

令和元年6月24日現在

機関番号：82110

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H07354

研究課題名(和文)原子炉廃止措置に対する知識の顕在化

研究課題名(英文)Revealing knowledge on decommissioning

研究代表者

樽田 泰宜(TARUTA, Yasuyoshi)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・敦賀廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん・博士研究員

研究者番号：20806624

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は原子力発電所の廃止措置プロジェクトを対象として、そこで扱われる情報や知識を明らかにしようとするものである。廃止措置は世界中で行われており、2019年4月時点で156事例ある。しかし、完了例は日本では1例、世界全体で17例と多くはない。研究では、廃止措置に係わる職員が運転時の知識を活用して廃止措置業務を行っていることを明らかにした。また、知識の概念化や捉え方として言語的表現や身体的表現という視点の重要性を指摘するなどの成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では廃止措置に焦点をあててその知識を明らかにしようとしてきた。廃止措置では運転中の知識や経験も貴重な知見であり、これらの活用も必要である。そうした際に、それらが身体に依存するのか、言語としての表現が可能なのかといった視点の重要性を指摘した。原子力産業では、黎明期を支えてきた人々が退職しつつあり、知識や技術の継承課題もある。こうした点は、他の産業でも同様の傾向がある。そのとき本研究は、多様な分野の知見の統合が必要になる点を言及しつつも概念的な明示化やそれに伴うアプリケーションが解決策の一つになる点を明らかにするなどの貢献を為した。

研究成果の概要(英文)： This research focuses on a decommissioning project in case of a nuclear power plant (NPP). I tried to reveal information and knowledge at this project. Decommissioning project is carrying out 156 cases in the world. However, it has not so many completed cases which are 17 cases in the world and Japan have only one case that is "Japan Power Demonstrate Reactor".

At this research revealed that NPP staffs are utilizing their knowledge and experience of plant drive for decommissioning. Furthermore, I mentioned the importance of knowledge scope to understand and execution of the decommissioning project, which is the linguistic expression and explicit and tacit knowledge.

研究分野：知識マネジメント

キーワード：廃止措置 知識マネジメント 廃止措置マネジメント 原子力知識マネジメント

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、原子力発電所の廃止措置を対象としたものである。一般的な原子力発電所 (Nuclear Power Plant; NPP) のライフサイクルは、発電所の建設及び運転計画の立案、建設に向けた各種調整と施工、発電運転業務、廃止措置業務という4つに分割できる。廃止措置は、NPP のライフサイクルの最後を担っている。廃止措置の完了例は、日本では JPDR という原子力発電の商用化を目指した実証用の炉の事例の1例である。世界全体では17例と少ない。また、現在、世界的にも原子力の黎明期から運転されてきた炉は続々と廃止措置に入っており、156事例で廃止措置が開始されている。こうした中、NPP の廃止措置に関しては、より安全で効率的な工法やプロジェクト管理など様々な点で検討されている。

原子力の廃止措置の特徴として、汚染の拡大や作業員や公衆への被爆防止のために既存の設備を維持・管理しながら、汚染を除去する除染工事と汚染の防止対策を実施しながら解体していく点に特徴がある。また、原子炉は様々な材料が使用されており、小型から大型の機器も含めて数多く設置されている。狭隘部なども多いために人の手で解体する部分もあり、解体する順番や手順なども重要な要素である。そのため、廃止措置では解体や除染の知識や技術だけではなく、施設内の設備系統や発電運転時の知識や経験も必要とされ、全体として過去のフェーズでの活動も含めて多くの情報を扱う必要がある。また、廃止措置のプロジェクト期間は30年から60年と見積もられる超長期のプロジェクトとなる。そのため、それに従事する職員(作業員)の世代交代が発生する点は確実視されており、そのときの知識・技術・経験の継承を円滑にすることが求められる。

