

種々の地殻情報の GIS 利用による日本周辺海底熱水鉱床の形成支配要因の検出

橋本 裕介*・久保 大樹*・小池 克明*

Detection of control factors on generation of seafloor hydrothermal deposits around Japan through GIS application of multiple crustal information.

Yusuke Hashimoto*, Taiki Kubo* and Katsuaki Koike*

*京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 Department of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, Katsura C1-2-215, Kyoto 615-8540, Japan. E-mail: hashimoto.yusuke.38z@st.kyoto-u.ac.jp (Hashimoto)

キーワード：海底熱水鉱床，鉱床分布，Arc GIS，クリギング

Key Words : Seafloor hydrothermal deposit, Deposit distribution, ArcGIS, Kriging

1. はじめに

近年、陸上の鉱物資源は経済性の高い優良鉱床の発見が困難となってきている。さらに我が国は金属鉱物資源のほぼ全てを海外からの輸入に依存していることから、我が国周辺海域に賦存する海底鉱物資源への関心や期待が高まっている。開発が可能となれば、我が国にとって海底は、他国の資源政策等に左右されることのない資源の安定供給源となる可能性が高い。

海底鉱物資源の中でも海底熱水鉱床は、貴金属(金、銀)、銅、鉛、亜鉛など多種の金属を含み、高品位で価値の高い鉱床である。さらに、他の資源に比して水深が浅いので比較的開発が容易で我が国の排他的経済水域(EEZ)内に数多く発見されている(例えば棚橋ほか, 2006)。しかし、海底熱水鉱床の分布状況が十分に明らかになっておらず、資源量が不明確となっている。そこで本研究は、この海底熱水鉱床がどこにどのような場で形成され、その法則性から未発見の鉱床がどこに存在するのかを解明することを目的として、熱水鉱床の分布と種々の地殻情報との関連性を検討した。この地殻情報として、地殻熱流束、重力異常、海底地形、および震源データを選び、GIS(地理情報システム)ソフトウェアである ArcGIS(Esri 社)を用いて解析した。

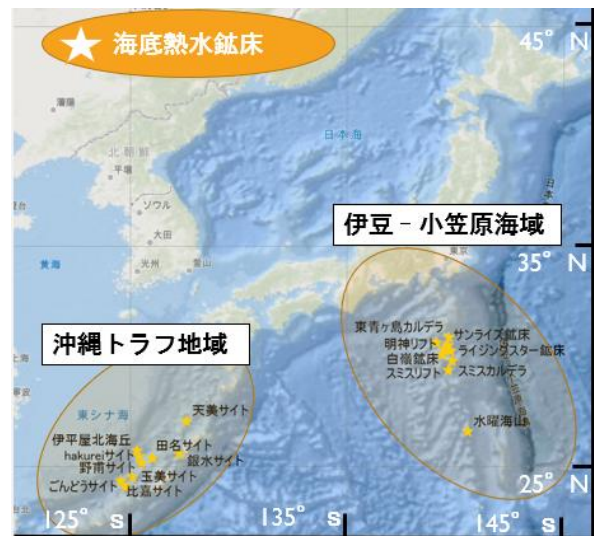
2. 解析対象データ

本研究では、解析に海底熱水鉱床の位置情報、海底地形データ、地殻熱流束、重力異常(ブーゲー異常)、震源分布のデータを使用した。NOAA(アメリカ海洋大気庁)とIPGP(パリ地球物理研究所)が提供している海底熱水噴出孔の座標データから日本近海に存在するものを選び、実際に海底熱水鉱床が形成されているかの文献調査を行った。その結果、日本近海の 18 箇所の海底熱水鉱床を選出し、それらの位置を特定した(第 1 図)。海底地形として、海底の標高のグリッドデータである NOAA の DEM(数値標高モデル)を利用した。地殻熱流束のデータは、地質総合調査センターの「日本列島及びその周辺地域の地温勾配及び地殻熱流束データベース」を、重力異常データは産業総合研究所による「日本重力データベース」を利用した。さらに震源データには USGS(アメ

