

「原子力安全 研究グループ」評価報告書案

原子力安全 Gr 古田一雄

1. 研究の背景と目標

21 世紀の社会が求める価値として「開発・発展」という従来の価値にかわる新しい価値観として「安全」が重視されるようになる中で、JCO 臨界事故が社会のみならず原子力界に与えた衝撃はきわめて大きく、その教訓を生かして原子力安全の再構築を行うことが迫られている。しかしながら今日、原子力安全をとりまく問題は伝統的な安全工学の範囲を超えて非常に複雑多岐に及ぶようになり、その全体像を把握することが非常に困難になりつつある。さらに、原子力発電所誘致やプルサーマルの是非に関する住民投票が行われて話題になるなど、原子力利用にあたっては社会的受容・認知の問題を避けて通れない状況にあるが、ここでも安全・安心が最も大きな論点となっている。

このように、今日の原子力安全はむしろ社会的領域でさまざまな問題をかかえており、推進・撤退のいずれの立場を採る場合においても関連知識の社会的共有と合意形成、技術的安全のみならず社会的安全も考慮に入れた原子力安全システムの正しい評価が不可欠である。本研究では、原子力安全に関連する諸課題を構造化、体系化した原子力安全オントロジーを構築し、関連知識の社会的共有の基盤を形成するとともに、従来の安全工学で扱われてこなかった組織的・社会的リスクマネジメントシステムを対象とする設計評価手法の開発、リスクコミュニケーションのための知見蓄積と支援技術開発によって、原子力安全の社会技術論的問題の解決に貢献しようとするもので、以下に掲げる 3 点を最終的な目標として実施するものである。

- 1) 包括的原子力安全概念の構築に必要な価値基準と技術開発項目の抽出・整理
- 2) 組織的リスクマネジメント、社会プログラムの有効性評価技術・支援技術の開発
- 3) 原子力に関する望ましいリスクコミュニケーションのあり方を提言

原子力は大量の放射能を扱うという特殊性ゆえに、その安全は他の産業分野よりも厳しい基準を要求されることが多く、実際に原子力開発は安全に細心の注意を払って進められてきたといえる。しかし、原子力安全を一般的な安全から遊離した特殊な世界と扱うことには合理的根拠がなく、大いに疑問である。東京電力のシュラウド問題に見るように、非現実的な規範を放置することがかえって安全を脅かす結果となることもあり、他分野との比較を行い一般安全との整合性を図る必要がある。また、原子力において培ってきた安全に対する考え方や技術を普遍化し、安全・安心が問題となりつつある他分野での問題解決に活用することも必要である。そこで、ミッションプログラムにおいて原子力安全に関する研究を行うことは、基本的安全概念の他分野との共有と普遍化を行う上で極めて有意義であると考えられる。

2. 研究体制

関連分野の若手研究者を常勤のポスドク研究員で採用するとともに、サブテーマに直接関連

する社会システム工学、安全学・ヒューマンファクター、高レベル廃棄物処分、防災の各分野の専門家を非常勤メンバーに加えている。さらに、正規メンバーではないが原子力安全委員会、原子炉メーカ、電力会社などから随時参加者を招聘し、助言を求めて原子力安全の現場の意見を反映するように留意している。

サブテーマごとに月に1回程度内部で開催する分科会で研究の進捗を管理するとともに、外部講師を招聘しての研究会を不定期に開催している。ただし、助言・評価組織的な常設の委員会は特に設けていない。

(氏 名)(所属・職位)(専門分野)(常勤又は非常勤)(分 担)

