令和４年度土木学会全国大会　研究討論会

リスク情報を活用した原子力防災への取り組みに向けて

(4)TiPEEZを用いた原子力防災の取り組み
- 実践例-

2022年9月12日

佐藤 栄一　新潟工科大学教授
山田 博幸　新潟工科大学特任教授・（一財）電力中央研究所

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

内容

1. はじめに
2. 研究の背景
3. リスク対応型地域管理情報システムの概念
4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点
5. 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究
6. おわりに

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

1. はじめに

本発表では、リスク情報を活用した原子力防災への取り組みの進展に 資する観点で、地域住民・自治体の協力を受けた原子力防災に関する取り組みで事例として、「地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)」の適用研究（以下、「本研究」）についてご紹介する。

新潟工科大学　原子力耐震･構造研究センター

◆ 新潟工科大学における原子力防災研究

新潟工科大学 原子力耐震･構造研究センター（原子力施設の耐震安全の研究を推進するとともに、研究成果の集積と国内外への発信及び人材の育成･輩出に資するために2009年に設立）

～研究活動成果～

原子力耐震安全研究委員会
第1回（2009.12.24）～第7回（2014.02.10）

https://www.niit.ac.jp/NSSRC/summary.html

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

2. 研究の背景

- 新潟工科大学原子力耐震･構造研究センターでは、中越沖地震及び東北地方太平洋沖地震、津波及び福島第一原子力発電所事故で顕在化した情報伝達の課題・教訓を踏まえ、原子力安全基盤機構（現原子力規制庁）と協働し、耐震安全に関する情報伝達に関する研究を実施

- 原子力安全基盤機構/国際原子力機関（IAEA）が開発したTiPEEZ※の原子力災害対策への適用に係る知見の国際的共有に貢献するため、2013年に国際原子力機関（IAEA）国際耐震安全センター（ISSC）の特別拠出金事業（EBP）にDonner Instituteとして参画

※TiPEEZ : protection of nuclear power plants against tsunami and post earthquake considerations in the external zone
（参考文献[1]）

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3. リスク対応型地域管理情報システムの概念

➢ 本研究の源流：被災地に根ざした実践的研究

兵庫県南部地震（1995）における神戸市長田区での京都大学亀田教授（現名誉教授）の研究グループによる災害復旧支援活動を通じた、**徹底した現場主義の研究**（参考文献[2]）

- 「災害時と平常時の連続性」の重要性を提唱
- 減災に寄与する地域管理情報システムのあるべき姿を探求
- 災害復旧支援活動の中で求められる情報システムを開発

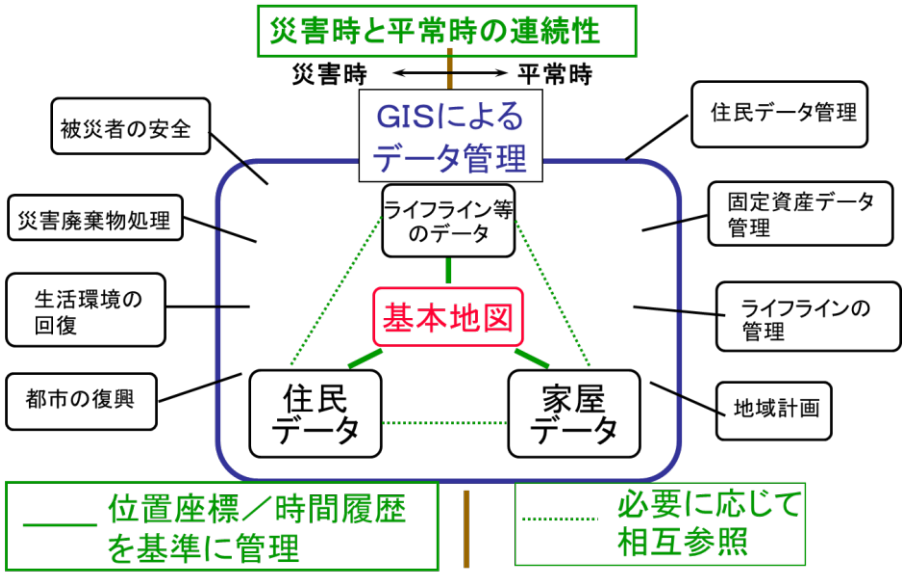
© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

3. リスク対応型地域管理情報システムの概念

➢ RARMIS概念

◆ **リスク対応型地域管理情報システム**: RARMIS（Risk-Adaptive Regional Management Information System）**概念（参考文献[2]）**

