

防災科学技術研究所における 地球観測の取組について

- 【陸域】高感度地震観測網 : Hi-net
- 【陸域】全国強震観測網 : K-NET
- 【陸域】基盤強震観測網 : KiK-net
- 【陸域】広帯域地震観測網 : F-net
- 【火山】基盤的火山観測網 : V-net
- 【海域】日本海溝海底地震津波観測網 : S-net
- 【海域】地震・津波観測監視システム : DONET

Monitoring of
Waves on Land and Seafloor

MOWLAS

阪神・淡路大震災（平成7年）を契機に、地震防災対策特別措置法が施行。地震による災害の軽減に資する地震調査研究の推進を目的として、地震調査研究推進本部が発足。

そのもと制定された基盤的調査観測計画の一環として、防災科学技術研究所は、地震観測を担当。

目的: 地震による被害の軽減及び地震現象の解明

- 長期的な地震発生の可能性の評価
- 地殻活動の現状把握・評価
- 地震動や津波予測の高度化
- 地震に関する情報の早期伝達

特徴: 全国均一な観測網であること

科学技術・学術審議会測地学分科会地震火山部会において重点的に観測すべき25火山が選定された。防災科研は、そのうち15火山と小笠原硫黄島の16火山に合計55観測点を整備し、火山観測を行っている。



防災科学技術研究所

- Hi-net/KiK-net
- K-NET
- F-net
- S-net
- ◆ DONET
- ◇ 水圧計（相模湾）
- ▲ V-net

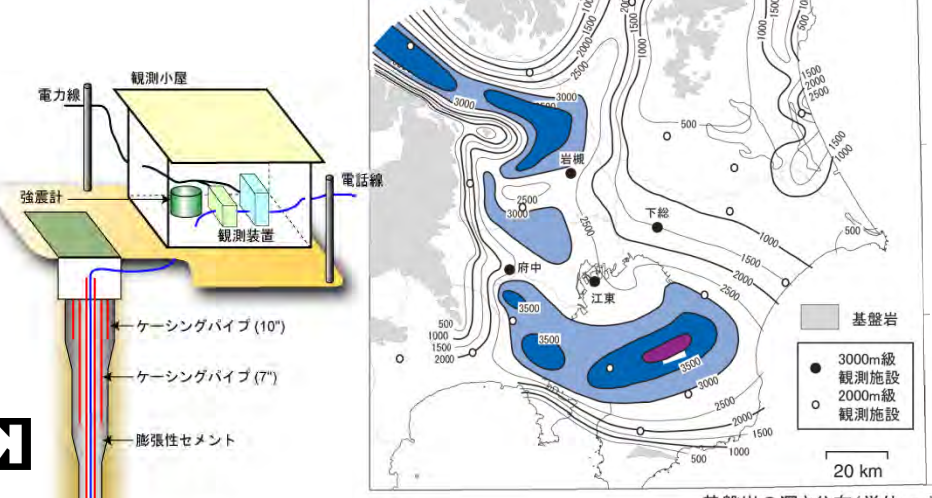


- 高感度地震観測網 (Hi-net)
観測点間隔 約20 km (約800 観測点) **Hi-net NIED**
- 広帯域地震観測網 (F-net)
観測点間隔 100 km (73 観測点) **F-net NIED**
- 強震観測網 (K-NET&KiK-net)
観測点間隔 20 km (約1000+700 観測点) **K-NET NIED Japan KiK**
- ▲ 火山観測網 (V-net)

高感度地震観測網（Hi-net） **Hi-net NIED**



水平距離約20km間隔の三角網。
 内陸地震の震源と発震機構の決定精度を高めるとともに、破壊した断層の把握に資する。その地域に発生する地震の最大規模の評価に資する内陸地震の発生する深さの限界の把握。



