

# 原子力分野におけるマネジメントの基礎理論

足立 文緒\*<sup>1</sup> · 関村 直人\*<sup>2</sup>

## Basic Theory on Management in Nuclear Sector

Fumio ADACHI\*<sup>1</sup>, Naoto SEKIMURA\*<sup>2</sup>

**Abstract**– This paper tries to mark the beginning of developing a basic theory that people should understand to conduct management in nuclear sector. First, we make a hypothesis on conceptual level definition of what management in the nuclear sector is, and then, test the hypothesis by comparing it with the case of the ongoing management of decommissioning of Fukushima Daiichi nuclear power plant.

**Keywords**– management, knowledge synthesis, knowledge integration, stakeholder, tacit knowledge, unknown, transdisciplinary study, decommissioning

### 1. 論文の目的

この論文は、原子力分野においてマネジメントを実施する主体が理解し、活用すべき基本的な理論を創り出す試みの端緒である。福島第一原子力発電所の廃止措置をケースとして用いているのは、理論が現実と乖離することなく、出来上がった理論が実務に役立つことを志向しているためである。

吉川 (2010) [1] は、自然と社会の持続的進化のために、観察型科学者が潜在する社会的期待を発見し、科学的知識として記述し、構成型科学者がそうした社会的期待を受けて研究により様々な技術を構成し、社会への提案を行い、行動者が提案を選択し、実際に社会や自然に影響を与える行動をとり、再び観察型科学者が自然と社会の更なる変化を観察する、と言う永続的なループを提案している。

原子力分野は、いずれのエネルギー源にも求められる安全性、安定供給性、経済性、環境適合性の追求に加え、核不拡散の確保と言う固有の課題も有し、利害関係者は全国民、政府、企業を始め、他国や国際機関に亘ることから、諸課題のマネジメントには高度な能力を必要とする。当論文は、「原子力分野の諸課題を適切にマネッジしたい。マネッジして欲しい。」という社会的期待を把

握しようとする観察型研究であると言える。「原子力分野におけるマネジメントとは何か」の解明を試みることによって、その期待を記述したい。

マネジメントでは、多様な知を実践している。そうした知は、マネジメント実施主体のみが有しているのではなく、多様な利害関係者もそれぞれの利害に基づいた知を提示する立場にある。これらの幅広い主体が、「原子力分野におけるマネジメントとは何か」の基本的理論を理解しマネジメントを実施あるいは関与すれば、より良いマネジメントを可能とすることになる。

当論文では、著者が立てた仮説が、福島で進行中の廃炉のマネジメントの事例と合致しているか否かを対比しながら検証している。対比させるケースを増やしていくことにより、仮説はより普遍性を持つものとなっていく。また、原子力分野以外の分野でのマネジメントも研究されれば、さらに普遍性のあるマネジメントの理論へと展開する可能性もあるであろう。

なお、当論文は、福島廃炉のマネジメントのあり方を提言することや、現行のマネジメントを評価することを目的とするものではない。

### 2. 原子力マネジメントの定義の試み

本章では、原子力分野で行うマネジメント（以下、「原子力マネジメント」という）とは何か、を概念レベルで定義することを試みる。

国際原子力機関 IAEA が提示している “International Nuclear Management Academy, Master’s Programmes in Nuclear Technology Management” (2020) [2] は、原子力

\*<sup>1</sup> 東京大学産学協創推進本部 東京都文京区本郷 7-3-1

\*<sup>2</sup> 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻 東京都文京区本郷 7-3-1

\*<sup>1</sup> The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo

\*<sup>2</sup> The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo

Received: 24 November 2020, Accepted: 12 February 2021.

分野のためのマネジメントに焦点を当てた大学院修士課程プログラムであり、修得すべき50のマネジメント能力を示している。著者足立は、左記出版物の初稿をドラフトしたが、IAEAの既存の出版物等ではマネジメントとは何かを定義したものが存在しなかったため、「原子力産業に勤務する管理職が身に付けるべき能力を特定している」との表現に留めている。広範な能力を示しているものの、マネジメントの定義を示していないため、同修士課程プログラムがマネジメント能力の全範囲をカバーしているか、あるいは個々の能力は全体のどこに位置するのと言ったことを示すことはできていない。

## 2.1 原子力マネジメントの概念は定義されているか

一般に、「マネジメント」とは何を指すのか、その定義はなされているのであろうか。学会名鑑に掲載されており名称にマネジメントを冠している18学会の目的や事業には、マネジメントの定義や概念は示されていない。対象範囲を原子力分野に絞っても、IAEAのマネジメントに関するいずれの出版物もマネジメントを定義することなくマネジメントシステムや上記の修士課程プログラム等につき手法や基準等を示しており、また国内外のその他の文献にも原子力マネジメントの定義を試みているものはない。

## 2.2 日本学術会議提言が示す知の総合

このような中、原子力マネジメントを定義するための足掛かりを示している先行研究は、「社会的課題に立ち向かう「総合工学」の強化推進」(日本学術会議2017)[3]である。同提言は、冒頭、工学を含めた科学だけでは、東日本大震災の際の自然災害と原子力発電所事故の問題は解決できないこと、特に、工学が創り出した原子力発電所の事故に対して工学はその解決に甚だ非力であることを深く思い知らされた、として、工学の知を総動員し工学以外の分野も取り込んだ「総合工学」を再定義し、社会に貢献できる総合工学の課題を明確にし、課題を克服するための施策を実行する必要性を説いている。

同提言では、総合工学に特徴別に4つのカテゴリーを見出ししており、原子力工学は「総合システム志向」として列挙されている。「総合システム志向型は、トップダウン的であり、対象となる総合システムに対して、既存のディシプリンを組み合わせて融合し、それらを設計し、それらを活用して社会的課題解決を図る。対象となる総合システムの課題解決に向けて必要となれば、どのような新しい学術領域でも取り込むという特徴を有する。」そして、「原子力システムや宇宙システムなどの巨大人工物システムは、空間的ないし物理的ないし社会的広がり巨大であり、その中に内包される多数の要素の相互関係が複雑であり、かつ、その性能と信頼性は社会や経済に多大な影響を与える。」としている。

さらに提言は、単なる異分野融合と知の統合は異なるとし、知の統合は「異なる研究分野の間に共通する概念・手法・構造を抽出することによって、それぞれの分野の間で知の互換性を確立し、それを通してより普遍的な知の体系を作り上げること」と定義し、「総合工学は工学分野を起点として知の統合を生み出す揺りかごである。」と述べている。

以上の総合工学に関する引用を専ら原子力システムに当てはめて要約すれば、『原子力システムは、原子力工学の進歩によって生まれた巨大人工物システムであり、様々な科学技術的及び社会的課題を内包しており、その解決のために必要であればトップダウンで、どのような学術分野でも取り込む総合工学である。また、取り込んだ諸学術分野の知からより普遍的な知の体系である統合知を作り上げることを探求すべきである。』となる。

## 2.3 原子力マネジメントの定義(仮説)及びそれに対する検証項目

以上の日本学術会議の提言を活用して、原子力マネジメントの概念を定義してみたい。すなわち、『原子力分野におけるマネジメントとは、原子力システムを対象に、それが内包する諸課題の解決のために、複数の学術領域に亘る知を総合した知を、実地で使っていくこと、である。そうした総合知からより普遍的な知の体系である統合知を作り上げれば、諸課題の解決により効果的な知となる。』と仮定する。

この仮説には、少なくとも以下の7点の不確かさや実際のマネジメントとずれていると感じる点がある。次章でこれらを順次検証する。検証は、東京電力福島原子力第一発電所の廃止措置(以下、「福島廃炉」という)を対象とし、そのマネジメント事例を分析することによって各検証事項に対する回答を得ていくこととする。最後に、検証結果を用いて、原子力マネジメントの定義の再定義を行う。

- (1) 「知」とは何か。
- (2) マネジメントに適用する知は、学術知のみか。
- (3) マネジメントに適用する知は、学術知のように形式知のみか。
- (4) マネジメントに適用する総合知のうち、統合知はどれだけの意味を持つのか。
- (5) マネジメントに適用する知を、総合し、さらに統合を試みるのはだれか。
- (6) マネジメントに適用する知は、一旦総合されると不変となるのか。
- (7) マネジメントに適用する知を総合し、実地で使うまでの段取りはどのようなものか。

### 3. 課題「福島第一原子力発電所廃止措置」で適用される知の分析

福島廃炉を対象とすることは、原子力分野の諸課題のマネジメントに適用する知を分析するには最も相応しい課題であり得る。その理由は、(1) 実際に取り組みられている課題であり、これまでに課題解決に適用された知が存在している。(2) 実際に取り組みられている課題の中で、最も利害関係者が多いことから、利害関係者が示す知の量が豊富であることが期待できる。(3) 解決への取組が最も長期に亘っている課題の一つであることから、知の蓄積が豊富であることが期待できる。また、知の時系列的変遷が確認できる可能性がある。

福島廃炉のために提示された知を広範に捕捉するため、政府、政府系機関、東京電力、国会、学術機関、国際機関が発行した福島廃炉に関するほとんどの文書を対象とした<sup>1)</sup>(Table 1)。これらの文書から、利害を同じくする組織・個人を一つの利害関係者カテゴリーとし、カテゴリー毎に、その利害を分析し、言及している論点、論点に対する全発言内容を抽出し、全発言の中から知を特定した。

