

西南日本内帯における隠岐諸島のテクトニクスの位置づけ — 隠岐諸島はなぜそこに存在しているのか —

松本 一郎*

(2016年3月27日受付)

はじめに

隠岐諸島は西南日本内帯に属し、島根半島から北に約40～80kmの範囲に位置する主要な4島(北東より、島後、西ノ島、中ノ島、知夫里島)と大小180の無人島から構成される。これら4島はまた、地理的な分布から島後と島前に分けられる。島後は1島であり、島前は西ノ島、中ノ島、知夫里島から構成される。これら地理的な分布は地質学的なまとまりと合致する。

隠岐諸島は元来、地質学的な岩石、地層、化石などの大地の多様性に恵まれるとともに、離島であるが故に独自の生態系が保存され、人類史における歴史的に貴重な史実・文化が加わることで魅力ある地域となっている。

それら貴重な自然と歴史・文化が存在するがゆえに、それらの保全・保護を通じた、地域住民の教育的活用、及び観光的な学習の場としての利用・促進が求められるようになった。それらを推し進めるのが官民一体型の「隠岐ジオパーク推進協議会」であり、そこに属する方々の努力により、隠岐諸島は2009年10月には日本ジオパークネットワークに、2013年9月には世界ジオパークネットワークへの加盟を果たした。なお、ジオパークの現状と課題については岩松(2007)、渡辺(2011, 2014)、Eder and Patzak(2004)に詳しいので、そちらを参照されたい。

本論文は鳥取県地学会2016年度講演会における講演内容(松本, 2016)に著者のこれまでの研究成果を加え、最近の日本海における掘削成果(例えば Tamaki, 1988, Tamaki et al., 1992,)や

西南日本内帯の地殻～マントルにかけての地下構造の知見(例えば Nakajima and Hasegawa, 2006, Nakajima et al., 2006, Tatsumi et al., 1989, 1990, 山崎, 1989, 柳井ほか, 2010など多数)などを踏まえ、隠岐諸島のテクトニクスについて、著者のアイデアを予察的・概略的ではあるがはじめて論述・公表するものである。また、小学校や中学校などの学校現場やジオパークを通じた学習や観光は重要であり(Oku and Matsumoto, 2012; 奥, 2013)、地質学的な時間・空間スケールを基盤としたダイナミックな地球の動き・営みを学ぶ一助になればと考えている。

隠岐諸島の地形・地質概説

隠岐諸島の地質であるが、島後については、地域地質研究報告として山内ほか(2009)に、島前については同じく千葉ほか(2000)に詳しくまとめられている。また、それらを概観した総論的なものは隠岐ジオパーク推進協議会(2012)にまとめられているので、詳しくはそれぞれを参照頂きたいが、本論を進めるにあたり以下に地形及び地質の概略について整理・確認する。

隠岐諸島を含め、西南日本内帯の地質、テクトニクスを考える上で重要なのは、地下構造としてのプレートレベルでの視点とその力学的な地球表層への地形学的・地質学的な影響の把握・解釈である。図1に隠岐諸島の位置とともに西南日本内帯におけるプレートの上面深度分布を示した。

