

わが国の全地震活動モデルを用いた 震度曝露人口による地震リスク評価

能島暢呂・加古涼介・加藤宏紀: 土木学会論文集A1, Vol.74, No.4, 2018, pp.I_109-I_119.

岐阜大学工学部 社会基盤工学科 能島暢呂

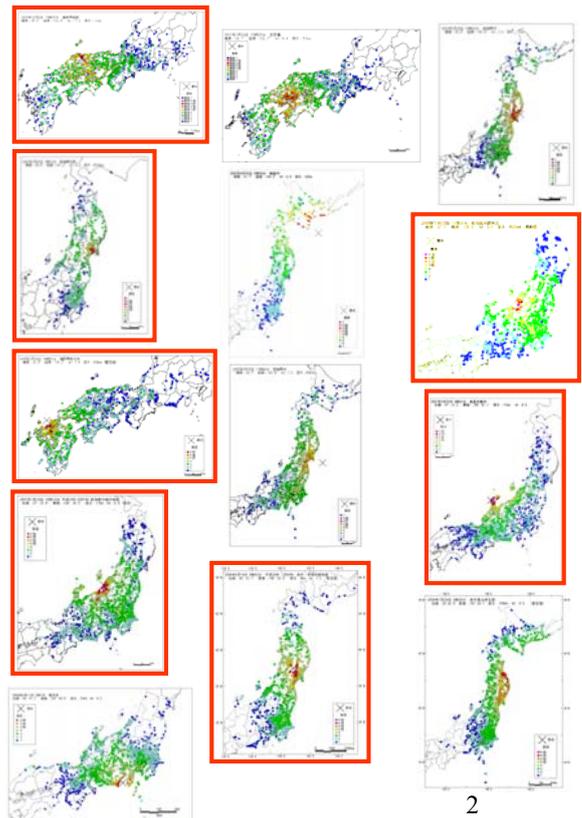
1. 近年の被害地震の発生状況について
2. わが国の全地震活動モデル
3. 震度曝露人口と地震発生確率(P-PEX関係)
4. P-PEX関係に基づく地震リスクカーブ
5. 応用例(1): ライフライン途絶リスク
6. 応用例(2): 震源不特定地震のシナリオ化

1

近年の被害地震(2000~2009年)

- 2000年鳥取県西部地震 Mj=7.3【6強】
2001年芸予地震 Mj=6.7【6弱】
2003年三陸南地震 Mj=7.1【6弱】
- 2003年宮城県北部地震 Mj=6.4【6強】
2003年十勝沖地震 Mj=8.0【6強】
- ★ ● 2004年新潟県中越地震 Mj=6.8【7】
- 2005年福岡県西方沖地震 Mj=7.0【6弱】
2005年宮城県沖地震 Mj=7.2【6弱】
- 2007年能登半島地震 Mj=6.9【6強】
- ★ ● 2007年新潟県中越沖地震 Mj=6.8【6強】
- 2008年岩手・宮城内陸地震 Mj=7.2【6強】
2008年岩手県沿岸北部地震 Mj=6.8【6弱】
2009年駿河湾地震 Mj=6.5【6弱】

● 発生当時, 震源不特定(陸域の浅い地震)
無印: 海溝型地震



近年の被害地震(2010~2019年)

2011年東北地方太平洋沖地震

Mw=9.0【7】

● 2011年福島県浜通りの地震

Mj=7.0【6弱】

★ ● 2013年淡路島付近の地震 Mj=6.0【6弱】

★ ● 2014年長野県神城断層地震

Mj=6.7【6強】

● 2016年熊本地震(前震) Mj=6.5【7】

● 2016年熊本地震(本震) Mj=7.3【7】

● 2016年鳥取県中部の地震 Mj=6.6【6弱】

★ ● 2018年大阪府北部の地震 Mj=6.1【6弱】

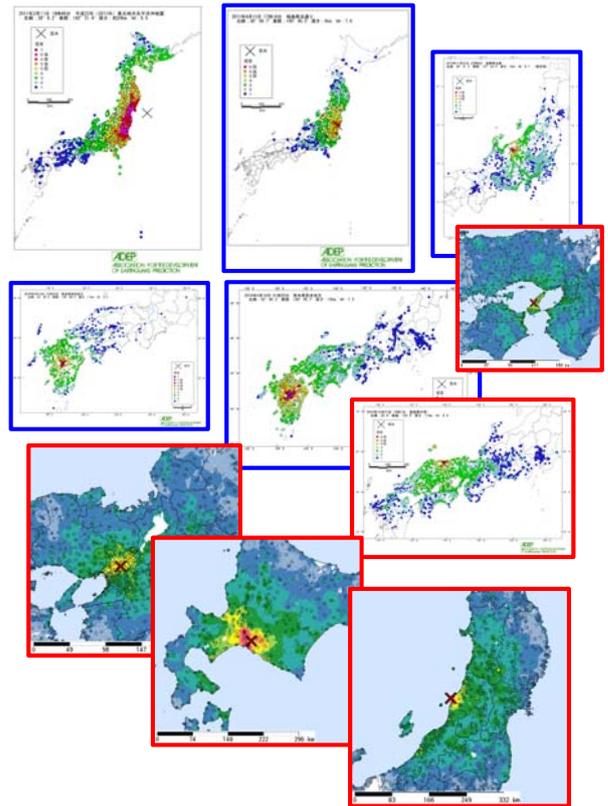
● 2018年北海道胆振東部地震 Mj=6.7【7】

★ ● 2019年山形県沖の地震 Mj=6.7【6強】

● 発生当時、震源特定(内陸活断層)

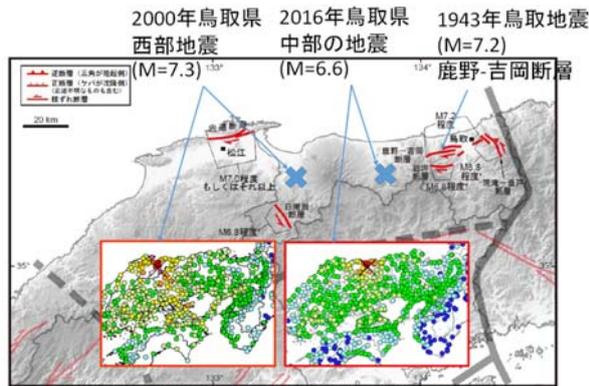
● 発生当時、震源不特定(陸域の浅い地震)