古田一雄、東京大学・教授、認知システム工学、非常勤、研究統括および全体研究

尾暮拓也、社会技術研究システム、認知システム工学、常勤、安全情報共有

菅野太郎、社会技術研究システム、認知システム工学、常勤、危機管理システム

木村 浩、社会技術研究システム、原子力社会工学、常勤、原子力社会受容

大森良太、科学技術政策研究所、原子力社会工学、非常勤、原子力社会受容

氏田博士、エネルギー総合工学研究所、認知システム工学、非常勤、原子力社会受容

田中 博、電力中央研究所、原子力工学、非常勤、廃棄物処分安全

横山速一、電力中央研究所、原子力工学、非常勤、廃棄物処分安全

八木絵香、社会安全研究所、社会安全学、非常勤、危機管理システム

3．期待される成果と進捗状況

3 - 1 原子力安全の体系化と情報共有

原子力安全の影響因子と課題分野を抽出し、原子力安全に関する基本概念を網羅、体系化した原子力安全オントロジーを構築する。つぎに、オントロジーを活用した情報検索エンジンなど、原子力安全に関する情報を社会的に共有するための基盤技術を開発する。インターネット上に蓄積された原子力安全情報から、非専門家を含む利用者の要求に即した情報を効率的に検索、閲覧できるようなポータルサイトを開設して公開する。

これまでの成果(50%)

1) オントロジーオーサリングツールの開発

原子力分野などの技術的分野に関して異なるコミュニティ同士がコミュニケーションをとるときには、基本概念の体系を共有することが必要であると考えられる。この概念体系の構築の問題をオントロジー構築の問題ととらえてオントロジー構築支援ツールを開発し、原子力安全分野のオントロジー構築を通じてこのツールの有用性を確認した。

2) 原子力安全オントロジーの構築

書籍、ハンドブック、安全規制のための指針や基準、学会の領域分類などを参考に、原子力安全に関する諸概念を分類する従来の体系を調査し、その多くが対象設備、学術専門領域、あ

るいはその組み合わせによって構築されていることを明らかにした。これに対して、原子力以外の一般安全の分野で用いられている分類との比較とシステム安全学的考察を行うとともに、安全専門家の意見を聴取することによって、原子力以外の分野にも適用可能で、かつ安全に関する広範囲の課題領域を網羅可能な原子力安全オントロジーを構築した。このオントロジーは、安全一般に関する重要概念を明示するとともに、技術システムと管理システムで構成される複合システムが環境中で機能するというシステム思考に基いており、非専門家に安全の基本原則を理解してもらうための基盤になると期待される。

3) 分野特化型の情報検索エンジンの開発

原子力に関する専門的文書はインターネット上に散在していて体系的な整理がなされておらず、利用する上で不便である。また専門用語を十分に把握していないとキーワード検索サービスによる検索を行いづらい。そこでインターネット上で図書館の司書と同様な文書検索支援を実現するために、オントロジーを利用してユーザーが興味を持つトピックに関連する文書の検索を行うシステムの開発を進め、検索エンジン部分の実装を完了した。

3 - 2 危機管理システムの評価手法と支援技術

異常事態発生時における適切な危機管理体制の確立を目的とし、事業者、周辺住民、防災専門官、地方自治体、中央政府、など多様な関係主体を単位にエージェントとしてモデル化した緊急時行動シミュレーションシステムを開発する。つぎに、特定の緊急時シナリオを対象に、危機管理システムのパフォーマンスを評価し、優れた危機管理システムについての知見を得る。完成したシミュレーションシステムは、立地点自治体などの関係者に公開する。

これまでの成果(50%)

1) 緊急時対応の組織行動シミュレーションシステム

原子力災害対応における人間・組織の緊急時行動シミュレーションシステムの開発を行った。本システムは、分散オブジェクト仕様である CORBA 上に各人間・組織単位にエージェントとしてモデル化、実装し、各エージェントのインタラクションによって緊急時行動を模擬する人間・組織シミュレータと、シミュレーション結果をわかりやすく提示するビュアから構成される。各エージェントは環境や他エージェントと情報・リソースを交換しそれに基づいて対応行動を決定する。対応行動の規範として平成 13 年度茨城県原子力防災訓練のシナリオを実装し、本システムを用いてシミュレーションを行った結果、本システムを用いることによって緊急時行動を再現することが可能であり、ビュアを用いることで緊急行動の内容が明瞭に示せることを確認した。

