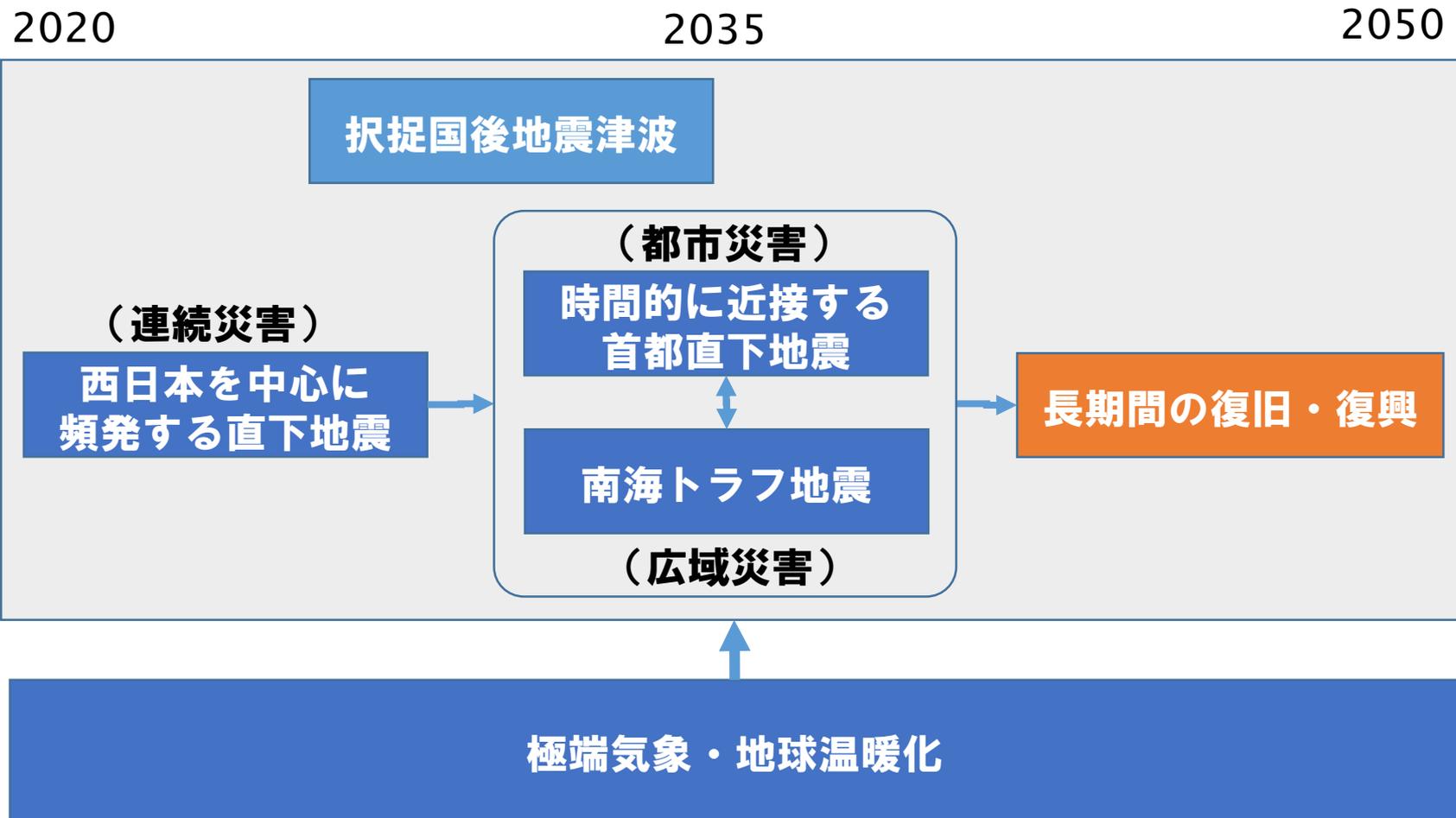


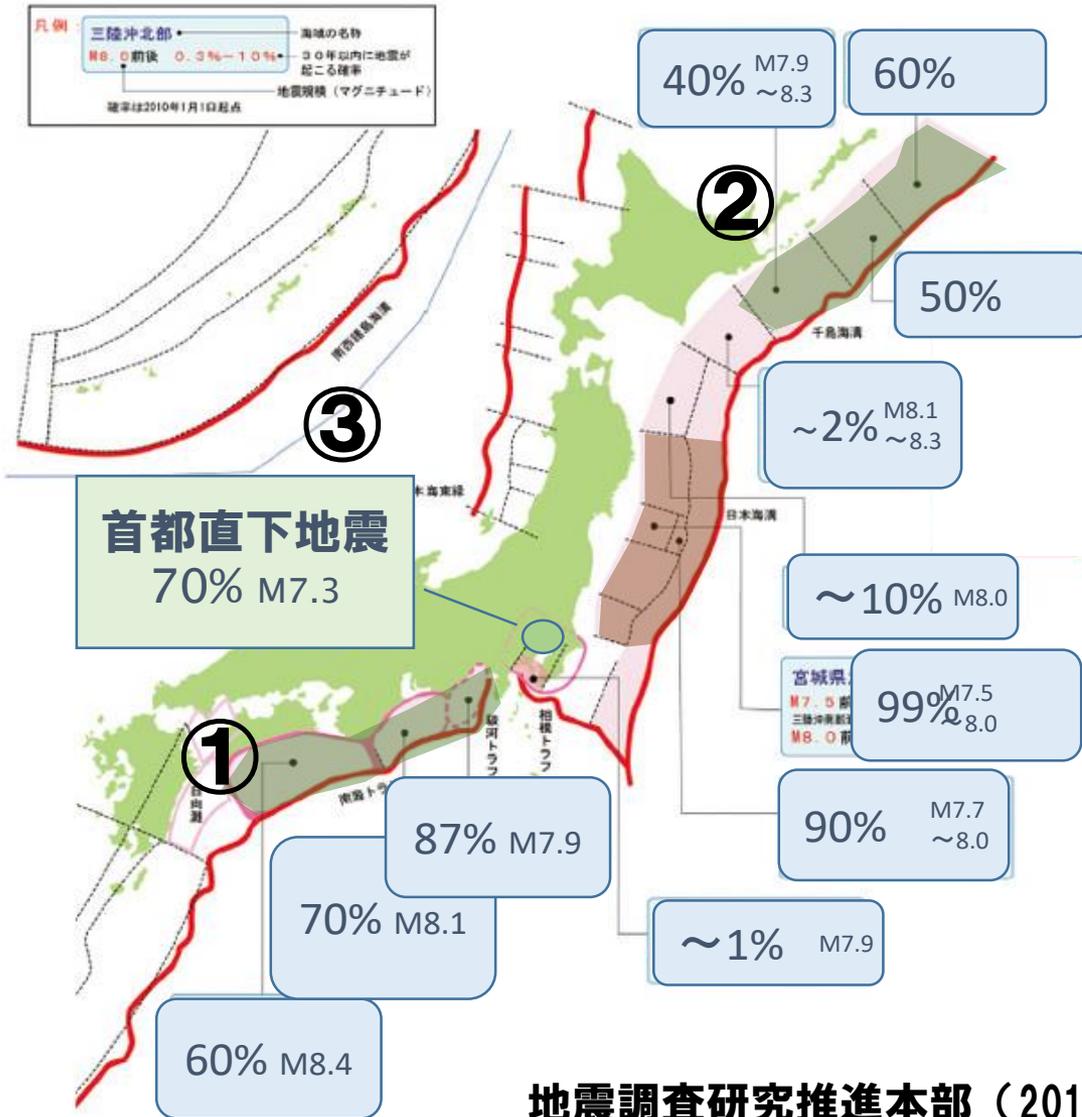
レジリエンス・イノベーション2035 の実現を目指して

国立研究開発法人
防災科学技術研究所
林 春男

21世紀前半の国難災害とその後の苦境



当面对処すべき国難災害



プレート境界の地震がほとんど

北海道・東北・太平洋沖
50年周期

神奈川・千葉・太平洋沖
200年周期

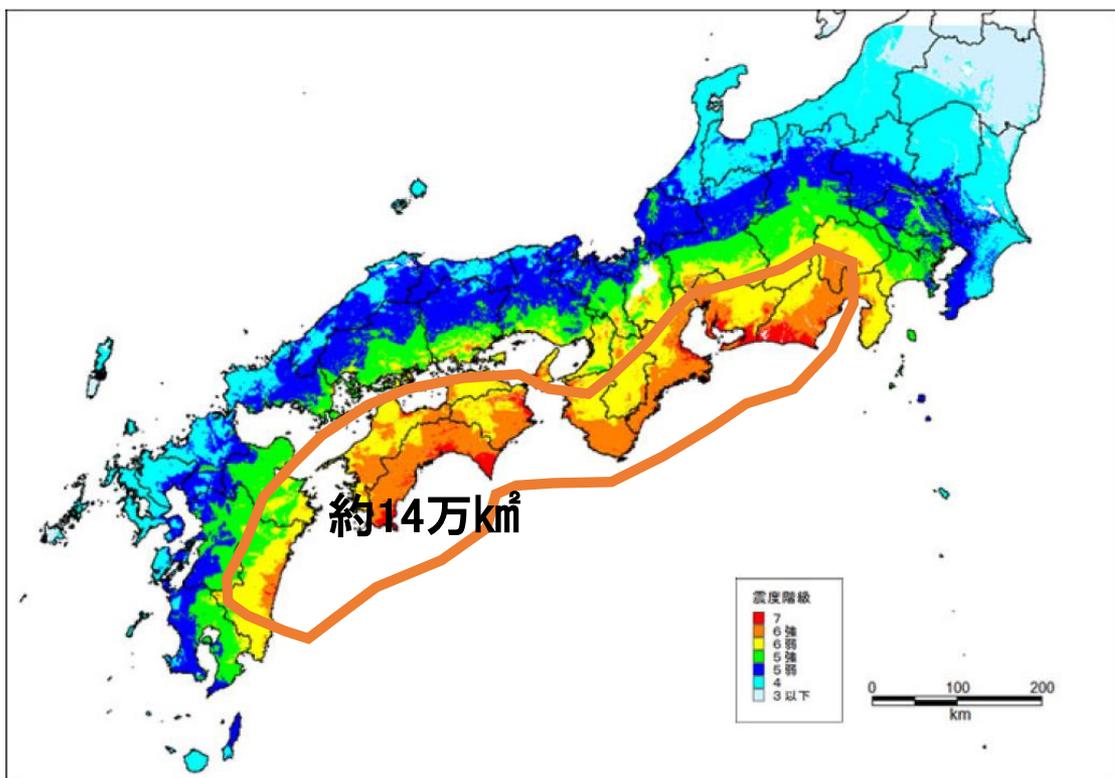
西日本・太平洋沖
100年周期

南海トラフ地震と国の存亡

- 災害はその地域が持つもともとの傾向を一層顕在化させる
 - 成長傾向の地域は，災害を契機に成長が加速する
 - 衰退傾向の地域は，災害を契機に急激に衰退する
- 南海トラフ地震の場合
 - 震災前後にわが国の政治体制に大きな変化が起きる
 - 拮抗する在野勢力の存在が規定因
 - 慶長地震（1605）： 豊臣→徳川
 - 宝永地震（1707）： 徳川将軍家→紀州徳川家
 - 安政地震（1854）： 徳川→明治
 - 昭和地震（1944・1946）： 大日本帝国→日本国
 - X地震（2035?）： 国の滅亡？ポルトガル化？

予想される国難災害

南海トラフ地震



Mw=9.0
死者 32万人
被害額 220兆円

首都直下地震

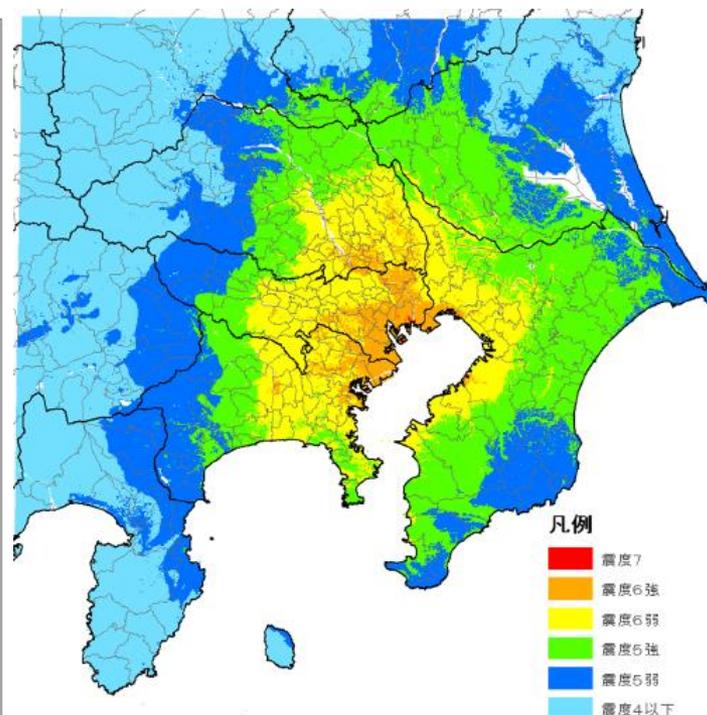


図 震度分布（都心南部直下地震）

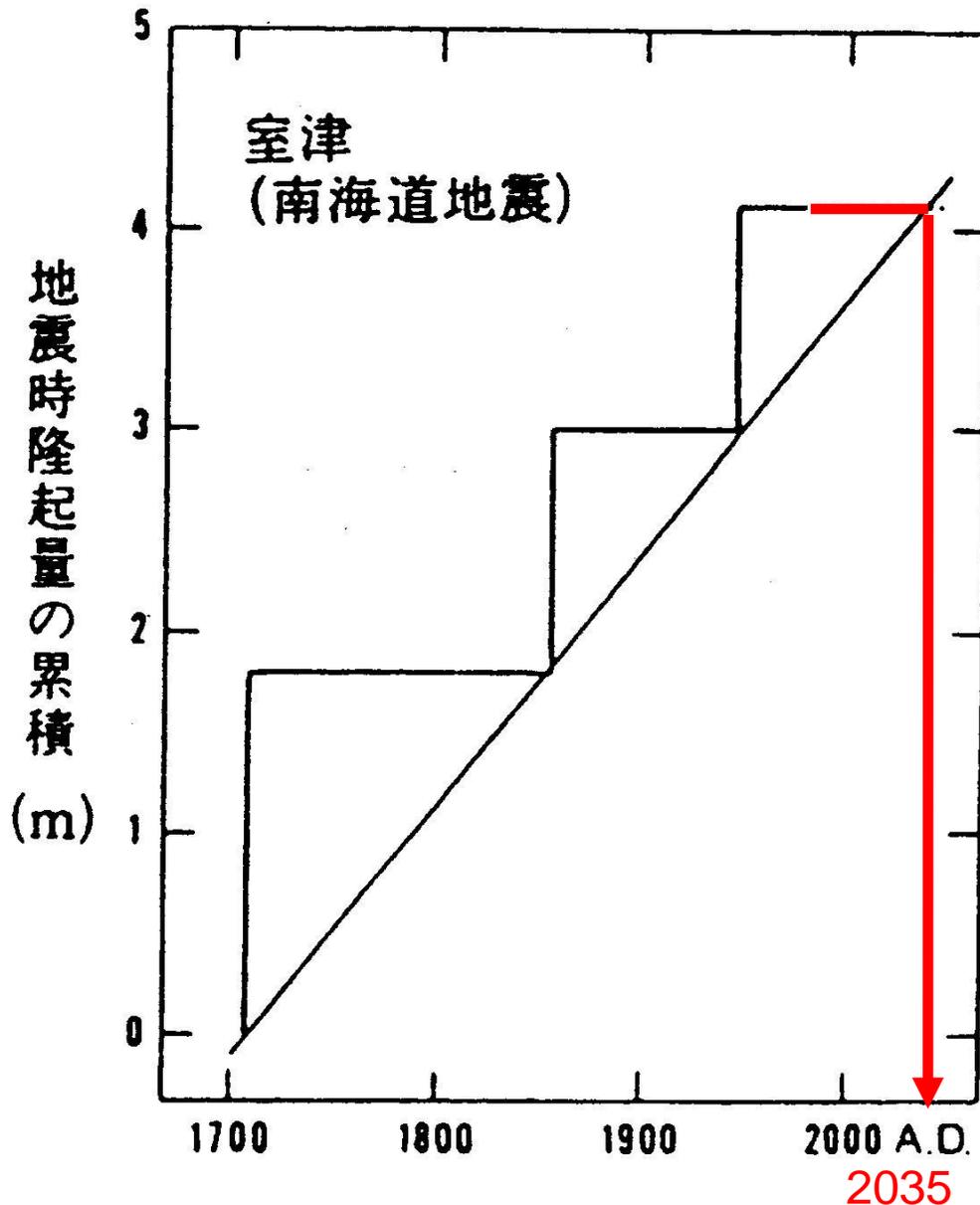
Mw=7.3
死者 4,930~22,460人
被害総額 95兆円

次の発生時期を 予測する

室津港の累積隆起 (島崎・中田, 1980)

