

# DONETの実績を踏まえた次期 ケーブル式海底地震・津波観測シ ステムについて

# 事務局からの依頼事項

- DONETの実績、概要など
- 現行の課題
- 南海トラフの西側に整備するにあたっての留意点や実現したいこと等
- 次期システムの提案
  - 調査観測計画部会の報告書の記載について可能な限り対応できる提案
- その他、次期システムに見込まれるコスト(整備面・運用面)

# DONET開発コンセプト

**高信頼性**：20年程度の定常連続観測を実現可能なシステムデザインの導入

**冗長構成**：地震に伴う地殻変動や乱泥流、海域での人的な活動等による外的要因の障害、もしくは想定外の内因による部分的な障害の発生に対して耐力のあるシステムデザインの導入、システムの調整、改修、機能向上についても有効

**置換機能**：障害を起こしたり老朽化したコンポーネントについて適宜、交換・整備・アップグレード等が可能なシステムデザインの導入

# 地震・津波観測監視システム(DONET)概要

海溝型地震震源域におけるリアルタイムモニタリングシステム

Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis: DONET

## ①地震津波の早期検知・評価

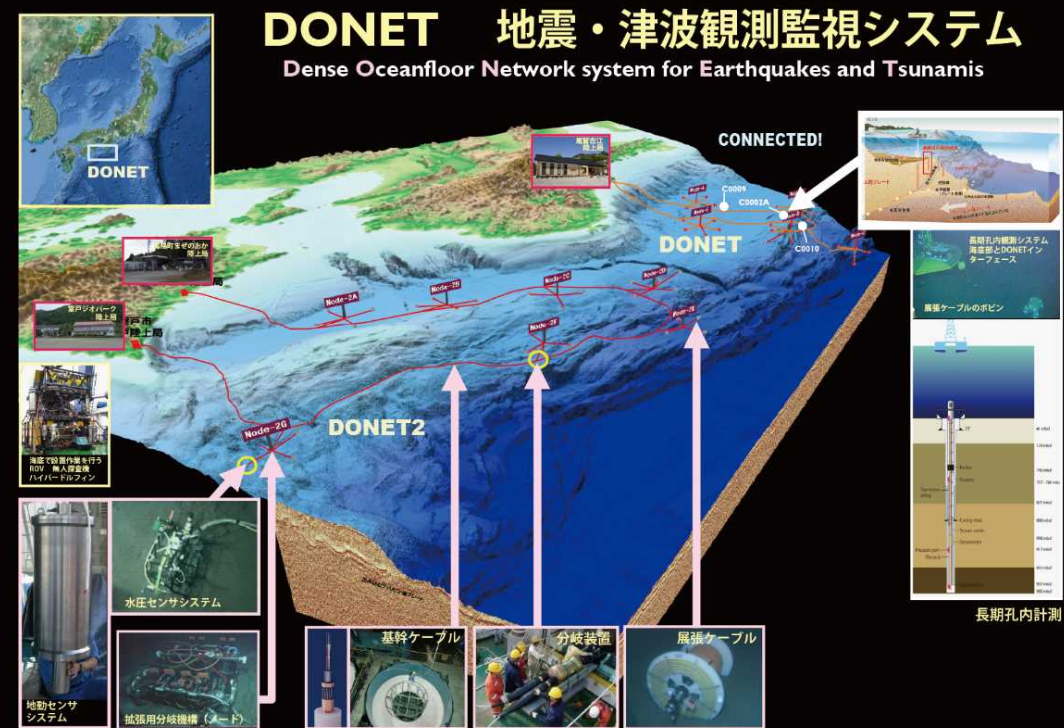
いち早く地震・津波をキャッチし、緊急地震速報・津波警報の高度化に貢献。

## ②地震発生予測モデルの高精度化

震源域の常時観測データを用いて、南海トラフ巨大地震発生予測の高精度化を図る。

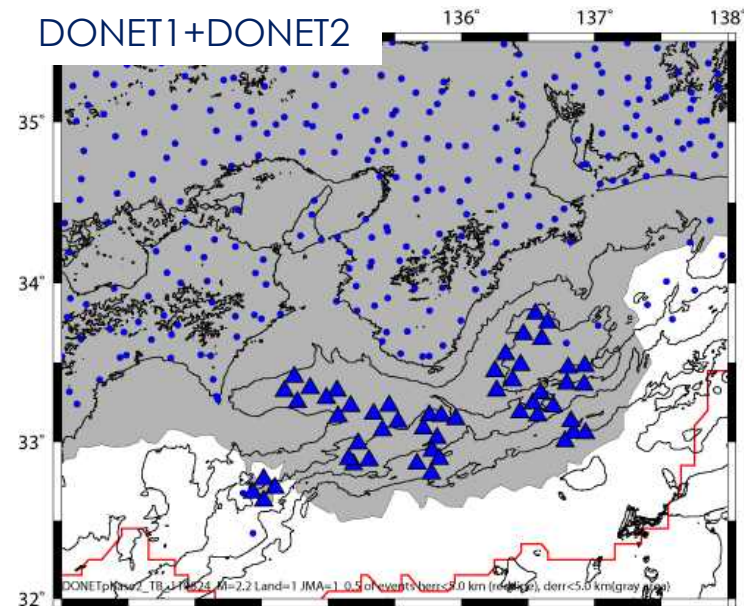
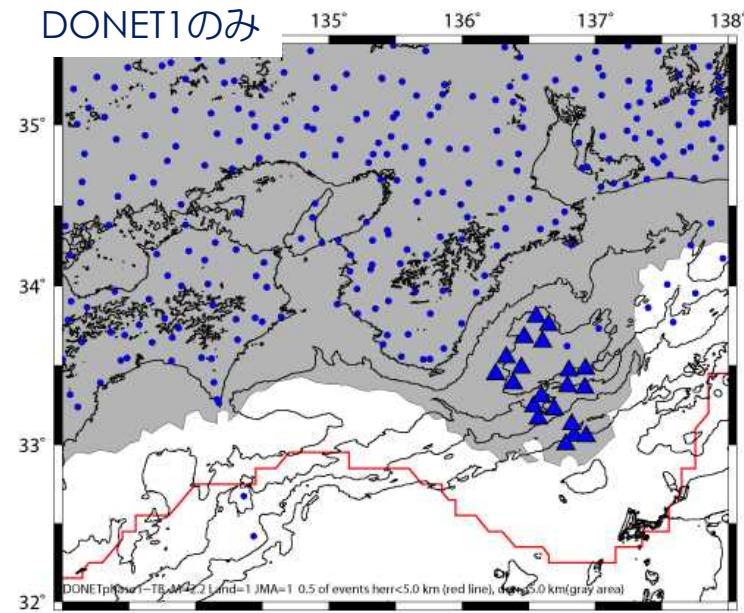
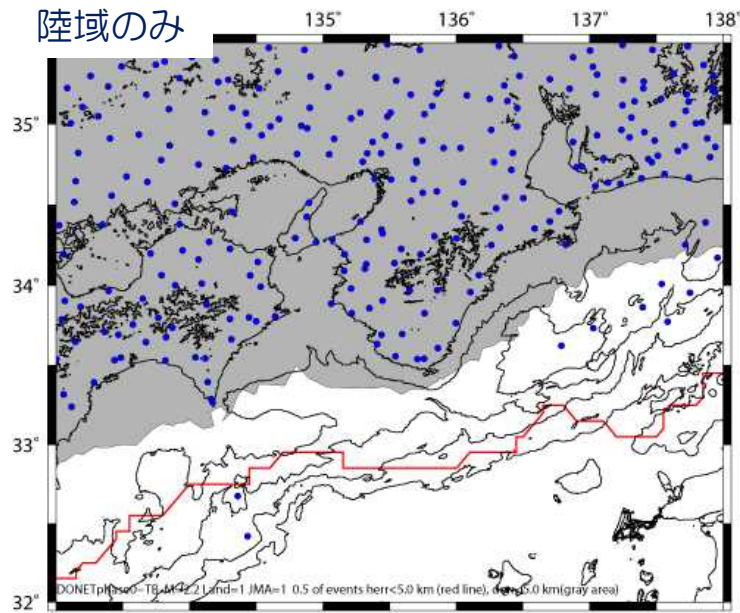
## ③最先端の海底観測技術の開発

世界初の高精度で高密度な観測を実施。また、冗長性を持ったケーブル展開、拡張機能を持った分岐装置等の先進技術を装備。



DONET は51ヶ所の観測点、ケーブル総延長約700kmから構成されるリアルタイムネットワーク。

# 海域観測点の拡充に伴う震源決定精度の向上

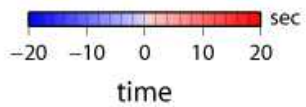
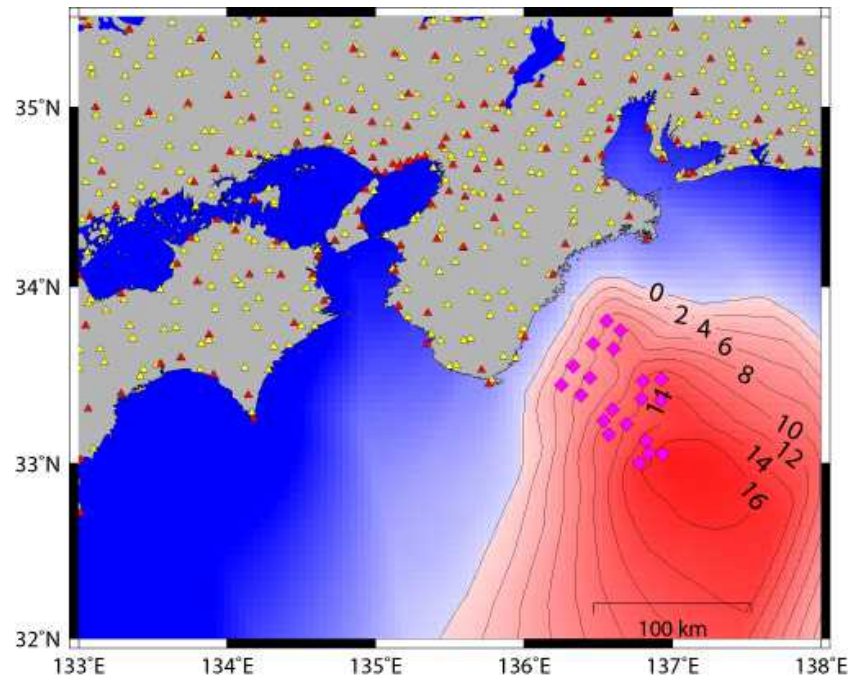