ただし、技術的な論点、発言内容、知は対象とはしなかった。技術に関する知は、東京電力と原子力損害賠償・廃炉等支援機構（以下、「機構」という）が、自社の技術者や研究者が有する知や、JAEA（日本原子力研究開発機構）、IRID（国際廃炉研究開発機構）を始め国内外の研究機関等からの廃炉技術に関する基礎研究から実用技術までの知を総合して作り上げ、さらに原子力規制委員会の審査を経るものであり、完成度の高い知であることからバッドプラクティスとしての分析対象にはならないこと、人文社会系の専門知は入っておらず、また地元福島の人達を含めた幅広い利害関係者はほとんど関心を示さず言及していないこと、中長期ロードマップや技術戦略プランを取り纏めた過程が公開されておらず技術に関する知の総合の過程が検証できないためである。

#### 3.1 利害関係者

いずれの課題にも、課題をマネッジする実施主体、課題が解決することによる受益者、そのほかの利害関係者が存在する。福島廃炉における利害関係者は以下の通りである。各利害関係者が発する知は、その利害の内容に基づくため、以下では利害関係者毎にその利害も分析し記載しておく。当論文では、利害関係者とは当該課題に対して知を提供する主体を意味し、利害とは当該課題に関係を有する理由を意味する<sup>2)</sup>。

1. 2011年11月から2019年1月までの文書を対象とした。開始日は原子力災害対策本部に福島廃炉に関するロードマップが提示された時期。最終日は当論文の執筆を開始した時期。  
2. 利害関係者及び利害と言う用語は、例えば、知の統合分野 (Bammer2010) [8] と合意形成分野 (松浦 2008) [4] (佐藤 2006) [5] とでは異なる。ここでは当論文での用い方を示しておく。

#### (1) 福島廃炉のマネジメントの実施主体

政府、機構、東京電力（正式名、東京電力ホールディングス(株)）。これらは各々、廃炉の計画を策定し、あるいは計画に基づいて廃炉を実施している。その利害は、福島廃炉の目的<sup>3)</sup>を完遂することである。

#### (2) 課題が解決されることによる受益者

福島第一原子力発電所の近隣自治体の住民、団体及び自治体（以下、「地元」ということもある）。団体は漁業・農業関連団体、消費者団体、地域振興団体等。自治体は県と避難地域12市町村。廃炉の進展に伴って放射性物質によるリスクが低減することにより、帰還をしたり、生活や事業活動が正常化したりと言う利益を得る。逆に、廃炉が進展しなければ、状況継続や悪化と言う損害を受ける。

同発電所からの居住地の距離、避難の程度、補償の程度、生業の内容、福島廃炉事業従事者か否か等により、当受益者カテゴリー内には更に利害の異なるサブカテゴリーが存在し得る。

#### (3) 間接的利害関係者

##### (3.1) 国民全般

福島廃炉は、廃炉費用の電気料金への上乗せや課税での徴収で手当てするか、放射性廃棄物の最終処分地はどこを選定するか、福島廃炉以外の原子力政策への影響に対しどのように対応するか等々の論点を惹起し得る。これらは原子力関連企業、原子力関連施設立地自治体、各所帯、各納税者等の国民全般に利害を生じさせる論点である。当カテゴリーの中には、論点毎にサブカテゴリーが存在し得る。その利害は論点とサブカテゴリー毎に異なる。

##### (3.2) 学術機関及び科学者

実施主体から研究開発事業を受託していない学術機関・科学者でも、福島廃炉を支援しているものがある。その活動は自発的であり、自ら利害関係者となることを選択しており、その利害は学術機関・科学者としての社会的使命の充足や専門性の学術的深化である。

当論文が調査の対象とした福島廃炉に関する文書 (Table 1) 中では、衆議院原子力問題調査特別委員会アドバイザリーボードで招聘された大学在籍または過去に在籍していた科学者6名が、福島廃炉に関する研究成果等を発表等している。調査対象文書の範囲を広げれば、より多くの研究者が研究成果を発表している。

##### (3.3) 国際機関

IAEA は、福島廃炉の計画策定や実効性につき中立的な評価を行うことによって福島廃炉を支援している。その利害は、原子力に関する科学技術に基づき日本を含む

3. なお、政府原子力災害対策本部が策定した中長期ロードマップ初版 (2011) 及び第2版 (2013) には、福島廃炉の目的に相当する記述は無い。第3版 (2015) 以降には、福島廃炉を「放射性物質によるリスクから、人と環境を守るための継続的なリスク低減活動と位置け」とあるため、これを目的と見なす。

Table 1: Documents on Fukushima Decommissioning.

|   |  |
|---|--|
| <p>[1] 実施主体</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃炉・汚染水対策閣僚会議 第 1 回(2013.9)～第 3 回(2017.9)まで全 3 回分の議事録</li> <li>・ 原子力災害対策本部 第 26 回(2012.7)～第 49 回(2019.4)まで全 24 回分の議事録</li> <li>・ 廃炉・汚染水対策チーム会合 第 1 回(2013.11)～第 4 回(2017.9)まで全 4 回分の議事録</li> <li>・ 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議 第 1 回(2013.12)～第 5 回(2014.4)まで全 5 回分の議事次第</li> <li>・ 「東京電力㈱福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(2011.12), 同改訂版(2013.6), 同第 3 回改訂版(2015.6), 同第 4 回改訂版(2017.9)</li> <li>・ 「東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2017」「同 2019」</li> <li>・ 復興庁「原子力災害による風評被害を含む影響への対策パッケージ」(2013.4), 「風評対策強化指針」(2014.6), 「風評払拭・リスクコミュニケーション強化戦略」(2017.12), 「福島復興再生特別措置法の一部を改正する法律案(概要)」(2017.2)</li> <li>・ 「トリチウム水タスクフォース報告書」(2016.6)</li> <li>・ 「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書」(2020.2), 同小委員会第 1,3,4,7-10,12-16 回(2016.11-2019.12)全 12 回分の議事録及び配布資料, 同小委員会説明・公聴会(2018.8)全意見と回答</li> <li>・ 廃炉・汚染水対策福島評議会 第 1 回(2014.2)～第 19 回(2020.7)まで全 19 回分の議事録及び配布資料</li> </ul> <p>[2] 受益者</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃炉・汚染水対策福島評議会 第 1 回(2014.2)～第 19</li> </ul> | <p>回(2020.7)まで全 19 回分の議事録及び配布資料</p> <p>[3] 国民全般</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衆議院 原子力問題調査特別委員会 第 198 回第 3 号(2019.4)議事録</li> <li>・ 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会(ALPS 小委員会) 説明・公聴会(2018.8)全意見と回答</li> </ul> <p>[4] 学術機関・科学者</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日本原子力学会学会誌 2017.4 号「特集 福島原発事故から 6 年一各学会の取組み」</li> <li>・ 衆議院 原子力問題調査特別委員会アドバイザリーボード 2017.5～2019.12 全 6 回分の各委員資料</li> </ul> <p>[5] 国際機関</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ IAEA「東京電力㈱福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップに関する IAEA 国際ピアレビューミッション(第 2 回ミッション)報告書」(2013.11)</li> <li>・ IAEA「同(第 3 回ミッション)報告書」(2015.2)</li> </ul> <p>[6] 有識者・専門家</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃炉・汚染水対策福島評議会のうち第 13 回(2017.5)の議事録及び配布資料</li> </ul> <p>[7] 規制当局</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 廃炉・汚染水対策福島評議会 第 1 回(2014.2)～第 19 回(2020.7)まで全 19 回分の議事録及び配布資料</li> </ul> <p>[8] 国会・国会議員</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 衆議院 原子力問題調査特別委員会 第 183 回第 3 号(2013.4)～第 198 回第 2 号(2019.3)まで全 34 回分の議事録</li> <li>・ 衆議院 予算委員会 第 186 第 14 号(2014.2)全 1 回分の議事録</li> </ul> |
|---|--|

加盟国を支援し、高い水準の原子力安全を実現すると言う IAEA の使命の充足である。

#### (3.4) 有識者・専門家

当論文が調査の対象とした福島廃炉に関する文書(Table 1)中では、政府が設置した廃炉・汚染水対策福島評議会に福島県の新聞社 2 社が招聘され意見を述べている。調査対象を書籍や新聞等にまで拡大すれば、職業等で培った経験や博識に基づいた福島廃炉に関する様々な意見が述べられている。その活動は自発的、あるいはマネジメント実施主体等からの委託に応じるものであり、その利害は基本的に有識者・専門家としての社会的使命の充足である。

#### (4) 特殊な利害関係者

##### (4.1) 規制当局

原子力規制委員会は、福島廃炉では自らマネジメントはしないが、実施主体がマネジメントに用いる知を法的強制力を以て規制する。その利害は、規制を通じて人と

環境を守るという同委員会の使命の充足である。

##### (4.2) 国会及び国会議員

福島廃炉に関する国会活動は、ほとんどが 2013 年に設置された衆議院原子力問題調査特別委員会で行われており、議院運営委員会によって、その活動は調査、行政監視に特化し、法案の付託・審査は行わず、またアドバイザリーボードを設置する旨決められた。これに沿って、同委員会は実施主体と原子力規制委員会による福島廃炉の取組みにつき報告を受け、質疑し、取組みに不足している論点を指摘している。またこれまでアドバイザリーボードへ招聘された 6 名の委員は全て大学に在籍する、あるいは在籍していた科学者となっており、各委員の専門性に基づき福島廃炉における論点と解決方法を提示している。国会及び国会議員の利害は、議員運営委員会が定めた活動目的に沿って言えば、行政監視等の遂行である。

なお、知の総合・統合の視点から、議員運営委員会が

Table 2: 31 topics shown by all stakeholders<sup>5</sup>.

