

京都大学防災研究所報告会 「令和6年能登半島地震災害を理解する」



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

令和6年能登半島地震 非木造建物の被害と機能継続性

倉田真宏

地震防災研究部門・耐震機構研究分野
社会防災研究部門・地域医療BCP連携研究分野(兼)

犠牲になられた方々と被災された方々にお悔みとお見舞いを申し上げます。

調査概要

目的(倉田): 観測点周りの被害傾向, 非木造建物被害(特にS造), 地盤変状の影響

報告内容: 非木造建物の被害, 災害時重要施設・集客施設の機能性

調査メンバー(敬称略)

1/13-14: 後藤浩之, 浅野公之, 山田真澄(防災研・地震防災研究部門)

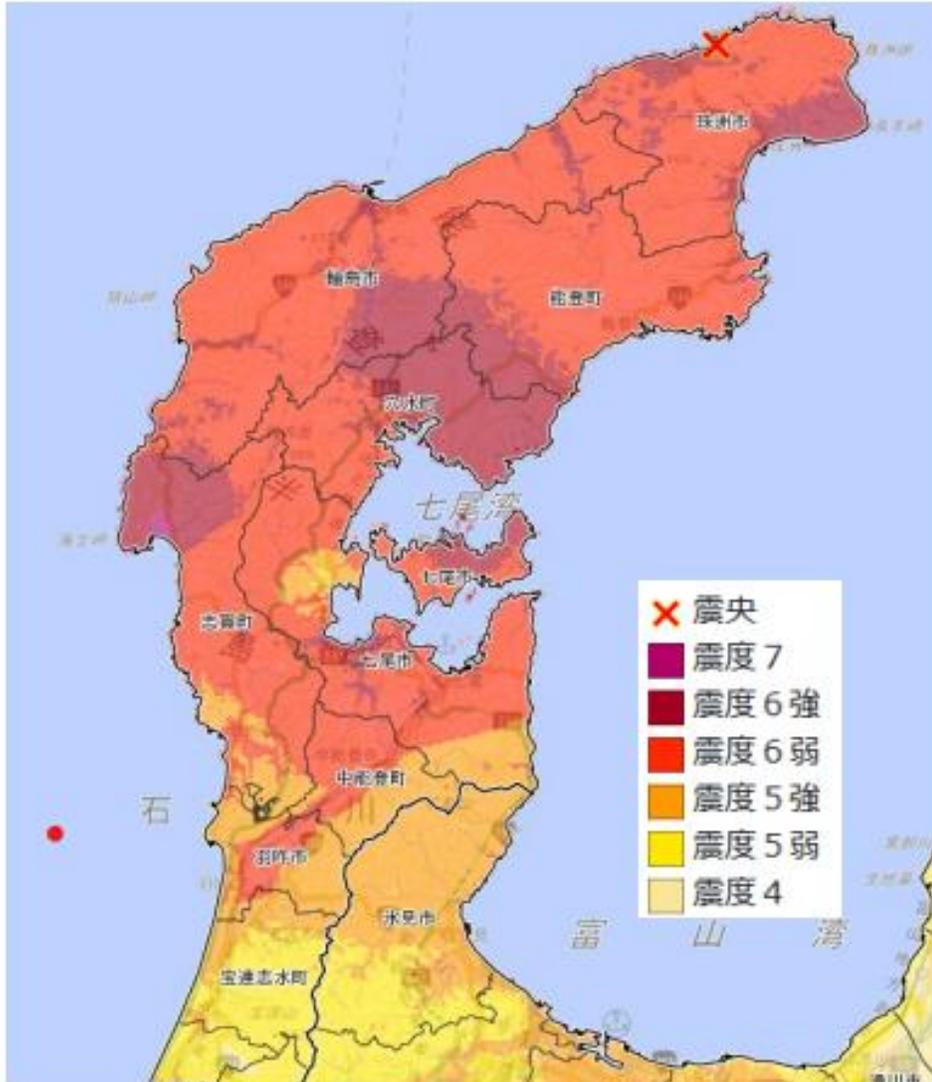
1/21-22: 長江拓也(名古屋大学), 浅井竜也(東京大学), 高田典英(大同建設)
太田和杜(名大大学院生)

協力者: Khalid Mosalam (UC Berkeley, PEER, StEER/NSF)

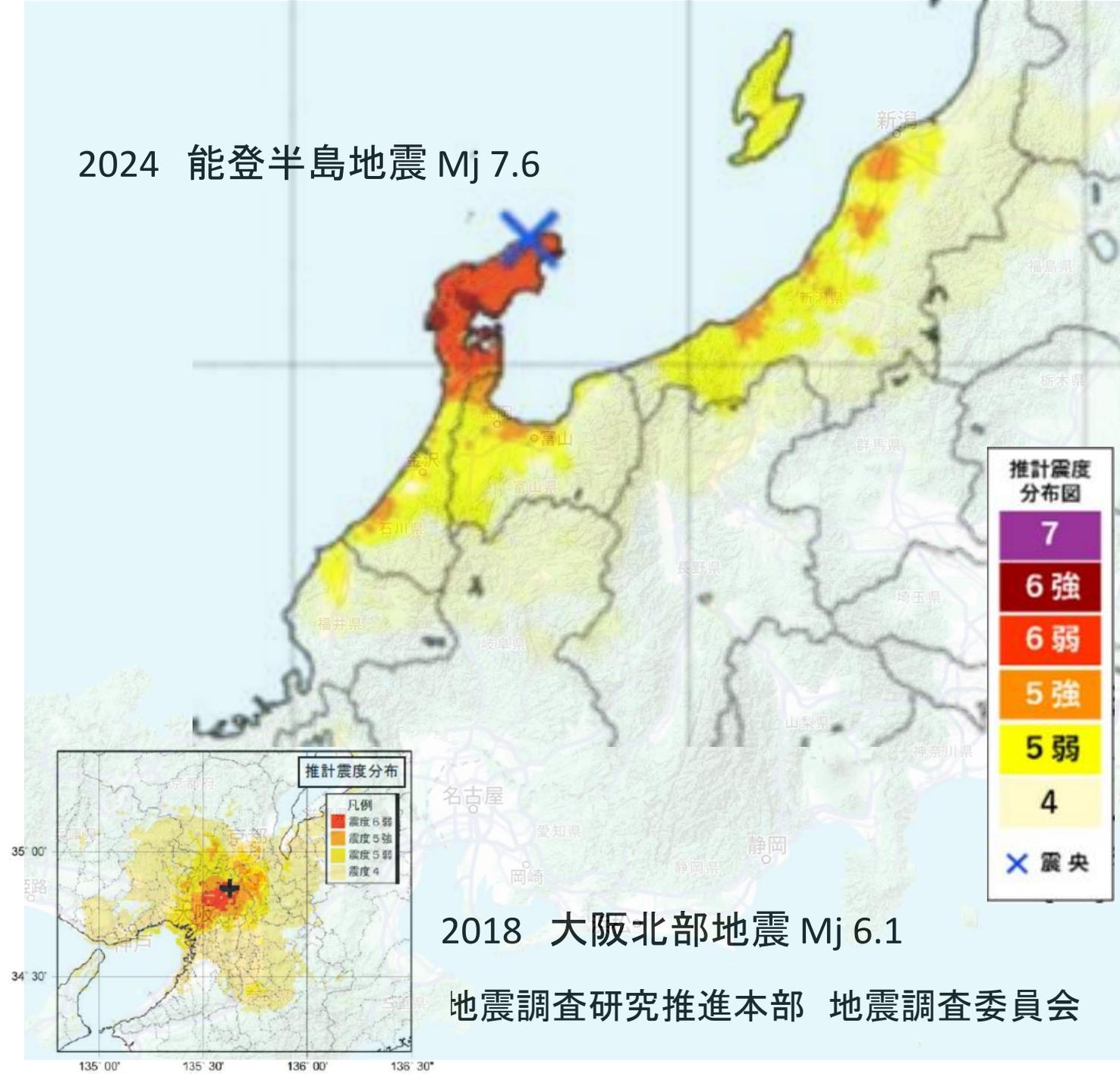
井上瑠偉(京大大学院生)