赤線：プレート境界面上で発生した地震の震源を水平方向5 km以内の精度で決定できる範囲  
 灰色領域：水平、鉛直ともに5 km以内の精度で決定できる領域

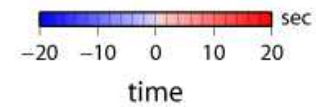
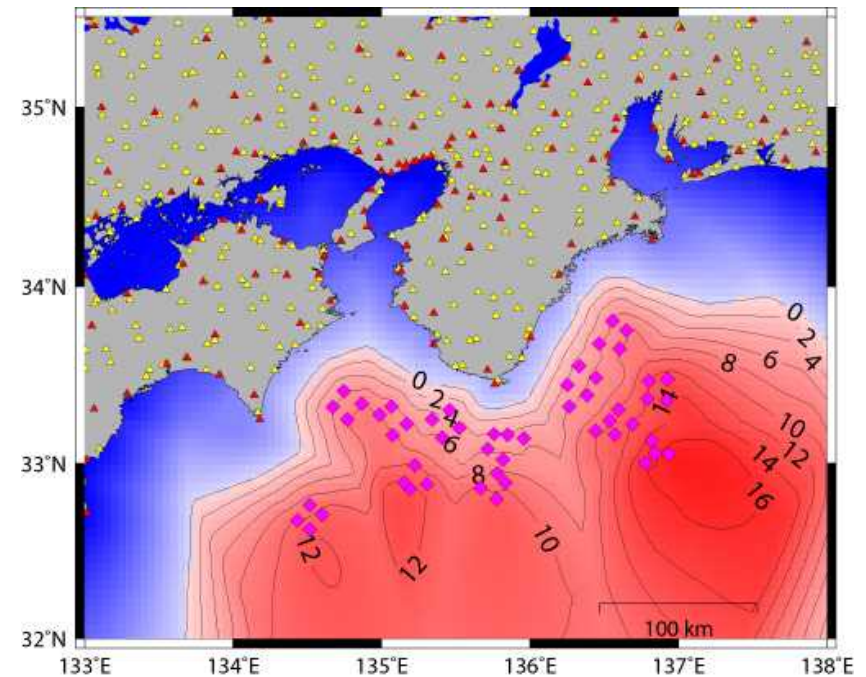
# 海域観測点の拡充に伴うP波検知の迅速化

赤色の領域で地震が発生した場合、陸域観測網よりも早くP波を検知する

DONET1のみ



DONET1+DONET2

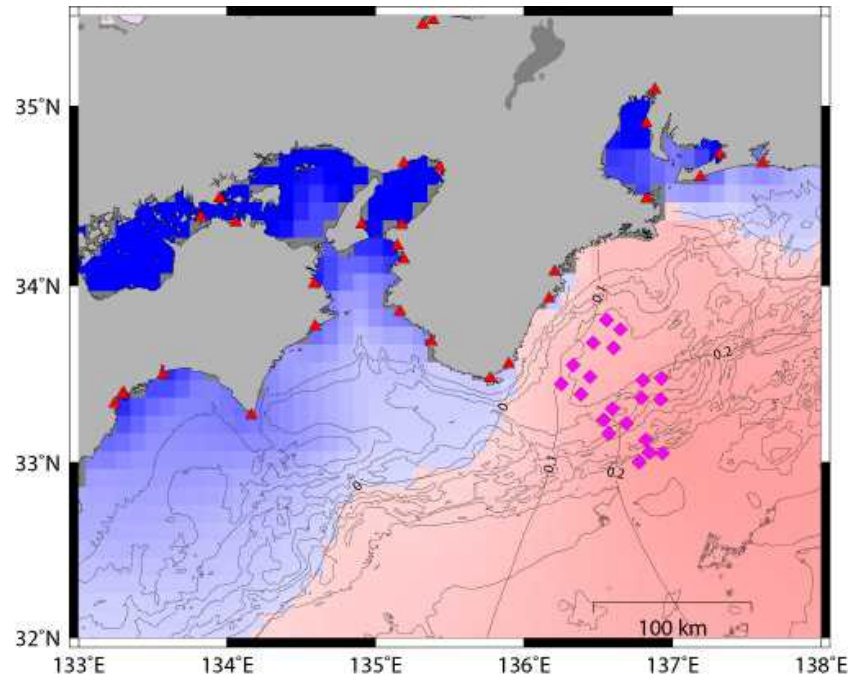


- ▲ 気象庁地震観測点（または験潮所）
- HiNET観測点
- ◆ 海底観測点

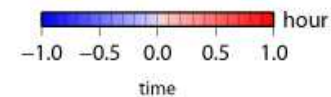
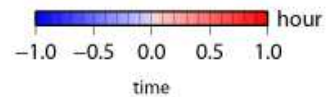
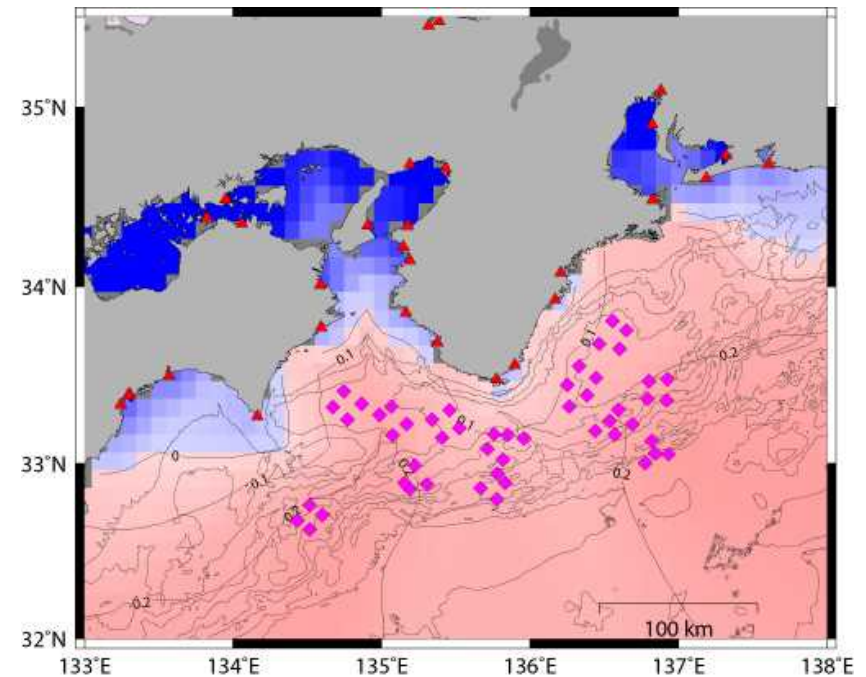
# 海域観測点の拡充に伴う津波の早期検知能力の向上