|   |                          |
|---|--------------------------|
| 1)放射性廃棄物処理政策,                                       | 16)廃炉作業員の労働環境の改善         |
| 2)双方向コミュニケーション<br>(リスクコミュニケーション,<br>科学コミュニケーションを含む) | 17)組織体制・組織内コミュニケーション     |
| 3)予算措置  | 18)学校での放射線・廃炉教育          |
| 4)広報・情報発信・情報開示                                      | 19)研究開発戦略                |
| 5)実施主体間での役割分担・責任所在                                  | 20)プロジェクトマネジメント          |
| 6)信頼構築  | 21)マスコミによる報道内容           |
| 7)ALPS処理水の最終処理政策                                    | 22)風化対策                  |
| 8)リスクマネジメント   | 23)多様な知の活用               |
| 9)合意形成  | 24)緊急時情報伝達               |
| 10)原子力規制行政のあり方・監視体制                                 | 25)緊急時避難計画               |
| 11)廃炉人材育成   | 26)廃炉作業ミス原因究明            |
| 12)廃炉の客観的検証   | 27)廃炉についての記録の保全          |
| 13)東電改革   | 28)知的財産政策                |
| 14)廃炉ロードマップ記載事項                                     | 29)他原発立地自治体への影響          |
| 15)風評対策   | 30)安全文化                  |
|   | 31)人事・世代交代, 東電新任役員に対する指導 |

定めた活動目的を超えた国会・国会議員に期待する利害につき、3.3(5)「国会の役割」で考察する。

### 3.2 利害関係者が発出した全論点

Table 2 は、Table 1 の全文書中で、上記の利害関係者が言及している福島廃炉を進めるに当たっての全ての論点を取りまとめたものである<sup>4</sup>。論点とは、福島廃炉と言う課題を構成する小課題のことであり、当論文では論点と小課題とは同義語である。

### 3.3 原子力マネジメントの定義（仮説）の検証

当節では、2.3 で列記した原子力マネジメントの定義（仮説）についての検証事項 7 点につき、Table 2 の論点のうちのいくつかを取り上げ、同論点について利害関係者が示した知と対比させながら検証を行う。

#### (1) 「知」とは何か

日本学術会議は、「知の統合」に関する提言を継続的に行ってきており、初めての提言(2007) [6] で、「知の統合」を 2.2 に掲載した通りに定義したが、「知」については定義を行ってきていない。

4. 対象とした福島廃炉に関する文書をさらに拡充すれば、リーダーシップや倫理等、他にも論点が提示されている可能性がある。  
5. これらは著者が論点の塊として適当であると考えた単位でとりまとめており、他の研究者は別の整理とする可能性がある。福島廃炉のより良いマネジメントのためには、論点のとりまとめ単位も研究すべきであるが、当論文の目的はマネジメントの定義を検証することであり、福島廃炉のマネジメント案を提案することではないため、この論点整理で支障はない。

また、野中(1996) [7] は、知識（同著においては知と同義語）を情報と対比させながら、知識は、第一に「信念」「コミットメント」に密接にかかわり、ある特定の立場、見方、意図を反映し、第二に常にある目的のために存在し、第三に特定の文脈やある関係においてのみ意味を持つ、と解説しているが、知識そのものは何なのかを示していない。

梅本(2012) [13] は、ナレッジマネジメントの対象であるデータ、情報、知識、知恵を総称する言葉が存在していないことに驚きを示し、「総称として「知」（英語で *sophia*）」を使うことを提案しているが、総称とした知を定義していない。

このように知を定義することは困難なことであるが、当論文で福島廃炉のために利害関係者が示した「知」を抽出する作業をしていくためには、一定の定義が必要である。当論文では、①どの論点について、②その論点を解決する方法、及び③その解決方法が有益であることの根拠の 3 点を揃って示している発言を、知であるとして抽出した。それは、上記の原子力マネジメントの定義の仮説で示したように、知は原子力システムが内包する課題を解決すべきものであるからである。②の方法と③の根拠が、学術的に確立されていたり繰返しの経験を経たりしたものであるか、あるいは個人的な体験に基づいたものか、思い付きであるか等の区別はせず、何らかの解決方法と根拠が併せて示されていれば知として、抽出の対象とした。

福島廃炉の利害関係者の発言の中には、①だけを述べている発言（実施主体に対する要望や、すぐに解は得られないが注意喚起しておくべき大きな論点等）、①②だけを述べている発言（論点解決のための懸命のアイデア出し等）、③も示すものの裏付けが不確かな発言（論点解決のための懸命だが推測の域を出ないアイデア出し等）、③も示し科学的裏付けや説得力のある発言（科学者や専門家によるその専門分野での発言等）があり、論点を解決する確度の高い発言とそれ以外が混在している。マネジメントへの適用に適する知であるかの検証は実施主体等に委ねることとし、著者はマネジメントに適用する知である可能性のある①②③が揃っている発言を全て抽出した。

#### (2) マネジメントに適用する知は、学術知のみか

当論文では、学術知とは、査読を経た研究成果や、査読は経ていないものの学術機関・科学者や有識者・専門家による自身の専門分野での考察結果とする。

福島廃炉では、学術機関・科学者、国際機関、有識者・専門家が学術知を示すのみならず、加えて、その他の全ての利害関係者も、学術知ではないが経験や身近な伝聞等に基づいた知を出している。実施主体である東京電力や機構は多数の技術専門家を擁しており、彼らが計画す

る福島廃炉に用いられる技術的な知は学術知や有用性の確度の高い知であるが、当論文が対象とする技術以外の知はほとんどが学術知ではなく経験、伝聞等に基づく知である。

#### (2-1) 学術知ではない知の福島廃炉への適用事例

学術知ではない知が取り入れられ、マネジメントが上手く進んだ論点の一つは、「廃炉作業員の労働環境の改善」である。

廃炉作業員の労働環境の改善に言及したのは、政府、東京電力、地元の三者であり、2014年からの6年間計19回に亘る廃炉・汚染水対策福島評議会（議長は経済産業副大臣。以下、「福島評議会」という）においてである。

第1回福島評議会で、東京電力は作業員の労働環境の改善として、被曝対策を始め、大型休憩所と給食センターの設置を進めている旨説明する。これに対し双葉町が、非常に危険な状況の中作業員はどういう気持ちで働いているかを考えると、使命感やモチベーションもあるだろうが、それにも限界があり、休憩所や給食センターだけでは十分ではなく、被曝の徹底管理と報酬を初めとする作業環境改善により誇りを持つ状況を作ることが必要である、とコメント。また、川内村が、東電・国と作業員間の構内の作業状況についての情報の錯綜が住民を混乱させている、とコメント。これらに対し、政府と東京電力は、東電等と作業員間の情報の乖離は作業員が安全に作業することの障壁になると留意しつつ、作業員の労働環境の改善について出来る限りのことをやる、しっかりやる、とその場では一般的な回答をして終了。しかしながら、政府、東京電力は、作業員の労働環境の改善も含め、福島評議会で示された意見を一覧表に整理し、次回評議会までに対応策の回答を用意する体制を取った。

第2回では、冒頭から東京電力は、作業員との情報共有対策として、構内複数個所にモニターを設置し、逐次情報を発信し始めたことを報告。これに対し、川俣町は、共通認識に立つ場の確立が必要、浪江町は、モニターによる一方的な周知ではなく定期的な直接の情報共有が必要、と指摘。東電はこれらに対し、東電が作業員の意見をしっかり聞くべきと言う指摘だと理解したとし、それは震災前はやっていたことなので、震災後の火事場の状況から早く安定した状態にし、しっかりやりたいと回答。休憩所では仕事の打ち合わせもするため、情報共有のためにも必要な場であるとも解説。これにより、当初より東京電力が進めてきている休憩所設置の意義を地元にも認識してもらい、東京電力自身も再認識する機会となった。モチベーション向上策について、知が出始めた。すなわち、川内村から、廃炉の様子を全国にライブ放映するアイデアが出された。これは東京電力と政府にとっては突拍子もないアイデアであったようで「ちょっ

とライブまでは考えていなかったのですけれども」と言う反応があった。

第3回では、モチベーション向上の実現策として、ライブ放映ではないが、政府が作業員の声などを紹介するニュースレター1号を発刊したと報告。

第4回では、2号の発刊が報告され、また東京電力は発信情報にプロのカメラマンの採用を検討中と報告。東京電力は、情報発信は福島評議会メンバーの皆からもやって頂ければ嬉しい、と依頼。東京電力が福島評議会の中で地元に対し何らかの要請をしたのはこの一回のみであり、実施主体と地元の双方が最も一致できる論点であることが読み取れる。また、NPOは、東電、国、地元行政だけではなく貴重な情報は地域の私達も公開する、と発言。このように、対外発信がモチベーション向上の具体策として進展していった。加えていわき市は、作業員の地位向上を国にも依頼した。作業員との情報共有については、東京電力は毎年作業員にアンケートを実施し作業環境についての意見を把握していること、各社の朝礼に参加していることなどを紹介。

第5回では、東京電力が、モチベーションに関した地位向上につき、発電所長からの表彰を開始し、その様子をプロのカメラマンを登用して発信していること、情報共有につき、震災前のエコー委員会を再開したこと等を紹介。新たに、偽装請負対策に言及し、労働局に依頼し講習会等を実施していると紹介した。

以上、2014年の一年間は5回の福島評議会を通じ、作業員の労働環境の改善と言う論点提起から始まり、具体策実施へと急速かつ着実に、進展した。

続いて2015年にも福島評議会は5回開催された。東京電力と政府から上述の各具体策の実施状況の報告があり、新規の具体策は東京電力といわき市から各1件あったのみ。代わって、自治体における作業員の住宅整備や住民との共生が論点として出されたが、作業員の廃炉における労働環境そのものの改善については2015年の後半以降。ほとんど言及されることは無くなった。このように、作業員の労働環境の改善は、2014年中に多くが達成された。

