

## 2. 5. 3 構成岩石モデルの構築

### 令和2年度業務計画案

構成岩石モデルを推定するための弾性波速度などの岩石・鉱物の岩石物性の基礎データを取得・整理する。断層モデルの構築（2-5-1）および地震活動の情報（2-5-2）、の成果とともに、岩石物性の視点から地殻構成岩石モデルと地震発生層の下限についての検討を行う。

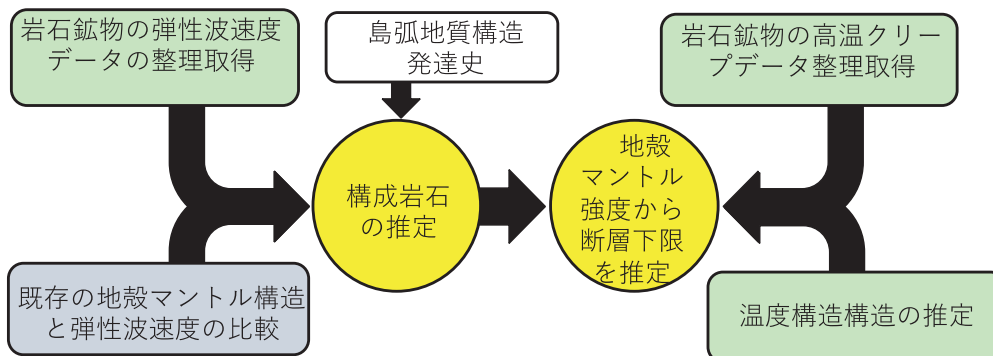


図1 地震発生層下限の推定に向けた研究の手順

### 鉱物多結晶体の焼結実験

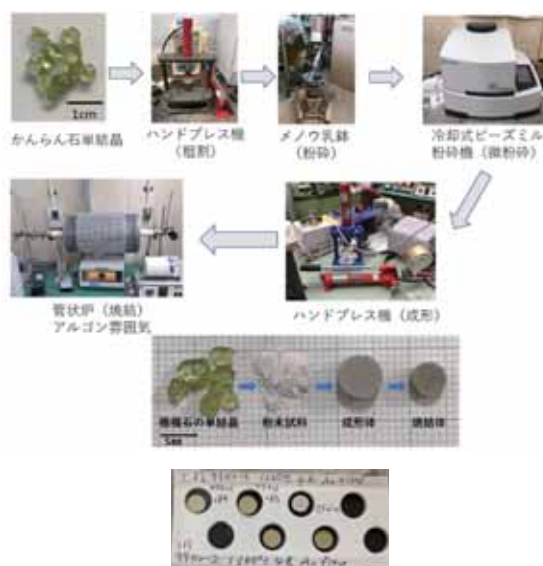


図2 多結晶体の焼結までの手順と焼結体

本研究では下部地殻や上部マントルの主要な構成鉱物に着目し、岩石・鉱物を極細粒まで微粉砕し、電気炉を用いて鉱物多結晶体の焼結実験を行っている。本年度は捕獲岩に着目し、焼結実験を行っている。