無印: 海溝型地震

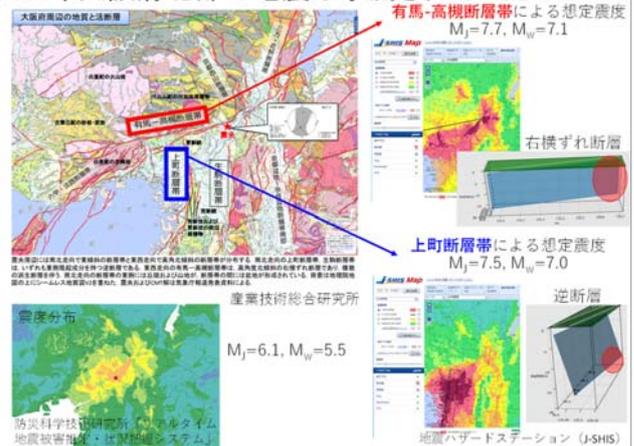


地震予知総合研究振興会「地震加速度情報ページ」³
および防災科学技術研究所「J-RiSQ」より引用

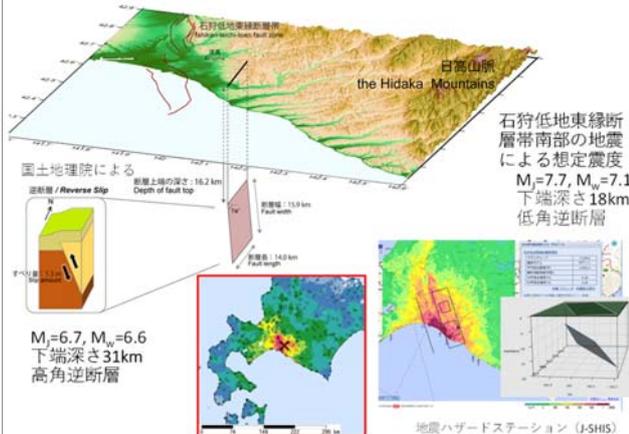
2016年鳥取県中部の地震は予測されていたか？



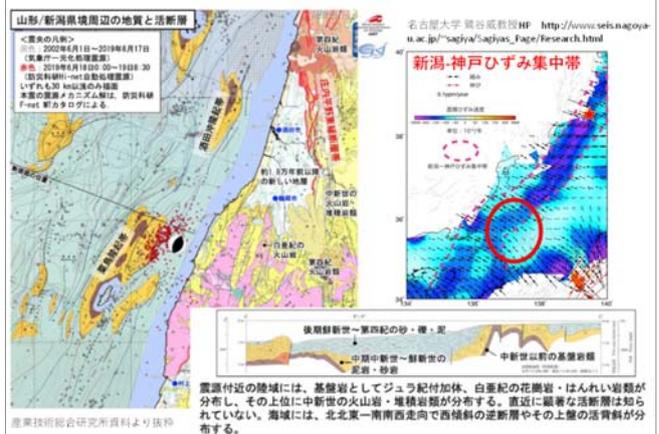
2018年大阪府北部の地震は予測されていたのか？



2018年北海道胆振東部地震は予測されていたのか？



2019年山形県沖の地震は予測されていたのか？



最近の被害地震による教訓

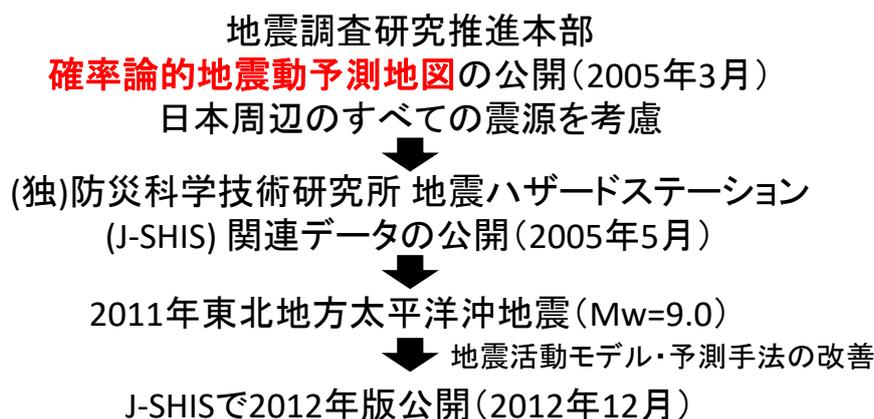
1. 活断層のあるところでは地震が起きる。地震発生確率が小さく評価されていても、起きるときは起きる。
2. 想定通りなるとは限らない(活断層の位置も、地震の規模も、揺れの大きさも)。
3. 活断層が認められないところで地震が起きることも多い。



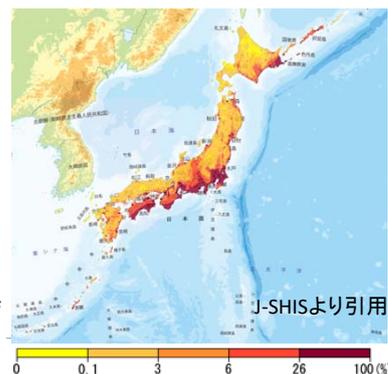
- ✓ 個人・世帯レベル: 備えるべきは「強い揺れ」
- ✓ 組織・行政・地域・全国レベル: あらゆる地震の可能性を考慮した地震リスク評価が重要

5

背景と目的



今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



◆震度曝露人口による活断層の地震リスク評価(能島ら:JAEE, Vol.10, No.2, 2010)

活断層に関する地震 : 333断層
(主要活断層帯 : 154断層
その他の活断層 : 179断層)

2008年版

◆全地震活動モデル: 約75.3万モデル
(陸域の地震 : 約17.4万モデル
海域の地震 : 約57.9万モデル)

2012年版

◆全地震活動モデル: 約95.5万モデル
(陸域の地震 : 約27.8万モデル
海域の地震 : 約67.7万モデル)

2016年版

全ての地震を
網羅した地震
リスクの簡易
的評価

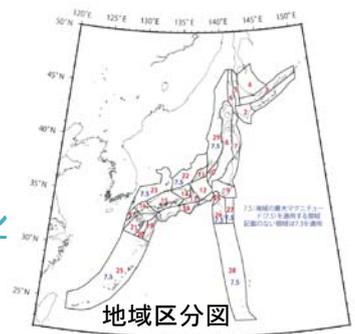
6

データ： 内陸活断層地震(約27.8万モデル)

1. 主要活断層帯による地震 208ケース
(断層長さ20km以上)
2. 主要活断層帯による連動地震 26ケース
(九州・関東地域)
3. 痕跡を認めにくい地震 1018ケース
(1. 主要活断層帯による地震
のひと回り小さい地震)
4. その他の活断層による地震 150ケース
(断層長さ10km以上、20km未満)
5. 震源断層を予め特定しにくい地震
11209点 ×
(M=5.0~7.3(陸域)・7.5(海域)) = 約27.7万モデル



主要活断層帯+その他の活断層

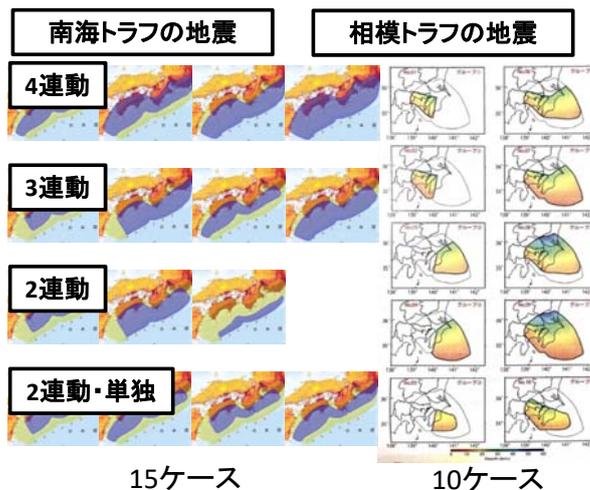


震源断層を予め特定しにくい地震

(独)防災科学技術研究所:地震ハザードステーション(J-SHIS)ホームページより

データ： 海溝型地震(約67.7万モデル)

1. 震源断層を特定した地震 14地震37ケース(連動ケースを含む)

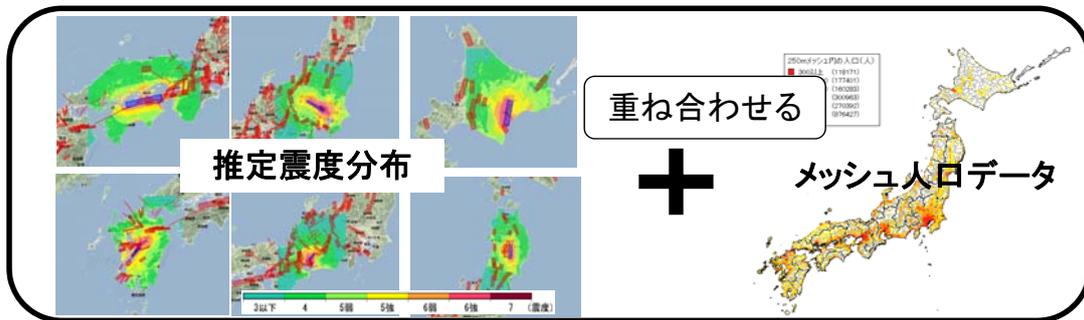
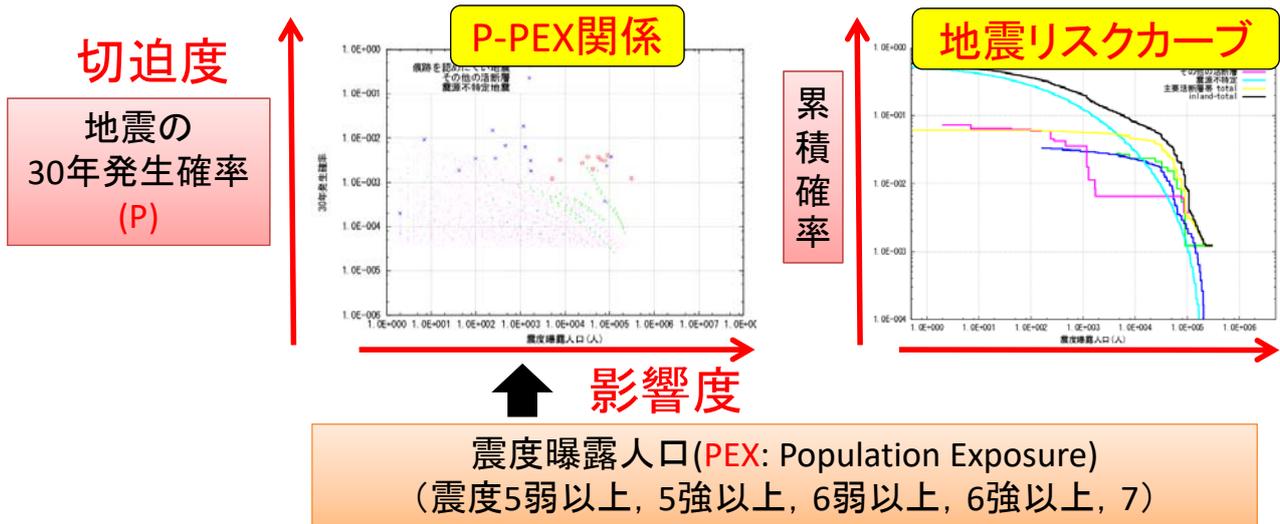