リカ地質調査所)の Search Earthquake Catalog を利用し、これからマグニチュード 4.5 以上の地震の震源データを過去 40 年分入手した。

3. データの解析手法

本研究では、海底熱水鉱床分布の法則性抽出に有効と考えられる 4 つの地殻情報(海底地形、地殻熱流束、重力異常、震源分布)を選び、これらと鉱床の位置の関連性について検討した。そのためにまず、発見されている日本近海海底熱水鉱床や熱水噴出孔の位置を ArcGIS で地図(WGS 1984)上にプロットした。次に、地殻構造との関連の一つとして、標高や地形補正が行われた重力異常のグリッドデータを用いて、熱水鉱床付近のブーゲー異常の断面図、凹凸を強調した陰影図、および曲率図を作成し、鉱床周辺での重力異常の変化に注目した。また、DEM をもとに熱水鉱床付近の海底地形の特徴を、重力異常データと同様の手法で解析した。



第 1 図 本研究の解析の対象とした海底熱水鉱床の分布。鉱床は主に沖縄トラフ地域と伊豆 - 小笠原海域に存在している。

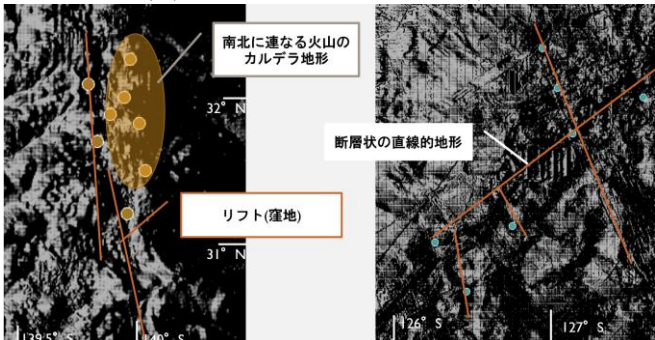
次に、3076点で測定された日本周辺の地殻熱流束データを用い、空間内挿法の一つであるクリギングによって、EEZ内と海底熱水鉱床周辺の熱流束分布を推定し、鉱床周辺の地殻熱流束の変化を明らかにした。ここではセミバリオグラムのパラメータ推定の不確実性を考慮するために、経験ベイズ・クリギング(Krivoruchko and Gribov, 2019 など)を用いた。さらに、これらの情報と前述の震源の位置、マグニチュードとを重ね合わせた。

4. 解析結果

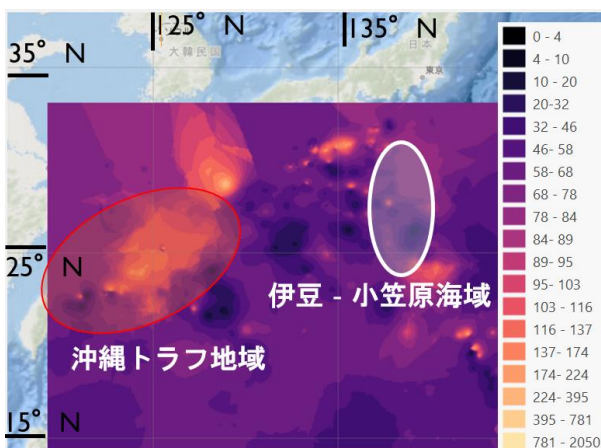
ArcGIS で地図(WGS 1984)上に海底熱水鉱床を表示したところ、鉱床は伊豆 - 小笠原海域と沖縄トラフ地域の 2 つの範囲に分布することが確認できた(第 1 図)。また DEM から陰影図を作成し、海底熱水鉱床の周辺の海底地形に注目したところ、鉱床は火山のカルデラ地形上、火山帯の近くに存在する窪地のリフト、および断層のような直線状地形に分布していることが明確になった。その例を第 2 図に示す。

経験ベイズ・クリギングによる地殻熱流束の分布から各海底熱水鉱床の位置での熱流束の推定値を求め、ヒストグラムや累積度数分布図を作成したところ、海底熱水鉱床は上位 8 パーセント以内に入る、特に大きな熱流束域にあり(第 3 図)、現在でも高温熱水の上昇が活発であることが確かめられた。