強震観測網（K-NET & KiK-net） **K-NET NIED Japan KiK**

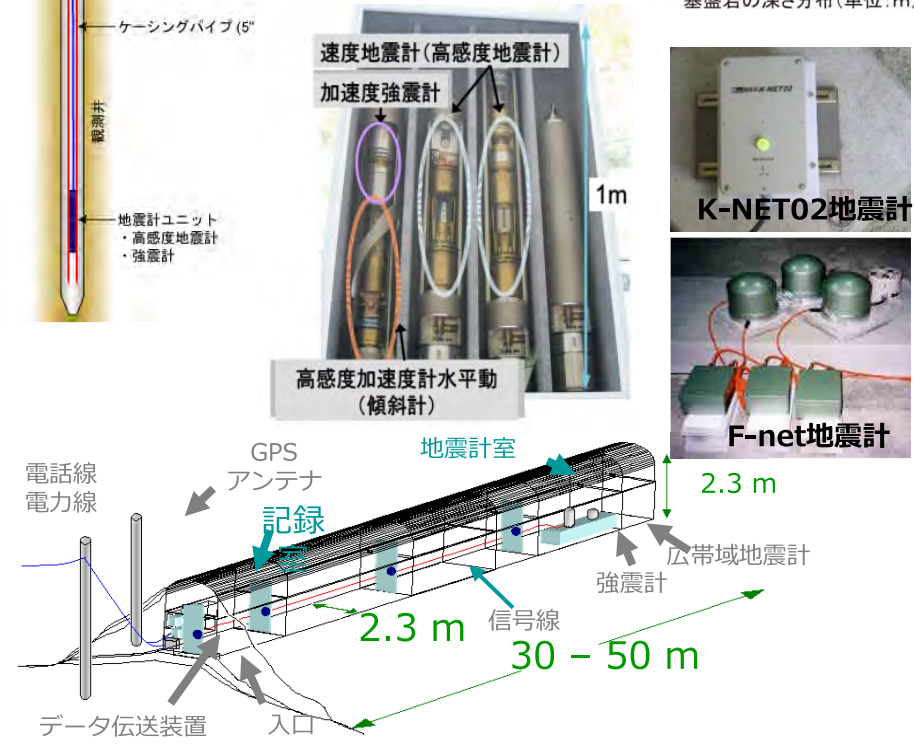


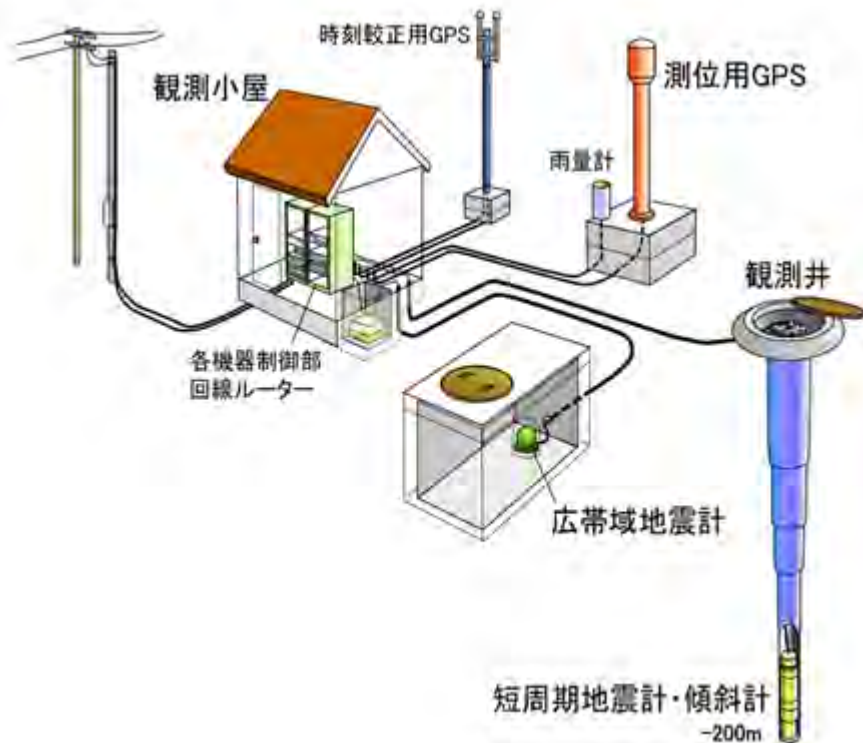
水平距離約20km間隔の三角網。
 地震動の強さ、強い地震動の周期及び継続時間と空間分布の把握、震源域の詳細な破壊過程の解明に資する。また、表層の構造が地震動に及ぼす影響を明らかにして、強い地震動の予測に寄与する。また、強い地震動を即時に把握して防災活動を有効に展開する。

広帯域地震観測網（F-net） **F-net NIED**



水平距離約100km間隔の三角網。
 小地震（M3クラス）以上の地震の発震機構や震源過程の解明に資する。震源の複雑さ、多様性の系統的な把握、プレートや地殻構造の解明等に資するほか、津波地震の検知と解明に資する。





GPS

火山内部のマグマがどのくらい膨張しているかを推定するため、火山の地表の動き(地殻変動)を測定する装置。

傾斜計

マグマの上昇量の推定するため、マグマの上昇による火山本体の傾きを測定する装置。

高感度地震計

マグマが移動時に周辺岩盤を破壊することにより発生する微小地震を検知する装置。検知した微小地震は、マグマの移動場所の推定に活用。

広帯域地震計

噴火活動の推移や噴火の規模を推定するため、噴火による長周期の振動を検出するための装置。

S-net: 日本海溝海底地震津波観測網: 世界初の多点(150観測点)

陸域と同程度の稠密リアルタイム海底観測網

- ・日本海溝を関東から北海道までカバー
- ・全長約5500kmの海底ケーブル
- ・東西方向に30km間隔南北方向に50-60km間隔
- ・マグニチュード7~7.5クラスの地震の震源域相当の面積に少なくとも1つの観測点を配置

期待される成果

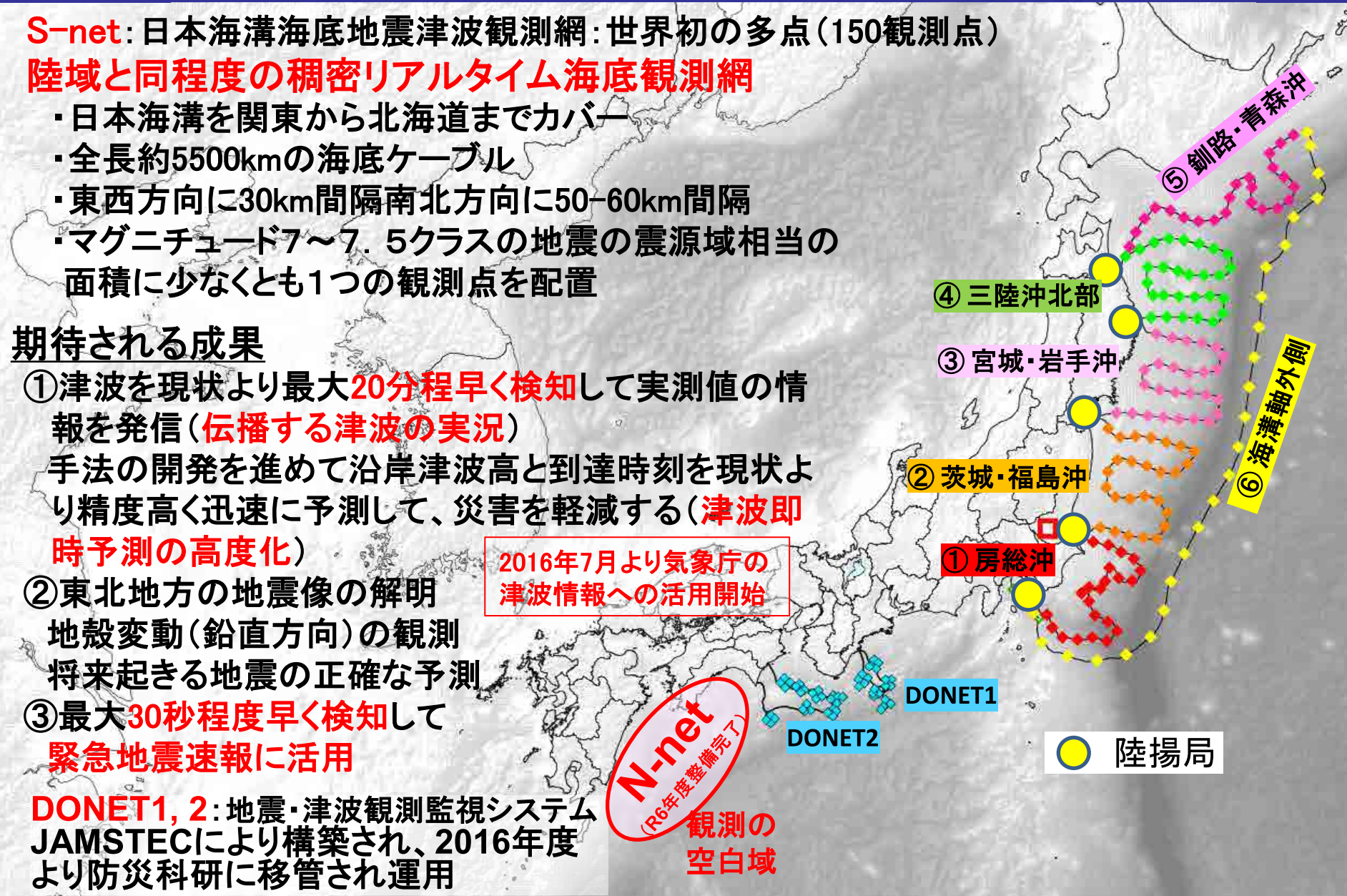
- ①津波を現状より最大**20分程早く検知**して実測値の情報を発信(**伝播する津波の実況**)
手法の開発を進めて沿岸津波高と到達時刻を現状より精度高く迅速に予測して、災害を軽減する(**津波即時予測の高度化**)
- ②東北地方の地震像の解明
地殻変動(鉛直方向)の観測
将来起きる地震の正確な予測
- ③最大**30秒程度早く検知**して緊急地震速報に活用

