

超過外力と複合的自然災害に対する 危機管理に関する研究

国土交通省国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター

地震災害研究官

河川研究部

うんじょう

運上

はっとり

服部

しげき

茂樹

あつし

敦

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、従来の想定をはるかに超える大津波が発生するとともに、東北地方から関東地方に至る広い地域で強い揺れが生じ、激甚かつ広域的な災害をもたらしました。さらにその後、地震の影響がいまだ色濃く残る中で発生した平成23年台風12号、15号等による洪水・土砂崩壊では、被害が重畳化しました。

これらの災害から明らかにされた重要な教訓は以下の2点と考えています。

- ・従来の経験や想定を大きく超える規模の自然災害に対する備え
- ・地震・津波・洪水・地すべりなどが複合的に発生することによる災害の重畳に対する備え

が不可欠であるということです。

このような課題点は、中央防災会議等からも指摘されています。中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」¹⁾からは、

- ① あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討すべき
- ② 被害が想定よりも大きくなる可能性、想定の不確定性を認識すべき

- ③ 南海トラフの海溝型地震や首都直下地震への防災対策に万全を期すべき

- ④ 3連動・時間差発生、台風災害などとの複合に留意すべき

と提言されています。

また、政府の東日本大震災からの復興の基本方針²⁾もこうした中央防災会議の提言を踏まえ、災害に強い地域作りのために、「減災」の考え方に基づくハード・ソフト施策の総動員、大規模災害への対応力を高めた国土基盤の構築、靱性の高い多重防御といった観点が大きな方針として示されています。

このような教訓を踏まえ、これまで十分に対策の検討が行われてこなかった想定を超えるような災害リスクに対しても住民の生命を守ることを最優先として、最低限必要な社会経済機能を維持できる高い災害靱性を有する国家基盤の構築が求められています。

国土技術政策総合研究所では、ハード・ソフト対策を総動員した「減災」技術の構築を目的として、平成24～26年度の3カ年のプロジェクト研究として、「超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究」への取り組みをスタートしました。

本稿では、本研究のねらい、研究のポイント、成果目標について紹介します。

2. 研究のねらいとポイント

本研究では、従来十分に考慮されてこなかった超過外力と複合的自然災害の発生とその影響を明らかにし、こうした想定外災害に対する危機管理対策を構築するための手法を提案することを目的としています。

図—1に示すように、災害としても、地震・津波、洪水、火山、高潮、斜面崩壊などの土砂災害といった異なる災害があります。従来はそれぞれの災害が単独で発生すると考えて対策レベルが設定されていますが、本研究では、そのレベルを超えるような外力の作用の可能性や複数の災害が相互に影響し合い、複合化するという災害を対象としています。複合化については、例えば地震後の洪水の発生や火山噴火後の豪雨による土砂災害・洪水などです。

このような目的のために、研究のポイントとして大きく以下の三つを設定しています。すなわち、超過外力と複合的自然災害を

- ① 知る
- ② 洞察する、そして
- ③ マネジメントする

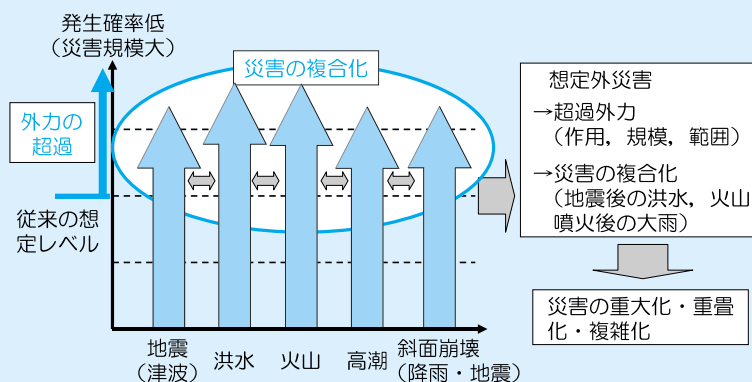
です。まず、「①知る」では、過去に実際に起きた災害事例を収集し、災害では何が起こるのかと

いうことを改めて分析します。この中には歴史的な災害や海外における災害も含め、災害時に被害がどのように発生、進展したか、災害の個別イベントがどのように波及して、社会に影響したかを実災害から確実に学び取ることです。

