

シンポジウム「核燃料サイクル・バックエンドの科学—その研究教育の在り方—」と故安俊弘教授の足跡

中山真一*1 奥村雅彦*1 長崎晋也*2 榎田洋一*3 梅木博之*4 高瀬博康*5 川崎大介*6
長谷川秀一*7 古田一雄*7

平成 28 年 6 月 25 日に東京大学にて、核燃料サイクル・バックエンドに関する研究を支えるためのシンポジウム「核燃料サイクル・バックエンドの科学—その研究教育の在り方—」が開催された。限られた参加者による限られた時間内のシンポジウムであったが、この分野に身を置いてきた参加者による関連な意見交換がなされ、今後の議論につながる意見を共有できた。このシンポジウムの内容を報告するとともに、本シンポジウムの企画者のひとりであり、シンポジウム直前に亡くなられたカリフォルニア大学バークレー校の安俊弘 (Joonhong Ahn) 教授に対する追悼の意を表し、本紙面を借りてその功績を紹介する。

Keywords: 核燃料サイクル, バックエンド, 科学, 教育, 故安俊弘教授追悼

A symposium “Science of nuclear fuel cycle and backend – Research and education –” was held at the University of Tokyo in June 25, 2016. This aimed at developing the research on nuclear fuel cycle and backend. The time and the number of participants of the symposium were limited, but the active discussion was conducted, and the common perception for the future was shared among the experienced participants in those fields. This paper provides the discussions made in the symposium, and also, as a memory to Professor Ahn, the University of California, Berkeley, his prominent achievements in academic research and education.

Keywords: nuclear fuel cycle, backend, science, education, memory of Prof. J. Ahn

1 はじめに

本年 (2016 年) 6 月 25 日、もと東京大学工学部原子力工学科 (1993 年 4 月からシステム量子工学科, 2000 年 4 月からシステム創成学科, 2005 年 4 月に大学院に原子力国際専攻発足) の本拠地であった浅野キャンパス 12 号館の 2 階 221 会議室で、約 40 名の参加者を集め「核燃料サイクル・バックエンドの科学—その研究教育の在り方—」と題するシンポジウムが開催された。大学関係者—故安俊弘・カリフォルニア大学バークレー校 (University of California, Berkeley, 以下「UCB」) 教授、鈴木篤之・東京大学名誉教授、長谷川秀一・東京大学教授—の企画による本シンポジウムは、大学や研究所における研究教育の役割の重要性、とくに若手研究者の育成・教育の在り方について議論することを目的としたものであり、東京電力福島第一原子力発電所事故 (以下「1F 事故」) への対応の経験を踏まえた意見、海外での研究・教育の経験を踏まえた意見、そして放

射性廃棄物処分に関して自然科学と社会科学の双方に亘っての研究教育の方向性が論じられた。

本シンポジウムに関しては日本原子力学会誌本年 10 月号に「会議報告」[1]として報告された。また、会議録の形式でも現在取りまとめが進められており、準備が整い次第出版されることになっている。会議録には、当日公開されたすべての発表資料と発言が掲載される予定であるが、この報告では、一部重複するものの、シンポジウムの趣旨や経緯に加え、各パネルセッションの座長による討論のまとめを掲載する。

また、本シンポジウムの企画者のひとりであり、日米において原子力の研究および教育に多大の貢献をされた UCB の安俊弘 (Joonhong Ahn) 教授は、本シンポジウム開催の直前 57 歳の若さで亡くなられた。安教授は、本誌『原子力バックエンド研究』創刊にも尽力されたメンバーのひとりでもあり、この紙面を借りてその功績を紹介する。併せて、バークレー校で開かれた追悼式の模様にも触れる。

2 開催趣旨

企画者から事前にアナウンスされた本シンポジウムの開催趣旨は以下の通りである。

～ 原子力への社会的理解がいつそう進み、増大するグローバル・エネルギー需要と深刻化する地球温暖化問題の解決に向け、その利用が長期的に貢献していくことが期待されています。

そのような社会的理解の促進には、核燃料サイクル・バックエンド分野の課題が横たわっております。

核燃料サイクル・バックエンド分野に特有な元素のひとつに Tc があります。Tc は、その名の通り、人工的に作られた最初の元素であり、イタリアの物理学者エミリオ・セグレが、アーネスト・ローレンスに依頼して、カリフォルニア・バークレーのサイクロトロンで原子番号 42 の Mo に重陽子を照射して得た試料から発見されたものと伝えられています。照射されたのは今からちょうど 80 年前の 1936

Symposium on “Science of nuclear fuel cycle and backend – Research and education –” with a memory of Professor Joonhong Ahn, the University of California Berkeley, by Shinichi NAKAYAMA (nakayama.shinichi@jaea.go.jp), Masahiko OKUMURA, Shinya NAGASAKI, Yoichi ENOKIDA, Hiroyuki UMEKI, Hiroyasu TAKASE, Daisuke KAWASAKI, Shuichi HASEGAWA, Kazuo FURUTA

- *1 日本原子力研究開発機構
Japan Atomic Energy Agency
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字舟石川 765-1
- *2 マクマスター大学
McMaster University
1280 Main Street West, Hamilton, Ontario, L8S 4L8, Canada
- *3 名古屋大学
Nagoya University
〒464-8601 名古屋市中千種区不老町
- *4 原子力発電環境整備機構
Nuclear Waste Management Organization of Japan
〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル
- *5 株式会社 QJ サイエンス
QJ Science Ltd.
〒220-0012 神奈川県横浜市 西区みなとみらい 2-3-1 クイーンズタワーA
- *6 福井大学
University of Fukui
〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1
- *7 東京大学
The University of Tokyo
〒113-8654 東京都文京区本郷 7-3-1

年のことです。

半減期が約 20 万年の Tc-99 は、高レベル廃棄物処分の長期的安全特性評価の観点から重要な核種の一つである一方、半減期が約 6 時間の Tc-99m は、核医学上欠かせないトレーサのひとつとして活用されており。

Tc ばかりでなく Pu 発見の地でもあるバークレーのカルフォルニア大学と東京大学は、核燃料サイクル・バックエンド、とくに高レベル廃棄物処分の科学分野で長い繋がりがああります。これは、高レベル廃棄物処分の科学こそが将来の原子力技術にとって鍵となることを予見していた、トーマス・ピグフォード先生と清瀬量平先生の親密な関係に負うところがすくなくありません。

福島第一発電所事故を踏まえつつ、原子力の国際的利用拡大が今後の世界のエネルギー問題の解決に真に役立つかどうか問われている今日、Tc 発見 80 周年を機に、今後の核燃料サイクル・バックエンドの方向性、とくに若手研究者の育成・教育の在り方について、あらためて議論することはまことに時宜を得たものと考え、本シンポジウムを企画しました。多くの方々のご参加を期待しています。

平成 28 年 5 月 11 日

安俊弘・鈴木篤之・長谷川秀一 ～

3 プログラム

シンポジウムは以下の 3 つのセッションから構成された。それぞれのセッションでは 3 名もしくはそれ以上のパネリストが意見を述べ、そのセッションの座長が取りまとめ、そして最後に全体のラップアップを行うという形式で進められた。

セッション 1：1F 事故の反省と教訓、今後の課題への取り組み

パネリスト：松本三和夫（東京大学）、土宏之（清水建設）、中山真一（日本原子力研究開発機構（以下、「JAEA」）、榎田洋一（座長 名古屋大学）

原子力安全の欠陥や弱点が露呈した事故について、主として核燃料サイクル安全の観点から、その反省と教訓を議論した上、今後の課題、とくに大学での研究教育面からの取り組みに関し討論；例、何故、JCO 事故の教訓が生かされなかったか？

セッション 2：海外での研究経験、今後の展開への期待

パネリスト：村上治子（米ローレンスバークレー研究所（以下「LBNL」）、川崎大介（福井大学）、奥村雅彦（JAEA）、長崎晋也（座長 マクマスター大学）

核燃料サイクル・バックエンド分野において海外での研究経験を有するパネリストにそれぞれの体験談を語ってもらったうえ、今後さらなる発展を促すための方策や可能性について討論；例、海外を経験してはじめて気が付くことは何か？

セッション 3：放射性廃棄物処分の自然科学と社会科学、今後の研究教育の方向性

パネリスト：寿楽浩太（東京電機大学）、木村浩（パブリッ

ク・アウトリーチ）、佐々木泰（日本原燃株式会社）、新堀雄一（東北大学）、本田明（JAEA）、梅木博之（座長 原子力発電環境整備機構）

1F 事故以降、放射性廃棄物処分の必要性がいっそう増大しつつあり、そのための科学的取り組みの現状と今後の課題を議論した上、大学における研究教育の将来の方向性について討論；例、フィンランドと日本の違いは？知識マネジメント学？

ラップアップ：高瀬博康（株式会社 QJ サイエンス）

4 シンポジウムにおける議論

セッション座長にまとめていただいた各セッションにおける議論、および高瀬氏によるシンポジウム全般に亘るラップアップは以下の通り。

4.1 セッション 1：1F 事故の反省と教訓、今後の課題への取り組み

まず、原子力安全の欠陥や弱点が露呈したこれまでの 1F 事故を含む原子力事故を例に、核燃料サイクル安全の観点から、その「反省」と「教訓」をパネラー主導で議論し、研究教育面からの取り組みに関し討論する際の一助とした旨の説明が座長より提案され、了解された。その後、4 名のパネラーより以下のような話題提供と討論が行われた。

榎田：1F 事故後の燃料サイクル安全規制の変化への対応として、所属する大学内で燃料サイクル安全の専門家で討論した結果が報告された。この中で、燃料サイクル施設の建設機会はますます僅少であり、技術基盤は失われつつあるので、逆説的ではあるが、従来型の基盤教育が依然として最重要であり、1F 事故の反省から「極端な最悪を想定して安心している」現実の安全規制から離れて、深層防護に関してリスクプロファイル分析、リスク情報活用による意思決定が技術的にではなく思想的に理解できる高等教育提供が必要であること、専門技術ではなく、基盤教養の獲得教育に期待すること、先例に学べないため、個別基準でなく、原理原則を教育すべきであることの見解表明がなされた。また、リスク情報を活用する意思決定の方法論について質疑応答があった。

松本：日本原子力学会誌 2016 年 4 月号 2-3 頁に掲載されている時論「構造災」[2]の内容を中心に、社会学の立場から、不確実性を抱え込む社会現象を手っ取り早くわかったことにしない観点から原子力安全に接近するためのチェックポイントとして、「他人事にしない」、「あと知恵を避ける」の 2 項目が重要であるとの主張がなされた。さらに、安全に係る制度設計の責任を問うしくみの必要性和、無限責任を有限化する必要性についての考察も紹介された。また、原子力発電に関するステークホルダー（利害関係者）と立地点の当事者の間のコミュニケーションの実績評価のあり方に関して質疑応答があった。

土：国内外で所属した多様な組織での燃料サイクル安全に係る経験と重要な事例、ならびに、これらに基づく系統的項目整理がまず紹介され、引き続いて今後の安全研究や教育において執るべき戦略の具体例が提示された。1F 事故

以降、原子力産業界は、産業としても構造変化を経験しつつあり、投入資源の選択と集中を実践しながらも、若者を引きつける魅力が必要であり、土木工学における「黒部の太陽」に相当するアイコンがあるとよいと示唆があった。

質疑応答では 1F に係る廃止措置や環境修復に係る情報の提供方法に関して多面的な討論があり、専門家と非専門家の間の情報の非対称性に加えて、情報開示と開示情報の背景に係る利害関係者による透明性の確認方法の重要性について意見が提出された。

中山：1F 事故後のサイト周辺や福島県内の放射性物質による環境汚染や環境修復の最新の現状に係る総合的な報告が行われた後、JAEA が進めた環境修復に係る技術適用および社会的課題に関して懸案の報告と問題提起がなされ、今後重要な研究開発や教育に係る提案があった。1F 事故後の環境修復は、重大事故に対する社会的備えも、技術的対応も後追いとなっていた点を反省すべきであること、法令整備はもとより、過去の知識経験の体系化や類似技術への適用性も現場での実際の適用の水準から考えると不十分であり、さらなる体系化検討や適用可能技術の準備が必要であることが強調された。さらに、高等教育について、従前の原子力工学のみでは不足する点が指摘され、一例として災害学も取り込むべきとのことであった。