作業員の労働環境の改善が、政府、東京電力と地元の知の集合によって順調に進んだ理由は、一つには、其々が自らの利害を動機として知を懸命に出したからである。政府、東京電力の利害は、廃炉作業を担う作業員の長期に亘る効率的な勤務を実現することであり、地元の利害は、廃炉が進展し安全に帰還し住めること及び作業員の半分が福島出身であり、全員が福島に居住、宿泊、滞在しており、彼らの人生を守りたいということである。政府・東京電力の利害は、「一緒に働いている作業員あるいは我々の所員が働きやすい場所にしないことには、この後30年、40年、もっと長い間もたなくなってしまう

います」「作業員の方々が安心して働いて頂くというところが第一だと思っていて、長期的に安定的に働く形を作りたい」と言う発言等に、地元の利害は、「6,000人の作業員のことを心配している、頑張ってくださいことが我々の復興につながる」「作業員 6,000人の半分が福島県民だ」「広野町には3,000人の作業員がお住まだ」「いわき市には多くの作業員が宿泊、滞在している」と言う発言等に表れている。

東京電力がその利害の視点から当初より着手していた被曝管理の他、休憩所や給食センターの設置と言う物理的労働環境に加え、地元がその利害の視点からモチベーションや誇りと言う心理的労働環境、報酬を初めとする雇用条件の労働環境、東京電力と作業員間の情報共有体制のそれぞれの整備を知として提示したことにより、東京電力と政府は、心理的労働環境、雇用条件、情報共有体制の改善にも意欲的に取り組んでいくこととなった。

知の集合が進んだ二つ目の理由は、福島評議会が双方向の対話の場であり、かつ政府、東京電力が地元の意見の取り込みに積極的であったことである。政府は協議会の趣旨を「説明責任を果たし、地元の率直な意見を伺い、廃炉・汚染水対策に反映させていきたいと言うことで立ち上げた会議」と説明している。これにより、双方から多様な論点と知が出された。

三つめの理由は、東京電力は具体策を遂行するために必要な知の一部を、プロのカメラマンや労働局と言う専門家・専門機関の知にアウトソースしたことである。

#### (2-2) 学術知ではない知が福島廃炉へ適用されなかった事例

他方で、学術知ではない知がより良いマネジメントにつながっていった軌跡が見られない論点の一つは、「信頼構築」である。政府・東京電力と地元・国民との間の信頼構築については、ほとんどの利害関係者が言及している一方で、発言者の多くが一度言及しただけで、議論を深めマネジメントに適用できる有用な知を作り出すまでには至っていない。

信頼構築につき、福島評議会で議長の経済産業副大臣、東京電力の2名の役員、地元新聞社社長と言う地位の高い人達が、「大変感じる」「本当に大事」「一番感じた」「一番大切」と言う強い言葉を使ってその必要性に言及しながらも、全19回の福島評議会においてうち1名が3回、他は1回しか言及していない。その他の会議等の場合も含め、福島評議会事務局1名、地元町長2名、国会議員1名、科学者2名が1~2回言及したのみである。これらの発言で示された信頼構築のための知は、a) 政府・東京電力からの迅速で正しく分かり易い情報発信・広報、b) 独立した第三者情報提供の仕組み作り、c) 政府・東電と地元間での率直で恒常的なコミュニケーション、d) 利害関係者間で合意形成プロセスを踏むこと、e)

廃炉作業員の誇りと生活を守ること、f) 地元在住の東京電力役員個人と地元との信頼関係構築、g) 被災者への確実な住宅提供、である。しかしながら、こうしたa)~g)の知は信頼構築にとって有効な手法であるか、他にどのような手法があり得るか、各手法の効果的な実施方法はどのようなものか等についての議論や研究は行っていない。「一番大切」等と提起された信頼構築という論点をマネッジしていくために、福島評議会等で継続的に議論したり、学界が研究を行えば、信頼構築に適用する知が創出されていく可能性がある。

東京電力福島復興本社代表は4年半の勤務後の退任に当たり、福島評議会の場で地域の人からの信頼が高かったと評され、自身も「一番やはり感じたのは、信頼関係の構築が一番大事だ」とコメントしている。こうした経験を有する人自身が、経験を材料に信頼構築に関する学術研究や経験の取り纏めを行えば、原子力マネジメントに適用できる学術知、学術以外の知を増やすことに貢献していくことができる。

#### (2-3) 学術知をマネジメントに適用していくために

福島廃炉では、学術機関・科学者、国際機関、有責者・専門家が知を示した論点は、合意形成、原子力規制行政のあり方、福島廃炉の客観的検証、東電改革と言った他の利害関係者が取り上げない、解決が難しい論点についてが多く、かつ示した知がマネジメントに適用できるほど詳細な内容ではないことから、これらの論点の解決は図られてきていない。

上記3.2で示した福島廃炉が包含する31の論点に関係があると思われる学術分野を、学会名鑑に掲載されている学術団体名を用いて**Table 3**に羅列した。少なくとも35学術分野となり、ほとんどが人文社会科学である。当論文が対象から外した技術分野での知が、機構と東京電力の多数の技術専門家の知と国内外の研究機関から公募等した研究の成果を取り纏めた実地での適用に耐える完成度の高い知であることのように、技術分野以外の学術知もマネジメントに適用されるためには、これら35学術分野へ集中的に研究資源を投下し、具体的で包括的な知を取り纏めていくことが必要である。

#### (3) マネジメントに適用する知は、学術知のように形式知のみか

Bammer (2010) [8] は、「複雑な課題については全てが解明されている (known) 訳ではなく、多様な unknown が存在する。課題解決のための施策の決定や実施では、unknown に対しては、学術や利害関係者がもたらす知よりもはるかに少なくしか注意が払われないが、unknown は常に存在しており、それを考慮に入れる必要がある」と指摘している。

Unknown は **Table 4** の (b)~(d) のように3分類される。(b) known unknown は、問うことはできるがまだそ

**Table 3:** 35 academic fields related to Fukushima decommissioning management.

|                  |                |
|------------------|----------------|
| 1)行政学            | 19)消費者教育学      |
| 2)公益事業学          | 20)社会学         |
| 3)コミュニティー政策学     | 21)原子力学        |
| 4)プロジェクトマネジメント学  | 22)法学          |
| 5)ファイナンス学        | 23)政治学         |
| 6)経済学            | 24)人材育成学       |
| 7)財政学            | 25)労務学         |
| 8)行政学            | 26)心理学         |
| 9)公共政策学          | 27)人間学         |
| 10)広報学           | 28)多文化関係学      |
| 11)コミュニケーション学    | 29)組織学         |
| 12)リスクマネジメント学    | 30)経営          |
| 13)放射線安全管理学      | 31)経営財務学       |
| 14)医学            | 32)企業法学        |
| 15)合意形成学 (学会は無い) | 33)ナレッジマネジメント学 |
| 16)安全工学          | 34)知財学         |
| 17)マスコミュニケーション学  | 35)海洋学         |
| 18)学校教育学         |                |

**Table 4:** Unknowns.

|                |                          | 解が存在しているか否か   |   |
|----------------|--------------------------|---|---|
|                |                          | <i>Known</i><br>存在している  | <i>Unknown</i><br>存在していない   |
| 問うことができていないか否か | <i>Known</i><br>できている    | (a) <i>Known</i> knowns 「形式知」<br>論点としてあげられ、知・アイデアも存在し表現されている。     | (b) <i>Known</i> unknowns 「未解明の論点」<br>論点としてあげられているが、まだ知・アイデアが得られていない。 |
|                | <i>Unknown</i><br>できていない | (c) <i>Unknown</i> knowns 「暗黙知」<br>知・アイデアは存在しているが、それに気づき表現できていない。 | (d) <i>Unknown</i> unknowns<br>論点にもなっておらず、知・アイデアも存在しない。               |

の解を得てない状態、論点は設定されているがそれに答える知がまだ無い状態。以下では「未解明の論点」という。(c) *unknown known* は、一般に「暗黙知」と言われるもので、解は存在しているがそれを問うて表現することができていない状態、知は存在しているがそれに気づいたり表現することができていない状態。(d) *unknown unknown* は、問うことができておらず、問うたとしてもまだ解も得ていない状態、将来問うてその解を求めていく可能性のある状態、である。なお、*unknown* ではないが、(a) *known known* は、一般に「形式知」と言われ、問うことができていてその解も存在し形式言語で表現されている状態、論点が設定されていてそれに答える知も存在し表現されている状態、である。

福島廃炉における形式知等は以下の通りである。

(3-1) 形式知

利害関係者によって発言された知、諸計画、企業と労働者間の雇用契約書、広報用ビデオ、学術書、マニュアル等々である。

(3-2) 未解明の論点

利害関係者による発言のうち、「廃炉についての記録の保全」「知的財産政策」等、国会議員等が論点のみを提示し、知の提示を伴わなかったものがある。また、「信頼構築」「原子力規制行政のあり方・監視体制」等、議論を深めずマネジメントに適用するに足りる知には至っていないものもある。

マネジメントでは、こうした未解明の論点についての解(知)を得るための研究開発計画を立てたり、解の解

明を待つことができない場合不確実な解の選択肢からマネジメントに適用するものを選定しそれに伴うリスクを軽減する措置を講じたり、未解明の論点がマネジメント上の制約となることを認識して当該論点を回避しながら進めたり、それらを念頭に入れながらマネジメントを遂行していれば解のヒントに出会った際に見逃す可能性が小さくなる等、将来のマネジメントに適用する知を創造したり、現行のマネジメントにも影響することから、未解明であっても多くの論点を見出して整理しておくことがより良いマネジメントにつながる可能性を高める。