赤色の領域で津波が発生した場合、沿岸の検潮所よりも早く津波を検知する

DONET1のみ



DONET1+DONET2

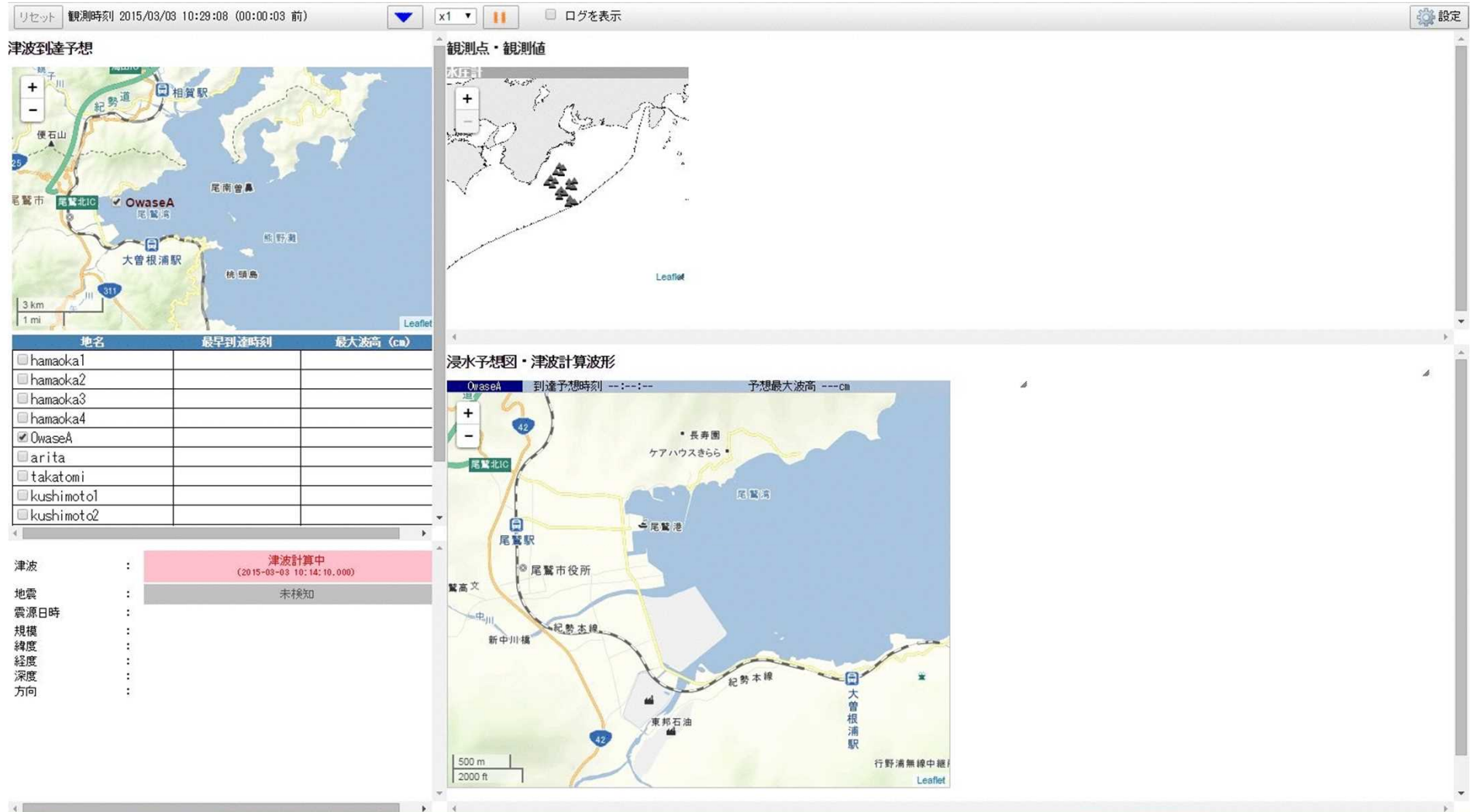


- ▲ 気象庁地震観測点（または験潮所）
- HiNET観測点
- ◆ 海底観測点

## DONETデータを用いた即時津波予測

## 1944東南海地震（Baba et al., 2005）の震源モデルを入れたケース

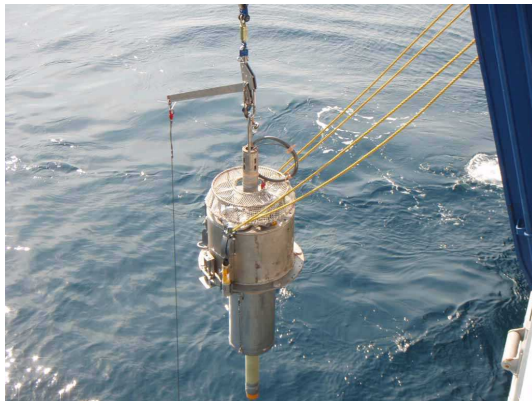
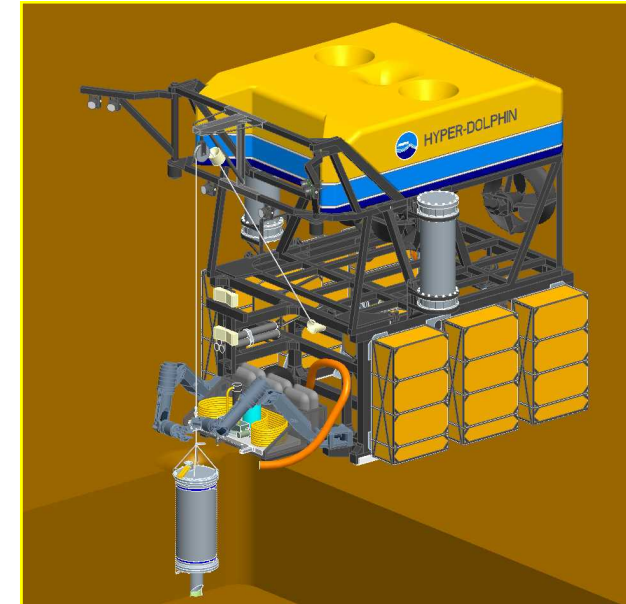
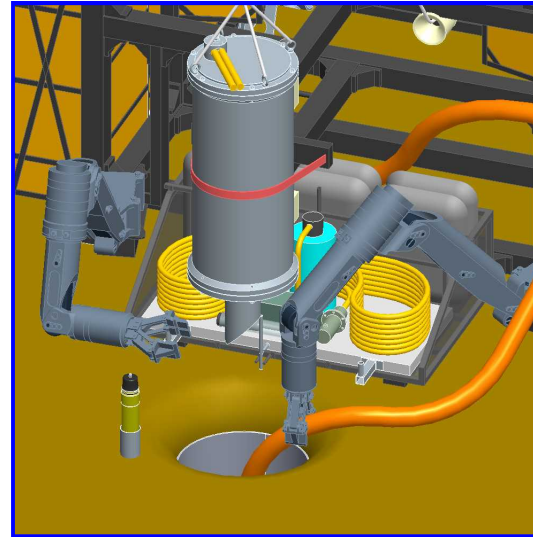
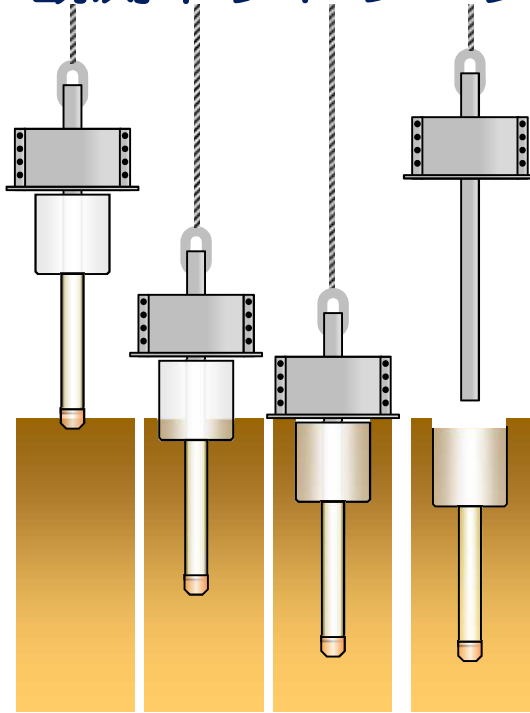
2015年3月28日 朝日新聞



表示時間は100倍の速さにしている



# 観測ネットワークを実現するための主要技術 設置技術



ケーシング設置



ケーシング内清掃



地動センサシステム設置

# 観測ネットワークを実現するための主要技術 設置技術

## 観測環境の制御（広帯域地震計における表層埋設の効果）



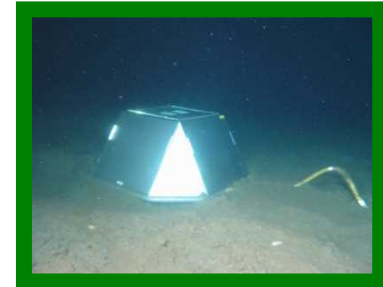
球体容器



円筒容器

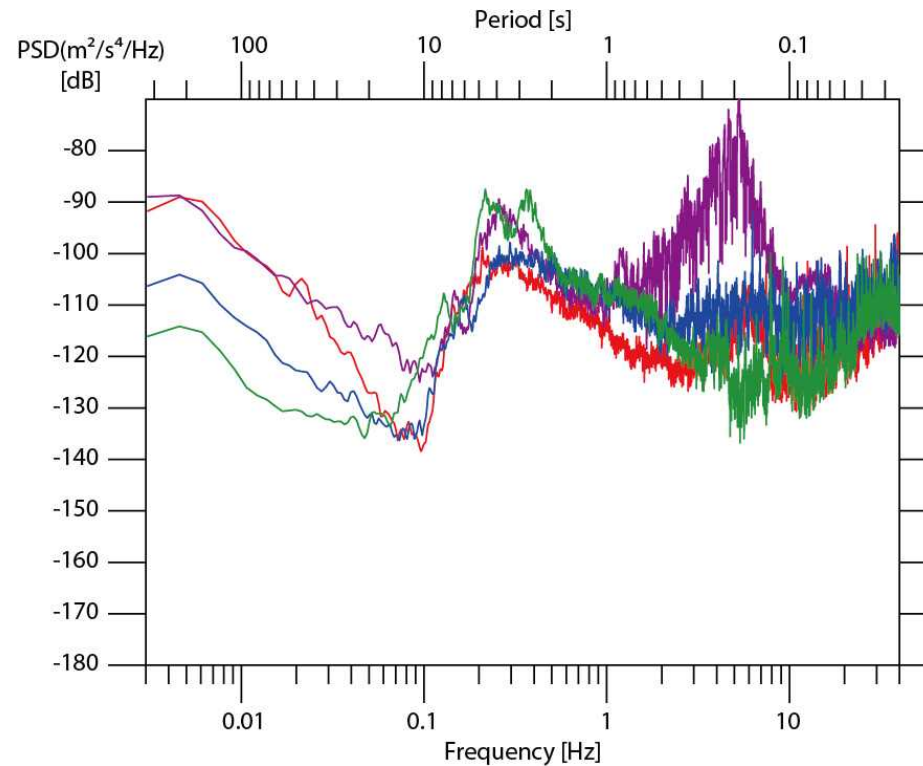


円筒容器埋設



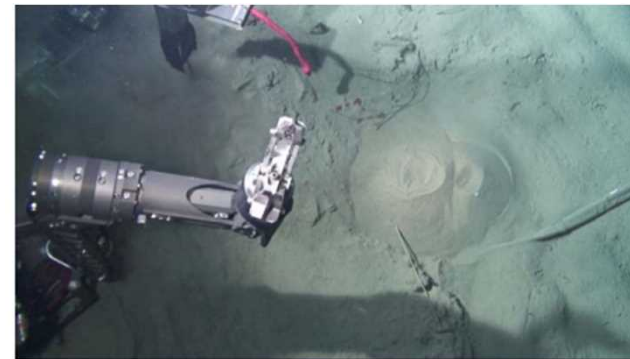
埋設後キャップ

海底での広帯域地震計の設置状況

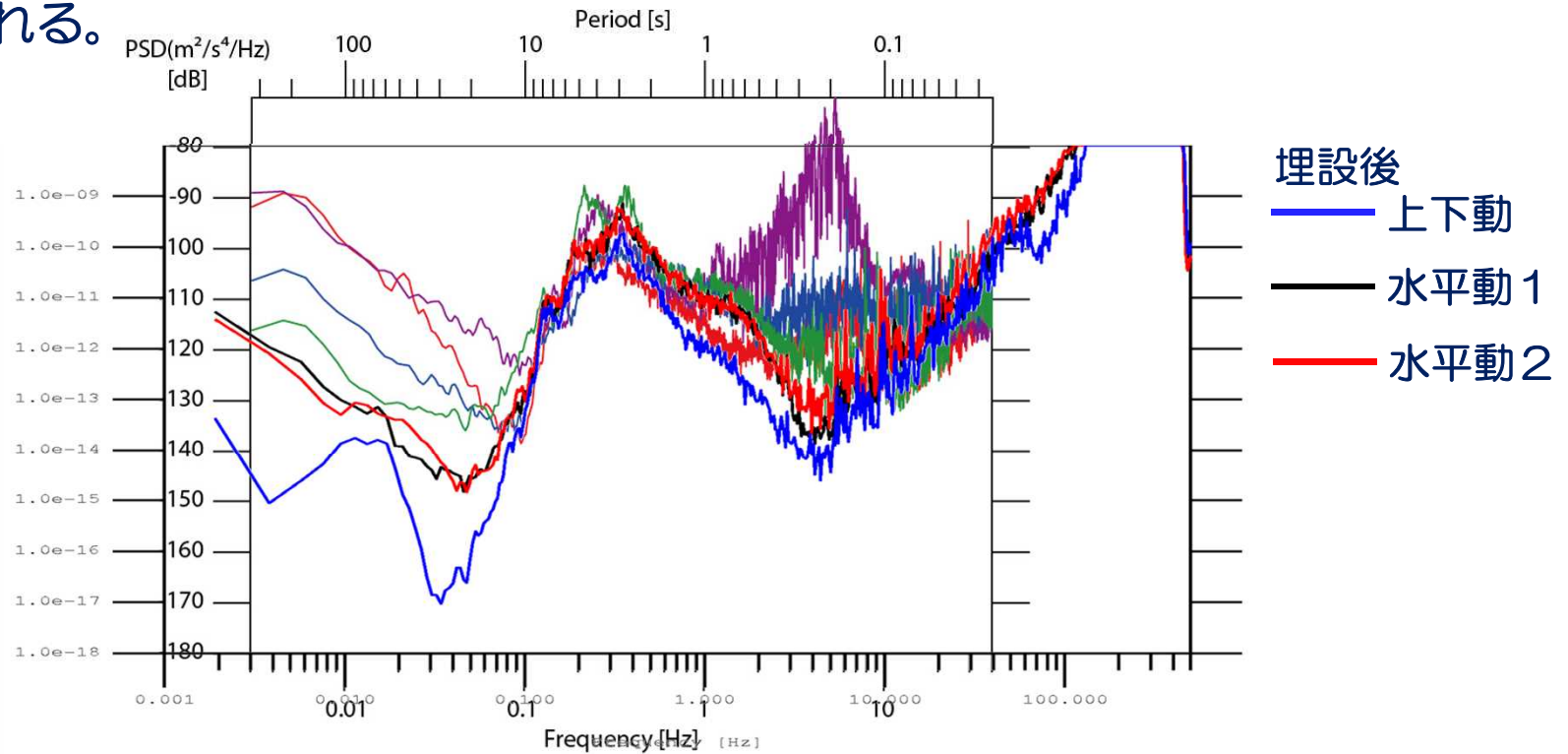


# 観測ネットワークを実現するための主要技術 設置技術

## 観測環境の制御（広帯域地震計における表層埋設の効果）



埋設後砂埋め：20-40db-> 10-100 倍バックグラウンドノイズフロアの低減が認められる。



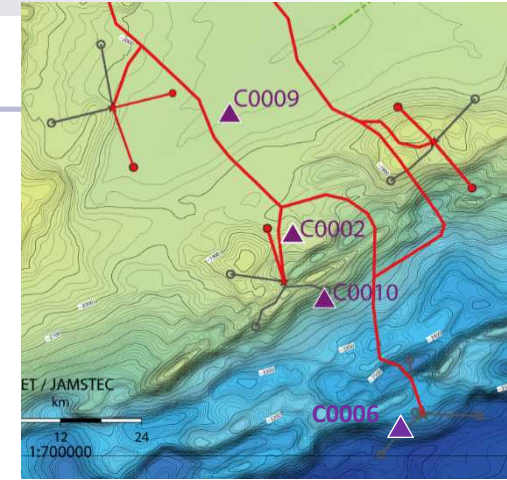
# 孔内観測点構築とリアルタイム化

## H27年度

- 孔内観測点およびDONET観測点周辺でのエアガン発振(かいいい, 6月)
- 既設のC0002観測点のWebからのデータ公開(15年7月)
- 今後設置を予定する孔内観測点(C0010,C0006)用の機材の整備・試験(振動・水圧・長期安定性)