広大な被災地域



2024 能登半島地震 Mj 7.6



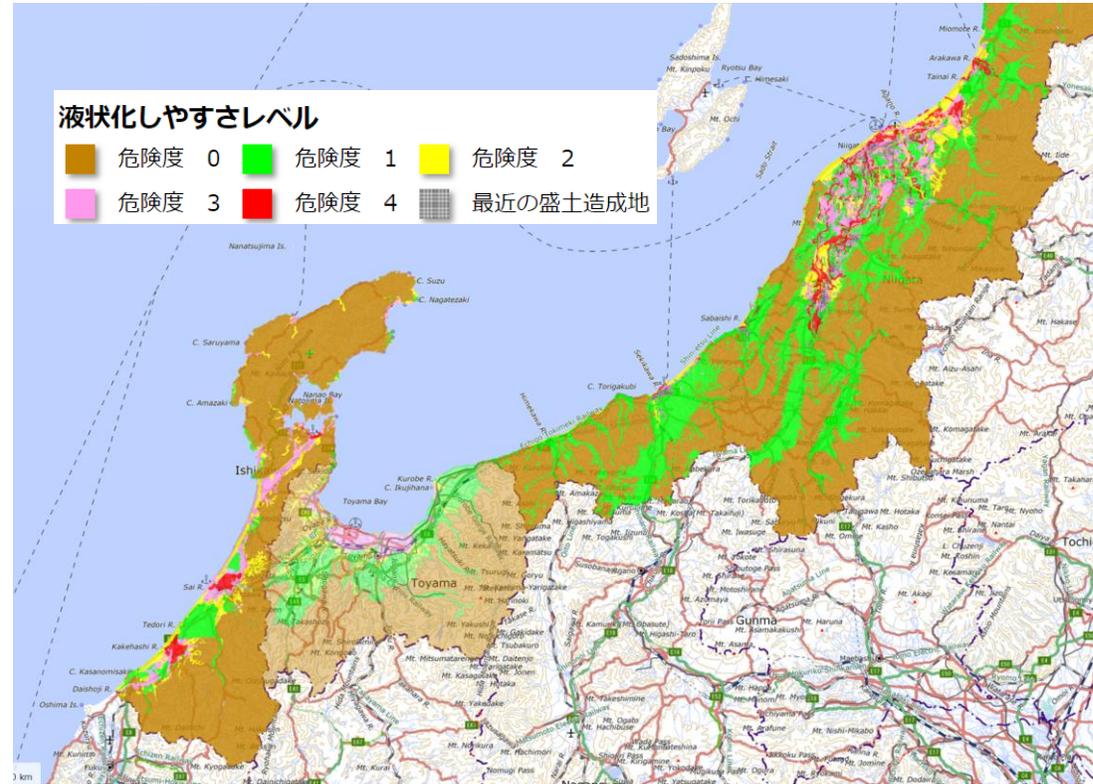
2018 大阪北部地震 Mj 6.1

地震調査研究推進本部 地震調査委員会

広大な被災地域

液状化しやすいレベル

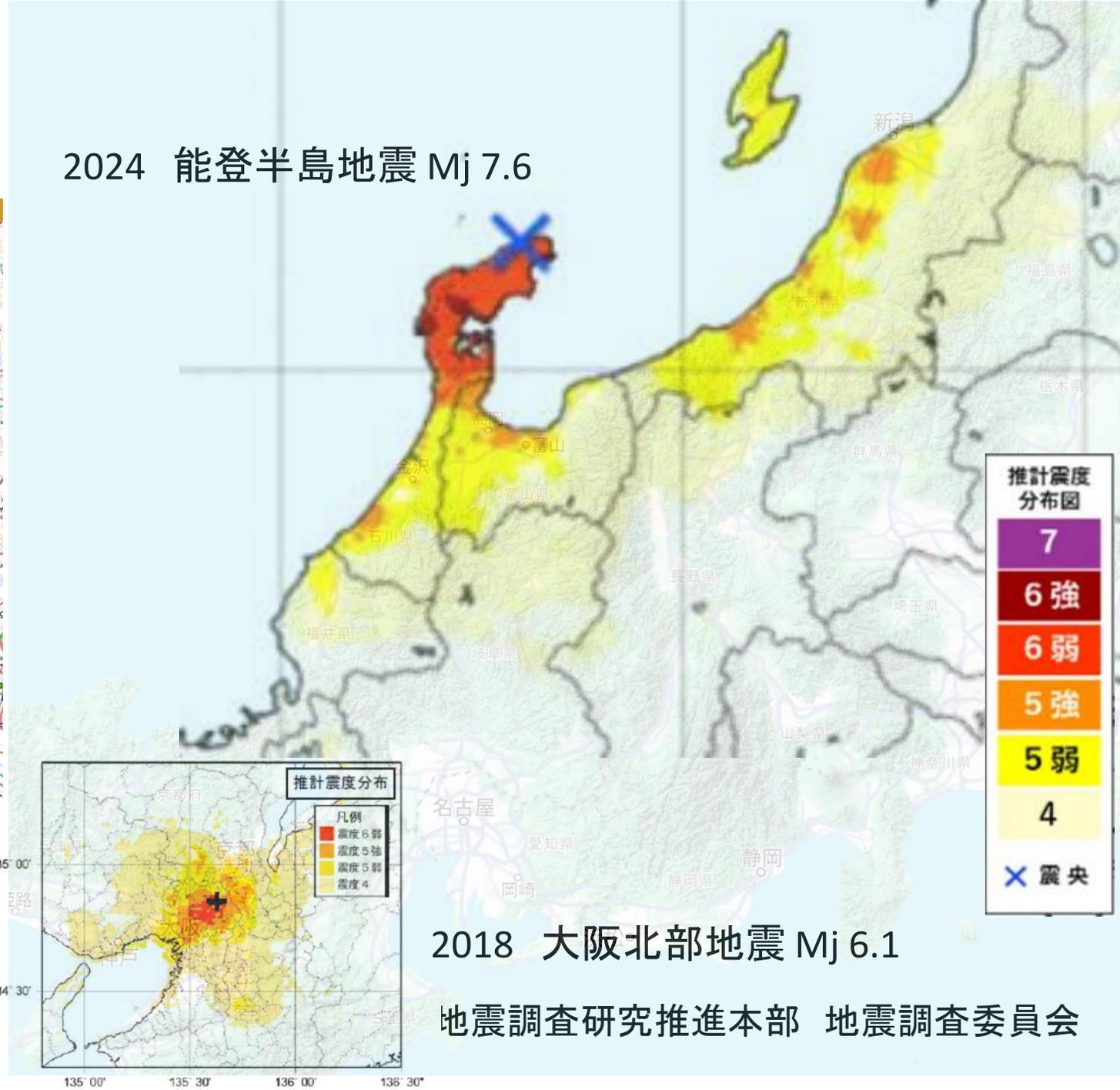
- 危険度 0
- 危険度 1
- 危険度 2
- 危険度 3
- 危険度 4
- 最近の盛土造成地