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



図． RARMIS**概念による地域情報管理**
（引用 参考文献[2]）

表． RARMIS**実現の要件（参考文献[2]）**

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）	✓ 空間データと時空間情報の統合 ✓ 公開型時空間データ構造 ✓ 位相構造の動的処理	
低コストで実現できること		

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ 時空間情報処理の必要性

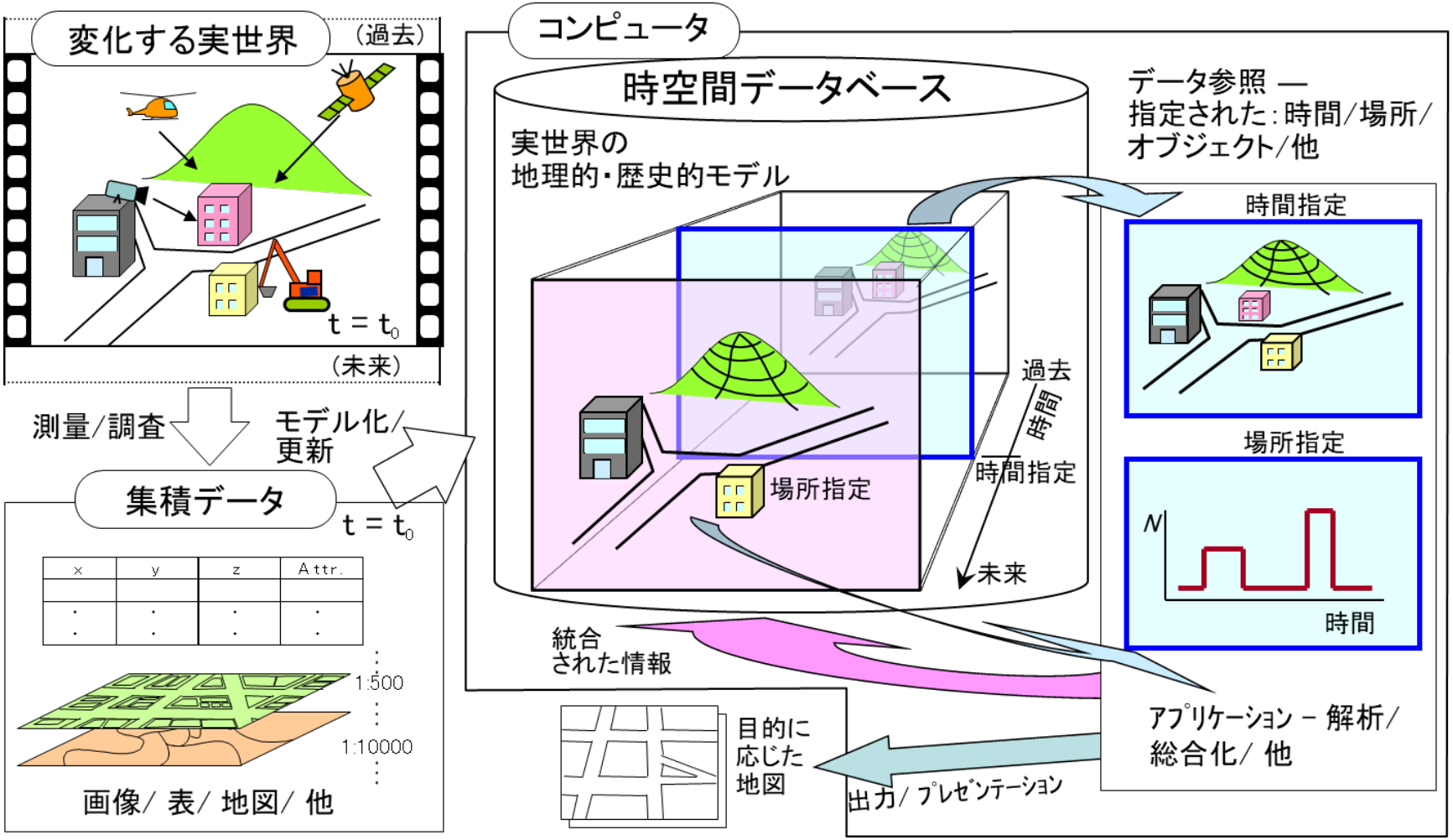


図. 時空間地理情報システム(DiMSIS: Disaster Management Spatial Information System)
の概念図（引用 参考文献 [3]）