(3-3) 暗黙知

暗黙知とは、知のうち形式知ではないものである。野中(1996) [7,9-12]、梅本(2012) [13]に拠ると、形式知とは、言葉や数字と言った形式言語で表現できるものであり、表現された知であるデータ、科学方程式、手続き、原則などは伝達や共有が容易である。他方暗黙知は、人間一人ひとりの体験や主観に根ざす個人的な知識であり、信念、ものの見方、価値観、審美眼、洞察、直観、勘、理想、情念と言った無形の要素を含んでおり、特定の実際のコンテキストで創られるものであり、他人に伝達して共有することが難しい。暗黙知には二つの側面があり、技術的側面はノウハウ、技能、技巧などで、その知識の背後にある科学技術的原理をはっきり説明できないことは珍しくなく、また認知的側面はスキーマ、メンタルモデル、思い、知覚などで、無意識に属し表面に出ることはほとんどない。形式知は、「あそこあのとき」の過去の事物についての知識であり、特定のコンテキストに

束縛されない普遍的な理論を志向しており、暗黙知は、「今ここで」創られている知識である。

原子力マネジメントにおいても、論点解決に適用する知を事前に総合する過程や、総合した知をいざマネジメントに適用する時、総合する者や適用者（実施主体）の置かれた状況の中で適用者等の全人格から暗黙知が湧き出でてくる。暗黙知はマネジメント実施時等に常に湧き出で、マネジメントを行う者とその置かれた状況に依ってそれぞれの暗黙知が湧き出て結果に影響を与える。

福島廃炉では、暗黙知は形式言語で書かれている Table 1 の各文書には表現されていない。このため、暗黙知に代えて、暗黙知の要素である信念、ものの見方、価値観等を抽出してみたい。利害関係者の発言をそのままテープ起こした議事録の中から、比較的発言に自由度を持ち自分の言葉で語る立場にある政治家である福島評議会議長の発言に絞り、各回の冒頭の挨拶から信念、ものの見方、価値観等を表している発言の抽出を試みた。

初代議長は、「私個人の思いですが」「私は改めて認識をした」「自戒する」等の自分を主語とした文章や「やり切る」「愛情を持った報道」等の強い思いを表現する動詞等に、自ら福島廃炉の現状を見つめ、信念を養っている様子が見られる。また、「早くふるさとに帰れるように」「ふるさとへの帰還の遅れ」と廃炉の目的に言及した唯一の議長であり、地元の人達の境遇を念頭に入れている。こうした信念等の背景の一つとして、「就任以来一年毎週二日間被災地を訪問している」と言う体験がある。二代目議長にも似た要素が見られ、「私を感じていること」「私自身」等、また「肝に銘じて」「改めてお誓い申し上げたい」等、と発言し、「就任以来一ヵ月半分が福島入り」等の経験がある。三代、四代目議長は、先代議長時に着手済みの課題につき「国として全力で取り組んでいかなければいけない」等の発言に留まり、自分を主語とした発言や強い思いを表現する動詞等を使った発言は無い。

これらの暗黙知の要素の多寡が福島廃炉のマネジメントに与えた影響の分析は別途科学的に行われるべきであるが、初代議長から徐々にマネジメントに与えた好影響が減少していったと言う結論はあり得る。暗黙知は、福島評議会議長の全人格とともに、置かれた状況にも左右されるため、両者についての分析を行うことが公平であろう。

#### (3-4) Unknown unknowns

福島廃炉でこれまで論点になったことのない視点を著者がここで考え出して書き起こしてみるならば、例えば、「福島評議会における『放射線に関する正しい知識を普及するために女性や子供の立場に立った用語を使って欲しい』と言う地元からの繰り返しの要請に対し、福島評議会への実施主体からの出席者は毎回ほぼ 100 %

男性であり、唯一第 13 回に 1 名の女性職員がオブザーバー出席したのみであることは、地元からの要請に対する解にどのような影響を与えたか」である。この論点への解は Table 1 で調査対象とした文書には見当たらない。このため著者がこのように書き出す以前の上記論点は unknown unknown だった可能性があり、書き起こしたことで known unknown となった。

Bammer は、「現実の課題を捉えようとすると、学術領域に当てはまらない事柄から生じる巨大なギャップに邂逅するかもしれない。Unknown にアプローチするには、学術的なアプローチとその他の利害関係者によるアプローチの両方が必要であり、そうすることによって多様な unknown を理解し、扱う手法を得ることができる」としている。一般的に論点提起とともに知の提供にも比較優位のある諸分野の科学者や専門家のみならず、福島廃炉では、地元を含む利害関係者が多様な論点と知を示していることは当節の各検証に用いた福島廃炉における事例で示している通りである。既に利害関係者となっている主体を広く把握し、さらにまだ関心を持っていない主体にも福島廃炉に関心を持ってもらい、こうした多様な利害関係者が福島廃炉における unknown unknown から新規の論点を設定し解の探求を行えば、unknown unknown を known unknown に、known unknown を known known にし、マネジメントに適用できる知を創造にしていくことになる。実施主体は常に unknown unknown の存在を念頭に置き、論点を見出す努力をし、また unknown から引き起こされる不測の結果に対する対処方法を考えておく必要がある。

以上、マネジメントに適用される知は学術知のような形式知以外にも暗黙知があり、またマネジメント時に考慮しなければいけない要素としてまだ知を得ていない未解明の論点とまだ論点さえも気付いていない unknown unknowns がある。原子力システムが内包する諸課題は複雑であるが故に unknown も大きい可能性があり、常にマネジメント時には unknown の存在を認識する必要がある。

(4) マネジメントに適用する総合知のうち、統合知はどれだけの意味を持つのか

日本学術会議による知の統合の定義 (2.2 参照) は、吉川 (2010) に多くを依っている。吉川は「., 学術領域を統合する., 手法は個人の着想, アブダクションであり, 定まっておらず, 多くの場合試論的で, 結果は客観的に正当性を検証することが難しい. しかし., 決して単なる偶発ではなく, 正しい解を得る能力が習熟によって向上することは確かであり, まだ知られていないにせよ方法が存在することは間違いない」と述べている。また、日本学術会議 (2017) [14] は、そうした手法の学問体系として「知の統合学」を開発する必要があると述べ

ている。

日本学術会議は、「統合」の事例として、生物学と通信・制御工学が統合した生物模倣学と医工学、機械工学と電気工学が統合したメカトロニクスを上げている。また、「総合」の説明として、ソリューションと呼ばれる製品開発やソフトウェア開発等の異なる専門家による協業を上げており、総合は統合を生み出す豊かな源泉であるとしている。

これらから読み取れることは、統合の対象となる知は学術知であること、統合の手法はまだ確立しておらず多くの統合の試みを積み上げていくことによって開発されていくこと、統合の事例はまだ少なく、他方で総合の事例は豊富であること、である。

前項までで検証してきたように、マネジメントに適用されている知は学術知のみではない。学術機関・科学者以外の多様な利害関係者から示される知は、科学的検証を経ていない知であるものが太宗である。また、こうした学術知と非学術知からなる総合知の他にも、マネジメントの際に湧き出でてくる暗黙知もある。このように統合知は、マネジメントに適用される知のうちの、形式知である総合知のうちの、学術知のさらに一部に過ぎない。学術領域が統合されていけば、個々の学術領域から知を拾ったり、ある学術領域を対象とし忘れてしたりすることがないため、統合している方がマネジメントに適用される知は良質なものとなる。しかし、現実のマネジメントでは非学術知も適用されて有効に機能し、また統合の方法論が確立されていないことから統合知は限定的に留まっている。

福島廃炉では、当論文が対象にしている利害関係者から提示された技術以外の知では、そもそも人文社会系の学術知が提示されている事例が少なく、いわんや複数分野の人文社会系の学術知を統合した知は当論文が対象とした文献 Table 1 の範囲内では見当たらない。

福島廃炉で利害関係者から示された知を見渡すと、統合の可能性を追求する価値ある学術領域として以下を提言できるのではないかと考える。それは、利害関係者から「信頼関係がないと廃炉は進まない」、「コミュニケーションが信頼を構築する」、「信頼がないとコミュニケーションは成立しない」、「情報公開が信頼を構築する」、「情報発信だけでは信頼は構築されず合意形成プロセスを経る必要がある」等、「信頼構築」「合意形成」「コミュニケーション」「情報公開」の4つの論点が絡み合った発言が繰返しあった。こうした現場からの経験や観察を踏まえた知が繰返し出されたことを踏まえれば、信頼構築や合意形成は、行政学、コミュニケーション学、社会学、心理学、人間学、多文化関係学等の複数の学術分野の知を統合する研究によって開拓されるうる学術領域かもしれない。

(5) マネジメントに適用する知を、総合し、さらに統合を試みるのはだれか

#### (5-1) 実施主体以外の多様な主体による選択肢の提示

マネジメントの実施主体のみがマネジメントに適用する知の総合を行うと限定することも、また、学術機関・科学者のみが学術知の統合を行うと限定することも適切ではない。原子力分野はマネジメントが容易ではない課題が多いため、マネジメントに適用する総合知を実施主体による一パターンに限定することなく、多様な組織・個人がその他の選択肢を示すことがより良いマネジメントにつながりうる。また知の統合は、前節の通り統合の試みを重ねていかなければ確立できない科学的手法であるため、統合を試みる主体を増やすため科学者以外にも福島廃炉に実施主体や規制機関として携った経験者や地元の有識者等が、福島廃炉に適用すべき統合知について研究すれば、次のマネジメントに適用していく研究成果が得られ、また知の統合学の発展に貢献する機会を増やすことになる。