- 時間予測モデルがfit
- 地震規模から次の地震の発生時期が予測可能

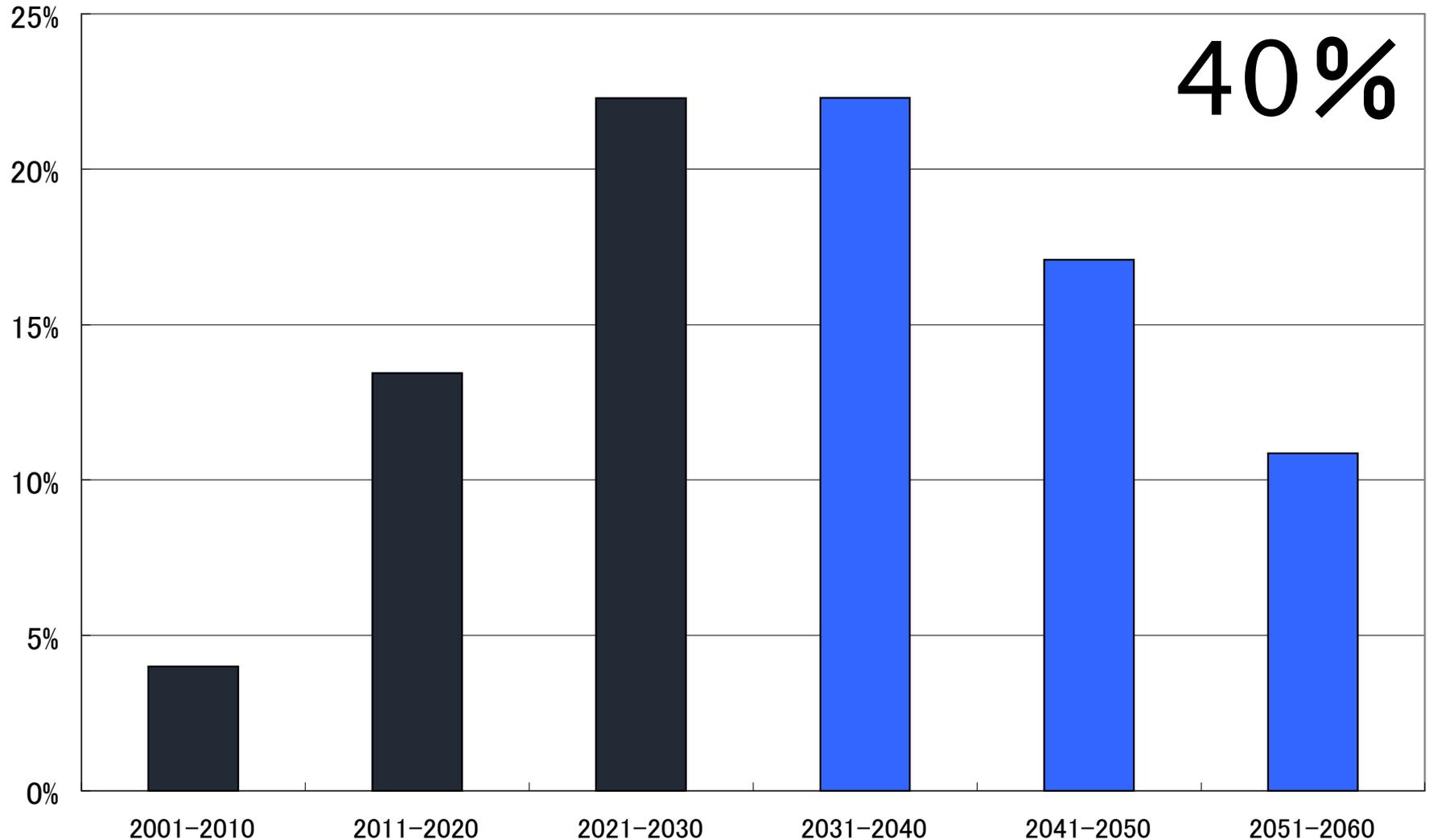
2035 ± 10



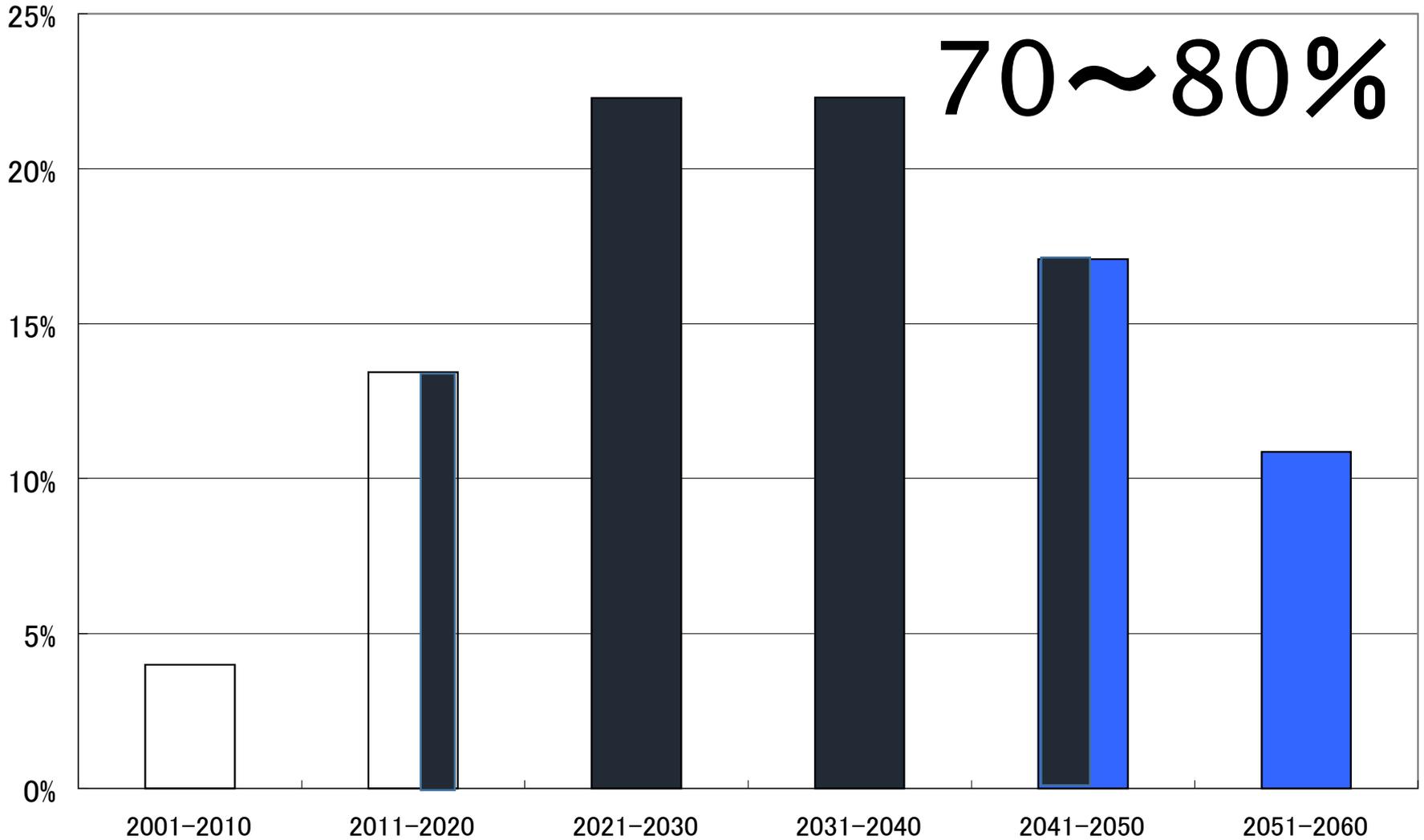
歴史上の南海トラフ地震

- **天武地震 (684) : 紀伊水道沖地震 : 宝永型 ?**
 - 南海 684/11/29(天武13年10月14日) M8.4
- **?地震 (尾池和夫先生によれば790年ごろ)**
- **仁和地震 (887) : 五畿七道大地震 : 宝永型 ?**
 - 南海 887/8/26(仁和3年7月30日) M8.6
- **?地震 (尾池和夫先生によれば1000年ごろ)**
- **康和・永長地震 (1096・1099) : 昭和型**
 - 東海 1096/12/1(永長元年11月24日) M8~8.5
 - 南海 1099/2/22(康和元年1月24日) M8~8.3
- **?地震 (尾池和夫先生によれば1250年ごろ)**
- **正平地震 (1361) : 宝永型**
 - 南海 1361/8/3(正平16年6月24日) M8.5
- **明応地震 (1498) : 安政型**
 - 東海 1498/9/20(明応7年8月25日) M8.6
 - 南海 1498/7/9 (宇佐美説)
- **慶長地震 (1605) : 宝永型**
 - 東海 1605/2/3(慶長9年12月16日) M7.9
 - 南海 1605/2/3(慶長9年12月16日) M7.9
- **宝永地震 (1707)**
 - 東海 1707/10/28(宝永4年10月4日) M8.4
 - 南海 1707/10/28(宝永4年10月4日) M8.4
- **安政地震 (1854)**
 - 東海 1854/12/23(安政元年11月4日) M8.4
 - 南海 1854/12/24(安政元年11月5日) M8.4
- **昭和地震 (1944・1946)**
 - 東海 1944/12/7(昭和19年12月7日) M7.9
 - 南海 1946/12/21(昭和21年12月21日) M8.0
- **X地震 (2035~2040?)**

2001年から「30年間で何%」と表現



2021年現在は



国難災害：従来とは比較にならない規模の被害

地震	南海トラフ		首都直下		東日本 大震災	阪神淡路 大震災
	2012 (L2)	2003 (L1)	2013	2005	2011	1995
マグニチュード	M9.0	M 8.7	M7.3	M 7.3	M 9.0	M 7.3
死者/行方不明者	80,000 – 320,000	24,000	5,000 – 22,500	11,000	19,294	6,434
負傷者	257,000 – 623,000	300,000	90,000 – 120,000	240,000	6,100	44,000
建物倒壊	627,000 – 1,346,000	450,000		200,000	126,500	105,000
建物焼失	50,000 – 750,000	90,000	38,000 – 412,000	650,000	---	7,400
避難者（最大）	----	6,000,000	7,200,000	7,500,000	480,000	320,000
直接被害額（兆円）	220	81	95	112	17	10

残された時間で、南海トラフ地震の被害をゼロにすることは不可能

- 令和元年6月の南海トラフ被害想定フォローアップによれば、

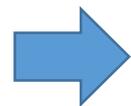
	2012年	2019年
• 死者最大	32万人	23万人
• 物的被害	220兆円	171兆円