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ 平常時と災害緊急時の連続性の考慮

- 災害時に住民（被災者）支援に必要な情報は、自治体が日常業務で取り扱う情報と、現場情報（平常時～災害緊急時に移り変わる地域情報）
- 下図 ◎ 部は、国や専門的知見・技術を有する機関の役割

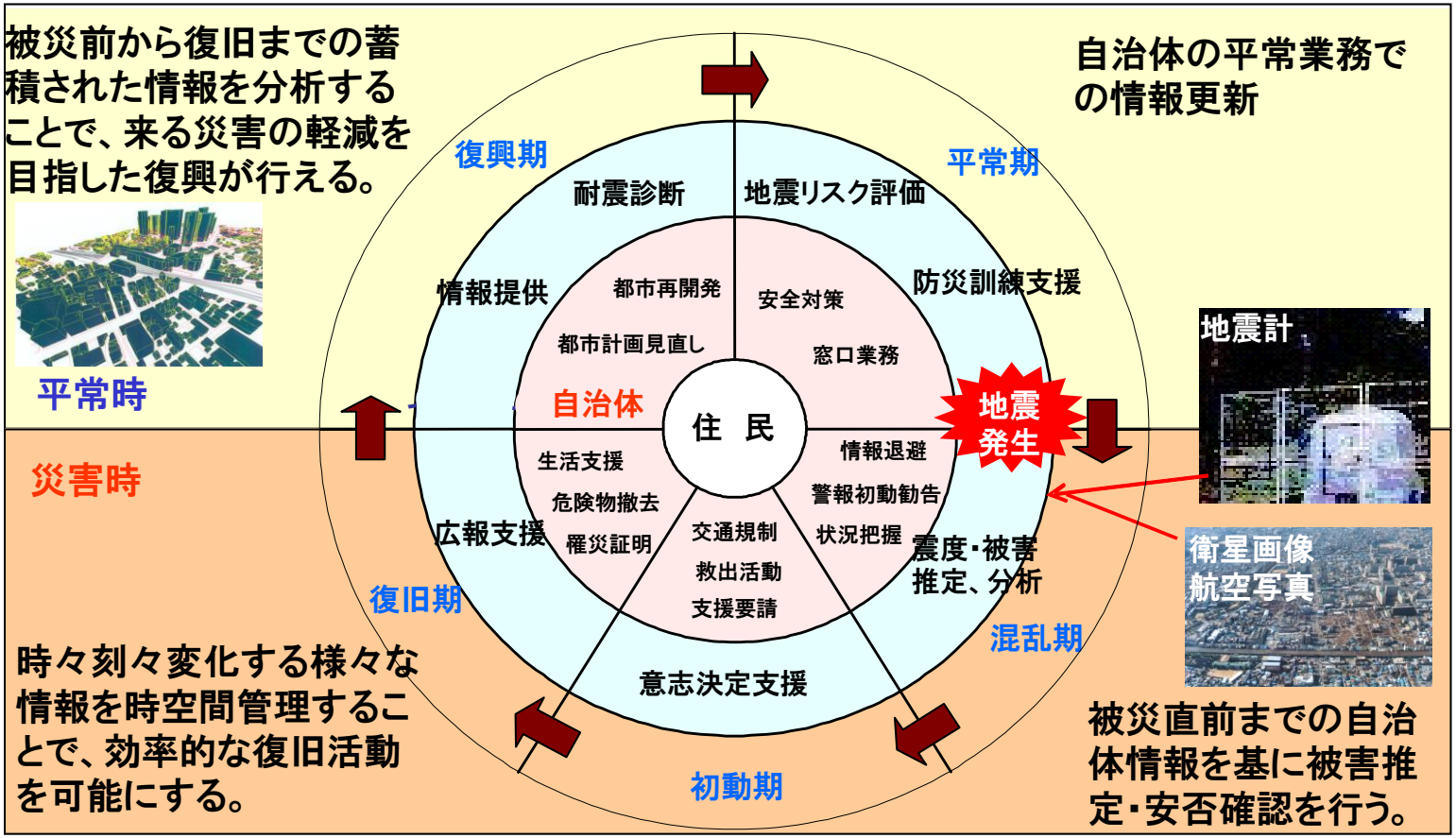


図. 平常時と災害時の輪廻（地震災害のイメージ）

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ 原子力事故シナリオのハザードレベルの違いによる影響の考慮