福島廃炉では、包括的な計画としては、実施主体である政府、機構、東京電力による中長期ロードマップ、技術戦略プラン、実施計画のみが存在し、他の主体による選択肢は示されていない。ALPS 処理水の最終処理政策や東電改革という個別の論点についても、政府の委員会による報告書の他は、少数の学術機関や科学者、有識者による論文等に留まっている。

#### (5-2) 学術機関・科学者の役割

実施主体による上記諸計画の内容の大半は技術的内容となっており、人文社会科学の学術領域はほとんど入っていない。実施主体側が人文社会科学の知の取り込みにほとんど着手していない一方で、学術機関・科学者側も人文社会科学の学術知を福島廃炉に適用させる取り組みをほとんど行っていない。

学術側では、「福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会」は36の学術団体が参加しているが、いずれも理工学系の学術団体となっている。人文社会科学系の学術団体では、日本社会学会 [15] が、福島事故前には限られた数の研究者しか原子力発電を対象に研究を行っていなかったが、事故後は原発（福島廃炉そのものではないが）に着目する研究論文が増え、組織としても関連テーマで研究セッションを開催した。また、社会学以外にも、福島での原発事故発生までは原子力分野に着目したことが無かった科学者が、事故直後にはその学術知を原子力分野に応用した論文等を発表し、原子力分野の諸課題解決のための新たな知を提示したものがあつた [16, 17]。こうした動向は前進ではあつたが、マネジメントに適用していくためには、その知は具体的な論点を対象にし、解決をもたらすに十分に多様な知を創造、総合し、実施主体に提示していく必要がある。

実施主体側では、機構に理事長ポストを始め学術専門家を配置したり、機構や政府の各種委員会等に専門家を委嘱することによって学術の知を積極的に取り入れている一方で、そうした機構の専門家のほぼ全員と政府の委員会等の委員の大半が工学系の研究者となっている。また政府から研究開発事業を受託している IRID と JAEA も技術と環境動態に関する研究開発が太宗となっており、知を取り入れる先の学術領域の広がり限定である。廃炉における課題は技術的課題のみではないため、人文社会系の学術機関・科学者、専門家も広く登用していく必要がある。

### (5-3) 国会の役割

実施主体による諸計画以外の相当程度包括的な選択肢の提示機能は、(5-2) 学術機関・科学者による他、国会にもあり得る。国会事故調 [18] は、国会に対して、規制当局や政府との関係において継続的な監視や定期的な報告を求めること及び諮問委員会を設置することを提言している。また、日本学術会議 (2014) [19] は、東日本大震災・東京電力福島第一原発事故復興過程検証委員会を国会等に設置し、人文・社会・自然の各学問分野の知見を総合的に活用して、抽出される問題を政策議題設定へとフィードバックすべきであると提言している。国会は、2013 年以来、衆議院に原子力問題調査特別委員会を設置し、福島廃炉につき原子力規制委員会、政府及び東京電力から継続的に状況を聴取し、また同委員会として専門家からなるアドバイザーボードを設置し、数回専門的意見を聴取している。こうした国会の活動は国会事故調の提言を体制面では実現している。

しかしながら、一部の議員が複数回の委員会に亘り同一の論点を取り上げ続け自ら解決案も示しつつ政府等に論点の解決を求める努力をしているものの、ほとんどの委員は状況を聴取し問題点を質すに留まっており、また委員会として一度も論点を取り纏めて提言を行ったことがない。

国会事故調及び日本学術会議の提言が求めているのは、規制当局と政府等による福島廃炉への取組み及び国会事故調が検証した福島事故の諸問題を監視し続けた結果を、アドバイザーボードや多様な学術の知見を活用することによって評価し、軌道修正が必要な論点や未着手の論点を包括的に取り纏めて提示し、規制当局及び政府等との協議を通じて実行させていくことである。規制当局、政府及び東京電力と言う大きな権力が扱う福島廃炉と言うマネジメントが容易ではない課題に対して、多分野の専門家を委嘱し、多様な国民の利害を糾合し、福島廃炉のマネジメントの他の選択肢を提言として取りまとめ、実施主体や規制当局に対応を求める協議の場や法的根拠を持つ制度を作る、そのような権限を有するのは実施主体である政府以外では国会のみである。

(6) マネジメントに適用する知は、一旦総合されると不変となるのか

### (6-1) 進化し続ける総合知・統合知

より良いマネジメントを追求し続ける限り、総合知・統合知は進化し続ける。未解明の論点を解明し新たな知とする。個人に属する暗黙知を他者と共有できる形式知として取り出す。学術知ではない知の普遍性客観性を証明し学術知としていく。統合できる学術領域を探索し続けていく。マネジメントに失敗があったならばその原因となった知を修正する等。こうした進化によって、同じ論点のマネジメントで適用できる知の質量が増大する。

### (6-2) 廃炉も含めた福島事故に起因する風評への対策についての知の変遷

福島廃炉では、論点「風評対策」を取り上げる。風評対策のための総合知は、徐々に充実していき、ある時点からほとんど平衡状態に達しているが、関係する政府の委員会はその点に気付くまでに長時間を要した。風評対策は、時間の経過の中で、前半は総合知が充実していく好例であり、後半は出来上がっている総合知が相当程度総合的であり新たな知を容易に追加できる状態ではない現状を認識できず、さらには、そこから総合知を進化させる段取りになかなか入っていかなかった事例である。以下に詳細を述べる。

### (6-3) 風評対策前半 総合知の漸進的充実

風評は、2011 年の事故当初から発生し今日まで継続している。総理が出席する原子力災害対策本部では、事故一週間後の会議にて、国土交通省が国際海運が東京湾への寄港を回避する風評の動きが出始めているため、その対策として東京等の放射線計測値を英文で定期的に発表していく旨報告している。閣僚が出席する会議で風評への対策が議題として設定され始めたのは 2013 年からである。当時の風評は、事故当初からの福島の農林水産業と観光業への風評被害に加え、顕在化し始めた汚染水流出問題を原因とする福島と近隣県の水産業への更なる風評被害であった。さらに ALPS 処理水<sup>6</sup>の将来の取扱いに付随し風評が発生し得ることを、関連する専門性を有する立場にあるトリチウム水タスクフォース（事務局は内閣府）の専門家と農林水産業の所管官庁（農林水産省）が言及し始めていた。

政府における風評対策の中心は、2013 年に発足した復興大臣が率いる「原子力災害による風評被害を含む影響への対策タスクフォース (TF)」である。同 TF は、「対策パッケージ」(2013)、次いで「風評対策強化指針」(2014)を取り纏めている。取り纏めの柱は、放射性物質の検査と公表や正確で分かり易い情報の提供と言う風評の防止と、風評被害を受けている産業への支援と言う

6. ALPS (多核種除去設備: advanced liquid processing system) を用いて高濃度汚染水から様々な放射性物質を取り除き、唯一取り除くことができないトリチウムのみを含んでいる液体のこと。

実被害への対応である。これらの柱の下に各省庁の全取組を羅列し、定期的に進捗をアップデートしている。例えば、食品中の放射性物質の検査とその結果の担当省庁ホームページでの公表、学校教育での放射線教育、東京電力等による県産品促販フェアの振興、輸入制限を行っている諸外国への働きかけ等々である。

風評のうち廃炉に起因する風評への取組については、2013年に汚染水漏洩問題が顕在化してきたため、同年以降は海洋モニタリングを強化することが掲載されている。モニタリングは、港湾内外の海水に加え、2014年に地下水バイパスが、2015年にサブドレインが稼働開始したことから、順次、バイパス、サブドレインから汲み上げた水も水質確認の対象として追加されていった。

次いで同TFが取り纏めた「風評払拭・リスクコミュニケーション強化戦略」(2017)(以下、「風評対策強化戦略」という)は、上記の各省庁の取組を羅列した対策集とは異なり、“それまでのリスクコミュニケーション対策の総点検を行った上で、有識者の意見を聴取し、専門家間で共通している最新の科的知見等を踏まえ”策定された。風評対策強化戦略は、知ってもらう(放射線に関する正しい知識の理解と誤解の払拭)、食べてもらう(農林水産物の風評払拭)、来てもらう(観光業における風評払拭)と言う三本柱の各風評への対策を実現するために、誰に、なぜ、どのような情報や物事を、どのような媒体や機会で、届けることが適切か、を分析して示した上で、取り組むべき具体的な施策を一覧して示している。

また同年(2017)、福島特別措置法が改正され、風評被害払拭への対応として、販売等の実態調査及び同調査に基づく指導等を行うことが規定され、それまでの各省による取組に加え、法律によって販売面の対策が確保された。

福島評議会では、地元参加者からは、いわき市の海水浴場や福島事故とは無関係の会津地方の観光業への風評、県外はもとより県内と地元においても風評が存在すること、風評は西日本で未だ根強いこと等、風評被害を受け対策を講じている当地人からの被害状況や要望が伝えられ、上記の各省での取組みに取り入れられるべき知となっていた。

以上に見てきた通り、事故発生以降、特に2013年から、廃炉も含めた福島事故全体に起因する風評への対策のメニューは地元からの要望、各省庁による施策、更には東京電力や地方自治体による企画が充実していき、2017年にはリスクコミュニケーションの専門家の知を取り入れた風評対策強化戦略が取り纏められ、知が総合していった。