国土交通省北陸地方整備局:
液状化しやすいマップ

<https://www.hrr.mlit.go.jp/ekijoka/map/next.html>

2024 能登半島地震 Mj 7.6



2018 大阪北部地震 Mj 6.1

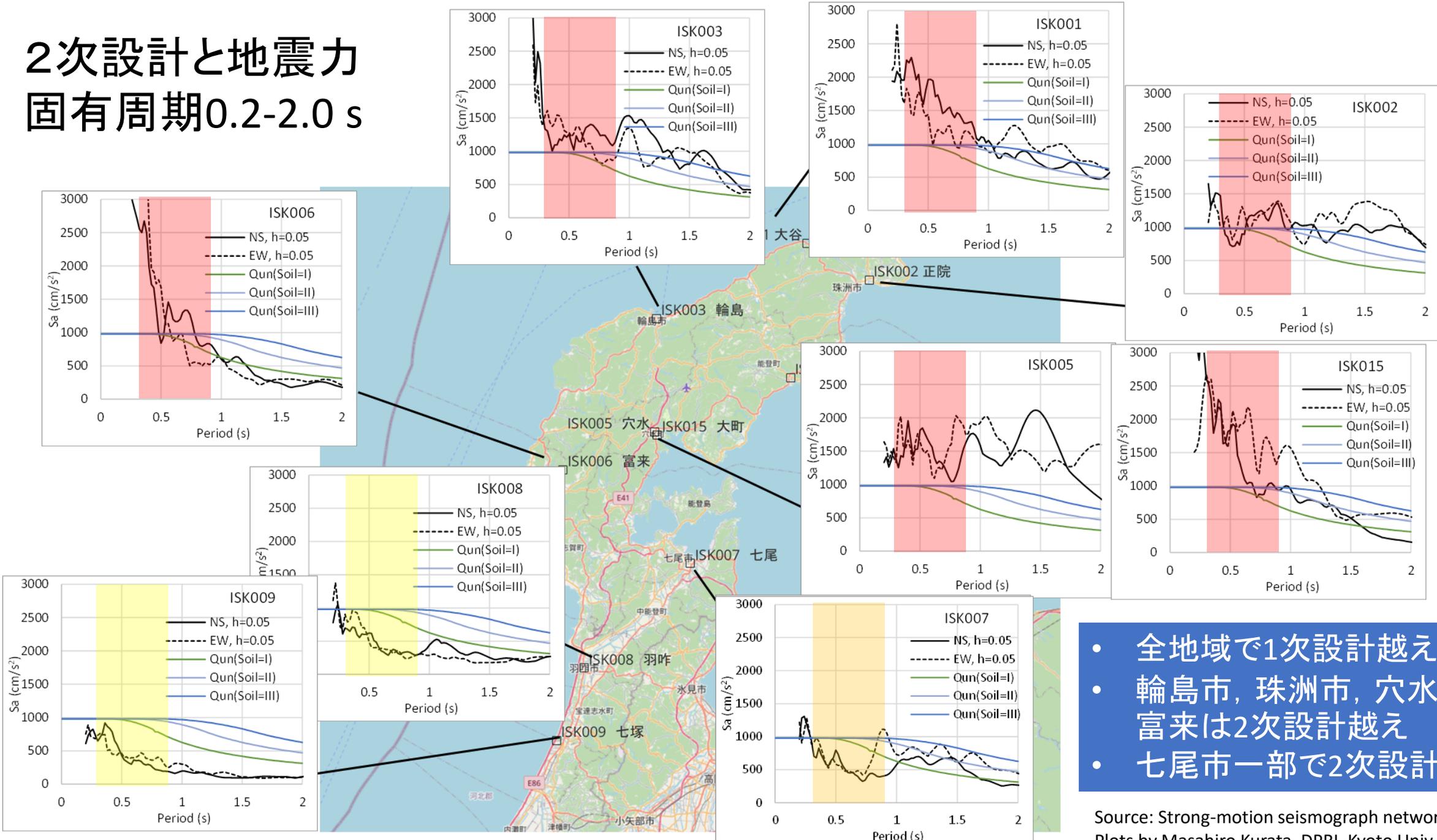
地震調査研究推進本部 地震調査委員会

建物の耐震設計

- 新耐震設計基準の考え方(1981年)
 - 建物が数度は遭遇する中程度の地震 → 1次設計:建物機能の保持
 - 建物が1度遭遇するかもしれない大地震 → 2次設計:人命の保護・安全(倒壊・崩壊しない)
- 耐震改修促進法(1995年, 2006年):耐震診断, 耐震改修
 - 病院・店舗・旅館(不特定多数利用), 学校・老人ホーム(避難弱者利用)
 - 広域防災拠点, 避難路沿道
- 防災拠点等となる建築物の機能継続ガイドライン(2018年)
 - 庁舎や病院, 避難所となる学校など
 - 大地震後に機能継続するためのより高い性能:構造体や基礎の耐震性, ライフライン途絶対策

