堂進を会長とし、自民党議員百名を超える超党派の「トリウム (Thorium) 利用推進懇談会」が同じ1981年に発足した。^[10]

西堀は第一次南極越冬隊長として名を馳せたが、高度の原子力技術者として「平均質炉」の開発をリード (Lead) したこともある。自著で将来はきっと液体燃料をつかう熔融塩炉に代わると思っていると記述している^[11]。

土光敏夫は第二臨調での活躍が知られているが、技術士との関係も深い。日本技術士会の「技術士要覧」に「技術士の活躍に期待する」と題し、「学理を開発した学者には博士という称号が与えられる。これに対し、技術を産業界に応用する能力を有すると認められた技術者には・・・」に始まり、最後は「私は (社) 日本技術士会が技術社会の倫理を確立し、わが国産業界の発展に寄与することを望んでやまない。」という一文を寄せている。

その土光の 100 の言葉をまとめた本が出版されており、第 3 章が「原発と日本の技術力」である。この中に「土光はさらに夢の原子炉まで視野に入れていた。それは、トリウム (Thorium) 熔融塩炉。採用すれば、核の暴走を起こす恐れのあるウラン・プルトニウム (Uranium・Plutonium) 路線からの決別になる。」と記し、多湖敬彦の著作〔10〕から引用し詳述している。^[12]

5. トリウム (Thorium) 熔融塩炉の第三者評価

技術評価は技術開発の当事者ではない、大方が納得する第三者に委ねられるべきだと考え、ここでは松井賢一と中野不二男と稲葉秀明の評価を紹介する。

5.1. 松井賢一の評価

松井の著書で最初に目にしたのは「福島原発事故を乗り越えて」であった。この第 2 章「激変する世界のエネルギー (Energy) 構造」の「長期的には原子力が本命」の項の小見出し「高まるトリウム (Thorium) 炉への関心」で 3 頁を費やし、「(トリウム Thorium 熔融塩炉等の) 小型炉に欠点があるとすれば、逆説的になるが、あまりに安全で安く手がかからないことなのかもしれない。要するに、あまり儲からない、多くの技術者を必要としない、核兵器物質の生産が難しいといったところで、これまで大型原子炉路線を推進してきた人たちにとっては、うまみや面白みがなかったのである。」とある。^[13] 将に技術者倫理と企業倫理を問うているのである。別著の 400 頁を越す「エネルギー (Energy) 問題！」(NTT 出版) でも、トリウム (Thorium) 炉に言及している。

5.2. 中野不二男の評価

中野の著書で最初に入手したのが「夢の科学工房探検」。種々の技術を解説しており 6 番目が熔融塩炉である。技術紹介をした後、「核ミサイル (Missile) の解体はけっこうなのだが、弾頭のプルトニウム (Plutonium) にアメリカ (America) もロシア (Russia) も手をやいている。で、熔融塩炉でプルトニウム (Plutonium) を燃やそうという意見がではじめたのだ。つまり熔融塩炉を“プルトニウム・バーナー (Plutonium・Burner)”としてつかおうという発想である。」と、核兵器の廃絶につながる技術側面の情報発信をしている^[14]。

中野は航空機開発を扱った「大いなる飛翔 (1993)」、脳腫瘍等の医療手術革新に挑む「レーザー・メス (Laser Scalpel) 神の指先 (1994)」等も著している。

5.3. 稲葉秀明の評価

稲葉が「反原発か、増原発か、脱原発か」を著したのは 2013 年。名古屋大学の核工学科の教壇にも立ち、その後、川崎製鉄技術研究所を経て、2007 年に千

葉大学教育学部を定年退職した工学博士である。原発過酷事故発生後の2011年3月11日以降の関連出版物56冊を参考文献にして、自己評価を下している。

「トリウム (Thorium) 炉は軽水炉に比べて原理的に優っていることは確かだと思う。－中略－しかし、これから実用化するとなると幾多の困難とかなりの年月を要すると思われる。－中略－いずれにしても、トリウム (Thorium) 炉に関する実用可能性調査や研究を日本でも始める必要があると思われる。」^[15]