- 被害は減少傾向にあるが、依然として東日本大震災の10倍以上の被害が発生する

災害を乗り越える力の向上

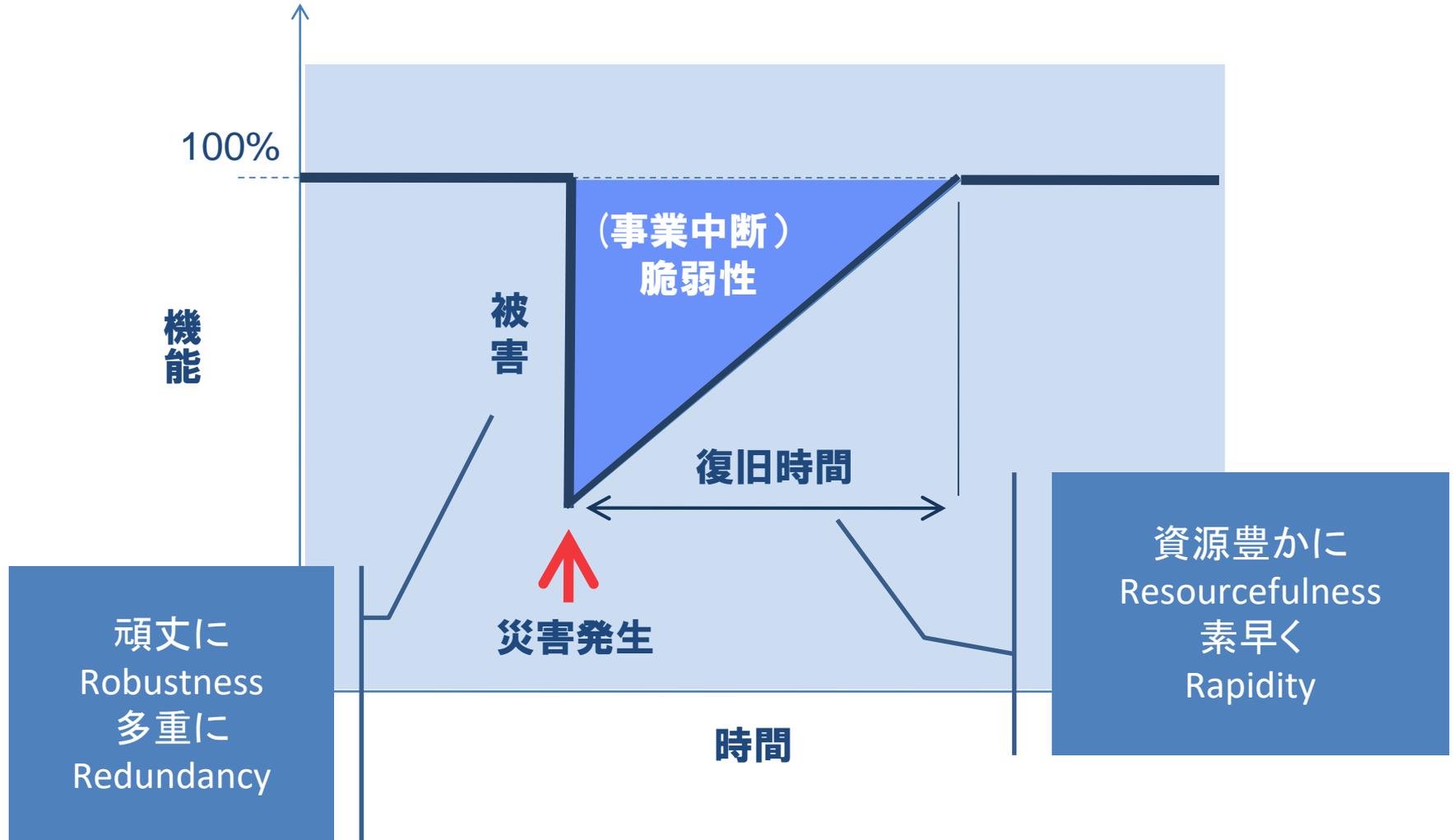
被害を完全に抑止することはできないならば、
達成すべき3つの目標

1. 少しでも発生する被害を減らすこと
2. 重要な社会機能については、高い事業継続能力を持つこと
3. 社会全体として、速やかな復旧・復興を実現すること

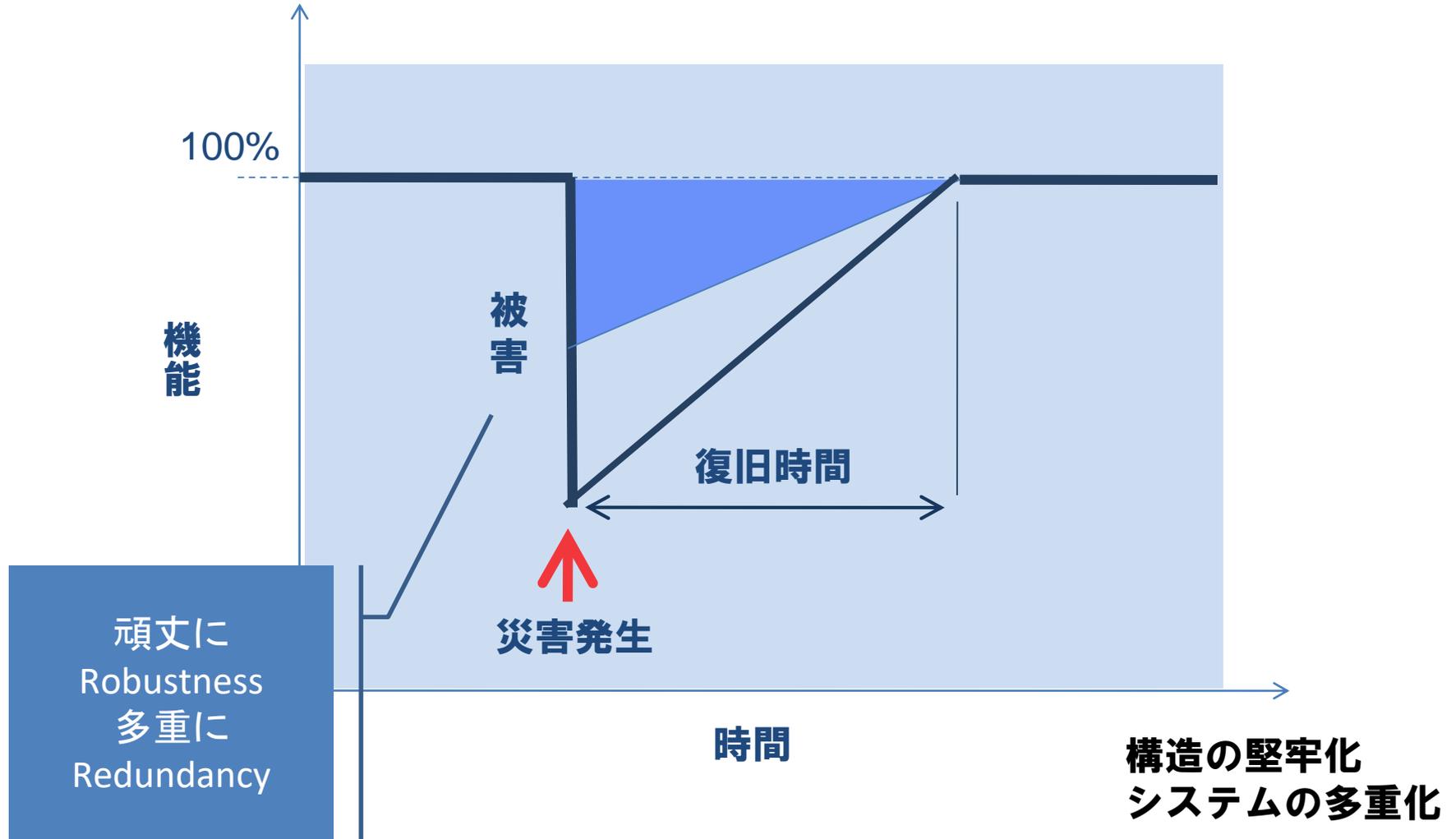


レジリエンス

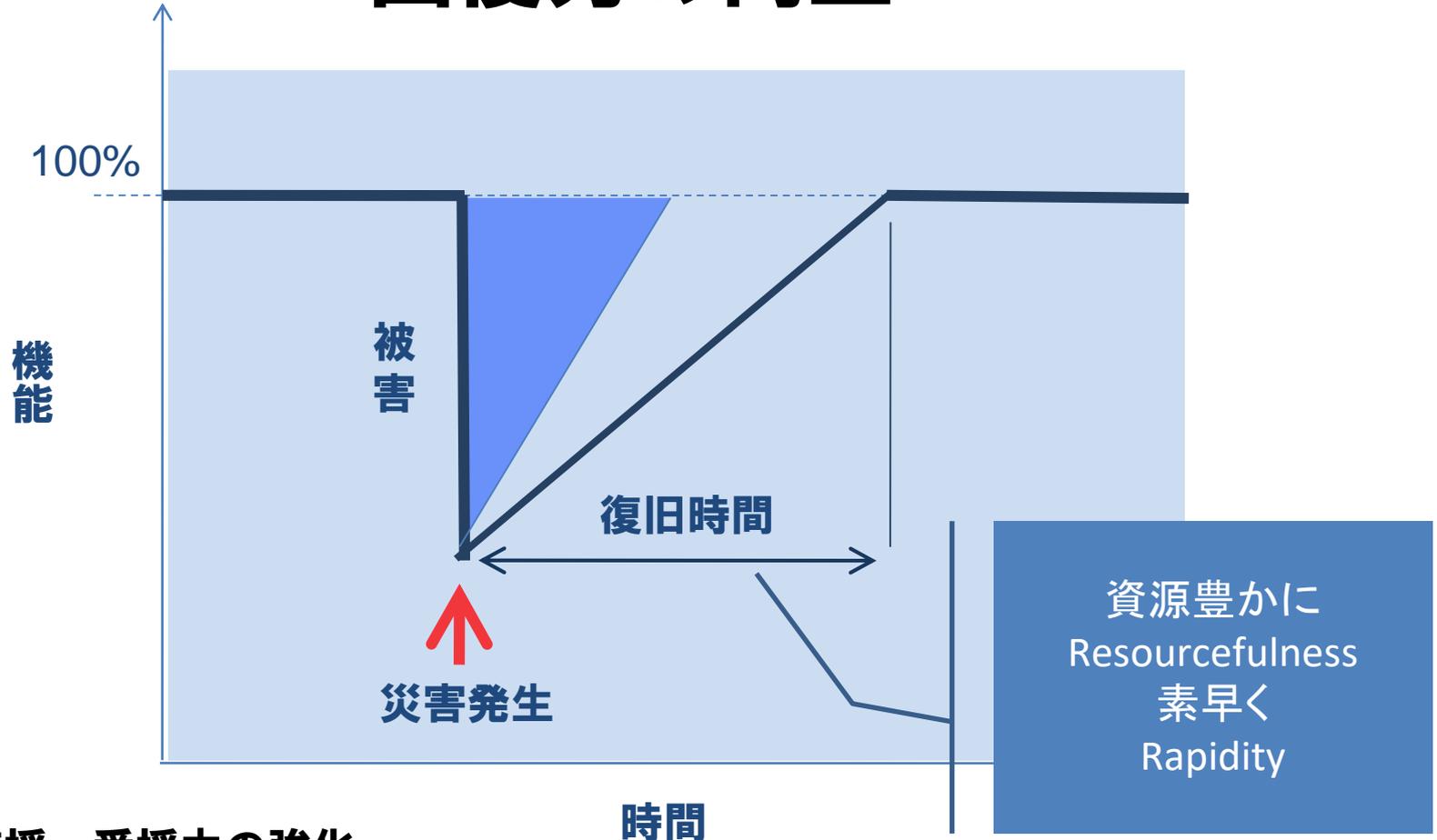
レジリエンス：事業継続能力の向上



予防力の向上

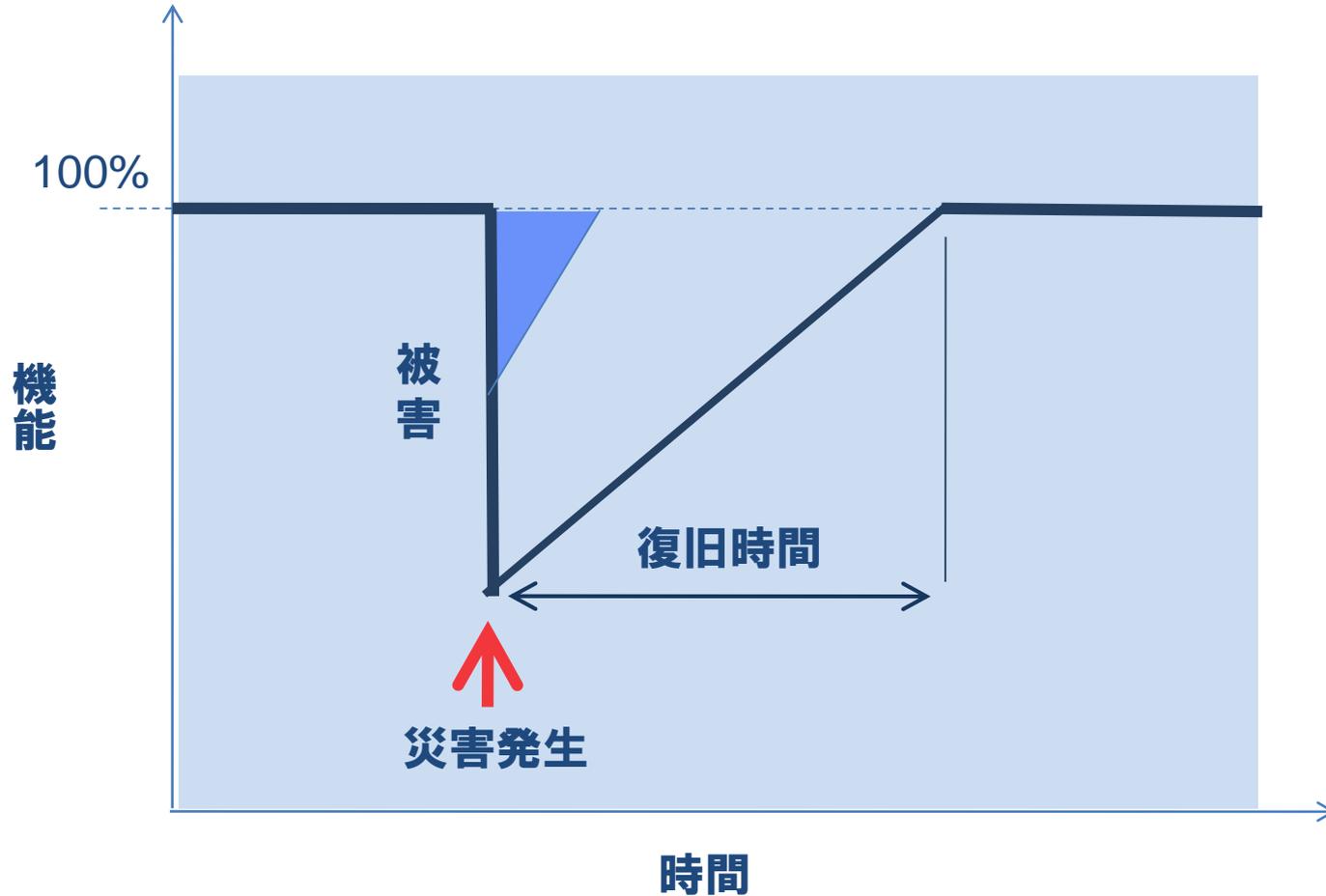


回復力の向上



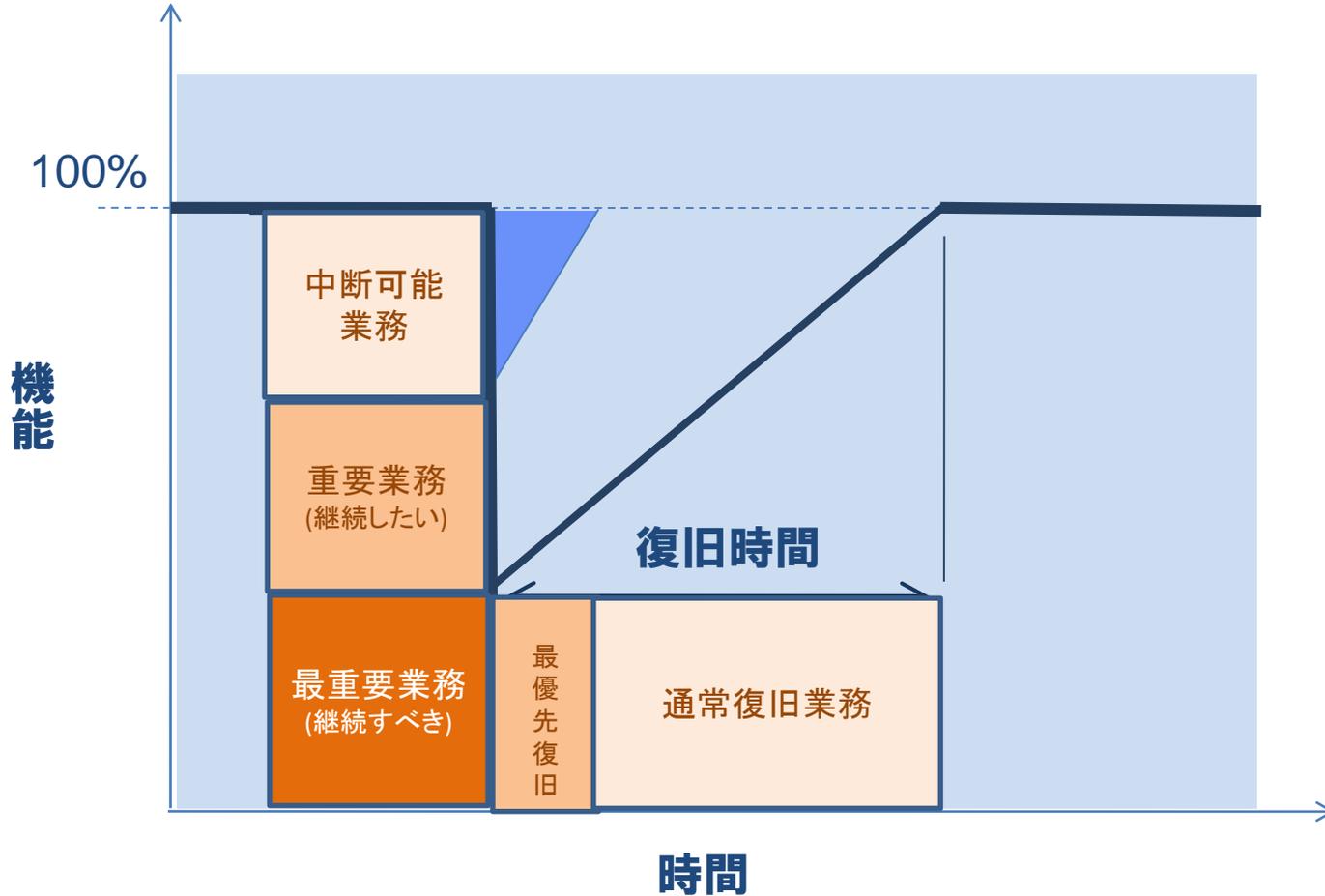
応援・受援力の強化
災害対応業務の標準化

総合的な防災能力の向上



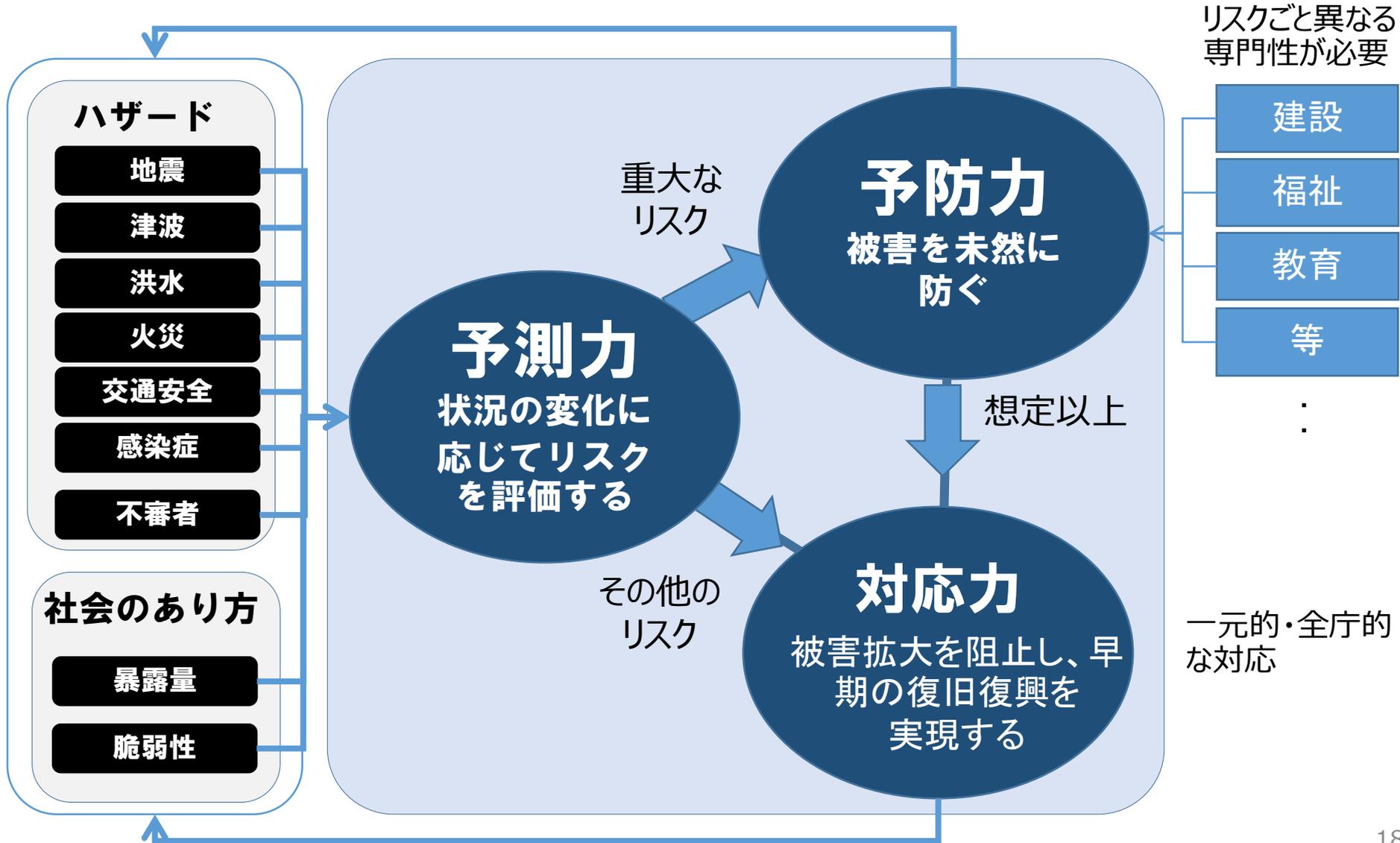
多重防御

総合的な防災能力の向上

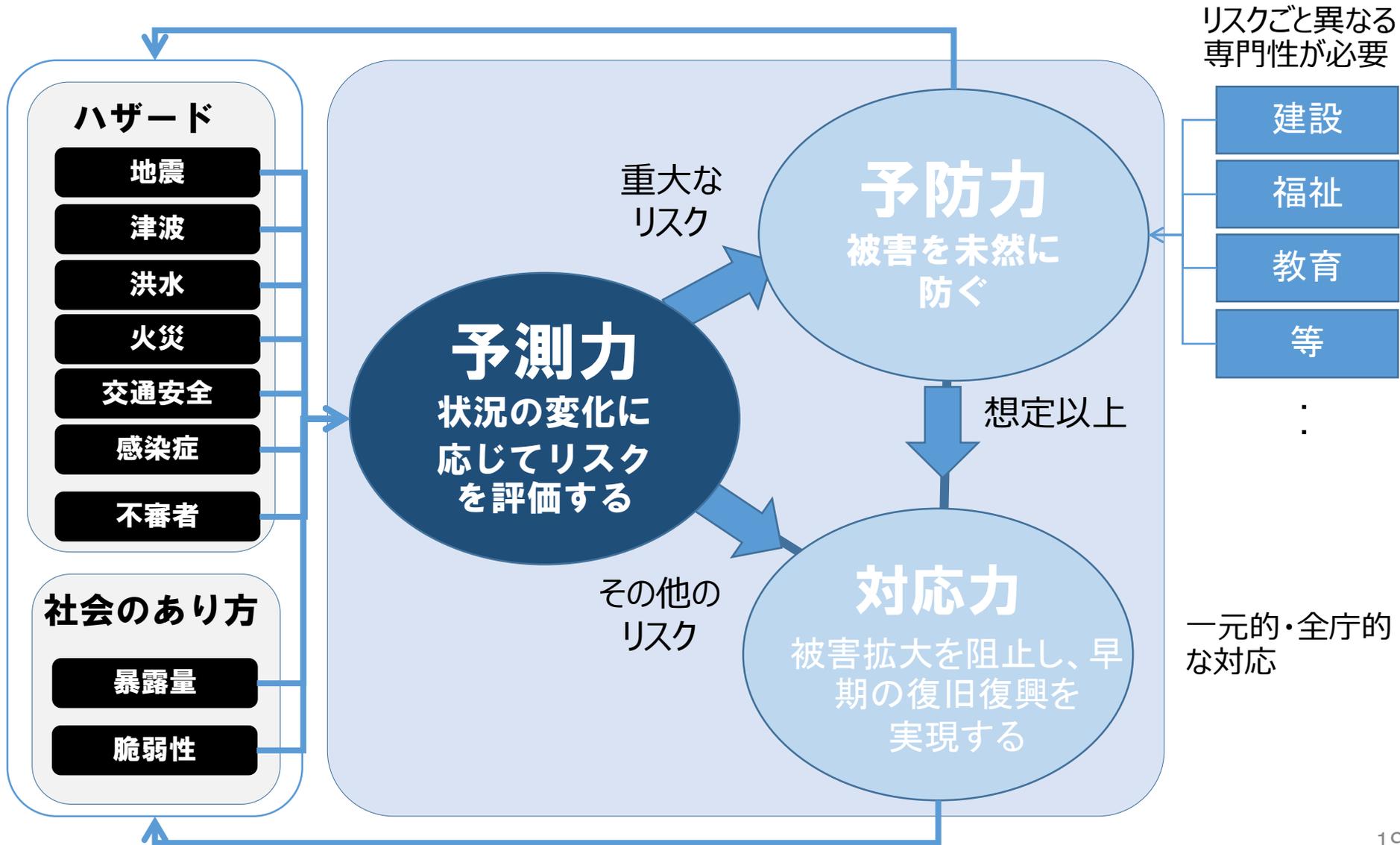


多重防御

レジリエンスを高める方策



レジリエンスを高める方策



2012年推定：「最大クラス」起こるとは限らない

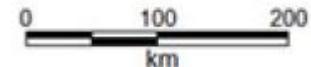
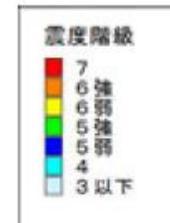
Mw=9.0