2) 緊急時住民行動の定性モデル

原子力災害時の住民行動特性を検討するために、段階的に災害が拡大し警報や避難勧告が発令されて予防的に避難措置がとられるような自然災害・一般事故に関する 57 件の文献を対象に

事例分析を実施し、緊急時の住民の思考や行動を抽出することにより、行動特性に影響を与える要因について整理した。その結果から、情報入力、状況判断、意志決定の3段階で構成される原子力災害時における住民行動定性モデルを構築した。本モデルは、情報入力（情報入力の可否、理解度、信頼度）に影響する要因として情報属性（情報内容、情報頻度、媒体、発信源）、状況判断（危険性の認知、不安）に影響する要因として受け手の属性（性別、年齢、家族構成、災害への知識、過去の経験）、さらに意志決定（情報行動の有無、避難行動の有無）に影響する要因として環境状況（時間帯、天候、季節）から構成される。

3 - 3 原子力の社会的受容・合意形成過程

社会シミュレーションや社会調査によって、原子力の社会的受容や組織文化の形成に関するダイナミクスと、これらに影響を与える認知構造や要因についての知見を得る。社会的合意形成過程のモデルに基づき、情報通信技術を活用して合意形成を積極的に支援するための技術を開発し、合意形成支援環境を開発する。得られた成果は望ましいリスクコミュニケーションのあり方についてのハンドブックや、知的電子会議システムなどのツールとして公開する。

これまでの成果(40%)

1) 原子力社会受容の認知構造

人々が原子力の社会的受容性に関する問題に対して判断を行う際に、人々の居住地域や原子力に関する知識量によって、その判断に影響を与える原子力認知要因がどのように異なるのかを分析した。具体的には、電力消費地域の3地域と電源地域の2地域において原子力に関するアンケート調査を実施したのち、収集データを回答者の居住地や知識量に着目して分類し、各分類における「原子力政策に対する賛否」および「原子力発電所の立地に対する態度」に影響を与える要因を比較した。その結果、両問題について、回答者の居住地域によって判断に影響を与える要因に違いが見られ、さらに、その違いは知識量によって埋められていないことが示された。

2) 原子力受容に関する世論形成のダイナミクス

原子力に対する世論の形成プロセスを、原子力情報の社会構成員による認知、交換、伝播過程とみなし、マルチエージェントモデルにより定式化した。つぎに、社会ネットワーク構造、個人の認知心理的效果、メディアの特性等が原子力世論のマクロ的分布に及ぼす影響についてシミュレーション解析を実施した。一般公衆間の意見交換と所属コミュニティからの影響を考慮した結果、マクロ的な原子力好感度の定常状態を得た。また、ネットワーク結合度が大きいほど、所属コミュニティからの影響は小さくなり、さらに、原子力好感度が近いものどうしが結合しやすいという効果を導入すると、全体の原子力好感度の混合が進まない傾向が観察され、Slovic らによって指摘された認知心理的效果を再現できることを確認した。

3) 合意形成過程の概念モデル

実際に行われた政府系委員会 3 例の会議発言録を発言スキーマの概念を用いてプロトコル分析し、手段目標階層で表される協議空間を用いることが合意形成過程の把握に有効であることを示した。さらに異なる事例の分析結果の比較から、合意形成過程に見られる共通パターンを抽出して、合意形成過程のモデルを構築した。本モデルにおいて、合意形成過程は発散的意見表明、初期合意の探索、説得または妥協、合意の具体化の 4 段階で構成されており、分析対象の 3 事例は何れもこのモデルを 3 様に特定化したものとして説明できることがわかった。このようなモデルが、効率的合意形成を支援する手法の開発の基礎を提供するものと期待される。

