

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2007～2011

課題番号：19101007

研究課題名（和文）

巨大複合災害とその減災戦略

研究課題名（英文）

Catastrophic Compound Disasters and Their Disaster Reduction Strategies

研究代表者

河田 恵昭（KAWATA YOSHIAKI）

関西大学・社会安全学部・教授

研究者番号：10027295

研究成果の概要（和文）：地震・津波・台風・原子力災害等の同時的発生により、被害が巨大化し、復旧・復興が困難になる巨大複合災害の発生シナリオを検討した。自然科学の観点からは、複数地震の発生や都市域の津波氾濫、地震と高潮の複合時の被害拡大過程を、社会科学の観点からは、リスク感やリスク情報に対する人々の反応、少子高齢時代の復旧復興、首都における複雑な問題構造、各自治体の対応状況を明らかにし、複合災害への対策提言を行った。

研究成果の概要（英文）：We studied the scenario of simultaneous occurrence of several hazards such as earthquake, tsunami, typhoon and nuclear disasters, which increases damage and makes recovery more difficult. From the aspect of hazards, the expanding process of damage in the case that multi hazards strike mega city simultaneously has been revealed. Based on the research results of people's response to risk information, recovery in aging society, complex causal relationships in metropolitan area and situation of municipalities, we suggested strategy to reduce the damage due to compound disasters.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	18,000,000	5,400,000	23,400,000
2008年度	14,900,000	4,470,000	19,370,000
2009年度	12,500,000	3,750,000	16,250,000
2010年度	12,500,000	3,750,000	16,250,000
2011年度	14,900,000	4,470,000	19,370,000
総計	72,800,000	21,840,000	94,640,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：自然災害予測・分析・対策、総合減災システム

1. 研究開始当初の背景

1948年福井震災、1959年伊勢湾台風、2004年中越地震等は、同種あるいは異種のハザードの複合作用によってその被害を拡大させた。現状においては、東海・東南海・南海地震対策は、時間差発生という外力の複合作用を初めとして、首都直下地震対策は、複雑化した被害メカニズムの連鎖を初めとして、様々な複合災害発生による被害拡大に対

応できていない。そのような複合災害における減災を実現するためには、複合災害の具体的な被災シナリオを見出して、ダイナミックに変化する被災地の時空間を理解し、被害拡大を断ち切る戦略を構築することが最重要課題である。このような背景から、研究を開始した。

2. 研究の目的

東海・東南海・南海地震と首都直下地震を主な対象として、これらの震災において発生する被害が最悪となるのは、被害が広域化、複合化、長期化するという特性をもつときであるという理論から、その具体的な被災シナリオを見出して、それらに対する減災戦略を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

複合災害の発生シナリオを外力および社会の脆弱性から検討し、それに対しての減災戦略を構築する。次に挙げる7課題について研究を行った。ハザードの観点から、

- (1) 超過地震被災シナリオを検討し、都市域における被害増幅要因を明らかにする。
- (2) 超過津波被災シナリオを検討し、津波氾濫域における被害増幅要因を明らかにする。
- (3) 地震と洪水あるいは高潮の組み合わせによる複合災害の危険性を分析する。

社会の脆弱性の観点から、

- (4) 日本人の災害リスク感とリスク情報に対する実態から複合災害に対する脆弱性を明らかにする。
- (5) 人口減少社会における復旧・復興の困難さから災害の長期化・複合災害化のリスクについて検討する。

対策の観点から、

- (6) 巨大都市の震災における被害発生過程や問題の構造化を行い対策の在り方を検討する。
- (7) 複合災害の減災戦略計画と具体的な施策の提案を行う。

である。そして、東日本大震災という広域巨大複合災害の発生を受けて、調査を実施し、復興政策の提言や、今後の巨大地震災害に対して東日本大震災の教訓を整理し、活用していくための研究を実施した。

4. 研究成果

まず、複合災害の外力想定から被害発生メカニズムに関するハザード関連の研究、および、対策と対応、復旧・復興に関する社会科学的な研究により、一連の災害過程について検討を進め、以下のような成果を得た。

(1) 超過地震被災シナリオと都市域における被害増幅要因に関する研究については、まず、従来に比べ解像度と精度の高い深部地盤・表層地盤モデルを構築し、高密度に観測した地震動を用いて擬似経験的グリーン関数法による地震動の高精度予測を行った(図1)。また、様々な建築物の地震観測記録・振動実験結果や、関東地震と兵庫県南部地震における建物被害データを分析し、観測記録や地震被害を説明することができる構造物の