2. 震源断層を予め特定しにくい地震
約67.6万モデル
(マグニチュード5.0から地域ごとの
の最大値まで考慮)



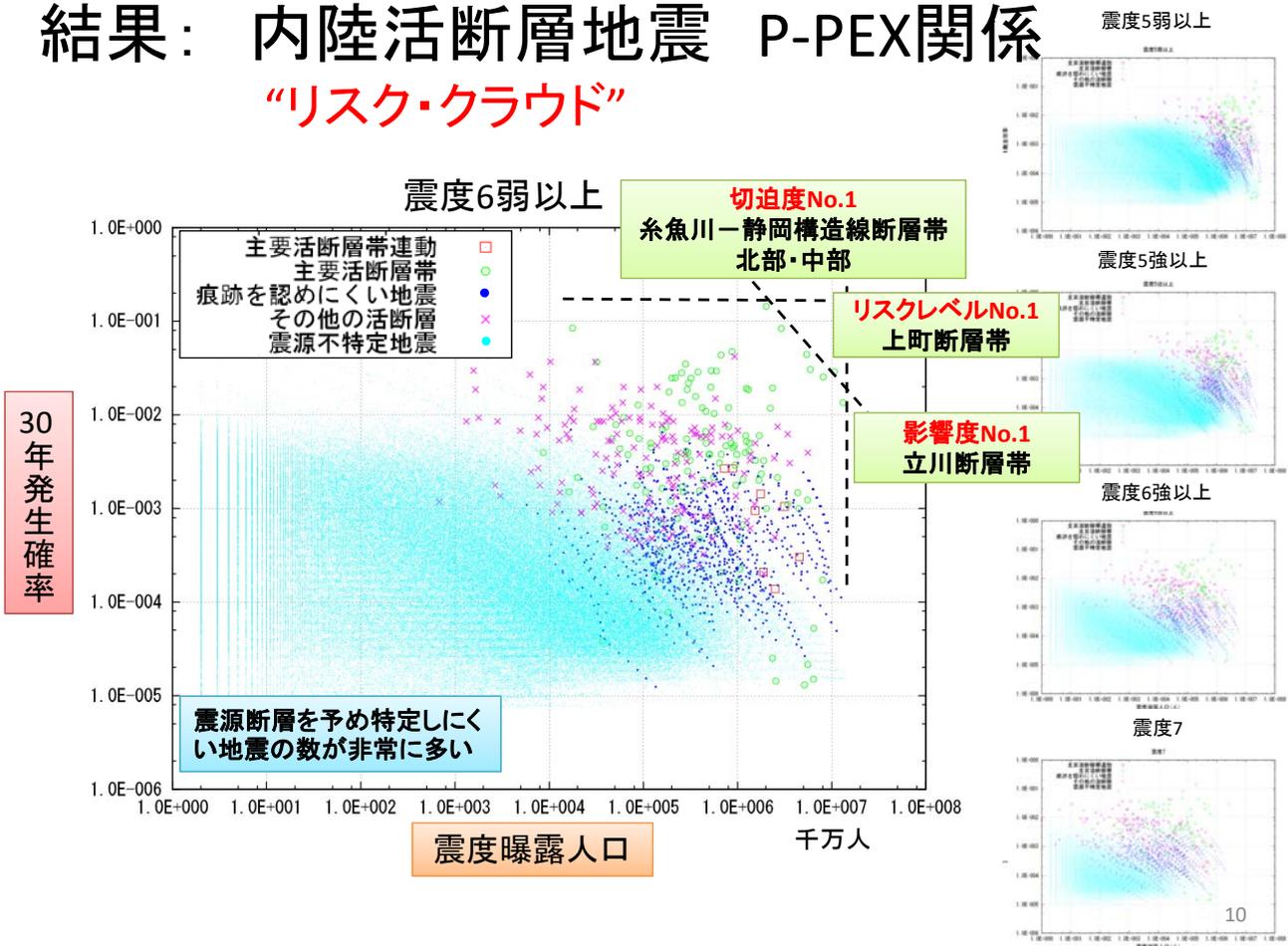
(独)防災科学技術研究所:地震ハザードステーション(J-SHIS)ホームページより