4) 立場の可視化機能や知的支援機能を備えた電子会議システム

電子会議を用いた合意形成における参加者の発言内容や会議の進行に対する理解を深め、円滑な合意形成を支援するために、各種支援機能を組み込んだ電子会議システムを開発した。まず、会議モデルとして意見空間を提案し、この意見空間を使って参加者の立場をインタフェース上に外化しながら会議を行うシステム PODS を開発し、実験会議の結果から本方式が参加者相互の立場理解を促進する効果があることを確認した。つぎに、発言録の特徴を踏まえて、話題ブロックごとに要約を行う手法、特徴語から各発言者が興味を持つ話題を抽出する手法、語の共起グラフのクラスタリングにより話題を抽出する手法を提案し、会議参加者に会議の話題と要約を提示する機能を有する電子会議システム TSS を作成した。本システムは、他の既存の要約システムに比べて被験者が作成した評価用重要文により近い結果を与え、会議発言録の自動要約手法として有効であることを確認した。

3 - 4 放射性廃棄物処分安全の社会的受容性

社会的受容性の観点から放射性廃棄物処分に関する諸概念について、段階的処分プログラムや回収可能性に関する海外の取組みについて比較調査し、我国の処分計画についての提言を行う。また、処分計画に関する社会合意形成を支援するために、ネットワークコミュニティが自由に利用できる廃棄物処分性能評価システムを備えた電子会議システムを開発し、サイトを一般に公開して運用する。

これまでの成果 (30%)

1) 段階的アプローチの検討

高レベル放射性廃棄物の地層処分に対する公衆の理解を促進する可能性のある、段階的アプローチを中心としたプロセスについて諸外国の考え方を調査し、その特徴を把握した上で我が国への適用可能性について検討した。段階的アプローチの進め方が具体的に示されているスウェーデンの事例では、原子力発電を行なう現世代と行なわないことになっている次世代の責任を定義した上で、実証段階の導入を含む処分シナリオを決定することになっている。このような進め方は国民の意見を取り入れる透明性を基盤の 1 つとしており、したがって、我が国においても開かれたコミュニケーションが重要であること、また、諸外国のプロセスをそのまま適

用するのは難しいとしても参考すべき点は多いことがわかった。

2) 参加型性能評価システムの設計

本研究では、高レベル放射性廃棄物処分について、広範な利害関係者が多様な視点から性能評価を実施し協議することで、その合意形成を支援することを目的とした、インターネット上で自由に利用することのできるオンラインオブジェクト指向性能評価システムの構築を目指している。そのために、他分野において技術的な内容を公開している既存のWEBサイト調査およびテストユーザへのインタビュー調査を行い、本システムにおける適切なコンテンツの検討・多様な情報やデータの適切な可視化手法・インターネットを介した協議と作業の履歴を表示するための手法の3点をシステム要件として整理し、それらの要件を踏まえて構築すべきシステムの設計を行った。

4. 研究交流活動

1) 研究会

平成13年11月16日

平成13年12月14日

平成14年2月24日

平成14年6月5日

平成14年7月10日

平成14年10月31日

2) ワークショップ

平成14年2月1日開催

平成15年10月24日開催予定

5. 成果の自己評価

安全確保のためには、工学システムや社会制度などを個別に設計するのではなく、対象をハードウェア、ソフトウェア、人間、組織、社会を含む複合システムととらえてリスクを評価し、リスク情報に基づく合理的な意思決定を可能にする包括的リスクマネジメント技術が不可欠である。しかし純粋技術的な安全工学に比較すると、組織・社会的リスクマネジメント活動や安全・安心の基礎となるべき社会合意形成を対象とした体系的方法論の研究はあまり行われていない。本研究プロジェクトでは、安全情報の社会的共有、危機管理システムの設計、原子力の社会的受容と合意形成、廃棄物処分の社会的受容について研究を行い、これまでの成果として基本的知見を得るだけでなく設計評価技術、支援技術の開発を行っており、包括的リスクマネジメントの社会的実装のための基盤を整備できたと考える。今後、開発された要素技術を完成、統合化するとともに社会的実装を行うことによって、初期の目的は達成できるものと考えている。