棟数の多い3~5階建てを対象に, 固有周期をRC造で0.3-0.6秒, S造で0.5-0.9秒とすれば,

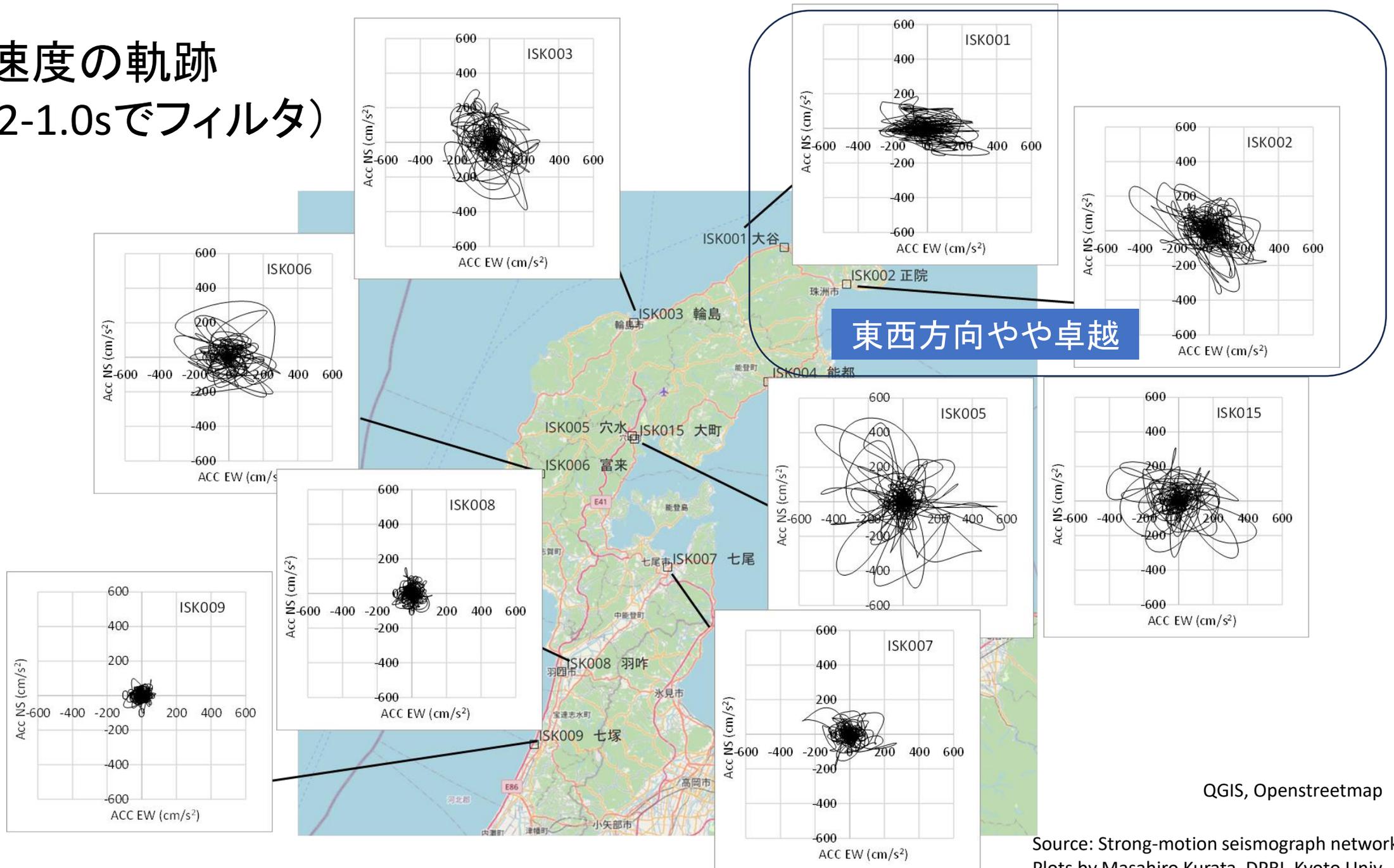
2次設計と地震力 固有周期0.2-2.0 s



- 全地域で1次設計越え
- 輪島市, 珠洲市, 穴水, 富来は2次設計越え
- 七尾市一部で2次設計程度

Source: Strong-motion seismograph networks (K-NET)
Plots by Masahiro Kurata, DPRI, Kyoto Univ.

加速度の軌跡 (0.2-1.0sでフィルタ)



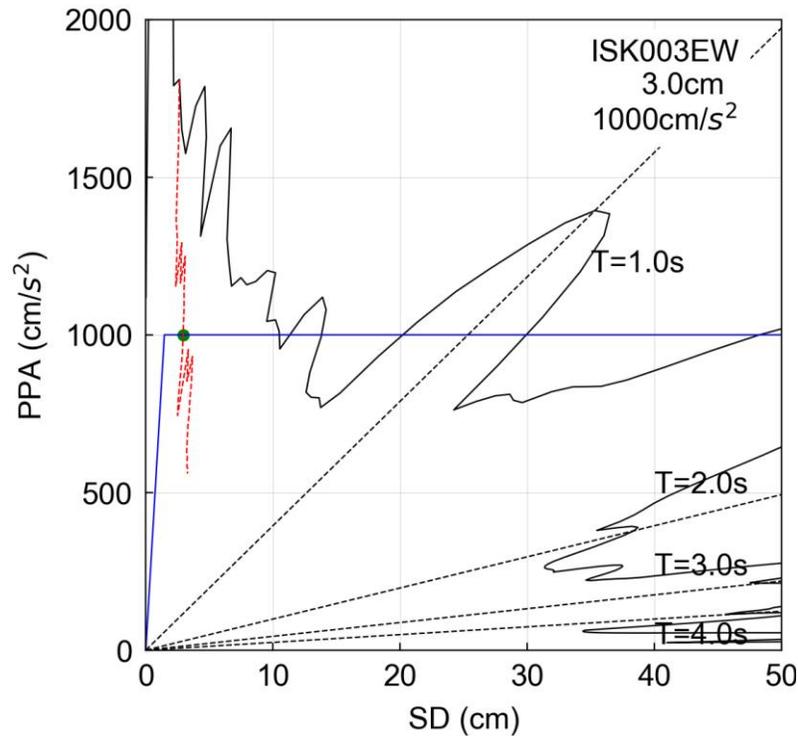
QGIS, Openstreetmap

Source: Strong-motion seismograph networks (K-NET)
Plots by Masahiro Kurata, DPRI, Kyoto Univ.

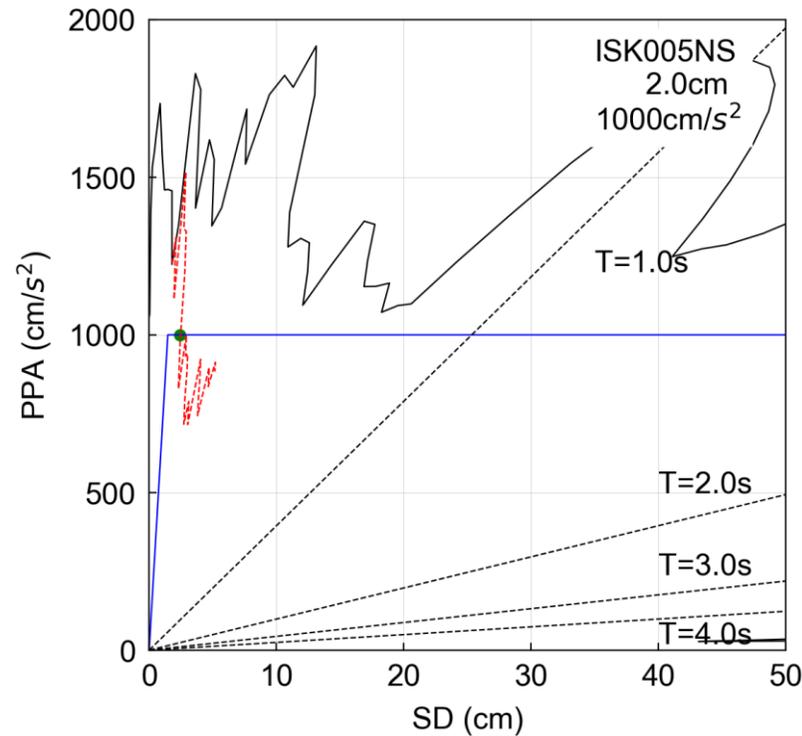
低層RC造建物の簡易応答予測(観測点周り)

