

台日防災合作研討會
—邁向建構完善防災體系之社會—

日本對於地震發生與 災害預測之相關研究

東京大學地震研究所教授
地震預測研究中心主任

日期： 2017年10月19日（四）

地點： 高雄大學2樓大講堂（台灣高雄市楠梓區高雄大學路700號）

主辦：日本台灣交流協會高雄事務所、高雄市、台南市（預定）、高雄大學



内容

1. 日本地震觀測調查研究之進程
2. 「兵庫縣南部地震和阪神・淡路大震災」與創設地震本部
3. 地震活動之現狀評估
4. 地震發生可能性之評估(長期評估)
5. 震動之評估(地殼震動預測地圖)
6. 緊急地震速報
7. 從預測東海地震到南海海溝之評估



1. 日本地震觀測調查研究之進程

藍色講義

地震學界

◆ 1962年「地震預測—現狀與其推行計畫」

「我國自古以來常遭遇大地震，往往造成生命財產的損失。**未來大地震仍會發生，但這些災害必須由我們來預防。**國民們強烈希望能實現地震預測，此為我國地震學須持續不斷努力的目標。」

◆ 1965年度～1998年度：第1次～第7次地震預測計畫（僅第1次為「地震預測研究計畫」、1978年東海地震之預測

◆ 成果與問題點

- 氣象廳・大學觀測網之建構
- 理解地震的發生，認識地震發生前多樣性的現象
- 研究主體未將重點置於社會面。
- 未建構將研究成果充分傳達給人民及負責防災之部門，且加以活用之機制。



2. 「兵庫縣南部地震和阪神・淡路大震災」與創設地震本部

○地震調查研究推行本部(地震本部)之創設

- 地震活動相關的現狀評估(臨時會、例會)
- 長期評估、強震動預測之研究開始

— 「地震調查相關綜合・基本對策」(1999年)

1. 彙整活斷層調查、地震發生可能性之長期評估、強震動預測等資料後**製作地殼震動預測地圖。**
2. 推動地震資訊之即時發布。
3. 依據大規模地震對策特別措施法, 加強地震防災對策強化地區及其周邊之觀測技術等。
4. 對於測地學審議會(科學技術學術審議會)之地震預測觀測研究

— 建構基岩觀測網

- 高感度地震觀測(Hi-net), GEONET 等
- 活斷層調查

— 地震調查觀測結果之宣傳

以減輕地震損壞為目的之地震防災對策, 透過對地震相關現象之正確認知, 增廣見聞, 以強化對策成效。

基岩観測

高感度地震儀 Hi-net (全国約782台*1)

GNSS: GEONET (全国1342台*1)

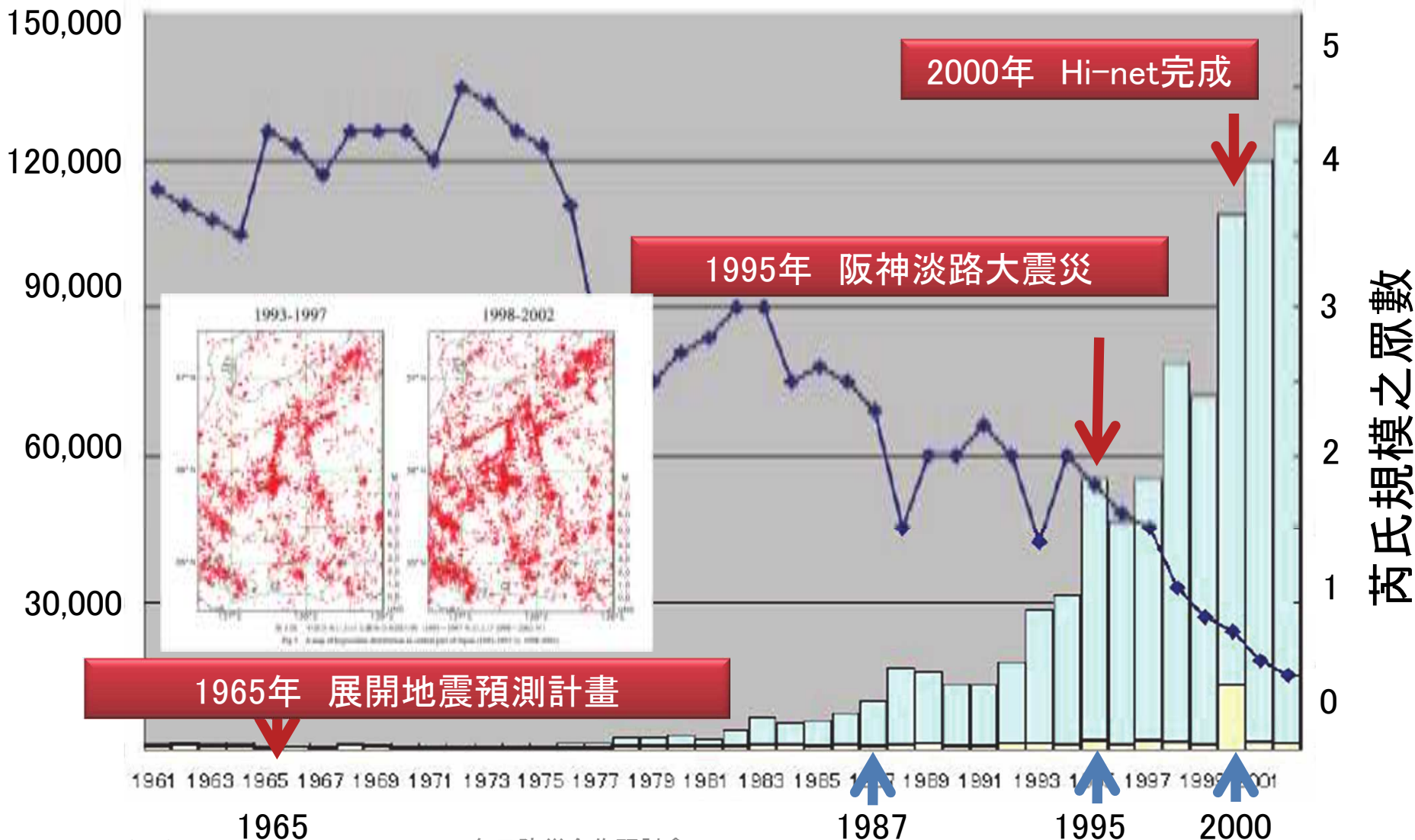


※1 地震調査推行本部之調査(2014年3月底)

3. 地震活動之現狀評估

每年地震數(氣象廳)

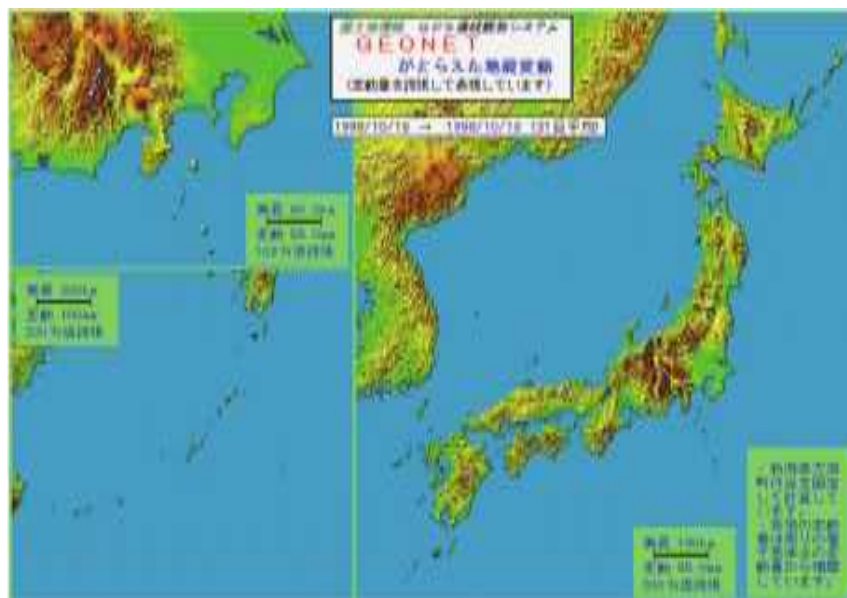
(Harada, 2004)