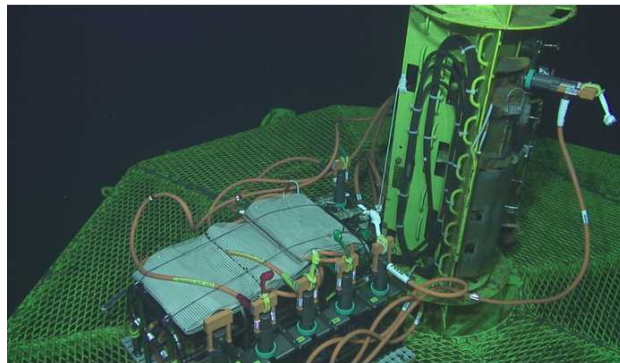
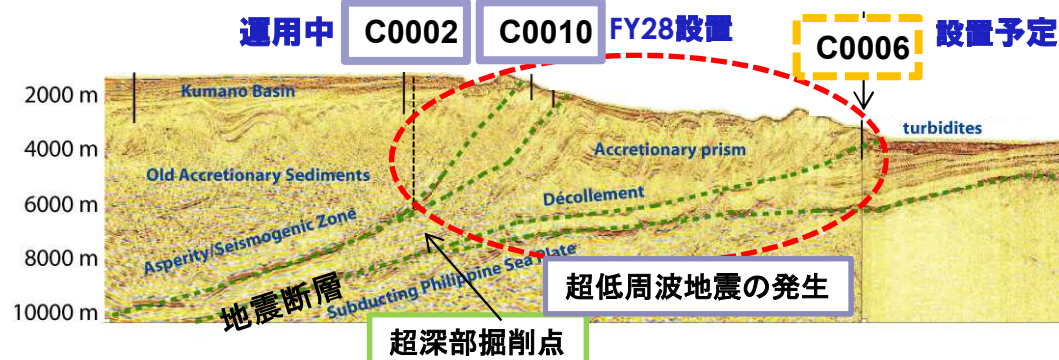
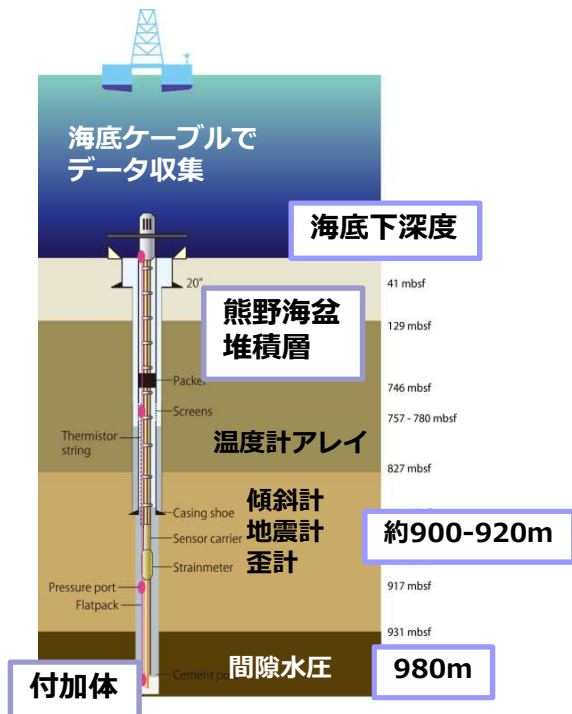
## H28年度

- C0010 孔内観測点の設置 (ちきゅうIODP Exp 365, 3~4月)
- C0010とDONETとの接続(新青丸/ハイパードルフィン, 6月) → データ公開



▲ 孔内観測点、含む設置予定点

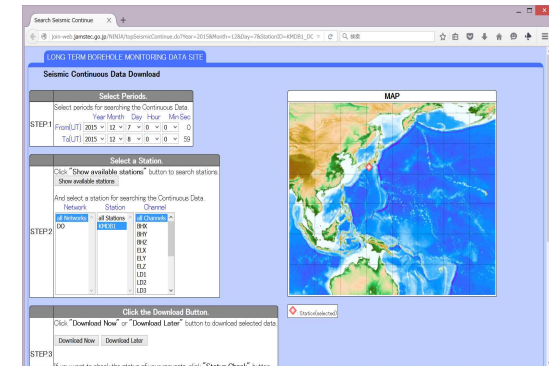
## C0002孔内観測点



運用中のC0002孔内観測点

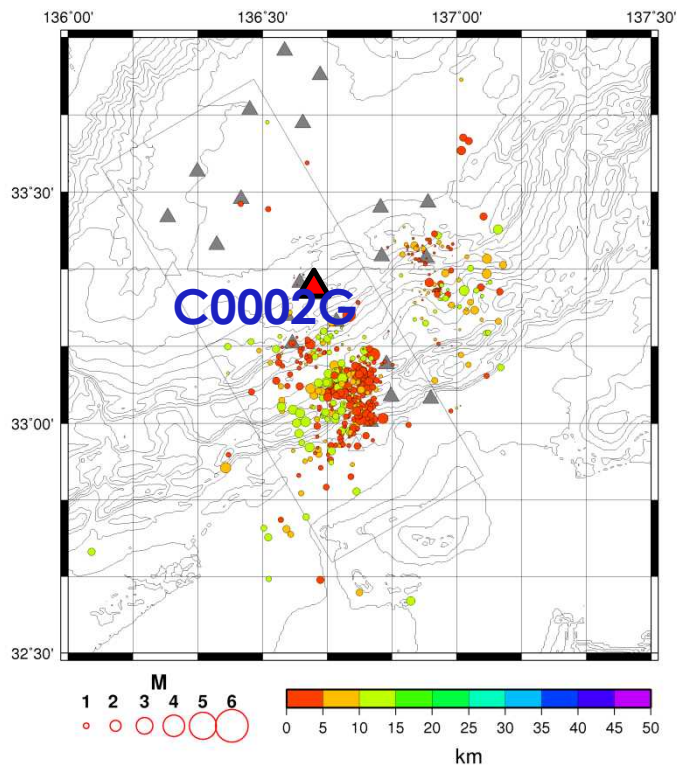
(DONETとの接続)

URL: [http://join-web.jamstec.go.jp/borehole/borehole\\_top\\_e.html](http://join-web.jamstec.go.jp/borehole/borehole_top_e.html)



孔内観測データ公開Web

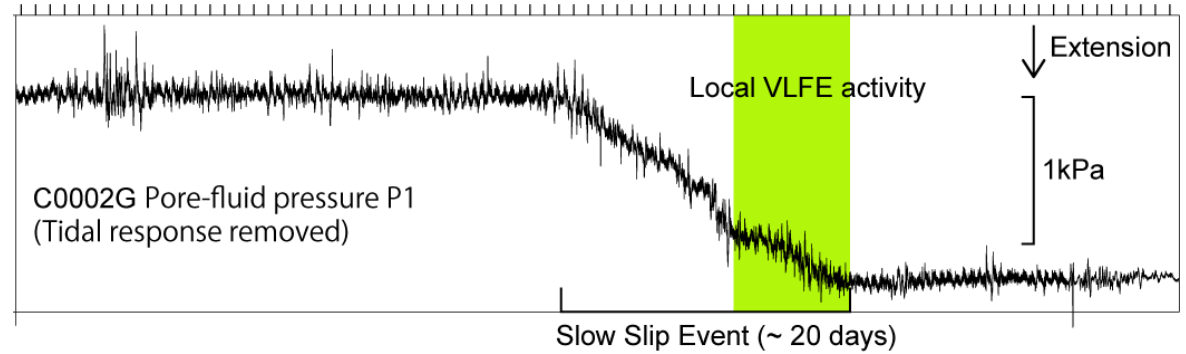
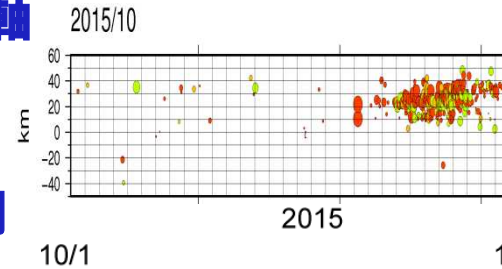
2015年10月の低周波微動活動と緩やかな間隙水圧変化



低周波微動の時系列推移

海溝軸

陸側



Ide 2010 の方法による低周波微動分布(2015年10月)

# 現行システムの問題点

- 南海地震震源域がカバーされていない
  - 本日の議論
  
- Node-E: 障害により停止中
  - 原因の特定を進め、回収・修理を検討中
  - 障害部の切り分けによる他観測点は正常運用

# 南海トラフ西部ネットの目的

- **南海トラフ巨大地震における室戸沖～日向灘での強震動と津波早期検知**
  - 緊急地震速報、津波警報の高精度化
  - 自治体等での活用
- 地震発生帯現状把握、地震発生予測
  - 連続リアルタイム海底地殻変動観測への拡張性の確保
- 海域観測技術の高度化
  - 設置、運用コスト削減に関わる技術開発
  - 新規センサー開発
  - 設置技術信頼性向上、工期短縮に関わる技術開発
  - etc …

# 必要な観測項目

- 地震・津波早期検知
  - 強震計と水圧計の品質の高いリアルタイム観測
  - トラブ軸までの観測網
  - 西端は日向灘地震が発生する宮崎県・鹿児島県沖まで
- 地震発生帯現状把握・発生予測
  - プレート固着の時空間変化（余効すべりも含む）の長期間観測
  - 微小地震、スロー地震、プレート運動の帯域を観測
    - 広帯域地震計観測
    - 水圧、傾斜観測(10m埋設)による海底地殻変動
    - 孔内観測：間隙水圧、傾斜、歪による孔内地殻変動（別プロジェクト）

広帯域地震計、水圧計＋傾斜計を含めた複数のセンサーによる観測が必要



# 構築の留意点

- 科学的な観点・データ活用の観点
  - 緊急地震速報、津波警報の高度化
    - 強震計・水圧計設置点の安定性の確保（強震計埋設を含む）
    - センサー冗長性、置換機能の確保
  - 地震発生帯現状把握・発生予測
    - 広帯域地震観測
      - 埋設が必須：着底型掘削装置（～10m埋設）による埋設作業の効率化
    - 連続リアルタイム海底地殻変動観測
      - 水圧計の高度活用のための水圧計較正
      - 傾斜計埋設（広帯域地震計と同じ）
      - 掘削孔での間隙水圧、傾斜、歪観測の別プロジェクトでの推進
  - 記録の品質向上
    - 緊急地震速報の信頼性向上に向けケーブルの動揺等の影響を評価
    - 津波警報の信頼性評価に向けて水圧計埋設の評価
    - 地殻変動観測でのGNSS/A観測との連携（相補的かつ比較可能に）