2016年7月より気象庁の津波情報への活用開始

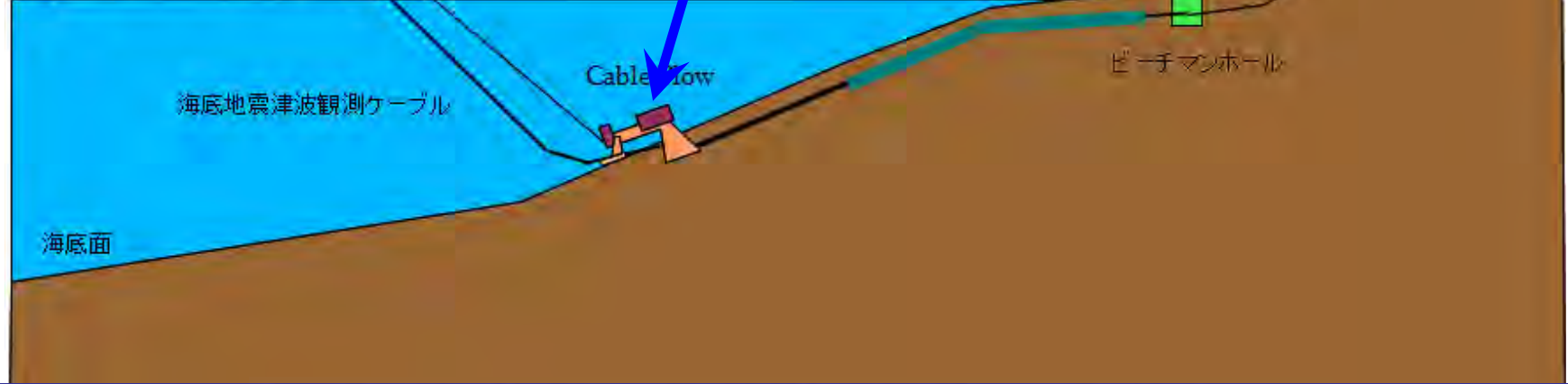
DONET1, 2: 地震・津波観測監視システム
JAMSTECにより構築され、2016年度より防災科研に移管され運用

N-net
(R6年度整備完了)

観測の空白域



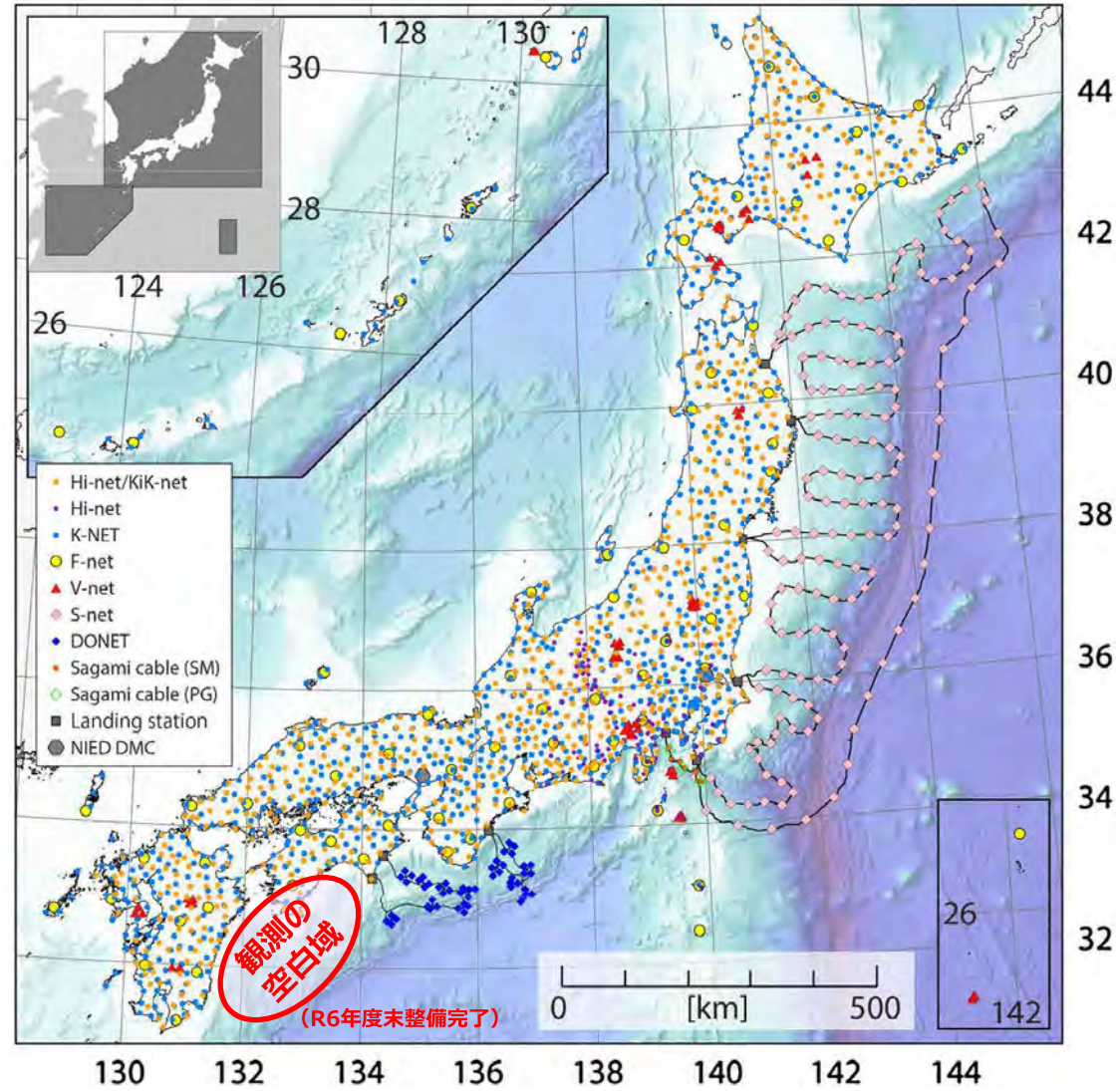
地震津波観測ケーブルの敷設 (S-net)