日本列島之變形

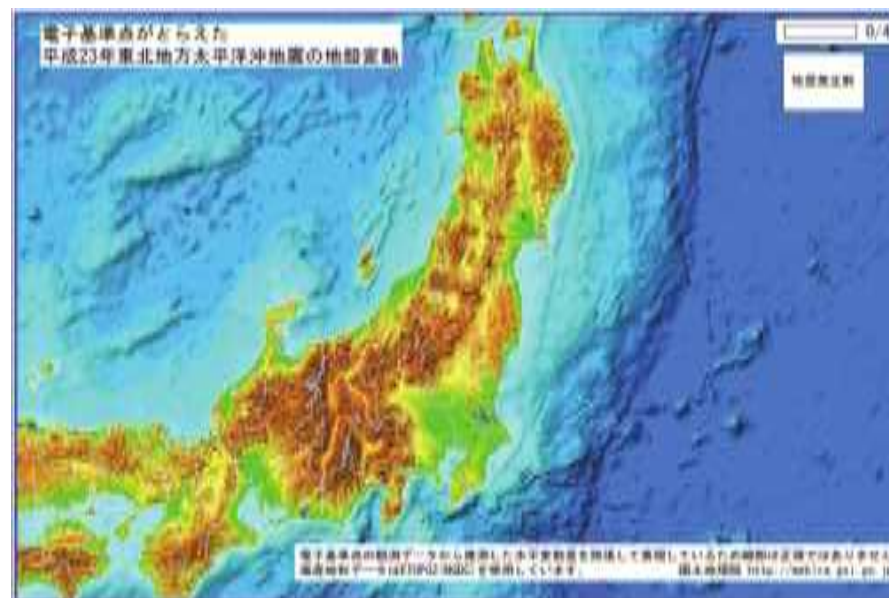
國土地理院

2011年東北外海地震前
1年之移動



從1998年10月至1999年11月
東北地方1年內縮小了1~2cm
(擴大2百萬倍)

2011年東北外海地震時
3分鐘內的移動



牡鹿半島在地震時往東移動了5m
東北地方延伸了3至4公尺
(從0.5擴大至2萬倍)

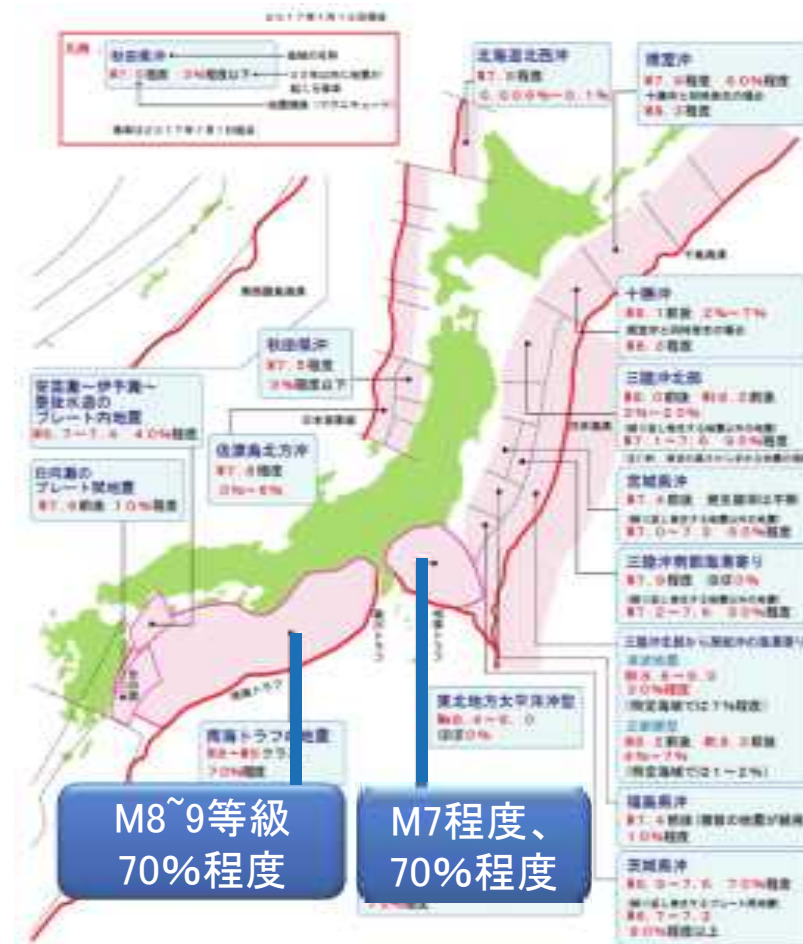


4. 地震発生可能性之評估 (長期評估)

地震調査研究推行本部

内陸

海域

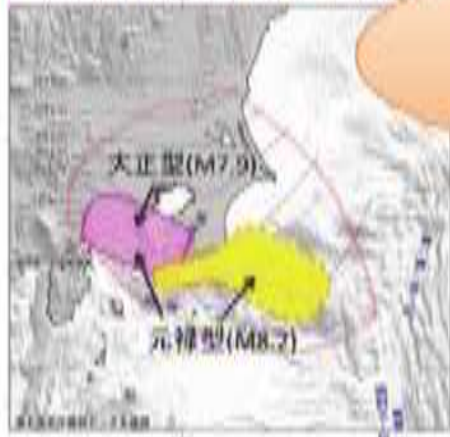




相模海溝沿岸之地震活動

前回の評価

(平成16年8月23日公表)



- 各領域(大正型・元禄型)で、ほぼ同じ大きさ、ほぼ同じ繰り返し間隔で地震が発生

相模トラフ沿いのM8クラスの地震の震源域の考え方

今回の評価



- 地形、歴史記録、地震活動等から、震源域となり得る領域を評価
- 多様なパターンの地震が発生

次に発生する地震

	規模	30年確率
元禄型関東地震	M8.1程度	ほぼ0% (ほぼ0%)
大正型関東地震	M7.9程度	ほぼ0%~0.8% (ほぼ0%~2%)