死者 32万人

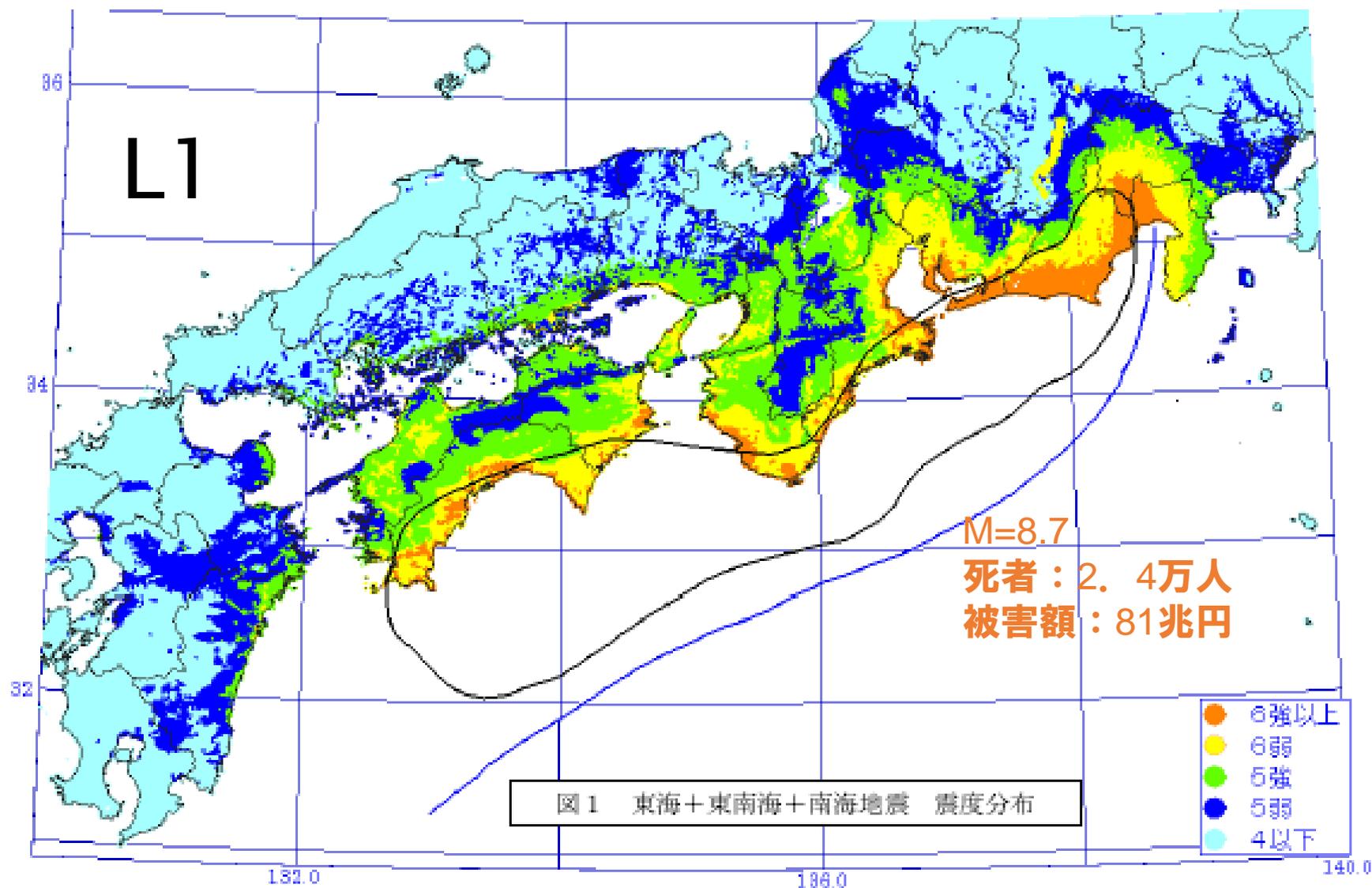
被害額 220兆円

L2

約14万km²



2003年推定：蓋然性は高い：最低100兆円



南海トラフ地震への災害対応を応援する地域

- ・ 事業継続能力を高める
- ・ 組織だった効果的な被災地支援ができる体制を整備する

M9.0

L2

最大規模の南海トラフ地震で被害が出る地域

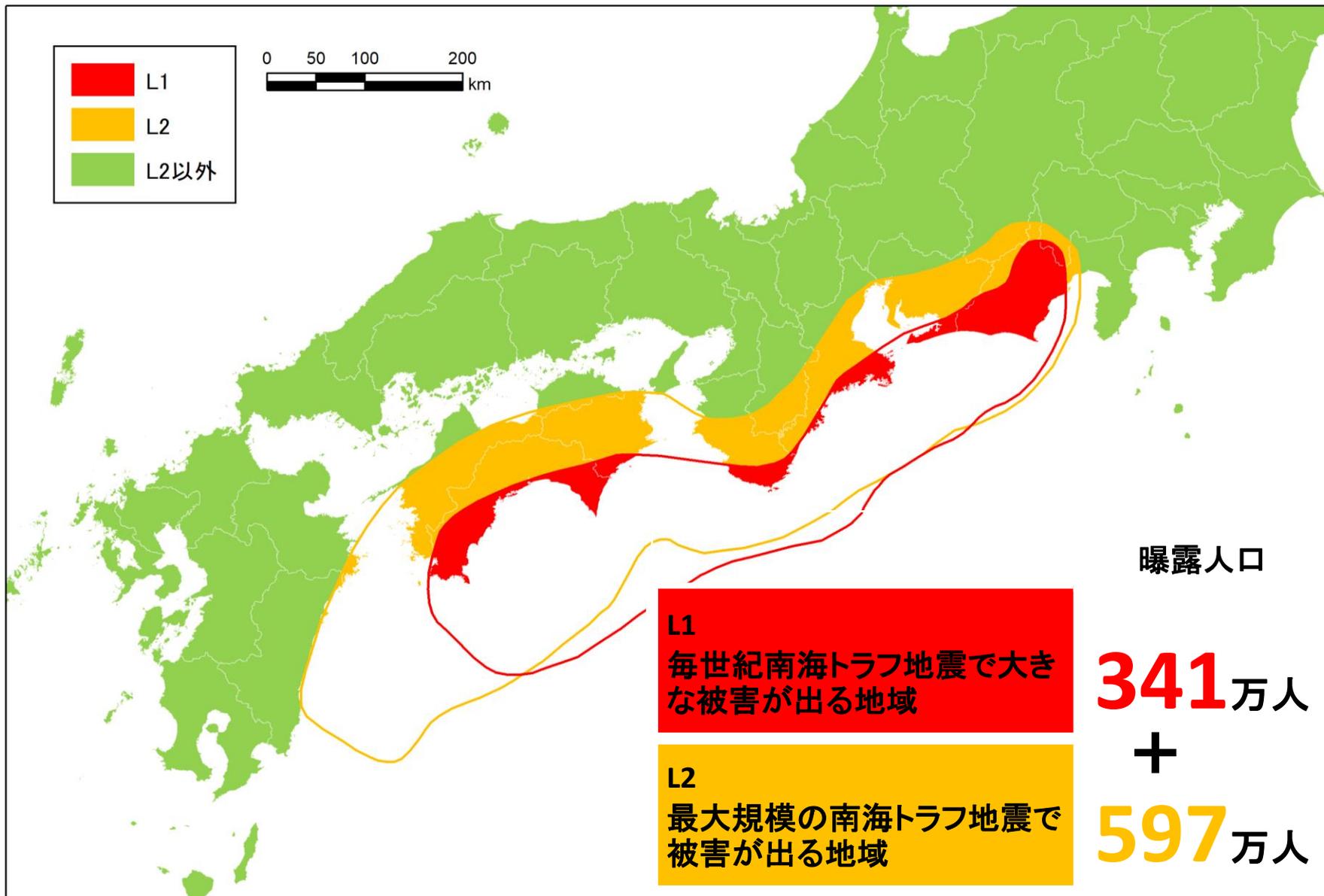
- ・ 南海トラフ地震を過剰に恐れない
- ・ 適切な避難と非構造的な対策を中心にして被害の発生をできるだけ減らす方策を考える

M8.7

L1

毎世紀南海トラフ地震で大きな被害が出る地域

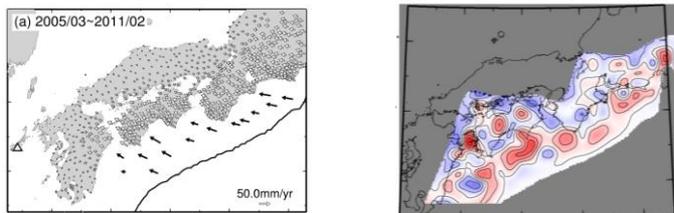
- ・ 長期的な視野に立って「災害に強いまちづくり」を行う
- ・ 次の地震津波被害を契機として、抜本的に土地利用・構造物のあり方を改める



将来、南海トラフでどのような地震が発生するのだろうか

この問いに応えるための科学技術の開発

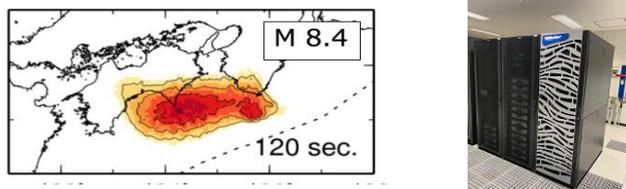
技術開発1:地震を引き起こす原動力の推定



技術開発2:室内摩擦実験による摩擦則の解明

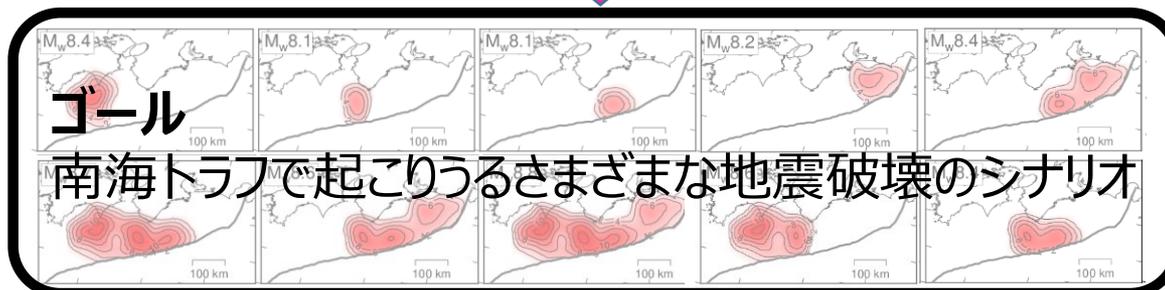


技術開発3:地震破壊シミュレーション



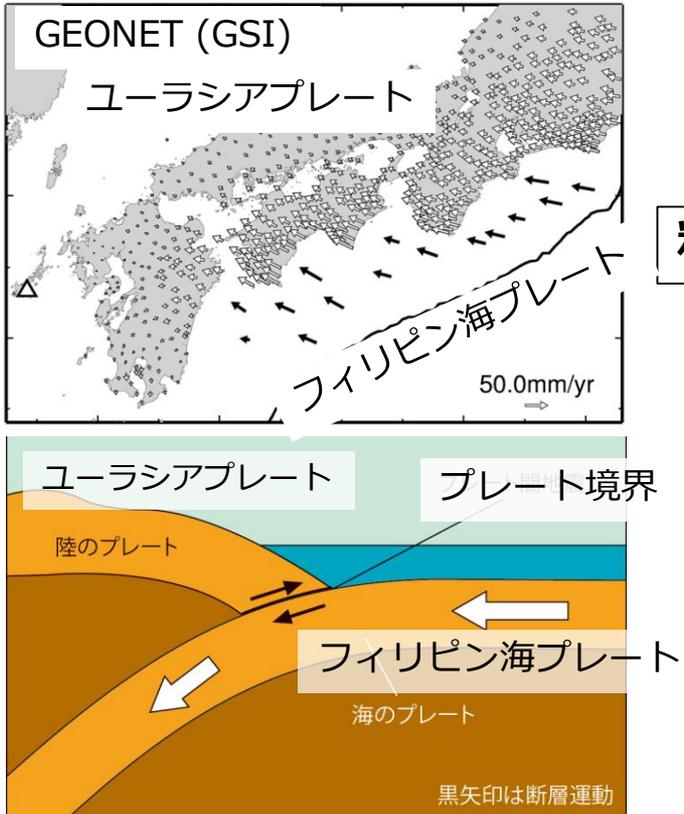
ゴール

南海トラフで起こりうるさまざまな地震破壊のシナリオ

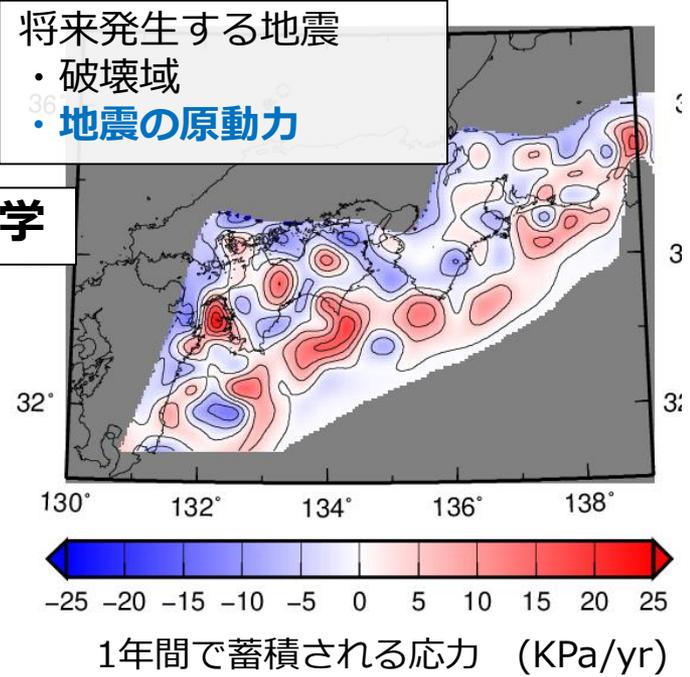


技術開発1: 地震を引き起こす原動力の推定

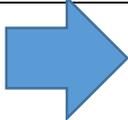
衛星測位データによる列島の地表変形



プレート境界に蓄積されていく力



粘弾性体力学



Noda et al. (2018 JGR)

技術開発2:室内摩擦実験による摩擦則の解明

室内摩擦実験とプレート境界をつなぐ摩擦法則の解明

センチメートル



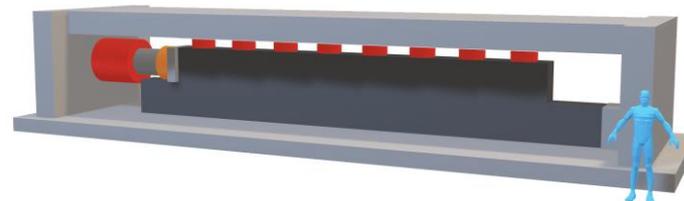
岩石の摩擦則



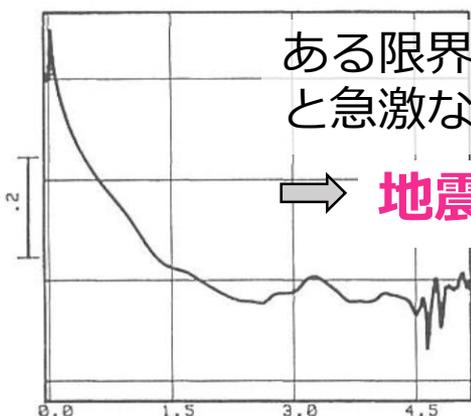
メートル



10メートル級



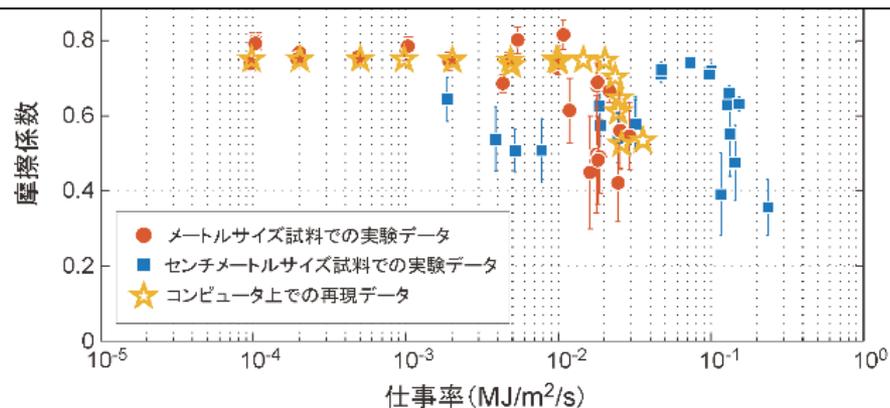
岩石間の力 (MPa)



すべり量 (μm)

Ohnaka & Yamashita (1989)

摩擦特性がスケールで異なる仕組みを解明



Yamashita et al. (2015 Nature)

技術開発3: 地震破壊シミュレーション

支配方程式

運動方程式 (理論)
摩擦法則 (室内実験)

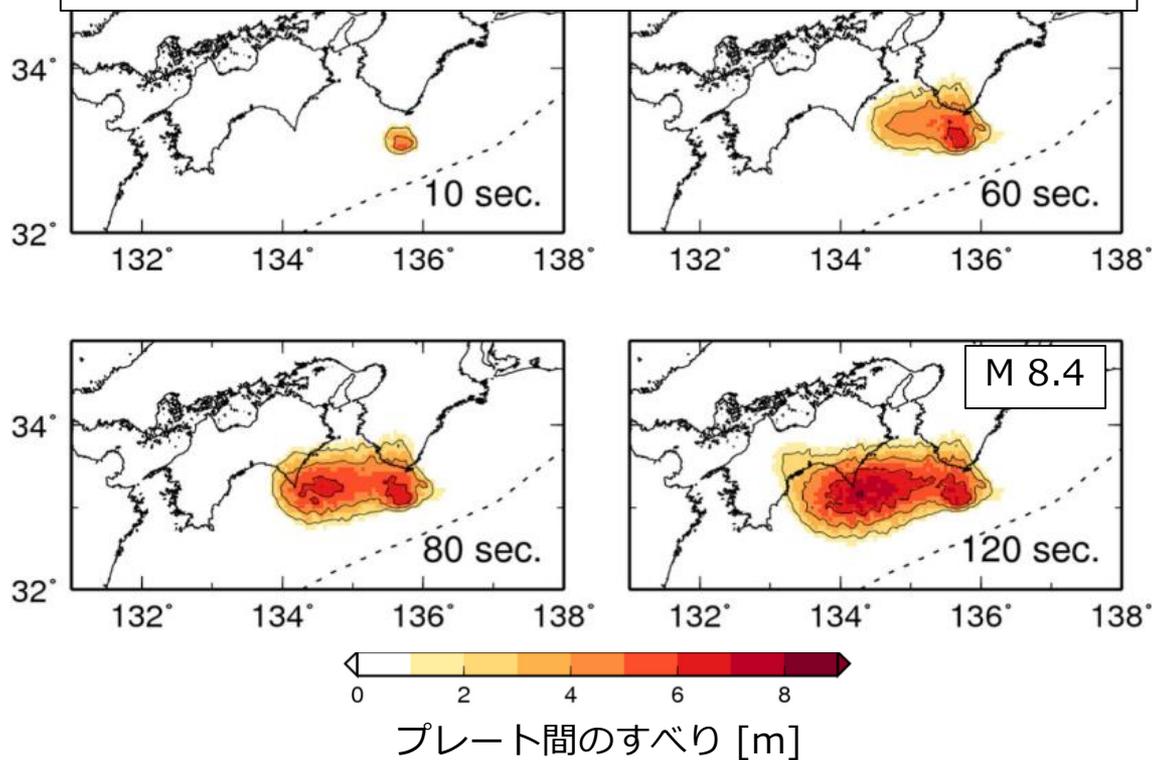
初期条件

地震を引き起こす原動力
(基盤観測網)

