

リスク部会セッション

自然災害のリスクに着目した原子力防災 — 学際的活動と人材育成 —

Nuclear Emergency Preparedness focusing on natural disaster

- Interdisciplinary activities and human resource development -

(1) 自然災害リスクに対応する災害情報システムについて

(1) Disaster information system for natural hazard risk

*山田 博幸¹¹一般財団法人 電力中央研究所

1. はじめに

本報では、著者が関わった防災研究に係る公開文献[1]～[8]に基づき、自然災害リスクに対応する災害情報システムの研究開発事例について述べる。著者の一般防災研究との係わりは以下の研究プロジェクトである。

- ・旧日本原子力研究所（以下、「旧原研」という）：耐震安全・防災フロンティア研究[1]
- ・旧防災科学技術研究所地震防災フロンティア研究センター（EDM: Earthquake Disaster Mitigation Research Center）（以下、「旧 EDM」という）：大都市大震災軽減化特別プロジェクト[2]、他

著者が従事した防災研究におけるシステム開発では、災害時に情報支援が必要な自治体、中小事業者や住民等をエンドユーザーと想定し、被災住民や防災実務現場の声を反映することに最も重点が置かれた。

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波による東京電力福島第一発電所の事故による原子力災害が、日本社会が初めて原子力災害に伴う長期避難を経験し、多くの教訓を共有した事象である。

原子力災害に関する情報は、メディアによる報道や、国や学会などの事故調査報告等により、人々の目に触れた。原子力のリスクという観点では、実際に被災された方々を除けば、原子力災害を自身の生活に結び付けたリスクとして、具体的にイメージできている人々は、現在でも少数に限られていると思われる。

おそらく原子力と日頃あまり関わりのない人々の多くは、「原子力災害」＝「怖い」という感情が漠然とした思いであると推察される。Rosling は、コロナ禍で再度世界的に着目されている著書の中で以下のように述べている[3]。「人の目は自然と『恐ろしいもの』に吸い寄せられてしまう。世界は実際の姿よりも恐ろしく見えてしまうという本能が『恐怖本能』であり、恐怖に囚われると、事実を見る余裕も無くなってしまう。しかし、確実にリスクがある『危険』なことと違い、『恐怖』はリスクがあるように『見える』だけである。リスクは『危険度×頻度』で決まるため、恐ろしさは無関係であることを知った上で、リスクを正しく計算することが恐怖本能の制御につながる。」

原子力防災を実効的にするためには、自然災害及び原子力災害のリスクを地域情報（Fact 情報）と結び付け、我が事としてリスクを捉えることで自助を高め、加えて、一般防災と同様に公助と共助を有機的に連携させることが肝要であろう。

本報では、1995 年の兵庫県南部地震を契機に取り組みされた一連の防災研究に着目し、リスクに対応するための情報システムの概念、次いで、地震防災研究として、旧原研で実施された耐震安全・防災フロンティア研究について紹介する。加えて、旧 EDM における一般防災への展開及び地震と原子力災害の複合災害に関する災害情報システム（防災情報システム）の研究開発事例を紹介する。

2. 災害時に適用可能な地域管理情報システムに関する研究

2-1. RARMS の概念と基盤技術

現在の防災行政や防災研究では、既に共通認識として捉えられている「災害時と平常時の連続性」の重要性に着目し、兵庫県南部地震における神戸市長田区での災害復旧支援活動を通じた徹底した現場主義の研究

*Hiroyuki Yamada¹¹Central Research Institute of Electric Power Industry

から生み出された地域管理情報システムのあるべき概念が、RARMIS（Risk-Adaptive Regional Management Information System/リスク対応型地域管理情報システム）[4]である。RARMIS は、平常時と災害緊急時の連携、空間情報の時間管理及び分散した自律システムにより、相互参照/共有化の機能を構築することにより、地域管理（日常業務の行政サービス）情報システムの中にリスク（将来生じる災害等）への対応機能を組み込むことで、平常時と災害等の緊急時の機能が障壁なく連携する情報システムの概念である。

RARMIS 実現の要件を表 1 に、概念図を図 1 に示す。

表 1. RARMIS 実現の要件[3]