これらのパネラーによる話題提供に続いて、会場出席者との間で以下のような総合討論が行われた。なお、このセッションのパネラーは、安先生と公私ともに親しい知己であり、会場出席者が参加した討論とともに、急逝した安先生にセッションを捧げることを共通の合意とした。

まず、利害関係者間で保有する安全情報の非対称性、汚染や除染に係る現状情報の透明性を有する開示について現行の改善を望む討論があり、一方で、事故直後の情報の信頼度向上に注文をつける意見も提出された。さらに討議を続けた結果、利害関係者間の情報共有に関して、不確実性の扱い方や信頼性構築に依然として難しさが存在するとの指摘があり、セッション 3 でも継続して検討することとした。

討論内容を俯瞰すると、個別の事故事例に燃料サイクル安全の本質を学ぶとともに、安先生が先頭に立って提案し、実践してきた安全研究や原子力エネルギー利用技術の総体と社会の関係について、蒔かれた種から出た芽をさらに育み、先導的な体系としての燃料サイクル安全に係る教育と研究を専門分野の内外において、それぞれのアプローチで真摯にかつ地道に進展させる重要性が強調されたものと理解した。

4.2 セッション 2：海外での研究経験、今後の展開への期待

このセッションは、海外での研究経験を有する村上治子、川崎大介、奥村雅彦各氏をパネラーとして迎え、長崎が座長を務めた。村上氏は UCB 原子力専攻で修士号および博士号取得、現在は LBNL の研究員、川崎氏は国内の大学院修士課程で原子力を学んだ後渡米、安先生の下で博士号を取得、奥村氏は研究員として、JAEA-LBNL 協力研究協定に基づき、パシフィックノースウェスト国立研究所および

安先生の下で各半年間ずつの研究生活を経た。

まず、座長よりセッションの趣旨として、日本への参考となりえる具体的な海外事例を考え、国際協力・国際共同における「国際」という言葉が元来持つ意味に立ち戻って議論することで、今後のバックエンド分野の研究教育のあり方を考える際の一助としたい旨の説明がなされた。

その後、座長ならびに 3 名のパネラーより以下のような話題提供がなされた。

座長：英国の EU 離脱という国民投票結果を例に、協力あるいは共同である以上、WIN-WIN であることが重要である旨述べられるとともに、昨年のノーベル化学賞発表時の日本の反応や、JOC 問題よりも舛添問題を重要視する社会に見るリテラシーの問題、日本企業による日本人以外の学生の採用の可能性などについて話題提供がなされた。

村上：前半は、最近のアメリカの研究で主流となりつつある「チームサイエンス」について、地球温暖化に関連しての永久凍土に関するプロジェクトと、LBNL と JAEA が連携して実施している福島復興に関するプロジェクトが紹介された。後半では、異なった分野間での技術移転や技術交流、特に「ホットフィールド」とされる分野からの技術移転の重要性が指摘されるとともに、それを可能とする大学教育の体制についての紹介が行われた。

川崎：畠中キャンベラジャパン社長との会話を通してわかったグローバルに活躍できる人材、学際的に活躍できる人材とは、自分の意見を整理することができ、自分の意見を持ち、その意見を論理的に説明できる人であることが、パネラー自身が受けた日米での学校教育の経験とも関連付けて紹介された。また、アメリカで行われている体系的な講義、実践的なティーチングアシスタント (TA) や副専攻というシステムなどが次世代育成という観点で重要であることも紹介された。

奥村：超電導などの物性物理の研究から、1F 事故を受けて現在の研究分野へと転身した理由・モチベーションがまず説明された。その後、村上氏や川崎氏とは異なって、短期留学という経験を通してこそ見える日米の研究環境の違いや類似点などが紹介された。最後に 1F 事故を福島のダメージとは何かから再定義すべく、哲学など異分野からの参加も受けた研究会を開催する等の安先生の精力的な活動を通して人材育成に関する考察が述べられた。

これらの話題提供を受けて会場とパネラーとの間で以下のような討論が行われた。ここでは若干例のみを記す。

学際的な分野で活躍できる人の特質と、国際的に活躍できる人の特質には、どのような共通点はあるのか、チームサイエンスが必要となるプロジェクトはトップダウンなのかボトムアップなのかという質問があった。前者はコミュニケーション能力が優れていることではないかということ、後者はアメリカでもトップダウン主流であること等が議論された。

また、国際協力や異分野交流では、文化の違いや分野の壁を乗り越えていくことが重要だが、放射性廃棄物処分の分野は他の分野から見てどのような違いがあるかという質問が寄せられた。これに対しては、専門性が重要という点はどの分野でも同じであるが、とくに廃棄物処分の分野で

は、社会との関わりという視点を多くの研究者が考えている一方で、体系的な学問・知識・スキルという観点では処分の分野は途上にあるのではないかと、という議論が行われた。また、体系的な教育に関連して、学生の視野を広げることと体系的な教育を実施することのバランスについても、日米の違いや、日米加での違いなどから議論が行われ、たとえば体系化済みの数学教育ひとつをとっても国ごとに違いがあり、そういう違いを相互に理解しあうことが国際間あるいは学問領域間でのコミュニケーションで重要であることが指摘された。

さらに、チームサイエンスやホットフィールドというキーワードが提示された中で、より効果的な学際的協力を実際に実現するための方法論についても質問があった。日本や米加での経験に基づく議論から、プロジェクトの成功にはリーダーシップを取れる人の存在が重要であること、またリーダーとその分野のスペシャリストとは必ずしも同一人物ではないことなどが指摘された。一方で、チームサイエンス自体アメリカでも始まったばかりであることや、リーダーシップ育成も大きな教育課題であることも指摘された。

このセッションのパネラーの3人は全員、安先生の薫陶を受けた次世代をリードする若手研究者であり、海外での教育・研究の経験を有する方々であった。そして、それぞれの発表で取り上げられた話題の中でも、安先生から強い影響を受けた話題も多かった。彼らと会場との議論を通して、将来の日本におけるバックエンドの研究教育のあり方についての有意義な議論が行われた。また、次世代を支える若い技術者・研究者の育成は大学教員の重要な責務のひとつであることは言を俟たない。安先生が立派にその責務を果たされてきたこと、そしてその思いが次世代にもきちんと受け継がれていることもはっきりと示されたセッションであった。

4.3 セッション3: 放射性廃棄物処分の自然科学と社会科学、今後の研究教育の方向性

このセッションでは、社会科学あるいは自然科学・工学の観点から、大学やNPO法人、放射性廃棄物管理機関、研究開発機関という立場で係りのある諸氏によるパネルが構成され、座長は梅木が務めた。

座長からは、留意すべき点として、①地球温暖化や人口増加といった世界規模の課題など変化する境界条件に柔軟に対応するため、核燃料サイクルのなかで処分を含む放射性廃棄物対策を明確に位置づけ、予見性を持って技術的、社会的課題に取り組むための全体論的アプローチの必要性、②学際性や世代を超えたプロジェクト継続期間や超長期間の安全確保といった処分の特徴と、その社会的受容にとって鍵となるステークホルダーとの対話の重要性が挙げられ、これらを踏まえて、スペシャリストとジェネラリストの育成、教育の場と仕組みの確保、知識マネジメントの敷衍など、廃棄物処分に取り組むための人材育成の課題が示された。

社会科学的立場から、寿楽は原子力利用と放射性廃棄物処分を進めることに対する社会情勢による難しさに言及し、

それを深く洞察し民主主義社会の市民的価値を認めることのできる、社会リテラシーを備えた人材が不可欠であるとした。社会リテラシーとは社会を操作するための道具ではなく、市民的価値を尊重しつつ処分を進めるための社会的意義や考え方を語り続ける能力であり、これに基づく社会との係りにおける態度性こそが次代の人材の育成を触発するのである。同様に、木村は原子力や処分の問題を市民とともに考えるという実践に基づいて今後の理解活動の在り方に触れ、すでに存在する制約条件を踏まえた説明責任が重要となる「ご理解とお願い」、意思決定の融通性を考慮したリスク管理活動としての「リスク・コミュニケーション」という、時間スケールに応じた公衆参加のスタイルとそれに応じた適切な情報提供が必要であるとした。こうした理解活動を実践するなかで人材育成が行われるべきであることが強調された。

佐々木は実際に放射性廃棄物管理に技術的に携わっている立場から、余裕深度処分の安全規制の議論や海上ボーリング調査の経験、NIMBY現象から見える課題として、社会的ルールである安全規制に必要な、社会的価値と基礎となる自然科学的知見の限界との折り合いのつけ方、自然科学分野での学際的作業におけるネットワーク構築、自然科学と社会科学の問題を繋ぐ価値基準尺度の創出という三つを挙げ、これらに取り組む人材育成のための今後の研究教育の方向性を論じた。新堀からは、大学の理系で学ぶ多くの学生が社会貢献を望んでいるものの、学術的な探究と社会との間に距離を感じていることが紹介された。放射性廃棄物対策や廃止措置が特に1F事故収束に不可欠であることから、社会貢献というチャレンジ精神を喚起する試みとしてカリキュラムへのバックエンド工学の導入、福島大学、福島高専との連携による原子炉廃止措置工学プログラムの設置という東北大学の事例が紹介された。教育による情報提供は広い視野をもつ人材の育成を助長することができるように配慮されるべきことが述べられた。本田からは、一世紀にわたる地層処分事業に対し継続的な科学的知見の提供を役割とする研究開発機関においては技術の信頼性向上が主たる目的であるが、ステークホルダーの理解促進・合意形成に果たす意味からの動機づけが必要なのではないかとの問題が提起された。社会との接点をより意識した研究開発を進めるため、社会科学的アプローチの導入による解決への期待感が示されるとともに、研究開発成果の体系的な知識化とそれに基づく人材マネジメントを通じた大学などとの連携による自律的な研究開発マネジメントの重要性が述べられた。

会場も含んだ議論では、処分の問題への取り組みに関して、社会科学と自然科学・工学分野で協働可能なテーマやそのための場作りの可能性について意見が交わされた。こうした協働においては、社会科学的アプローチを通じて技術的専門家は社会との対話を行うための原則や基本的考え方、社会と接するための資質を学ぶことが重要である。これが将来に向けた人材育成にとって鍵となると考えられる。一方、社会科学の専門家は、技術的専門家から社会との対話という文脈に必要な背景知識を引き出し、社会における熟議へと導いていく役割を果たすことが期待されている。

その際には、専門家と非専門家の間の情報の非対称性を念頭においたコミュニケーションや対話の場を社会科学と自然科学の専門家が協働してデザインすることが求められよう。このような社会科学と自然科学が相互乗り入れを行うことが将来の社会における様々な問題の解決には不可欠である。そのことを 1F 事故や処分問題は改めて強く認識させ、本シンポジウムは協働による取り組みの第一歩を標したものとよい。

4.4 ラップアップ

「1F 事故後」「核燃料サイクル・バックエンド」に限ったパネルであったが、それでもそこで行われた議論は多様かつ多面的であった。その多様かつ多面的な議論を包括するための一つの概念モデルとして、「科学／技術／社会のネットワーク」を提案した（様々なものが入り乱れたヘテロロジーニクスなエージェントネットワーク）。ここでは、価値観、利害、経験、興味の違う多様な人たちが集まっており、自己の信条に基づき、あるいは組織等の種々の制約の中で判断・行動する。また、彼らが作った人工物や自然・環境といったモノも多様である。そしてここには、人の行動と、これらのモノに生じる現象や変化、事象などが、直接、間接に影響を及ぼしながら、ダイナミックに変化していくような、形の決まっていない構造がある。このような構造の特徴は、以下のようにまとめることができる。