## 地震波速度データから脆性塑性境界深度を推定

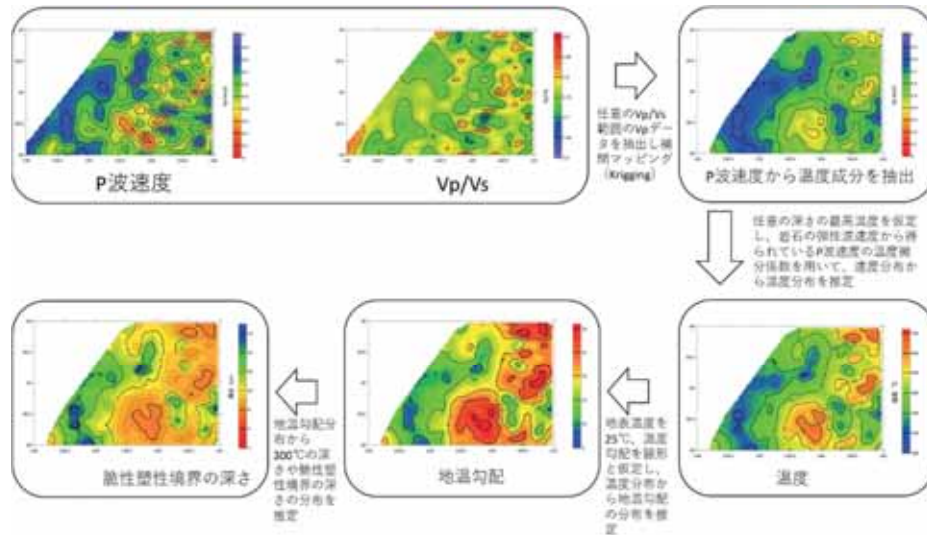


図3 地震波速度データから脆性塑性境界深度を推定する手順

岩石鉱物の弾性波速度測定実験から、P波速度やS波速度には明瞭な温度依存性が認められる一方、Vp/Vsの温度依存性は著しく小さく、Vp/Vs値は岩石種に大きく依存する。つまり、Vp/Vsトモグラフィから同一岩石種が分布する領域を抽出することで、P波速度構造またはS波速度構造を温度構造として解釈することが可能である。本研究では、防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造の地震波速度データから一定のVp/Vs比の領域の速度データを用いることで、地震波速度データから温度成分を抽出し、地下の温度分布、地温勾配、300℃の深度、脆性塑性境界深度を推定することを試みる。

3

## 東北の温度構造と地震発生層下限の推定 (1)

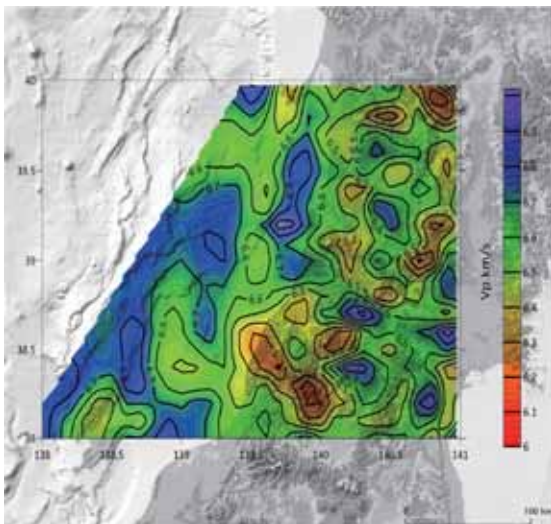


図4 東北（山形周辺）の深さ20 kmのP波速度。防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造の地震波速度データを使用。

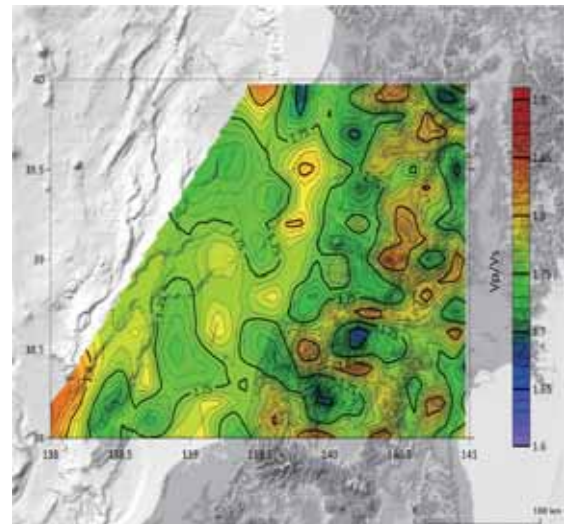


図5 東北（山形周辺）の深さ20 kmのVp/Vs。防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造の地震波速度データを使用。

東北地方の下部地殻の構成岩石に関しては、一般的には中程度からやや高いVp/Vsで特徴付けられ、苦鉄質岩石で構成されていると解釈されている（例えば、平成30年度報告書）。図4と図5は山形周辺において地下20 kmのP波速度とVp/Vs比の分布を示している。