緊急対応支援システムの 必要条件	アプローチ	観点
平常時に使用していること	✓ 災害時と平常時の 連続性	運用上の 特徴
専 門 家 で な く と も 使 用 で き る こと		
可搬型であること	✓ 自律分散協調型 システム	技術的な 特徴
複数システム間での 情報統合が可能であること		
最新の地域データベースを 構築できること （時々刻々と変化する地域 情報を蓄積管理）		
低コストで実現できること	✓ 空間データと時 間情報の統合 ✓ 公開型時空間 データ構造 ✓ 位相構造の動的 処理	

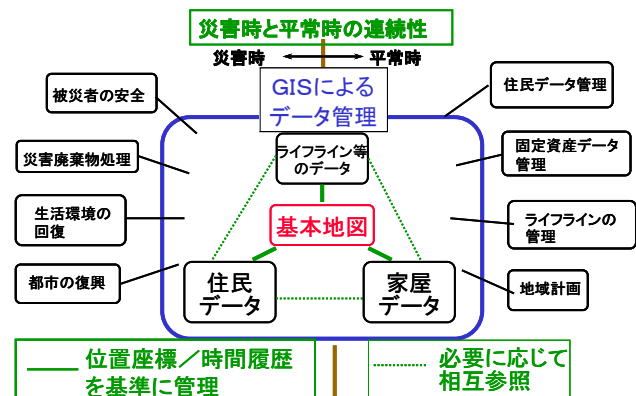


図 1. RARMIS の概念図[3]

また、RARMIS の概念を具体化する基盤技術として、時空間地理情報システム(DiMSIS: Disaster Management Spatial Information System) [5]が開発された。DiMSIS では、緊急時の効率的な情報共有を実現するために、公開型の時空間データ構造（カーナビゲーションシステムの国内デファクト標準化されているデータ構造の源流となる技術）により、デジタル地図と対応する座標系を併せ持つ空間データとして関連行政データを管理し、属性の変化に対応してオブジェクトごとにデータをリアルタイム更新する仕組みを実現している。また、行政システムで一般的なデータの関係構造を記述する Relational Database とは異なる位相構造を動的に処理するデータベース構造により、分散管理されたデータを必要に応じて相互参照することを実現している。

この基盤技術により、図 1 に示す基本地図上の住民データ、家屋データ、ライフラインデータ等を必要に応じて相互参照し、平常時から災害時の事象や地域管理データを位置座標と時間履歴を基準に管理することができる。これにより、住民データは、被災者の安否確認や安全確保、固定資産データは、り災証明書発行や災害廃棄物処理、ライフラインデータは、災害復旧業務などで利用することができ、必要に応じて、被災前、被災直後及び復旧過程の情報を相互参照することで、効率的な災害情報処理を行うことができる。

2-2. RARMS に基づく防災研究

RARMIS の概念は、京都大学他多くの大学主体による防災情報処理に関する研究の礎となった。また、国の研究機関における実践的な適用研究として、文部科学省の委託事業「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」において、旧 EDM 川崎ラボラトリーにおける 2004 年中越地震の自治体復旧業務支援[6]等に適用された。

3. 耐震安全・防災フロンティア研究

1995 年 1 月 17 日に発生した阪神・淡路大震災を契機に、旧科学技術庁は、総合的地震調査研究を推進するため、1996 年度から「地震総合フロンティア研究」を開始した。旧原研は、耐震安全・防災研究として、確率論的地震リスク研究及びリアルタイム地震防災研究を担った。リアルタイム地震防災研究では、地震情報緊急伝達システムが開発された。

3-1. 地震情報緊急伝達システムの構成・機能

図 2 に、地震情報緊急伝達システム（以下、「旧原研システム」という）の構成を示す。基本システムは、自治体が必要とする地震情報・災害情報処理を遠隔地から支援する。応用システムのエンドユーザーは、地域防災の重要な担い手の自治体や中小事業者を想定し、日常業務で災害対応に必要な情報を更新するとともに