地震応答解析モデルを構築した。

複数地震による被害拡大について2007年新潟県中越沖地震の被害から分析した。この地震による人的被害率が2004年新潟県中越地震の約3倍と大きくなった原因は、先行した中越地震によって軽微に被災した住宅が、中越沖地震で瞬間的に全・半壊したことによるものと結論できた。この事実は、複数地震による時系列的な発生によって、住宅被害が増幅することを意味している。

さらに、様々な地震の発生順に応じた強震動予測を、名古屋圏を中心として実施し、各地震に対して、被害量を推定した。この被害量に対して、調達可能な対応人員、資機材量などについて、救急救命の観点と、消防の観点から検討し、想定被害量と社会の対応力の関係を分析した。

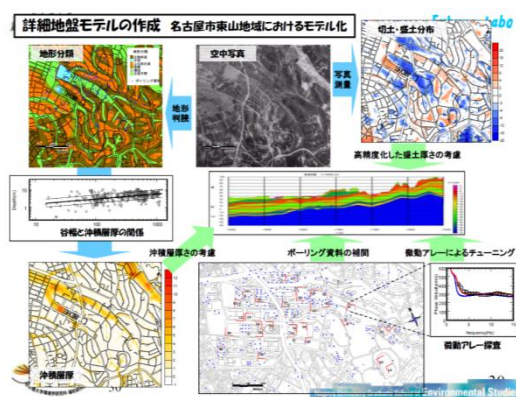


図1 詳細地盤モデルの作成

(2) 超過津波被災シナリオについては、まず、地震と津波の相乗効果として、1964年の新潟地震による事例を取り上げた。そこでは、地震の揺れによる石油タンクの被災が重油を漏出させ、その拡散する挙動を数値シミュレーションで解析する手法を開発し、地震と津波の複合災害による被害拡大過程を記述できるようになった。

漂流物や漂流する大型船舶による被害拡大過程を検討するため、津波による船舶漂流・座礁のシミュレーションモデルを開発した。このモデルで2004年インド洋大津波の被災地バンダ・アチュで報告された2500tの発電船の漂流・座礁を再現することができた(図2)。

また、2011年東北地方太平洋沖地震津波災害における被害全容について、特に複合性に着目して把握した。宮城県において浸水域内建物被害の全棟調査を航空写真の判読により実施し、各地域の津波高、地理的条件、産業、土地利用との関連で、建物の脆弱性を明らかにした。また、宮城県気仙沼市において船舶漂流被害の調査、解析を実施し、被害の拡大過程についての検討を行った。

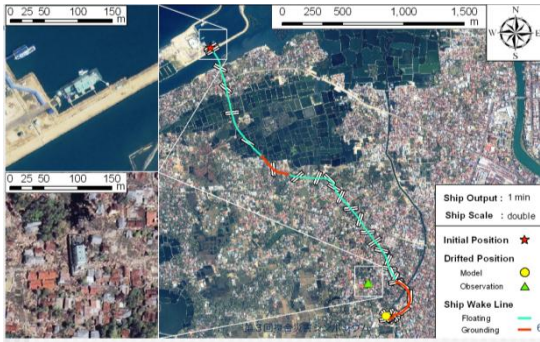


図2 発電船の漂流軌跡と座標位置の分析

(3) 地震と洪水あるいは高波との組み合わせによる複合災害の危険性については、まず、新たな計画高潮モデルを開発した。地球温暖化によって強度が大きくなると想定されている台風について、コースと上陸時の気圧に室戸台風モデルを用い、減衰過程に伊勢湾台風モデルを適用するというモデルを作成した。そして、これを用いて津波と高潮や地震と高潮の複合災害発生時の被害を推定し、最悪のシナリオを開発した(図3)。