領域ごとに規模、発生確率を評価
()内は、従来の手法でH26年1月時点での確率を計算

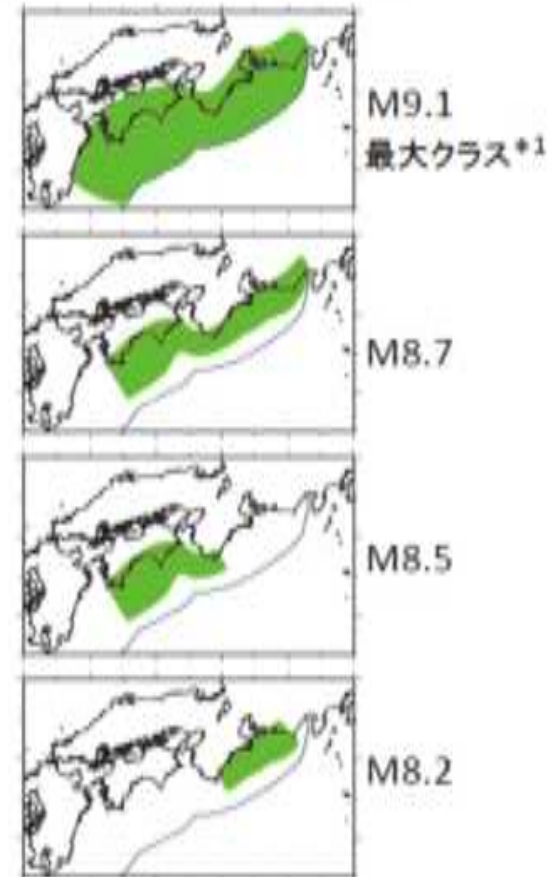
	規模	30年確率
相模トラフ沿いのM8クラスの地震	M8クラス全体 (M7.9~M8.6)	ほぼ0%~5%(※)
	元禄関東地震 (M8.2) またはそれ以上	ほぼ0%

相模トラフ沿いの評価対象領域全域で、不確実性を考慮した手法により規模、発生確率を評価
※データの不確実性を統計的に評価したこと等による変化

南海海溝発生下次地震之機率

- 南海トラフ全域に多様な震源パターンを考慮
- 発生確率の評価手法は、多様性を説明するモデルが確立されていないため、従来 of 時間予測モデルを適用し、南海トラフ全域を一体として発生確率を評価

多様な震源パターン



発生確率

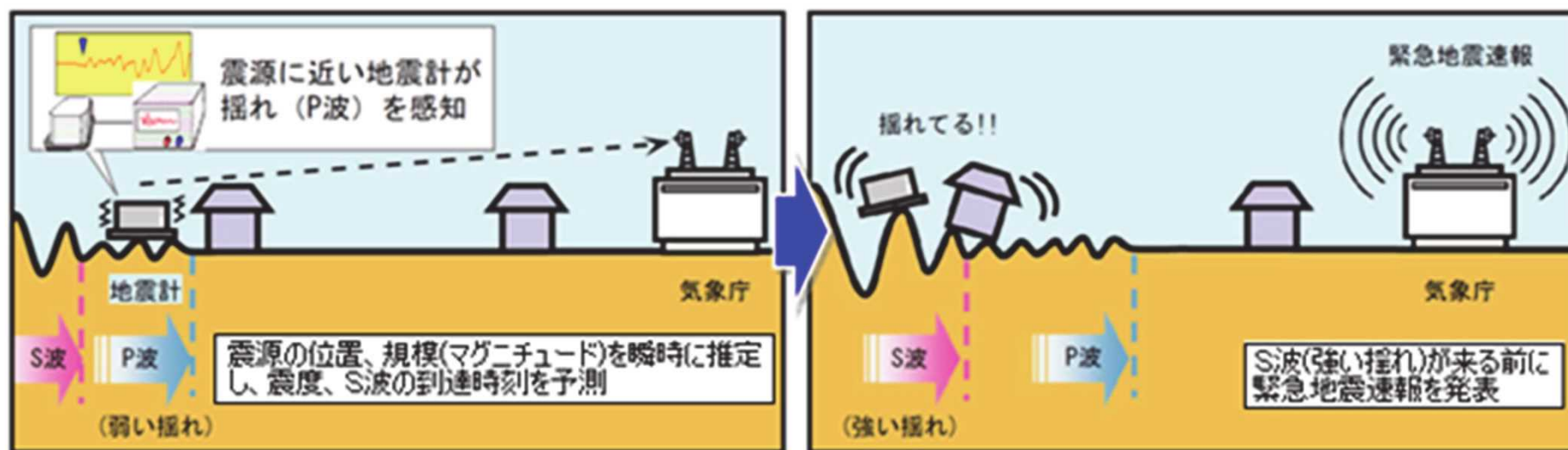
領域	規模	30年発生確率
南海トラフ全域	M8~M9クラス	60%~70%

*1 最大クラスの地震の発生頻度は、100~200年の間隔で繰り返し起きている大地震に比べ、一桁以上低いと考えられる。

6. 震動之即時預測

緊急地震速報

- 提前偵測出地震之發生，預測大規模震動之技術。
- 從平成16年(2004年)開始提供給試驗用途。
- 平成19年(2007年)開始提供給一般用途。



速度
P波 : 秒速約7km
S波 : 秒速約4km

緩衝時間為數秒至數10秒

氣象廳

海嘯警報・注意警報時應採取之行動

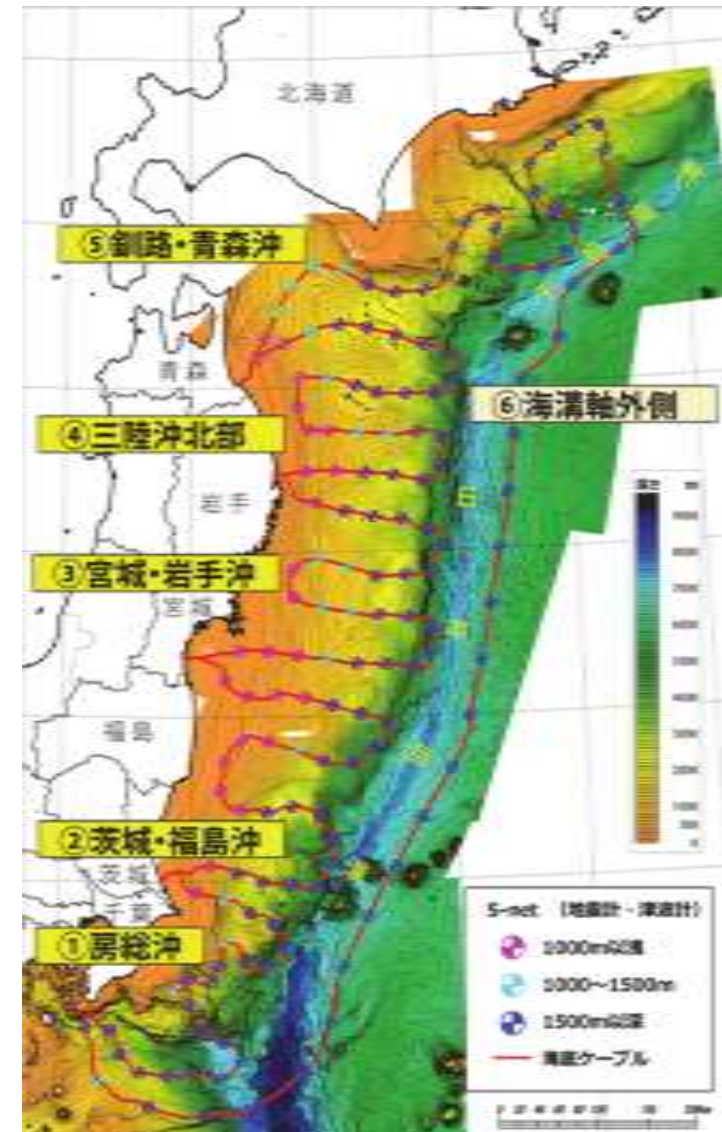
	予想される津波の高さ		とるべき行動	想定される被害
	数値での発表 (発表基準)	巨大地震の 場合の表現		
大津波警報	10m超 (10m未満)	巨大	<p>沿岸部や川沿いにいる人は、ただちに高台や避難所に身を安全な場所へ避難してください。津波は繰り返し襲ってきますので、津波警報が解除されるまで安全な場所から離れないでください。</p> <p style="background-color: #ffcccc; padding: 5px; text-align: center;">どこから安心と思わず、より高い場所を 目指して避難しましょう！</p>  <p>津波防災関係が「津波からにげる」(気象庁) 0115-02</p>	<p>木造家屋が全壊・流失し、人住津波による流りに巻き込まれる。</p>  <p>(10mを超えた津波により木造家屋が流出)</p>
	10m (5m未満≧10m)			
	5m (3m未満≧5m)			
津波警報	3m (1m未満≧3m)	高い	<p>津波防災関係が「津波からにげる」(気象庁) 0115-02</p> 	<p>標高の低いところは津波が襲い、浸水被害が発生する。人住津波による流りに巻き込まれる。</p>  <p>豊田町提供 (2003年)</p>
津波注意警報	1m (20cm未満≧1m)	(避難しない)	<p>海の中にいる人は、ただちに海から上がり、海岸から離れてください。津波注意警報が解除されるまで海に入ったり海岸に近づいたりしないでください。</p> 	<p>海の中や海人は速い流れに巻き込まれる。磯船いかながら流失し小型船舶が転覆する。</p> 