隠岐諸島は、島根半島付近から北に突き出た隠岐海脚上に位置している。隠岐海脚は隠岐諸島から

*島根大学大学院教育学研究科

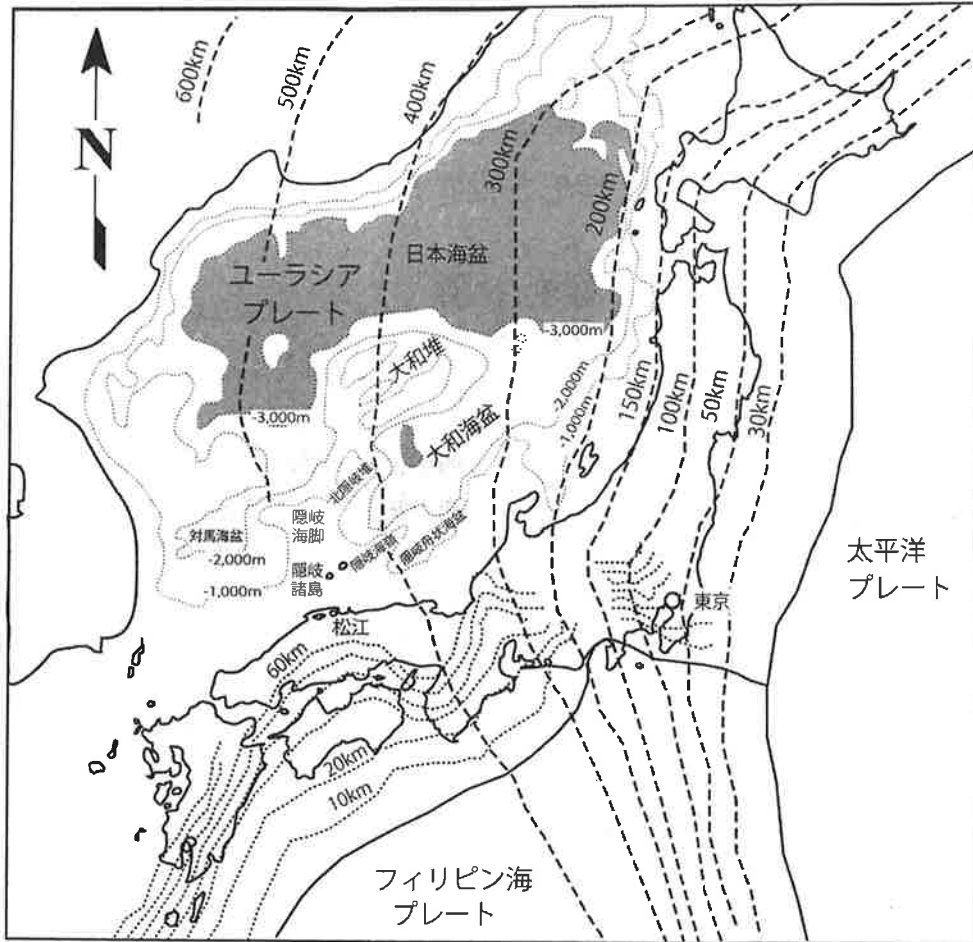


図1. 日本海の地形と太平洋プレート及びフィリピン海プレートの上面深度分布図。フィリピン海プレート上面深度については Nakajima et al. (2006), Wang et al. (2004) を、太平洋プレート上面深度については Zhao and Hasegawa (1993), Nakajima and Hasegawa (2006) を参照にした。

北におよそ 150 km の範囲までおよび、その北東に延びる北隠岐堆へと続いている。北隠岐堆の東方には大和海盆が、また北方～北北東にかけて大和堆が位置する。また、島前から島後を結ぶ北東延長線上には隠岐海嶺があり、隠岐海嶺の南方部分に隠岐舟状海盆が存在する。以上の日本海における海底の地形的特徴は約 2000 万年前にはじまった日本海の形成(日本海のオープニング)に伴う地殻変動・プレートの動きやマントルからのプルームの上昇と関連している。

隠岐諸島の地質を図2に示した。隠岐諸島の地質は、隠岐諸島で最も古い岩石である隠岐変成岩(片麻岩や角閃岩、など)を基盤にして、その上にそれ以降の地質時代の各岩石が連なる。隠岐変成岩は含まれるモナズ石の CHIME 法の年代より 250 Ma の

年代値 (Suzuki and Adachi, 1994) が得られている。なお、隠岐変成岩の源岩となった堆積岩(現、角閃岩)について堆積年代とされる 1980 Ma の Sm-Nd 年代が得られている (田中・星野, 1987)。また、古第三紀には小規模ながら島後南谷花崗岩の活動が認められ 42.4～53.3Ma のフィッシュトラック年代が得られている (大平・筒井, 2000)。以上、島後には中生代～古第三紀に形成された比較的古い岩石が観察される。一方、島前ではそれら古い岩石の分布は認められず新第三紀、およびそれ以降の岩石から構成されている (千葉ほか, 2000)。

隠岐諸島において多くの面積を占めるのは第三紀中新世及びそれ以降の火山活動によって形成された岩石である。特に、島前ではその大部分が外輪山や中央火口丘といった火山地形を色濃く残している