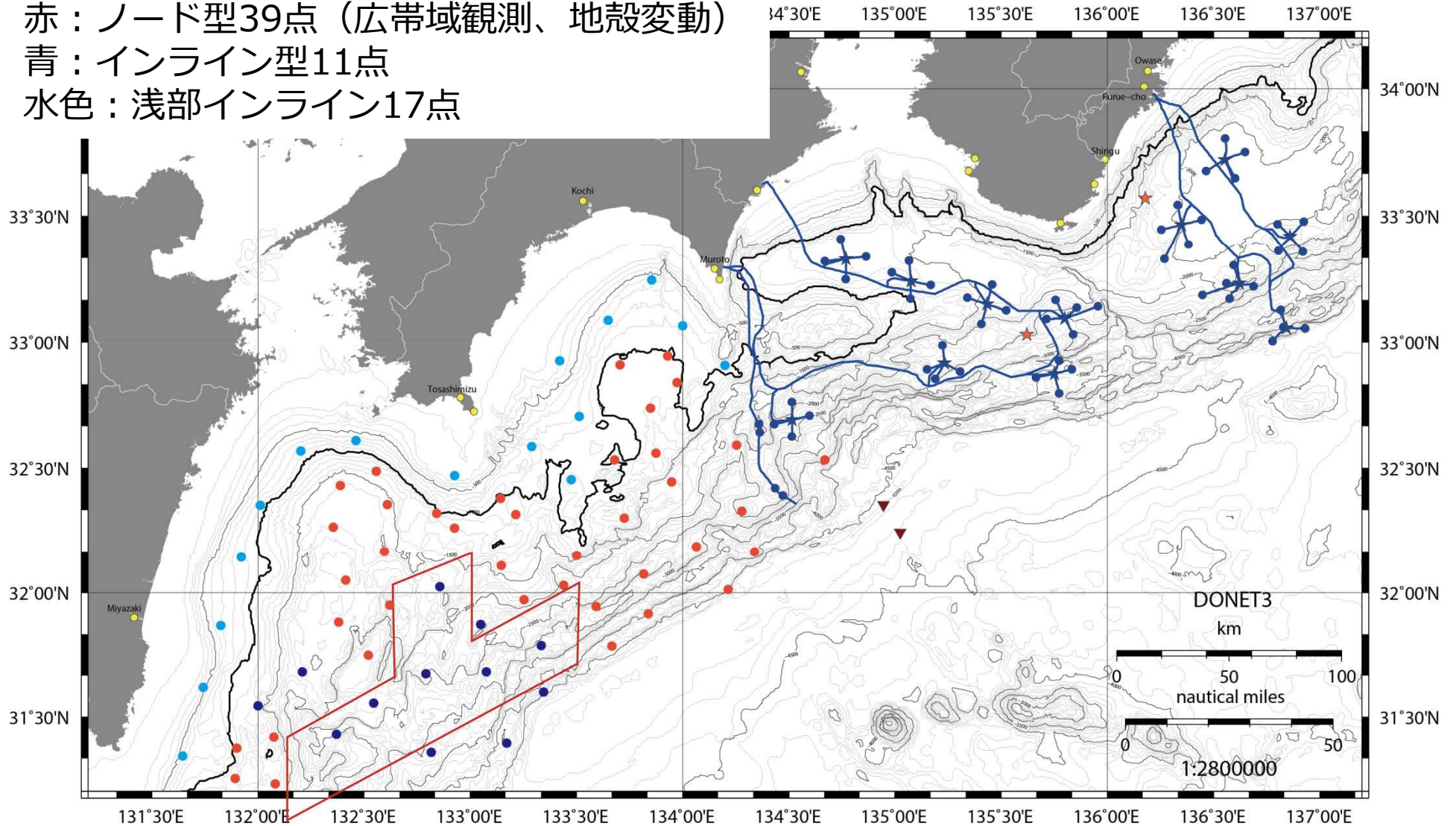
# 構築の留意点

- 構築・運用の観点
  - 土佐湾沖1000m以浅への対応
    - 切られても他の観測点に影響が及ばないように浅部はインラインのみ採用
    - 短くすることで、ケーブルの動揺等の影響とトラブル発生時の影響を最小化
  - 漁業者への配慮
    - 1000m以浅はケーブル・センサーとも埋設
    - 陸揚げ点渚部分は横堀を採用
    - 漁業が盛んな地域での敷設期間を短縮
  - 演習海域への対応
    - 昼間の作業に制約、夜間のみを設置作業で対応を可能なシステム
  - 商用海底ケーブルとの調整
    - 海底ケーブルから水深分以上の距離を確保
    - 埋設する浅海域で既存ケーブルとクロスしない
  - 陸上局
    - 既存局（室戸ジオパーク局）を共用
    - 陸揚げ箇所の要件等
    - 津波の被害が相対的に低いこと
    - 陸上に光ケーブルのインフラがあること
    - 地方自治体との連携がとりやすいこと

# 観測網案

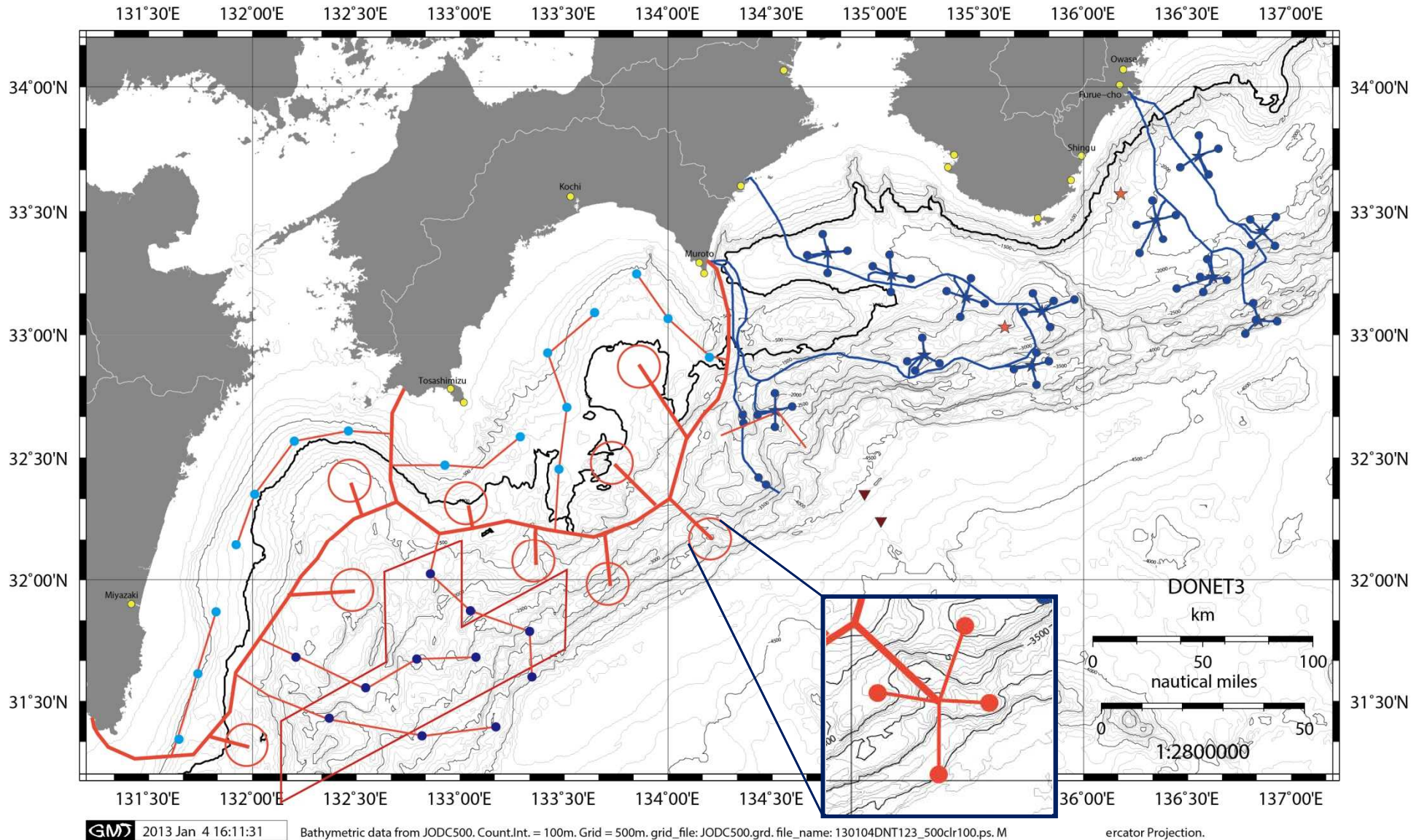
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3