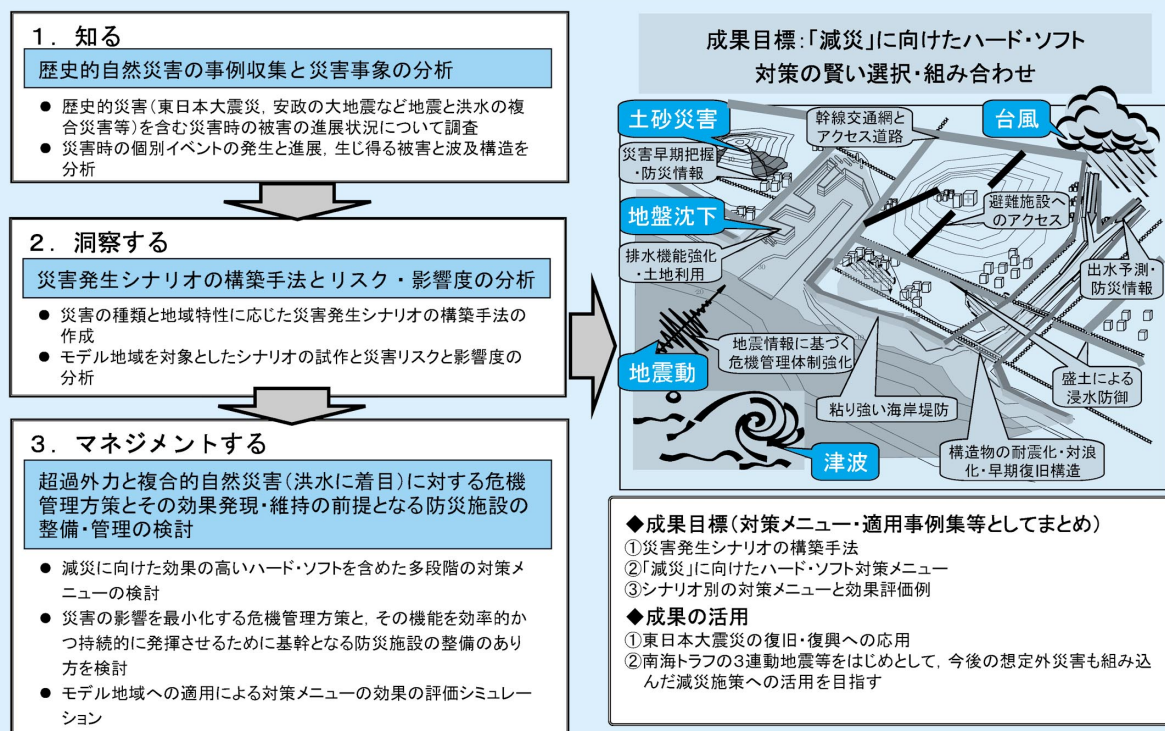
「②洞察する」では、実災害の分析を踏まえ、超過外力や複合災害によって何が起こるか、そして重要な影響を見逃さないための災害発生シナリオの構築手法とリスク・影響度評価手法の検討です。災害のシナリオは、都市部や山間地など地域特性に大きく影響を受けますので、こうした点も考慮に入れて検討します。

そして、「③マネジメントする」では、このような超過外力と複合災害に対する危機管理方策と防災施設の整備方法を検討します。対策としては、ハード・ソフトを含めた多段階の対策メニューを検討し、どのような対策が効果的になるのかをモデル地域に適用し、その効果を定量的に評価することを考えています。複合災害には多くの組み合わせが考えられますが、本研究では、まずは、洪水との複合化に着目します。

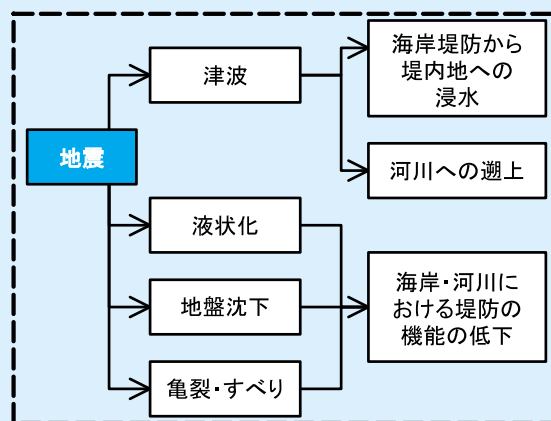
図—2は、本研究の全体像を示したものです。以下、それぞれの研究項目の詳細について説明します。