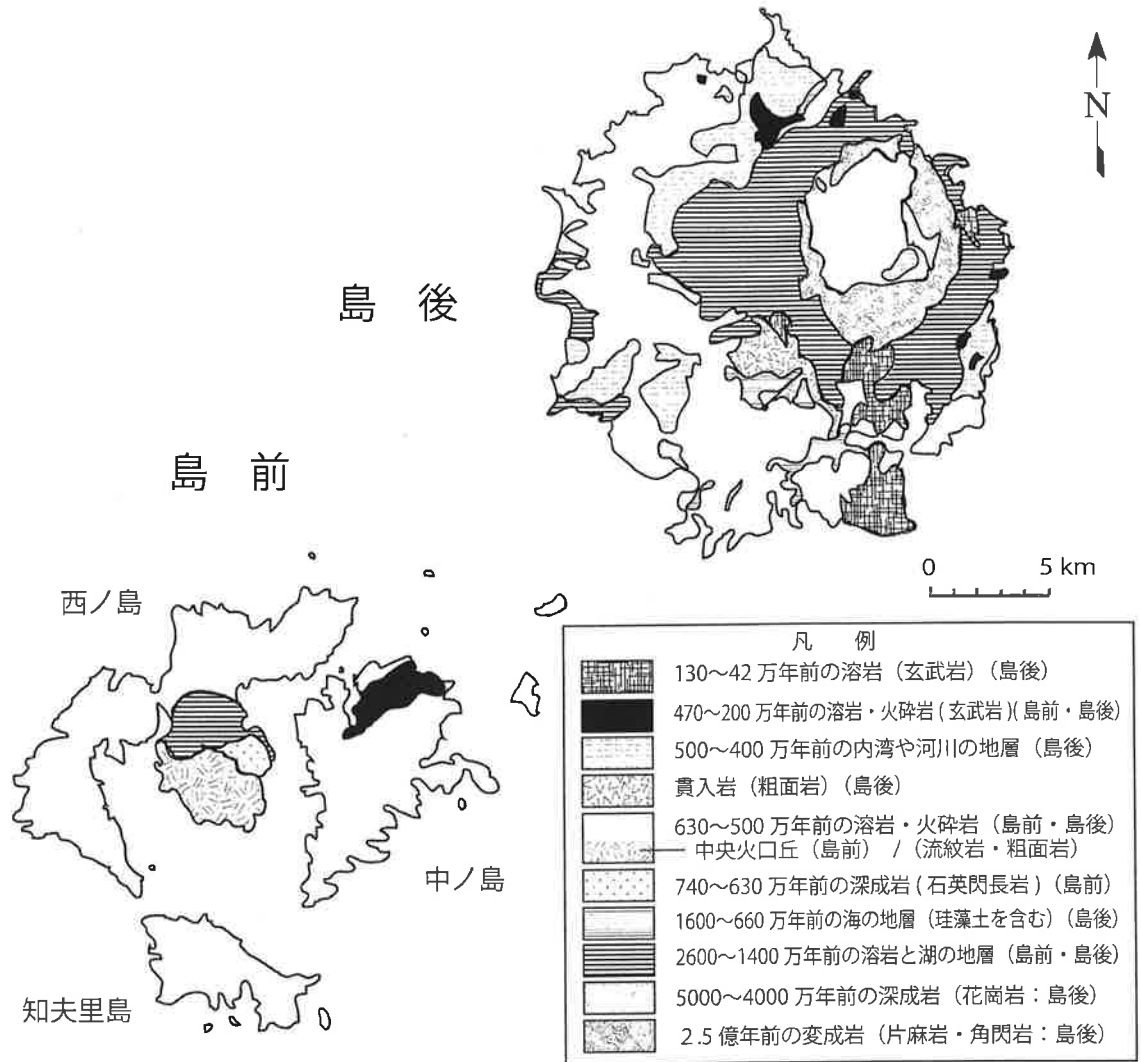


図2. 隠岐諸島の地質. 隠岐ジオパーク推進協議会(2012)を参考に一部改変(地図上に表現の難しい小さな岩体,及び地層は省略した. また, 第四紀でも比較的新しい堆積物は同じく省略した).

のが特徴である.

島後においては, 中新世に活動した流紋岩~安山岩溶岩・火砕岩からなる時張山層 (漸新世からの活動), 玄武岩溶岩, 酸性火砕岩, 凝灰質砂岩, 礫岩, 砂岩, 泥岩からなる郡層, 砂岩泥岩互層, 黒色泥岩及び凝灰質泥岩 (珪藻土や酸性火砕岩を伴う) からなる都万層, 流紋岩・粗面岩溶岩を主とする重栖層, 珪長質火砕岩, 流紋岩溶岩を主とする葛尾層が認められる. 鮮新世に入ると礫, 粘土, 火山灰, 玄武岩溶岩からなる向ヶ丘層, 大峰山玄武岩, 大久北玄武岩, 崎山岬玄武岩が認められる. 第四紀に入っても火山活動は継続し, 更新世前期の西郷玄武岩, 更新世中期の岬玄武岩が認められる. その後, 礫, 砂, 及び泥からなる段丘堆積物などが形成された.