- 複合災害としての原子力防災では、ハザードレベル（発生頻度）とハザードレベル毎に異なる事故シナリオを考慮する必要がある。

設計基準レベル前後のハザード領域

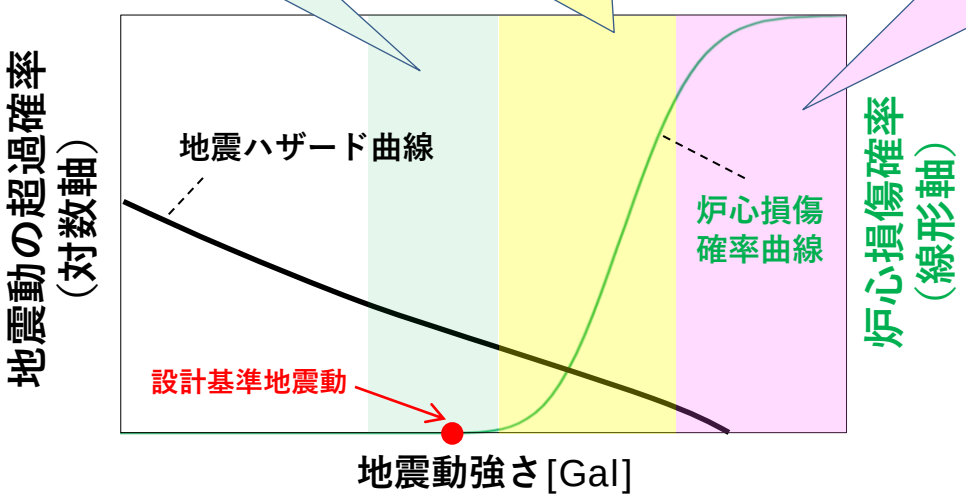
原子炉は、地震計からの加速度高信号によってスクラムする。その後、プラントの状態を速やかに確認の上、迅速に周辺住民等に伝達される。

設計基準レベルを超えるハザード領域（10条事象～）

安全上重要な設備が機能喪失し炉心損傷の可能性がある。シビアアクシデント対策により、放射性物質の環境中への放出シナリオの割合は小さいが、放出されるシナリオも考慮される。

設計基準レベルを大きく超えるハザード領域（～15条事象）

炉心損傷しシビアアクシデント対策によっても、放射性物質の環境中への放出による周辺住民の避難が必要となる事故シナリオの割合が大きい。



原災法10条事象（施設敷地緊急事態）
- 原子炉冷却材の漏洩
- 全ての交流電源喪失（5分以上継続）、など

原災法15条事象（全面緊急事態）
- 全ての非常用直流電源喪失（5分以上継続）
- 非常停止の必要時に全ての原子炉停止機能喪失
- 敷地境界線量空間線量率5μSv/h（10分以上継続）、など