4

## 東北の温度構造と地震発生層下限の推定（2）

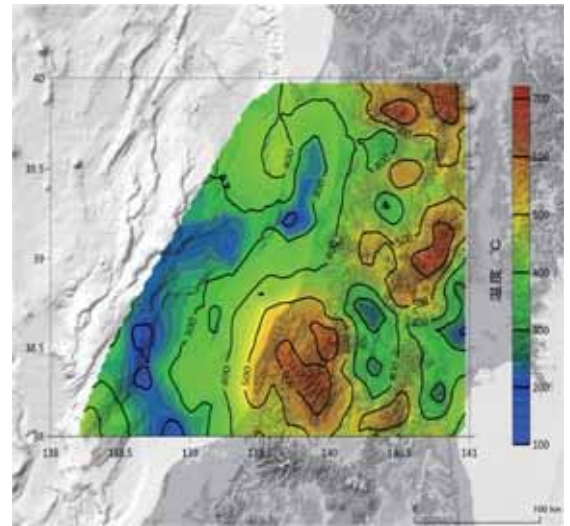
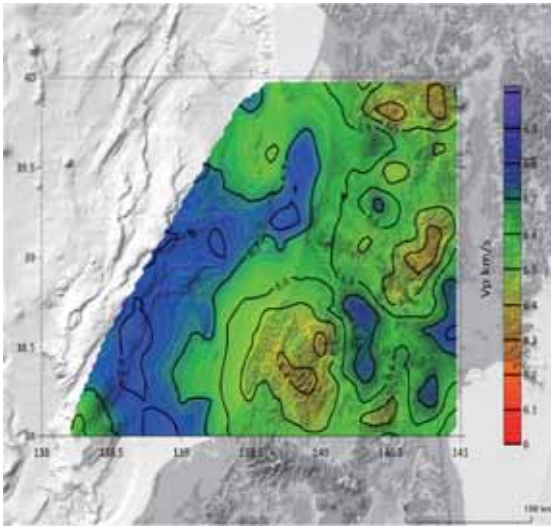


図6 東北（山形周辺）の  $V_p/V_s=1.77\sim 1.78$  の領域の速度データを抽出し、クリギング補間したP波速度分布

図7 東北（山形周辺）の深さ20 kmの温度の推定（検討中）

男鹿半島の一ノ目潟に産する下部地殻由来の苦鉄質捕獲岩の  $V_p/V_s$  は  $1.74\sim 1.80$  程度であることが岩石の弾性波速度測定実験から示されている。東北地方の深さ20 kmの一定の  $V_p/V_s$  比の領域の速度データを抽出することは、任意の苦鉄質岩の分布域の速度データを抽出することになる。図6は  $V_p/V_s=1.77\sim 1.78$  の範囲のP波速度を抽出（温度成分を抽出）してクリギング補間したP波速度分布である。温度構造を推定する上で、岩石学で推定された地温勾配を参考に解析域の地温条件を仮定した（最大地温勾配  $33^\circ\text{C}$ 、地表温度  $25^\circ\text{C}$ 、深さ20 kmで最高  $685^\circ\text{C}$ 、深さ25 kmで最高  $850^\circ\text{C}$ ）。まずは、 $V_p/V_s=1.77\sim 1.78$  の範囲で抽出したP波速度の最低値  $6.34\text{ km/s}$  を  $685^\circ\text{C}$  と仮定し、次に、男鹿半島の一ノ目潟に産する下部地殻由来の苦鉄質捕獲岩の弾性波速度から得られている高温域のP波速度の温度微分係数を参考にP波速度低下率を  $1.0\times 10^{-3}\text{ km s}^{-1}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  と仮定し、図6の補完したP波速度の分布から温度分布を推定した（図7）。なお、今回推定した温度構造や脆性塑性深度は、海域の水深を0 mと仮定した暫定モデルである。図7の山形周辺の深さ20 kmの温度構造が示すように、脊梁周辺や朝日山地周辺に高温域が分布する一方、日本海沿岸には低温域が分布することが推定された。

2

## 東北の温度構造と地震発生層下限の推定（3）

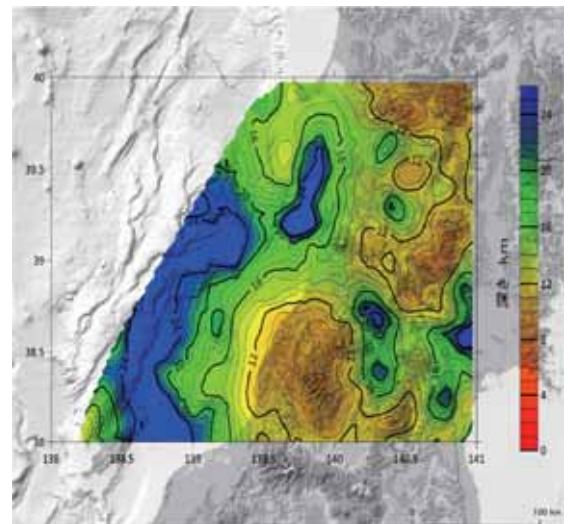
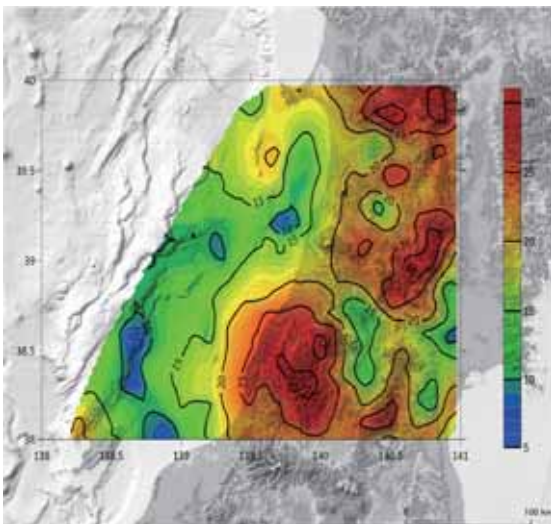