6. おわりに

水原大会後、「トリウム (Thorium) 熔融塩炉」を知り、その文献調査を自己研鑽に含め、技術者としての自己責務と考えて結果の情報発信を実践してきた。

詳述しないが、原発の推進派、反対派の双方の専門家に、「トリウム (Thorium) 熔融塩炉」の評価派と無視派が存在する。別に、科学的立場の紹介派もいる。

科学技術庁発足当時 (1956)、既にトリウム (Thorium) は関係者間で検討対象であった。その21年後、福島第一事故の34年前に、科学記者大熊由紀子の一般向けデータベース (Database) 的冊子「核燃料－探査から廃物処理まで」 (朝日新聞社1977) もある。大熊書は短期間でベストセラー (Bestseller) 的な重刷があった。これらの事実からだけでも、推進、反対を問わず専門家はトリウム (Thorium) を知っていたと思われる。専門家で、「トリウム (Thorium) 熔融塩炉」に触れないのは、勉強不足なのか、情報の非開示なのであるだろうか？

核兵器禁止条約の国連採択 (2017・7)、レアアース (Rare earth) の急激な需要増大という現実の中で、プルトニウム (Plutonium) の消去と、副産物トリウム (Thorium) の非核的処理・利用の実現は、恒久平和と経済発展、環境保全への喫緊の地球的な共通課題になっていると考える。

このような状況下で、近畿技術士会の日中技術交流の資料にも示されているが、中国のトリウム (Thorium) 熔融塩炉研究の真摯な取組進展が伝えられている。新規特許等による知的財産権の行使を考えると、研究の停滞は技術先進国の後塵を拝し、特許使用料等経済的な負担増に繋がる。言い換えると古川は、原子力利用の研究と技術の蓄積が生かせる分野での、日本の新たな世界貢献とビジネスチャンス (Business Chance) を視野に入れ、時代を先取りしていた。

核兵器廃絶への技術貢献を述べた古川の「核拡散防止への実効ある提言」がある。佐藤栄作元首相のノーベル (Nobel) 平和賞受賞を機に設立された財団が、「核拡散防止」を募集テーマ (Theme) にした第22回 (2006) の最優秀賞論文である。この結果と論文内容について、新聞発表は無いに等しいものだったらしい。本文でも触れたが、報道機関と関係者の情報共有に対する意識変革は、国民の知る権利への報道の使命と責務に欠かせないのではなかろうか？

実務経験に基づいて原発事故発生に警鐘を鳴らしている桜井淳は、著書の中で再三に亘り、米国のプロフェッショナルエンジニア (Professional Engineer) 制度を賞賛している^[16]。日韓の技術士制度もそうありたいものである。

手始めとして日本技術士会の CPD 教材 (共通) : 13-1 「原子力・放射線の整理と検討のための資料～3.11 福島第一原子力発電所事故について共に考える～」(2013) の、新たな情報掲載がある改訂版発行に期待したい。

尚、アブストラクト (Abstract) については清水雅子技術士 (環境・上下水道部門) に協力頂いた。ここに感謝の意を表したい。

参考文献

- [1] 著者、書名、出版社は本文中に記載 p. 14、2015/9
- [2] 上園昌武、菊池慶之、片岡佳美、吹野卓、関耕平、伊藤勝久、書名、出版社は本文中に記載 p. 61、p. 90、2016/3
- [3] 石川行一、題目、誌名、巻、号は本文中に記載 2015/10
- [4] 古川和男、「原発」革命、文藝春秋、p. 20、2001/8
- [5] [4] に同じ p. 97、p. 121、p. 139
- [6] 大木久光 イラスト (Illustration) でわかる原発と放射能、技報堂出版、p. 156、2012/1
- [7] NHK ETV 特集取材班、原発メルトダウン (Meltdown) への道、新潮社、pp. 304-308、2013/11
- [8] 伊東光晴、原子力発電の政治経済学、岩波書店、pp. 63-68、2013/10
- [9] [4] に同じ pp. 115-116, 139-171
- [10] 多湖敬彦、日本発次世代エネルギー (Energy)、学習研究社、p. 205、2002/12
- [11] 西堀榮三郎、技士道十五ヶ条、朝日新聞社、p. 305、2008/1
- [12] 出町讓、清貧と復興 土光敏夫100の言葉、文藝春秋、pp. 105-133、2011/8
- [13] 松井賢一、書名は本文中に記載、エネルギーフォーラム (Energyforum)、pp. 57-59、2011/8
- [14] 中野不二男、書名は本文中に記載、時事通信社、pp. 60-70、1993/6
- [15] 稲場秀明、書名は本文中に記載、大学教育出版、pp. 74-75、2013/2
- [16] 桜井淳、福島第一原発事故を検証する、日本評論社、p. 86, 129, 145、2011/7



井上 祥一郎 Inoue Shoichiro/登録部門：森林、上下水道、衛生工学、農業、水産、建設、環境、応用理学部門
専門とする分野：流域環境修復実学/ 所属先：(勤務先) 株名邦テクノ (s_inoue@meiho-techno.co.jp)