気象廳



日本海溝海底地震海嘯觀測網 Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench (S-net)

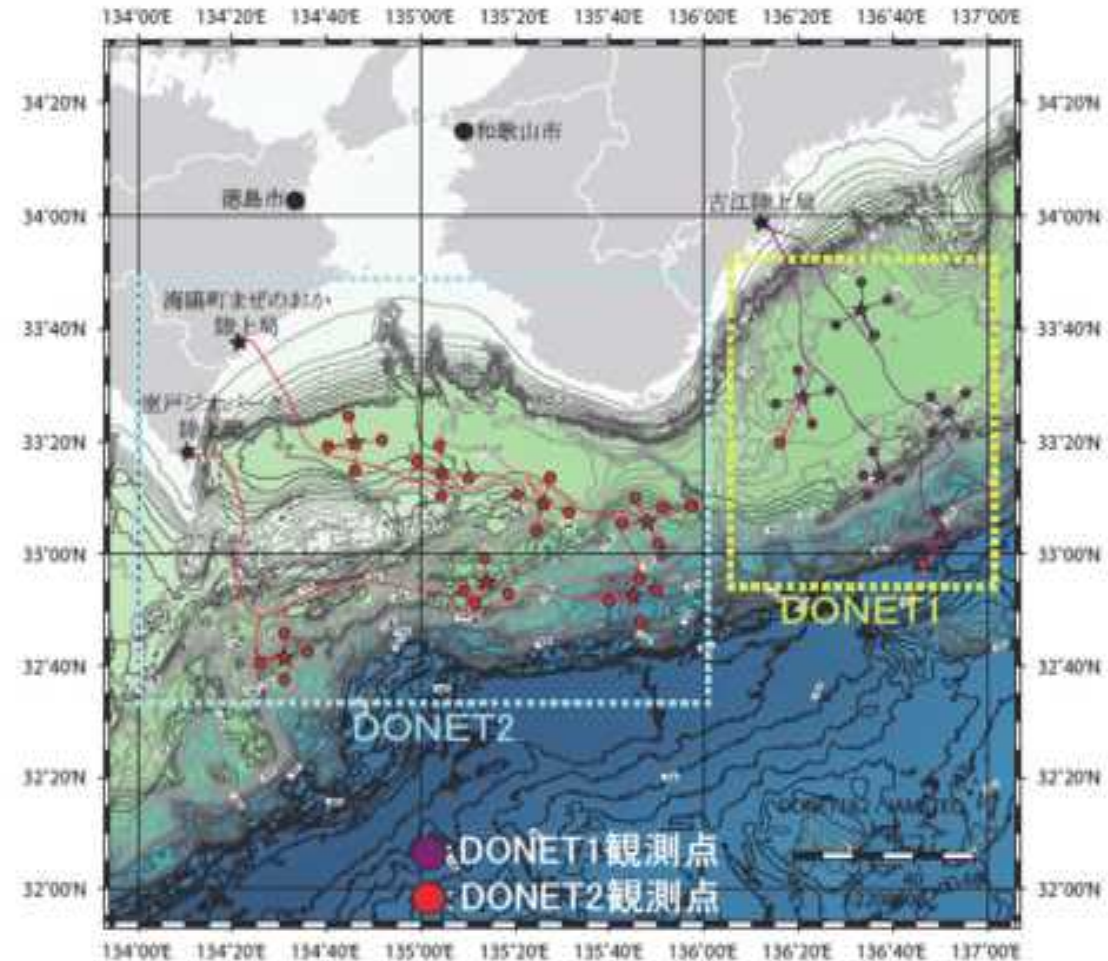
- 地震儀與海嘯儀一體化之觀測裝置共150處。
- 連接海底光纖電纜，裝設於東日本太平洋外海海底，可連續24小時即時取得觀測數據。
- 電纜總長度約5,700km。



地震・海嘯觀測監控系統：50個觀測點

DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis)

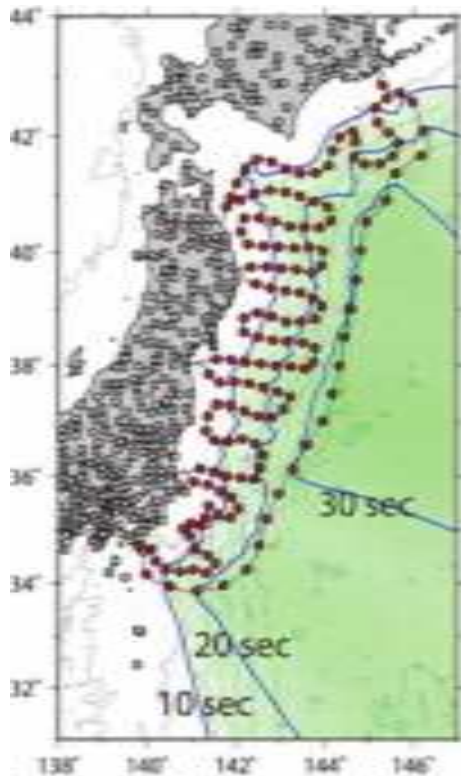
- ◆ DONET1 : 2011年8月開始運用
 - 主電纜長：約250km
 - 分支設備：5套
 - 節點：5套
 - 觀測設備：20套+2套
- ◆ DONET2 : 2015年度 開始運用
 - 主電纜長：約350km
 - 分支設備：7套
 - 節點：7套
 - 觀測設備：29套