地震津波火山
ネットワークセンター

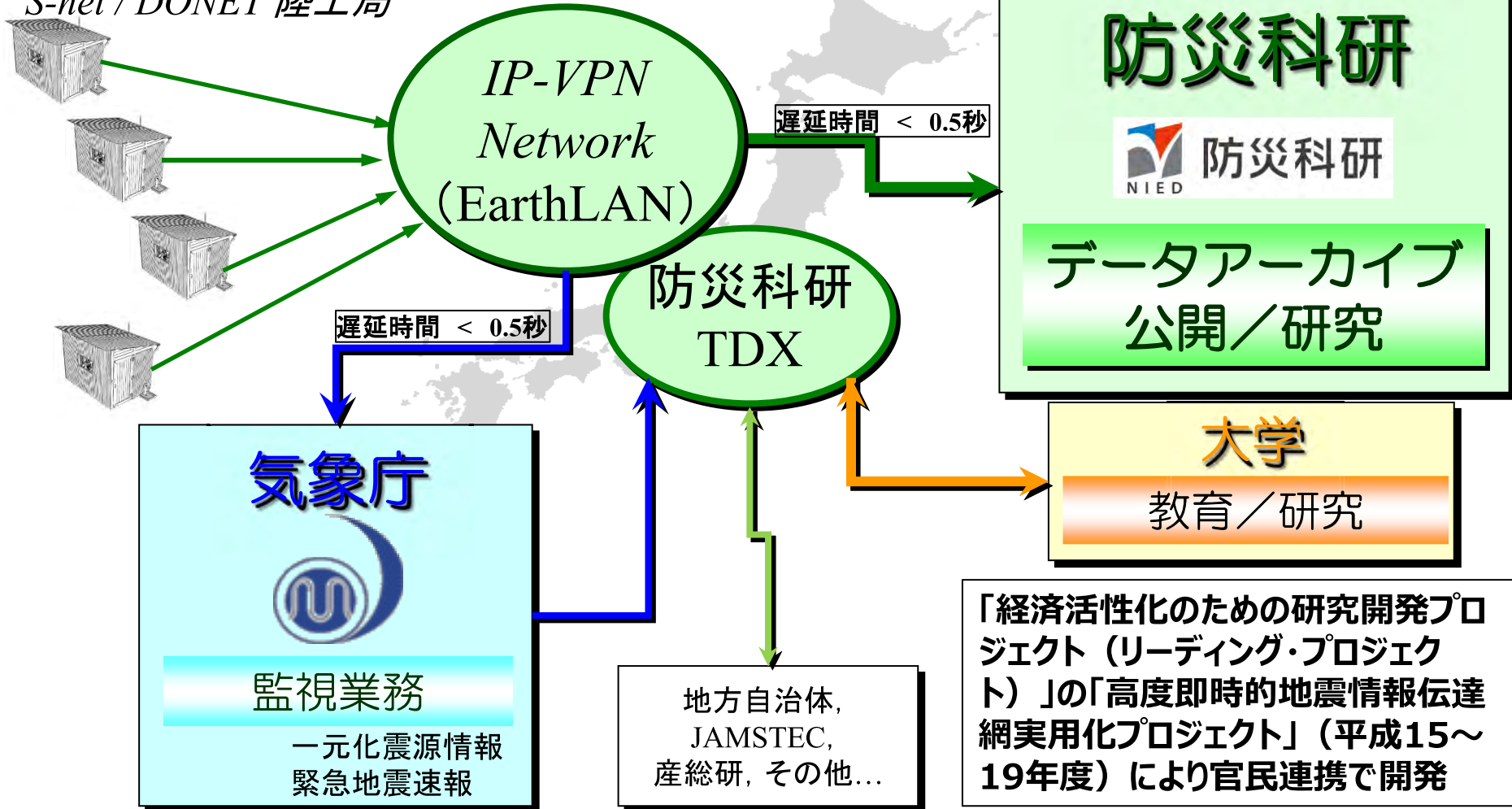
- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|-------------------|-----------|
| Hi-net | F-net | K-NET
KiK-net | S-net
DONET | V-net |
| 高感度
地震
観測網 | 広帯域
地震
観測網 | 強震
観測網 | 海底
地震津波
観測網 | 火山
観測網 |



地震観測データはリアルタイムで防災科研に伝送されるほか(遅延時間0.5秒以内)、気象庁・大学等関係機関ともリアルタイム相互流通が行われている。



Hi-net / F-net 観測点
S-net / DONET 陸上局



【概要】全国に整備した2100以上の観測点の稼働状況を常時把握し、各観測網とも稼働率の数値目標95%以上の安定運用を維持している。これにより気象庁一元化震源に使用された観測点数は約6割を維持している。

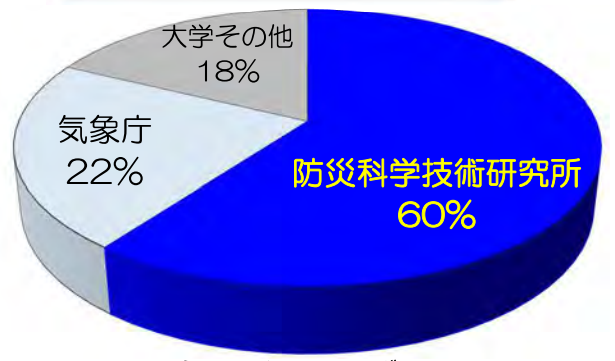
観測網の安定運用



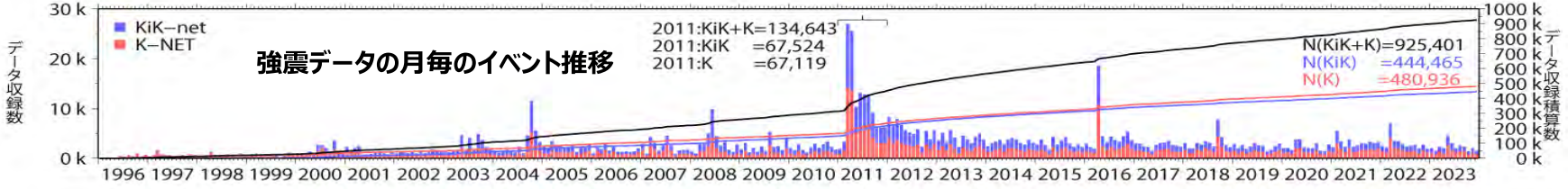
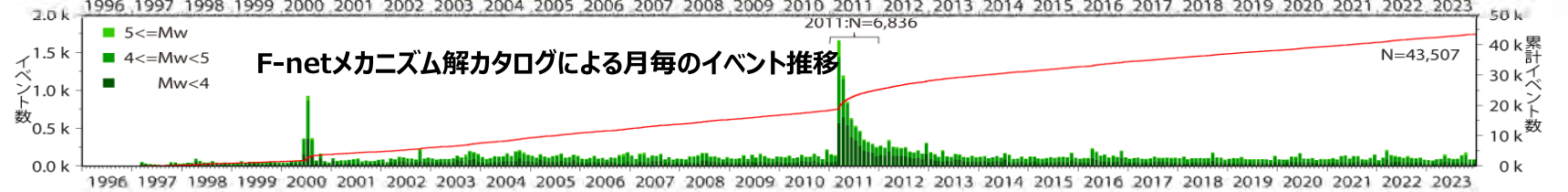
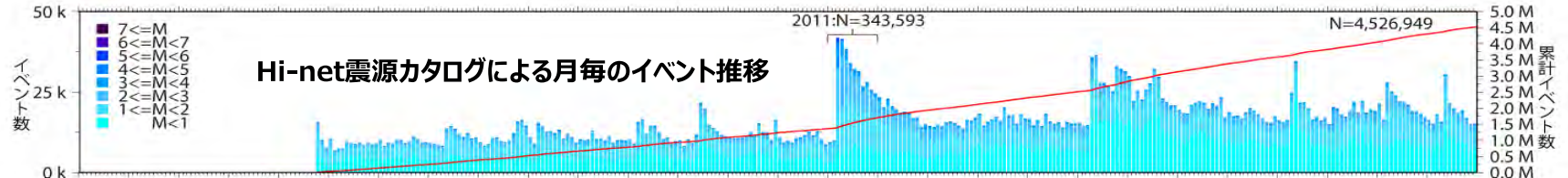
2023年4月～2024年3月
Hi-net: 99.0%
F-net: 98.2%
K-NET: 98.1%
KiK-net: 97.0%