- 赤：ノード型39点（広帯域観測、地殻変動）
- 青：インライン型11点
- 水色：浅部インライン17点

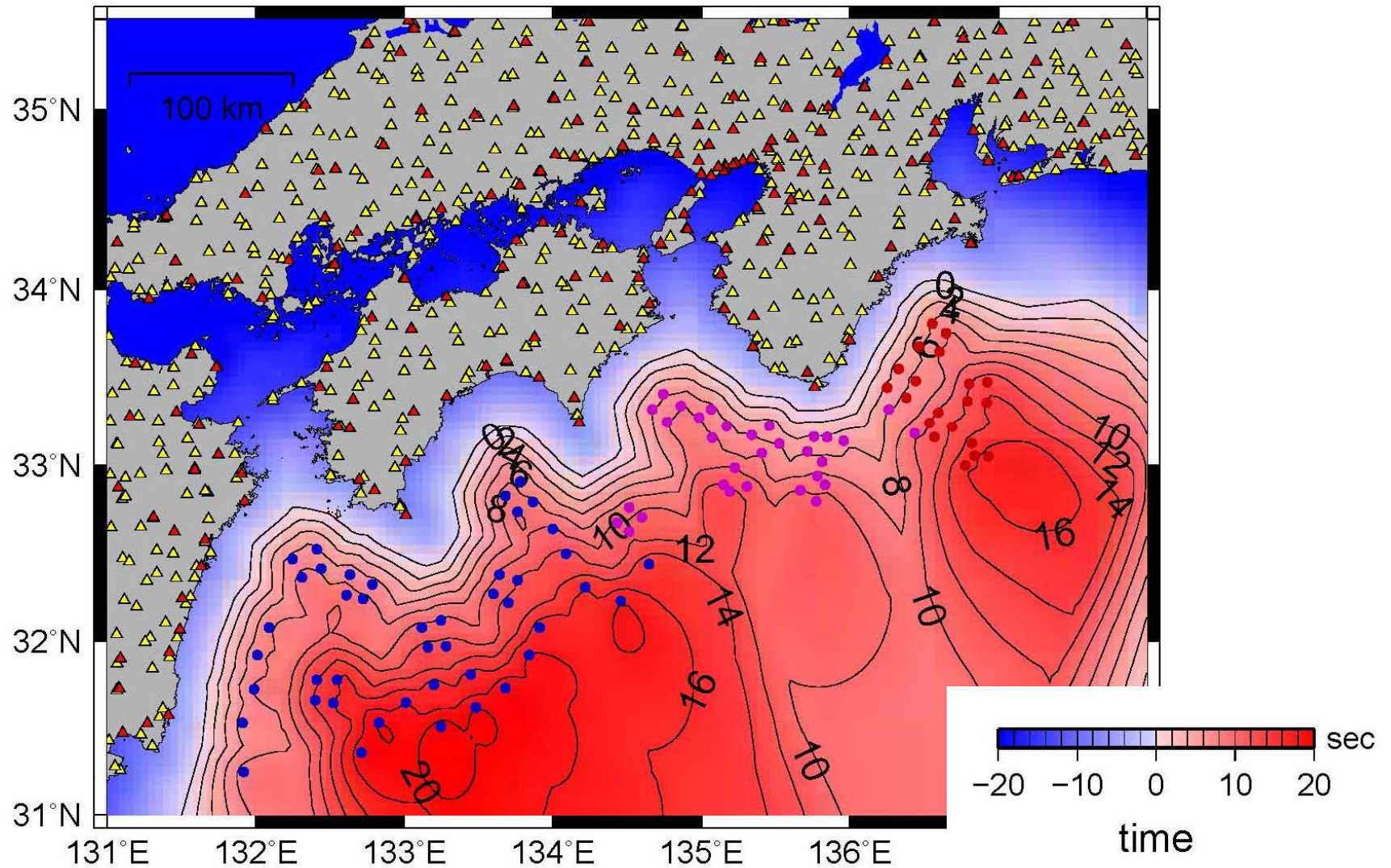


# 観測網案

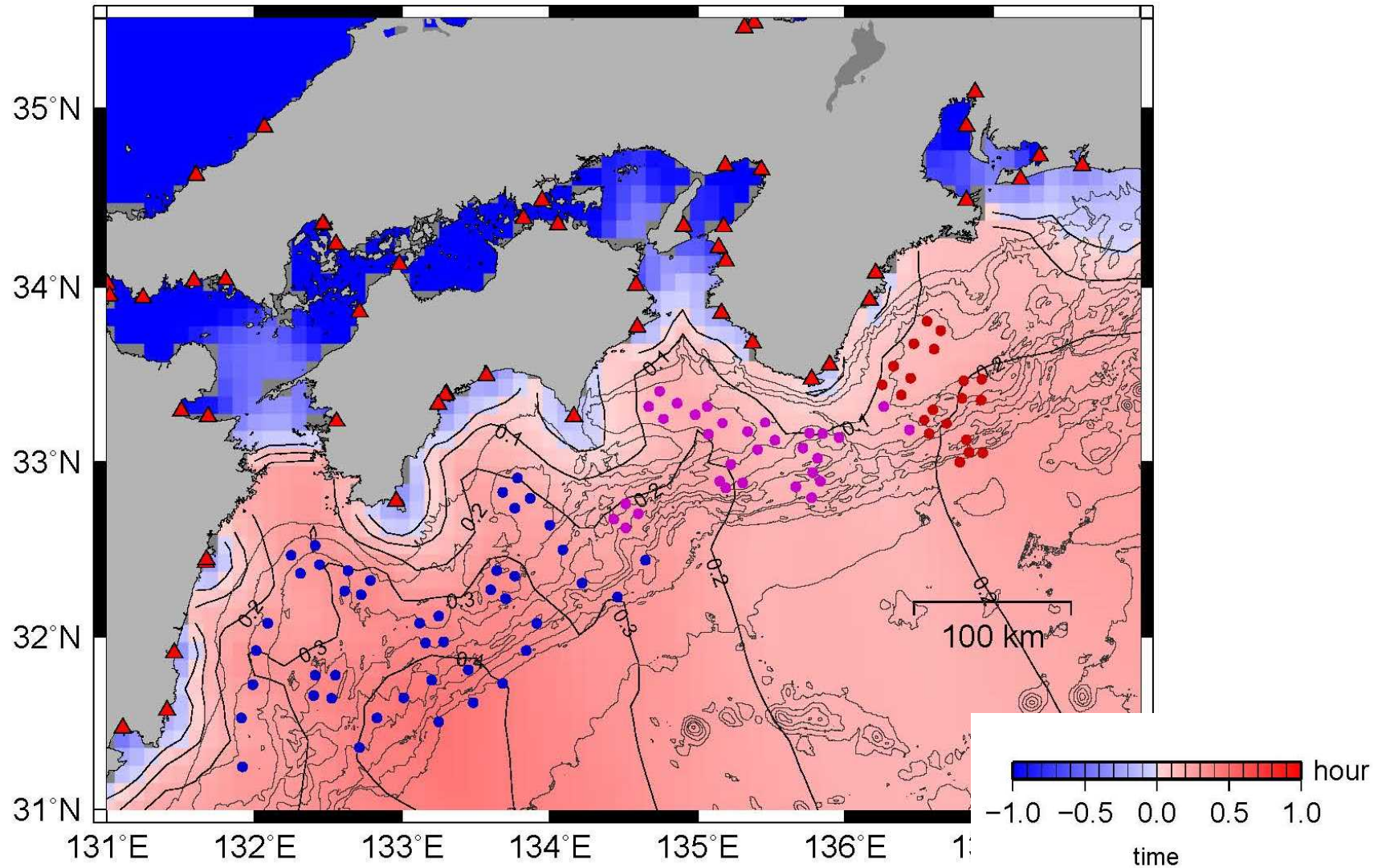
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