2016年4月1日 主管機關由海洋研究開發機構移交給防災科學技術研究所



利用S-net讓地震偵測・警報高精準化



透過設置海底觀測網，能比現狀提前多久偵測出海溝型地震的發生？（緩衝時間）

⇒約30秒左右、可提前發布緊急地震速報。

因可於海溝型地震之震源附近觀測，因此能正確得知地震規模(M或深度、位置)。

⇒有助於氣象廳發布海嘯警報。

（氣象廳的海嘯警報，乃根據震源資訊，從預先計算出的資料庫中進行預測，再發布警報。）



利用S-net讓地震偵測・警報高精準化



透過設置海底觀測網，

⇒ 較現況最多可提前20分鐘左右偵測出海嘯，並發布實測值之資訊。

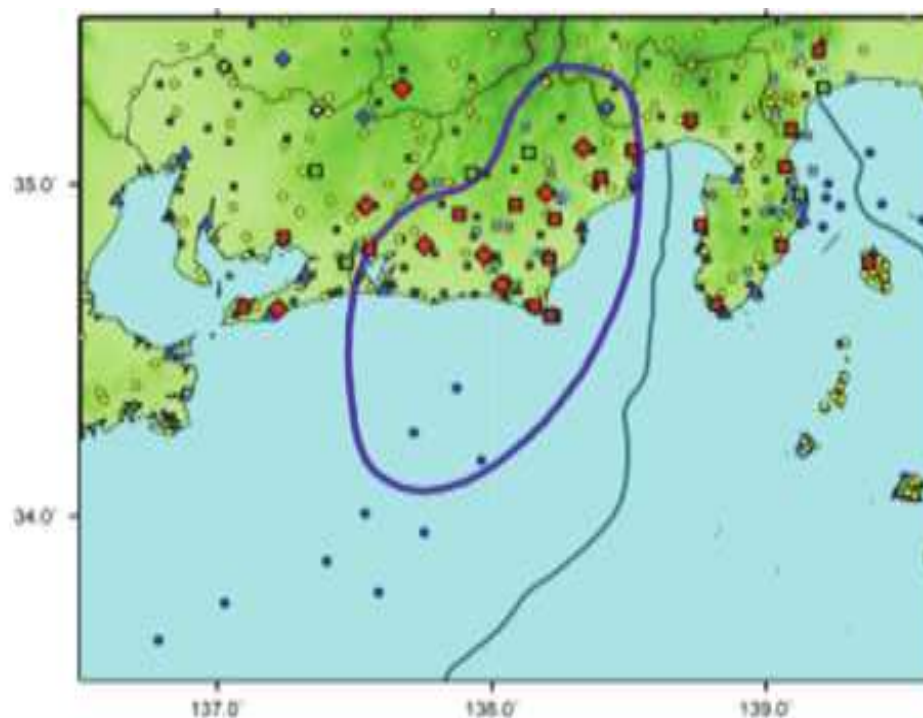
- 海嘯傳播之實況

⇒ 相較於現有的海嘯觀測點(浮標等)，可提前偵測出實際的海嘯

- 可預測海水倒灌

內容

1. 日本地震觀測調查研究之進程
2. 「兵庫縣南部地震和阪神・淡路大震災」與創設地震本部
3. 地震活動之現狀評估
4. 地震發生可能性之評估(長期評估)
5. 震動之評估(地殼震動預測地圖)
6. 緊急地震速報
7. 從預測東海地震到南海海溝之評估





預測東海地震

預測的前提

1. 存在「前兆滑動」

Yes, but...

- 在實驗室已被驗證。
- 透過簡單的模型也可確認其理論性。
- 在實際野外仍尚未被確認。
- 現實的板塊界線非常複雜，簡單的模型無法適用？

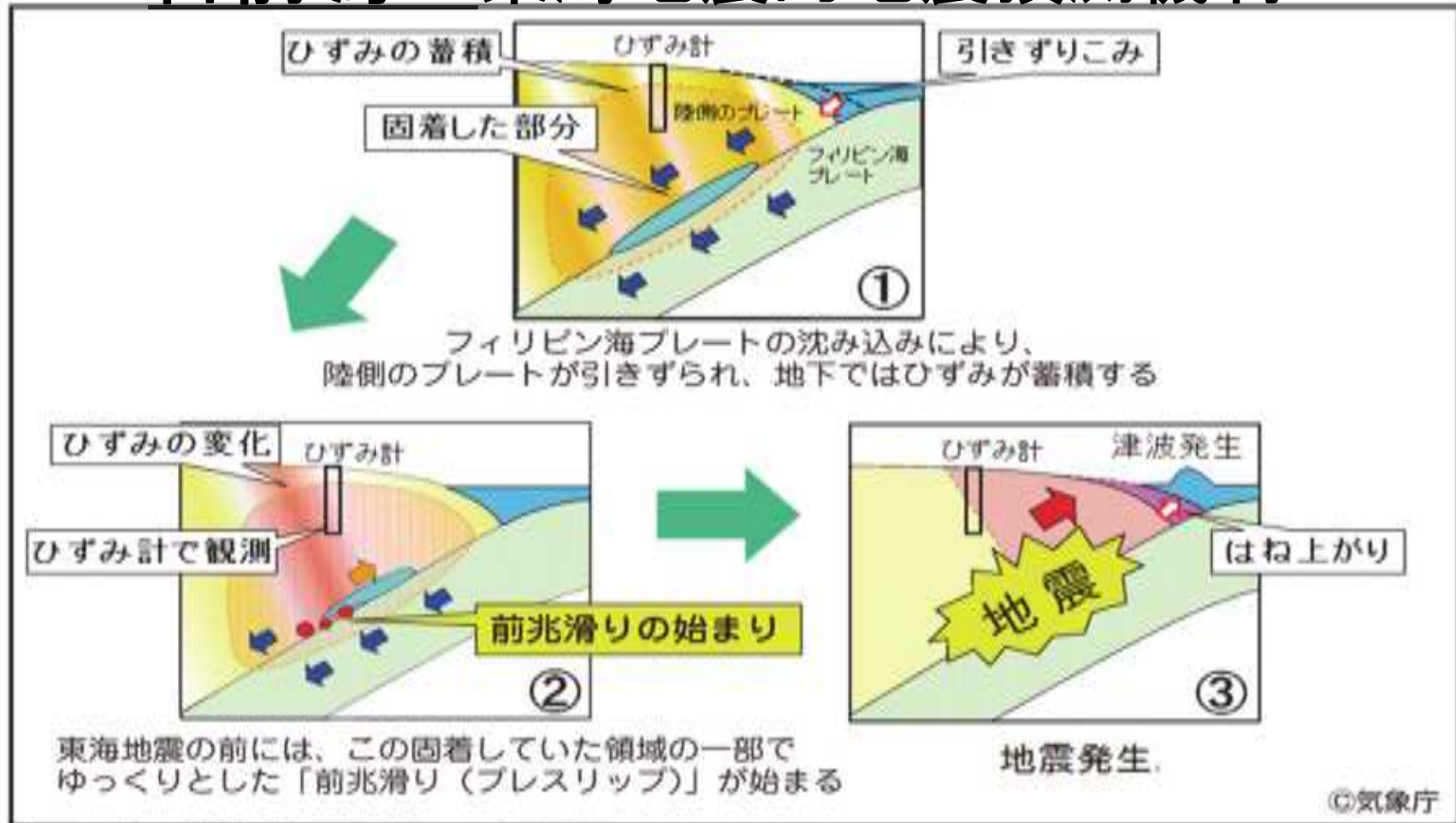
2. 可觀測「前兆滑動」

Yes, but...