*数値目標: 95%以上を達成

一元化震源カタログへの貢献



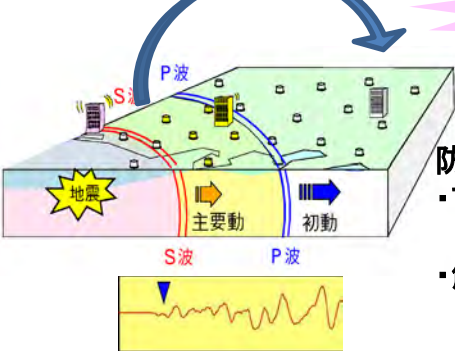
2023年の一元化震源カタログへの貢献



1. 緊急地震速報・津波警報

防災科学技術研究所が設置した全国800ヶ所の高感度地震計によるデータを有効活用し、即時震源推定手法を開発(平成12年~18年)

主要動の到達前に揺れの情報を伝達

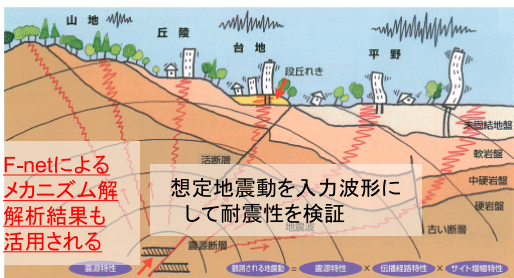


緊急地震速報の配信開始
(平成19年10月~)

防災科研の貢献
 ・アルゴリズムを気象庁等と共同で開発・技術移転
 ・解析に必要なデータの8割を提供

3. 地震工学の進展による減災への貢献

建設地点における強震動予測と建物への有効入力地震動の評価に活用
 設計用入力地震動”サイト波”の策定等に貢献



構造計算による設計段階での検証



K-NET/KiK-netの観測波形データが活用される

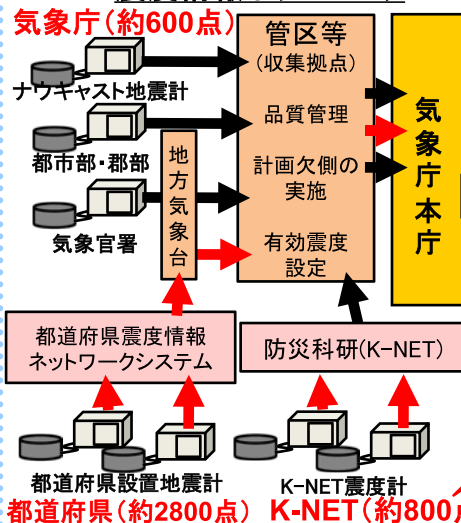


東京スカイツリーの耐震設計に使用
 想定南関東地震
 想定東海地震
 想定直下型地震、等

高さ60m超の建築物は計算による安全性の検証が必要。
 (検証用地震動は平成12年建設省告示1461号に規定)
 東京スカイツリー的设计では、建設地の地盤特性、想定地震を考慮した設計用入力地震動が利用されている。

2. 震度情報発信への貢献

震度情報ネットワーク



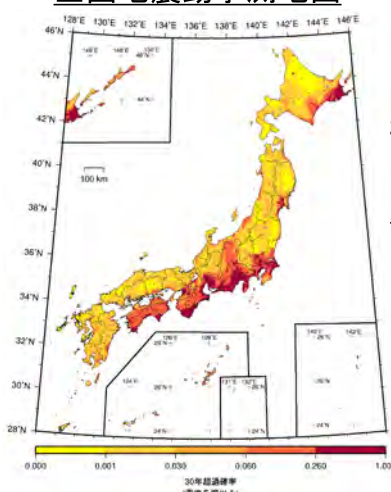
震度情報の発表

阪神淡路大震災では最も被害の大きかった“震災の帯”の震度情報が即時的に取得できなかった。→現在では全国の震度情報が地震発生後数分以内に気象庁で集計される体制が確立(初動体制の強化)

全国の震度計の2割を占める

4. 地震・津波ハザード評価への貢献

全国地震動予測地図

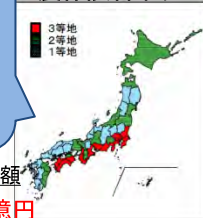


非常に稠密な地震計の配置により

1. 日本全国の詳細な地震活動の把握が可能になり、過去に起きた大きな被害地震との比較から発生確率が評価できるようになった。
 2. 全国の地盤の「揺れやすさ」の特性の情報が得られるようになり、「どこが」「どれくらい」大きく揺れるかがわかった。
- 確率論的地震動予測地図の作成に貢献