図—1 超過外力と複合的自然災害



図—2 超過外力と複合的自然災害に対する危機管理に関する研究の全体像



図—3 樹形図を用いた波及構造の分析例

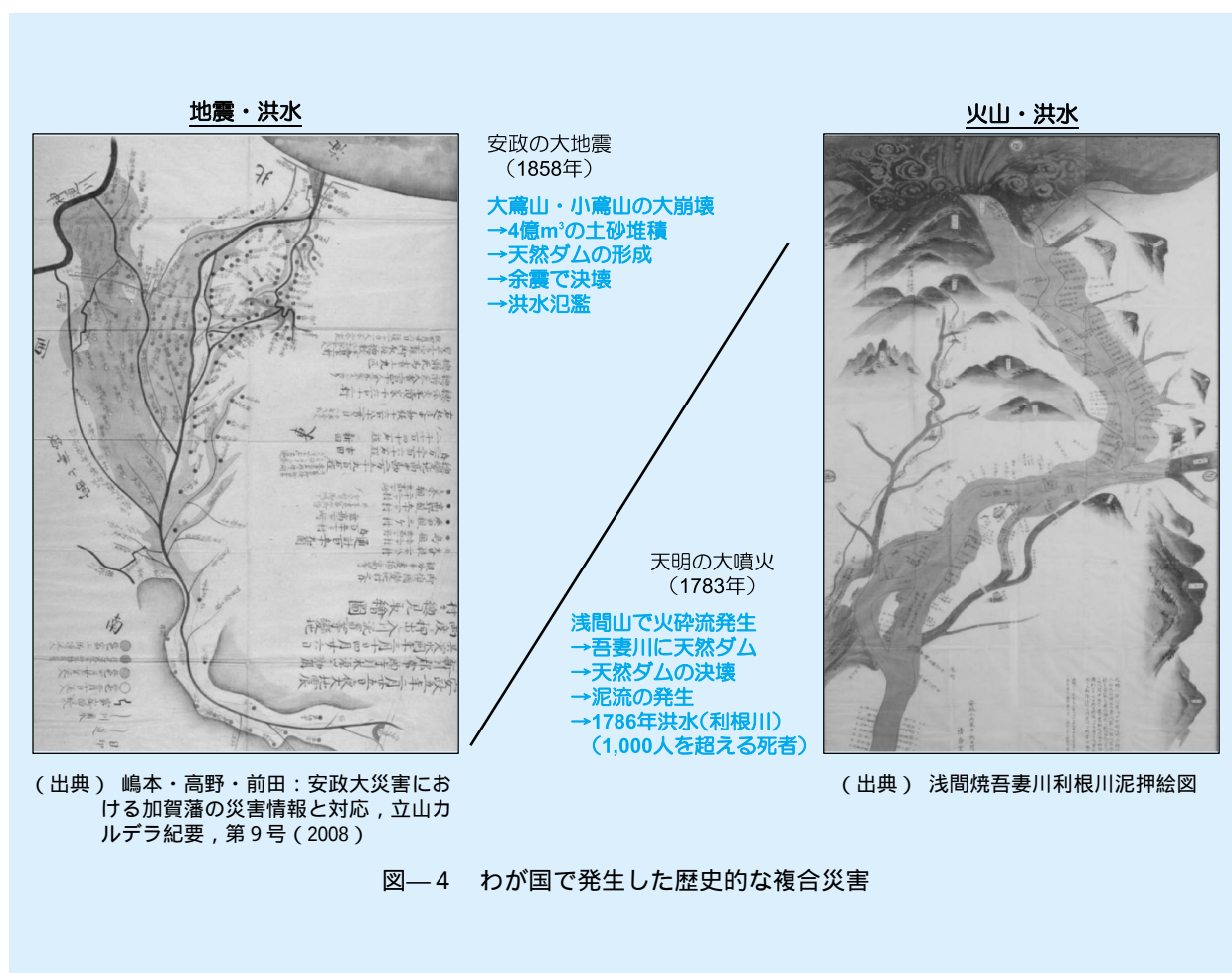
3. 研究内容

(1) 災害事例の収集・分析

「①知る」ための災害事例の収集・分析ですが、超過外力や複合災害によって、実際に発生し

た事象と、実際には発生しなかったが考え得る発生事象というものがあります。これを既往実績アプローチと予測的アプローチといった観点から分析します。

災害の発生と、それがどのように波及進展していくかについては、樹形図を使って分析をしていくことを考えています。図—3は、樹形図の簡単



な例を示したものですが，地震が起こると津波，液状化，地盤沈下，亀裂やすべりなどの災害事象や被害が発生します。そして，それが，次の被害イベントや危険性の増大に波及していくという「災害のメカニズム」を見ていこうと考えています。