方法：全地震活動モデルを用いた地震リスク評価

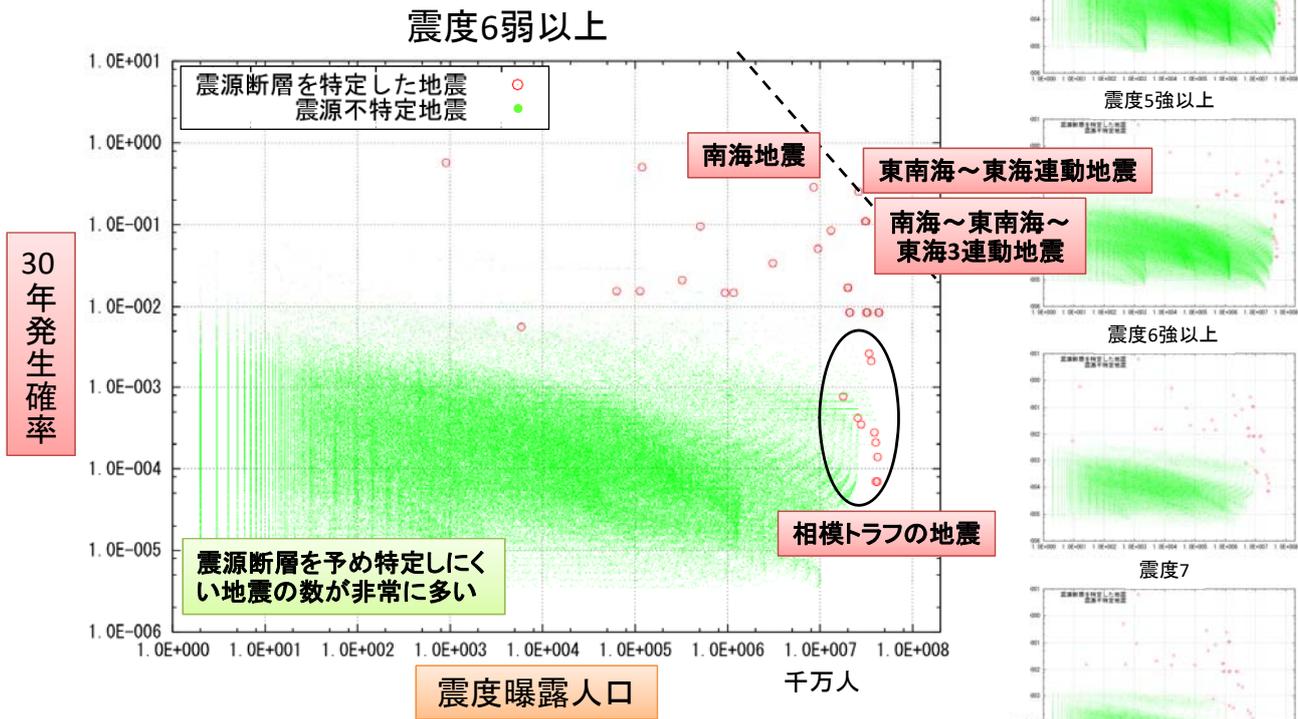


9

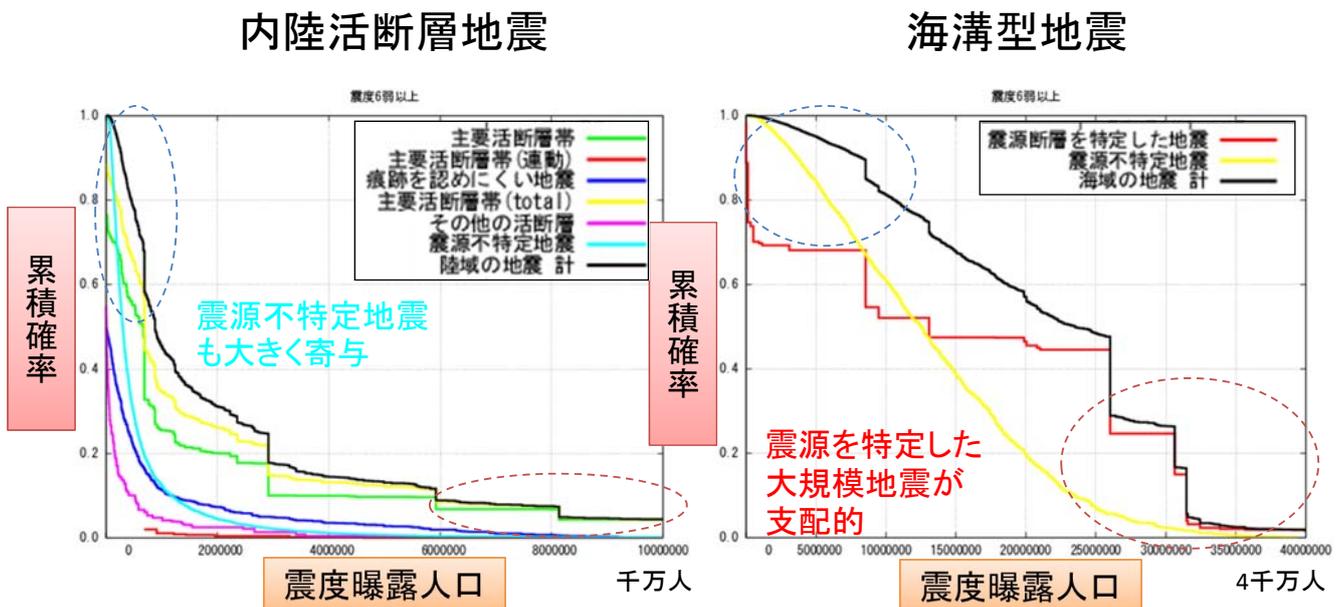
結果：内陸活断層地震 P-PEX関係 “リスク・クラウド”



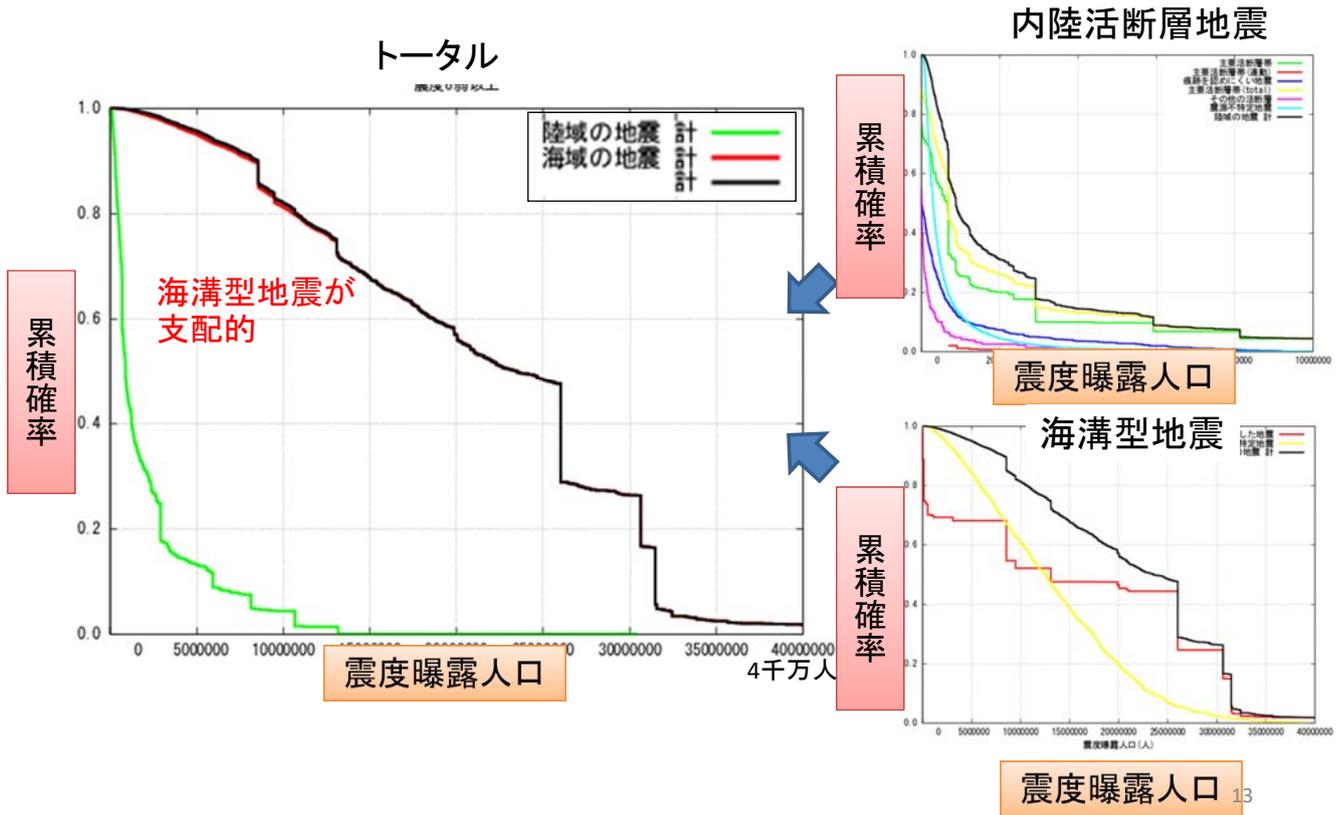
結果：海溝型地震 P-PEX関係 “リスク・クラウド”



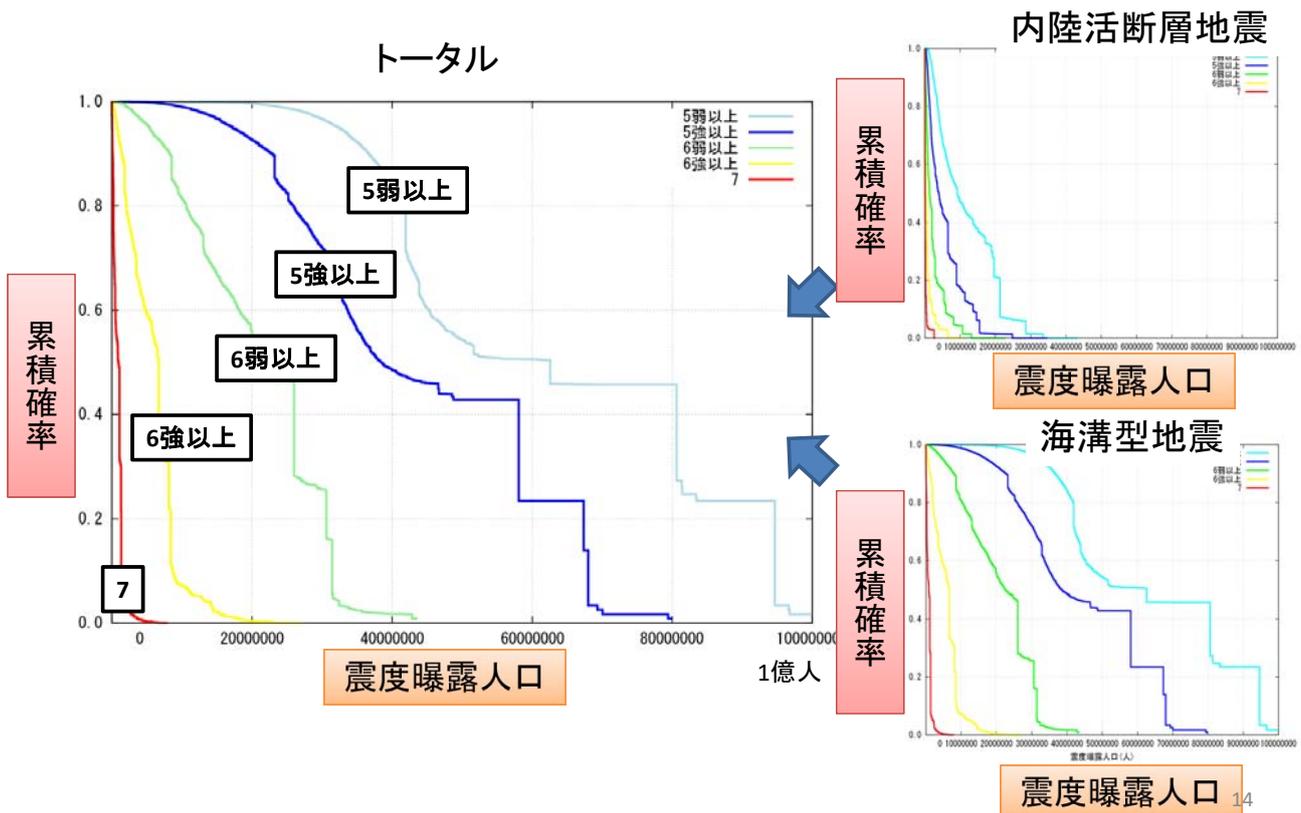
結果：地震リスクカーブ(震度6弱以上)