地域防災計画の策定や地震保険の料率算定等に活用されている。

地震保険料率ランク

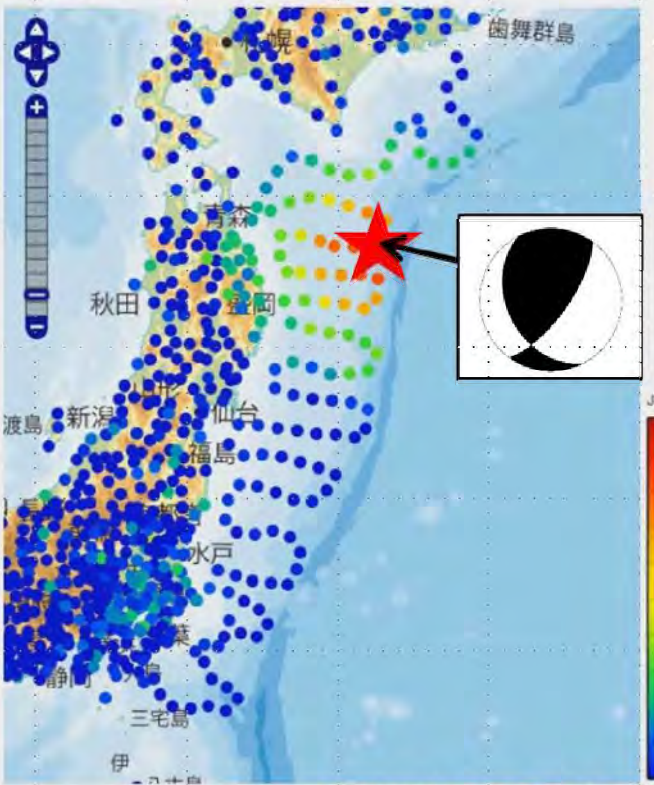


東日本大震災の支払件数・総額
 約72万件, 約1兆1800億円

S-netでは、陸域の観測網より約**22秒早く**地震動を捉えている。

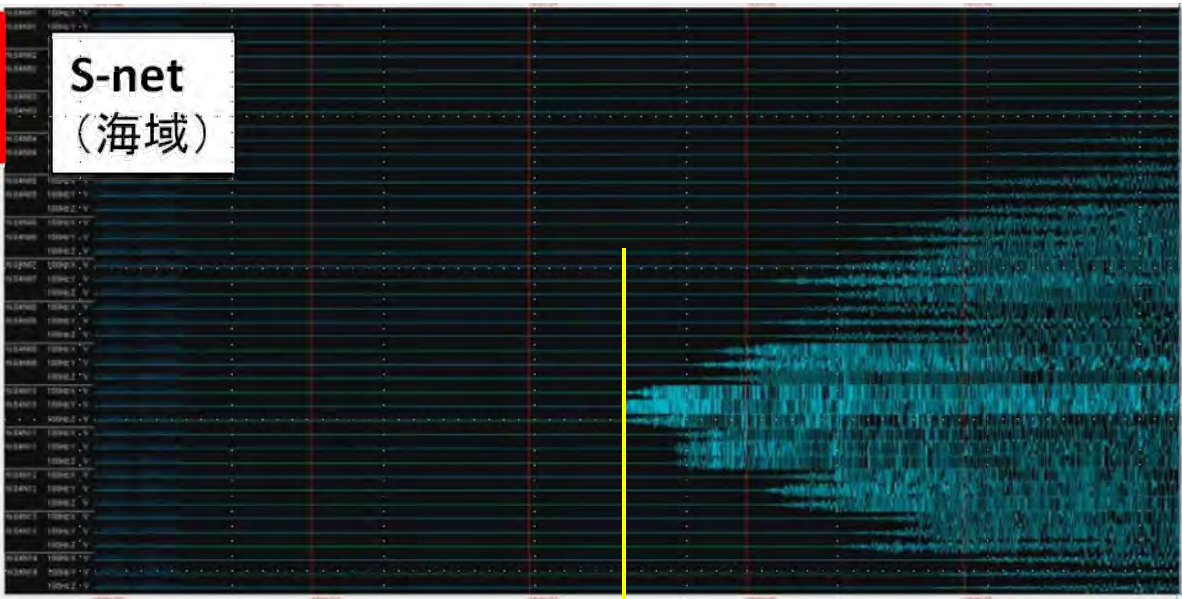
2016年8月20日 18:01:23の
三陸沖の地震 (M_{JMA}6.4)

地震モニタ

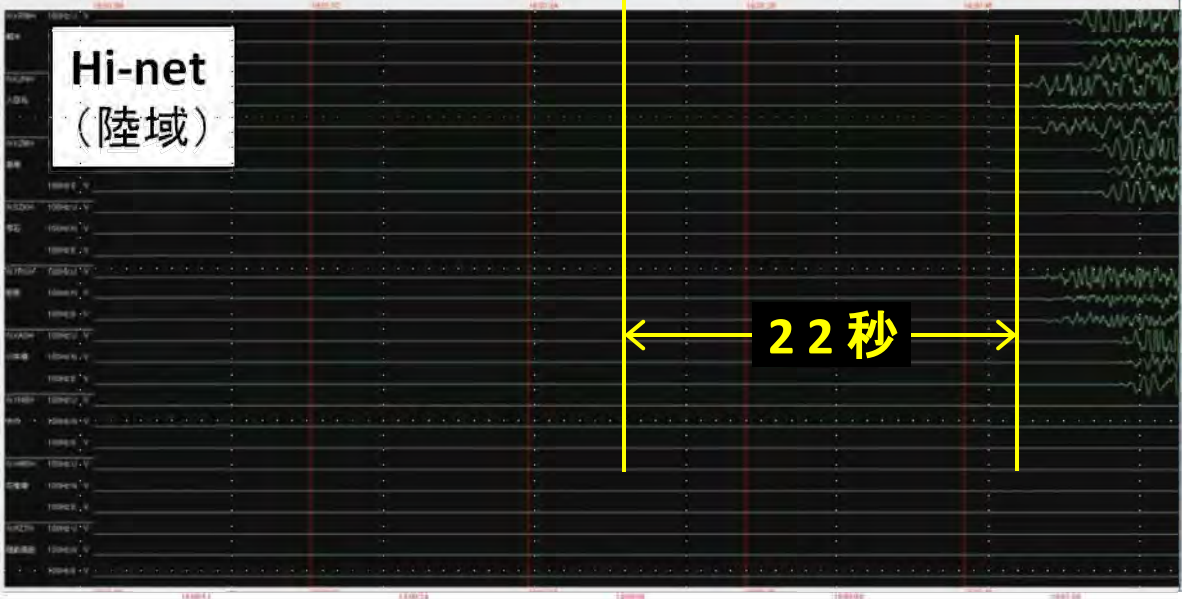


2016/08/20 18:02:00

S-net
(海域)



Hi-net
(陸域)





2017年12月にJR四国と、2019年4月に鉄道総研と強震観測網(K-NET)の地震計データの配信に関する協力協定を締結

2017年10月にJR東日本、東海、西日本と海底観測網(S-net、DONET)の地震計データの配信に関する協力協定を締結

JR四国

地震時の運転規制にK-NET観測データを活用

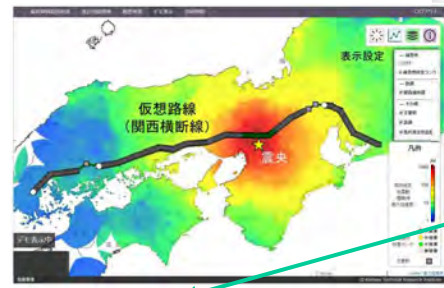
K-NET地震計データを用いて揺れの分布を補完(手入力)

2018年2月より地震発生時に強震動指標を集約して自動配信を開始



鉄道総研

2019年8月より地震時にK-NET観測データを活用して被害推定するシステム(DISER)を運用開始し鉄道会社に情報を配信



JR東日本

2017年11月にS1を新幹線(東京～福島・熊谷)の制御に活用開始、2019年1月よりS2～S5も活用を開始して対象範囲を東北全体に拡大

震源域直上の観測データの活用により、これまでより最大10～30秒早く地震を検知し、列車の緊急停止が可能に



写真提供: JR東日本

送電停止・緊急のブレーキ

緊急地震速報(気象庁)

海岸・内陸部地震計

沿線地震計

検知情報を送信

地震波

変電所



これまでは陸上の“前線”で地震を検知して緊急停止していた

JR西日本

2019年4月から山陽新幹線の制御に活用開始

JR東海

2019年4月から東海道新幹線及び在来線の制御に活用開始

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

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

観測の空白域
N-net
(R6年度末整備完了)