なぜこのような分析を行うかですが，それはこうしたアプローチがこれまで経験のない災害現象・複合現象に対する「抜け落ちがないように」洞察力を高めたり，現象の理解に基づく柔軟性に富む災害対応の基礎になると考えられるからです。

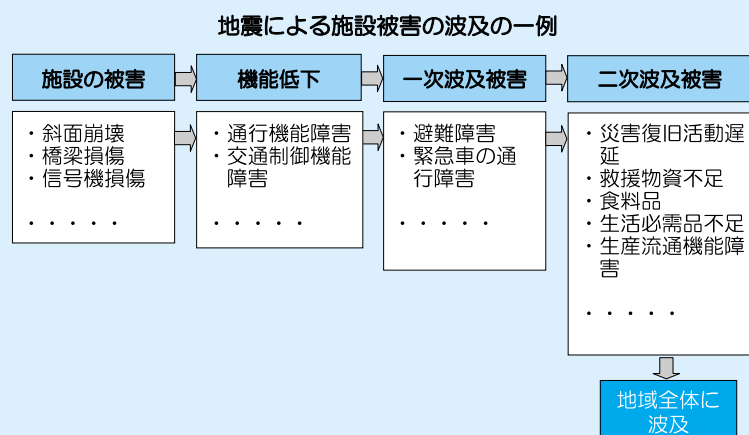
分析対象とする災害としては，東日本大震災をはじめとする近年国内外で発生した大規模災害とともに，例えば，図—4に示すように，大鷲山・小鷲山の大崩壊が発生し，天然ダムが形成，これが余震で決壊し，洪水が発生した安政の大地震（1858年）や，火砕流が天然ダムを形成し，洪水が発生し，1,000人を超える死者が出たとされて

いる浅間山の天明の大噴火（1783年）など，わが国で発生した歴史的な事象についても，改めて分析の中に含めて意識する必要があると考えています。

（2）シナリオの構築手法とリスク・影響度評価

「②洞察する」ための超過外力と複合災害のシナリオの構築手法とリスク・影響度評価です。さまざまな災害事象が連鎖して発生した際に何が起こるか，その影響度やリスクはどうなるのか，影響度の大きさによってどういう効果的な対策を考えていくべきかを具体的・定量的に評価する必要があります。

実災害の分析結果をベースにして，モデル地域を選定し，地震，豪雨，火山等のレベルとそれらの複合によって生じる現象・事象からシナリオを構築しようというものです。モデル地域としては，山間部・平地部・沿岸部・都市部・流域など



図—5 災害発生シナリオで考慮すべき波及構造の洗い出し

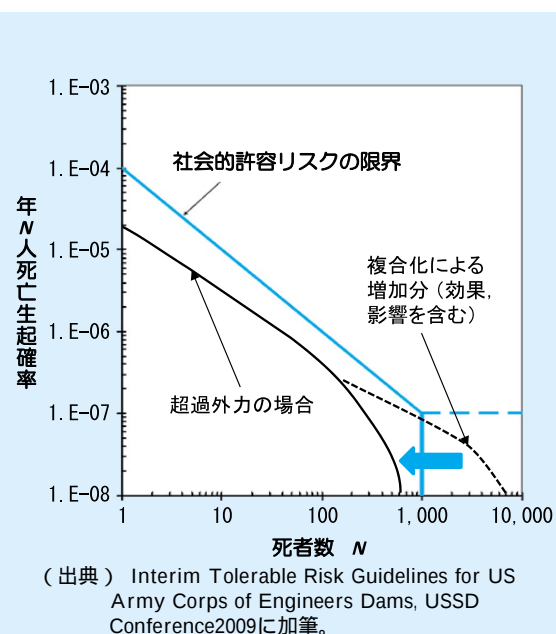
の地域特性で区分し、さらに人口構成や産業等の社会構造なども考慮する必要があります。

このように作成したシナリオから、リスク・影響度の大きさを分析し、災害の影響を定量的に評価します。評価指標としては、人的被害あるいは直接・間接被害額などを考えており、ここでは対策による減災効果も評価できる必要があります。