図．プラントの地震リスクプロファイルと防災との関係（概念図）

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ 複合災害としての原子力防災における住民避難支援

- 住民対応を行う自治体職員のマンパワーは限られることから、支援が必要

住民安否情報、被災・避難情報

自治体における一般的な災害情報処理

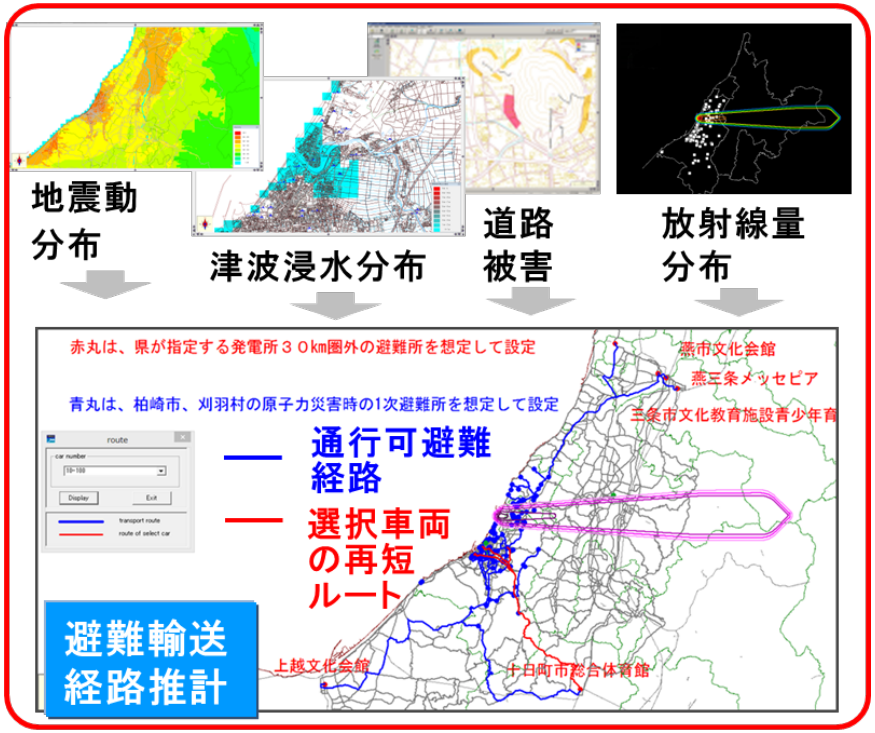
◆ 手作業による情報の整理・分析

◆ 紙ベースの地域情報の管理

透明シート
- 住民安否情報
- 避難経路
- 線量分布
- 津波浸水分布
- 地震動分布

地図

求められる災害情報処理支援



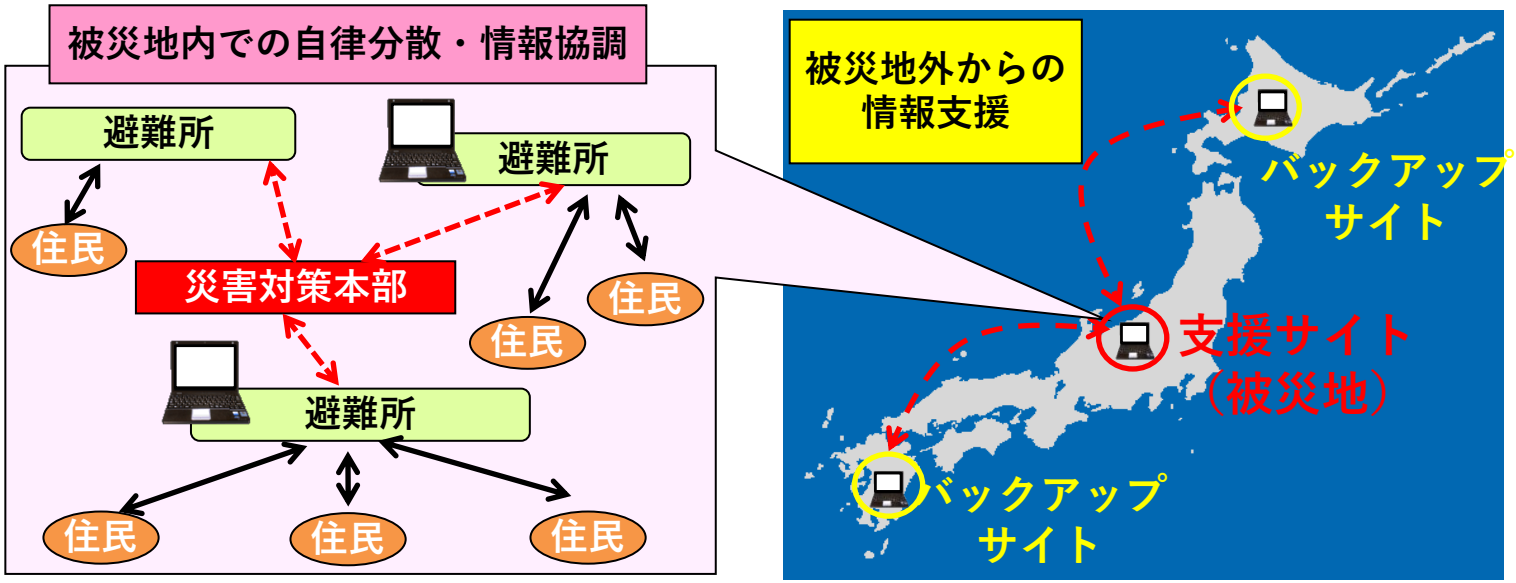
平常時：計画策定、訓練　**緊急災害時**：住民避難支援・復旧復興業務支援

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ 原子力災害における情報支援のロバスト性確保の考慮

自律分散・情報協調機能	・個別システムは、自律的且つ差分更新（時刻歴情報を保持）による情報協調 ・使用可能な手段（インターネット、携帯電話回線、衛星回線、記録メディア輸送等）使える手段で確実な情報共有と情報連携 ・被災地外のバックアップサイトによる広域支援（全機能喪失を回避）
可搬型機能	・モバイル端末で稼働（各端末は、基本データを有しオフラインでも稼働可） ・電源の確保、被災時の機材の代替が容易。低廉な運用コスト
公開型DB構造	・データ構造、インターフェイスを公開し、他機関のシステムと障壁無く連携（既往の他システムを排除せず互助・共存、情報共有のプラットフォーム的役割）