こうした状況においては適切に情報や知識を管理していくべきであるが、これに関して2002年に国際原子力機関 (IAEA) から原子力知識マネジメント (Nuclear Knowledge Management; NKM) という考え方が提案されている。NKM とは原子力科学の発展や組織力の強化に加えて、原子炉の開発から廃止措置の全体を対象としたノウハウのデータベース (DB) 構築とその活用を目指すものである。例えば、Faust や Liu らは現在の NKM で構築されている DB は、課題 (知りたいこと) とその回答 (専門家の振る舞い) が一対一対応している故障診断システム (エキスパートシステム) のようなものが念頭に置かれているという。また、国内での NKM 事例は、原子力の地層処分分野での DB が研究されている (大澤 2011)。一方で、新炉の建設が滞る原子力業界では実務経験者の知識・技術の喪失が問題視されており (Constant in 2007)、情報工学の活用による情報の取り込みや、人の経験も抽出し DB に体系的に組み込むといったアイデアも提案されている (Rintala 2006)。さらに教育分野でも NKM が重要であるとしていくつかの教育プログラムが実施されている。これらの点が包含されているのが NKM である。しかし、2000年代に重要な観点として提案されて以降あまり進展していないのが現状である。例えば、Kanke はそもそも問題として NKM の定義が十分ではない点に問題があると指摘しており、メタサイエンスという俯瞰的な視点で再定義または再構築することを提案している (Kanke 2016)。

原子力は総合科学であり、国内外を問わずに多くの知見を適切に利用して研究開発を進めていくことが必要であるが、単に DB を整備・拡充するだけでは不十分である。膨大な情報を扱うためには情報科学の知見も盛り込むことはもちろんのこと、超長期間における技術等の発展・進展や状況の将来予測を十分に行うことなども大切である。しかし、枝葉末節までのすべての情報を残すことは現実的には、コストやモチベーションの面で困難である。例えば、継続的に繰り返し利用される知識や技術は重要であり、保存へのモチベーションも高くなるが、一度しか利用または発生しないものは重要度や優先順位が低下する恐れがある。一方、背景や当時の状況から切り出された情報は個別の状況しか対応できずに汎用性が乏しくなったり、時代状況にそぐわなくなったりする可能性もある。また、再利用されない知識をどのような位置づけで扱うのかも検討すべきである。ジャンクデータは、検索性や DB の維持管理上の阻害要因となり得る。

他方、研究の動機としても原子力業界で NKM を掲げるからには、知識マネジメント (KM) の本質を追求することも学術的観点からは重要である。そのとき KM の本質は単なる情報の「管理」ではなく、如何にして知識を活用し、創造するのかといった理論および実学的な側面と、哲学的な知の追求も内包するからである。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究では、近年、急速に実例が増えている廃止措置を対象とする。廃止措置では単に施設を解体するだけでなく、そのためには過去の情報 (例えば、プラントの運転時の情報) を利用したり、懸念される世代交代をうまくクリアしたりと原子炉解体のために多くの課題もある。これらは、過去の知見を活用して、その都度直面する課題に対して創造的に遂行し、超長期間プロジェクトのために情報や知識・技術の伝達課題も解決していかないといけない。このように考えると、情報管理と知識・技術の創造が必要となる研究事例であり、NKM が重要な方法の一つになってくる。一方で、廃止措置は完了事例も少ないため今後も継続した研究開発が必要な分野であり、社会的にも影響の大きなプロジェクトをマネジメントすることは学術的にも社会的にも意義深いものである。そのような状況下に於いて、本研究では大きな (背景的) 課題に対するアプローチとして、まずは原子力の廃止措置分野という若い領域における情報や知識に着目し、その構造や特徴を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

研究方法として社会科学視点を立ち、探索的に研究を行う。そのための方法として、社会調査や事例分析を中心に研究を行う。特に事例として、国内で3例目の廃止措置の取り組みである日本原子力研究開発機構（JAEA）が有する新型転換炉原型炉ふげん（以下「ふげん」）を対象とする。「ふげん」は国内初の大型水炉の廃止措置事例である。なお、原子力分野で情報セキュリティのために情報収集が困難な側面があるが、本研究者がJAEAに所属しておりこの課題にクリアできる点と「ふげん」は事故炉ではないため、特異な事象ではなく廃止措置事例から得られた成果を汎化しやすいと考えたからである。