- 人とモノとが不可分であるような非常に複雑に入り組んだネットワーク。IT というモノを介して行き交う膨大な情報量に比べると、人と人が直接的にふれ合う機会はずいぶん減少している
- 人と人、モノと人を結ぶ「情報」は不完全である（科学的知見やデータの不確実性、立場に応じて多義的な解釈が可能、時として隠蔽される可能性がある、等）
- 全体性の問題：ネットワークのどの部分を切り出してくるかによって問題の様相が異なる

シンポジウムの最後に全員参加で行った議論のまとめでは、上記の全体性という観点から、様々な切り口での問題の所在及び今後の課題（取り組むべきテーマの例）の整理を行った。概要を以下に示す。

① 巨大な技術と人間

（問題の所在）

- 稀頻度の自然事象、ブラックスワン、機能共鳴あるいはこれらの組み合わせを想定した安全確保の思想は確立しているか
- 特定の集団の限られた経験の中での先例に基づく判断や行動は、状況に応じた安全確保について「思考停止」をもたらす
- プリンシパルエージェント問題に起因するモラルハザード（権限を移譲されたエージェントが独自の利益を追求）としての情報隠蔽

（取り組むべきテーマの例）

- レジリエンス的思想に基づく安全工学
- 専門家も含めた利害関係の構図を考慮した制度設計・情報経済学的アプローチによるメカニズムデザイン（公共的意思決定などで目標が与えられた場合にその

目標を自律的/分散的に実現できる様なルール（設計）。特に、競争原理の働かない寡占企業に対する規制に関する研究等

② 利害関係や興味、価値観の異なる人々

（問題の所在）

- 市民との間の相互理解に基づく信頼醸成が不足
- 合意形成という「決定事項についての根回し」ではなく、今後決めて行くべき問題についての判断を委ねる（あるいは分かち合う）という真の意味での意思決定への住民参加を実現する覚悟はあるか
- 高度に細分化された科学技術の知識を学際的プロジェクトの用途に応じて融合するための方法や体制が整っていない

（取り組むべきテーマの例）

- 様々な手法を組み合わせた効果的なリスク・コミュニケーションの方法論の確立と実践
- 住民参加を実現する制度の具体化
- 長期に及ぶ学際的研究プロジェクトにおける知識マネジメント

③ 多種多様な人間と多種多様なモノの関わり

（問題の所在）

- 様々な場所で異なる人々によって同時に進められる緊急時の大規模事業（1F 事故後の除染事業等）では、それぞれの現場の知恵を活かした柔軟な取り組みが必要だが、ウォーターフォール型の計画立案・実施という旧来の定型から離れることができていないのではないか

（取り組むべきテーマの例）

- 分散した多数の人々が協働するプロセスに関するマルチエージェントシミュレーション等及びこれらに基づくアジャイル型のプロジェクト管理・膨大な事例数の「現場の知恵」を当該問題にフィットさせて活用するための知識マネジメント

④ 基礎科学・基礎工学の役割

（問題の所在）

- 科学・技術と政治・経済的な力の間に互助的な癒着構造の生ずる危険性は常にある（と人々は認識している）
- 市民は研究開発成果以前に、ある研究が誰のためのものなのか、その成果によって誰が利益を享受するのか、といった従来は研究者があまり注目していなかった側面に注目する

（取り組むべきテーマの例）

- 研究開発成果をわかりやすく伝えるという受動的な立場のみではなく、初期の目標設定や意義付け等の最上流側から市民の参加を可能とする仕組み作り

⑤ 研究・業務の主体たる個人として

（問題の所在）

- 問題設定の動機が研究者の知的好奇心や論文執筆である場合や、事業推進のために都合の良い側面に偏ったものである場合には、幅広いステークホルダーの要求に答えられない
- 市民の科学・技術に関する理解について、専門家は欠如モデル（愚民思想）と決別したと言えるか

(取り組むべきテーマの例)

○上記の科学／技術／社会ネットワークの全体像や種々の局面で現れる多様な問題の理解とこれらへ対処するための考え方という今日的な意味での「総合教養」を全員が共有できるような教育プログラム

○上記の総合教養を実務的に活用するための基礎的な技能の習得（社会科学系研究者と工学・自然科学系研究者間の協働を一步進めた、領域間の「融合」を可能にするジェネラリストの育成）

このまとめに対して、参加者の一人であった松本・東京大学教授より次のようなコメントがあった。

「当事者である様々な人々（事業者や地域住民等）がそれぞれ異なる範囲の局所性に基づいて全体性を定義した社会モデル（一次モデル）を持っており、このような複数の一次モデルが齟齬をきたしている。このような問題に対して、社会学者は、それらを外部から観察して概念化した二次モデルに移し替えて対応するという手法をよくやっている。工学者もこのようなアプローチを参考にすると、デッドロックだから諦めるということではなく、別の解が出てくる可能性があるのではないか。」

以上が、シンポジウムにおける議論である。繰り返しになるが、議論の対象を「核燃料サイクル・バックエンドの科学」に限ったとしても、これだけ多面的で多様な意見が現れた。それはいかにも、1F事故前までの短くはない時間、核燃料サイクル・バックエンドの科学の進む方向や取り組み方に関して漂っていた閉塞感の殻が一気に破れたかのようであり、本来はもっと早くからこの種の議論をすべきだったところ、1F事故がトリガーになったとも見える。

この種の議論は常に進化・深化させていかねばならない。まずは噴出した課題を今回バザールに並べてみたということだろうか。

さて、シンポジウム自体の紹介はここまでとし、以下では故安先生の功績を訪ね先生を追悼したい。併せて、バークレーで行われた学科主催の追悼式の様子をお知らせする。

5 安俊弘先生の構想

まずは、安先生の功績として、直近の、本シンポジウムにかかる先生の構想を紹介する。シンポジウム当日に企画者のひとりである鈴木・東京大学名誉教授から次のような「安俊弘先生の構想」が披露された。

～このシンポジウムは、安俊弘先生の次のような発想から企画されたものです。すなわち、東京大学とUCBが、日米それぞれの幹事機関となって、1F事故以降の原子力、特に核燃料サイクル・バックエンドの科学に関する国際的共同研究を牽引し、それによって将来の人材育成に貢献することを目指すためには、どのような考え方や進め方が必要か、について、取り敢えず事故の当事者である日本において率直な意見交換をしよう、という意図から企画されました。

先生は、縁あって院生時代にUCBに留学し同校で学位を取得した後、東京大学においても博士課程を修了し工学部講師として活躍していましたが、UCBの指導教官であっ

たThomas Pigford教授からの強い要請があり、約20年前に同校の原子力工学科に助教授として迎えられました。今年は、同校の教授に昇任してからちょうど10年になります。

2011年に1F事故という破局的大事故が発生してからの、先生の奮闘ぶりは目を見張るものがあります。事故前から継続していた、東大との協同プログラムの一環として、その年の夏には、バークレーで「事故の教訓」に関する夏季学校を開き、多くの科学者、研究者が日本から駆けつけています。その成果はSpringerから出版されています。翌12年には、バークレー国立研究所とJAEAとの間を取り持ち、汚染環境の修復に関する科学的協同研究シンポジウムがバークレーで開かれました。その一部は今も継続しています。その外、何回も太平洋を往復し、事故後の原子力研究、就中、バックエンド科学に関する方向付けを行っておられます。

印象に残っているのは、昨年秋にバークレーで開かれた「Perspective on 70 Years of the Nuclear Age」シンポジウムです。日本学術振興会のスポンサーシップの下、バークレーの日本研究センターが主催したのですが、バークレーはA Birthplace of the Atomic Bombと位置付けられており、率直にそのオーガナイザーを引き受ける気にはなれなかったのかも知れません。しかし、見事に成功させました。病の中、すべてのセッションに出席し、最後のラップアップを完璧に務めている姿は感動的でした。

本シンポジウムも同じようにすばらしいラップアップをしてくれるはずでした。それは叶わなくなりましたが、日米が牽引して原子力のバックエンド科学を将来世代に継承し発展させたいという先生の想いは、シンポジウムに参加する総ての人の心に届いていると思います。本シンポジウムが、その思いを実現する契機となることを心から願うものです。～

6 安先生の足跡

次には、安先生のこれまでの著作や講演録など「足跡」と呼べるものにアクセスした。

安先生の広範な功績を一編の寄稿にとりまとめることは到底不可能であるが、先生の学術的・教育的・社会的活動を紹介するのにふさわしいと著者が判断した、代表的と思われる著作をUCBの先生のウェブページ(<http://waste.nuc.berkeley.edu>) (図1)のリストから拾い出し、簡素ながらも解説文を付して先生の活動を辿ることを試みた。

6.1 学術論文

6.1.1 移行拡散モデル

・ Ahn, J., A. Suzuki, and R. Kiyose, Numerical Analysis of Nuclide Migration Through Fissured Geological Media, *Nuclear Technology*, **64**, 154–165 (1984).

1984年、安先生27歳のころの、故清瀬先生のご指導の下で書かれた、研究者としてのデビュー論文であろう。発表論文リストの最初に掲載されている。

放射性核種の地中移行経路として、それまで長い管の中を一方向に移動していくいわゆる一次元移行拡散モデルの

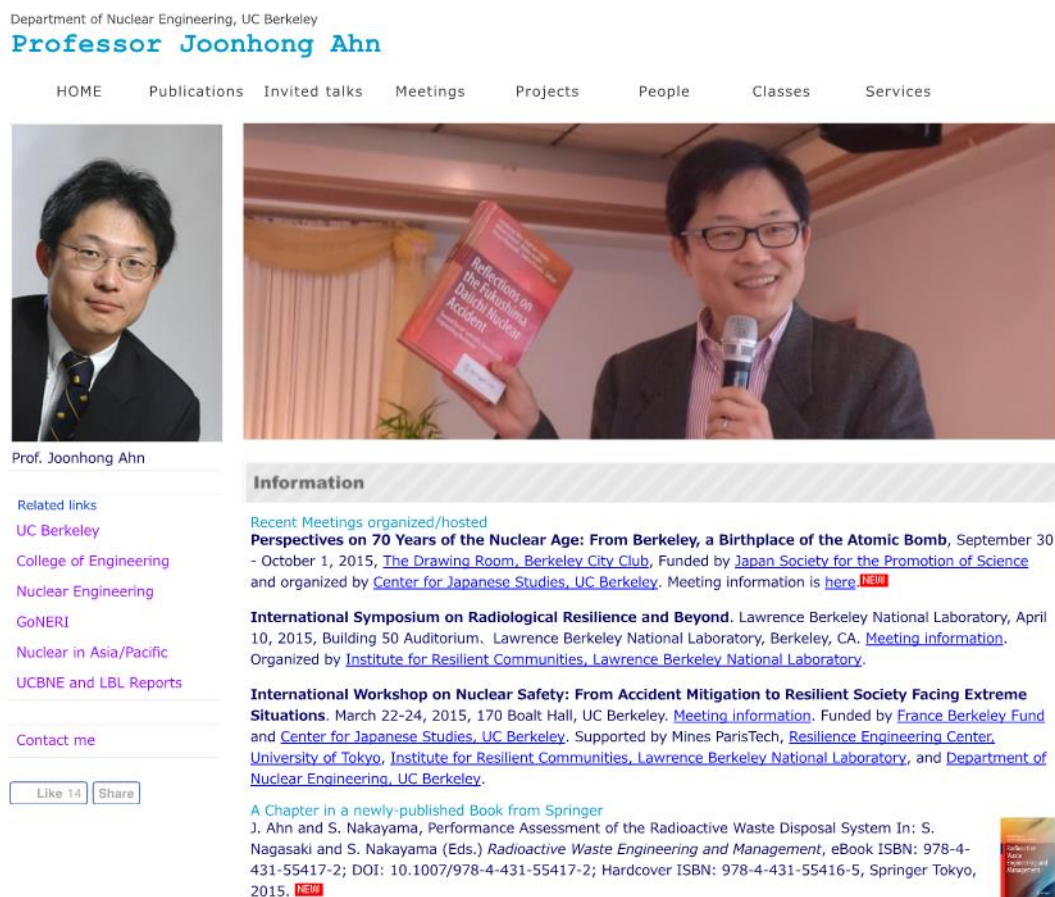


図1 カリフォルニア大学バークレー校の安教授のホームページの一部

みが研究されていたところ、1980年にスウェーデンの Neretnieks 教授が、移行経路とは垂直方向への、岩石空隙内への拡散が、長寿命放射性核種の移行においては無視し得ないという、いわゆるマトリクス拡散を提唱し、安先生はこの論文で、この2次元移行解析を $^{234}\text{U} \rightarrow ^{230}\text{Th} \rightarrow ^{226}\text{Ra}$ の崩壊連鎖に適用し、岩石間隙中への拡散を無視すると移行解析結果が過大評価になること、またそのため岩石間隙中の吸着挙動を知ることが重要との結論を得た。