図．災害時に確実に災害対応を機能させるための自律分散・情報協調イメージ

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

4. リスク論で考える複合災害・原子力防災の要点

➢ TiPEEZの開発・適用における性能要件

① 地震・津波等外的事象と原子力災害との複合災害
② 原子力災害と地震以外の事象（津波・洪水・火山等外的事象）との連携
③ 事故シナリオの地震動強さの違いによる考慮 ➡ 複合災害対応の具体化
④ 原子力関連機関、周辺自治体、関連機関との連携 ➡ 広域連携の具体化
⑤ 平常時・緊急時両用機能
⑥ 自律分散・可搬機能（バックアップ機能）
⑦ 公開型データベース構造（他システムとの連携） ➡ 緊急時に確実に機能させるための基盤技術
⑧ 時空間情報処理機能（自治体窓口業務での自動更新情報の活用）
⑨ 地理情報管理機能 ➡ 緊急時必須の住民・地域情報の管理
⑩ 道路・橋梁被害、放射性物質の拡散挙動、避難経路の推定機能 ➡ 現地情報が不足した状況での対応の具体化
⑪ 実運用体制（複数自治体の共同運用、24時間体制、地域力活用） ➡ 継続した運用と緊急時に備える具体的枠組み

関連特許：旧日本原子力研究所（現JAEA）・京都大学

緊急時及び平常時両用機能と情報の時空間及び自律分散管理機能を有する災害情報システム及びそれによる被害の推定方法（特許公開番号： 特開2002-324288）

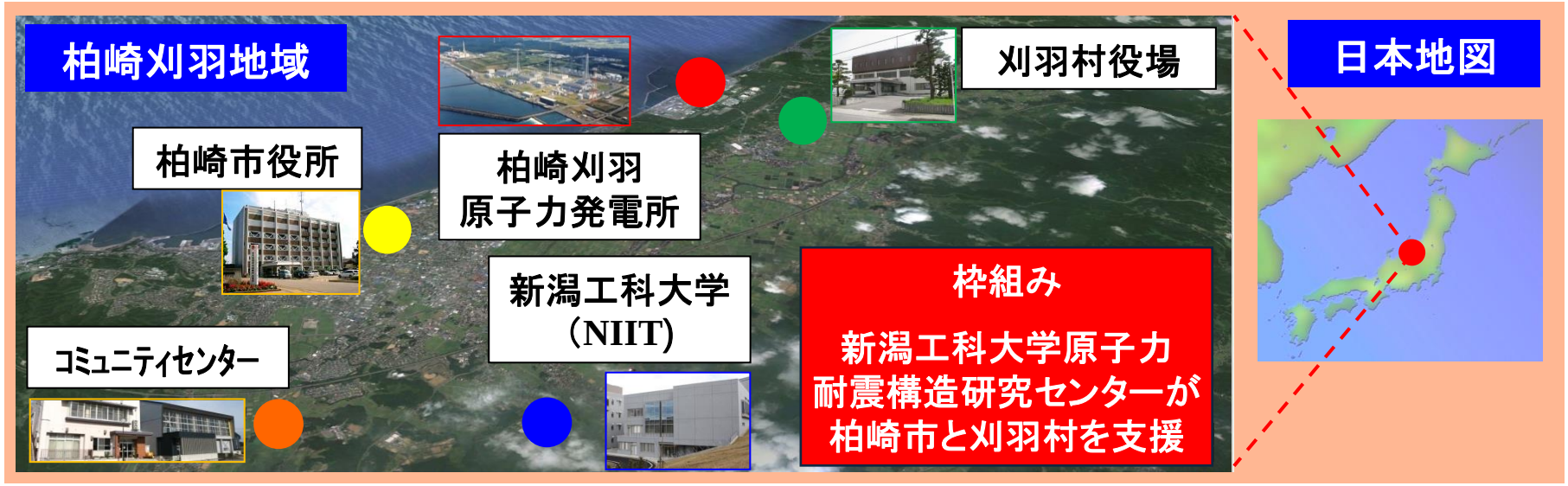
© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