にバックアップを図ることで、災害時に必要な情報処理のロバスト性を確保するものとされた。

a. 基本システム

プロタイプシステムによる機能実証のために、旧原研東海、那珂、大洗の3サイトに地震計が設置された。地震観測データをリアルタイムで伝送し収集した地震動波形に基づき、全データの収集を待たずに震源パラメータ及び断層パラメータを推定し、対象サイトの地震動分布を推定する機能。加えて、Web上で推定した情報をユーザーへ発信する機能が構築された。震源情報推定手法は、防災科研との共同研究により実装されたもので、現在の緊急地震速報の技術とも繋がるものである。

b. 応用システム

応用システムでは、地図空間上において、基本システムが扱う地域の地震動分布等の被害推定情報と地域情報とを連携させることとし、亀田ら[3]による兵庫県南部地震における神戸市長田区での災害復旧支援活動を通じて得られた知見に基づき、以下の機能が要件とされた。①地震災害のみならず他の自然災害での利用を前提とした連携機能、②エンドユーザー（自治体等）との連携・支援機能、③災害緊急時にシームレスな防災情報処理を実施するための平常時・緊急時両用機能、④広域連携を実現する自律分散情報協調機能（バックアップ機能）と可搬機能（モバイルPCの活用）、⑤公開型データベースによる他関連システムとの連携機能、⑥自治体窓口業務での地域情報の日常更新を可能にする時空間情報処理機能、⑦地震動分布、地震被害推定機能、⑧実運用を考慮した複数自治体の共同運用、専門知識を有するリタイア層（シルバー人材）活用による24時間支援機能。

当時、旧原研の研究担当者が、同システムの概要を米国連邦緊急事態管理庁 FEMA（Federal Emergency Management Agency）の職員に紹介したところ、次のようなコメントをいただいた。「FEMAのシステムは、高価で維持が大変であり、フットワークが必ずしも良くない。将来はPCを用いた廉価で可搬型のフットワークの良いシステムが中核となるであろう」。

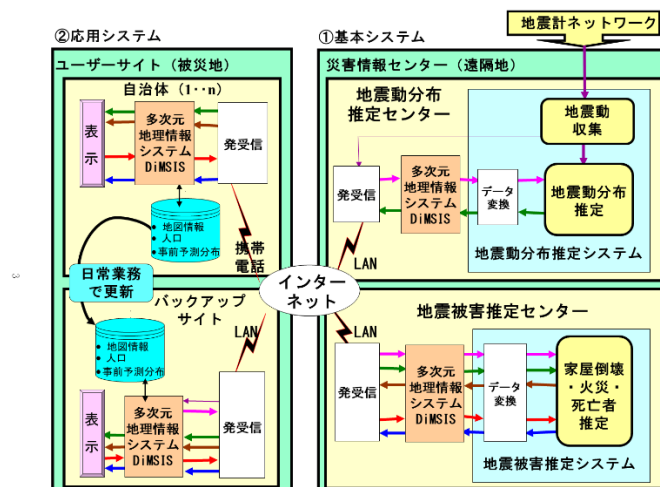


図2 地震情報緊急伝達システムの構成[2]

3-2. 旧原研システムの実装の考え方

図2に示す地震時の情報処理では、自治体の日常業務の範疇を超えた知識と技術が要求される。そこで、複数の自治体等のエンドユーザーを被災地外から支援する災害情報センターが、平常時には、地震動分布や地震被害推定手法の高度化、地域防災計画との調和・改善等を支援するものとされた。プロトタイプシステムとして開発された旧原研システムは、神戸市長田区の防災訓練に供された。そこでは、旧原研東海に災害情報センターを置き、防災訓練の時間軸で双方向情報伝達により、被害推定に関する情報支援がなされた。

当時のシステム開発では、原子力施設の地震防災に役立つことを念頭に方法論の検討がなされ、技術報告として、本学会に投稿されている（蛭沢他、2002）[7]。文献中では、以下のとおり記述されている。

「原子力プラントを対象とした地震リスク評価において、外部電源喪失事象が、重要な事象として挙げられている。この事象は、プラント敷地外の電力網からの電源の確保等に関連するものである。そこで、広域

に設置された電力網が地震によってどのように被害を受けるかの推定に開発したシステムを活用できると考える。同様に、敷地内のプラント施設への活用も可能と考える。(中略)プラント、災害情報センター及び行政サイト間での刻々変わる現場情報に基づく情報の双方向伝達は、事象の進展を緩和する上で効果的な役割を果たすものと考えてる。」