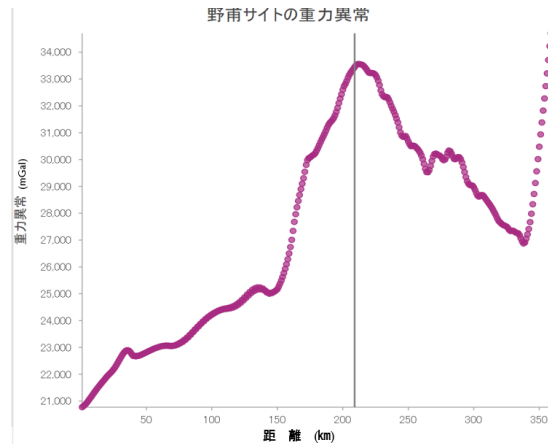
震源分布について、地震の規模を表すマグニチュードとの関連性は見られなかったが、海底熱水鉱床の位置に沿って深さ 90~150 km の範囲に、震源が集中することが明らかになった(第 3 図)。さらに、海底熱水鉱床を通る測線でのブーゲー異常の断面図を作成すると、鉱床は局所的重力異常の高まりに位置していることがわかった(第 4 図)。



第 2 図 伊豆 - 小笠原海域(左)と沖縄トラフ地域(右)の海底熱水鉱床周辺の DEM 陰影図。点は海底熱水鉱床の位置を表す。



第 3 図 海底熱水鉱床周辺の地殻熱流束の推定分布図(mW/m²)。



第 4 図 沖縄トラフ地域の野甫サイトを通る測線上でのブーゲー異常断面図。縦線は野甫サイトの位置を表す。

5. 考察

前述のように、海底熱水鉱床はカルデラ、リフト、および断層状の地形に分布していることがわかった。これらの地形の深部にはマグマが貫入しており、これが大きな熱源となって熱水活動が行われていると考えられる。

伊豆 - 小笠原海域は火山帯に位置し、マグマ貫入などによって隆起状の地形であり、低密度の流紋岩質軽石などの分布(湯浅, 1995)によって重力異常が小さくなっている。逆に沖縄トラフは背弧海盆に位置し、沈降状の地形であり、重力異常が大きく、海底熱水鉱床は局所的重力異常の高まりに位置することがわかった。よって、海底熱水鉱床の深部に、高密度の玄武岩質マグマが貫入していると推測できる。これらのマグマ貫入は、沖縄トラフと伊豆 - 小笠原海域のいずれでも海底熱水鉱床付近の熱流束が特に高いことから示唆される。本研究は海底熱水鉱床下の深度 90~150 km に比較的マグニチュードの大きな震源の集中分布を見出したが、これはスラブの脱水作用によるマグマ発生と上昇を示唆し、これが鉱床生成のソースである玄武岩質マグマの貫入になると考えられる。

6. まとめ

日本の EEZ に存在する 18 箇所の海底熱水鉱床を対象とし、鉱床分布の法則性抽出に有効と考えられる 4 つの地殻情報(海底地形、地殻熱流束、重力異常、震源分布)と鉱床位置の関連性について検討した。その結果、深度 90~150 km で比較的マグニチュードの大きな地震が集中するゾーン上に鉱床が位置するなどの特徴を明らかにできた。

謝辞：本研究にあたって種々の海底データ情報をご教示いただいた JAMSTEC の木戸ゆかり氏と兵庫県立大学の後藤忠徳教授に深甚の謝意を表したい。

文献

- Krivoruchko, K. and Gribov, A. (2019) Evaluation of empirical Bayesian kriging. *Spatial Statistics*, v. 32, 100368.
- 棚橋道郎・塩川 智・村山信行・高取亮一 (2006) 伊豆・小笠原弧背弧リフト帯ベヨネーズ海丘で発見された大規模海底熱水鉱床。資源地質, vol. 56(2), pp. 185-196.
- 湯浅真人(1995)「しんかい 2000」による海底火山軽石の観察:明神海丘調査。火山, vol. 40(4), pp. 277-284.