スーパーコンピュータによるシミュレーション

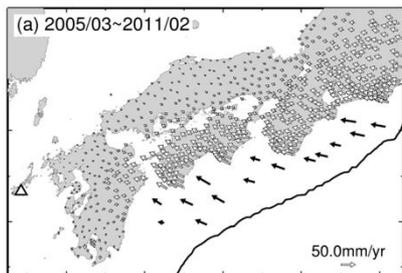


プレート間に蓄えられた力を駆動力する破壊
→ 巨大地震の発生

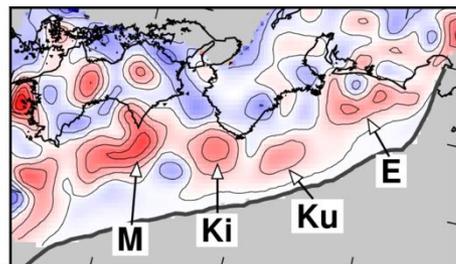


南海トラフで起こりうる10の地震破壊のシナリオ

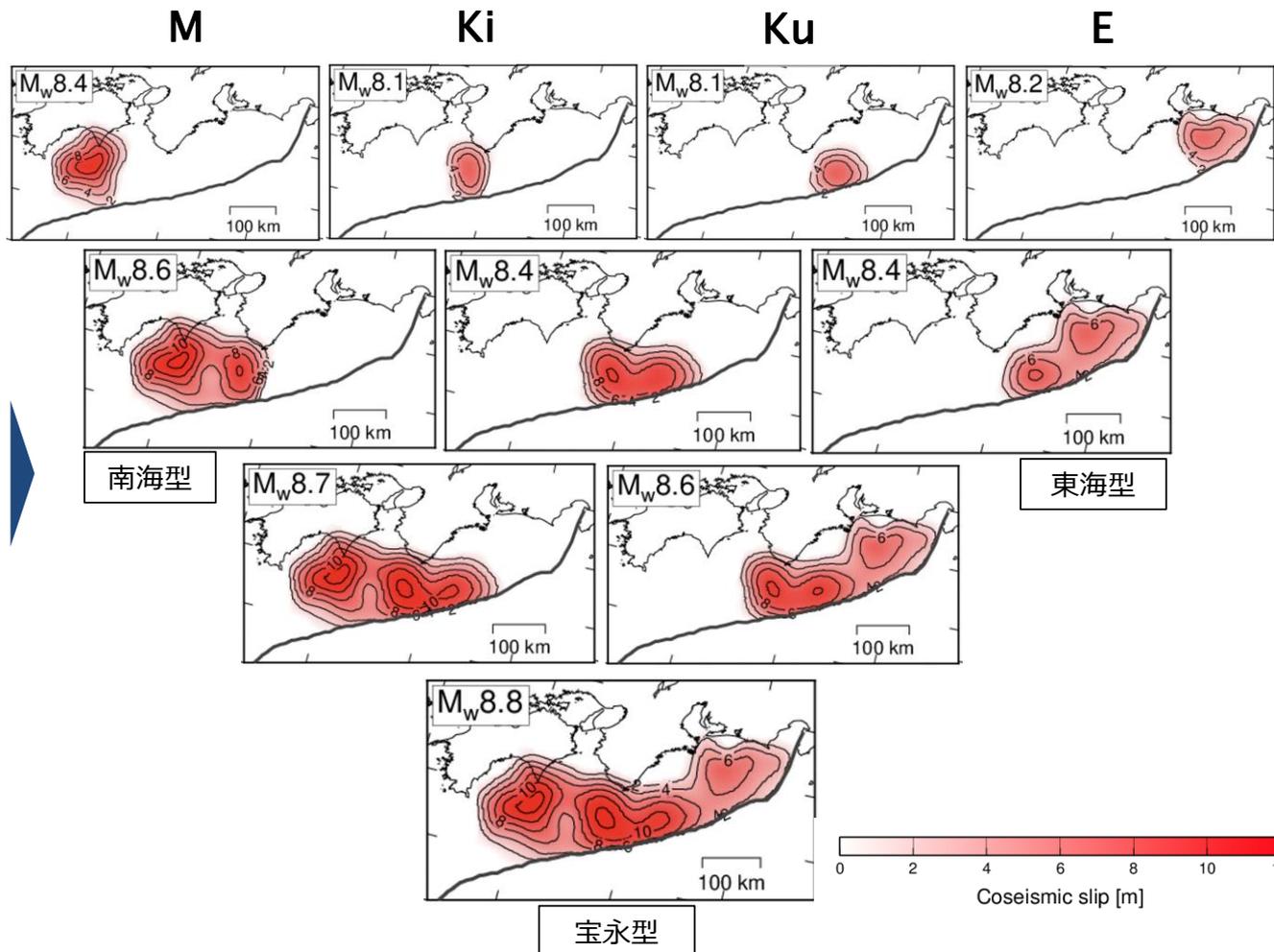
プレート間固着による地殻変動をGNSSにより観測



プレート境界での応力の蓄積（赤）を推定



局所的なひずみの高まりM, Ki, Ku, Eにおいて発生する地震を予測



Noda et al. (2020 EGU)

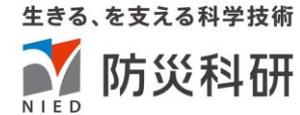
あなたの地震後の生活はどうか？
地震10秒診断



生活再建のどんなことにも。

地震保険

Powered by



個人の位置情報×災害関連データ



自分ごと化
防災意識の向上
具体的な備え

自分の生活に即して、自分の身に起こりうる
「地震のリスク」と「地震後の生活」を具体的にイメージし
具体的な備えを考えやすくする情報プロダクツ



誰でも、いつでも、簡単に診断スタート！

ふと思いついたときに、見かけたときに、気軽に診断

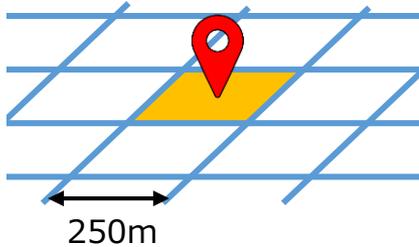
つまづいてしまうような
煩雑な入力を
最大限に除去

**スタート画面から
ボタンをタップするだけ**

パソコン・タブレット・
スマートフォンの
現在地に連動して
診断結果を
10秒以内に表示



その場所に合わせた診断結果を表示



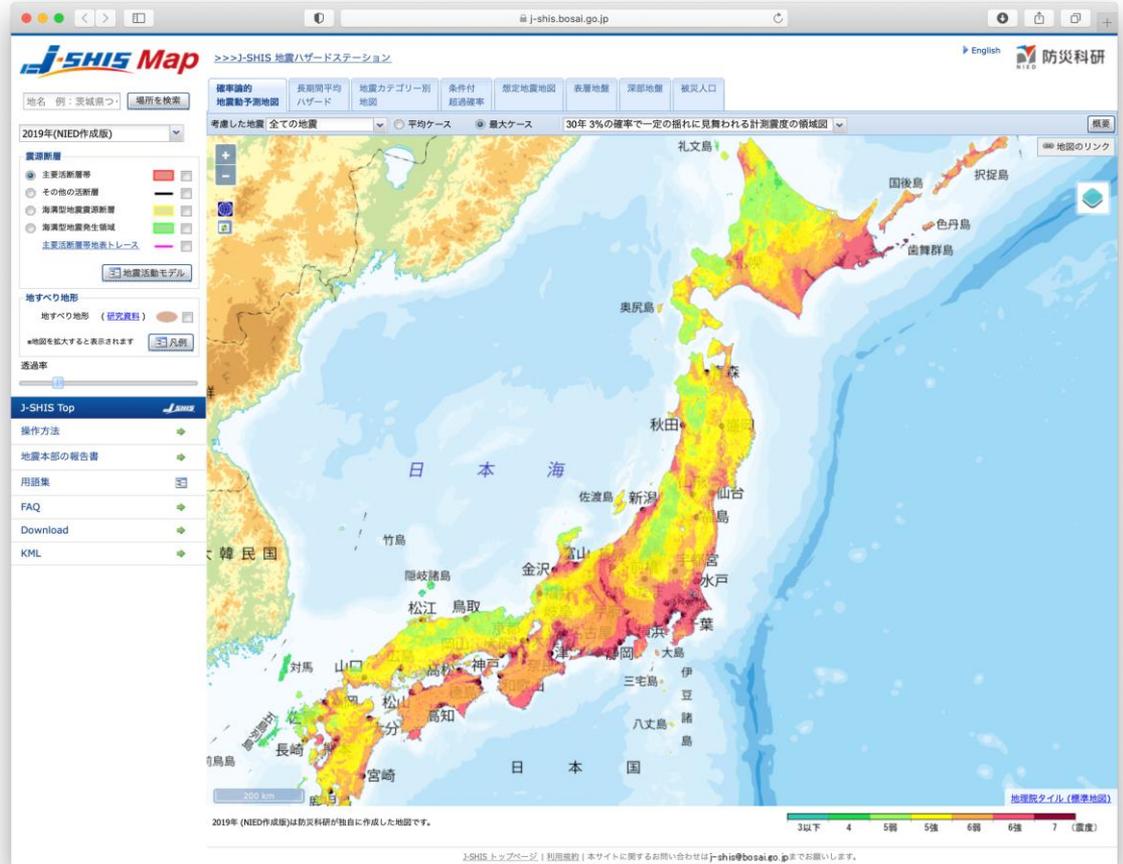
まずどのくらい揺れるのか？

利用者の位置を含む
250メートルメッシュを特定
その区画の予測を表示

- 今後30年間で3%の確率で見舞われる震度
- 今後30年間でその震度以上の揺れに見舞われる確率



予測データは「J-SHIS地震ハザードステーション」の科学的データを使用



確率論的地震動予測地図を使用

**日本及びその周辺で起こりうる
全ての地震が対象**

- 多様な地震を考慮した、250m区画での
- 一定期間一定確率で見舞われる揺れ
 - 一定期間一定の揺れに見舞われる確率

その後のくらしはどうなるのか？

算出された震度をもとに、**その後のくらしを考える指標**を算出

- ・ 停電はどのくらいの期間継続するのか？
- ・ ガスはどのくらいの期間止まるのか？
- ・ 水道はどのくらいの期間使えないのか？
- ・ 家が全壊する可能性は？ ・ 出火する可能性は？

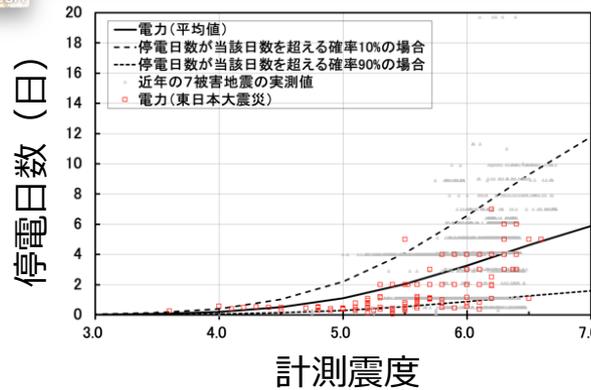


算出のための関数は 「あなたのまちの直下型地震」のものを使用



自分で自由に地震を想定できるアプリ
全国各地で震度や被害状況を可視化できる

過去の地震災害の実績データに基づいて
構築された、震度とライフライン停止日数の
関係式 (永田, 2010など) を使用



ライフラインが止まるとどうなるのか、どう備えるのか？

- ライフライン停止の診断結果を**具体的な対策につなげるための情報**を提示
- ライフライン停止による生活への影響
 - そのような生活に備えるために必要なもの



条件を変えて調べる。他の場所を調べる。

もっと色々調べたいに答える

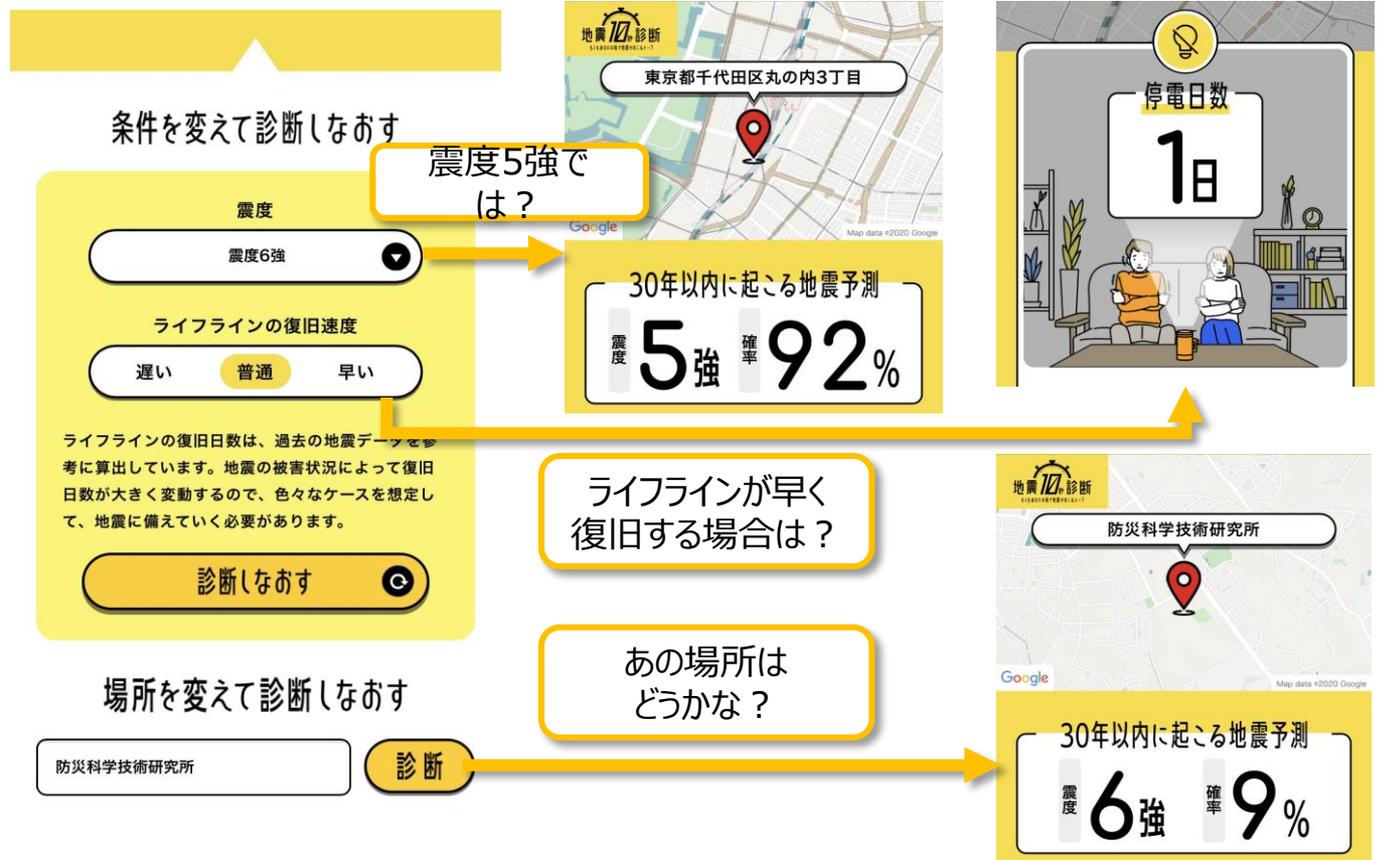
条件を変えた診断

- 震度5強以上だと？
- 震度6弱以上だとライフラインの停止はどれくらい？
- ライフラインが早めに復旧するとしてどのくらいわかる？
- 復旧が遅い場合は？

場所を変えた診断

- 職場はどうなるの？
- 学校はどうなるの？
- 病院は？スーパーは？

生活の拠点となる場所の地震のリスクへの理解を深める



まとめと今後に向けて

是非お試しください

地震10秒診断

検索



全国各地でどんどん参加が広がっています

これまでの総体験数

1,124,611回

全国の防災意識のアップデートへ

- より直結する情報を

ハザード情報



いのちと暮らしへの影響情報

- 高度なデータを、誰もが使いやすく

GPS

データ

デザイン

共創によるプロダクツ創出と普及

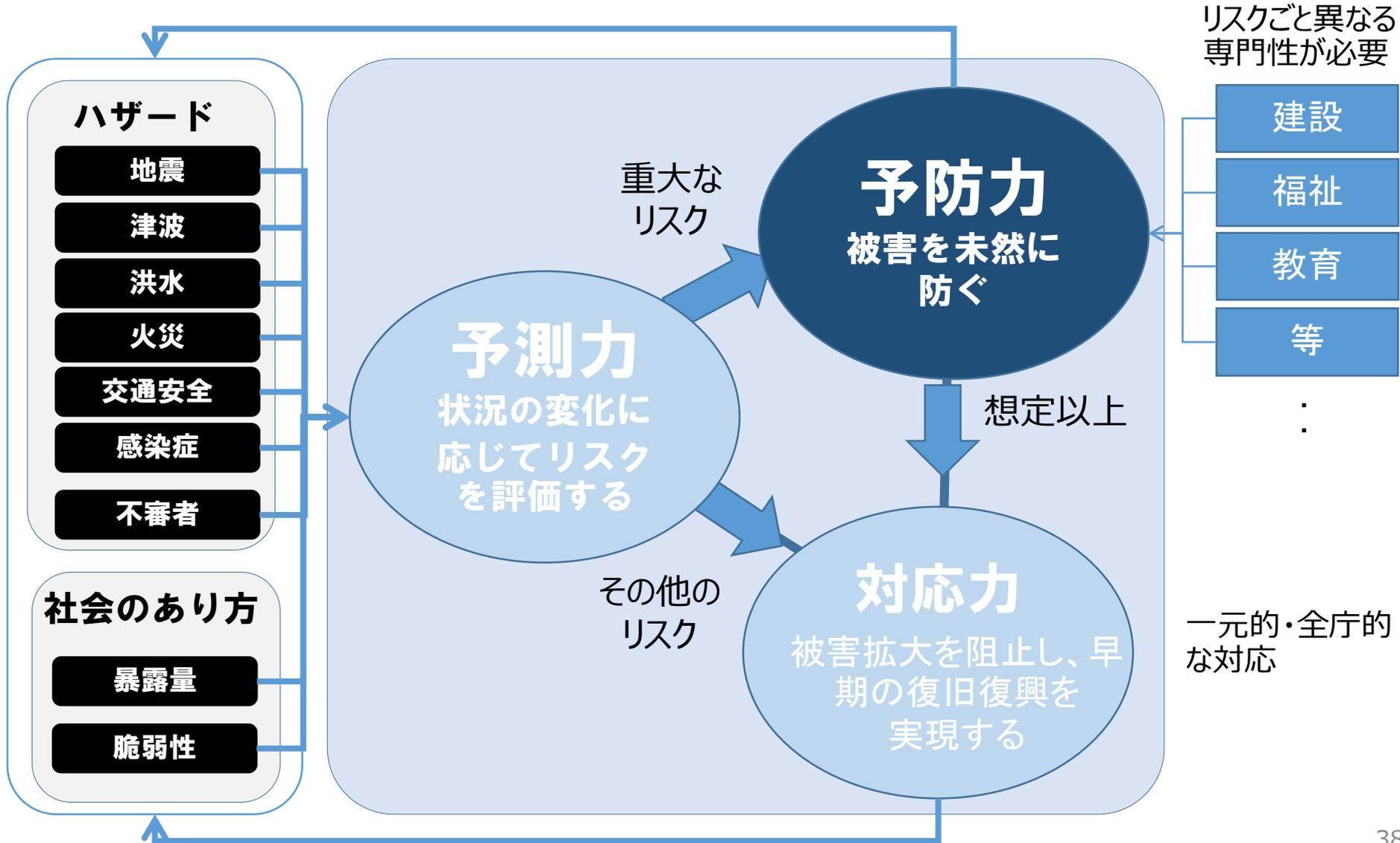
一般社団法人 日本損害保険協会

株式会社 博報堂

株式会社 博報堂アイ・スタジオ

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

レジリエンスを高める方策



生きる、を支える科学技術



太平洋沖合の海底地震津波観測の現状

機関名	地震計	水圧計
防災科学技術研究所	207	204
◇ S-net	150	150
◆ DONET	51	51
◇ 相模湾ケーブル	6	3
◆ 気象庁	13	6
東海ケーブル	4	1
東南海ケーブル	5	3
房総ケーブル	4	2
◆ 海洋研究開発機構	6	2
釧路沖海底ケーブル	3	2
長期孔内	3	0
◆ 東京大学地震研究所	3	2
三陸沖ケーブル	3	2
合計	229	214

上表は2020年4月1日現在、地震調査研究推進本部調をもとに作成。この他、験潮・検潮・検潮所、沿岸における津波計、GPS津波計（NOWPHAS）等による津波観測が行われている。