結果： 地震リスクカーブ(震度6弱以上)

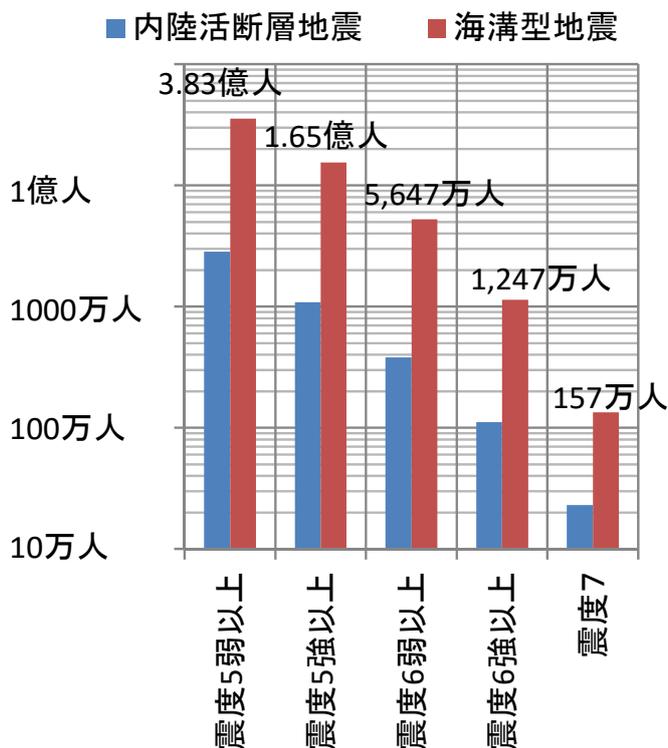


結果： 地震リスクカーブ(各震度レベル)

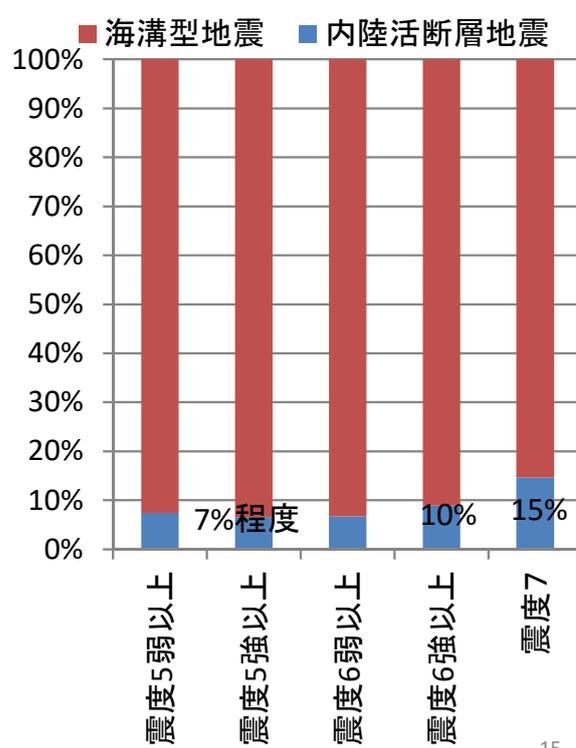


結果： 30年期待震度曝露延べ人口 ($=\sum_i P_i \times PEX_i$)

絶対数による比較

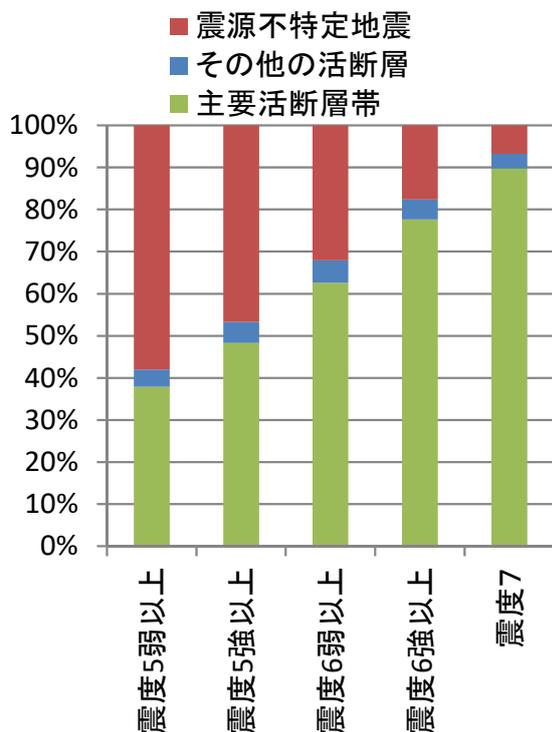


相対比率による比較

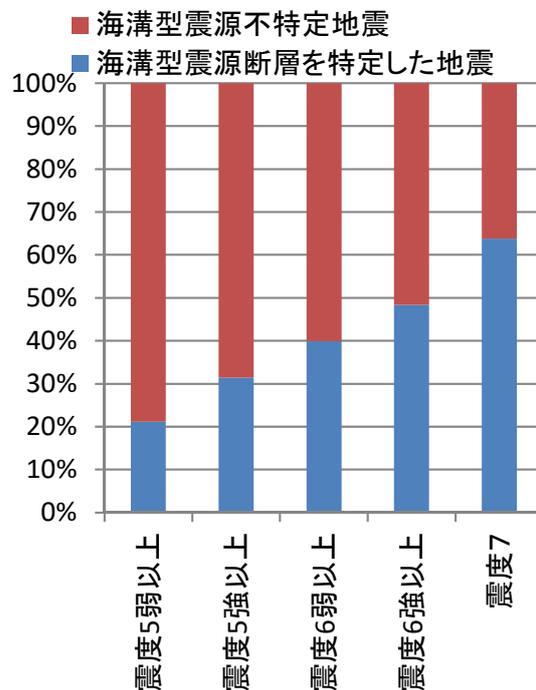


結果： 30年期待震度曝露延べ人口 ($=\sum_i P_i \times PEX_i$)