- 可觀測出M6左右的「緩慢滑動」。
- 2011年東北地區太平洋外海地震時，曾觀測到緩慢滑動，其移動非常複雜。

➤ 可事先「了解」嗎？

目前為止東海地震的地震預測機制



【図 2】 東海地震予知の仕組み

- ①フィリピン海プレートの沈み込みにより、陸側のプレートが引きずられ、地下ではひずみが蓄積し、
- ②東海地震の前には、この固着していた領域の一部でゆっくりとした「前兆滑り（プレスリップ）」が始まり、
- ③ゆっくりとした滑りが急激な滑りに進展して、東海地震が発生すると考えられています。



若發生巨大地震將造成嚴重損害

◆中央防災會議 防災對策推行檢討會議「南海海溝巨大地震對策檢討工作小組」
2013年5月

◆發生最大災害時的情況

芮氏規模	淹水面積	淹水區域人口	死者・失蹤者	建築物損壞 (全倒棟數)
9.0 (9.1) ※3	1,015km ² ※4	約163萬 人※4	約323,000 人※5	約 2,386,000 棟※6

※3:()內為海嘯之Mw, ※4:堤防・水門在地震時可發揮正常機能之前提下所估算之淹水區域,
※5:地殼震動(陸地)、發生海嘯之情況(情況①)、時間(冬・深夜)、風速(8m/s)時之災損, ※6:地
殼震動(陸地)、發生海嘯之情況(情況⑤)、時間(冬・傍晚)、風速(8m/s)時之災損。



日本の地震防災措施

根據阪神・淡路大震災、東日本大震災等經驗，
將地震防災措施從事前對策到災後對策、重建・復原
進行綜合性強化

地震對策

- = 事前防災
- + (根據地震預測制定地震防災緊急對策)
- + 根據緊急地震速報進行緊急措施
- + 災後對策
- + 復原・重建



僅靠事前對策無法消除災損

人身災損※1

※1:地殼震動(陸地)、發生海嘯之情況(情況①)、時間(冬・深夜)、風速(8m/s)時

(現狀)

防災對策

(對策實施後)

建築物災損
約82,000人

海嘯災損
約230,000人

陡坡崩塌
約600人

火災
約10,000人

合計
約323,000人

事前防災

- ・耐震化率100%
- ・實施防止家具倒落・掉落對策100%
- ・災害發生後全員開始迅速避難
- ・有效活用現有的海嘯避難大樓等
- ・陡坡地崩塌危險處之對策完備率 100%
- ・感震斷路器設置率100%
- ・提升災後初期滅火成功率等

建築物災損
約15,000人

海嘯災損
約46,000人

陡坡崩塌
0人

火災
約300人

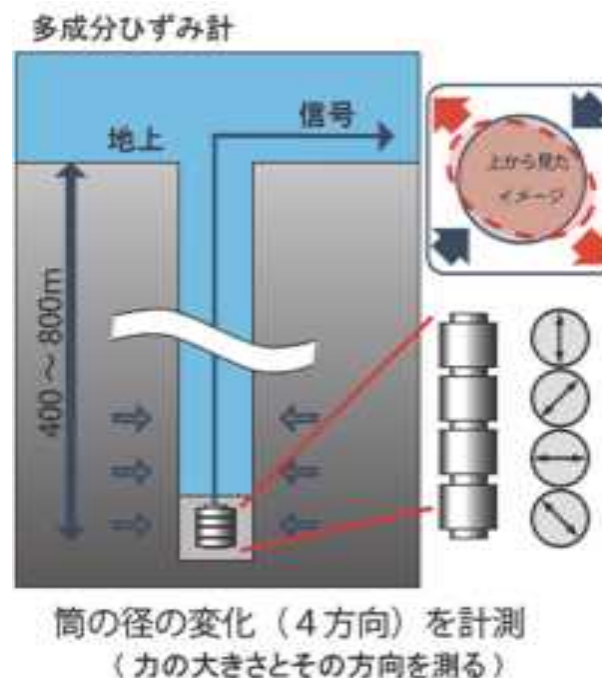
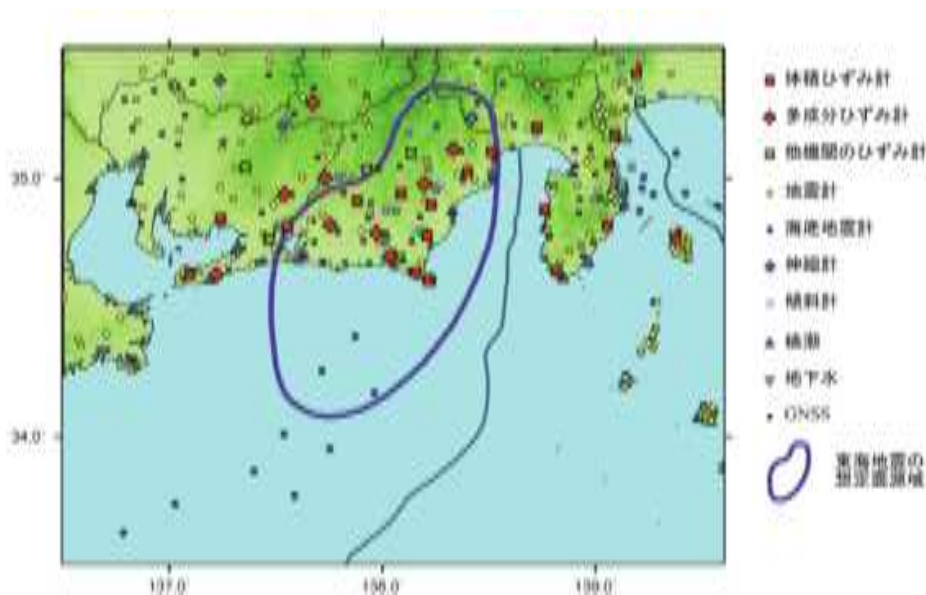
合計
約61,000人

如何
減少的？

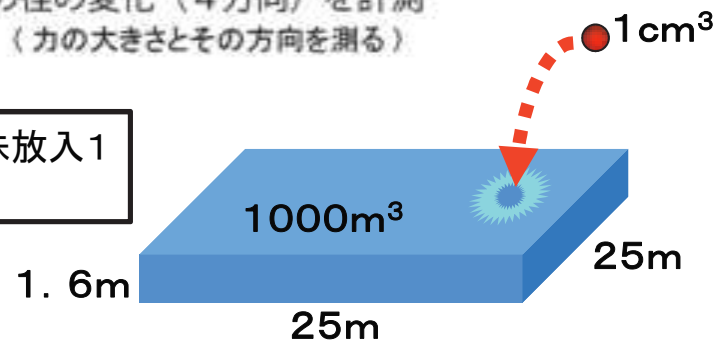
東海地震之推測震源區域與觀測機制

氣象廳為了預測東海地震，獲得了相關部門的合作，對東海地區的地震活動、地殼活動等進行24小時監控。

東海地區及其周邊之觀測機制



觀測精度：可觀測至將 1cm^3 的彈珠放入 1000m^3 的水池時之體積變化。





東海地震相關資訊及預測機制

東海地震に関する情報発表の流れ ～異常の検知から警戒宣言まで～



<2009年8月11日>
 本日(11日)5点7分左右於駿河灣深度20km處發生M6.5(暫定値)之地震。
 因此次地震發生於推估震源地區，氣象廳針對地震・地殼觀測數據之推移密切監控，同時調查其與推斷之東海地震的關聯性。

<2017年5月29日>
 目前並無觀測到和東海地震有直接關連之變化。

修訂主要基本計畫

- ◆ 1999年修訂
 - 緊急召集收到「判定會召集連絡報」的防災相關部門負責職員。
- ◆ 2003年修訂
 - 導入「注意資訊」，同時展開準備行動。

東海地震
震度
1處以上の
應變計

東海地震
震度
2處以上の
應變計

東海地震
震度
3處以上の
應變計

警戒公告發布時之對策(例)