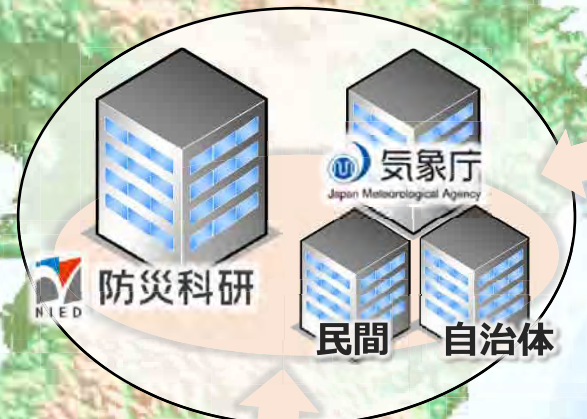
地震・津波観測監視システム (DONET) : ノード方式

- ・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



- システム概要
- ・36観測点
 - ・2システム
 - ・2陸上局

- ・観測点の空間的均質性確保
- ・拡張用分岐装置（BU）：4箇所
- ・水平ドリリングによる陸揚げ：2箇所



沿岸システム（R6年度敷設）

沖合システム（R5年度敷設）

地震・津波データ



分岐装置
・
終端装置





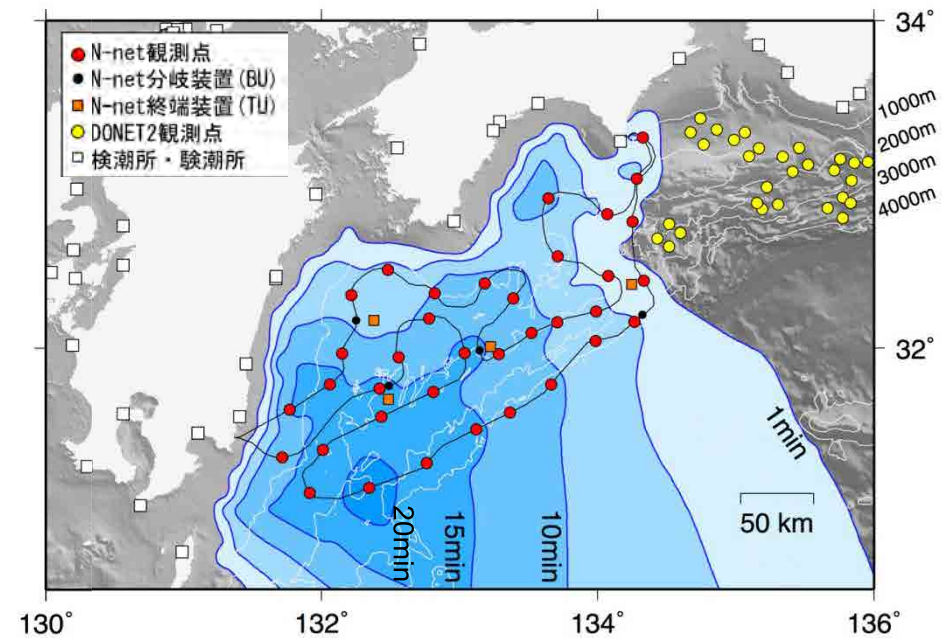
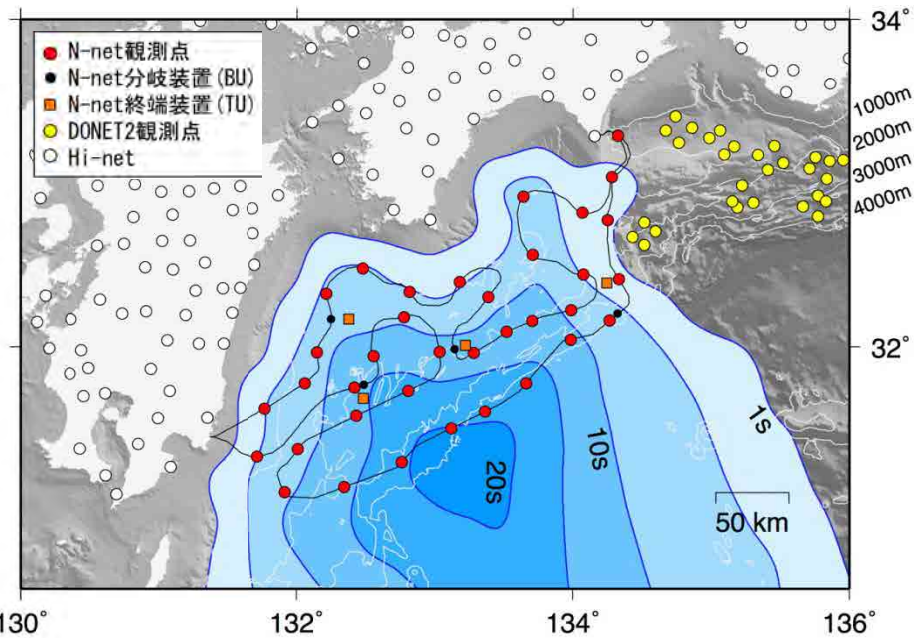
- ・N-netの整備により地震波と津波を検知するまでの時間を短縮します
 - ・将来的には津波警報や緊急地震速報と連携して、情報発信をします
- 地震や津波から身を守るための時間が長くなります

地震動

最大20秒程度早く検知します

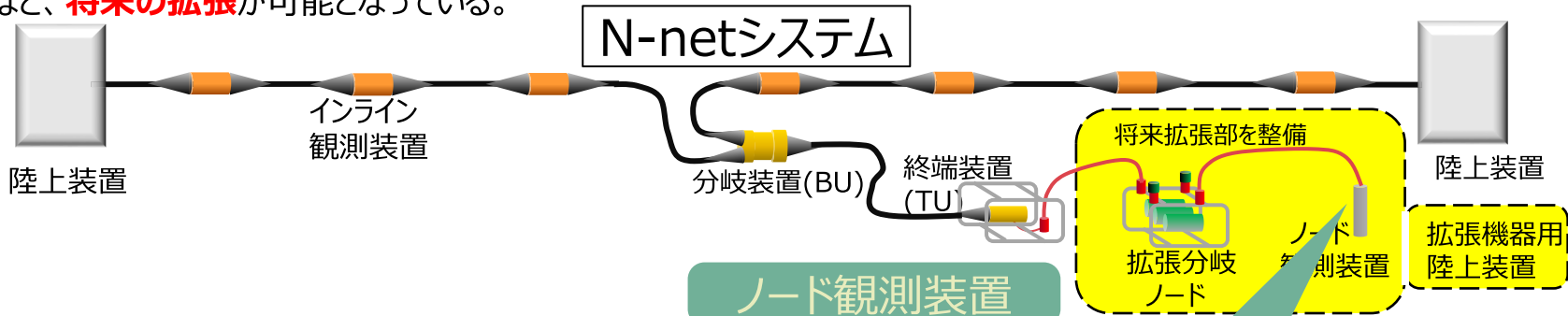
津波

最大20分程度早く検知します



注: 暫定値ですので今後の検討により修正される可能性があります。

インラインシステムをベースに分岐装置(BU)を組み込む**ハイブリッドシステム**を世界で初めて開発することで**広域に均質**な観測を可能とすると共に、ノード観測装置の増設を可能とする**拡張性**を確保する。これにより**海域地震津波観測のプラットフォーム**が提供可能となり、これまでは困難であった海底地殻変動観測をはじめとする、**イノベティブ**な**観測装置の開発**や、その**実装**など、**将来の拡張**が可能となっている。