また、ミッションプログラムの他の分野との交流を通して、他分野の知見の活用と原子力で

培われた概念、技術の普遍化が進んだことも大きな成果である。原子力安全オントロジーの構築においては、他産業や人文社会系分野と従来の原子力安全における安全の考え方の異同を確認したことが大きく役立っている。化学プロセス安全、地震防災の分野では原子力安全、原子力防災との共通点が多いこと、法システム、社会心理、失敗学には原子力における問題が典型的な研究対象事例を提供し得ること、逆に言えばこれらの分野の成果が原子力安全に有効であることが明らかとなった。以上のように、原子力安全は決して他分野の安全から遊離した特殊なものではなく一般安全概念の上に成り立つべきものであることが確認されたことは、ミッションプログラムの一分野として原子力安全研究を実施した意義は大きいと考えられる。

6．今後の研究計画

1) 原子力安全の体系化と情報共有

作成した原子力安全オントロジーを用いて、ネット上に公開された安全情報を検索するシステムを作成し、検索実験を行って性能確認を行う。またこれと平行して大規模コーパスを利用したオントロジーの改良支援研究を行う。さらに検索システムと意見交換用の掲示板を備えた原子力安全情報に関するポータルサイトを公開し、その利用実績の分析から安全情報の社会的共有がもたらす影響を評価する。

2) 危機管理システムの評価手法と支援技術

これまでに開発したシミュレーションシステムに住民モデル、交通流モデルを組み込み、住民避難シミュレーションができるように拡張する。また、既存のエージェントについても、より状況依存の思考が考慮できるようにヒューマンモデルを高度化する。さまざまな防災活動シナリオについてシミュレーションを行い、システムの有効性検証を行うとともに、立地点自治体などにシステムを提供して意見を反映する。

3) 原子力の社会的受容・合意形成過程

社会調査の結果得られた公衆の原子力受容認知構造をモデル化した社会シミュレーションを行い、現実の原子力受容に関するダイナミクスを解明する。その結果から原子力リスクコミュニケーションのあるべき方向に関する提言を、ハンドブックのような形で整理する。合意形成支援技術については、課題4で開発する参加型評価システムに反映する。

4) 放射性廃棄物処分安全の社会的受容性

これまでに調査した諸外国の現状を参考に、我国における廃棄物処分計画の進め方に関する提言をとりまとめる。また、ネットワークから利用できるオンライン処分場性能評価システムを開発し、課題3で開発された合意形成支援技術と組合せて参加型評価システムを構築する。この参加型評価システムを一般に公開し、試験運用を通して改良と有効性確認を行う。

7．成果発表

研究論文

- 古田一雄, 社会的合意形成過程の認知システム工学的分析によるモデル化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 4[3], 181-188 (2002).
- 川口 晃, 古田一雄, 中田圭一, 立場表明のための視覚的インタフェースを備えた電子会議システム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 5[2], 243-249 (2003).
- 木村 浩, 鈴木篤之, 原子力の社会的受容に影響を与える因子の探索 - 東京都杉並区の調査結果 -, 日本原子力学会和文論文誌, 2[1], 68-75 (2003).
- 木村 浩, 古田一雄, 鈴木篤之, 原子力の社会的受容性を判断する要因 - 居住地域および知識量による比較分析 -, 日本原子力学会和文論文誌, 2[4], (2003) (印刷中) .
- 木村 浩, 古田一雄, 鈴木篤之, 居住地域、性、知識レベルに着目した原子力認知構造の分析, 日本原子力学会和文論文誌 2[4] (2003). (印刷中) .
- 木村 浩, 古田一雄, 原子力政策の賛否を判断する要因は何か 居住地域および知識量に着目した比較分析, 社会技術研究論文集, Vol.1 (掲載予定) .
- 古田一雄, 前原基芳, 高島亮祐, 中田圭一, 知的支援機能を備えた電子会議システム, 社会技術研究論文集, Vol.1 (掲載予定) .