對策之強制義務	大震法	基本計畫(國家)	強化計畫(静岡縣)
③交通管制			
道路交通	<p>【第24條】 因避難、緊急運送而採取之道路交通管制</p>	<p>進入強化地區管制 強化地區內之通行管制 【1999年修訂】考慮到對居民日常生活的影響等，明確實施對強化地區內之交通管制。</p>	<p>對進入縣內之緊急運送車輛以外之車輛須加強管制。管控強化地區內之一般車輛之通行。(通行車輛須低速行駛)</p>
鐵路		<p>停駛(低速行駛至最近且安全的車站後停駛) 【2003年修訂】無海嘯之疑慮，未滿震度6弱之地區可行駛。</p>	<p>停駛(低速行駛至最近且安全的車站後停駛) 【2006年修訂】新幹線在未滿6弱時(名古屋以西)可繼續行駛。</p>

警戒公告發布時之對策(例)

對策之強制義務	大震法	基本計畫(國家)	強化計畫(静岡縣)
③交通管制			
道路交通	【第24條】 因避難、緊急運送而採取之道路通管制	進入強化地區管制 強化地區內之通行管制 【1999年修訂】 考慮到對居民	對進入縣內之緊急運送車輛以外之車輛須加強管制。 管控強化地區內之一般車輛通行車輛須低速
鐵路	<div style="background-color: black; color: white; padding: 10px; border-radius: 10px;"> <h2 style="margin: 0;">「如此嚴苛的措施」是否可行？</h2> </div>		速行駛至最近之車站後停駛) 【修訂】 新幹線在未滿6弱時(名古屋以西)可繼續行駛。



地震的發生能「預測」嗎？

1. 能「預知」嗎？



不能

(1978年當時「預知」之定義)

在現階段，科學上並無確立的手法可精準地預測地震的發生時期或地點・規模。實際情況是，根據大規模地震對策特別措施法，於公告警戒後實施之現行的地震防災緊急對策為前提，無法高度精準地預測地震。

南海海溝沿岸大規模地震之預測可能性相關調查部會



根據南海海溝沿岸之地震觀測・評估 之理想的防災措施(報告)

- 根據從目前科學知識所能預測大規模地震的可能性之現狀、必須依據大震法重新修訂現行之地震防災緊急對策。
- 另一方面，持續將目前的科學知識應用於防災措施上之觀點也非常重要。

中央防災會議 防災對策實行會議
根據南海海溝沿岸之地震觀測・評估之
防災措施檢討工作小組 (2017)



氣象廳之對策

- 發布「南海海溝地震之相關資訊」
 - 作為對目前臨時防災體系之措施，以南海海溝全區域為對象，當觀測到上述現象時，或當研判發生地震之可能性相對較高時，將發布「南海海溝地震相關資訊」。
- 召開「南海海溝沿岸地震之相關評估檢討會」
 - 由過去的地震防災對策強化地區判定會，在「南海海溝沿岸地震之相關評估檢討會」中聚焦於東海地區進行研論。

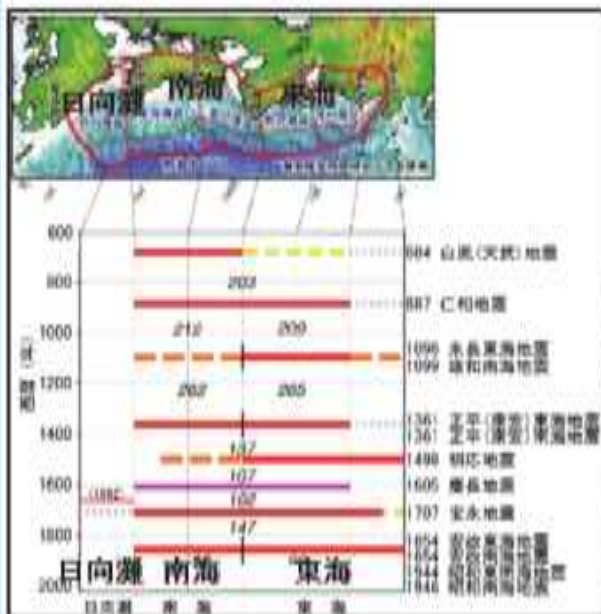


南海海溝地震相關資訊

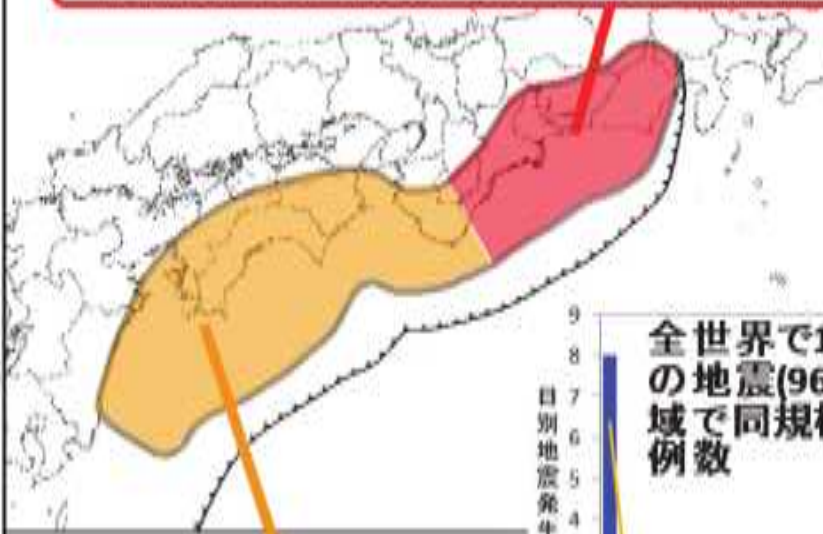
資訊名稱	資訊發布條件
南海海溝地震相關資訊(臨時)	<ul style="list-style-type: none">○南海海溝沿岸觀測到異常現象(※1)，針對該現象與南海海溝沿岸之大規模地震有無關聯性展開調查時，或持續該調查時。○針對觀測現象之調查結果，評估為南海海溝沿岸發生大規模地震之可能性較平常相對較高時。○評估南海海溝沿岸發生大規模地震的可能性從相對較高的狀態恢復到正常時。
南海海溝地震相關資訊(定期)	<ul style="list-style-type: none">○於「南海海溝沿岸地震之相關評估檢討會」之定期會議中，發表評估後之調查結果時。

※1: 推估南海海溝沿岸發生芮氏規模7以上之地震時，或設置於東海地區之應變計偵測出有意義之變化時等情況。

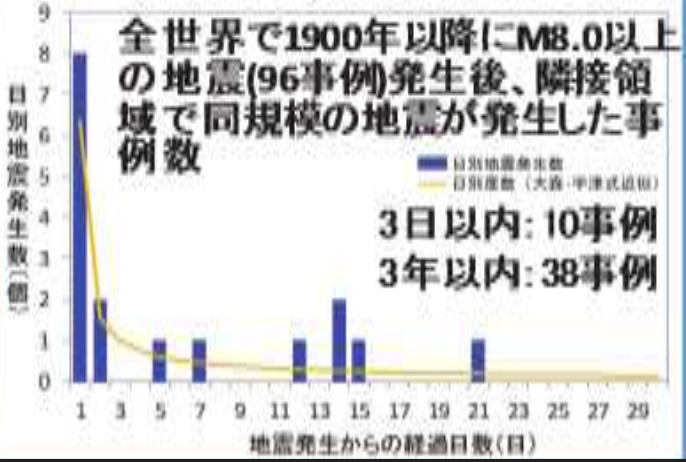
ケース1 南海トラフの東側だけで大規模地震が発生(西側が未破壊) ※ 直近2事例では、南海トラフの東側の領域で大規模地震が発生すると、西側の領域でも大規模地震が発生



南海トラフ東側で大規模地震(M8クラス)が発生



西側は連動するののか?