- Nakayama, S., J. Ahn, T. Ikeda, T. Ohe, M. Kawanishi, M. Tsukamoto, H. Kimura and M. Munakata, Interlaboratory Modelling for Performance Assessment of Engineered Barriers in High-Level Radioactive Waste Disposal, *Journal of Atomic Energy Society of Japan*, **34**, 342-264 (1992). (In Japanese 日本語題：高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアの性能評価モデル)
- Ohe, T., J. Ahn, T. Ikeda, T. Kanno, T. Chiba, M. Tsukamoto, S. Nakayama, S. Nagasaki and T. Fujita, Analysis on Evolving Environments of Engineered Barriers of High-Level Radioactive Waste Repositories During the First 1000 Years, *Journal of Atomic Energy Society of Japan*, **35**, 420-437 (1993). (In Japanese 日本語題：高レベル放射性廃棄物地層処分システムの初期過渡状態の解析)
- Ahn, J., T. Ikeda, T. Ohe, T. Kanno, Y. Sakamoto, T. Chiba, M. Tsukamoto, S. Nakayama, S. Nagasaki, K. Banno, and T. Fujita, Quantitative Performance Allocation of

Multi-Barrier System for High-Level Radioactive Waste Disposal, *Journal of Atomic Energy Society of Japan*, **37**, 59-77 (1995). (In Japanese 日本語題：高レベル放射性廃棄物地層処分における多重バリア性能の定量的評価)

1990年代に入り、それまでに蓄積した地球化学的知見、水理学的知見、地質学的知見などを結集して、地層処分の総合的な性能評価が各国において行われ、その結果が次々と公表されていた。日本国内でも大学や研究機関において活発な研究が行われ、地下深部で起こるであろう個々の事象についてのデータが公開されていた。

それらの知見を組み合わせることで地層処分の性能評価が行われるのであるが、無論地下深部で長い時間を掛けて起こる事象の中には、データや知見の不足のため理解されていない事象はいくらもあり、ましてや必ずしも定量化されている現象ばかりではないため、モデルの改良の余地は永遠に存在する。

当時、たとえば、緩衝材中の物質移行が拡散支配であることはさほど疑問なく受け入れられていた仮定であったが、処分孔周辺の地下水流動解析に基づくなどの理論的な根拠付けは実はなされていなかった。あるいは、ガラス固化体を侵食する地下水はすでに緩衝材やオーバーパックと十分長い時間接しさまざまな反応を経験したものであるはずだが、純水に対して取得された浸出率データが用いられるという非整合も放置されていた。

性能評価の解析を実施するにあたり、このような、理論的根拠が希薄でそれまで手がつけられていなかった事象を

取り上げて一貫通貫の評価を目指した。この企てに、安先生をはじめとする、国内の大学や研究機関から 20~40 歳程度までの、いわば有志が、手弁当で集まり鳩首凝議して生まれ出た成果が、1992 年から 1995 年にかけて書かれた上記 3 部作である。

それまで、それぞれに研究を進め、研究成果を公表していた研究者たちが、地層処分が多岐に亘る専門性を必要としているという認識を共有できたからこそ、一つの目標の下に実現した共同研究であったと言える。その若い意気込みが、最初の論文の Interlaboratory というタイトルに表れている。

6.1.2 大学院での指導

- Lim, D., J. Ahn and P. L. Chambré, Flow Analysis in the Near Field of Geologic Repository, 2001 International High-Level Radioactive Waste Management Conference, April 29–May 3, 2001, Las Vegas, Nevada, American Nuclear Society (2001).
- Ahn, J., D. Kawasaki and P. L. Chambré, Relationship among Performance of Geologic Repositories, Canister-Array Configuration, and Radionuclide Mass in Waste, *Nuclear Technology*, **140**, 94-112 (2002).
- Ahn, J. and M. Cheon, Linear Programming Approach for Optimization of Radionuclide Loading in Vitified HLW, *Nuclear Technology*, **156**, 303-319 (2006).
- Borrelli, R.A. and J. Ahn, Numerical modeling of bentonite extrusion and radionuclide migration in a saturated planar fracture, *Physics and Chemistry of the Earth*, **33**, S131–S141 (2008).
- Kawasaki, D. and J. Ahn, Formulation of Time-Domain Random-Walk Compartment Model for Radionuclide Migration from a Geologic Repository, *Nuclear Technology*, **163**, 137-146 (2008).

地層処分の性能評価解析の分野において既に第一線で活躍されていた安先生は、UCB で准教授に昇進された 1999 年頃から、直属の門下生である大学院生の研究指導を通してさらなる研究活動を繰り広げられた。同大学数学科の教授だった故 P.L. Chambré 先生と協力して指導に当たられたが、Chambré 先生に引けを取らないほど数学に長けておられた。数学と数値計算技術を武器に、処分場の性能評価解析や、不均質な亀裂性媒体中の水理・核種移行計算手法の開発、ベントナイト緩衝材の膨潤モデルの研究開発、核燃料サイクルから生成されるガラス固化体の組成計算や最適化など、現象論的研究から政策論的研究まで多様な視点で研究に取り組まれた。後述する、さまざまな核燃料サイクル技術の効果を地層処分の観点から評価するための準備として、高レベル廃棄物の発生から処分までをカバーできるように研究分野を設定されたのもこの時期である。

また、既往の概念にとらわれずに本質を見極めようと、果敢に新しい概念や手法を取り入れた研究に挑戦された。例えば、性能評価解析や核種移行解析モデルに、信頼性理論や時間領域ランダムウォーク、マルコフ連鎖を適用したり、評価指標も被ばく線量率だけに固執せず、滞留時間や処分場内の残存放射能毒性などを評価するなど、試行錯誤

を繰り返された。不均質な亀裂性媒体中の水理計算手法や時間領域ランダムウォークによる核種移行解析手法は、現在、国内外での安全評価技術の基盤となっている。

6.1.3 多様な核燃料サイクルの可能性について

- Ahn, J., An Environmental Impact Measure for Nuclear Fuel Cycle Evaluation, *Journal of Nuclear Science and Technology*, **41**, 3, 296-306 (2004).
- Fowler, T. K. and J. Ahn, Toward On-Site Closed Nuclear Cycles Not Requiring Deep Burial of Waste, *Journal of Fusion Energy*, **29**, 188-195 (2010).
- J. Ahn, Roles and effects of pyroprocessing for spent nuclear fuel management in South Korea. *Progress in Nuclear Energy*, **75**, 49-62 (2014).

安先生は 2000 年を過ぎた頃から、再処理&ガラス固化体処分や直接処分、年間被ばく線量率を安全指標とする規定路線が本当に、安全や環境負荷という観点から技術的・科学的合理性を有しているのかという問題設定をされ、分離・変換技術との組み合わせはもちろん、乾式再処理システムの効果、深部埋設を要しない核燃料サイクルの構想とその合理性など、多様な核燃料サイクルの可能性を追求され続けた。これ自体、原子力工学・技術が本来持っている豊かな多様性であって、安先生によって具体的に紹介されたと言って良い。そしてその発想は、アメリカ政府による国際原子力エネルギーパートナーシップ (GNEP, 2006) や IAEA による Safety Case などの新構想、安全確保の新概念に先駆ける斬新なアイデアに基づいたものであった。

なお、乾式再処理については、米韓原子力協定改定を控えて、韓国がアメリカに味方を大勢作るために大規模な研究委託を行っていたものの一環であった。安先生は、その政治的事情を熟知された上で、研究はあくまで真理に基づいた結果という立場を貫かれていた。このため、韓国にとって期待したものではない結果もあったようであるが、

6.1.4 既存の工学研究・教育を超えて

- J. Ahn, C. Carson, M. Jensen, K. Juraku, S. Nagasaki and S. Tanaka (Eds.), *Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident: Toward Social-Scientific Literacy and Engineering Resilience*, Springer (2015).

技術者や工学部の学生は、性能の良いものは売れる、売れないとすればそれは一般消費者がその性能のことを良く理解していないからだ、という発想になりがちである。Apple 社が iPod の発売を発表したとき、ウォークマンなどで世界にその名を知られる日本企業の技術者が、音質が悪いので売れるわけがない、と言ったことはあまりに有名である。しかし、技術は社会に受容されて初めて社会のために役立つ。技術は社会と広く深くかかわっていることに、原子力技術者の多くは 1F 事故を経験して改めて理解した。

安先生は、2007 年より始まった東京大学のグローバル COE「世界を先導する原子力教育研究イニシアティブ」の準備段階から、社会と技術の関わりに関する工学教育確立の重要性を指摘され、グローバル COE 終了時には導入可能な形での博士課程教育プログラムを構築すべくプログラム開発に尽力され、そこで使用できる教科書の作成も指導された。ちなみに、安先生の目指された教育は、UCB のコ

ールマン・ファン・インスティチュートで一部実現されている。日本で実現されていないことは、残念である。

6.1.5 出口戦略

- ・ 安俊弘：原子力発電「出口戦略」構築のすすめ，科学，Vol. 82, No. 6, 岩波書店 (2012).
- ・ 安俊弘：高温ガス炉の役割と戦略，高温ガス炉プラント研究会第9回定期講演会 (2015).

3.11 を目の当たりにされた安先生は，以来，「人類は原子力エネルギーと共存することは本当に可能なのか？」という問いへの自分なりの答えを模索された。そして答えに至るまでの道（きっと終点はないのかもしれない）で最初に辿り着いた門に書かれていた文字が出口戦略であったと思う。安先生が構想された出口戦略のための鍵となる分野は「科学」にも詳しく書かれているのでここでは省略する。安先生の提唱される出口戦略で最も重要なことは，「共存するためにはどうすれば良いか」という原子力村が生き残ることを大前提とした問いへの解ではないということであろう。共存できない，共存したくない，ということが国民・社会の要請であれば，それに応えることも原子力技術者の責任である。それならば，原子力技術・原子力工学は何をすべきか，ということを講演題目ではなく学術として成立させようとした。学術として成立すると，教育を通して次世代にもつながる。安先生にとって，出口戦略の構築はまだ道半ばであったであろう。この構想については，日本の原子力工学の先生方からは，「名称が後ろ向きで印象が悪い」，「ライフサイクルであるべきだ」など異論が多数出たとも聞く。しかし，次に続くための議論が継続されることを期待する。

6.1.6 レジリエンス工学

安先生は 1F 事故以後「レジリエンス」を口にし，議論のテーマとされていた。それは，上記 6.1.4 で紹介した書籍のタイトルにも現れている。著者は，このテーマにおける安先生のご主張を寡聞して存じ上げないが，安先生とレジリエンス工学について安先生と共同研究，協力研究をされてきた古田・東京大学教授にまとめていただいた。

安先生と私は大学の学部時代から原子力工学科の同期という間柄であったが，研究室が弥生と東海とで離れていたこともあり，頻繁にお付き合いいただいたわけではなかった。ただ，学部時代に同期数人と根津の居酒屋で飲んだ際に，「日韓関係」について激論を交わしたことは記憶に鮮明に残っており，後々になって2人でその昔話を肴にしたこともあった。博士課程に進学してちょうど同じ時期に安先生は UCB に，私は原子力学会の日米交換で ANL（アルゴン国立研究所）に留学することになり，渋谷のくじら屋で壮行会をやってもらったのもよい思い出である。

その後，安先生はそのまま核燃料サイクルの専門家として日米で活躍されたわけであるが，私は学生時代の核融合からヒューマンファクターへと専門を変えたので，仕事の上では接点がないまま長い時間が過ぎてしまった。一度，サンフランシスコで ANS（米国原子力学会）の年会有った折に UCB の研究室にお邪魔して近況を交歓したことがあったが，私の専門が原子力から次第に離れたこともあってそれっきりになってしまっていた。