国際会議

- Omori, R., Multi-agent simulation of public opinion on nuclear energy, Proc. Int. Conf. Gaming and Simulation, p.112, Edinburgh, August (2002).
- Furuta, K., and Nakata, K., Analysis of Consensus Development Process on Risk Relevant Social Decision, Proc. 6th Int. Conf. Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM6), Elsevier, 1255-1260 (2002).
- Furuta, K., Socio-Technological Study for Establishing Comprehensive Nuclear Safety System, Proc. 11th Int. Conf. Nuclear Engineering (CD-ROM), Tokyo, 2003.
- Furuta, K., Ogure, T., and Ujita, H., Nuclear Safety Ontology - Basis for Sharing Relevant Knowledge among Society -, 1st Int. Symp. Systems and Human Science for Safety, Security and Dependability, Osaka (2003)(accepted).
- Kanno, T., Morimoto, Y., and Furuta, K., Development of a Simulation System of Emergency Response in Nuclear Disaster, 1st Int. Symp. Systems and Human Science for Safety, Security and Dependability, Osaka (2003)(accepted).

国内学会

- 古田一雄, 原子力安全のための社会技術研究 () - 全体概要と合意形成過程のモデル -, 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H21
- 八木絵香, 首藤由紀, 原子力安全のための社会技術研究 () - 原子力災害時の住民行動定性モデルの構築 -, 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H22
- 横山速一, 田中博, 蛭沢重信, 原子力安全のための社会技術研究 () - 高レベル放射性廃棄物

の処分プロセスと社会的合意形成 - , 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H23

木村浩, 鈴木篤之, 原子力安全のための社会技術研究 () - 原子力に関する認知構造 - , 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H24

大森良太, 原子力安全のための社会技術研究 () - 原子力世論のマルチエージェントシミュレーション - , 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H25

矢作英幸, 鈴木篤之, 原子力安全のための社会技術研究 () - HLW 処分における安全性提示の基礎的概念 - , 2002 年日本原子力学会秋の大会予稿集, H26

尾暮拓也, 古田一雄, 原子力安全のための社会技術研究 () - オントロジー構築支援ツール「OntStar」の開発と利用 - , 2003 年日本原子力学会春の大会予行集, I35

菅野太郎, 森本祐介, 古田一雄, 原子力安全のための社会技術研究 () - 原子力災害における緊急時行動シミュレータの開発 - , 2003 年日本原子力学会春の大会予稿集, I36

木村浩, 古田一雄, 原子力安全のための社会技術研究 () - 原子力政策の賛否を判断する仕組み - , 2003 年日本原子力学会秋の大会予稿集, M14

古田一雄, 原子力安全のための社会技術研究 () - 知的支援機能を備えた電子会議システム - , 2003 年日本原子力学会秋の大会予稿集, M15

氏田博士, 古田一雄, 柚原直弘, 組織過誤の分類とソフトバリア概念の提言, 第 12 回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, 67-70 (2002).

氏田博士, 柚原直弘, 安全学の構築に向けて - 組織事故とシステム思考, 電気通信大学 情報システム学シンポジウム第 7 回「信頼性とシステム安全学」 (2003).

国内研究集会

古田一雄, 原子力安全システムの総合的設計, 第 2 回社会技術研究フォーラム, 2002 年 3 月 12-13 日, 東京

古田一雄, 原子力安全のための社会技術 - 防災システムと合意形成の話題を中心に - , 第 16 回「シンビオ社会研究会」研究懇話会, 2002 年 6 月 6 日, 京都

古田一雄, 原子力安全のための社会技術, 2002 年ヒューマンマシンシステム研究夏季セミナーテキスト, pp.58-69, 2002 年 7 月 25-26 日, 湯布院

古田一雄, 緊急時対応における組織行動のシミュレーション, 第 4 回社会技術研究フォーラム, 2002 年 3 月 12-13 日, 東京

木村浩, 居住地域および知識レベルが原子力の社会受容に与える影響, 2003 年ヒューマンマシンシステム研究夏季セミナーテキスト, pp.80-89, 2003 年 7 月 24-25 日, 湯河原

古田一雄, 安全性に係わる社会問題解決のための知識体系の構築, 2003 年 12 月 19-21 日, 東京 (予定)

ホームページ

<http://diras.q.t.u-tokyo.ac.jp/>