日本海溝海底地震津波観測網

S-net : インライン方式

- ・日本海溝を関東から北海道までの沖合を6サブシステムでカバー
- ・地震計と水圧計を備えた全150観測点、全長約5500kmの海底ケーブルからなる
- ・東西方向に30km間隔南北方向に50-60km間隔
- ・地震と津波をそれぞれ最大30秒、20分程度早く検知可能。東北地方の地震像の解明に貢献
- ・2016年3月一部試験運用開始、2017年3月完成

東海・東南海沖ケーブル式常時海底地震観測システム

- ・気象庁が構築、運用するケーブル式常時海底地震観測システム
- ・前者は東海地震想定震源域をカバー、1979年運用開始
- ・後者は御前崎沖から志摩半島沖にかけてをカバー、2008年運用開始

地震・津波観測監視システム（DONET）：ノード方式

- ・熊野灘をカバーするDONET1と紀伊水道沖をカバーするDONET2、合計51観測点からなる
- ・地震津波の早期検知・評価、地震発生予測モデルの高精度化、最先端の海底観測技術の開発を目的に海洋研究開発機構が構築
- ・2016年3月の完成後に移管され、現在は防災科研が運用

観測の空白域

南海トラフ海底地震津波観測網 (N-net)

生きる、を支える科学技術



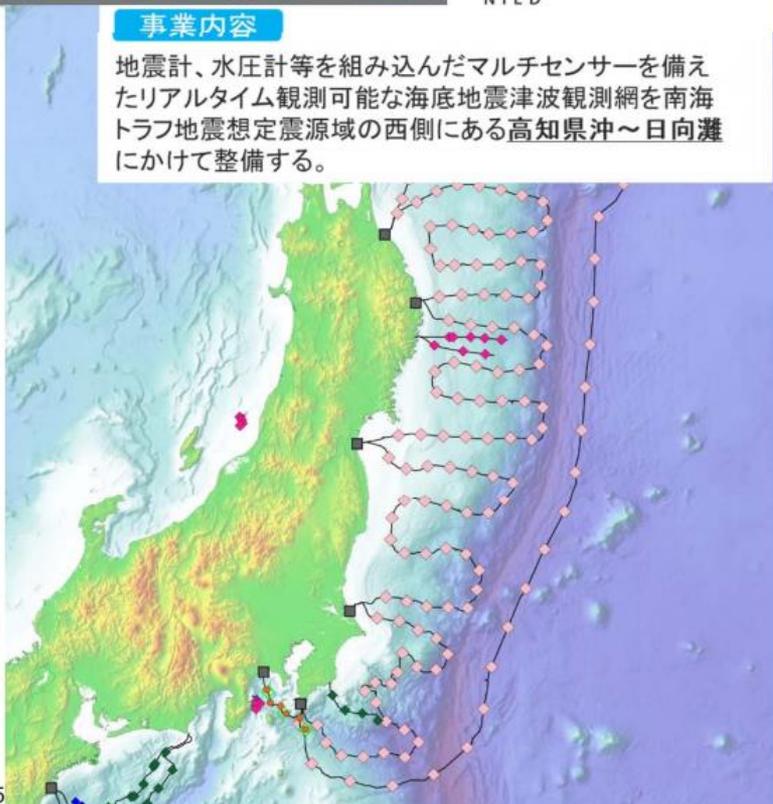
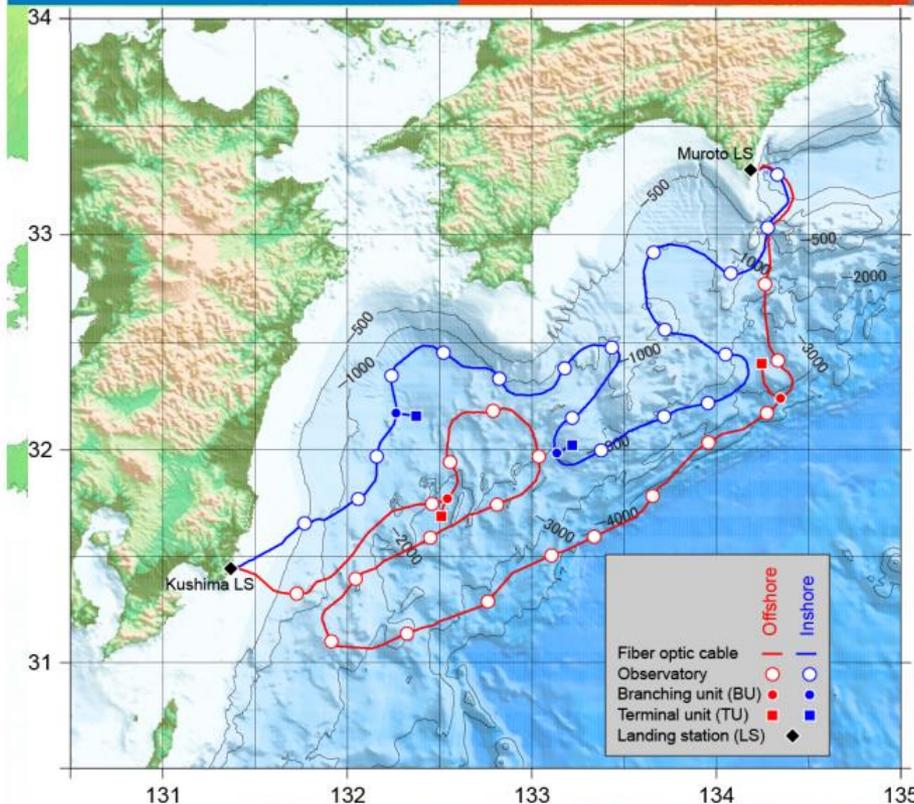
防災科研

事業内容

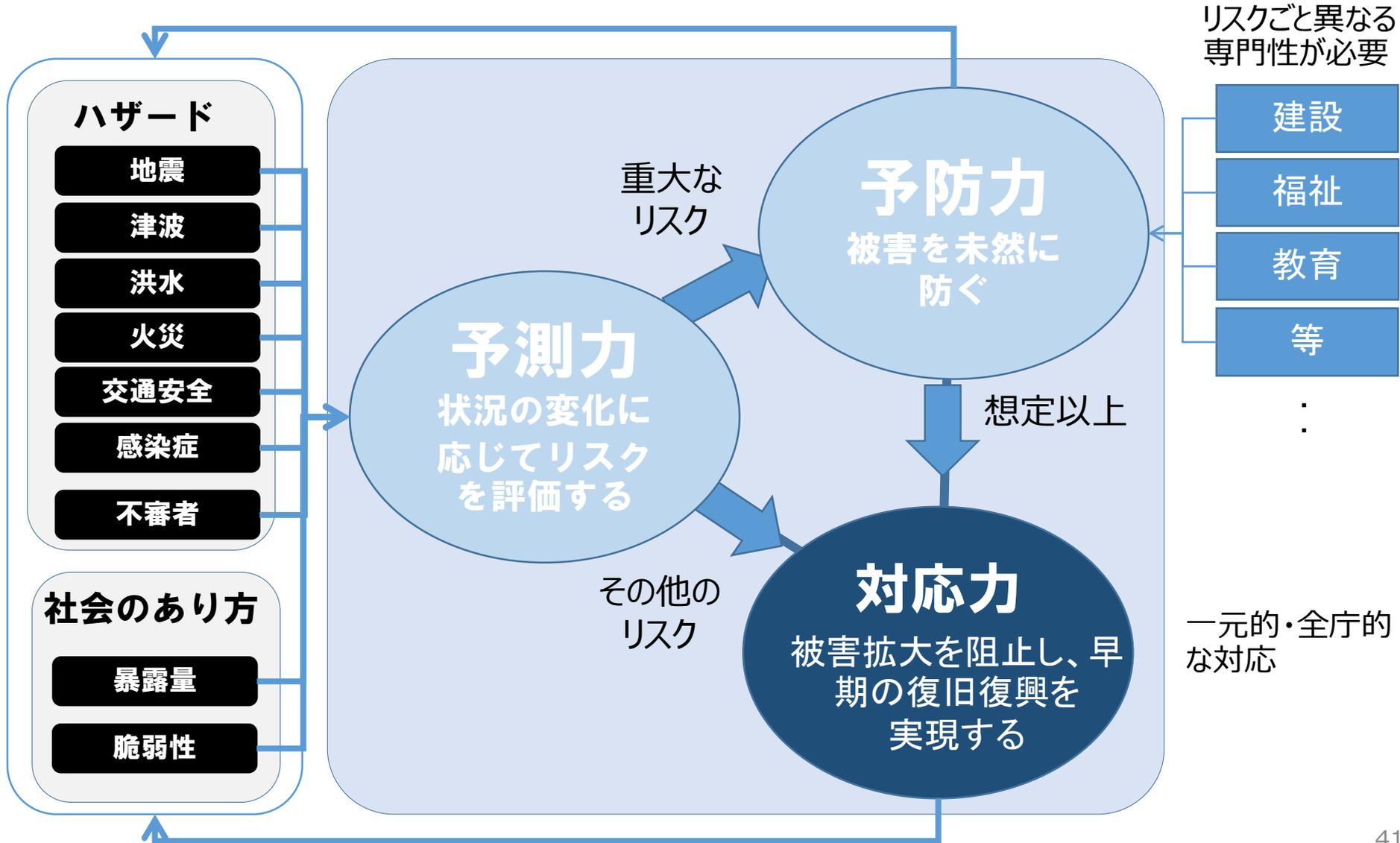
地震計、水圧計等を組み込んだマルチセンサーを備えたリアルタイム観測可能な海底地震津波観測網を南海トラフ地震想定震源域の西側にある高知県沖～日向灘にかけて整備する。

期待される効果

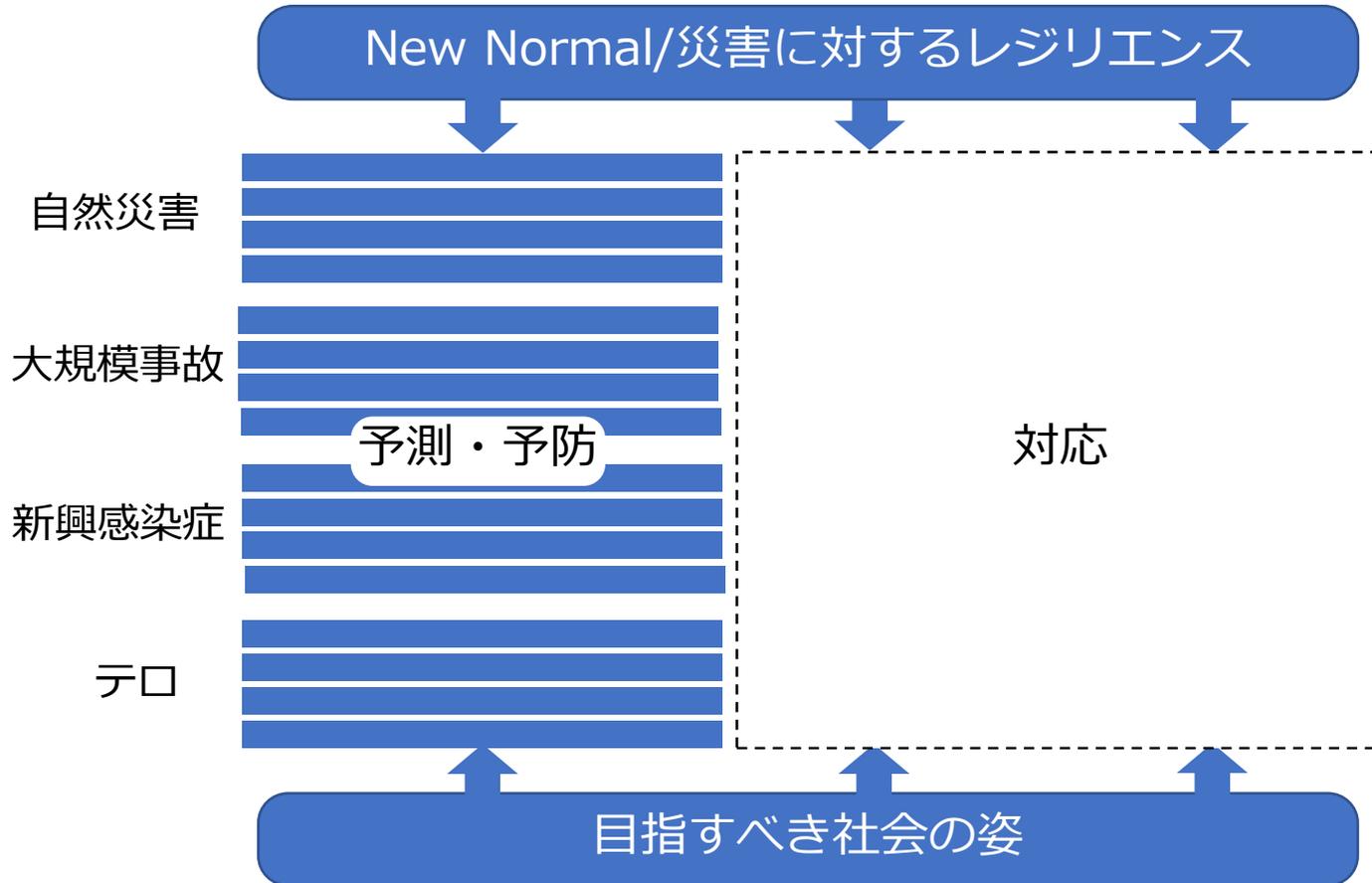
- 津波情報提供の高精度化・迅速化及び津波即時予測技術の開発
- 地方公共団体、民間企業への地震・津波データの提供
- 南海トラフで発生するM8～9クラスの地震の解明



レジリエンスを高める方策



防災に関する知の全体構造



- ① 自然現象としての災害の予測・予防はハザードごとに研究が推進
- ② 社会現象としての一元的な応急対応は体系的な分野として未確立
- ③ 社会現象としての復旧・復興は阪神・淡路大震災が最初の研究事例

従来の防災のモデル：構造物による予防中心

$$D = f(H, E, V)$$

Where D: 被害

H: ハザード (理学)

E: 暴露量 (都市計画)

V: 脆弱性 (土木建築構造)



新しい防災のパラダイム：総合的なレジリエンス向上

$$R = f(D, A, T)$$

Where R: レジリエンス

D: 被害 = $f(H, E, V)$

A: 災害を乗り越えるための人間活動

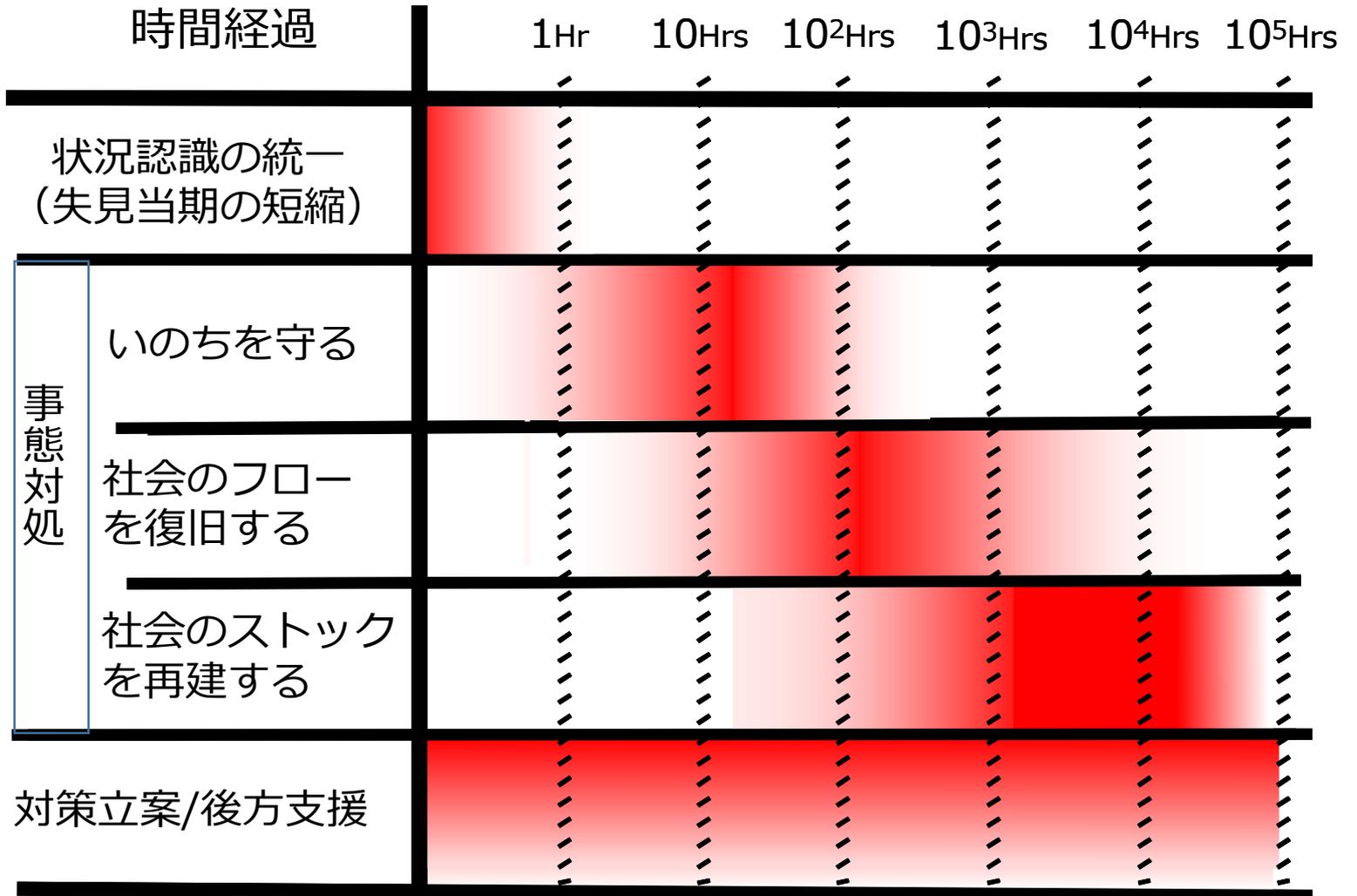
T: 災害を乗り越えるのに必要な時間

$$R = f(H, E, V, A, T)$$

社会現象としての災害に対する対策 ハザード別でなく結果事象の観点で対応

- 災害対応力の向上をめざすとは、「応急対応、復旧・復興」の迅速・効果的・苦しみの少ない実現を目的とする
- 「一元的な災害対応が可能」
- どのようなハザードで引き起こされた災害であれ、社会が対応すべきことは基本的に同じ
- 対策を考えるにあたっては、ハザード別でなく結果事象の観点で対応を考えることが有効

災害から立ち直るために必要な5種類の課題



災害時情報共有の必要性（理想像）

- 災害時、個人・組織は同時並行で異なる活動をする
- そのそれぞれが固有の情報を保有している
= **状況認識が異なる**
- 個人・組織同士が**情報共有によって、状況認識を統一**することが、社会全体としての的確な災害対応を実行する姿
 - 情報を「共に」「有す」
 - 「知らない」を無くす



エスアイピーフォーディー

SIP4D (基盤的防災情報流通ネットワーク)