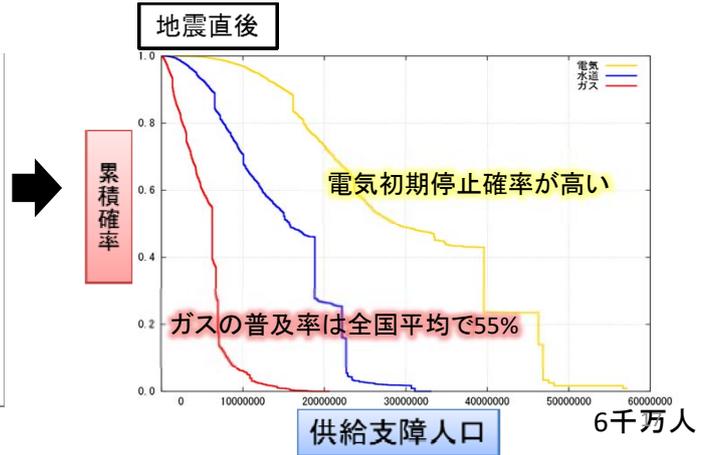
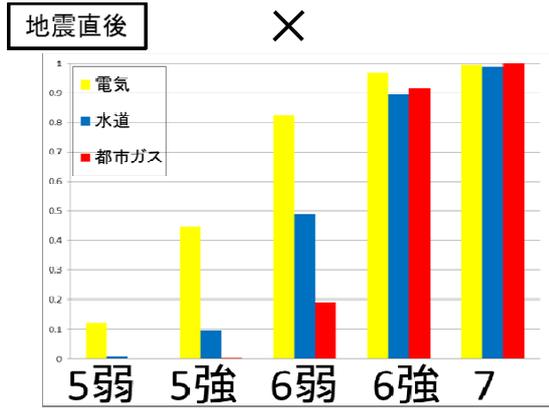
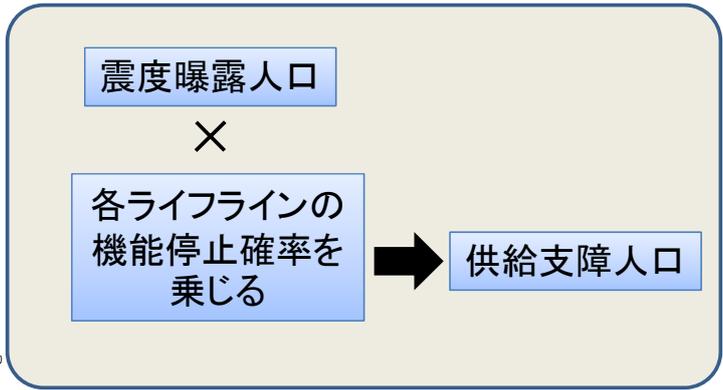
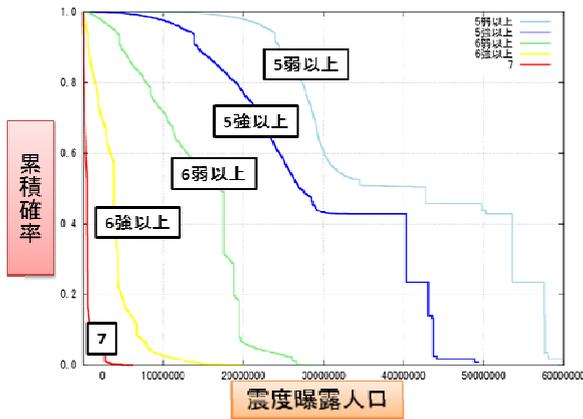
内陸活断層地震



海溝型地震

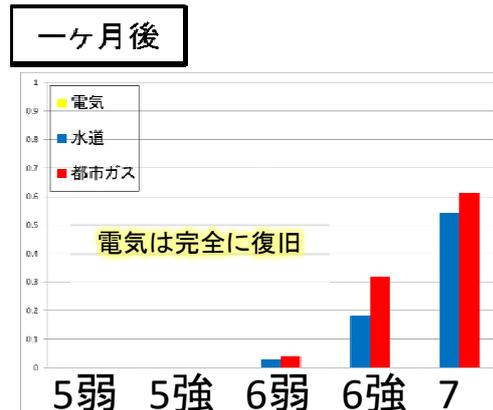
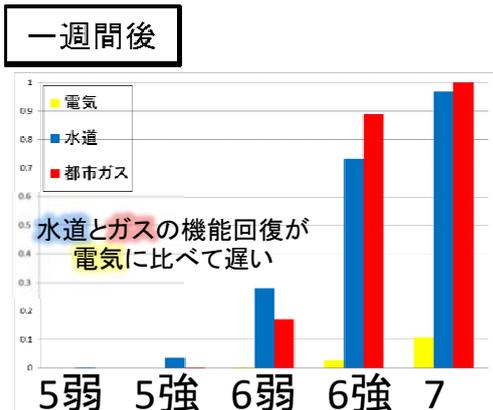
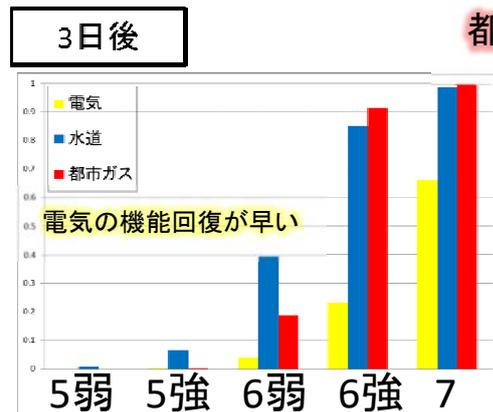
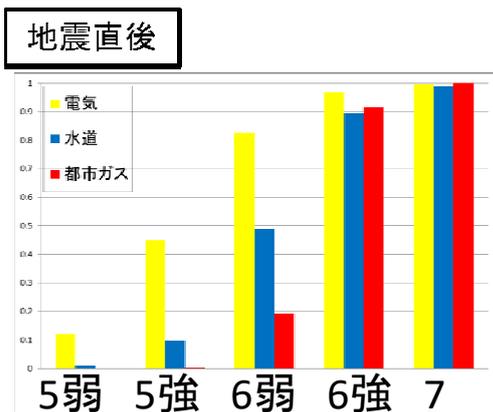