- 性能曲線を簡略化して固有周期0.24s, 実勢耐力1.0Gとした場合

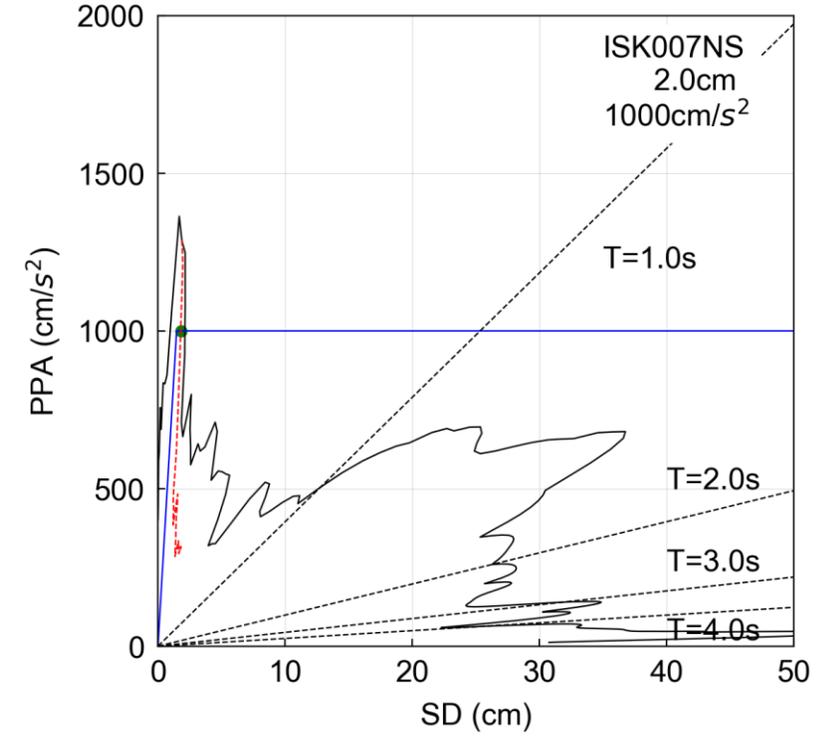
輪島: 損傷小~中



穴水: 損傷小~中



七尾: 損傷小



— Demand Curve — Capacity Curve - - - Transition Curve

低層RC造の被害事例

輪島(観測点+200m)



穴水(観測点+400m)



七尾(観測点+560m)
川に挟まれた被害集中域

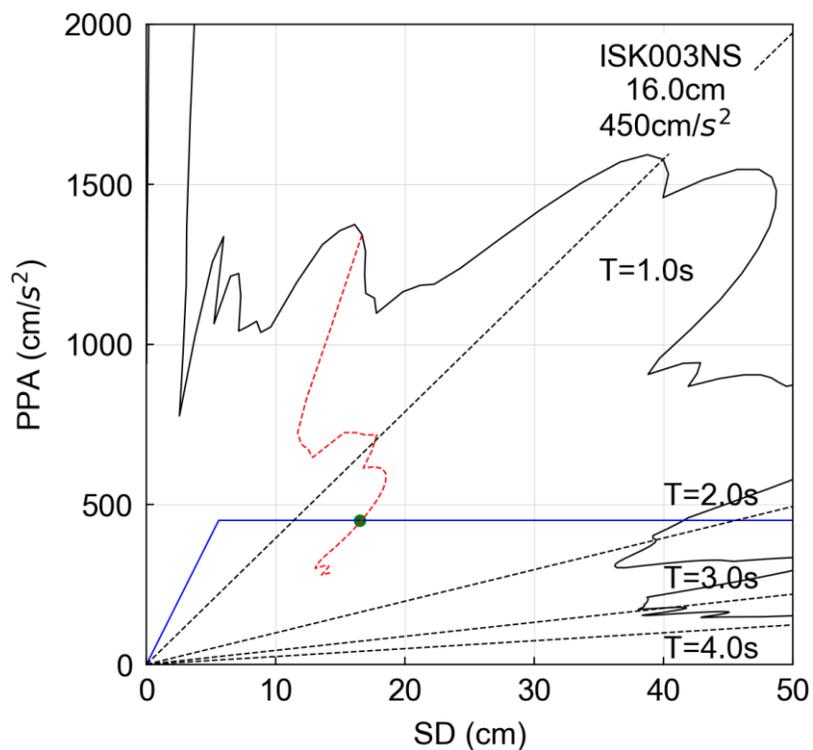


* 観測点周りは被害小

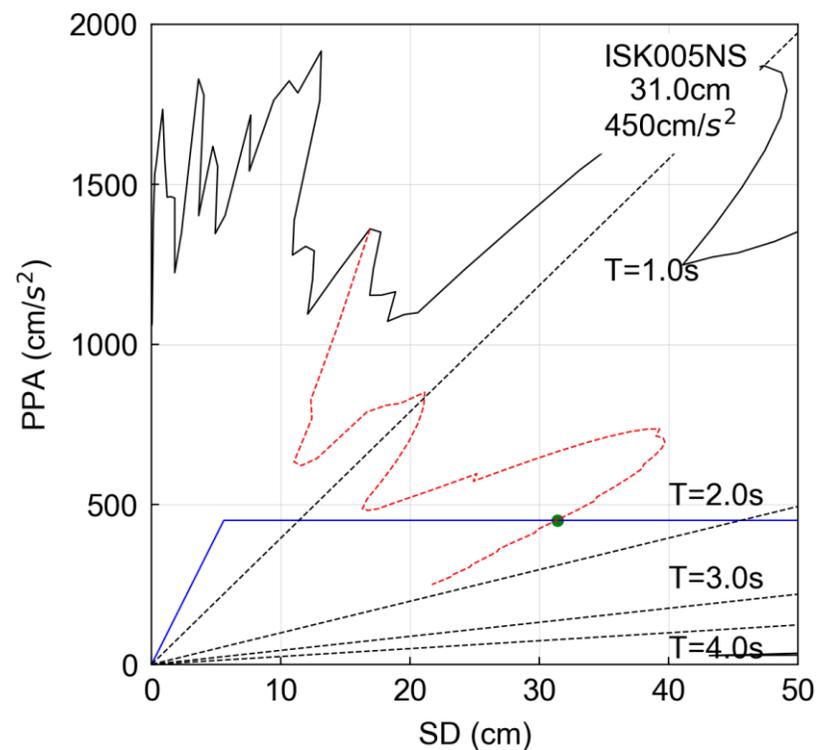
低層S造建物の簡易応答予測(観測点周り)