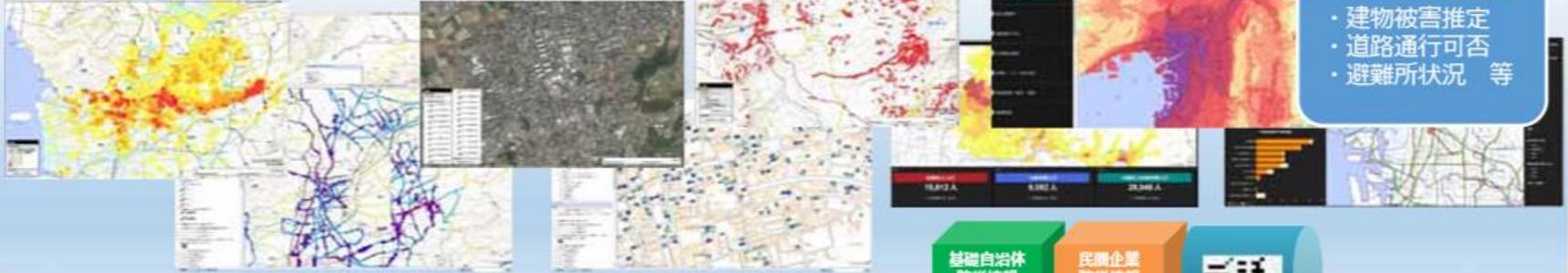
Shared Information Platform for Disaster Management

内閣府総合科学技術・イノベーション会議
SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)
第1期で開発した先進的情報基盤

災害現場で役立つ情報プロダクツの研究開発

情報収集

情報作成・集約



- ・建物被害推定
- ・道路通行可否
- ・避難所状況 等



災害現場で活動する災害対応機関への情報提供

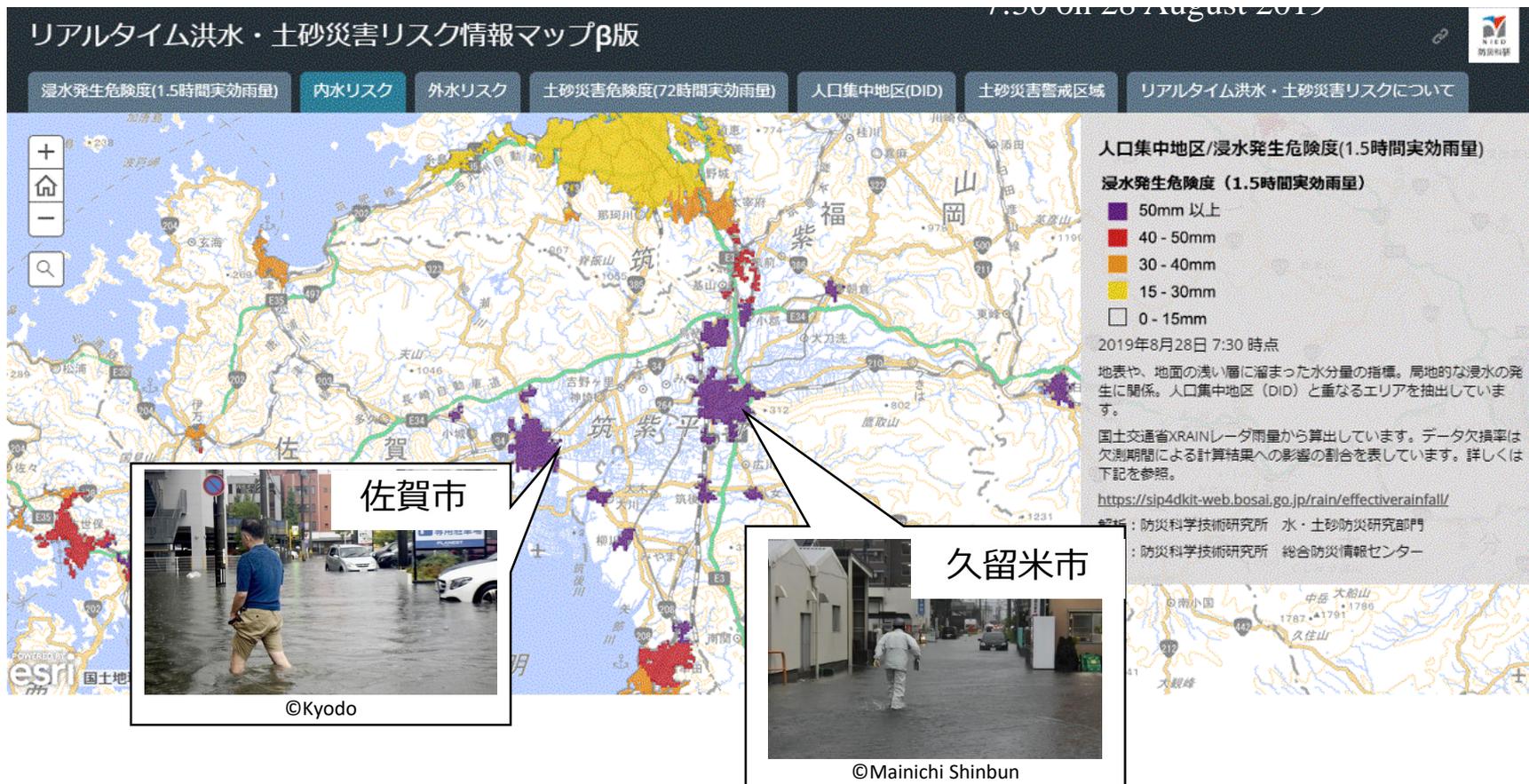


災害時情報集約
支援チーム

現場と研究をつなぐ「パイプライン」を実現し、現場も研究も効果最大化

防災科研 内水リスク評価結果の表示 (2020)

人口集中地区 (DID)を切り出す



外水リスク評価結果の表示 (2020)

浸水想定区域の実効雨量と気象庁「洪水警報の危険度分布」

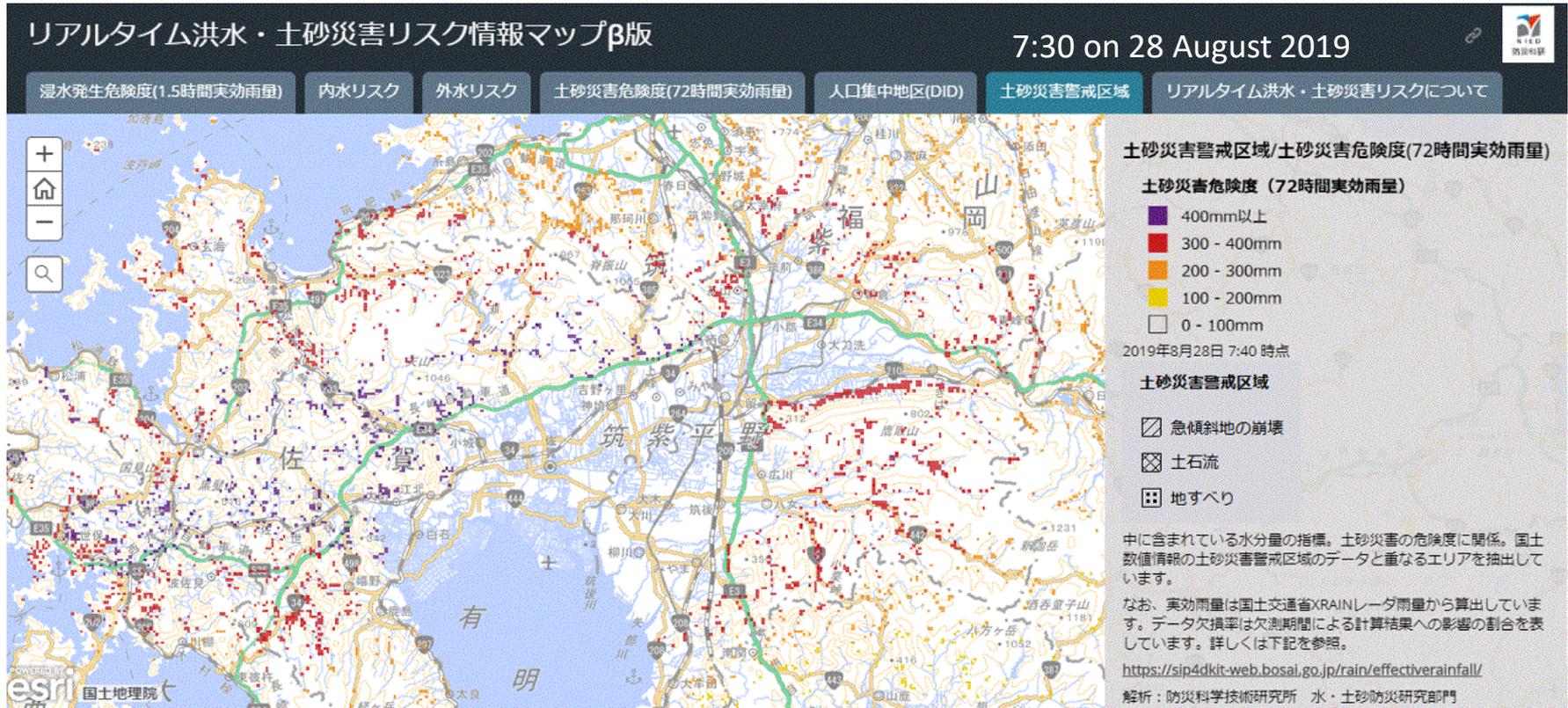


氾濫想定
区域

洪水警報の
危険度分布

土砂災害のリスク評価結果の表示 (2020)

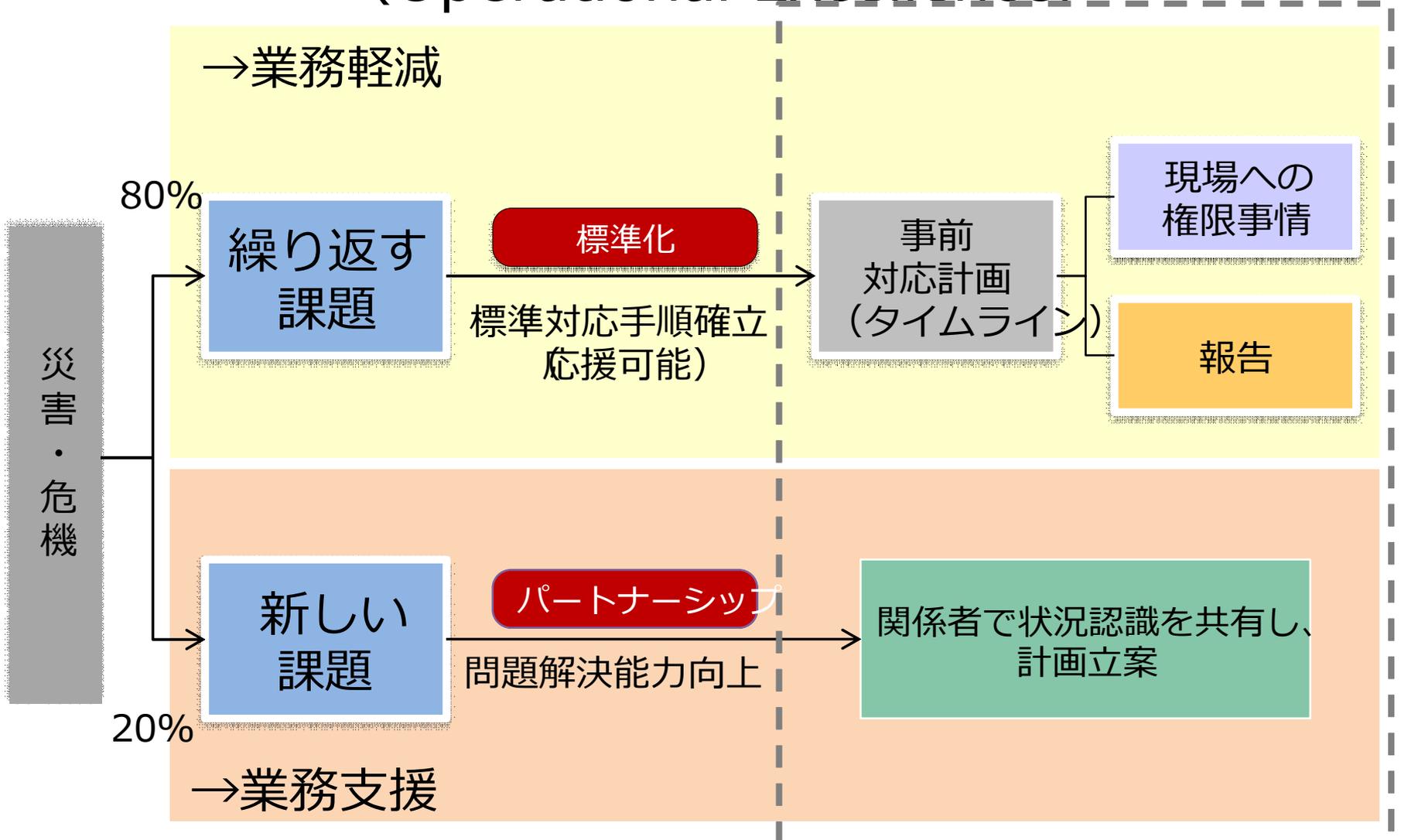
土砂災害警戒区域での半減期72時間実効雨量



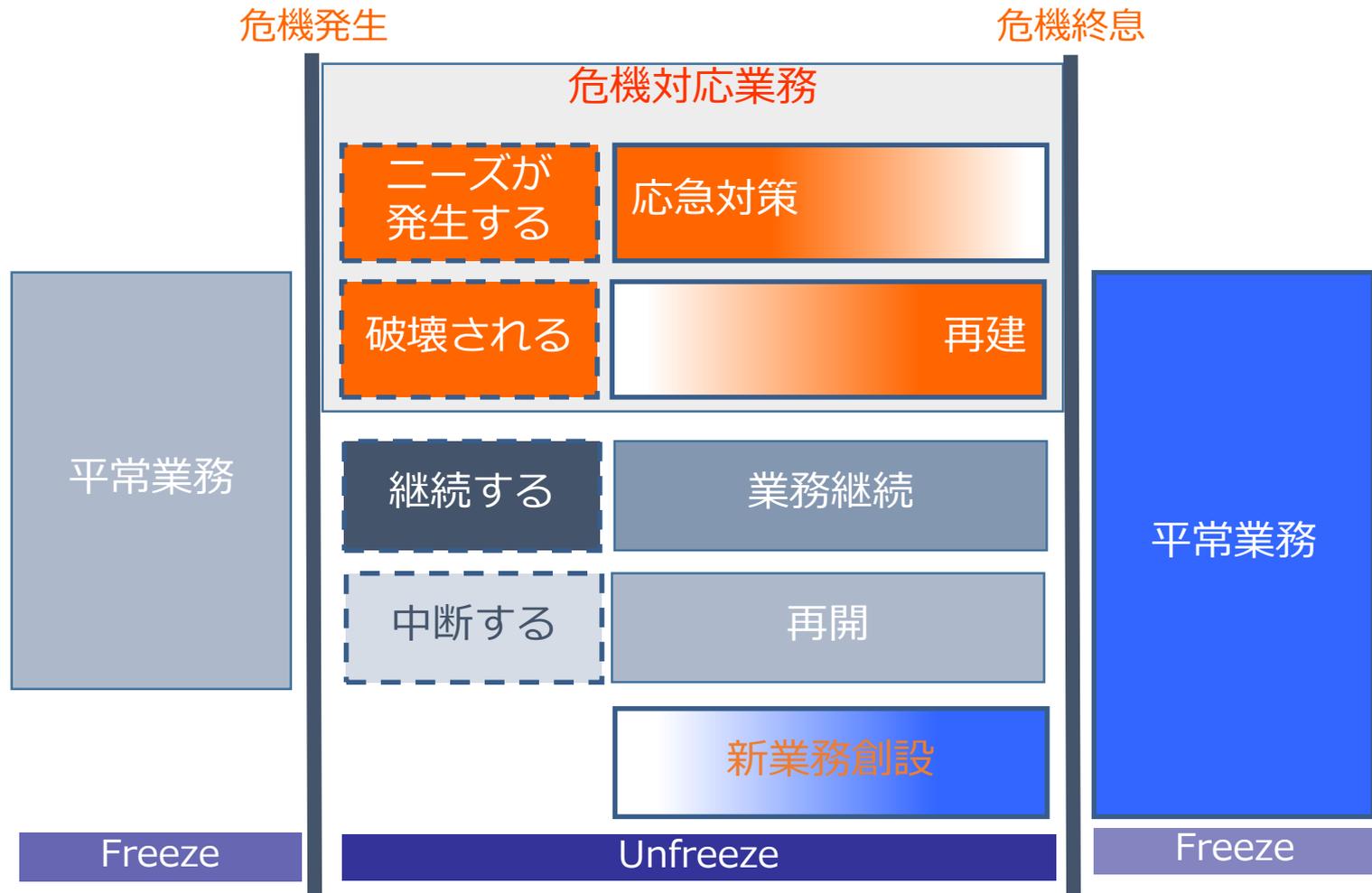
「組織間連携を必要とする繰り返す課題」への効果的な災害対応の実現

- 災害のたびに繰り返し発生する課題が対象。
- 組織間の連携を必要とする課題が対象。
- だが、何を、いつするべきかを明確化し、予め関係者間で合意し、文書化する。合意事項を予め訓練しておく。
- これを怠ると発災後に調整が手間取る。いいかえれば、発災直後から調整なしに対応しても、結果として調整がとれる
- 米国では連邦政府として、大統領の災害宣言を受けて実施する15種類の支援活動が「Emergency Support Functions (ESF)」を参考にして、埼玉県内で災害対応機関の有機的な連携を必要とする業務に関して標準的業務手順を確立する
- 主担当と副担当を事前に決定（役割分担）
- 平時の業務所管がそのまま使える業務は平時の仕組みを活用する。
- 災害時だけに発現する応急対応業務並びに、災害対応対応の全体的な調整は、危機管理部が中心になって対応する

災害対応業務を効率化するために着目すべきこと (Operational Excellence)