また、首都直下地震による利根川と荒川の堤防被災が複合災害となって、洪水氾濫を助長するシナリオを明示し、その被害の大きさを定量的に表した。

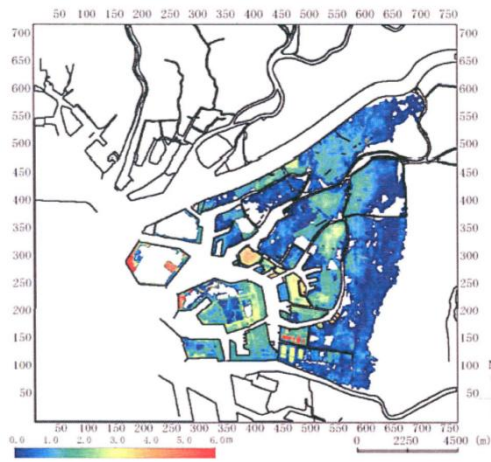


図3 計画高潮による最大浸水域

(4) 日本人の災害リスク観については、人々のリスク観から複合災害を検討するため、日本人のリスク観についての世論調査研究を実施した。その結果、大地震、地球温暖化、テロ、洪水、噴火、インフルエンザ、事故等の各種リスクが、住民にどのように相対的に位置づけられ、捉えられているのか、また、それらの主観的リスク観はどのような情報源により形成されているのかを、明らかにすることができた(図4)。

また、15歳から75歳までの日本人を母集

団とする全国調査を実施して、日本人の災害観、テロ対策に対する意見、各種の社会・環境リスクについての危険度の評価、リスク情報の信頼性、日常生活を障害するリスクの有無などの実態を明らかにした。

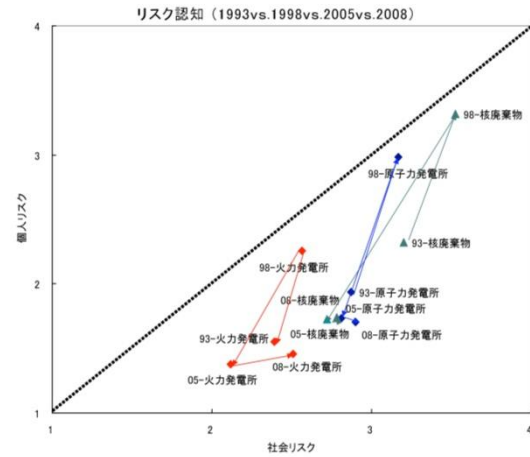


図4 日本人のリスク認知の変化

(5) 人口減少・超高齢化社会における復旧・復興の困難さは、複合災害においては被害拡大の大きな要因となる(図5)。そこで、直近4回の国勢調査統計資料を用いて、大阪府・和歌山県を含む大規模なメッシュの年齢5歳階級別人口構成比のクラスター分析により地域の分類をおこなった。そして、その分類結果を用いて判別分析をおこない、地域人口変動パターンの抽出した結果、3つの類型としてまとめられることが明らかになった。

また、東海・東南海・南海地震の和歌山県を対象に、30年後までの人口減少を考慮し、復旧・復興の課題について明らかにした。

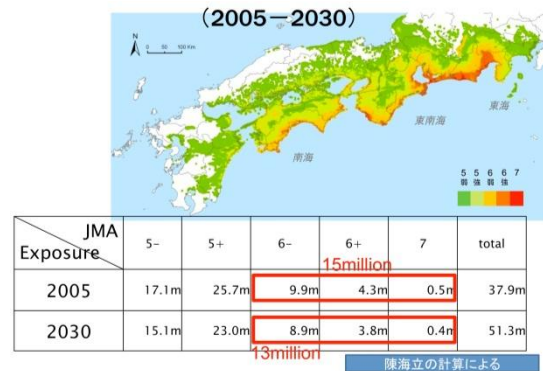


図5 人口減少を考慮した東海・東南海・南海地震の被災地人口(曝露人口)の変化

(6) 都市震災の最悪シナリオについては、まず首都直下地震の問題構造の解明を行った。首都直下地震が発生した場合に考えられる最悪シナリオを検討し、問題構造の全体像を把握するために、専門家によるワークショップを実施した。様々な被害や問題の発生は、一つの複雑なシステムとして捉えられ、因果