風評対策強化戦略の評価すべき点は、風評を引き起こし得る対象集団を洗い出し、対象集団別に風評が起きる

理由を分析し、理由に応じた対応策を示していることである。福島評議会においても、相手によって状況や疑問に思っていることは異なるため相手に応じた説明の必要性や、広報用に作成したDVDが誰を対象にしたものか分かりにくいと言う指摘がなされたように、風評対策を行うためには、風評と言う課題において、誰が、なぜ、その風評と関わりがあるのか、を分析することが不可欠であり、風評対策強化戦略はそれを実施したものである。

風評対策強化戦略が示す対応策は、知ってもらうでは「食品中の放射性物質を検査し、そのデータを分かり易く継続的に発信する」、食べてもらうでは「関係省庁は連携して、福島県産品の取引を活発化させるため、販路開拓の支援を行う」「輸入規制の撤廃に向けた外交ルート等による働きかけ」、来てもらうでは「福島県への教育旅行の理解を促すため、PTAが参加する研修旅行の訪問先として同県を選択してもらうよう働きかける」と言ったもので、それらが対策を講じる対象集団別に書かれている。

注意すべきは、これらの施策内容は、風評の原因が、事故当初の放射性廃棄物の排出によるものか、廃炉中に漏洩した汚染水によるものか、下記(6-4)で論ずるこれから処分されるALPS処理水によるものか、さらにはこの先原子炉から取り出される燃料デブリ<sup>7</sup>によるものか、に左右されるものではなく、放射性物質に起因する風評がある限り実施し続けるべき施策を広範囲に示していることである。このように、風評対策強化戦略は知の総合の完成度が高いものであるため、そこからさらに総合知を進化させていくためには、論点(ここでは風評対策)を巡る状況に応じた的確な追加的な知の提示が必要となる。

#### (6-4) 風評対策後半 総合知の進化点と停滞点

さて、2013年に設置されたトリチウム水タスクフォースは、トリチウム水<sup>8</sup>の技術的な取扱いを決定するための基礎資料として、技術的な選択肢を抽出し、各選択肢につきリスク、環境影響、費用対効果等の評価を行うことを目的とする。2016年に報告書を取り纏め、「トリチウム水の取扱いを技術的観点から検討した。なお、トリチウム水の取扱いについては、風評に大きな影響を与えることから、今後の検討にあたっては、技術的な観点に加えて、風評被害などの社会的な観点等も含めて、総合的に検討を進めていただきたい」と付言している。

これを受け、5か月後にALPS小委員会(正式名は多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会、事務局は内閣府)が立ち上げられた。同委員会は、ALPS処理水の取扱いについて、上記タスクフォース報告書を踏まえつつ、風評被害など社会的な観点も含めて、総合的な検討を行うことを目的とし、2016年11月～2020年

7. 原子炉内の核燃料が溶け、冷え固まったもの。

8. ALPS処理水と同義語。

1月の3年2ヵ月で全17回の委員会と広く国民の認識と懸念を把握するための説明・公聴会1回を開催している。以下では、報告書、全議事録、及び公聴会で出された全意見と小委員会による回答から、風評に関する内容にのみフォーカスし、風評対策に関する知の総合の変遷を辿る。

風評対策強化戦略が取り纏められたのは、ALPS小委員会が発足して1年後である。第7回小委員会で、策定されたばかりの風評対策強化戦略の説明が復興庁担当者からなされ、ALPS小委員会事務局は「ALPS処理水の処分を見据えて、一般的な風評対策である風評対策強化戦略に加えて何を重点的にやっていくべきか、その必要があるのか」を議論するよう小委員会に要請をする。

これに対し、各委員は風評対策強化戦略の説明を受けた以降から委員会最終回までの間、同戦略へ言及することは一度も無かった。ただし、一名の委員が、同戦略名に言及することは無かったものの、「事故当初からのセシウム等による風評が未だ継続しており、その対策のためにでき得る限りの様々な風評対策を実施してきている。ALPS処理水の処分による風評への対策として新たな対策が出てくることはなく、これまでの対策を質的に拡充することで対応すべき」と委員会毎に繰り返し述べている。また、「リスクコミュニケーションと風評対策は区別して両方実施すべき」や「これまでの福島事故関連の風評が、関係した主体別にどのような理由で引き起こされ、各対策の効果はどうだったのかを分析し学習すべき」等の風評対策強化戦略で既に対応済みのいくつかの内容が、単発の意見として示されている。これらの意見はいずれも、時間の制約等のために委員間での議論が促されることなく言い放しとなっている。このため最終回までに、ALPS処理水の処分に伴う風評への対策は風評対策強化戦略（あるいは、これまでの対策）を拡充することで対応すべき、との意見の一致を確認することは無かった。

しかしながら、最終回において取りまとめが一任された委員長と事務局の尽力によって、最終的な報告書は各委員の発言をほとんど漏れなく捕捉した内容へと仕上がっている。以下に報告書について、知の総合の観点から、知の総合が進化した点、知の総合から漏れた点、知の総合が停滞した原因と対処方法を分析する。

#### 1) 総合知の進化 それまでの総合知へ追加された知

それまでの総合知である風評対策強化戦略の継続的実行に加えて、追加された知がある。

一つ目は、風評は起こるか否かという、同小委員会の存在意義にとっての根本的な判断であり、「全ての人々の不安が払しょくされていない状況下では、どのような形でALPS処理水の処分を行っても風評被害を生じうることは想定すべき...、海洋放出については、これまでの

説明・公聴会や海外の反応を見れば、社会的影響は特に大きくなると考えられ、同じく環境に放出する水蒸気放出を選択した場合にも相応の懸念が生じると予測されるため、社会的影響は生じると考えられる」との見解である。二つ目は、「これまでの9年間の風評被害対策からより効果のある対策を量的に拡大していくこと」、三つめは、「福島原発事故直後と異なり、ALPS処理水の処分決定から実施までに時間があるため、その間にしっかりとリスクコミュニケーションをやること」という見解である。

その他の追加された知は、トリチウム以外の核種を取り除く二次処理の実施<sup>9</sup>、処分前の拡散シミュレーションの実施、環境モニタリングの際トリチウムの測定には時間と専門性を有するとのリスクコミュニケーション等である。これらは、利害関係者の一部にとっては既知の知であるが、改めて報告書に明記したことにより読者を通じて風評防止に資する。

以上のALPS小委員会によって追加された知のうち、初めの三点はALPS処理水の処分に伴う風評への対策にとって良質な知となっている。すなわち、5つの処分方法候補のうち風評を最小限に留めるものがあるのではないかとする利害関係者全般からの漠然とした期待に終止符を打ち、さらに処分方法候補として有力な海への放出は大きな風評を引き起こすと断定する一方で、期待に応えるような新たな風評対策があるわけではないことを明確にし、早急に処分方法を決定しALPS処理水の性質と安全対策についてのリスクコミュニケーションを開始すべきことを実施主体に喚起している。

#### 2) 総合知に追加されなかった知 総合知の進化に与えたマイナス影響

次に、委員から出された意見で、明示的には報告書に掲載されなかったものが2点ある。

一つ目は、「風評を起こした側がどのような形で風評に関わったかを整理すべき」との意見である。これに対し、ALPS小委員会報告書は風評を起こす側と風評被害を被る側に対する対策の記述が混在して記載されており、風評を起こす側の全てを把握して分析したのか疑問が残る。また、風評を起こす側として、「消費者」「関係者」「地域の方々」「様々な層」「住民」「近隣諸国」「海外」「在京外交団」「外国プレス」「小売り段階」との言及があるが、かなり大括りな分類もある。風評を起こす理由別に主体を細分化して明確にし、例えば、併せて上記二つ目の追加された知の“これまで9年間の風評対策”の検証を主体別を実施すれば、効果のあった施策を主体別に示すことができたであろう。

二つ目は、「安全性の問題とは別に風評被害と言う経済的なコストの引き受けを福島県民はどのように考え

9. 事故発生からALPSが開発されるまでの処理水は、トリチウム以外の放射性物質も含んでいる。

るのかを確認すべき」との意見である。報告書には、当該意見そのものは記載されておらず、関係する内容と考えられる記述は、「政府には、本報告書での提言に加え、地元自治体や農林水産業者をはじめとした幅広い関係者の意見を丁寧に聞きながら方針を決定することを期待する」と言う箇所である。「地元自治体や農林水産業者をはじめとした幅広い関係者」と確認し、協議すべき内容は、まさしく当該委員が指摘したALPS処理水の「安全性と風評を被る分担」についてであるにもかかわらずそれが明示されておらず、また、委員から出された意見をそのまま報告書に記載しないのであれば、報告書のとりまとめを委員長に一任すると言うのは知の総合の段取りの視点からは適切とは言えず、小委員会の場でどれを委員会としての意見とするのかを議論し、決定するべきであった。

### 3) 知の総合が停滞した原因と対処方法

ALPS小委員会は、トリチウム水タスクフォースから参加していた委員以外を中心に、「ALPS処理水のタンク容量は既に限界状態にある」「タンクに保存されている水はトリチウムのみを含んでいる」と理解しながら委員会に参加し続けていたところ、2022年頃までタンク容量はあることや処分の前に二次処理をしてトリチウム以外の核種を取り除く必要があることを委員会や公聴会の流れの中で知ることとなり、各委員の中でのいくつかの前提が崩れたことによる東京電力や事務局に対する不信感の表明や真実の確認に時間を要したり、風評被害対策を集中的に議論した限られた回数の委員会においても、委員間で議論を深め、意見の一致を確認する議事進行が無かったり、一人の委員の発言の後には別の委員が別の視点から意見を述べ論点が定まらない状況が見られたりと、風評問題のみならず全体として統一した結論を得ていくのがとても困難な道を経た委員会であることが議事録から読み取れる。