### 4. 研究成果

研究成果の主な内容として特に次の2点を示す。1点目は、長期間のプロジェクトでの情報・知識の伝達の際の知識の構造化のための理論的側面に焦点を当てて、対象となる知識の定義を提案するものである。2点目は、ウェブアプリケーションを活用した情報や知識の顕在化として解体技術の可視化である。

1点目の成果の背景として原子力分野だけでなく、産業全般的な課題には、知識だけでなくエキスパートからビギナーへの技術・技の継承がある。継承に於いて、対象となる知識や技術を明示的に示すことは当事者間のコミュニケーションや意思伝達にも関連する。例えば、対象となる知識や技術の概念は、言葉で表すことができない暗黙知と言語化可能な形式知といったある意味で一次元的な表現が用いられていた。しかし、このような単純な2極化では、単に言語化されていないものを暗黙知と表現するなど定義や認識の齟齬が発生する。これは、境界領域の定義の曖昧性によるものである。そこで、研究では、曖昧な部分を排除し“可能・不可能”、“できる・できない”と二元的に捉えなおした。暗黙知の原義ではポランニーも暗黙知を言語化できない知識であるとしているためである（Polanyi 1962）。「言語化していない知識」は、「言語化できない知識」とは異なり、単に外に表現・表出されていないだけである（大西 2007）。それらは暗黙知ではなく言語化・表出化・表現化されていない形式知である。そこで、言語化と表現化という二つの要素に対して可能・不可能の軸で知識・技術・技能の構成を二次元平面の直交座標で捉え直し、整理と構造化を行った（図1）。ただし、形式知の背後には多くの暗黙知があり暗黙知と形式知は対立するものではない。相互補完的な関係にある。

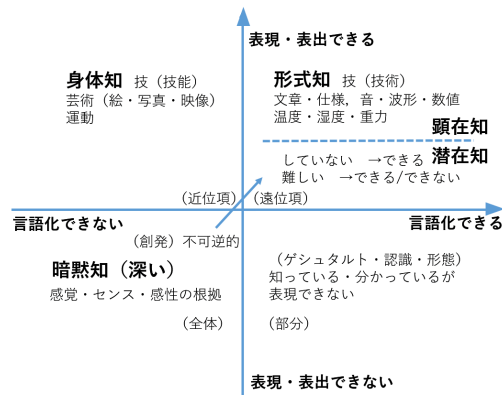


図1 知の表現モデル

簡略化して説明すると、「表現・表出できるもの・できないもの」と「言語化できるもの・できないもの」の2軸で考えて各象限にそれぞれ対象となる知を布置するものである。第一象限は言語化でき、且つ表現できるものであり、形式知や潜在知が付置される。形式知は、文章、数値、波形などであらゆる形式で表現でき、言語化・文章化できるものが対象である。技術もここに付置される。潜在知とは、言語化や表現化・表出化していない知識のことを指す用語として新しく定義した。第二象限は身体知や技でも技能が対象である。芸術や運動と言った身体的な知識や認知能力を使用するものが付置される。ポランニーのいう暗黙知は、自転車の乗り方など身体的な知識に着目していた。第三象限は、言語化も表出化もできない「深い」暗黙知と呼ぶべきものが付置される。人の感覚やセンス、感性の根拠、価値判断も含む。例えば、五感に関するものは数値化できるが、それを人がおいしいとか、美しい、いい匂い、赤色に見えるなどそのように感じる根拠は相対的には語るができるかもしれないが、指標となる軸はその個人が独自に持っており表出化ができないものである。第四象限は、形態とも呼ぶべき認知に関するものが付置されると考えられる。通常、逐行的言語のように言語化ができれば表現や表出化は可能であると考えられるが、逆の事例を見つけることはできない。しかし、人の顔の認知やその判断など知っている・分かっているが表現できないものがあると考えられる。我々は部分を認識したり理解したり表現することはできる。目や鼻や口の位置である。しかし、全体としてそれを認識し、人間の顔、男性、女性、個人を識別するという判断の結果と根拠は、表現できなくなり、深い暗黙知へと移行すると考えられる。これは、全体は単なる部分の寄せ集めではなくそれ以上であるという創発に関する説明とも関係する。