関係によりツリー構造にまとめられた。そして、問題の全体像や現在の対策のボトルネックになっている部分が分かった（図6）。

さらに首都直下地震によって発生する問題構造に関する解析を行った結果、9層の社会階層モデルとして整理することの有効性がこれまでの成果として明らかになった。

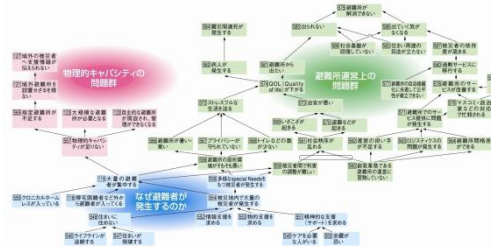


図6 首都直下地震の問題構造図

(7) 複合災害の減災戦略計画と具体的な施策の提案では、過去の複合災害被災体験と複合災害の想定・対策の現状を、自治体アンケートを中心に分析・考察した。その結果、被災体験を認識している自治体は少なく、今後の発生の可能性は高いとしているものの、その被害想定も対策もとくには講じていない現状があった（図7）。しかし、特別措置法による強化地域や推進地域に指定される地域では、安全な避難対策を中心に対策の展開が見られた。そして、複合災害に対しては、各地域防災計画で個別に策定されている防災対策の複合化の視点が重要であることを明らかにした。

問33 貴自治体で、21世紀中にA～F（説明は19頁をご覧ください）の「複合災害」が発生する可能性についてどのようにお考えですか。ご回答頂いている方のお考えで結構です。発生可能性の頻度と複合災害のタイプ別に、該当する欄に○をつけてください。

発生可能性の頻度	A		B		C		D		E		F	
	2-3日以内	1年以内	2-3日以内	1年以内	2-3日以内	1年以内	2-3日以内	1年以内	2-3日以内	1年以内	2-3日以内	1年以内
複合災害タイプ	同時被災型		同時被災型		同時被災型		同時被災型		同時被災型		同時被災型	
① 21世紀中には深刻化するような事態は起こらないであろう	5.3	2.5	5.4	2.3	7.0	4.4						
② まれにあるかもしれない（21世紀中に1～2回位）	10.6	11.6	10.0	12.4	10.1	12.0						
③ 数回程度はあるだろう（20～30年に1度程度）	4.3	8.0	4.5	6.8	3.4	4.9						
④ たびたびあるだろう（10年に1度程度）	2.0	1.9	1.7	2.1	1.4	1.6						
⑤ その他	0	0	0	0	0	0						

自治体の合併による災害対策の変化に関する調査 中継一樹 28

図7 複合災害の発生タイプ別自治体の災害危機感（発生可能性）

これまでの研究成果を総括し、また、2011年3月に発生した東日本大震災を受けて、複合災害の減災戦略計画と具体的な施策の提案を全員で協力して行った。

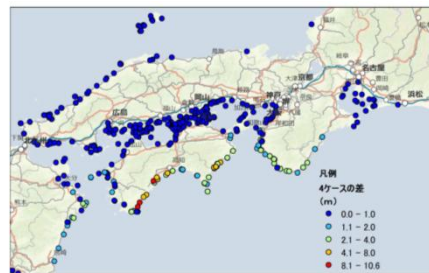
(8) 2011年3月に発生した東日本大震災という複合災害を対象として、千年に一度というような極めてまれな津波に対して、避難す

ることを基本とする減災対策が採用された。これに基づいて、被災した32市町村のまちづくり復興計画に関する提案・提言を行っている（図8）。



図8 まちづくり復興計画のコンセプト提案

(9) 近い将来の発生が憂慮されている南海トラフ巨大地震に関して、これまでの想定を超える外力の発生を検討した。すなわち、地震マグニチュード9の震源モデルおよび津波の波源モデルを構築し、地震動と津波計算を行った。その結果、津波地震とプレート境界地震の同時ないし時間差発生によって、巨大な津波が来襲する可能性や、津波の高さの時空間変化が大変複雑になり、今後の減災戦略の検討や実施にあたって考慮すべき事項が増加することを見出した（図9）。



「同時・10分・30分・60分のうち最大となったケースの値」-「最小となったケースの値」土佐湾西部では時間差によって8m異なる内海と豊後水道などでは、時間差による変化の幅は小さい

図9 津波地震とプレート境界地震の時間差発生による津波高の変化

(10) 首都圏を襲った巨大複合災害事例として、1854年安政東海地震、1855年安政江戸地震、1856年安政暴風雨の複合災害を見出し、これが江戸幕府を弱体化させた複合災害であることを明らかにした。

そして、東日本大震災が発生した現在の状況に加え、今後、東海・東南海・南海地震の時間差発生や、首都直下地震と洪水・高潮災害の組み合わせなどによる複合災害が発生した場合には、国難となる恐れがあることを指摘し、その被害の特徴を明らかにした。（図10）。