- 性能曲線を簡略化して固有周期0.7s, 実勢耐力0.45Gとした場合

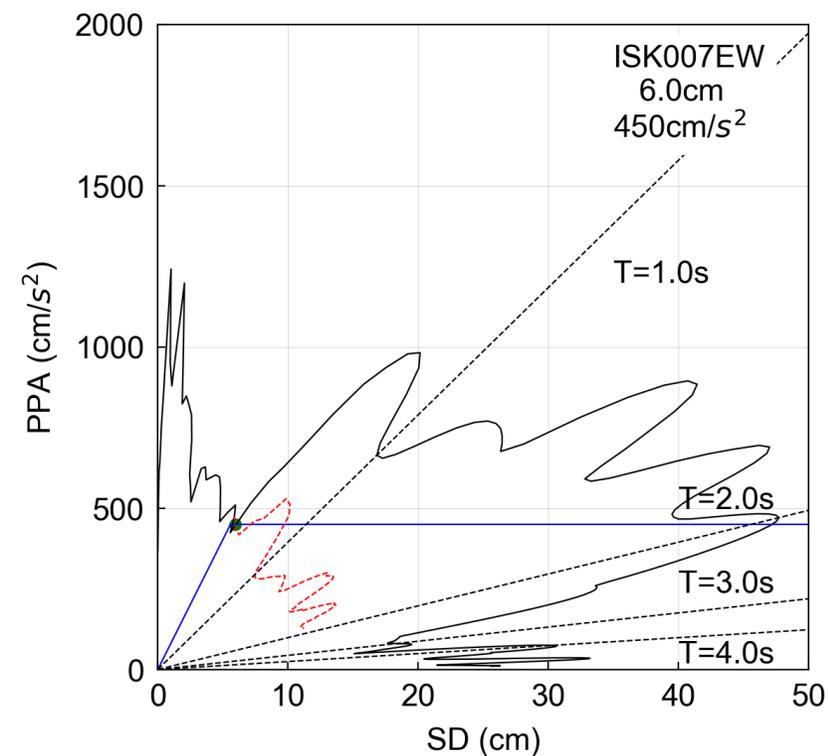
輪島: 損傷中



穴水: 損傷中~大



七尾: 損傷小



— Demand Curve — Capacity Curve - - - Transition Curve

低層S造の被害事例

輪島(観測点+300m)



柱のラスモルタル・木下地外壁落下

梁端塑性化



耐震性低い倒壊例

穴水(観測点+400m)