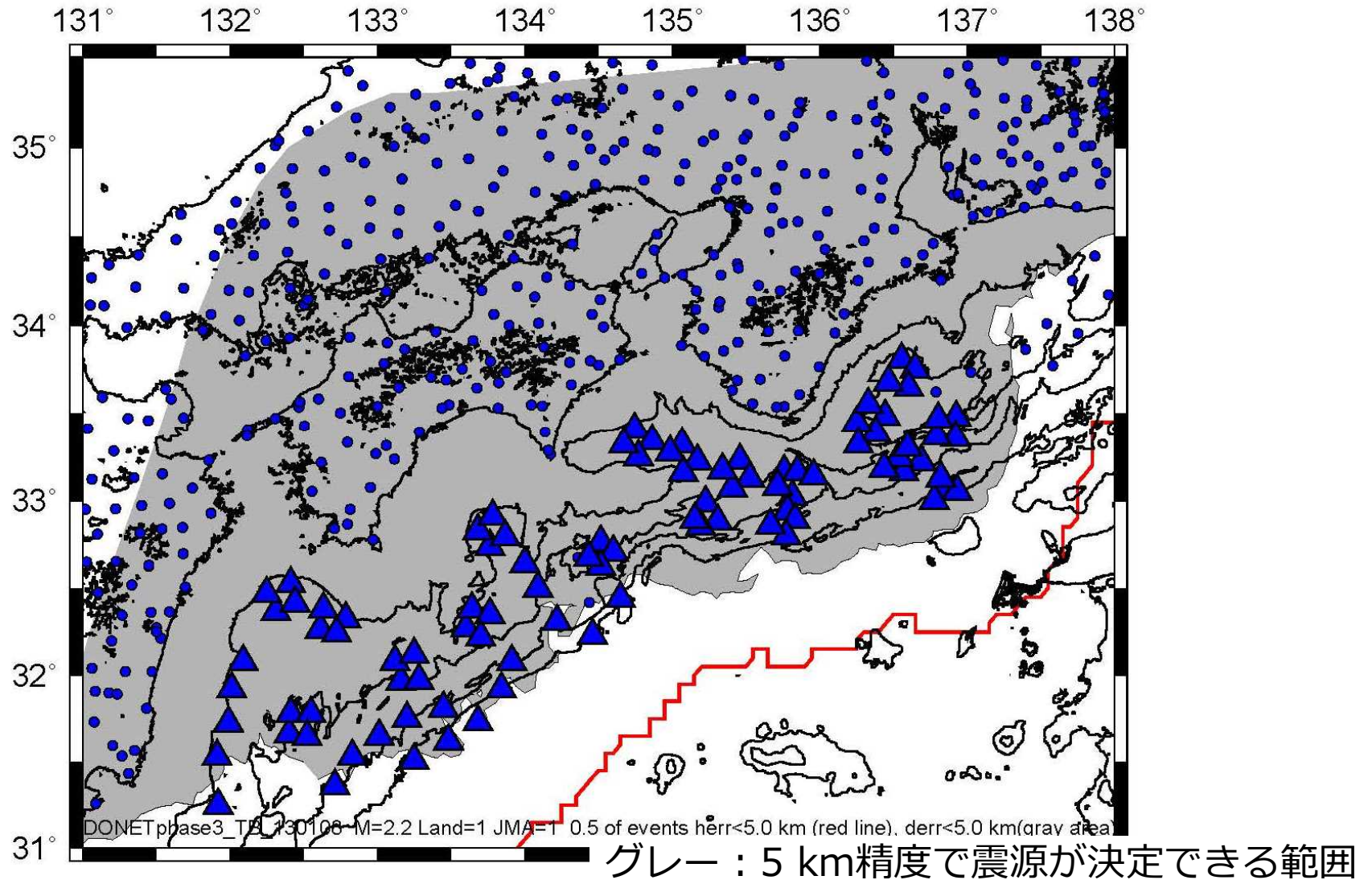
# 地震早期検知



# 津波早期検知

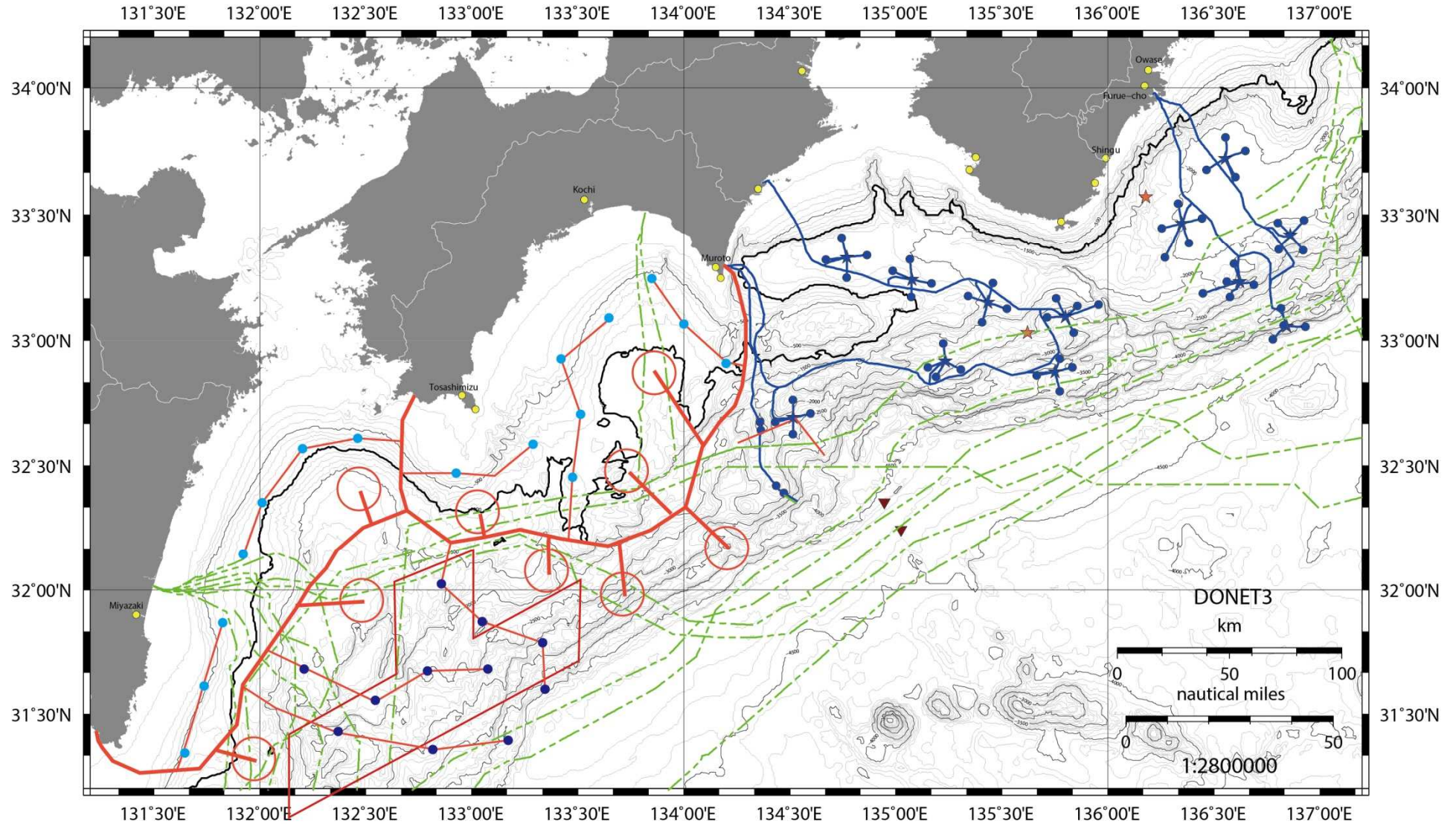


# 震源決定精度分布



# 観測網案：商用ケーブル、演習海域との競合

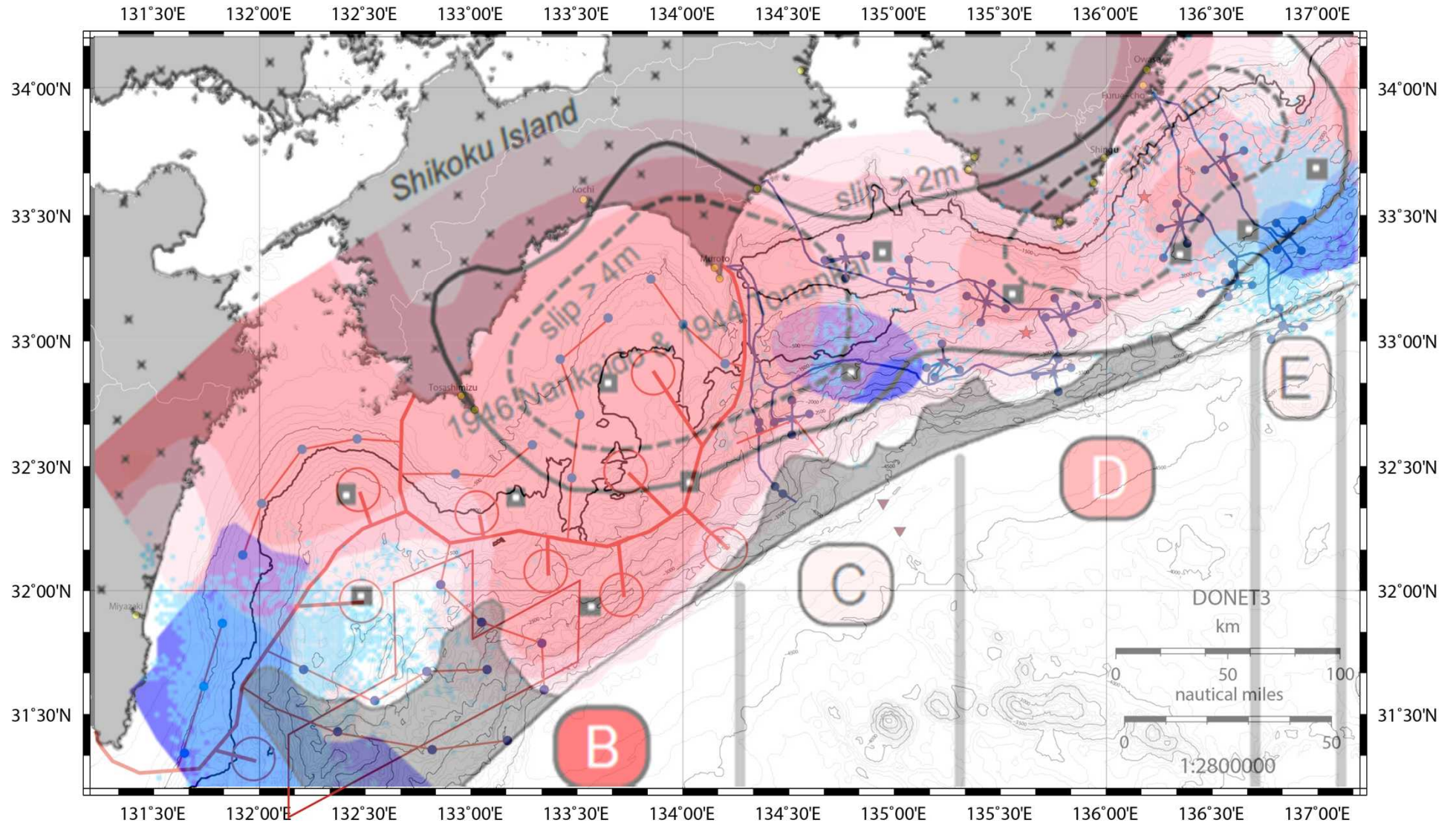
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



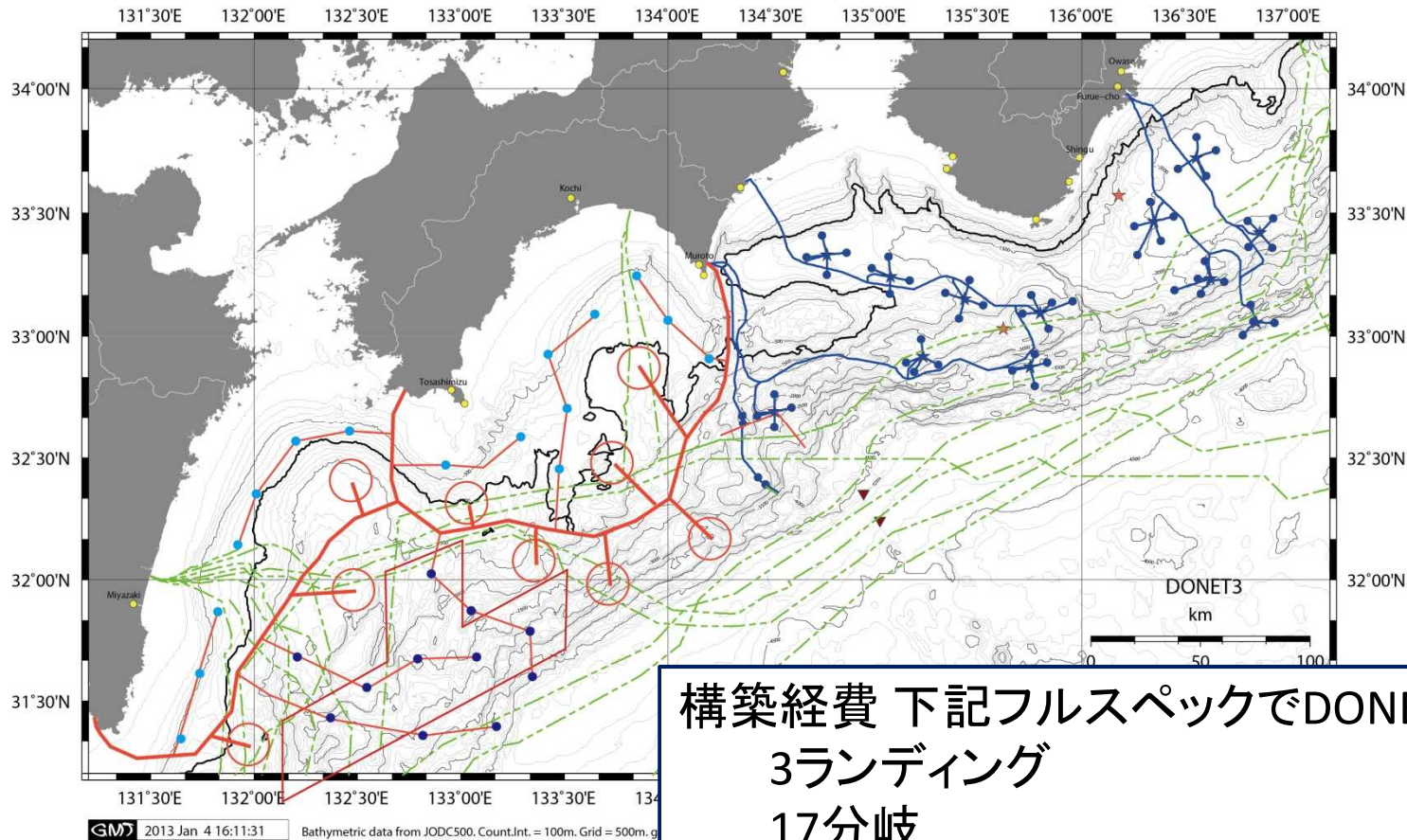


# 観測網案：海底地殻変動観測

Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



# 観測網案：敷設・運用コスト

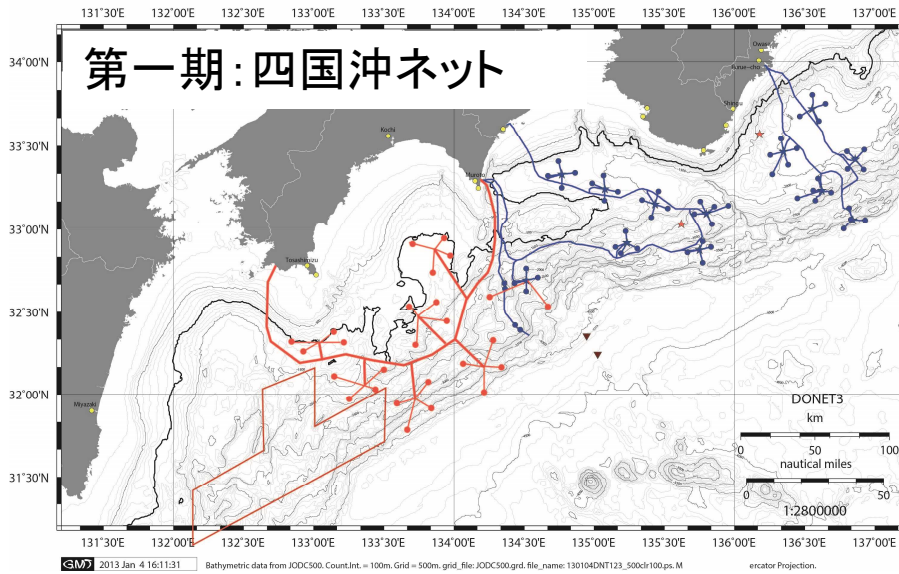


構築経費 下記フルスペックでDONET1+2の20%増  
3ランディング  
17分岐  
DONET型9システム      39観測点  
インライン型8ノード    28観測点  
合計                      67観測点