シナリオの作成で考慮すべき点の一つとして、前述の災害の波及構造を具体的に考えていくことがあります。図—5は、地震による施設被害の影響がどう波及していくかについての簡単なイメージを示したものです。施設の被害が、施設の機能障害を発生させ、それまで施設が果たしていた役割を阻害することによって、復旧活動の遅れや物資の不足などが生じ、全体に影響していくという波及の例です。水害の場合ですと、例えば地下空間への浸水による地下空間からの逃げ遅れや、停電等の機能障害への連鎖なども波及構造の一つとなります。東日本大震災におけるガソリン不足も波及の重要な一例です。

このようにして作成したモデル地域に対する災害シナリオに対して、超過外力や複合災害のレベルによって、どの程度の影響になるのかを定量的に把握するために、人的被害や被害額を評価指標としたリスク評価を行います。

図—6は、ある地域に対して、災害の外力のレ



図—6 災害のリスク・影響度評価

ベルと発生確率を変化させた場合に、災害によって発生し得る死者数とその年発生確率の関係を示したものです。例えば、100人規模の死者数となる超過レベルの年発生確率は1のマイナス6乗、すなわち、100万分の1になるという評価例です。社会的にどの程度のリスクを受け入れられるかといった観点と、人的被害を最小化するために要する対策コストなどの検討も必要になります。