屋上へのアクセス・外壁落下
最上階柱のねじれ

七尾(観測点+820m)
川に挟まれた被害集中域



接合部損傷

ブレース座屈

柱脚破壊

* 観測点周りには被害小

文教施設：小中高の耐震化率100%，高い効果

- 補強済の校舎被害は小。揺れの異なる校舎間や渡り廊下のジョイント部被害
- 基礎周辺埋め戻し部の地盤変状



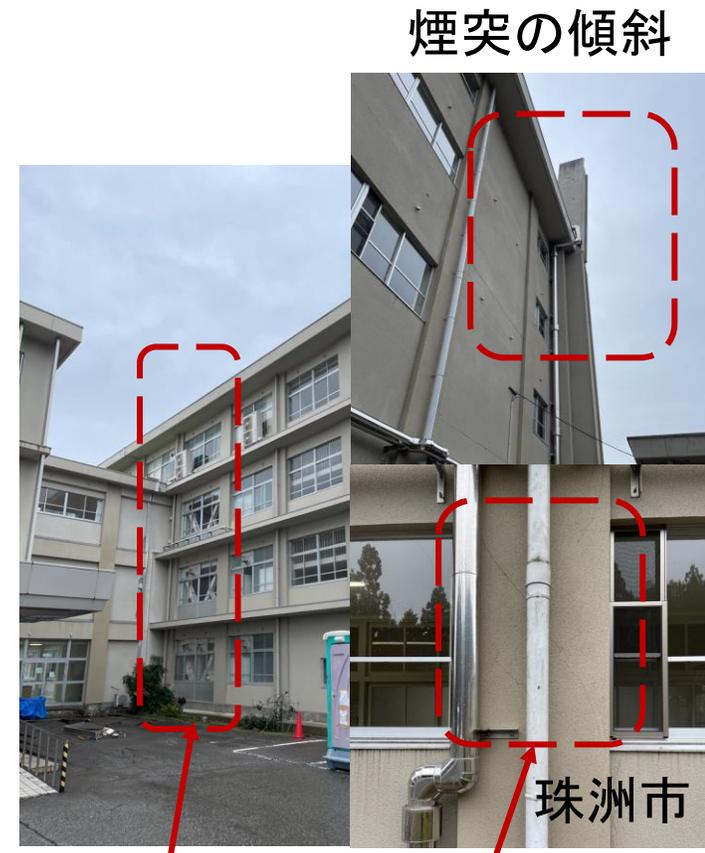
穴水町郊外

短柱化を防ぐスリット
スリットがない腰壁，短柱化せん断破壊



珠洲市

校舎と体育館に隙間
盛り土の流動



煙突の傾斜

珠洲市

耐震補強

補強ない構面で軽微な損傷

文教施設： 液状化地域

- 学校前面の通学路の変状
- 基礎周辺の地盤変状
- 地域インフラの甚大な被害



文教施設：非構造部材の耐震化は全国平均なみ

- 屋内運動場などの吊り天井：耐震化率93%；その他の非構造部材：耐震対策率57%
- 上層部に被害が集中：面外方向の加速度が要因の可能性



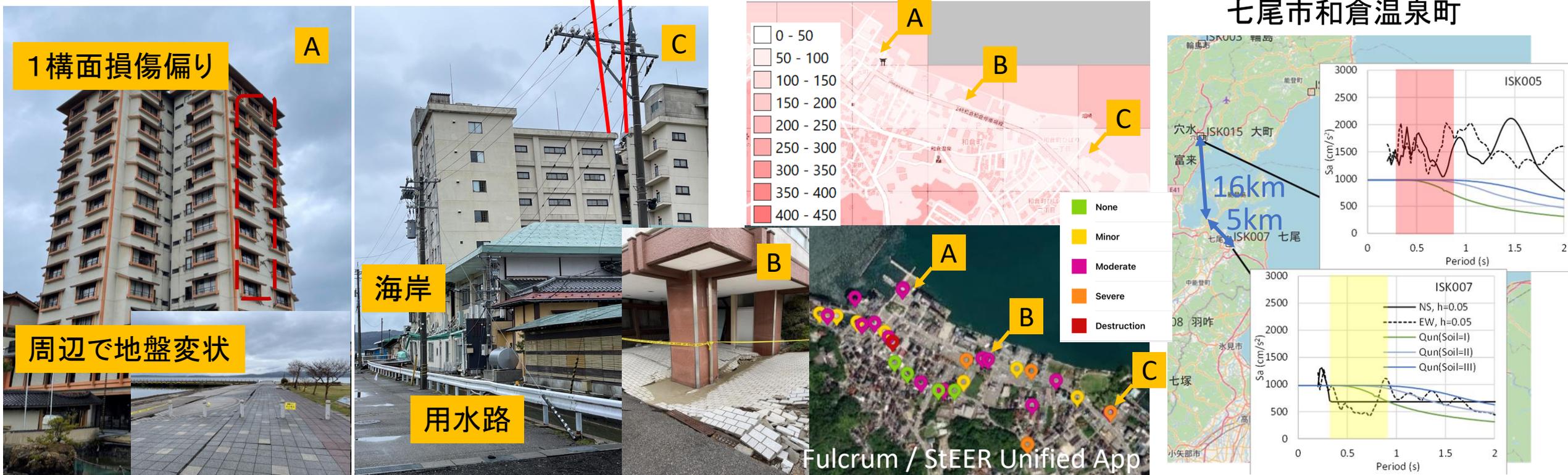
3階建て校舎(3,347平米, S56)の外壁落下



3階建て校舎の外壁，下地，窓サッシ，室内什器の落下

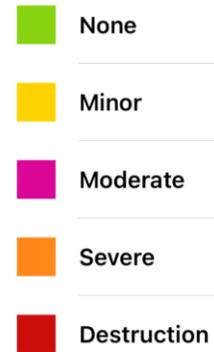
旅館施設：やや規模の大きいRC造建物の被害

- 海岸沿いの軟弱な地盤で、耐震改修済みの高層RC造で雑壁などにひび割れ
- 古いRC造が一部で不同沈下。液状化や側方流動の影響による杭支持力低下。
- 杭の耐震設計は2000年代以降。古い杭の耐震化や液状化対策は難しい課題。



旅館施設：S造建物の被害

- 外壁の落下，柱仕上げの落下
- 棟間衝突，顕著な腐食



Recorded by Fulcrum / StEER Unified App_v1



上部構造の外観は無被害

庁舎・避難所：低層RC造

避難所指定の自治体所管建物(穴水町郊外)



庁舎(門前町)

ジョイント部のずれ

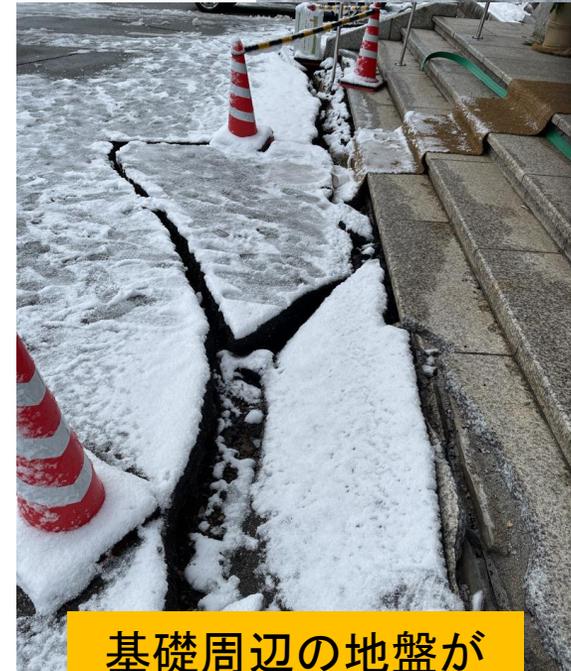
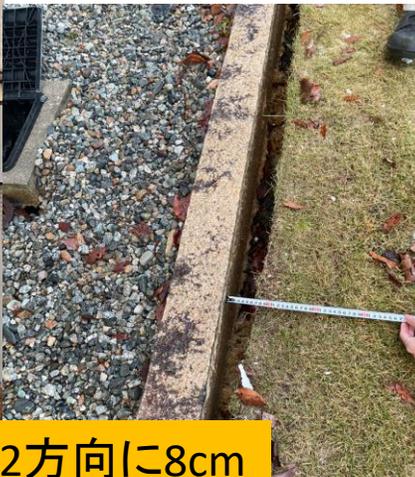
右側建物のみ滑動
損傷小



廊下天井損傷



水平2方向に8cm
程度の基礎滑動



基礎周辺の地盤が
押されて変状



水平1方向に数cm
の基礎滑動

2階軒先の柱曲げ降伏

体育館：耐震化特定天井の部材落下

- 東日本大震災以降に耐震化推進され、落下しても危険性が低い軽量なパネル素材を使用。メッシュ筋や耐震振れ止めの落下などを確認。
- 休日の被災で人的被害を免れている。

自治体所管建物(能登島町)



軽量なパネル素材



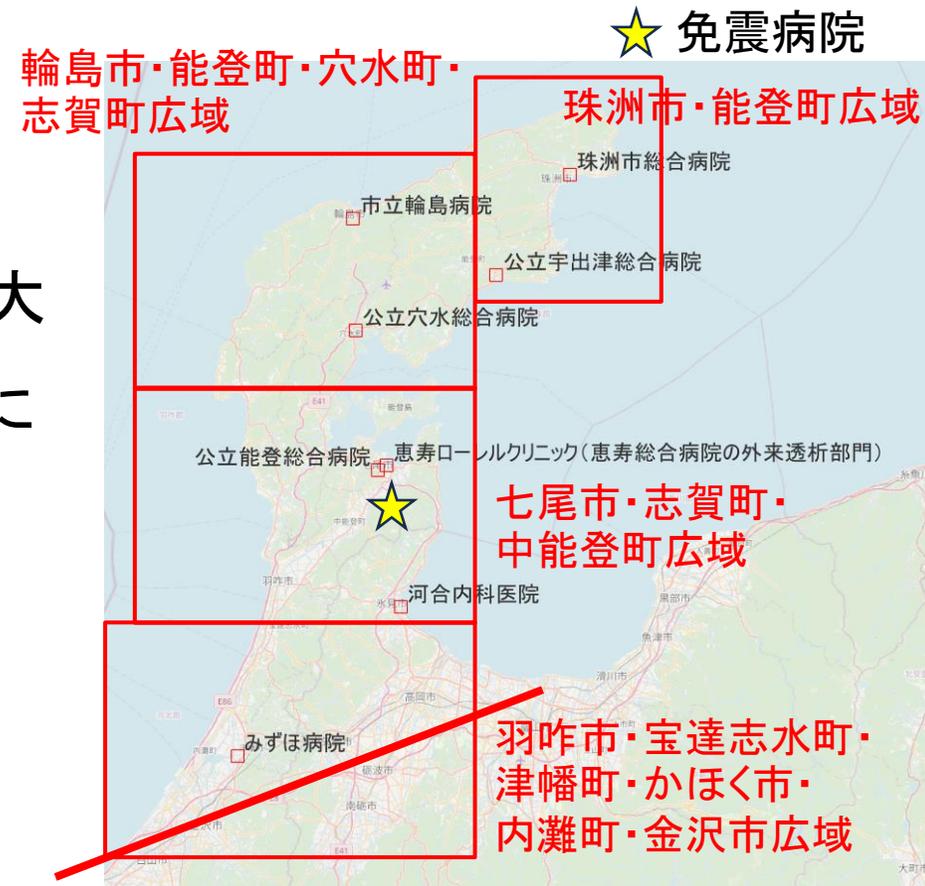
押さえのメッシュ筋落下



耐震用の振れ止め落下

医療施設の被災

- 能登半島で被害大(病院避難あり), 介護施設被害大
- 半島全ての病院で一時透析不可。要因は断水, 他に停電, 施設・設備の部分損壊, 井水で継続例有り
- 富山県でも水漏れや断水で透析不能・遅延あり。
- 入院患者, 重傷患者, 発熱患者を域外搬送。