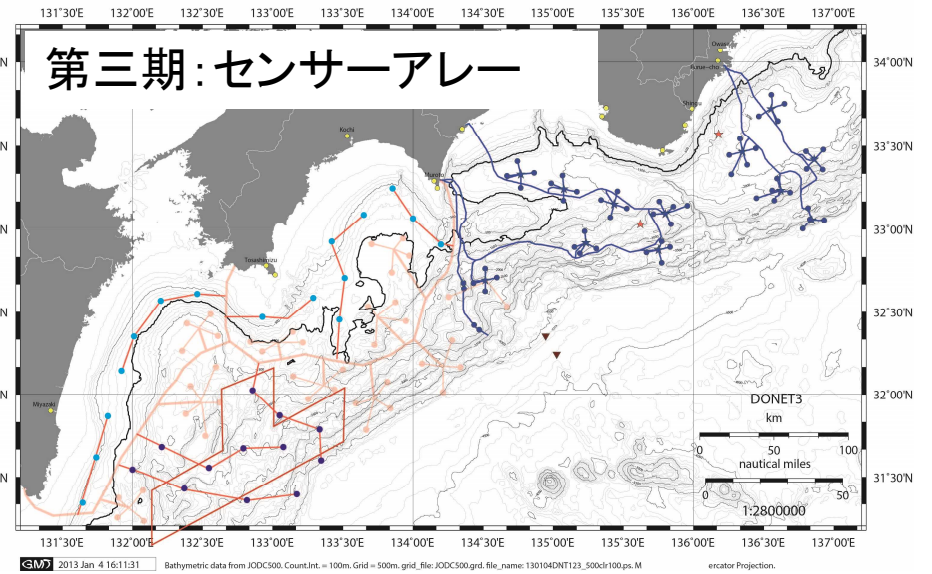
運用経費：DONET1+2相当

# 観測網案：敷設案（例1）

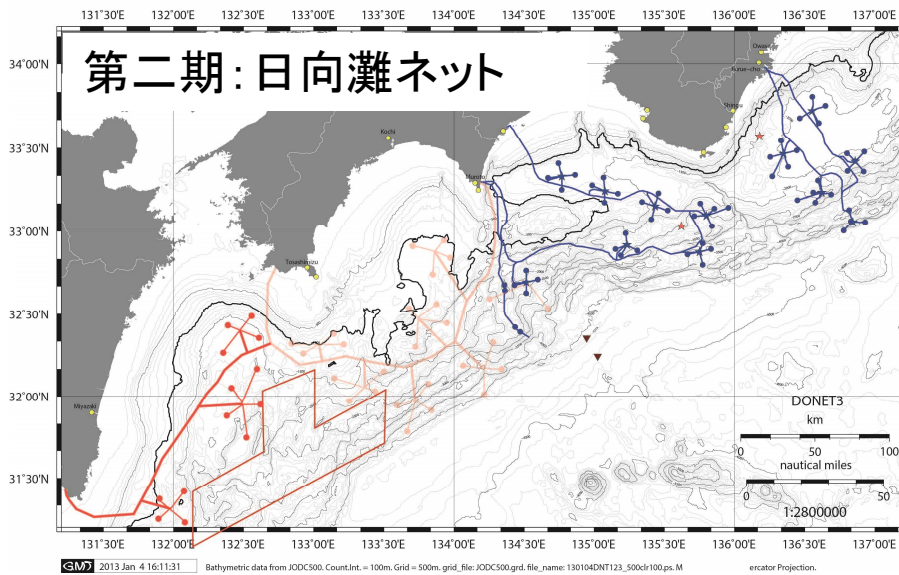
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



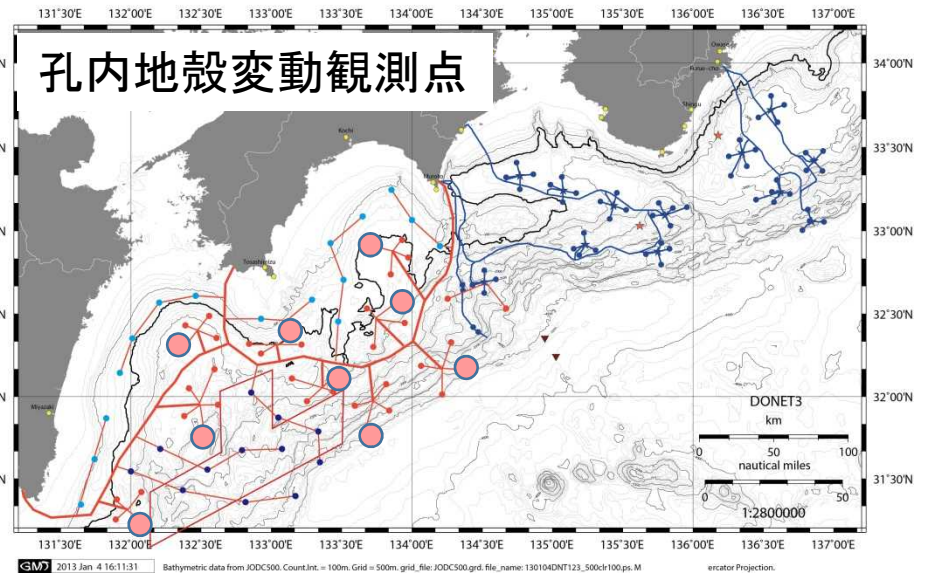
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3

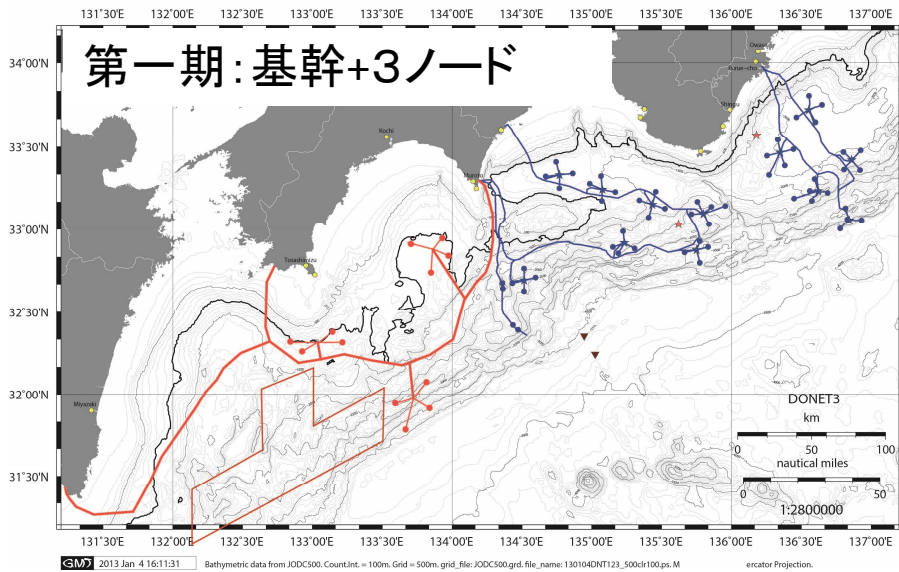


Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3

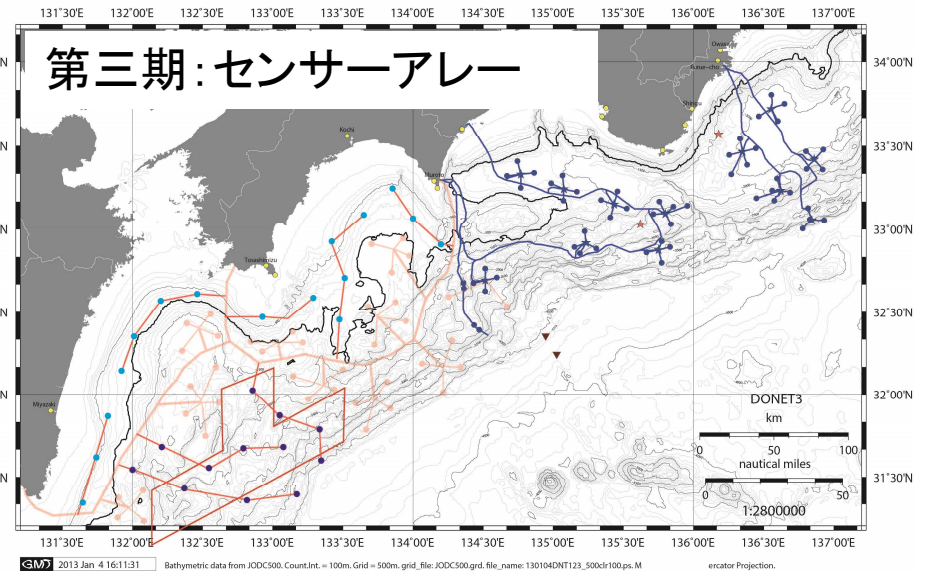


# 観測網案：敷設案（例2）

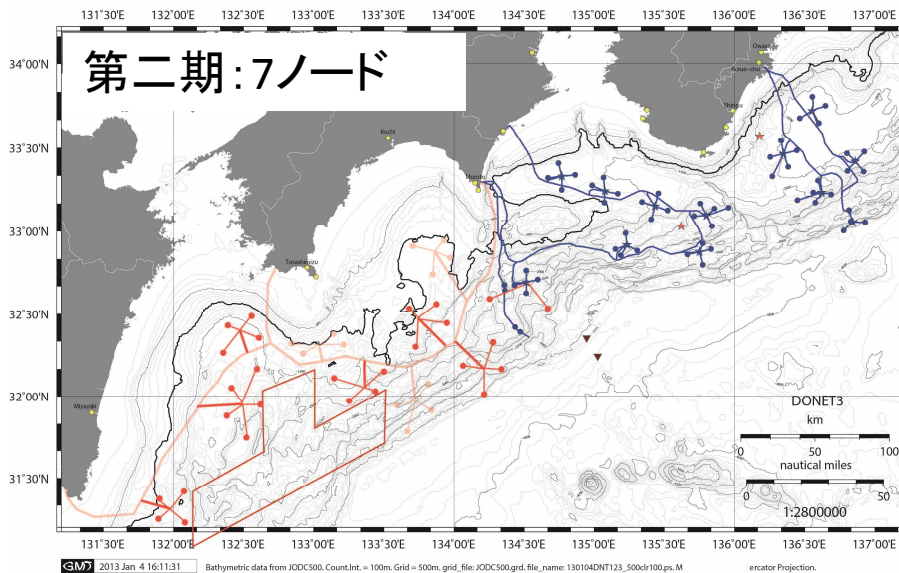
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



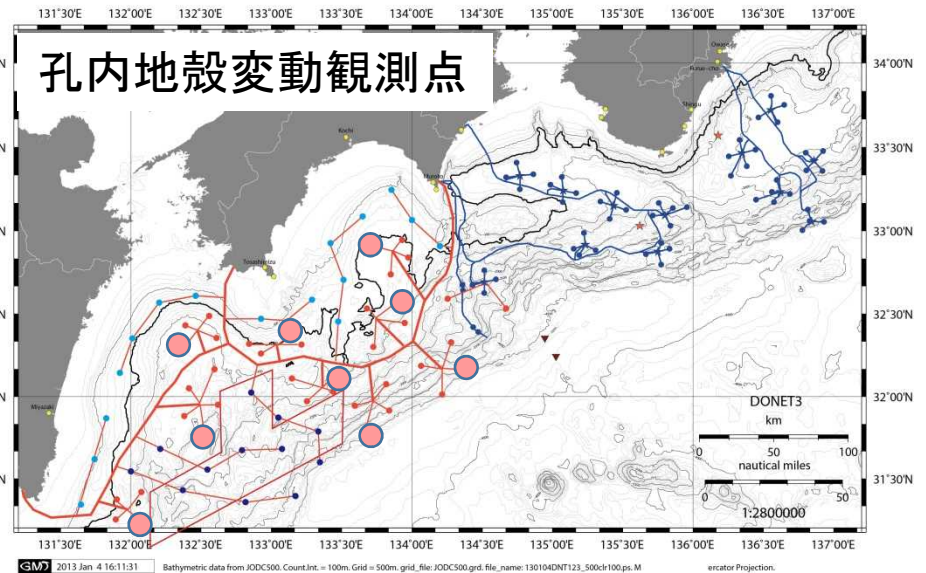
Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



Bathymetric map for Nankai Trough, DONET3



# 実現するために必要な技術開発

- 広範囲のマルチセンサーを用いた観測網構築
  - ノード型とインライン型のハイブリッド
    - 置換性と拡張性の保持
  - マルチランディング化
    - 給電路の共用による陸揚げ部の簡素
- コストダウン、効率化（構築・運用）
  - 陸揚げ部を共用することで浅海域敷設の経費を半分に
  - ノードのポート数の変更
  - 渚部分は横堀を採用
  - 「かいめい」の着底型掘削装置を用いたセンサー埋設
  - その他、コスト削減に関わる検討事項
    - 関係機関の連携、構築・運用体制の適正化
    - 地域の自治体との連携