4. 一般防災と原子力災害が連携する情報システムに関する研究

旧 EDM において、旧 JNES の委託研究として、2005 年度より、大地震後のプラント健全性評価・情報伝達システムに関する研究開発が行われた[8]。当時、原子力施設は、見学等の機会を除けば知る機会も少なく、地域住民からは、とかく隔離された閉鎖的な場所とみなされがちであった。この研究では、大地震によって、原子力施設、周辺自治体が同時に被災影響を受けた際に、相互の情報連携や相互支援により減災に繋げる観点で、地震による原子力災害が発生した際の避難所での安否確認や避難所からの避難輸送に着目した防災情報システムの開発が行われた。同システムにおける発災後の時間軸による情報伝達のイメージを図 3 に示す。

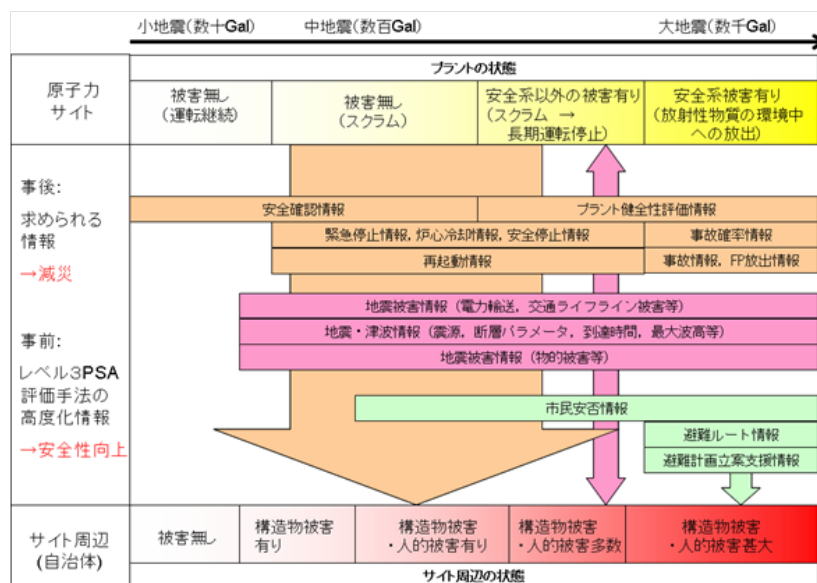


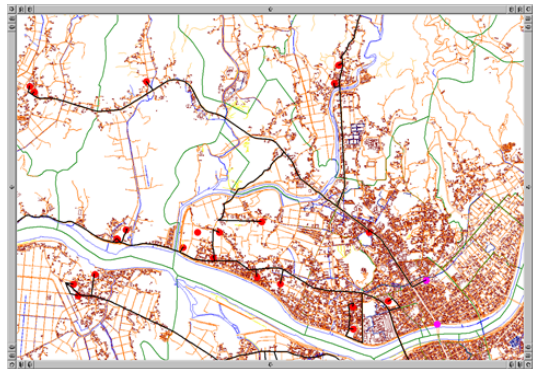
図 3. 発災後の時間軸による情報伝達のイメージ[8]

当時の防災指針（原子力施設等の防災対策について）では、自治体の任務として、「災害対策基本法、原子力災害対策特別措置法等に基づいて原子力防災計画の作成、防災資機材の整備、防災訓練等を実施することにより、緊急時の活動が円滑かつ有効に行われるよう普段から準備すること」とされていた。しかしながら、自治体職員の多くは行政職であり、数年に一度の異動と限られたマンパワーから、緊急時に必要となる一般防災と原子力防災の専門的な知識に基づく災害情報処理を実施することは、難しいと考えられた。

原子力防災について、特に自然災害に起因する外部事象による炉心損傷事故を想定すると、プラントが被災した際には、周辺地域も同様に被災することが想定される。しかしながら、当時の原子力防災の取り組みでは、「設計の想定を超える大地震や大津波で起こる事故では、そもそも周辺地域では避難できない程被害が甚大となる状況であるため、防災は有効に機能しない。」「原子力災害が発生したら、遠くに逃げなければいけない。」という 0（ゼロ）/1（イチ）的な思考も耳にした。