一般医療施設の耐震化率(災害拠点病院及び救命救急センターは100%)

都道府県	調査回答 病院数	全建物に 耐震性あり	免震構造 である	一部建物に 耐震性あり	全建物に 耐震性なし	耐震診断 なし	Is値0.3未満	耐震化率
石川	91	74	12	4	1	12	3	81.3%
全国	8085	6425	639	572	110	978	197	79.5%

医療施設：被害例

- 建物の一部損壊，給湯施設の損傷，水漏れ
- 地盤変状でアプローチのスロープが使えない。
- 院内も機器や什器が散乱。



発災後2週間

急性期の外傷治療などのニーズは減少,
被災地での職員の疲弊, インフラ被災により域外搬送ニーズ



京大病院DMATの活動

- 第一陣 1月4日-7日 金沢大学 診療支援
- 第二陣 1月16日-18日 金沢市内 MCC(メディカルチェックセンター)支援
- 第三陣 1月29-31日

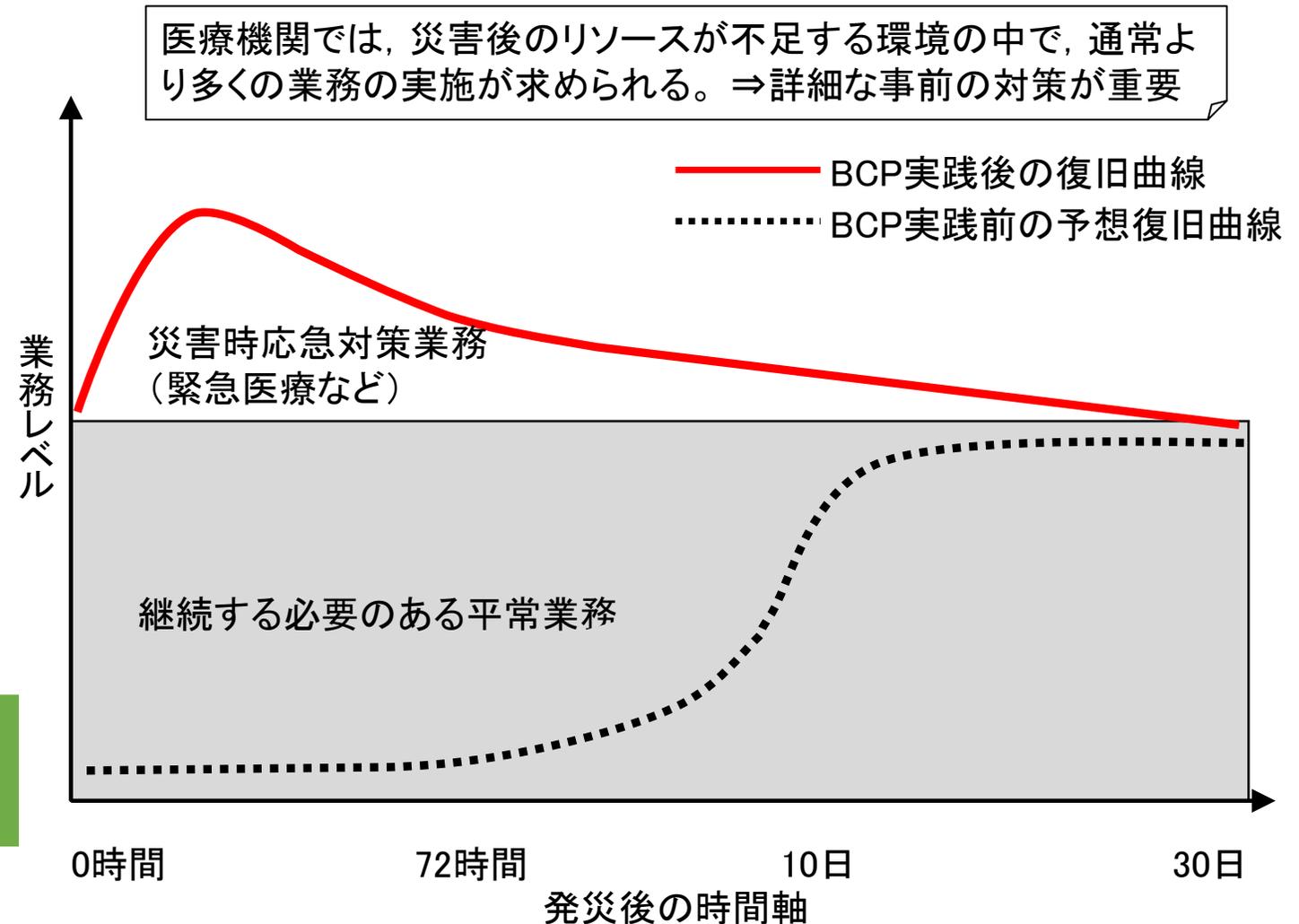
災害拠点病院の事業継続計画：今後の検証課題

日本経済新聞

地域災害拠点病院に指定されている
珠洲児総合病院と輪島市立病院では
人手不足で稼働率2割台に。

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUE103NB0Q4A110C2000000/>

- 1時間で本部の方針決定
- 建物が被災すると目標達成困難



結語

- RC造: 地盤軟弱地域で不同沈下。上部構造だけでなく基礎・杭・地盤の診断対策も課題。
- S造: 加速度増幅や沿岸部での腐食による外壁落下。落下ない箇所も早急な点検が必要。
- 免震建物: 能登では数が限られているが、庁舎や病院の機能維持に貢献。外構に軽微損傷。
- 文教施設など: 耐震化効果大。地盤変状の影響あり。
- 体育館・避難所: 耐震特定天井の落下, 非構造被害。機能を維持できておらず, 対策が必要。
- 医療施設: 広域断水の影響大。井水の効果。一部建物, 設備が損傷。機器什器が散乱。
医療関係者の不足。急性期の機能性向上にBCPの検証改善が必要。
- 防災拠点全般: ライフライン対策を含めた機能維持性の向上は大きな課題。

美しい自然と伝統文化の息づく能登地域とすべての被災自治体の復興を祈念します。

謝辞: 災害対応のなか調査にご協力いただいた自治体関係者の皆様に感謝いたします。防災科学技術研究所の強震観測記録(K-NET)を使用しました。JSPS科研費(21H04598), 防災研一般共同研究, 地震研防災研拠点間連携研究の助成を受けました。ここに謝意を表します。