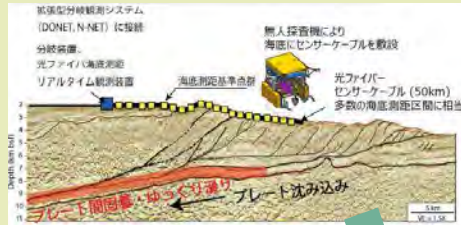


ノード観測装置

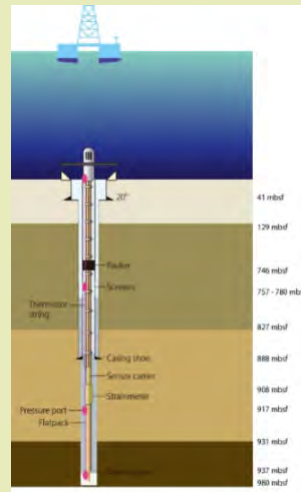
広帯域地震計、DAS技術、海底面測距、傾斜計、ひずみ計、間隙水圧計、等

巨大地震を引き起こすプレートの動きをリアルタイムモニタリング

沈み込み帯に発生するスロー地震解明の研究

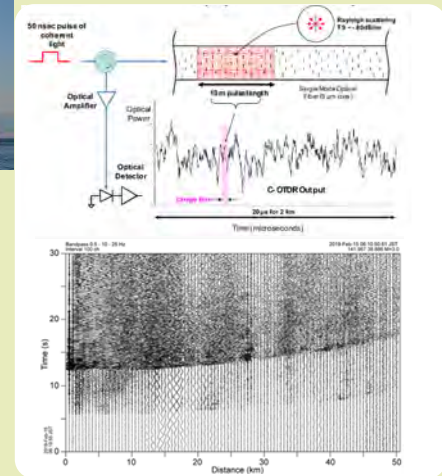


光ファイバによる海底面測距技術



ちきゅう大深度掘削孔による長期孔内計測

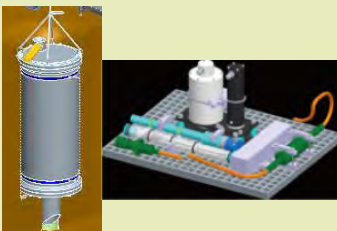
次世代技術の超稠密地震観測



光ファイバによるDistributed Acoustic Sensing (DAS) 技術活用



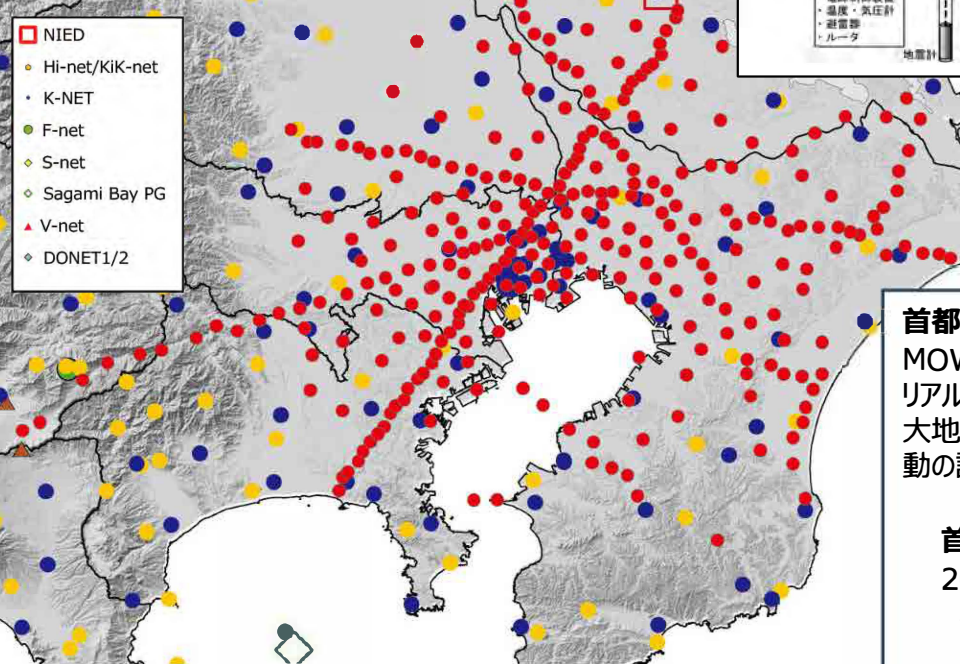
光干渉式傾斜計 海底孔内計測



広帯域地震計による長周期地震動観測

2007年度に文科省「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」により東大地震研等が構築を開始
 →2017年度から防災科研が全国の地震観測網と一体運用を開始

<観測網の特徴>
 首都圏を約2-10km間隔でカバーする地震観測網 (約300点)

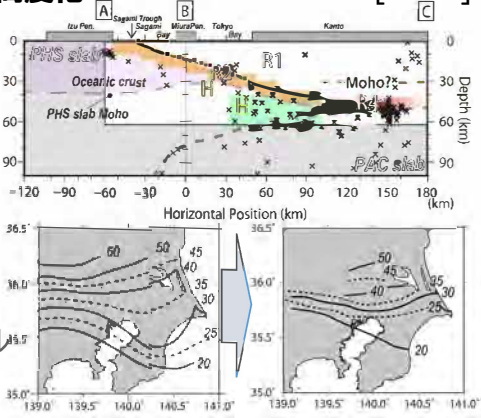


地下20mに地震計を設置することで、首都圏における活発な人間活動による人工ノイズを低減



首都圏下のプレート構造モデルの高度化 Ishise et al. [2021]

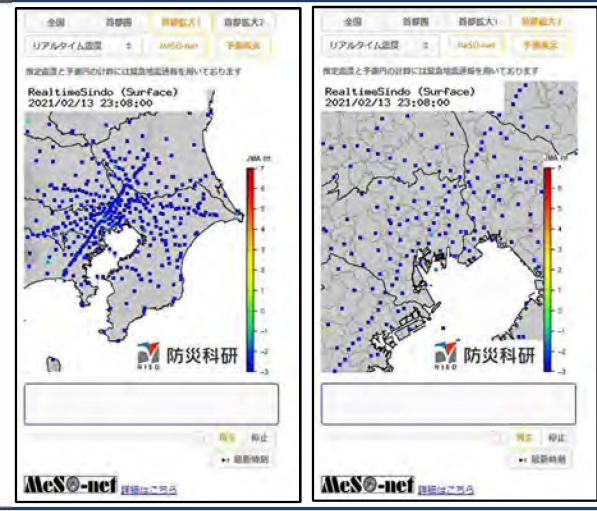
MeSO-netの高密度データを活用し、首都圏下に沈み込む海洋プレートのモデルを高度化
 フィリピン海プレート上面が既往モデルより5~10km浅いことを解明



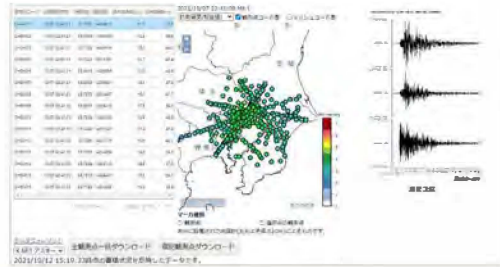
- 首都圏下の地震発生場の理解
- 将来の大地震の想定震源モデルの改善へ

首都圏における強震動把握
 MOWLASデータにさらに高密度のリアルタイムデータを統合することで、大地震時の首都圏における強震動の詳細な把握が可能に

首都圏版強震モニタ →
 2021年2月13日
 福島県沖の地震 (M7.3)



観測データの公開
 防災科研への移管前も含めた全データを、MOWLASと同様に誰もが利用できる形でweb公開



生きる、を支える科学技術
SCIENCE FOR RESILIENCE



防災科研