5. 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究

➢ TiPEEZの適用研究～住民・自治体参加によるデモンストレーション～

◆ 目的

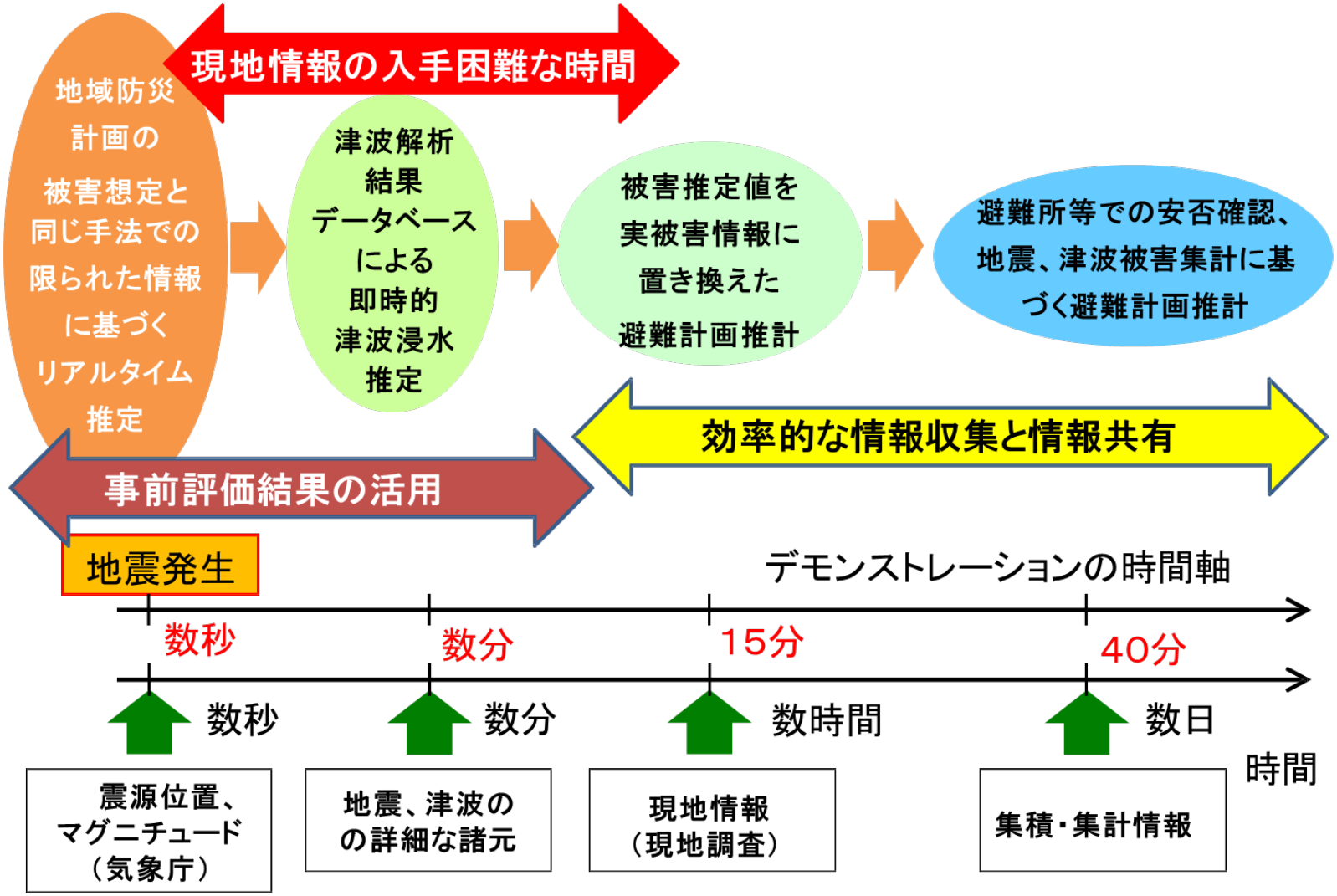
地域の大学が中核となり市町村を支援する枠組みとTiPEEZの諸機能の活用を盛り込んだデモンストレーションを実施し、市民よりTiPEEZの適用に関する意見を得る。



© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

5. 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究

➢ デモンストレーションの時間の推移と情報処理の流れ



© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

5. 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究

➢ 地域住民・自治体職員など地域ニーズに寄り添う適用検討と高度化

- 原子力災害時に被災地における防災・減災の実働主体となる地域住民・自治体職員の声を反映した例

自治体職員（第1回）：

✓ 原子力防災計画の修正に活用したい。

✓ 避難輸送ルートの渋滞推定機能を追加要望する。

⇒避難時間推計機能追加

消防署職員（第2回）：

✓ 地震/津波による橋梁被害推定の精度を高めて欲しい。

⇒橋梁フラジリティ評価手法改良

地域の会*の委員（第3回）：

✓ 国や県と連携し、住民にとってより実効性あるものにして欲しい。

✓ 防災訓練等で活用し、日頃から運用に慣れて欲しい。

✓ 要援護者への対応

⇒要援護者安否確認機能追加

*柏崎刈羽原子力発電所の透明性を確保する地域の会

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

5. 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究

➢ 地域住民・自治体職員など地域ニーズに寄り添う適用検討と高度化（続き）

デモンストレーションに対するアンケート

アンケート回答数：58人
アンケート回収率：82%（58/71人）
内訳（地域住民48人、自治体職員等10人）

■ TiPEEZに関するアンケート結果例

質問（抜粋）
「平常時には、住民データの時間更新や地域の最新データに基づく防災計画及び防災訓練の高度化が必要になります。**平常時の活動にご参加のお考えはありますか。**」

⇒ 回答（右図外側グラフ）

質問：防災訓練の参加経験（内側円グラフ）
TiPEEZの平常時活動への参加（外側円グラフ）
回答数：市民４７人

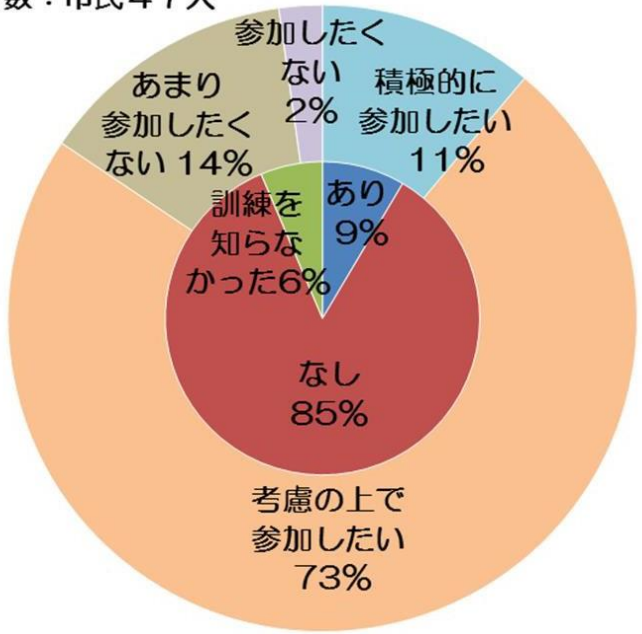


図. 参加者の防災に対する意識

◆後日、電話で寄せられた、刈羽村住民の声

「新潟工科大学で開催された市民公開講座に参加しました。その中で、TiPEEZシステムの御紹介があり、こんなに役に立つものがあるのかと非常に感激しました。」

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

5. 地震･津波等外的事象に対する原子力災害対応システム(TiPEEZ)の適用研究

➢ 地域のステークホルダーとの協働による防災力向上

- 原子力複合災害に関するイメージの共有（一般防災と原子力防災の連続性の認知）
- 被害推定技術の防災実務活用（地震・津波）の意識向上
- 減災に向けた住民等の意見（ニーズ）の抽出と国や自治体等の施策への反映
- 地元メディアへの丁寧な繰り返しの説明によるメディアのリテラシー向上

（マスメディアによる防災情報の的確な地域へのブロードキャスト）

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

6. おわりに

- 本研究では、国・都道府県の視点である事前対応を重視した災害対応機関別の分権的・多元的対応の考え方と自助が重視される一般防災の考え方の乖離を埋め、複合災害時の主たる対応者である「住民」・「自治体」に対し、平常時と災害緊急時をシームレスに支援するための要件に関する示唆を得た。

- 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に基づく防災・減災を実現するためには、原子力防災に関わるステークホルダーによる複合災害を想定した平常時から緊急時に亘るシームレスな具体的取り組みが継続的に行われることが重要と考えられる。

- 本研究の研究代表者（佐藤）は、現在、（公財）柏崎原子力広報センターの原子力アドバイザーとして、柏崎・刈羽地域の住民に対する出前講座、県・市・村等の行政職員、消防団員に対する防災研修などを通じて、地域防災への取り組みを継続している。

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

参考文献

[1] 独立行政法人原子力安全基盤機構, 地震・津波等外的事象に対する原子力災害対応システム（TiPEEZ）の適用に関する手引き, JNES-RE-2013-2031, 2014.

[2] 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.

[3] 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.

© NIIGATA INSTITUTE OF TECHNOLOGY