応用： 供給系ライフラインの地震リスク評価

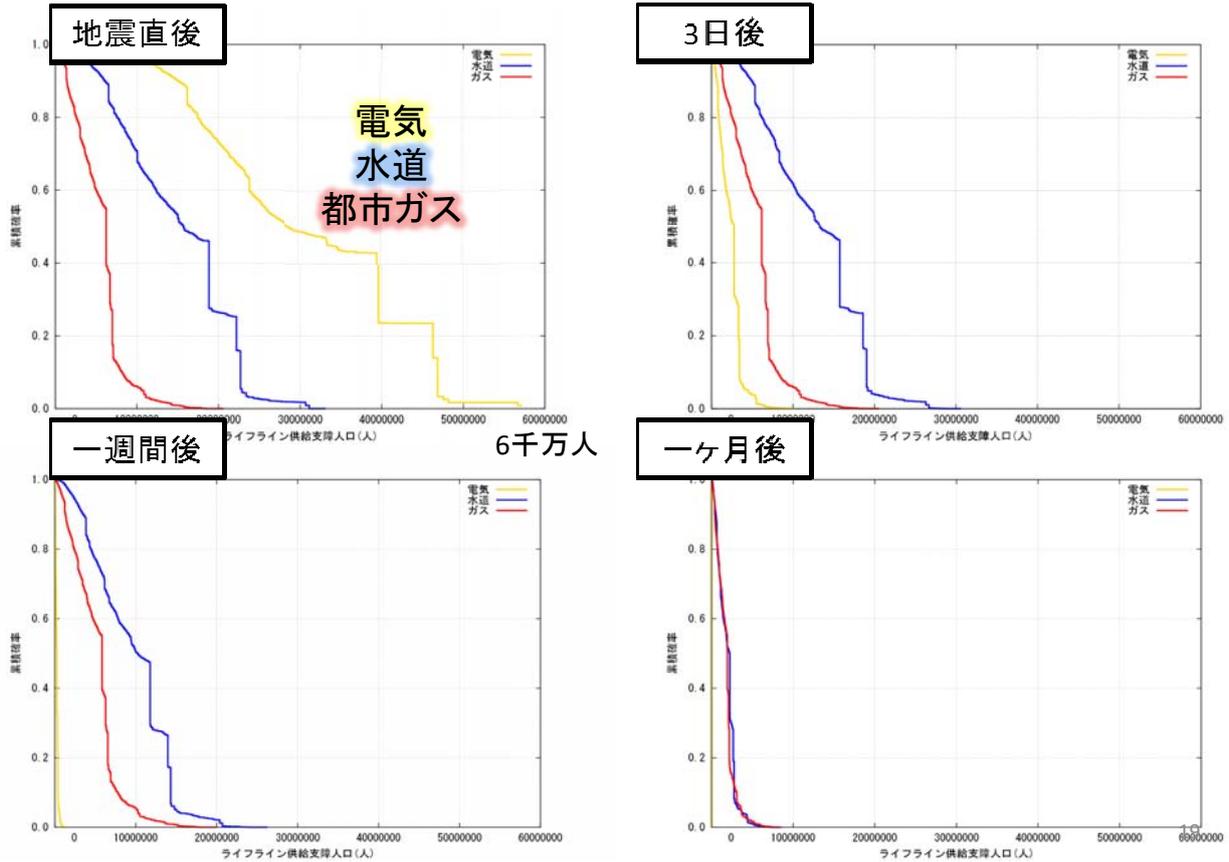


方法： 供給系ライフラインの機能停止確率

電気
水道
都市ガス



結果： 供給系ライフラインの途絶リスクカーブ



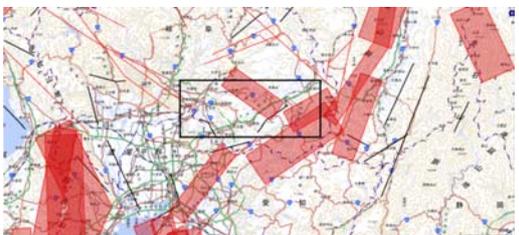
応用： 広域ライフラインの地震リスク評価のためのシナリオ地震選定

岐阜県東部広域水道
 ✓ 給水規模：約53.5万人
 ✓ 管路延長：約180km

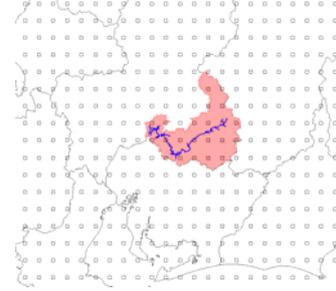


岐阜県東部で震度5弱以上となりうる内陸活断層地震

- 震源特定地震
 - ✓ 主要活断層 17モデル
 - ✓ 痕跡を認めにくい地震 90モデル
 - ✓ その他の活断層 14モデル



- 震源不特定地震
 - ✓ 9360モデル
 - = 390点 × 24種類 (M=5.0~7.3)



イメージしにくい
 “リスク・クラウド”
 をシナリオ地震化
 できないか？

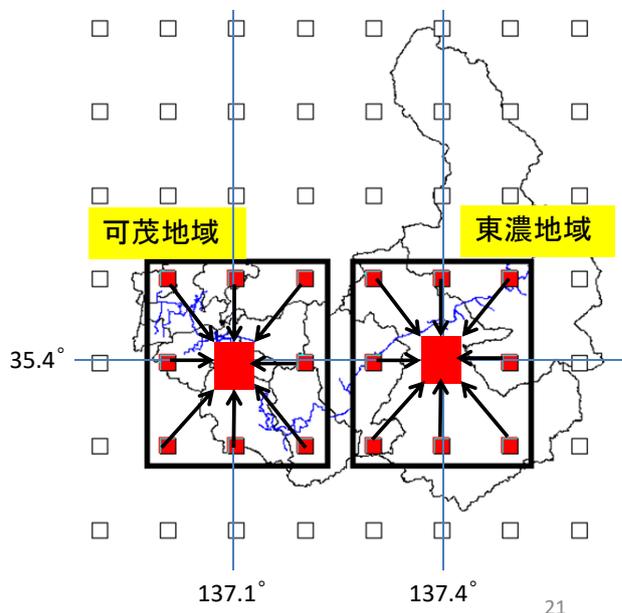
(独)防災科学技術研究所：地震ハザードステーション(J-SHIS)ホームページより

方法：震源不特定地震の空間的集約

- システムが広域であるため、2地域にそれぞれ1箇所設定
- 周辺9点を中心位置に集約
- 年平均地震発生率を集約

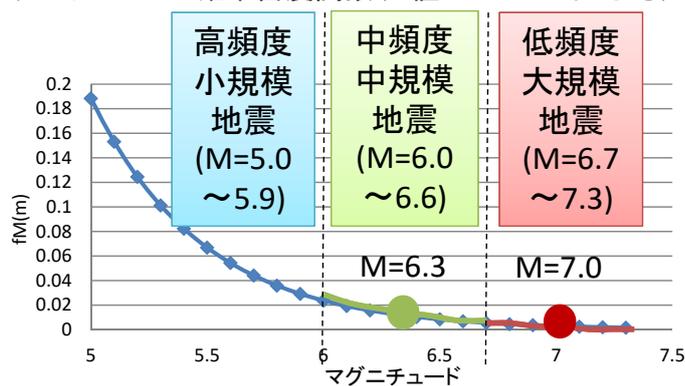
↓ ポアソン過程

- 30年発生確率 $P_{30}(M \geq 5)$
 - ✓ 可茂地域 18.1%
 - ✓ 東濃地域 18.4%

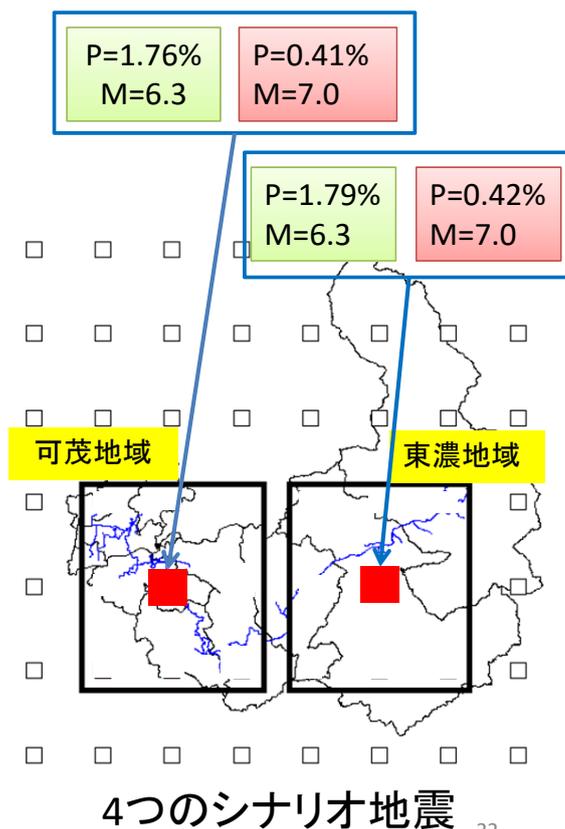


方法：震源不特定地震の規模的集約

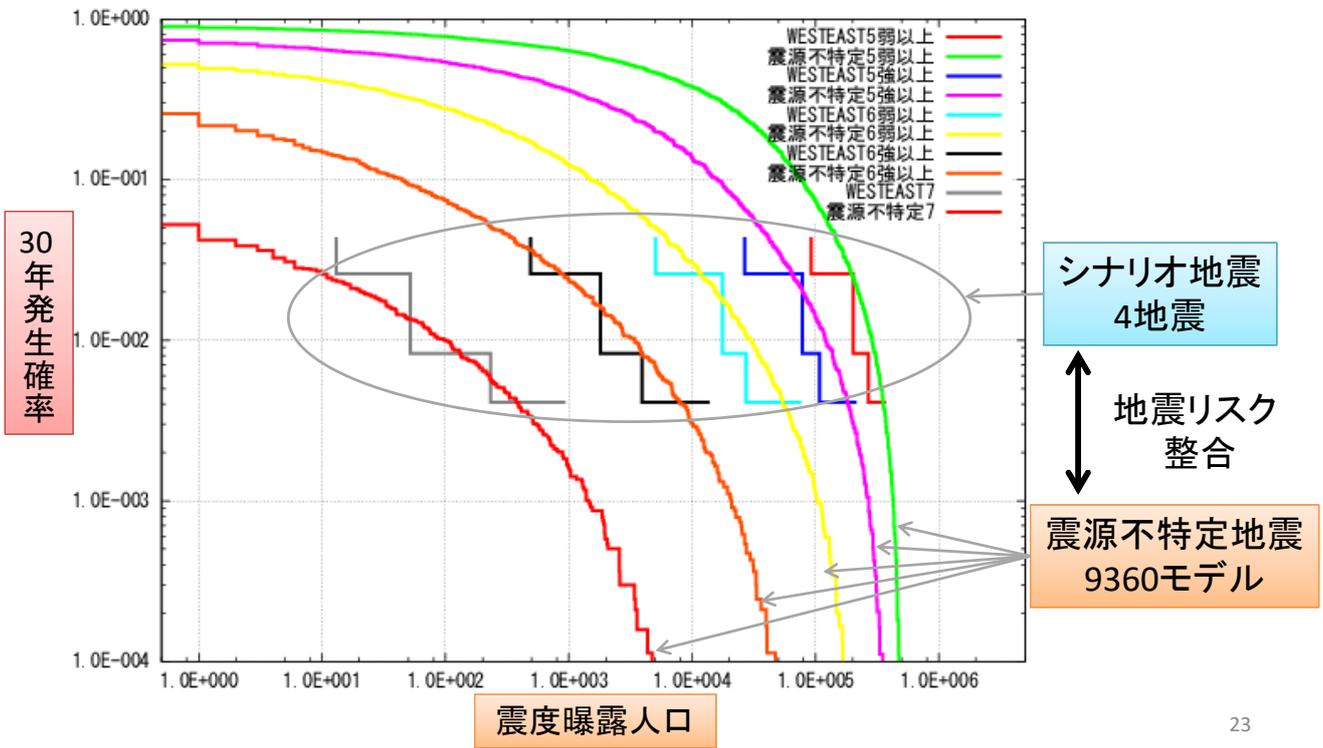
マグニチュードの確率密度関数 (b値0.9のG-R式による)