ところが，何の巡り合わせか，数年前から安先生と一緒に国際ワークショップをやる機会が増えた。その巡り合わせをしてくれたのがレジリエンス工学である。レジリエンス工学は，外乱や変化を吸収して所期の機能を維持できるような能力をシステムに造り込むための方法論であるが，ヒューマンファクターの分野では 2000 年頃からリスク概念に基づく安全対策の閉塞感を克服する概念として期待が高まった。そこに 2011 年の震災と福島事故があつて，広く社会的にも認知されるようになった。

東大の工学系研究では，我々のグループが主導して4年前にレジリエンス工学研究センターを立ち上げた。時を同じくして，東大と欧米の工学をリードする大学との連携を深める枠組みとして Deans Forum が始まり，その具体的試みの一つとしてレジリエンス工学のワークショップを持ち回りで開催することとなった。これまでに3回のワークショップが開催されたが，安先生は UCB の代表として3回とも参加されている。2014年には東大のリーディング大学院関連のシンポジウムで，私が企画したレジリエンス工学のセッションに招聘して講演をお願いした。また，昨年には安先生が主催でポスト福島の原子力安全に関わるワークショップが UCB で開催された。安先生と最後にお会いしたのは，昨年冬に東大で私が企画した Deans Forum の3回目のワークショップだった。

安先生のレジリエンス工学における貢献は，福島の事故から我が国の原子力政策をどう立て直すかという問題を多様な観点から分析したことである。この問題は，福島の廃炉の問題のみならず，使用済み燃料の扱いに関わる安全性，核不拡散，エネルギー安全保障，国民経済，社会的受容性などの観点から評価・検討する必要がある。さらに，短期的／長期的視点，国内的／国際的視点からの議論も必要である。安先生は完全再処理から原子力早期撤退までの5つの政策オプションを提示し，各々に対する6つの基準からの準定量評価を行った。その結果，早期撤退オプションは決して良い選択ではないものの，その他のオプションには一長一短があり，一律には結論が得られないことを示した。そして，ステークホルダーによる参加型意思決定を行う際には，こうした多様な基準による評価を行い，その結果を示した上での熟議が必要であると提言している。

福島の災禍の影響からいかに回復するかはまさにレジリエンスの問題であるが，その前途は多難と言わざるを得ない。既存の軽水炉の再稼動もままならず，廃炉，使用済み燃料の管理，再処理，蓄積 Pu など，過去のレガシーをどうするのか，政治的に結論を得るのは容易でない。しかし，何れにしても，安先生が最後に残してくれた提言は重いのではないだろうか。

6.2 「異端者」

安先生は，あるとき，共同通信社の 47（よんなな）NEWS「地球人間模様」(<http://www.47news.jp/>) に登場された（図2）。副題に「地球人間模様@アメリカ」「異色の原子力学者」とあり，ヘッドラインに「巨大な問いの「解」求めて母国への思い，プロの誇り，出口戦略唱える異端者」とある。（原子力界における）異色，異端者として紹介されている



図2 安先生を紹介する共同通信社47NEWSの記事

その記事をここに転載して人間・安俊弘の一端を紹介する (<http://www.47news.jp/47topics/ningenmoyou/161.html>).

(以下 47NEWS 記事では、本稿の本文とは異なる表現(「東京電力福島第1原発事故」「バークリー」)が用いられているが、原文のままとしてある.)

人類と原子力は共存可能なのか。東京電力福島第1原発事故は世界にこの巨大な問いを投げ掛けた。米西海岸には、原発の「出口戦略」を模索する「原子カムラ」の住人がいる。カリフォルニア大バークリー校原子力工学科教授の安俊弘(アン・ジュンホン)(53)は韓国人として日本に生まれて大学を卒業、日本で教壇に立ち、17年前にバークリーへ移った。二つの母国への愛情と敬慕の念、そしてプロの誇りを胸に異色の在日韓国人3世の学者はその「解」を求め続けている。

九十五パーセント日本人

今年3月15日、東京・本郷の東大キャンパスで、原子力界の重鎮が集まるシンポジウムが開かれ、その壇上に安の姿があった。スクリーンには「原子力発電の『出口戦略』構築のすすめ」と記された安作成のパワーポイントが映し出された。

「(原発は)拡大と増殖を続けてきた。アクセルだけでブレーキがない。脱原発を国民が考えるなら、どうして原子力工学者が本気で考えないのか。」聴衆を前に安が問い掛けた。「本当に脱原発をするなら、どういう道筋でやるかを真剣に考える。その真ん中に原子力工学者がいるのだからわれわれがこれをする。」

ムラの有力者である東大教授陣からは早速、異論が出た。「出口という言葉は嫌いだ。ライフサイクル戦略がいい。」「日本が出口のことを発信しだすと、世界にも影響がある。」

安はきっぱりと反論した。「ライフサイクルではない。あえて『出口戦略』と言わせてもらう。(ムラが)生き残ろうとしていると世間に思われること自体が失敗だ」

1週間後、バークリーで安に真意を聞いた。

『「出口戦略」は論理的帰結。脱原発を求める声が日本の国民の8割近くに上る。それを具体化するのが専門家の役割だ。ムラも本気で向き合うなら、正直ベースでやらないと。今は在米韓国人となったが「心は九十五パーセント日本人」と安は言い切る。未曾有の国難に直面する母国、日本への思いが、ムラで“異端視”される「出口戦略」提唱につながった。

「ムラでは川の向こう側に行った人間と見られているかな。若々しい風貌から大学院生と見間違えられることもある。安はサンドイッチ片手に笑いながら語った。

フェアネス

ムラに入ったのは、もう一つの母国、韓国への熱い思いからだ。大阪で在日韓国人2世の実業家の家庭に生まれた安は、高3の夏までは法律家を志していた。しかし、日本国籍がないと司法修習生になれないことを知る。「いつかは制度が変わるだろう」とも考えたが、その後「そうした雰囲気は今の日本にない」と断念した。

「国力であるエネルギーの専門家になれば、韓国に帰っても仕事ができる。原子力なら在日の自分でも…」そんな思いで東大原子力工学科に進み、ノーベル賞学者を輩出したバークリー校に1983年に留学し、博士号を取得した。

転機は92年、母校バークリーでの講演だった。講演後、大学当局から思ってもみなかった誘いを受けた。「ここで働いてもらえないか」。東海大への就職が決まっていた安は断ったが、「ここにこそあなたの仕事がある」とくどかれ、東海大で2年間教えた後、バークリーに移った。

米有数の名門バークリー校原子力工学科が、日本出身の学者を終身雇用したのは初めてだった。

安は日本国籍取得を考えたことがない。「韓国、朝鮮人を自国民にしておいて、敗戦後は勝手に第三国民にした。なのに『日本国籍を申請してください』と言うのはおかしい」からだ。より「フェアネス(公正)」があると信じる米国に永住することに決め、米国人には「日本で生まれた韓国人」と自己紹介する。

人間は化けて生きていけない。亡き父は、自分の本性や本音を隠さず、真っすぐ生き抜くことを教えたという。

「だって生きていく上で、都合の悪いことは隠せませんから」。大阪に残る母の朴分南（パク・ブンナム）（78）は、息子が「出口戦略」を公言したことを聞かれ、こうはつきり語った。

ノーベル賞学者を輩出 受賞者専用駐車場も

安が教壇に立つ米カリフォルニア大バークリー校は、今から約70年前、原爆開発計画「マンハッタン計画」に参加した科学者、グレン・シーボーグらが世界で初めてプルトニウムを発見した実験室「ギルマンホール307号室」があることなどで知られる。

シーボーグと同僚のエドウィン・マクミランは1951年、超ウラン元素の研究でノーベル化学賞を受賞した。バークリーは、この2人以外にもノーベル賞学者を輩出している。

現在の米エネルギー長官でノーベル物理学賞を受賞したスティーブン・チュウもバークリー出身だ。キャンパス内には「ノーベル賞学者専用」と書かれた駐車スペースが特別に設けられているのには驚いた。

安がバークリー校原子力工学科に招聘（しょうへい）された1990年代は、米原子力界にとって「どん底の時代」だった。

79年のスリーマイルアイランド原発事故、86年のチェルノブイリ原発事故、そして93年に大統領となったビル・クリントンは就任早々「原子力研究・開発のような不要となった計画は廃止する」とまで言明した。

バークリーの原子力工学科もこの時「存続の危機に立たされた」（安）という。それでも安をはじめ、海外からも有望な学者を招くなどし、名門の座を守り続けてきた。（文太田昌克、文中敬称略）＝2012年05月02日

6.3 教育

安先生は、求めに応じて、高校へも出向いて、原子力を語った。その一例は1992年に香川県立高松高校で行われた「自然科学講演会」（第1部「核の時代を読み解く～核分裂・原子炉・福島のこと～」、第2部「原子力工学の展望と国際社会での日本の役割～科学・技術系分野を目指す高校生へ～」）である。どうやらこの講演会は同校のスーパーサイエンスハイスクール活動のひとつとして行われているようであり、先生の講演会の概略は

<http://www.taka-ichi-h.ed.jp/ssh/%E7%AC%AC3%E5%9B%9E%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%A6%E8%AC%9B%E6%BC%94%E4%BC%9A%E7%AC%AC1%E9%83%A8.pdf> に見ることが出来るが、その他に、聴講した生徒のブログなども存在するようである。

6.4 バックエンド部会および『原子力バックエンド研究』誌

安先生の功績としてもうひとつ忘れてならないと思うのは、バックエンド部会への関わりと部会誌『原子力バックエンド研究』の創刊である。バックエンド部会が、前身である「放射性廃棄物研究連絡会」（1984年設立）の発足から数えて20年目の『原子力バックエンド研究』vol.11 No.2

に「20周年特集記事」が掲載された[3]。そこには、放射性廃棄物研究連絡会の設立以来本部会や関連の活動に関わった総勢20名の方々が手記を寄せており、安先生は「バックエンドはデッドエンドではない」と題して次のように書かれている。

バックエンドはデッドエンドではない

カリフォルニア大学バークレー校原子力工学科
安 俊弘

1992年度から3年間、幹事会のお世話役をしてから早10年がたちます。当時は、研究連絡会から部会への移行期にありました。筆者はその頃学会の企画委員を兼任し、学会本体における部会制導入の議論をにらみながら、連絡会から部会への移行にあたり、将来の会のあり方、活動の活性化など、皆さんと熱心に討論したことが懐かしく思い出されます。

本部会誌もこの移行期に創刊されました。当時は「放射性廃棄物研究 Radioactive Waste Research」と題され、私は編集長として創刊号の原稿集めに奔走しました。米国地学連合 AGU の論文誌「Water Resources Research」の当時の表紙の装丁や組版を参考にし、印刷経費を抑えるべく TeX を利用して自前で製版しました。出版小委員会を中心に幹事会では、この部会誌がこの分野の研究業績の主たる発表の場となることを期待して熱心に準備作業を進めました。「原子力の廃棄物・環境問題といえばこの雑誌」といわれるよう、日本のみならず、いずれは世界的にも知られる学術誌にしたい、という願いが込められていました。

私はその後米国に移住し、引き続き同じ放射性廃棄物処分と燃料サイクルの分野で仕事をしています。

私が渡米した1995年は米国の原子力はどん底でした。クリントン政権下でエネルギー省原子力関連研究開発予算は減少の一途をたどり1998年にはついにゼロとなりました。一方、ヤッカマウンテン処分場の予算はそれなりにつき、性能評価も90年代何度か行われ顕著な進歩をみましたが、一番重要な、大統領による議会への処分サイトの勧告がなされず、出口のない研究で引き伸ばされているという閉塞感が漂っていました。