島前においては, 前期中新世に形成された美田層が最も古い地質体でありそれ以前のものとは認められない. 美田層は前期中新世に形成され安山岩~珪長質火砕岩, 凝灰質砂岩, 礫岩, シルト岩, 泥岩及び頁岩からなる. 美田層の上位にはやはり前期中新世~中期中新世に形成された黒色泥岩である大津層が重なる. さらにその上位には中期中新世に形成された砂岩, シルト岩, 泥岩及び珪長質凝灰岩からなる市部層が認められる. 後期中新世に入ると小規模な岩体ではあるが大山石英閃長岩の貫入 (6.3 ~ 7.4 Ma) が認められる. その後, 島前外輪山の大部分を占める粗面玄武岩から玄武岩質粗面安山岩溶岩火砕岩, 及び粗面岩溶岩火砕岩が形成される (5.3Ma ~ 6.3 Ma). また, 島前火山の活動末期には中央火

口丘である焼火山火砕丘が形成された (5.4 Ma). 後期鮮新世になると礫岩及び砂岩からなる知々井岬層が形成されるとともに, その後, 主としてアルカリかんらん石玄武岩溶岩火砕岩からなる宇受賀玄武岩が活動し火砕屑丘を形成した. 第四紀に入ると更新世に砂及び泥からなる中位段丘堆積物の形成が認められる.

中国地方の地質について—特に隠岐諸島のテクトニクスと関連して—

筆者は, これまで西南日本内帯の主に中国地方の古生代, 中生代, 新生代の主に火成岩を中心に研究を重ねてきた. これらの研究は隠岐のテクトニクスを論じる上で本論では特に重要であることから, 以下に著者の研究の紹介を兼ね, その概要を述べる.

著者は古生代の地質体として三郡帯に属する超マフィック岩の岩石学的な多様性について新知見を得てきた (例えば, 松本ほか, 1995; Matsumoto and Arai, 1997, 2001). それらによると, 中国地方の主に中部に存在する超マフィック岩類 (322 Ma (Matsumoto and Suzuki, 2002)) は, ダナイト~ハルツバーガイトを主として構成されるなど, その岩相分布を明らかにした. また, 島弧マントルでのクロミタイトの成因について言及し, マグマとマントルとの相互作用が重要であることを示した. また, 隠岐のマントルかんらん岩捕獲岩についてもその記載をおこなった (山本, 2009). ここでは, 特に隠岐での火山活動と関連して, 超マフィック岩の中国地方における位置分布について示す (図3) とともに後ほどその意義について述べる.

一方, 著者は中国地方の白亜紀火成岩類について特に広島県の吉舎地域を中心に高マグネシア安山岩を発見・記載するとともに, 高田流紋岩や随伴する深成岩体の Sr・Nd 同位体比や年代値 (84 Ma) を報告した (松本, 1991, 松本ほか, 1994, 2002). これらの成果により, 中国地方には同位体比を異にする地質体がいくつか接しており, それらの深部接合面付近を利用するように白亜紀の火山活動が生じたと論じた. なお, 同位体比の異なる地質ブロックの存在については Kagami et al. (1992)

に詳しい. 筆者はまた, 異なる地質ブロックの接合面付近には前述した超マフィック岩体, つまりマントル構成岩の分布が現在の地表面で認められる事も示した (図3).

新生代の地質については, 島根県の宍道湖と中海を隔てる位置に存在する和久羅山デイサイト (5 Ma) について, その地質分布の詳細を明らかにする (佐藤・松本, 2008) とともに全岩化学的な特徴からそれがアダカイトであることを記載した (佐藤ほか, 2011). この事から, フィリピン海プレートの先端は 5 Ma 頃には既に島根半島付近直下まで達し, スラブ溶融により火山活動に至ったと論じた. なお, 本アダカイトの存在は, 巨視的な視点から隠岐諸島の火成活動を議論する上で重要な論拠の一つとなる.

以上, 著者はこれまで中国地方において3つの異なる時代の火成岩について調査研究を進めてきたが, それらに加え, 最近のプレートレベルでの研究成果を加味して, 隠岐諸島がなぜ現在の位置に存在しているかについて以下, 考察する.