図8 東北（山形周辺）の深さ20 kmの地温勾配 ( $^\circ\text{C}/\text{km}$ ) の推定（検討中）

図9 東北（山形周辺）の  $300^\circ\text{C}$  の深さの推定（検討中）

地温勾配を線形と仮定して図7の深さ20 kmの温度分布図から地温勾配分布図に変換し（図8）、さらに  $300^\circ\text{C}$  の深さ分布を推定した（図9）。平成28年度報告書同様に地殻の流動応力を石英のレオロジーパラメータを用いて、圧縮場における歪速度を  $10^{-7}\text{ yr}^{-1}$  と仮定し、図8の地温勾配分布を用いて脆性塑性境界の深さ分布を見積もった（図9）。

2



## 東北の温度構造と地震発生層下限の推定（４）

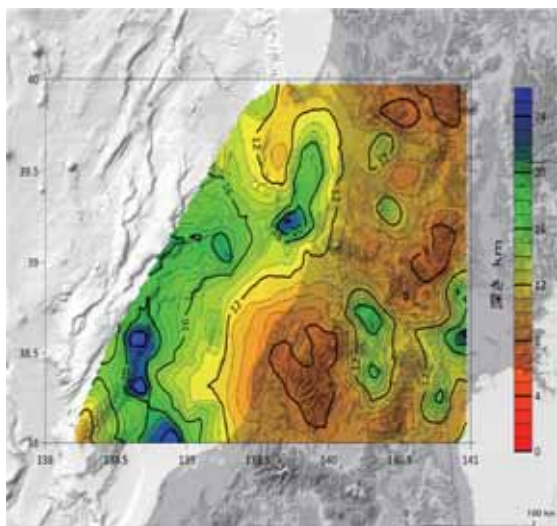


図 10 東北（山形周辺）の脆性塑性境界の深さの推定（検討中）

図 10 に示されるように、脊梁周辺や朝日山地周辺で脆性塑性境界の深さが浅く、日本海沿岸では深い傾向が読み取れ、大局的には D90 の深さ分布と類似した傾向を示した。なお、岩手・宮城内陸地震の震源域では脆性塑性境界が浅く余震の深さ分布と整合的であるが、宮城県北部などでは D90 よりも脆性塑性境界がかなり深く推定されており、今後の検討が必要である。