上述1)の通り、一名の委員が繰り返し、目新しい風評対策は出てくることは無いと意見を述べ、この意見につき委員間で議論がなされたことはなかったと言う点については、委員間での議論が促されていれば、早い段階で、これまでの風評対策の項目は総合的であり、これを量的に拡大していくことが妥当であるとの委員会としての共通認識が得られた可能性がある。

また、ALPS小委員会は総合的な検討を行うことを目的としていたが、風評に関する検討に限っては、風評対策を担当し風評対策強化戦略を策定した「原子力災害による風評被害を含む影響への対策タスクフォース」との共同委員会あるいはその事務局である復興庁との共同事務局とすることによっても、早期に共通認識を得られた可能性がある。

(7) マネジメントに適用する知を総合し、実地で使うま

での段取りはどのようなものか

総合知をマネジメントに適用するには、マネジメント対象の課題を設定し、利害関係者を特定し、利害関係者から論点と知を引き出し、論点と知を取捨選択し優先順位付けし、unknownを解明する研究体制を計画し、こうした一連の作業を行うために、作業チームを編成し、予算を確保し、作業チームと実施主体とが異なるならば両者間で調整をし、必要に応じプレス発表をし、暗黙知を涵養するための研修計画を立てる等の段取りが必要である。

現実のマネジメントでは不可避のこうした一連の段取りがマネジメントに適用する総合知と暗黙知を含むunknownの質を左右するため、段取りがどうあるべきかは明らかにされる方が良い。当論文はマネジメントに適用する知に焦点を当てているため、知を総合し課題解決に適用するまでの一連の段取りについての考察は別途の論文において行う計画としている。

## 4. まとめと原子力マネジメントの再定義

### 4.1 原子力マネジメントの再定義

第2章で立てた原子力マネジメントの定義の仮説を、第3章での検証の結果を反映して定義し直すと以下のようになる。

「原子力分野におけるマネジメントとは、原子力システムを対象に、それが包含<sup>10</sup>する諸課題の解決のために、実施主体のみならず、受益者を含む広範な利害関係者の知を総合した知を、unknownに対する対策を最大限に講じた上で、暗黙知を湧き出だしながら、実地で使っていくことである。」

学術知及び統合知は総合知の一部であり、また、知の総合・統合を行う主体も学術機関・科学者に限定されなため、当初の定義のような学術を中心とした記述を定義とすることはもはや適当ではない。

**Fig.1**は、この再定義を図示したものである。原子力システムが包含する諸課題解決のために適用される知は形式知である総合知と暗黙知からなっていること、unknownを考慮すべきことを示し、知を提示する一連の利害関係者を可能な限り例示している。

この論文で行った検証以外の検証事項も存在する可能性はあるため、ここで示した再定義も引き続き仮説である。また、福島廃炉以外のケースでもこの再定義が当てはまるかを検証する必要がある。こうした検証を行うことによって、普遍的な定義へと近づいていく。

10. 原子力発電所のリスク評価では、津波等の外的事象に対し、発電所自身が有するリスクは「内包する」と表現するため、再定義に当たって他の文言を用いることとする。

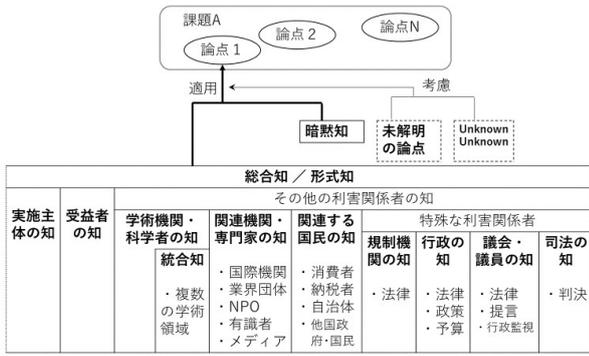


Fig. 1: Nuclear Management.

4.2 先行研究との対比

現実社会の課題を解決するために複合的な学術分野の知を用いていく取組みは、科学者によって解釈に幅はあるものの概ね、multidisciplinary (複数の学術分野の適用) から始まり、interdisciplinary (複数の学術分野間の統合)、participatory interdisciplinary [20] や transdisciplinary [21-23] (複数の学術分野間の統合に加え、学術以外の利害関係者の参画) へと発展してきた。加えて、Bammer (2010) は、現実の問題に包含されている多様な unknown を考慮にいれる必要があることを示した。しかしながら、Bammer は、unknown の一種である暗黙知を匠の技であるとの説明程度しかしていないが、野中 (2000) は、暗黙知はエネルギーやパッションだと述べている。マネジメント実施までに総合した知は形式知であり、教科書的で、静的なものである。教科書を上手く適用させていくための知が暗黙知であり、全人格から発生され、動的なものである。マネジメントと言う実践行為に適用される知としては、暗黙知の存在は必須である。さらには、野中は暗黙知と形式知の作用によるイノベーションプロセスを説いており、比較的知の所有者に着目する必要のない、財のイノベーションでの作用を主に想定しているが、原子力システムは包含する課題が複雑で利害関係者が多いため、当論文では総合の対象となる知の取りこぼしが生じないよう福島廃炉の事例では利害関係者を明らかにした。

参考文献

[1] 吉川弘之, 研究開発戦略立案の方法論, 科学技術振興機構, 2010  
 [2] IAEA, International Nuclear Management Academy, Master's Programmes in Nuclear Technology Management, IAEA, 2020  
 [3] 日本学術会議総合工学委員会, 社会的課題に立ち向かう総合工学の強化推進, 日本学術会議, 2017  
 [4] 松浦正浩, 城山英明, 鈴木達治郎, ステークホルダー分析

手法を用いたエネルギー・環境技術の導入普及の環境要因の構造化, 社会技術研究論文集, Vol. 5, pp.12-23, Mar. 2008

[5] 佐藤 浩, 濱田俊一, 社会資本整備における住民とのコミュニケーションに関するガイドブック, 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告, No.10, 2006  
 [6] 日本学術会議科学者コミュニティと知の統合委員会, 知の統合 社会のための科学に向けて, 日本学術会議, 2007  
 [7] 野中郁二郎, 竹内弘高, 知識創造企業, 東洋経済, 1996  
 [8] G.Bammer, "Disciplining Interdisciplinarity, Integration and Implementation Science for Researching Complex Real-World Problems", Australian National University, 2010  
 [9] 野中郁次郎, 知識創造企業とデザイン, Japanese Society for the Science of Design, デザイン学研究特集号, Vol.7, No.2, 2000  
 [10] I. Nonaka, R. Toyama, "The Knowledge-creating theory revisited: knowledge creation as a synthesizing process", Knowledge Management Research & Practice, Vol.1, pp.2-10, 2003  
 [11] 野中郁次郎, イノベーションの本質, 知識創造のリーダーシップ, 学術の動向, pp.60-69, 2007  
 [12] I. Nonaka, G. v. Krogh, "Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advance4ment in Organizational Knowledge Creation Theory", Organization Science, Vol.20, No.3, May-June pp.635-652, 2009  
 [13] 梅本勝博, ナレッジマネジメント: 最近の理解と動向, 情報の科学と技術, Vol.62, No.7, pp.276-280, 2012  
 [14] 日本学術会議総合工学委員会, 社会的課題に立ち向かう「総合工学」の強化推進, 日本学術会議, 2017  
 [15] 長谷川公一, 被害と苦悩の現場を直視し, 政策提言を行う社会学, 日本原子力学会誌, Vol.59, No.4, pp.29-30, 2017  
 [16] 松本三和夫, 構造災, 岩波書店, 2012  
 [17] 齋藤 誠, 原発危機の経済学, 日本評論社, 2011  
 [18] 国会事故調東京電力福島原子力発電所事故調査委員会, 報告書, 国会事故調, 2012  
 [19] 日本学術会議社会学委員会, 東日本大震災からの復興政策の改善についての提言, 日本学術会議, 2014  
 [20] L. O'Brien, M. Marzano, R. M. White, "Participatory interdisciplinarity: Towards the integration of disciplinary diversity with stakeholder engagement for new models of knowledge production", Science and Public Policy, 40, pp.51-61, 2013  
 [21] D. J. Lang, A. Wiek, M. Bergmann, M. Stauffacher, P. Martens, P. Moll, M. Swilling, C. J. Thomas, "Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges", Sustain Sci (Supplement 1), pp.25-43, 2012  
 [22] P. Brandt, A. Ernst, F. Gralla, C. Luederitz, D. J. Lang, J. Newig, F. Reinert, D. J. Abson, H. v. Wehrden, "A review of transdisciplinary research in sustainability science", Ecological Economics, 92, pp.1-15, 2013  
 [23] M. Tada, "Toward the Efforts of Environmental Science Through Dialogue and Collaboration", Environmental Science, Vol.31, No.6, pp.272-279, 2018

足立 文緒



1966年4月3日生。91年東京大学工学系研究科精密機械工学専攻修士修了。97年ハーバード大学ケネディスクール公共政策学修士修了。91～2018 経済産業省。2011～2015 国際原子力機関。

関村 直人



1986年東京大学工学系研究科博士課程修了，工学博士。日本学術振興会特別研究員，東京大学工学部講師，助教授を経て，2000年同大学工学系研究科教授。2017年より東京大学副学長を併任。システム安全，システム保全，規格・基準，品質マネジメントシステム，原子力材料・燃料，照射損傷，高経年化対策の研究に従事。

---