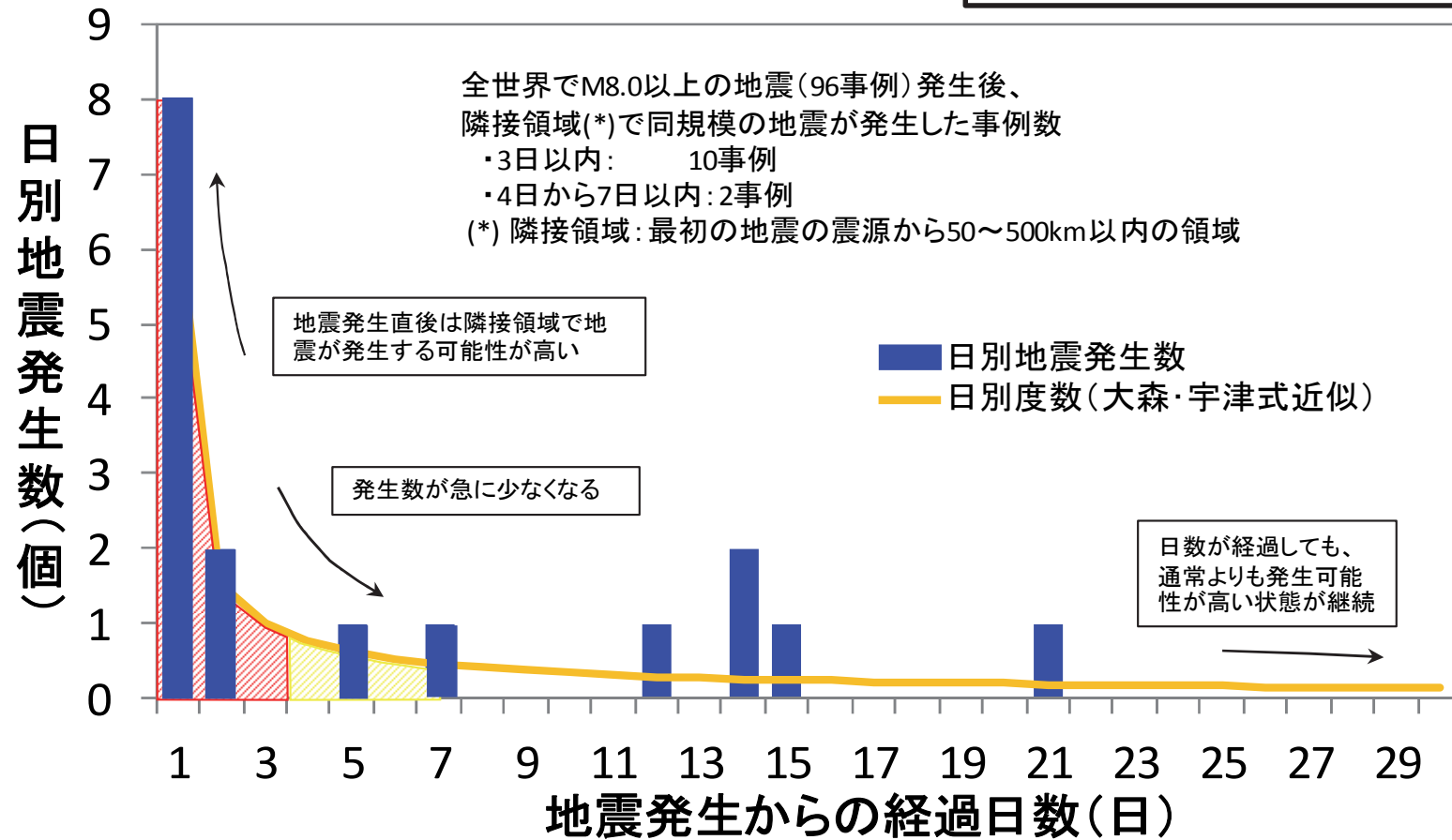
中央防災会議 防災対策実行會議
根據南海海溝沿岸之地震觀測・評估之
防災措施檢討工作小組 (2017)

大規模地震發生後再發生同等規模地震之可能性，以最初的地震發生2年內期間為基準時，每1天的相對發生機率在地震發生後3天左右為100倍以上，機率可謂非常高。



大規模地震発生後於相鄰區域發生同等規模地震之案例

中央防災會議 防災對策實行會議
根據南海海溝沿岸之地震觀測・評估之
防災措施檢討工作小組 (2017)



(出典: ISCGEMカタログ(1900~2013年)、USGSによる震源(2014年~2016年6月))

※日別度数: 大森・宇津式を用いて近似した関数を1日ごとに積算して求めた日別地震発生数



總結

- 阪神・淡路大震災之後成立「地震本部」
- 日本有世界最大的地震災害風險
- 日本有世界最先進的「地震調查研究」
- 震動・海嘯預測之高度化
- 活用現今之科學實力
- 社會全體一起做好防備

南海トラフ沿いで発生する典型的な異常な現象

ケース1 南海トラフの東側だけで大規模地震が発生(西側が未破壊) 最近の事例では、南海トラフの東側の領域で大規模地震が発生すると、西側の領域でも大規模地震が発生

南海トラフ東側で大規模地震(M7.5)が発生

西側は連動するの？

全世界で100年以内にM6.0以上の地震が4000回発生、南海トラフで同規模の地震が発生した事例数

- 2日以内: 19事例
- 3年以内: 10事例

ケース2 M8-9クラスの大規模地震と比べて一回り小さい規模(M7クラス)の地震が発生

南海トラフ沿いでは確認されていないが、世界全体では、M7.0以上の地震発生後に、さらに規模の大きな地震が同じ領域で発生した事例がある

南海トラフで地震(M7クラス)が発生

南海トラフの大規模地震の前震か？

全世界で100年以内にM7.0以上の地震が1000回発生、同じ領域で、M7.0以上の地震が発生した事例

- 7日以内: 24事例
- 3年以内: 10事例

ケース3 東北地方太平洋沖地震に先行して観測された現象と同様の現象を多種目観測

2011年東北地方太平洋沖地震に先行して観測された現象

地震活動関連

- 深部縁辺で静穏化
- 日本全国で静穏化
- 青森・岩手沖で静穏化
- 震源域全域で1年間静穏化
- 静穏化・活発化域の移動
- 地球潮汐との相関
- 大すべり域でも値低下
- 前震でさらにb値低下
- 2011年2月の前震活動
- 直前の前震活動

地殻変動関連

- 福島・茨城県沖で小繰り返し地震活発
- 本震のやや北側で小繰り返し地震活発
- 福島・茨城県深部で小繰り返し地震活発
- 本震震源と海溝軸の間で背景地震活発
- 福島県沖の長期SSE

電磁気関連

- 福島沖で地震後余効変動大
- 本震震源と海溝軸の間で短期SSE・微動

地下水関連

- 前震の余効すべりが南に拡大
- 電離圏全電子数の増加
- 電離圏関連の異常
- 地下水の異常

ケース4 東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが発生

※ 東海地域では、現在気象庁が常時監視

ひずみの変化

ひずみ計による(変化を)観測

跳ね上がり(地震発生)

前兆すべり

強くくっついている境界

ひずみの変化

シミュレーションでは、地震発生前にゆっくりすべりを伴う場合、伴わない場合等、大地震発生に至る多様性が示されている。

中央防災会議 防災対策実行会議
 根據南海海溝沿岸之地震観測・評価之
 防災措施検討工作小組 (2017)