米国で稼働中の100基余りの原子力発電所の多くは1960年代から70年代にかけて建設され、向こう20年の間に続々と40年の認可期間を終えることが明らかでした。中には、発電所における使用済燃料貯蔵のスペース不足から、認可期間の終了を待たず早めに閉鎖・廃止に追い込まれる発電所が出てくるのが懸念されました。それというのも、1998年1月を期限としてエネルギー省が使用済燃料を引き取るべしという法律上の約束を守らなかったということが原因であり、原子力が廃棄物問題という出口の無い制度的な問題点から、信頼できないオプションであるという認識が蔓延していました。

一方で、電力業界と原子力規制委員会（NRC）は、80年代後半から90年代にかけて許認可の合理化に努めました。20世紀が終わるころ、群小の原子力発電保有会社が整理統合され、原子力発電所の稼働率は90%を越え、認可期間の延長などを実現し原子力発電の技術的安定性と経済性に対

する再認識が進みました。

政権が交代する直前、大統領直属の科学技術諮問委員会が答申を出し、原子力も新しい観点から取り組みをしないといけないということになりました。新しい視点の中に核不拡散性と並んで、環境負荷・廃棄物が入っていたことは当然といえます。

ブッシュ政権になってから原子力を取り巻く環境は一変し、ヤッカマウンテン処分場は正式にサイトとして認められ許可申請目前という段階になりました。環境・廃棄物に配慮した新しい原子力システムの開発が「Generation IV」として軌道に乗り、ようやくどん底を脱した感があります。学生も敏感で、ここ数年の原子力工学科に入ってくる学生数の増加、質の向上は米国のどの大学においても目を見張るばかりです。

アジアに目を転じると、この10年間で特筆すべきことは中国経済の台頭でしょう。すでに原油の純輸入国になって将来の原子力発電への意気込みも強く、今後30年に、かつて米国が100基体制になったのと同じか、それ以上のスピードで原子力発電の拡大を計画しています。そのほか、高速増殖炉、高温ガス炉など多くの分野で野心的な計画を進めています。台湾も原子力発電に関して豊富な経験を蓄積しています。

韓国は、IMF 金融危機を乗り越え OECD 加盟を果たし、アジアでは日本に次いで先進国グループに入りました。原子力発電の占める割合は60%を超えています。しかし、再処理を禁じられ、蓄積する使用済燃料の管理という難しい問題を抱えています。

その他の東アジア諸国は、原子力に関心を抱きつつも種々の事情により本格的な導入を果たしていません。今後ともこの状況に急激な変化は無いものと思われます。

このような周辺状況を観察するとき、日本における原子力・バックエンド・環境の専門家集団である本部会の重要性は際立っていることに気づきます。

原子力や核関連の技術の分野において、国際協力というのは言うはやさしく行は難し、です。「環境負荷低減」と「核拡散防止」が今後の原子力を考える上でのキーワードです。核拡散防止は機微な部分が多く政治によって解決されるべき部分が多いので、学会という場には乗りにくいかもしれませんが、すでにアジアでは北朝鮮の核開発阻止を目指していわゆる6カ国協議という場が成立しています。

一方、「環境負荷低減」は、機密に触れる部分が少なく、学術的・客観的な検討と協力が可能です。たとえば、高レベル廃棄物の国際処分場というアイデアは、核拡散も懸念される高レベル廃棄物を少ない数の処分場で国際的に管理するという点から合理的ですが、クリアしなければならない問題も数多くあります。その中の重要なことのひとつに、各国で安全や環境保護に関して同じ考え方を共有することがあります。国際処分場とまで行かなくとも、安全に関する考え方を各国が共有することは重要です。

そのために学会の果たすべき役割は大きいと思います。放射性廃棄物（特に処分）問題はアジアにおいてまだ時間的余裕があります。緊急性を帯び利害のからむ複雑な政治的問題になる前に、学会という NGO のレベルで価値観の

共有をしておくことは、大いに意義のあることと考えます。

価値観の共有という作業のために、建設的な知見交換・蓄積の場を設定することが重要です。シンポジウムなどで直接意見を交換し Proceedings を発行するのも重要ですが、一過性であることは否めません。それらを蓄積させるための媒体として本誌は貴重な財産であると思います。また、ある意味で本誌創設の際の原点「原子力の廃棄物・環境問題」といえばこの雑誌」を実現することともいえます。

最近、韓国では韓国原子力学会と独立した放射性廃棄物学会が設立されたと聞いています。例えば、この学会と本部会で論文誌特別号？を共同発行してみる、査読者を紹介しあう、というあたりを端緒として国際化の努力を始めてみるというのはいかがでしょうか。

また、これまで処分に重点が置かれていた本部会の守備範囲を、少なくとも中間貯蔵にまで広げ、その分野の論文発表を促すということも必要でしょう。国際化には、それを目指した努力が必要であることは言を待ちませんが、自らの器（守備範囲）を大きくすることでいろいろな国と共通項を持つことができるという側面もあると思います。

廃棄物処理・処分は「バックエンド」と呼ばれますが、決して「デッドエンド」ではありません。むしろ、環境負荷低減を目指す先進原子力システムの開発において、われわれの持つ知見は必要不可欠です。われわれが先端であり原子力の将来の鍵を握っているという自覚を持ち、積極的に発言し関与していくことが望まれます。

本部会の更なる発展を心より祈念しております。

本稿の筆者のうち、梅木は1984年の放射性廃棄物連絡会の立ち上げの経緯・背景と意気込みを「放射性廃棄物研究連絡会の設立に思うこと」として振り返っている。また中山は「RMW シリーズから『放射性廃棄物研究』、『原子力バックエンド研究』へ」と題して、放射性廃棄物研究連絡会当時の会誌『RWM シリーズ』から、1993年の放射性廃棄物部会の『放射性廃棄物研究』誌を経て現在の『原子力バックエンド研究』に至る経緯やその当時の活動を記している。

6.5 追悼文

本節「6 安先生の足跡」を追うのに、最後は先生の教え子たちにも語ってもらうこととする。安先生が教えた、いわば安研究室の最後の博士課程学生の Seung Min Woo 君と Xudong Liu 君、そして、UCB 日本センターにおける教え子で歴史学専攻の Andrew Jonathan Lear 君の3名である。このうち、Xudong Liu 君の追悼文は次節「7 カリフォルニア大学バークレー校原子力工学科主催の安先生追悼式典」において披露されたため、次節に掲載する。

6.5.1 Seung Min Woo 君

My name is Seung Min Woo and I am one of Prof. Ahn's group members. I am honored to have a chance to write this memorial writing for him.

In the beginning of August in 2011, I came to Berkeley to start the PhD program. Thereafter, I visited Prof. Ahn's office to meet him. This is the first face to face meeting with him.

Actually, I had lots of chances to know him before this first meeting. Before coming to Berkeley, there were many researchers and my seniors in South Korea had mentioned his achievement and reputation in many places. When I met him at the first time, I was very surprised that he was very generous and gentle for me. One of the evidence in my memory is that I was not a fluent English speaker at that time. He would understand me, and then he started to use simple sentences and easy words to make more smooth conversation between us. I can't forget the first moment he has shown his thoughtful for me.

I had a couple of difficulties during the beginning and middle of the graduate school program. At these moments, he always encouraged me. I am still clearly remembering one moment is that I was preparing the presentation at one conference which is the first time as a PhD student that is why I was very nervous. At that time, he told me that 'you are the best person who knows your study very well. Never being afraid. 'I had been thinking of me as a not enough and not satisfied person as a PhD student'. However, his words surprisingly encouraged me and I could complete my job without any problems. After that moment, I have been always keeping in mind that I can be one of the best people who know my research field.

One thing I am very sure is that everything of mine has dramatically changed since I met him. Even though I still need to improve many of my parts, he has definitely made me a great improvement. I think my parent made me, however, many of my knowledge for nuclear engineering and social skills are strongly influenced and made by Prof. Ahn. He was absolutely an amazing advisor and I was very fortune I was able to meet him. Even though I can't say to him by face to face anymore, I wish to remain last words for him is that I would greatly appreciate teaching me a lot of things and a person I deeply respect is Professor Joonhong Ahn.

6.5.2 Andrew Jonathan Lear 君

I met Professor Joonhong Ahn in late August of 2015, a mere ten months before he passed away. He had already been diagnosed with advanced liver cancer and was undergoing treatment, but from the way he conducted himself and engaged in his professional duties, I could hardly tell that he was sick. He taught a course in the fall semester called "Special Topics in Environmental Aspects of Nuclear Engineering" and organized an international symposium that took place at the end of September entitled "Perspectives on 70 Years of the Nuclear Age: From Berkeley, a Birthplace of the Atomic Bomb. " He was in the process of preparing two books for publication, and he continued his work on them until he passed away on 19 June 2016. He frequently used the word "resilience" to describe his vision for a stronger and more socially engaged nuclear engineering community, but clearly the word also referred to a personal philosophy—a way of life. Just as nuclear engineers would have to be resilient in the wake of the Fukushima Daiichi nuclear disaster, Professor Ahn would be resilient in the face of

his illness.

Many of those who spoke at Professor Ahn's memorial service, which was held in Berkeley at the end of September, noted his almost superhuman perseverance with regard to his devotion to his work and his students. Among the many stories that emerged as his friends and loved ones spoke about him, perhaps the most shocking one was that between the Fukushima disaster and his death, Professor Ahn had traveled to Japan over fifty times in order to assist with recovery efforts, contribute his expert knowledge to the ongoing discussion, and, of course, receive treatment for his illness. I think the entire room gasped when this fact came to light. But after hearing other stories about Professor Ahn, it became clear to all who attended that this was representative of a larger pattern of societal commitment and dedication that characterized Professor Ahn's life. One story that emerged was that after he learned of his illness, he immediately visited his department chair to ask how he could best serve his profession in the time he had left. Even during his last days, which he spent at Kobe University Hospital, Professor Ahn kept up with his students, and had one of them send their thesis to Japan by express mail, so that he could sign it, which he did the day before he passed away. After hearing these and many other similar stories, everyone left the memorial service inspired by Professor Ahn's humility and dedication, in addition to his achievements.

I myself was in Japan during the past summer, and I was able to visit Professor Ahn in Kobe some eight days before he passed away. His condition had taken a turn for the worse, and it was the first time that I encountered him in a physically weakened state. But despite his condition, he was still completely clear-headed, focused, and dedicated. We spoke about his book manuscript and how those of us at the University of California Berkeley and the Center for Japanese Studies could help him with the publication in the event of his death. He wanted to publish his book before the seventy-first anniversary of the atomic bombings and was worried that he might not live until August. Nonetheless, he was still optimistic about his health, and he mentioned that he was going to travel back to the United States to receive a revolutionary treatment for his cancer. After speaking with him for a half an hour, I too was convinced that I would see him again, perhaps back in Berkeley in the fall. In many ways, that was why his death came as such a shock to his students and his colleagues. It was hard to imagine that someone so resilient—someone who faced his battle with cancer with such strength and was so optimistic even in such dire circumstances—could pass away so soon.

Professor Ahn made many contributions to both science and society—in his technical research on the nuclear fuel cycle, his active participation in international academic life, and his fostering of new generations of nuclear engineers through his outstanding teaching. And one of the topics that were most important to him was the very relationship between science and society. In one of his edited volumes, *Reflections on the*

Fukushima Daiichi Nuclear Accident, Professor Ahn and his colleagues stressed the importance of trust between engineering communities and the societies that they serve. Fostering that trust would require interactions between the social sciences and the nuclear engineering community. But as an engineer of course, Professor Ahn did not just think about these interactions—he organized them. He started an engineering ethics program at Berkeley and then in March of 2015 he organized an international workshop on the topic of engineering ethics education. When teaching his courses, he also made clear to his own students that there were questions outside the realm of engineering that nuclear engineers had to be able to address. Nuclear technologies are always deployed into complex social and political environments, and being able to navigate those environments would require a socially adept engineer.

As I mentioned before, I had only met Professor Ahn for the first time in August of 2015. I was a newly admitted Ph. D. student in Berkeley's Department of History, and I was particularly interested in studying the technological transformation of Japan in the twentieth century and the role played by nuclear energy in that process. When I asked Professor Ahn about the possibility of taking his nuclear engineering course, he enthusiastically suggested that I join. As a historian in a room full of nuclear engineers, the knowledge gap could be quite intimidating—there was no way I could use the complex mathematical models that nuclear engineers are so used to employing on a daily basis. But I did develop a vocabulary in nuclear technologies, and perhaps more importantly, I learned how nuclear engineers produce knowledge

and employ that knowledge to work on the environmental problems associated with nuclear waste. I think Professor Ahn wanted social scientists to study nuclear technology just as much as he wanted scientists and engineers to study society. This was perhaps another way to foster trust between communities.