これに対し、原子力施設のリスク評価では、地震や津波のハザードレベルに応じた事故シナリオによる炉心損傷や格納容器機能喪失の頻度が評価されている。ハザードレベルによって、事故シナリオは異なり、プラントの損傷状態も異なる。外的事象 PRA では、条件付き炉心損傷確率にハザードを乗じて、炉心損傷頻度が算出される。ハザード曲線が変わらなければ、安全対策により、相対的にプラントリスクが高くなるハザード領域が変化し、地域への影響についても変化（より安全になる）するものと考え、原子力施設と自治体等の災害対応関係機関の平常時から緊急時のシームレスな情報共有に着眼したシステム開発がなされた。

同システムには、様々な地震規模を想定し、周辺地域の道路・橋梁等の被害推定結果等と自治体が管理する避難所情報を連携させ、放射性物質の放出情報、避難場所・車両配置等を考慮し、当時原子力防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲とされた EPZ（Emergency Planning Zone）内から EPZ 外（1 次避難所から 2 次避難所）までの最短ルートや避難輸送計画を算定し、周辺住民の避難に有無による影響評価に資する機能（平常時における防災計画の実効性の検討や避難に係るリスク評価に資する機能）などが構築された。



		輸送開始予定時刻: 2007/02/15-12:15:00										輸送完了予定時刻: 2007/02/15-14:45:00									
避難所番号	車両台数	12:15		13:15		14:15		15:15		16:15		17:15		18:15		19:15		20:15		21:15	
NK001	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
NK002	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
NK003	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
NK004	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
SR001	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
SR002	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
SR003	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
SR004	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
NM001	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
NM002	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
NM003	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

図3 地震被害を考慮した避難ルート（左図）・避難車両毎の運行計画（右図）イメージ[8]

5. まとめ

本報では、自然災害と原子力災害の複合災害に着目した災害情報システム（防災情報システム）に関する学際的活動に関して、著者らが関わった取り組みに関して紹介した。

原子力発電所の安全性向上が住民の自分事の安全や安心と結びつくよう、自然災害に対するプラントのリスクと周辺地域のリスクに対する共通理解を得るため、平常時から緊急時に亘り、国、原子力事業者、自治体及び住民間が透明性のある情報共有を実現することで、信頼の醸成につなげる取り組みが重要であろう。

信頼と共通理解が得られれば、原子力災害に対する防災対策についても、「事故=遠くへの避難」との不安が支配する解釈とならず、プラントの状況に応じた的確な防災行動が合理的に理解されることにつながることを期待できると考えられる。

以上の取り組みを具体化することに資する、原子力施設のリスク情報と地域のリスク情報や FACT 情報を統合的に共有・理解する際のツールとして活用できる災害情報システムの構築と活用が望まれる。

参考文献

- [1] 地震情報伝達研究特別チーム：地震情報緊急伝達システムの研究開発の進捗、JAERI-Tech 2000-063, 日本原子力研究所, 2000.9.
- [2] 大都市大震災軽減化特別プロジェクト: <https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/gaibu/ddt-all/index.html>
- [3] Rosling Hans, Rosling Ola, Rosling Ronnlund Anna, 上杉周作/関美和（訳）: FACTFULNESS-10 の思い込みを乗り越えデータを基に世界を正しく見る習慣、日経 BP, ISBN 9784822289607, 2019.
- [3] 亀田弘行：リスク対応型地域情報管理システム（RARMIS）による災害マネジメント，平成 10 年度～平成 11 年度科学研究費補助金基盤研究（B）研究成果報告書, 2000.
- [5] 畑山満則，松野文俊，角本繁，亀田弘行：時空間地理情報システム DiMSIS の開発、GIS-理論と応用，Vol. 7, No2, pp.25-33, 1999.
- [6] 山田博幸，古戸孝，角本繁：新潟県中越地震での自治体復旧業務支援における情報課題解決による減災に関する実証研究，地域安全学会論文集，No.7, pp87-96, 2005.
- [7] 蛭沢 勝三，久野 哲也，柴田 勝之，大井 昌弘，堀内 茂木，阿部 一郎，都筑 和久：地震情報緊急伝達システムの研究開発，日本原子力学会和文論文誌，pp.177-190, 2002.
- [8] 山田博幸，古戸孝，角本繁，蛭沢勝三：大地震後のプラント健全性評価・情報伝達システムの整備:2. 減災のための自治体情報処理、日本原子力学会 2007 年秋の大会予稿集, 2007.