2点目の成果は、NPPの解体で用いられる多様な技術を構造化して可視化または顕在化する研究である。本研究では、情報可視化手法の一種であるイーグルサーチ(ES)というアプリケーション(Oleg 2002)を応用し、廃止措置情報・技術を可視化した。ESとは、作成者が用意した任意のデータ構造を、利用者は俯瞰視しながら、必要な情報を選択してアクセスするというウェブアプリケーションの一種である。利用者が選択可能な分類タブとそれに関連付けられたDBで構成されるものである。利用者が複数選択可能なタブボタンを選択すると、瞬時に該当するDBが同時に教示され、それに該当しないデータはグレイアウトし該当しない点を明示的に表すという特徴がある。本研究に於いてまずは、廃止措置の技術に着目した。例えば、原子炉は複雑な形状と構造物からなるため、多様な技術の活用や新規開発した技術を用いて徐々に解体されていく。本研究の一つの例として、簡便に情報にアクセスできる手法として、廃止措置技術の体系化の一つである日本原子力学会標準(日本原子力学会 2014)の分類指針を参考にした。例えば、ESでは、大分類に「機械的切断」「熱的切断」などを用意し、その下位概念には該当する切断工法を対象とし、タブとして表示した(図2)。

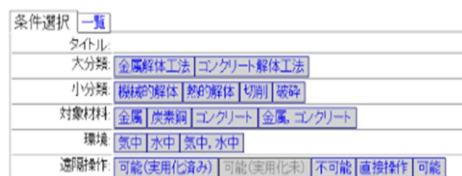


図2 解体技術の分類とESでの可視化

それらは、各工法の特徴や得意とする対象技術とリンクされている(図3)。

条件選択	一覧	
データ番号	タイトル	大分類
1	ダイヤモンドワイヤーソー	金属解
2	機械研削ソー(レンゾプロソー/ハンドソー)	金属解
3	ディスクカッタ(ソー)	金属解
4	動力式ニブラ及びせん断機	金属解
5	サーキュラーカッタ	金属解
6	フライス切断/サイドカッタ/エンドミル切断	金属解
7	成形機業切断	金属解
8	アブレイシブウォータージェット切断	金属解
9	アブレイシブ切断機	金属解
10	プラズマアーク切断	金属解
11	TIG切断, MEG切断, 溶極式ウォータージェット切断	金属解
12	酸素ガス切断	金属解
13	テルミット反応ランシ(酸素種)	金属解
14	酸素カソリノーチ	金属解
15	パウダーガス切断	金属解
16	金属研削切断(MDM)	金属解
17	放電加工切断(EDM)	金属解
18	アークソー切断	金属解
19	ガウジング+ガス切断	金属解
20	レーザー切断	金属解

34件中 1 - 20 番目を表示

図3 対象技術一覧

本研究のメリットはキーワード検索と異なる点にあり、検索者が知りたい対象を表す適切な用語や技術内容を知らなくても、必要とする条件や環境に対応する情報にした自らが知りたい情報にインタラクティブにアクセスできる点である。また、一覧表示から対象技術を表す用語や具体的な技術内容にもアクセスできる。これは、利用者の不完全な断片的知識からでも自らが必要とする領域にカテゴリ化され絞り込まれたデータにアクセスできるようになることでもある。

これまで廃止措置分野においては技術的な側面に傾注されがちであったが、社会学的な視点で解釈的に扱う知識や情報を明示化および顕在化した点に特徴がある。また、たとえ大規模なDBに頼らなくてもESのようなインタラクティブなシステムでも工夫次第で技術を俯瞰することができ、実務的には有用であると考えられる。また、同研究成果は2018年度研究会優秀賞を受賞するなど学協会からの評価も得られており、社会的なインパクトも大きいと判断できる。