考察: 隠岐諸島はなぜそこに存在しているのか

「隠岐諸島はなぜそこに存在しているのか」ということを考える時, 今の隠岐諸島の地理的位置の地質学的な特徴を明らかにする事が必要である. つまり, 現在の隠岐諸島の地質学的な形成過程における制約条件, つまりテクトニックセッティングを考察することが重要である.

さて, 古くはアルフレッド・ウェーゲナーが 1912 年に学会で発表し「大陸と海洋の起源」(Weagener, 1915) としてまとめた大陸移動説についても, 南北アメリカ大陸, およびヨーロッパ, アフリカ大陸の海岸線の地形的・形状的な類似性がその提唱の根拠となっていたことは有名である. つまり, 地理的, 地形的な特徴はそれを生じさせた地質学的な背景と密接に関わっているという事である. 今となっては当然のように, 大陸や海洋における地形やその地質・特徴を考へるときに地球深部のプレートやプルームの動きと連動・関連させて考へる事が地球科学的な論拠・切り口の一つとなってい

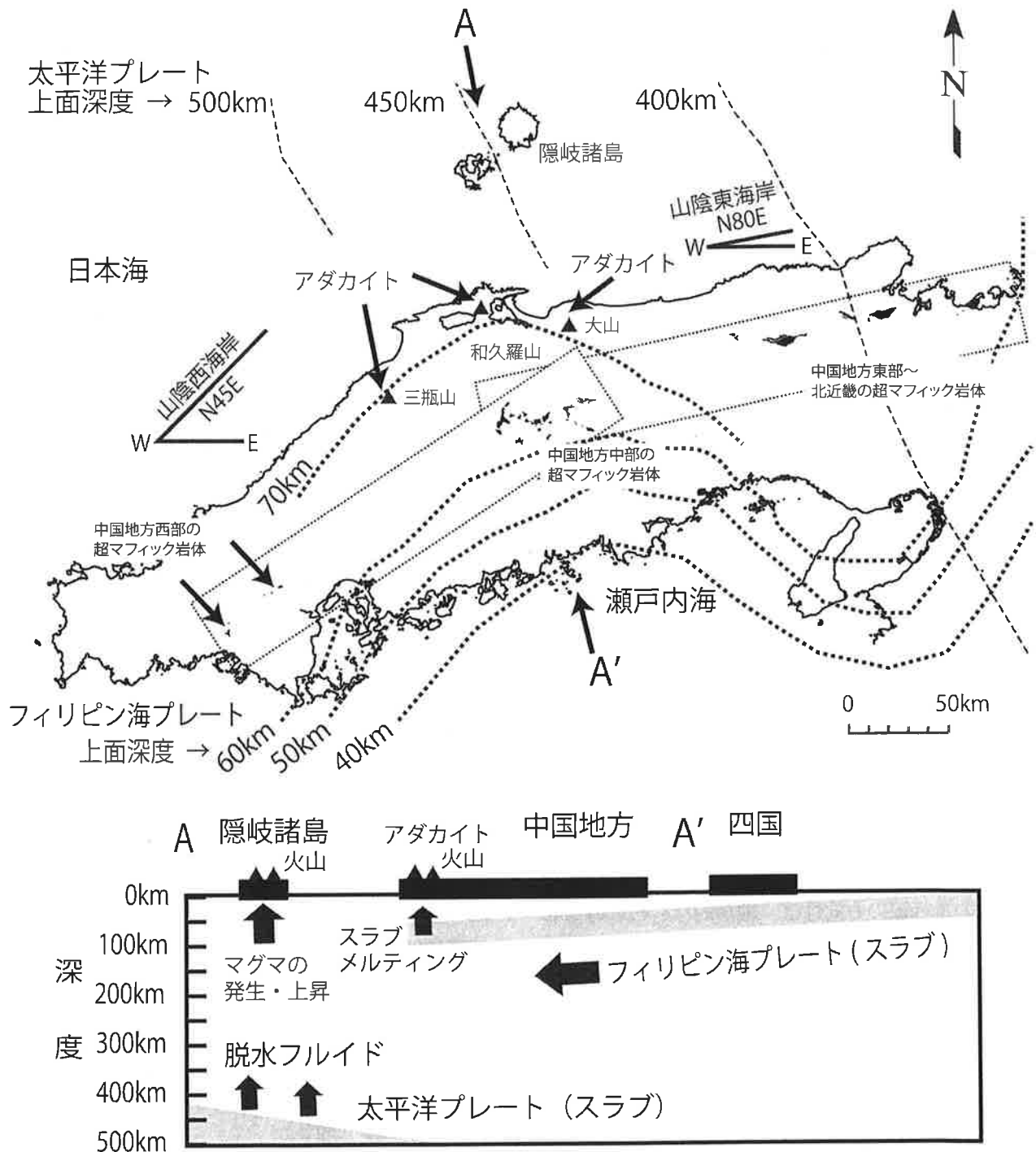


図3. 隠岐から中国地方にかけての沈み込むプレートの上面深度分布と超マフィック岩の分布, 及びA-A' 測線の地殻-マントル垂直模式断面図. 超マフィック岩の分布は Matsumoto and Arai(1997) を参考に, またプレートの上面深度分布のうちフィリピン海プレートの上面深度 70km ラインは今回の報告ではじめて記載するものである.

る (例えば Maruyama, 1994, 1997; Maruyama et al., 1997, 2009 など多数).

隠岐諸島から西南日本を概観したとき, まず地理的な形態についていくつか注目される点がある. それは, 山陰海岸の海岸線の走行 (角度) である. 山口県の日本海側から島根半島中程の松江市まで

は, その海岸線はおよそ N45E の走向を示すのに対し, 松江市から京都府の丹後半島までの海岸線はおよそ N80E の走向を示し, その走向線は松江市を境にきれいに变化する (図3). 本論では, 山口から島根半島までの海岸線を便宜的に山陰西海岸, 島根半島から丹後半島までを山陰東海岸と呼ぶことに

する。