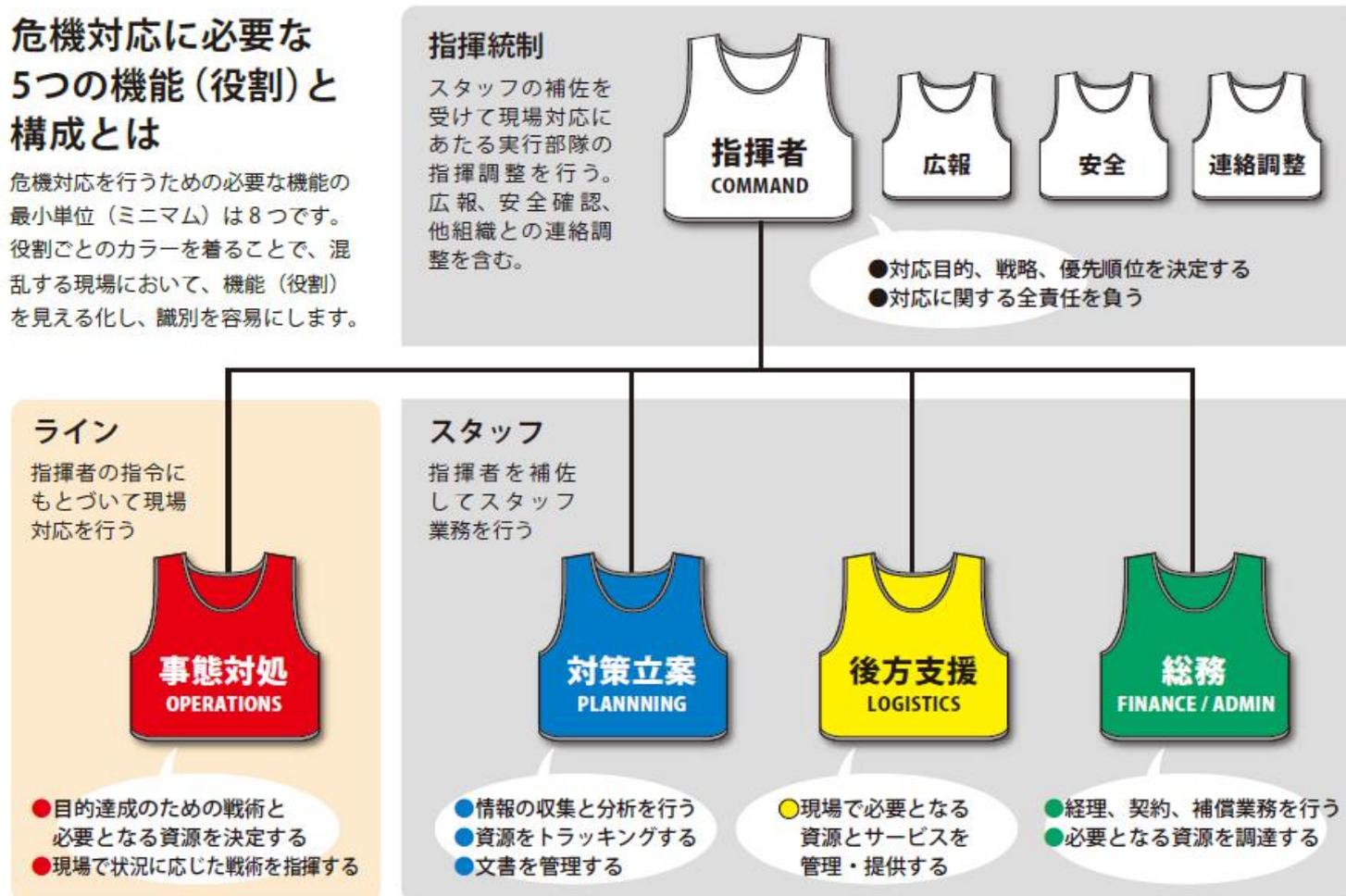
業務継続の観点から見た 5種類の危機対応業務



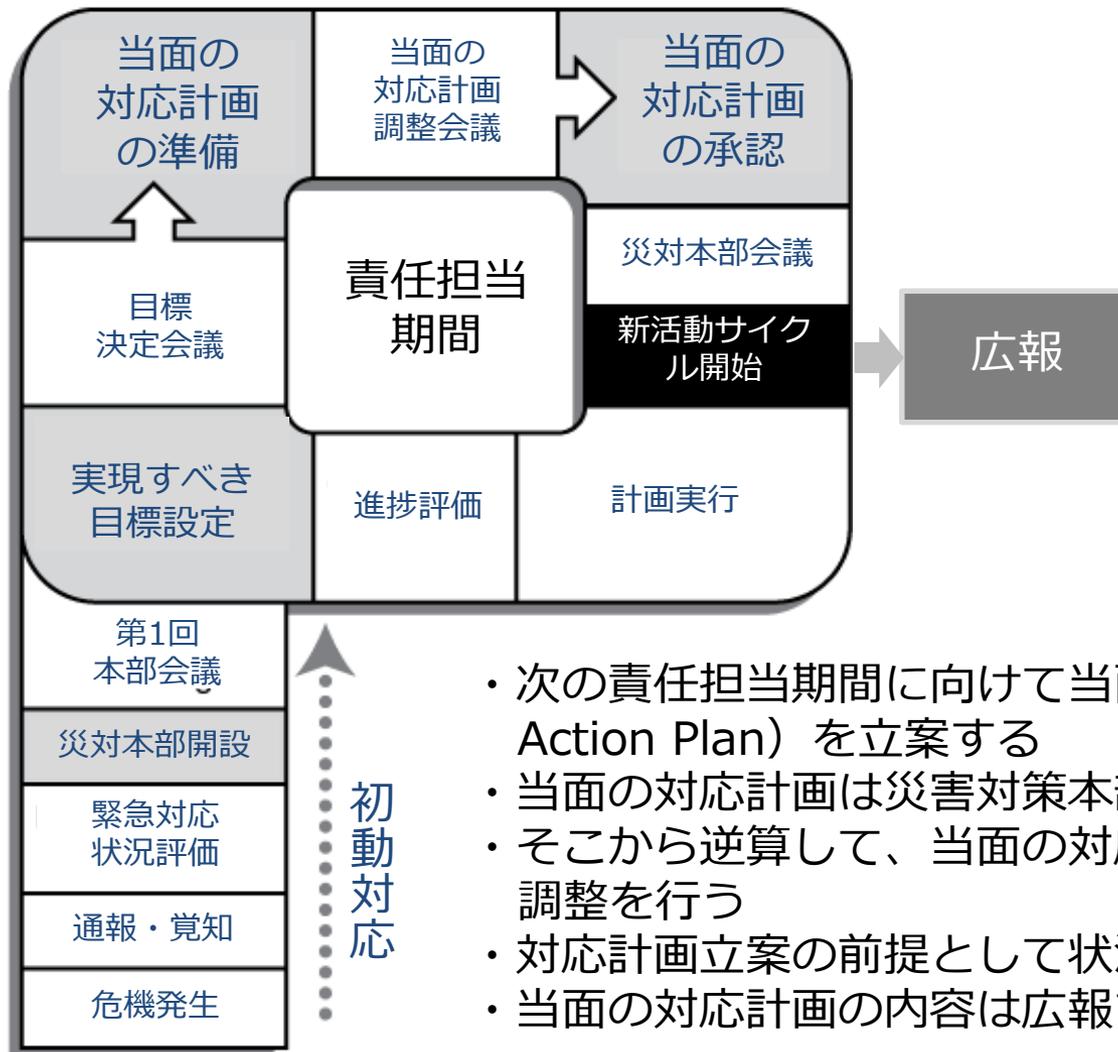
世界標準に即した機能的な役割分担： 危機対応で必要となる5つの役割

危機対応に必要な 5つの機能（役割）と 構成とは

危機対応を行うための必要な機能の最小単位（ミニマム）は8つです。役割ごとのカラーを着ることで、混乱する現場において、機能（役割）が見える化し、識別を容易にします。



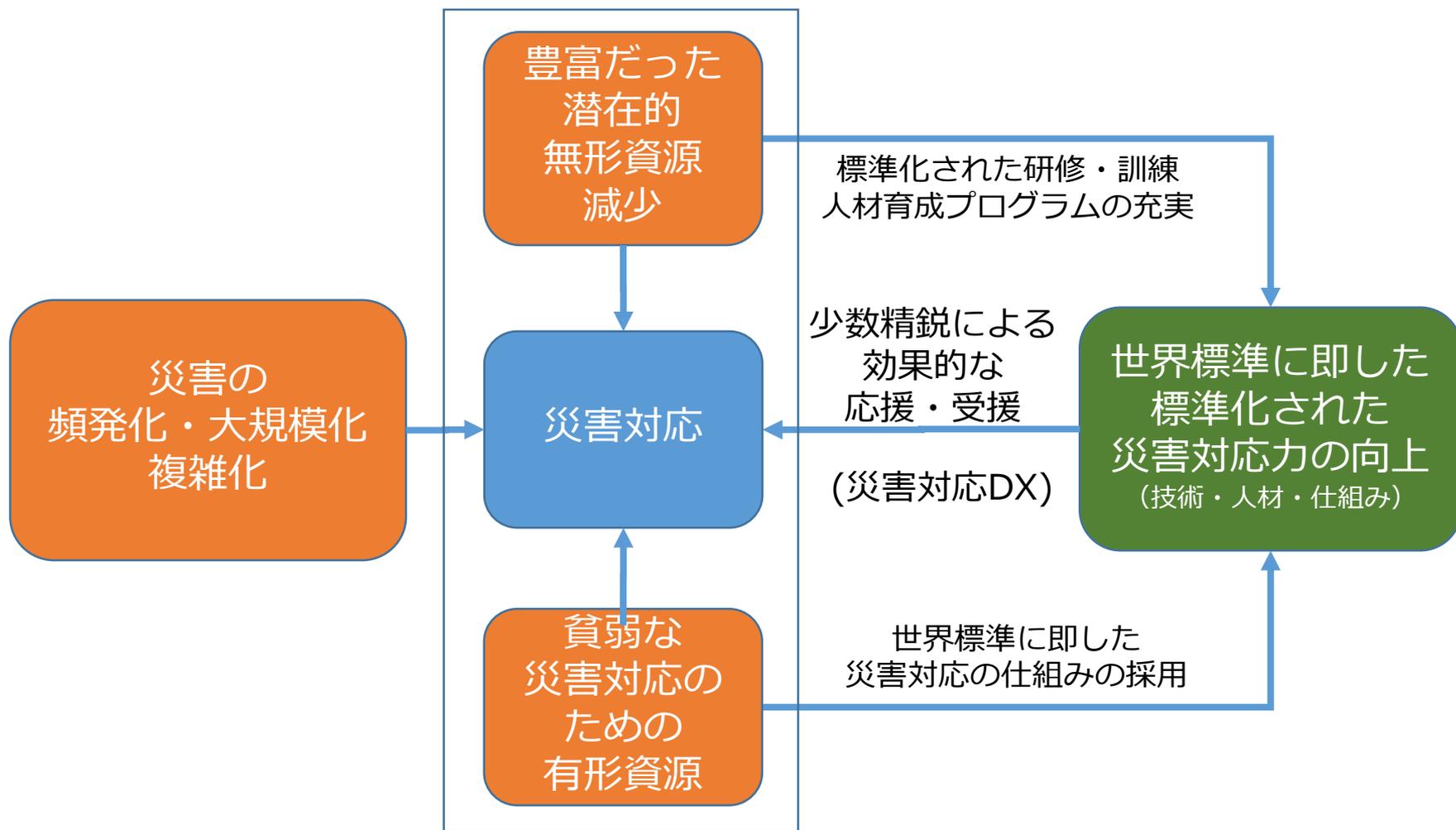
同期された災害対策活動の実現 (Planning P)



- ・ 次の责任担当期間に向けて当面の対応計画 (IAP: Incident Action Plan) を立案する
- ・ 当面の対応計画は災害対策本部会議で承認される必要あり
- ・ そこから逆算して、当面の対応計画作りのために必要な調整を行う
- ・ 対応計画立案の前提として状況把握を行う
- ・ 当面の対応計画の内容は広報する

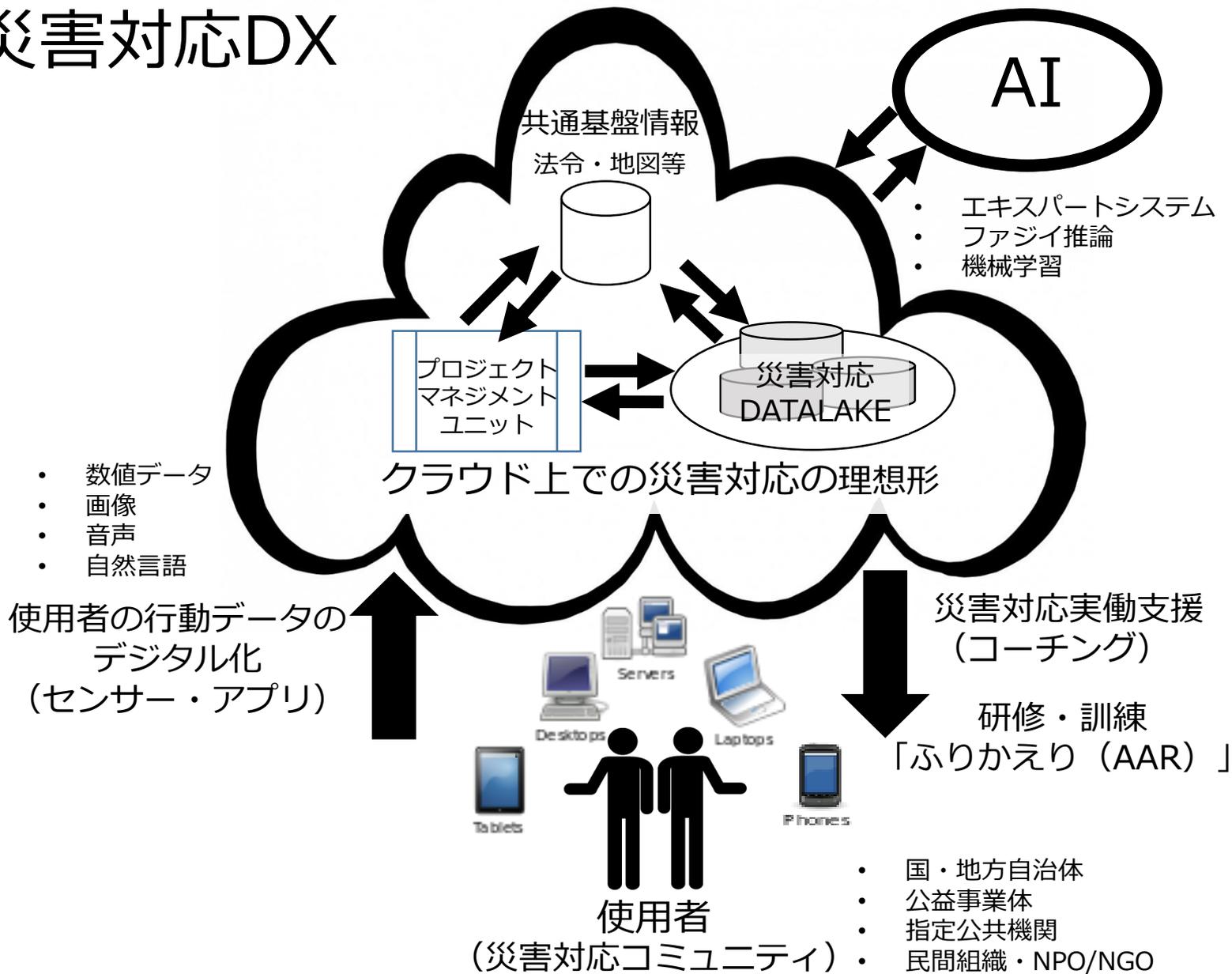
人口減少による災害対応能力減少は深刻 →災害対応のDX化は急務→最終は災害対応支援ロボット

従来型の災害対応の限界

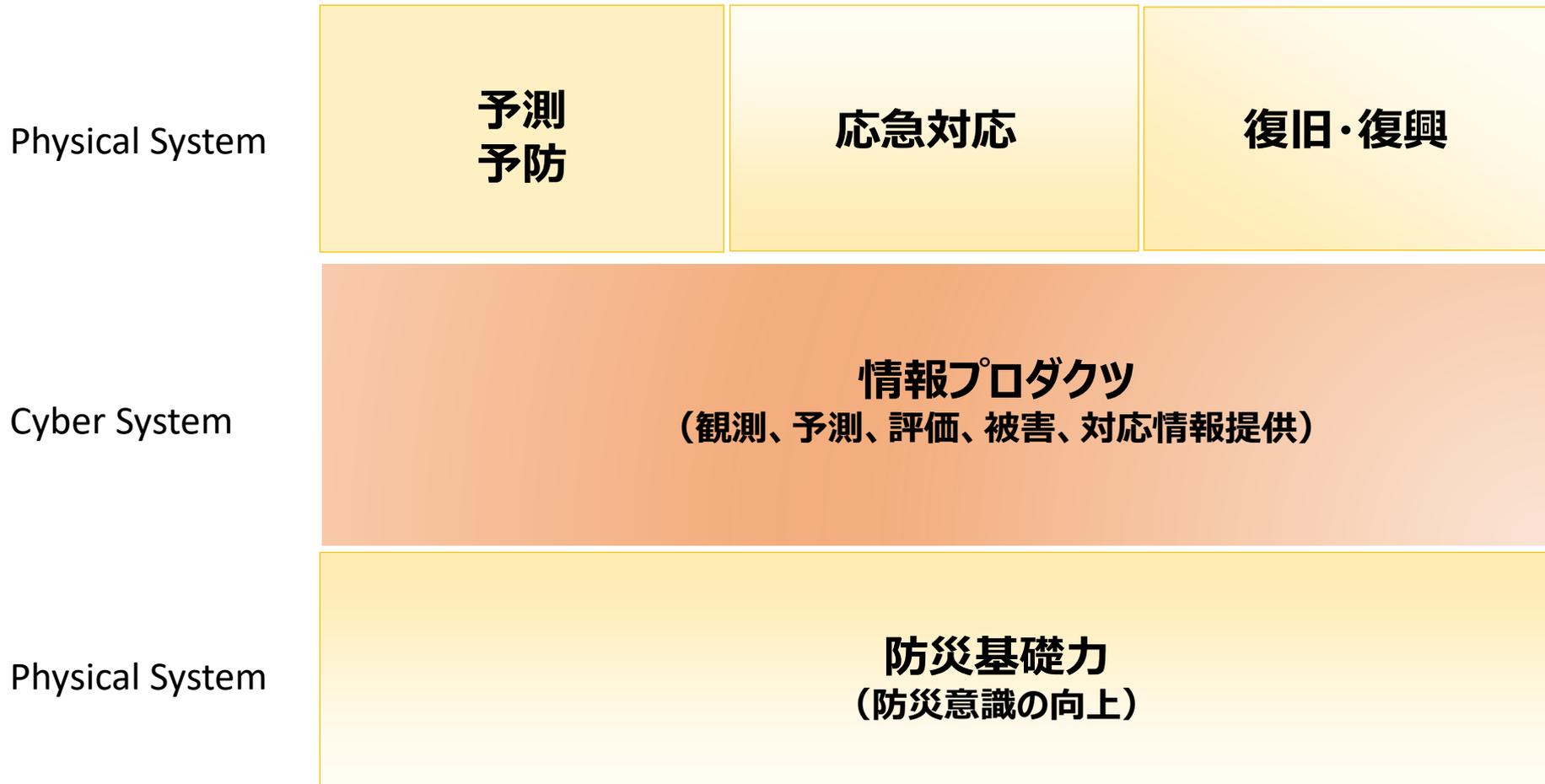


災害対応DX

AIによる継続的学習



レジリエンスの向上を目指した総合的な対策の推進 (Cyber-Physical Systemの構築)



基本的な考え方

“Whole Community”

- 「レジリエンスを高める主体は国だけでなく、地方自治体、民間企業、非営利組織（宗教団体も含む）、地域社会（コミュニティ）、家庭、個人のだれもが参画する必要がある。」
- 「防災の主流化」「多様な主体の協働」
- あらゆる組織や個人の参画が必要

ご清聴ありがとうございました