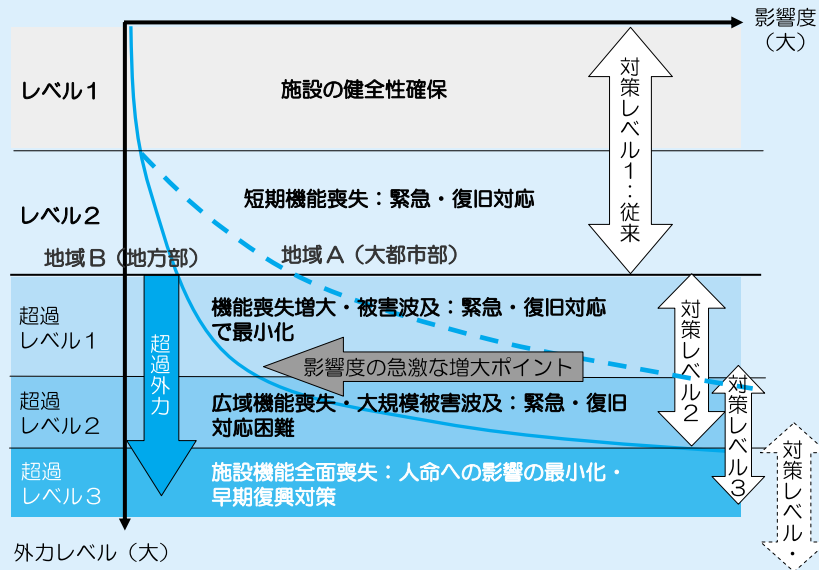


図-7 超過外力のレベルに応じたマルチレベル災害対策

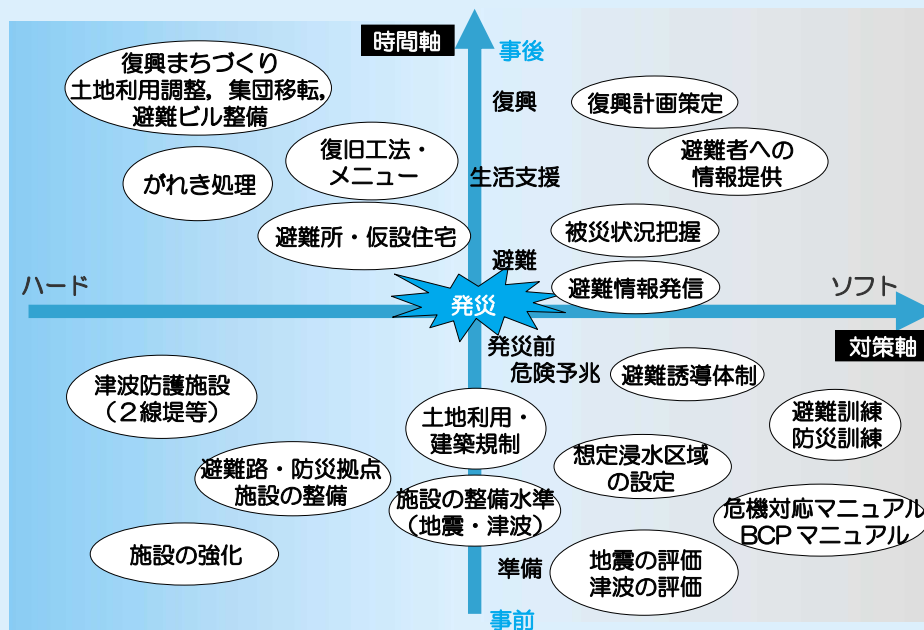


図-8 ハード・ソフト対策／事前・事後対策マトリックス

（3）ハード・ソフト対策の総動員

次に「③マジメントする」ですが、以上のような災害の定量的な評価を踏まえて、リスク・影響度を効果的に下げるにはどのような方法があるか、影響度の大きい波及の連鎖をどこで食い止めるか、軽減するかといったことを目的に、取り得る対策手法を検討します。対策メニューの考え方としては、ハード・ソフト対策を組み合わせたマル

チレベル災害対策や、災害の超過レベルや複合化に対する防災施設の整備・管理方策を検討します。

ここでマルチレベルとは、災害の外力の超過レベルに上限を設定しないで対策を考えるということです。

図-7はマルチレベル災害対策のイメージを示したものです。災害の外力が大きくなると、影響の程度や範囲が大きくなりますので、それに対す

る対策や対応手段を変えていくという考え方で
す。ここには大都市部や地方部などの地域特性の
影響度曲線の例を示していますが、ここで特に重
要と考えているのは、地域特性によって、影響度
の大きな変化点が考えられ、それを超えると災害
の影響が急激に大きくなるというレベルを十分に
押さえておくという点です。こうした整理を踏ま
えて、外力の超過が生じて、守るべきものは何
かを明確にもって打つべき次の一手を必ず用意で
きようにするということを念頭に置いたもので
す。

図—8は、対策手法の抽出イメージを示したも
のです。あくまでイメージですが、ハード・ソフ
トの対策、事前に行うべき対策、事後に行うべき
対策をマトリックスとして整理し、有効な対策メ
ニューとして抽出したいと考えています。

災害事象の分析や災害発生シナリオの作成にお
いて、図—5のような樹形図を用いた波及構造の
分析を行うことを示しましたが、こうした樹形図
は対策を考える際にも活用します。特に、どのイ
ベントを遮断あるいは軽減すれば、その対策効果
が高いかが明確に理解できるようにしようという
狙いです。

施設整備のあり方や対策効果についても、図—
6に示したリスクカーブ等によって、有効な対策
メニューを定量的に評価します。図の点線部分
は、超過外力と災害の複合化による確率の増加分
を示していますが、リスクとして許容される範囲
内に留めるために効果の高い対策を評価するとい
うものです。

4. 目標成果

以上、今年度から本格的にスタートしましたプ
ロジェクト研究の概要を紹介しました。現在、本
格的に取り組んでいるところですが、

- ・想定外災害への危機管理対策の立案手法とは？
- ・靱性の高い国土基盤の骨格となる基幹防災施設

とは？

という観点で検討を進め、シナリオの構築手法や
対策メニューを事例集等としてまとめ、災害対策
の備えに対する点検、対策を検討する際の参考に
できるような形の成果として発信していく予定で
す。

限界性能を超える想定外外力への備えとして、
想定外の枠を撤廃する考え方、ハードの限界、ハ
ードとソフトの組み合わせフレーム、人命を守る
ための避難・ソフト面でレベルアップが必要な事
項、施設の機能確保・早期回復のために適用可能
な技術、さまざまな選択肢・アイデアの結集とい
ったことについて議論を始めています。

成果は、東日本大震災の復旧・復興や、南海ト
ラフの3連動地震等をはじめとして、今後の想定
外災害も組み込んだ減災施策に活用できるように
早期に研究を進めたいと考えています。

5. おわりに

本研究には、国土技術政策総合研究所危機管理
技術研究センター、河川研究部が中心となって、
研究所の総合力と実務的な専門力を発揮して取り
組めます。さらに、政策を実施する国土交通本省
や地方整備局の現場等との協力、学会やUJNR耐
風耐震造専門部会（米国）等の海外も含むチャ
ネルを通じた連携も視野に入れて研究を進める予
定です。

【参考文献】

- 1) 中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした
地震・津波対策に関する専門調査会」：東北地方太
平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調
査会報告、平成23年9月28日
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/higashi-nihon/index_higashi.html
- 2) 東日本大震災復興対策本部：東日本大震災からの復
興の基本方針、平成23年7月29日
<http://www.reconstruction.go.jp/topics/doc/20110729houshin.pdf>