Finally, as an ethnic Korean who grew up in Japan, received his education at Tokyo University and Berkeley, and then taught nuclear engineering at both of those universities, one can see that Professor Ahn held a unique position with respect to the Japanese nuclear industry. And it was from this position that he was able to communicate so effectively in the wake of Fukushima. As someone who was both an outsider and an insider—someone who was an expert at an international level but also had intimate knowledge of the Japanese nuclear world and the Japanese language itself—Professor Ahn had the credibility to speak to the Japanese public at a time when people felt they could not trust the government. Losing Professor Ahn, in many ways, means losing that unique perspective. It is for that reason, among the many others I have mentioned, that we here at Berkeley are still grieving for him.

7 カリフォルニア大学バークレー校原子力工学科主催の安先生追悼式典

安先生が亡くなってから3ヵ月後の9月23日、UCB原子力工学科主催のメモリアル・サービスが行われた(図3, 図4)。日本からも参列者がおられたが、本稿筆者の一人でカナダ在住の長崎も参列したので、追悼スピーチとともに式典の様子をここに記して報告する。

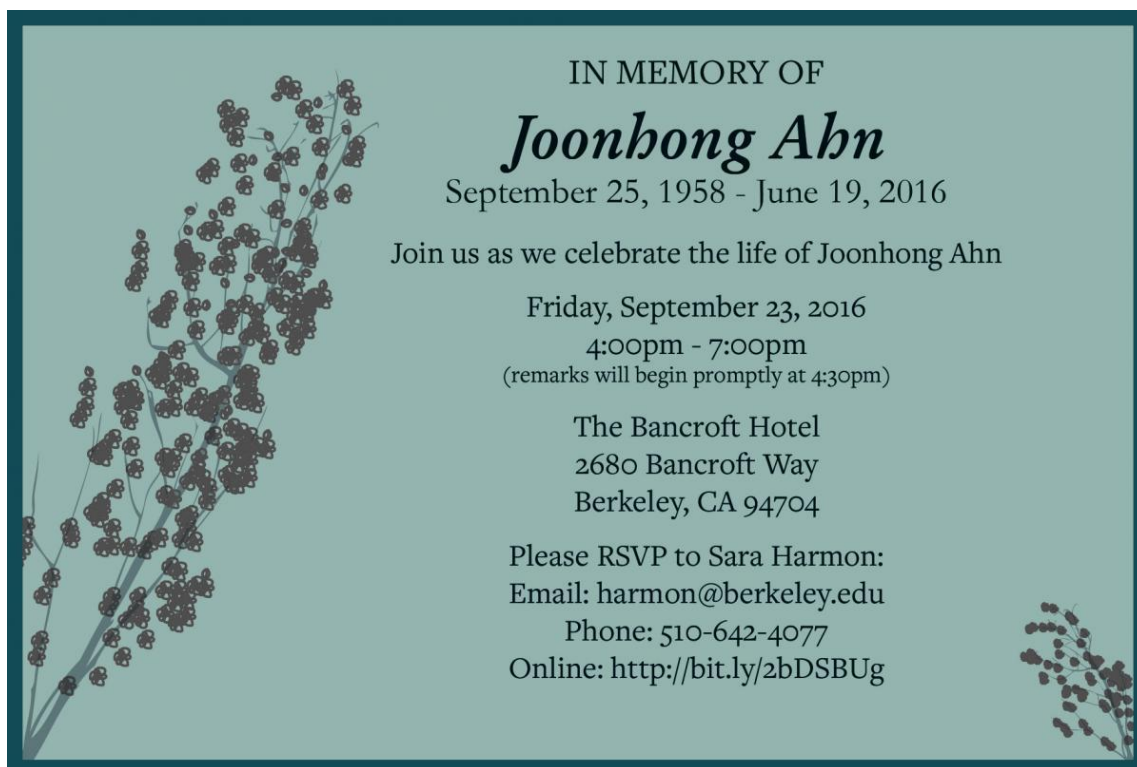


図3 安先生追悼式典の案内

7.1 式典の様子

UCB 原子力工学科主催のメモリアル・サービスが、安先生の奥様とご子息・ご令嬢の出席のもと、2016 年 9 月 23 日（金）に UCB に隣接するバンクロフトホテルで執り行

われた。ちなみに、ご令嬢によれば 9 月 25 日は安先生の 58 歳になるはずの誕生日で、亡くなられた年齢である 57 歳のうちにサービスをということからこの日が選ばれたとのこと。

サービスは、主催者である原子力工学科長のファン・ビバー教授による安先生に対する思い出のほか、学科・大学・学術界への功績などの紹介より始まった。ビバー教授に引き続き、安先生の原子力工学科での長い同僚であって筆頭副工学科長も兼任するピーターソン教授（ビバー教授の前任の学科長で、学科長期の後半は学内外の業務で多忙となったため、事実上安先生が学科長の役割を果たされていた）、安先生と研究でつながりが深かった UCB 日本研究センターのバントロック教授、自宅が近所でまた放射性廃棄物処分に関する研究では技術論のみならず技術と社会との関わりなどについても長く研究をともにされたスタンフォード大学のアイザック教授らから、安先生の人となり、そして実現されてきた、あるいは将来の種として残された研究の重要性、卓越した先見性などが、それぞれの方々の安先生との関わりを通して紹介された。また、安先生が最後まで指導をされた大学院生たちからは、最後まで厳しく的確でしかし個々人の将来を考えての指導を心から感謝したいという挨拶がなされた。なお、今回のサービスに参加できなかった多くの友人たちからは、メッセージという形で思いの聲が学科に届けられ、それぞれのスピーチの間にビバー教授が代読し紹介された。

日本からも何人かの方々が参加された。安先生が学生時代に原子力工学を学び、学位取得後に最初に勤務し、UCB に移籍した後もグローバル COE など様々なプロジェクトを共同して実施された東京大学からは、大学院工学系研究科原子力国際専攻の高橋浩之教授が出席され、光石衛工学系研究科長、石川顕一原子力国際専攻長からのメッセージを代読されるとともに、ご本人の安先生への思い出と感謝のスピーチをされた。

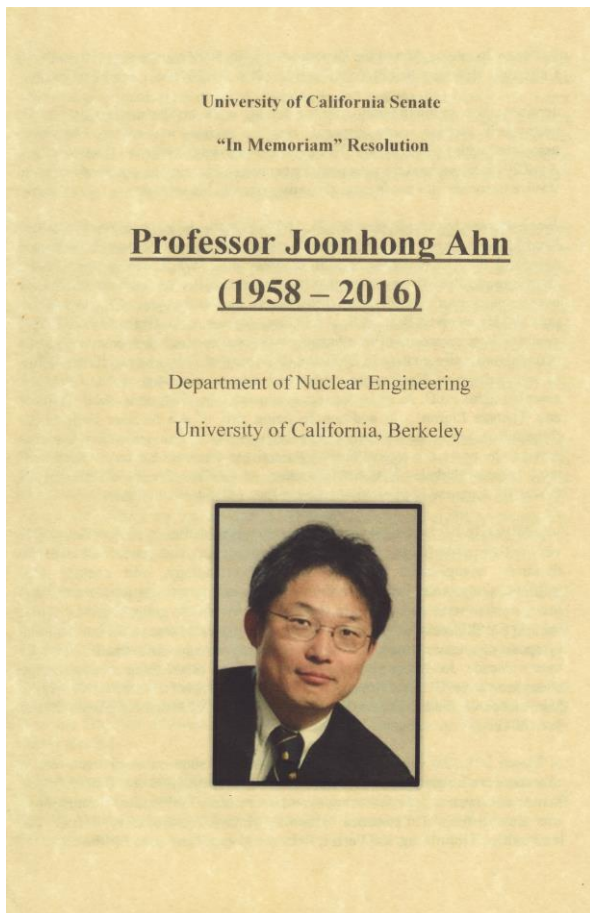


図 4 安先生の追悼式で配られた冊子の表紙

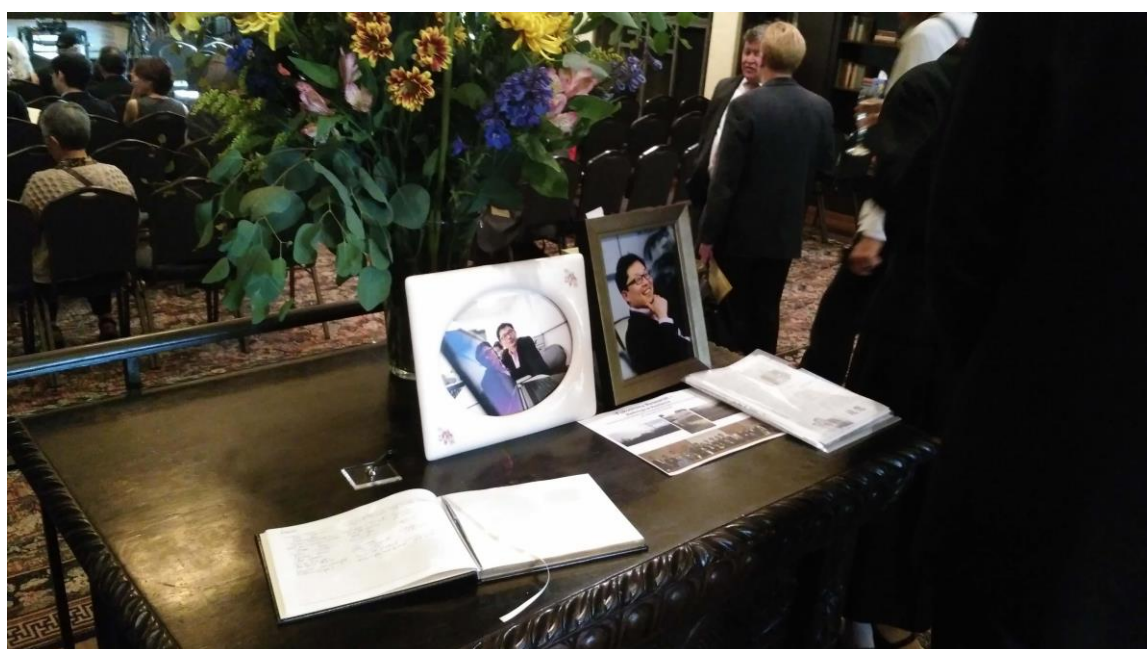


図 5 安先生追悼式の記帳台

サービスには、安先生と親交のあったおよそ 150 名ほどの方々が参加されていたが、UCB 原子力工学科関係者以外の研究者や若い学生たちも多く参加されていて、改めて安先生がいわゆる伝統的な工学の分野を越えた大きな絵を描き、そして新しい研究を展開させようとしていたか、また大勢の次世代を担う人材を育成してきたかを実感できるサービスであった。同時にまた、安先生とともに放射性廃棄物処分の研究を行ってきた者として、安先生の絵をさらに発展させていかねばと気持ちを新たにさせられたサービスでもあった。

7.2 追悼スピーチ

7.2.1 Professor Karl van Bibber, Dr. Jens Birkholzer, and Dana Buntrock

Professor Joonhong Ahn of the Department of Nuclear Engineering at the University of California, Berkeley, died in Kobe, Japan, on June 19, 2016. He was 57 years old.

Joonhong was internationally admired for his work on the nuclear fuel cycle, particularly nuclear waste disposal, and the societal and ethical challenges associated with nuclear power. He was diagnosed with advanced liver cancer in April 2015; throughout his treatment, he continued his relentless pace of work and service to society, the profession, the university, and his students.