- M=5~7.3の中から、中頻度中規模地震と低頻度大規模地震を選定
- 30年発生確率 P_{30} : 空間的集約による $P_{30}(M \geq 5)$ と各M範囲の確率の積
- マグニチュード: 震度曝露人口が整合するよう設定
→ 結果的にレンジ中央値

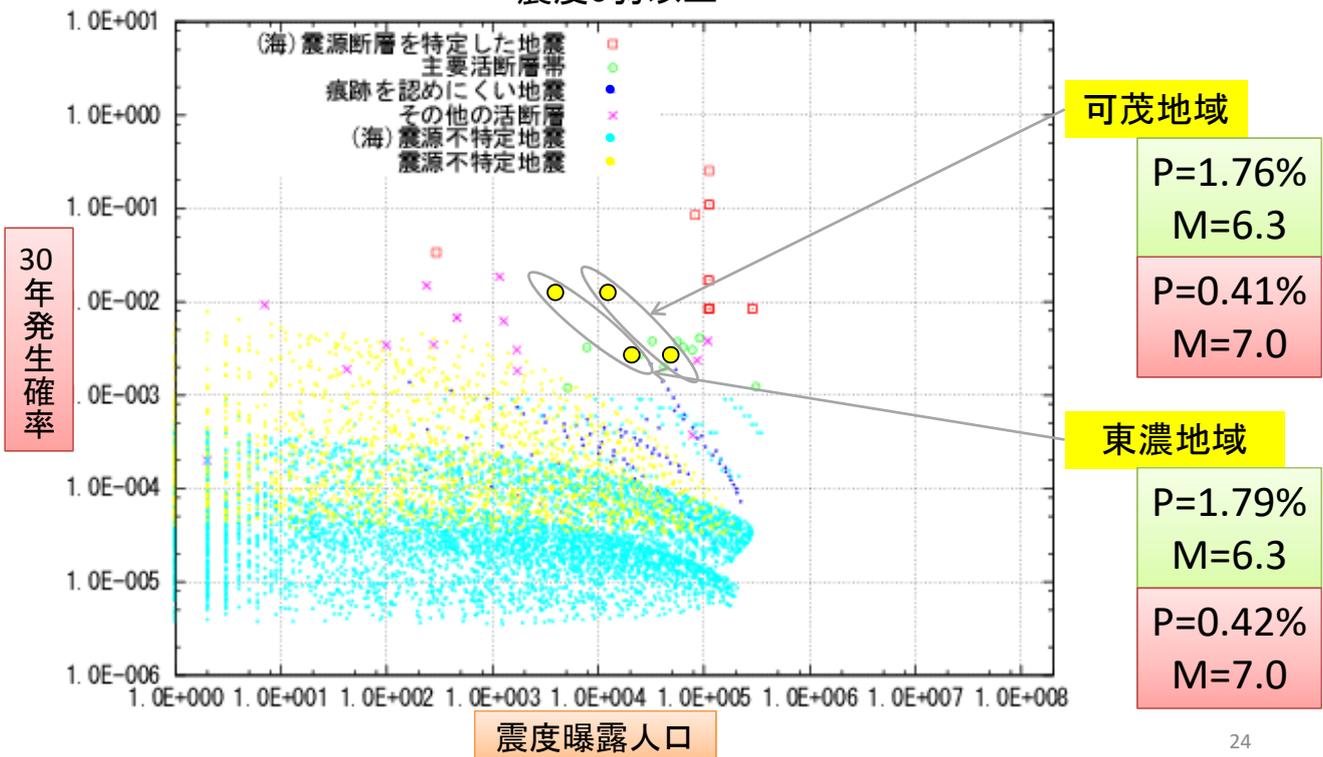


結果：震源不特定地震によるリスクカーブとの整合によるシナリオ地震の選定

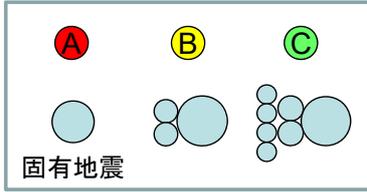


結果：選定されたシナリオ地震のP-PEX関係における位置づけ

震度6弱以上

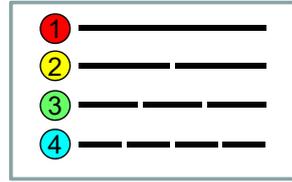


地震の規模別分解による リスク構造の変化



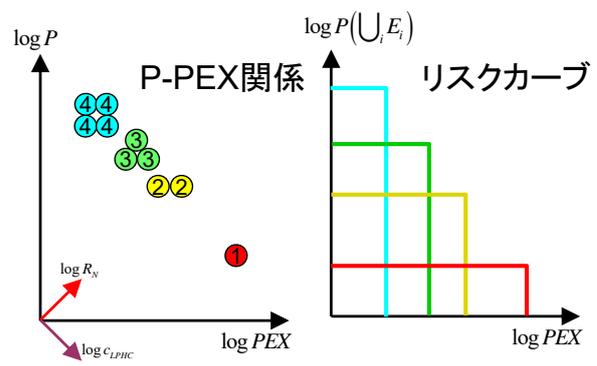
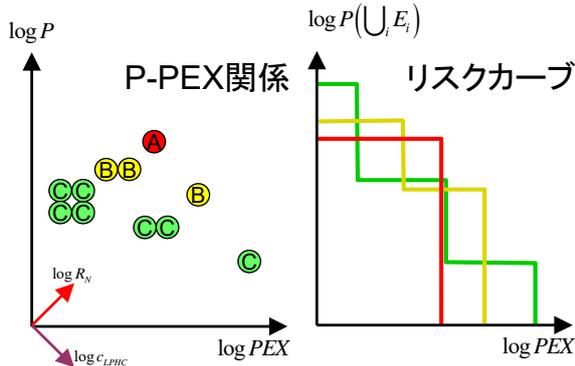
b値モデル
でMを分解

震源断層のセグメント 化・グループ化による リスク構造の変化



連動

想定より
一回り小
さな地震



25

まとめ

- わが国の**全地震活動モデル**(約95.5万モデル)を用いた震度曝露人口による地震リスク評価 (**P-PEX関係** + **地震リスクカーブ**)
 - ✓ 全国のトータル・リスク: **海溝型巨大地震**が支配的
 - ✓ 高震度レベル: **内陸活断層地震**のシェア増大
 - ✓ 高確率レベル: **震源不特定地震**のシェア増大
- 供給系ライフラインの**地震時途絶リスク評価**に応用
- **震源不特定地震**のシナリオ化のための方法を提案
 - ✓ リスクとして認識されにくい「**リスククラウド**」の簡略化表現

今後の課題

- **地震活動モデルの高度化**に期待(リスクの見逃し・過小評価の回避)
- 地震発生^{の長期評価}の「**地域評価**」の進展にあわせて継続的評価
(公表済み:九州+関東+中国+四国地域, 未公表:その他の地域)
- 特定地域を対象とした分析 → **地域の特徴把握**, 想定地震選定の考察

26