2

## 北海道南西部・東北北西部の温度構造と地震発生層下限の推定

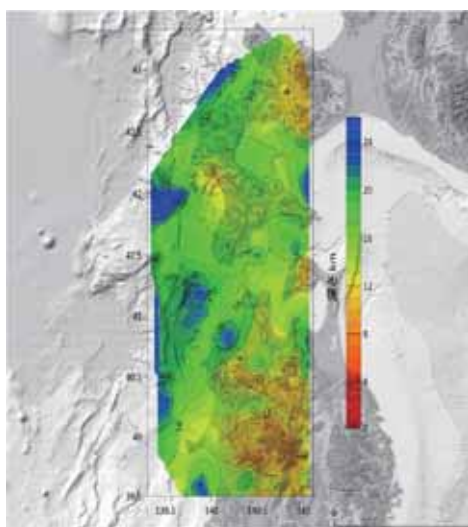


図 11 北海道南西部および東北（青森・秋田周辺）の 300℃の深さの推定（検討中）

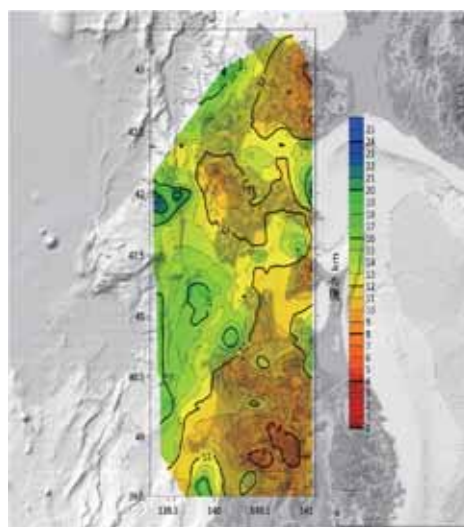


図 12 北海道南西部および東北（青森・秋田周辺）の脆性塑性境界の深さの推定（検討中）

今回は北海道南西部・東北北西部にいたる日本海沿岸周辺で温度構造や脆性塑性境界深度の分布の推定を試みることで地震発生層下限の推定について検討した。山形周辺同様の手順で 300℃の深さ分布と脆性塑性境界分布を求めた。北海道南西部・青森・秋田周辺や北陸周辺でも脆性塑性境界の深さは大局的には D90 の深さ分布と類似した傾向がみられる。

2

## 北陸の温度構造と地震発生層下限の推定

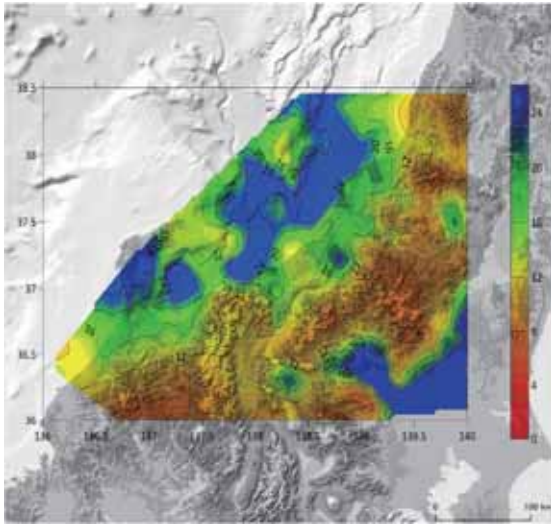


図 13 北陸周辺の 300°Cの深さの推定（検討中）

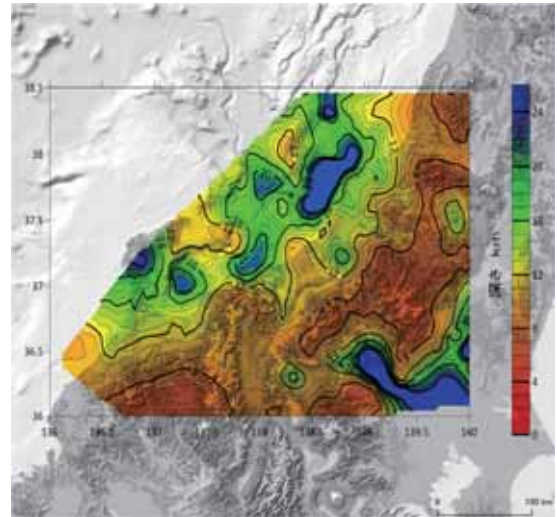


図 14 北陸周辺の脆性塑性境界の深さの推定（検討中）

北陸周辺の 300°Cの深さ分布と脆性塑性境界分布を求めた。能登半島北部などでは D90 よりも脆性塑性境界がかなり深く推定されており、検討が必要である。

### まとめと今後の課題

岩石鉱物の弾性波速度の視点から防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造を解釈することによって、日本海沿岸周辺の地殻の温度構造と脆性塑性境界の深さに関する暫定モデルを検討している。その結果、深さ 20 km の地震波トモグラフィからは、脊梁周辺などには高温域が分布し脆性塑性境界が浅い一方で、日本海沿岸には低温域が分布し脆性塑性境界が深いことが推定された。脆性塑性境界の深さは大局的には D90 の深さ分布と類似した傾向がみられるが、局所的には D90 よりも脆性塑性境界がかなり深く推定されており、引き続き検討が必要である。温度構造を定量的に推定する上で岩石鉱物の弾性波速度の温度係数は重要なので、実験データの取得および整理を引き続き行い、推定した温度構造および構成岩石モデルを用いて断層下限（地震発生層下限）を推定することが課題となる。