Joonhong was born on September 25, 1958, in Osaka, Japan, to a family that had lived in Japan for a century, but was still considered Korean. In time, he became a citizen of the United States, a point of great pride. While still in high school, Joonhong recalled, “I was fascinated by the fact that the nuclear waste issue was not solved or even considered at that time, so I knew that was what I wanted to pursue.” He received B.S., M. S. and D.Eng. degrees at the University of Tokyo, where he later became the first ethnically non-Japanese accorded tenure in Japan’s national university system. In 2009, the University of Tokyo named him a Fellow of the College of Engineering. Joonhong also matriculated at UC Berkeley, completing his Ph. D. thesis in nuclear engineering in 1988, under Paul Chambré and Thomas Pigford. In addition to being part of the nuclear engineering department, where he served recently both as vice chair and head graduate adviser, he was a geological faculty scientist in the Earth Sciences Division of the Lawrence Berkeley National Laboratory, and a core faculty member of the Center for Japanese Studies within the Institute of East Asian Studies.

In addition to his technical research on the nuclear fuel cycle, Joonhong was very active in the field of nuclear power utilization and was concerned with the dynamic engagement between science, technology, and society that influences hopes and failures in the use of nuclear power, generously sharing his expertise with specialists in the field and with the general public. Upon joining the UC Berkeley faculty in 1995, he inaugurated a series of international symposia on nuclear power that rotated through most major Asia-Pacific countries over a decade.

Joonhong also played a key role in establishing an engineering ethics program at UC Berkeley and was the first recipient of a Warren and Marjorie Minner Faculty Fellowship in Engineering Ethics and Social Responsibility, in June 2011. In March 2015, he organized an international workshop on engineering ethics education and engineering resilience, with researchers from the United States, France, and Japan, and the following month the Institute for Resilient Communities was established at Lawrence Berkeley National Laboratory, under the leadership of Joonhong, Kai Vetter, Rebecca Abergel, and Jens Birkholzer.

Joonhong’s research broadly engaged with the entire nuclear fuel cycle, with particular emphasis on mathematical modeling and computational analyses for assessment of geological disposal, safeguards, and radiological safety. He was a leading expert on Asia’s nuclear powers and traveled often to the region, advising governments and industry, and maintaining extensive academic collaborations. After the March 2011 accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, his research converged on the topics of engineering resilience, resilient communities, and the science-technology-society nexus. Between the Fukushima accident and the time of his death a little more than five years later, Joonhong traveled to Japan more than 50 times to lend his expertise to recovery efforts, and to help shape a path forward for safely restarting nuclear power. Japanese-born, but seen as a foreign expert, Joonhong was able to address leaders, policy makers and society at large with an impartiality, credibility, and authority that the nation’s industry and government no longer possessed. His lectures, panel discussions, and interviews were widely followed in the press and television. The 2015 edited monograph which he spearheaded, *Reflections on the Fukushima Daiichi Nuclear Accident: Toward Social-Scientific Literacy and Engineering Resilience*, was a fitting capstone to a courageous career.

In spite of his tireless efforts to bring good out of the Fukushima disaster, Joonhong also found time to contribute to renewal of the “Agreement for Cooperation Between the Government of the United States of America and the Government of the Republic of Korea Concerning Civil Uses of Atomic Energy”, the so-called “123 Agreement”, which was signed in 2015. Although already gravely ill, Joonhong was able to join a December 2015 panel discussion organized by the Consul General of Korea in San Francisco, celebrating this historic cooperation.

Joonhong served on numerous national and international advisory and editorial boards, including the editorial board for the American Nuclear Society journal *Nuclear Technology*, and the Nuclear and Radiation Studies Board of the National Research Council, the executive branch of the National Academies of Sciences. He was named an International Fellow of the Japan Nuclear Cycle Development Institute in 2002. In March 2011, he received the Outstanding Achievement Award from the Division of Nuclear Fuel Cycle and Environment of Japan’s Atomic Energy Society.

A hallmark of Ahn's scholarship in the nuclear fuel cycle, waste management, and nuclear chemistry was his visionary engagement with the social sciences; enduring societal goods could not be attained solely by technical optimization, but by technical progress informed and guided by a deep humanity. Poignantly, it was on the very evening of the final day of the workshop *Resilience: A New Paradigm of Nuclear Safety* which brought together researchers from France, Japan and the U. S., of which he was co-organizer, that Joonhong felt the first abdominal pain that signaled the illness which soon was to claim his life. It was characteristic of him that after his diagnosis he visited his department chair to inquire, completely dispassionately, what he should do with his remaining time to best serve his profession, the university and his students. His treatment was unavailable in the United States, requiring him to return to Japan almost monthly, but he remained cheerful and optimistic. He kept up his teaching, research, and service commitments, generally downplaying the gravity of his situation. Even during his brief final hospitalization, he had one of his Ph. D. students send him his thesis by express mail to Kobe; he was able to complete his editing work and sign the thesis the day before he died.

In 1990, Joonhong Ahn married his wife, Masae, also ethnically Korean and born and raised in Japan. Masae was a graduate of Osaka University of Pharmaceutical Sciences, and worked as a laboratory assistant in the Osaka City University Faculty of Medicine. Currently she is a teacher at the San Francisco Japanese School, and a library assistant in an Oakland elementary school. Their two children are both proud University of California graduates, Taewoo (Physics, Berkeley, 2013), and Jise (Economics and Administrative Studies, Riverside, 2016).

Professor Ahn was predeceased by his father and one brother.

7.2.2 Xudong Liu 君

Good afternoon everyone, my name is Xudong Liu, and I'm speaking here on behalf of the current members of Prof. Joonhong Ahn's research group.

April 2015, Prof. Ahn unexpectedly canceled his trip to the International High Level Radioactive Waste Management Conference. In a later email, he told us to "Have a good presentation and enjoy the conference. Try to meet and talk with as many people as possible. Ask questions. Be confident. You are the most knowledgeable person for the topic you have been working for". We later came to find out that this was our first communication after his diagnosis.

During the following fourteen months, he kept steering our research, continued our weekly group meetings, completed his 22nd year teaching at Berkeley, organized an international symposium for the 70th anniversary of the nuclear age, and hooded Seung Min and me at commencement. In the meantime, he has been actively yet critically studying papers on cancer research. For me, this exemplifies a scholar's unique balance between optimism and critical thinking.

Along with his extraordinary efforts to lead us through difficult times, Prof. Ahn is remembered as a great educator, mentor, and scholar.

He encouraged us to think beyond the "nuclear village" and seek for mutual understandings in different parties. In all courses he taught, he encouraged freethinking about the open questions surrounding the issues of nuclear waste management. In his class titled "Special Topics in Environmental Aspects of Nuclear Engineering", he recommended Dr. Alvin Weinberg's article, "Science and Trans-Science," and suggested we read it "before talking to any social scientists". In the past few years, he co-organized several events with the Center for Japanese Studies, in which scholars from not only science and engineering but also from history, sociology, and anthropology exchanged insights on emerging issues in nuclear energy.

On the other hand, he required his students to focus on the fundamentals of technical issues. From time to time, he told us that we should be scholars rather than activists; or, in his own words, "You will always have chances to do that later". He dismissed over simplistic solutions for complicated issues. Whenever we used a numerical code in our research, he required us to study its theory and method first. He would say, "Don't be just a user. You might be the code's developer in the future".

His questions always touched upon basic physical, chemical, and mathematical concepts. He held a rigorous and uncompromising standard for us while also being extremely patient. He would wait until we figure out the right answer. We have always been curious about how could he be so knowledgeable in so many disciplines. Earlier this week, when we reopened his office and looked carefully at his bookshelves, we saw books from fractal geometry to parallel computing, from electrochemistry to reactor physics. He was always learning, and extended his knowledge into whichever field his research questions led him.

Prof. Ahn's research and teaching styles were strongly influenced by his advisors, Prof. Thomas Pigford and Prof. Paul Chambré, who launched studies on the nuclear fuel cycle and radioactive waste management at UC Berkeley in the 1970s. Prof Ahn carefully maintained the technical notes and reports he inherited from Prof. Pigford and Prof. Chambré and archived some of them in our group website. These documents have significant technical and historical value and we sincerely wish they can be preserved and passed on to the future generations.

Prof. Ahn's death is truly a great loss to all of us. I would like to offer the opportunity for my colleagues Seung Min, Alex, and Milos to share their memories about Prof. Ahn.

Thank you!

7.3 Joonhong Ahn 賞

この原稿を執筆している最中にバークレーから、安先生を知るわれわれには何とも誇らしいメールが飛び込んできた。Joonhong Ahn 賞を設立するというものだ。バークレー

校で原子力工学を専攻し、学術、職業倫理、社会的責任感の点で優れた学生に授与される。原子力の社会との関わりを希求してきた安先生の遺志を継ごうというもので、寄付を介して安先生の遺志を継ぐ学生が育つことを願うことがわれわれにできることのひとつだろう。

Dear Colleagues of Professor Ahn:

We are raising funds for the Joonhong Ahn Award in Nuclear Engineering Excellence for the UC Berkeley Big Give on November 17th.

The Joonhong Ahn Award in Nuclear Engineering Excellence: In memory of Professor Joonhong Ahn, we seek to establish an endowed annual award with a monetary prize to be awarded to a student, decided upon by the faculty, based on academic excellence, professional ethics and social responsibility. Professor Ahn's career embodied these principles and we hope to honor his commitments to nuclear engineering and community.

If you would like to give to this fund, please go to this page on November 17 (give.berkeley.edu/nuclear) and select the Nuclear Engineering Excellence fund on the drop down menu on the giving page and indicate "Ahn Award" in the Additional Details Section (#4)

Matching Donations: Thanks to the generosity of Professor Karl van Bibber, the first \$1000 in donations to the Ahn Award will be matched on November 17th only.

Best Regards,

おわりに

もう何年も前になるが、筆者の中山と長崎は安先生から次のような疑問を投げかけられた。「日本は米国の核の傘の下にある。米国が生産する核兵器の一部は日本のためである。その生産に伴って発生した放射性廃棄物の処理処分費用を日本政府は負わなくていいのだろうか。」中山は答えを持たないし、のちに中山から米国政府関係者に問いかけると「考えたこともない」と笑いながらの答えが返ってくるだけである。その後彼のその問いがどこでどう発展しているかしていないか存じないが、日米の原子力を知った、核燃料サイクル分野に身を置くものだからこそ思いつく問いかと感心した。

経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）が発行する最近の Monthly Report の記事の半分以上、ときにほとんどが decommissioning や waste management の記事で占められている。ほんの数年前まではそうではなかったと思うが、いつの間にか、原子力＝放射性廃棄物の時代になっている。隔世の感がある。

安先生の世代の二つ前の世代は原子力発電を産業に載せ、ひとつ前の世代はバックエンドを含む核燃料サイクルに目を向け、そしてその次の世代で廃棄物の問題を「原子力」という産業を成立させるための一大重要要素として認めさ

せた。そのうねりを作り動かし続けたのが安先生であった。時代を築いた。放射性廃棄物研究会 20 周年の記事で「バックエンドはデッドエンドではない」と言われたとおりだが、デッドエンドでないはまだ実証されていない。

われわれはまだまだ安先生を必要としていた。本当に残念でならない。衷心よりご冥福をお祈りします。

謝辞

4.4 のラップアップに際して松本・東京大学教授より戴いたコメントを踏まえ追記・修正致しました。貴重なご助言に深謝致します。また、47NEWS「地球人間模様」の記事の全文転載を許可してくださった共同通信社に感謝いたします。最後に、学術誌でありながら、本稿のようないささか趣の異なる記事の掲載を受け入れて下さったバックエンド部会および同出版小委員会に感謝いたします。

参考文献

- [1] 長谷川秀一：会議報告「シンポジウム『核燃料サイクル・バックエンドの科学—その研究教育の在り方』」日本原子力学会誌, **58**, p. 43 (2016).
- [2] 松本三和夫：時論「構造災—科学社会学者からのメッセージ」日本原子力学会誌, **58**, p.203-204 (2016).
- [3] 日本原子力学会バックエンド部会：バックエンド部会 20 周年 特集 記事, **11**, p. 67-96 (2005), <http://nuce.aesj.or.jp/jnuce/vol11/Jnuce-Vol11-2-p67-96.pdf> (2016 年 11 月 16 日).