一方で、本研究で示した点は基礎学的な部分もあり、今後、さらに実務的な側面での研究も必要である。知の構造においても各象限の定義から導出される具体的な知識や情報を列挙したり、例外や類型の分析をしたりする必要もある。また、ESでは、さらに情報を増やしていくと煩雑化してしまい必要な情報にたどりつきにくくなるという側面もある。廃止措置では多くのデータや情報を扱う必要があるために、そうした状況にも対応できるようにESをチューニングしたり新しい方法を検討したりするなど、さらなる発展が必要である。

#### 参考文献一覧

Constantin, M., Ghitescu, P, 2007, Nuclear knowledge management, Energia Nucleara, 19, 1-2, 17-20

日本原子力学会, 2014, 原子力施設の廃止措置の実施, 日本原子力学会標準

大西幹弘, 2007, "暗黙知とは何か(1)", 日本ナレッジ・マネジメント学会東海部会季報, 3, 1-7  
大澤英昭, 2011, 安全性の論理構造を用いた地層処分分野の知識マネジメント手法の構築, 日本情報経営学会誌, 31, 2, 66-78

Polanyi, M., 1962, Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy, University of Chicago Press

Rintala, N., Kuronen, T., 2006, How to share tacit nuclear knowledge?, International Journal of Nuclear Knowledge Management, 2, 2, 121-133

Ryabov, O., Imamura, S., et al, 2002, DB Navigation by an Eagle View User Interface, 精密工学会学術講演会講演論文集

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

樽田泰宜, 井口幸弘, 北村高一, 手塚将志, 香田有哉, Eagle Search を利用した廃止措置情報可視化の取り組み, SIG-KST, 35, 1, 1-6, 2018, (査読無)(人工知能学会2018年度研究会優秀賞受賞)

樽田泰宜, 知識・技術・技能の伝承支援に関する考察-伝承に関するフレームとその議論-, SIG-KST, 34, 4, 1-6, 2018, (査読無)

Yasuyoshi Taruta, Satoshi Yanagihara, Yukihiro Iguchi, Koichi Kitamura, Masashi Tezuka, Yuya Kouda, Research concept of decommissioning knowledge management for the Fugen NPP, 26th International Conference on Nuclear Engineering, ASME, 1-6, 2018, (査読有)

樽田泰宜, 柳原敏, 井口幸弘, 北村高一, 手塚将志, 香田有哉, 原子力分野における知識マネジメントの適応, 知識共創, 8, 2-1- 2-11, 2018, (査読有)

手塚将志, 樽田泰宜, 香田有哉, 「ふげん」における知識マネジメントシステム構築に向けた取り組み, デコミッションング技報, 56, 46-54, 2017, (査読無)

樽田泰宜, 溝口理一郎, 柳原敏, 井口幸弘, 手塚将志, 北村高一, 香田有哉, 新型転換炉ふげんにおける知の継承と体系化に対するオントロジーの活用, SIG-KST, 31, 2, 1-6, 2017, (査読無)

〔学会発表〕(計 10 件)

樽田泰宜, 趙功, 小林重人, 橋本敬, 廃止措置中の原子力発電所の職員へ心理社会的調査, 日本原子力学会2019年春の年会, 2019

Yasuyoshi Taruta, Yukihiro Iguchi, Satoshi Yanagihara, Evaluation of VR software as a knowledge management for the decommissioning of nuclear Facilities, International Workshop on Application of Advanced Plant Information Systems for Nuclear Decommissioning and Life-cycle Management, Lillehammer, Norway, 2018

樽田泰宜, 知識・技術・技能の伝承に向けた基礎理解と知識マネジメント, 第7回 YGN 若手勉強会, 原子力プラント建設の技術継承, 2018

樽田泰宜, 柳原敏, 井口幸弘, 北村高一, 手塚将志, 香田有哉, 「ふげん」廃止措置に関する知識等の現状分析, 日本原子力学会2018年春の年会, 2018

樽田泰宜, 柳原敏, 原子力知識マネジメントの構造依存性とその認識, 日本原子力学会第13回関西支部若手研究発表会, 2017

〔図書〕(計 0 件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

なし

取得状況(計 0 件)

なし

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。