- ⑬ 中林一樹、木造密集市街地における事前復興と災害復興のまちづくり、区画整理、査読無、第54巻9号、2011、6-14
- ⑭ 牧紀男、社会の流動性と防災—日本の経験と技術を世界に伝えるために—、地域研究、有、Vol. 11, No. 2、2011、77-91
- ⑮ 鈴木進吾・林春男、東北地方太平洋沖地震津波の人的被害に関する地域間比較による主要原因分析、地域安全学会論文集、査読有、15、2011、179-188

[学会発表] (計25件)

- ① Kawata, Y., Earthquake and Tsunami Countermeasures in Japan—A Report from The Technical Committee—、東日本大震災に関する専門家会合 (招待講演)、2011年12月16日、ヴィラフォンテーヌ汐留 (東京都)
- ② Koshimura, S. Tsunami inundation flow characteristics interpreted by survivor videos, American Geophysical Union, Fall meeting (招待講演)、2011年12月7日、米国・サンフランシスコ
- ③ Kawata, Y., Towards Reconstruction After The Great East Japan Earthquake and Tsunami, The 1st Symposium on IRDR (招待講演) 2011年10月31日、Beijing Continental Grand Hotel (中国)
- ④ Koshimura, S., Surviving tsunami: A lesson learned from the 2011 Tohoku earthquake tsunami disaster, Workshop on School and Tsunami Safety in APEC Economies: Reducing Risk and Improving Preparedness (招待講演)、2011年10月17日、台北・台湾
- ⑤ Kawata, Y., The Great East Japan Earthquake and Tsunami—Fact, Damage and Reconstruction—、巨大水災害に関する国際フォーラム—東日本大震災を踏まえて— (ユネスコ、WMO、国土交通省) (招待講演)、2011年9月27日、国連大学本部 (東京都)
- ⑥ Kawata, Y., Reconstruction and Disaster Reduction After The Great East Japan Earthquake and Tsunami、第8回国際沿岸防災ワークショップ (招待講演)、2011年9月5日、横浜市開港記念会館 (神奈川県)
- ⑦ 林春男、Checking Validity of FORIN Template Questions: A Meta Analysis of the 1995 Kobe Earthquake Disaster、第22回 Pacific Science Congress (招待講演)、2011年6月15日、クアラルンプール (マレーシア)

[図書] (計15件)

- ① 河田恵昭、共同通信社、にげましよう、

2012、117

- ② 河田恵昭ほか16名、ミネルヴァ書房、検証 東日本大震災、2012、307(31)
- ③ 河田恵昭ほか22名、産経新聞出版、安全・安心を科学する、2012、245(5)
- ④ 福和伸夫・新井伸夫・倉田和己、レスキューストックヤード、じしんからかぞくをまもる本①筋飼家のものがたり、2012、80
- ⑤ 林春男・牧紀男・鈴木進吾ほか京大・NTTリジリエンス共同研究グループ、日経BPコンサルティング、しなやかな社会への試練 東日本大震災を乗り越える、2012、247
- ⑥ 牧紀男、鹿島出版会、災害の住宅誌—一人々の移動とすまい—、2011、183
- ⑦ 河田恵昭、岩波書店、津波災害—減災社会を築く、2010、189
- ⑧ 河田恵昭・鈴木正昭・松本義久、海竜社、東日本大震災 (池上彰の学べるニュース5)、2010、122(35)

[その他]

ホームページ等

<http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp>

<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河田 恵昭 (KAWATA YOSHIAKI)

関西大学・社会安全学部・教授

研究者番号: 10027295

(2) 研究分担者

越村 俊一 (KOSHIMURA SHUNICHI)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 50360847

牧 紀男 (MAKI NORIO)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号: 40283642

福和 伸夫 (FUKUWA NOBUO)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号: 20238520

中林 一樹 (NAKABAYASHI ITSUKI)

明治大学・政治経済学研究科・特任教授

研究者番号: 80094275

広瀬 弘忠 (HIROSE HIROTADA)

東京女子大学・文理学部・教授

研究者番号: 90013044

林 春男 (HAYASHI HARUO)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号: 20164949

鈴木 進吾 (SUZUKI SHINGO)

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号: 30443568