さて、ここで上述した山陰の海岸線を沈み込んでいるフィリピン海プレートの上面深度分布と見比べるとその形状が類似していることがわかる(図3)。特に山陰西海岸では顕著である。一方、山陰東海岸の深部に沈み混んでいるフィリピン海プレートの上面深度分布は、やや複雑であるがこれは東から沈み込んでいる太平洋プレートとの関係であろうと考えられる。ここで重要な点は、フィリピン海プレートの沈み込む方向が、おおよそ北北西であり、その先端部分が丁度島根半島あたりを中心に屈曲しているという事実である。つまり、フィリピン海プレートの沈み込み方向とその形状が、地表の山陰海岸の地形・形状、特に海岸線の走行方向に関わっている可能性が指摘される。

次に地質的な構造・分布についてであるが、図3には超マフィック岩、つまりマントルを構成していた岩石の地表分布を合わせて示したが、中国地方の中部から中国地方の東部～近畿地方北部にかけての岩体は、やはり山陰東海岸の走行線に平行するようにその分布が認められる。また、中国地方西部に分布する超マフィック岩の分布は限られるものの、それら岩体の分布の並びは、中国地方中部地域の超マフィック岩の分布域にかけてやはり、山陰西海岸の走行線に平行するよう見える。つまり、山陰両海岸線の走行線の方向性は、地形的なもののみならず、地質学的な岩石の分布とも整合性があるとみる事ができる。つまり、超マフィック岩の地表露出分布は中国地方中部付近で、図3に示したように屈曲していると考えられる。なお、第3図には示していないが、中生代の特に安山岩を中心とする吉舎火山岩相当層の分布についても大局的に同様な分布傾向を示していると考えている。

次に、第三紀火山岩で松江市中心部分に位置する和久羅山デイサイトについて述べる。図3には和久羅山の位置を示した。本火山は佐藤ほか(2011)でアダカイトとしての記載がなされた。つまり、大山や三瓶山がやはりアダカイト(もしくはアダカイト質)である事(Morris, 1995)を考えると、フィリピン海プレートの沈み込み先端部分は5 Ma頃には島根半島の直下あたりに到達し、70～80 km程

度でアダカイトマグマを形成し、和久羅山デイサイトの活動を引き起こしたと考えられる(佐藤ほか, 2011)。つまり、和久羅山、大山、及び三瓶山の3火山を結んだライン直下にはフィリピン海プレートの北部延長部分が沈み込んでおり、プレート上面深度70 kmラインは、この3つの火山を結んだ直下に存在するものと仮定される。つまり、本論文においてはじめてフィリピン海プレート上面深度70 kmラインを推定し図2に追加、描く事ができた。図2からも明らかなように、3つの火山を結んだラインは、Nakajima et al. (2006), Wang et al. (2004)のフィリピン海プレート上面深度60 kmラインと同様の形状で北に凸状に整合的であり、これら3火山の分布はアダカイトマグマ発生火山前線とみなすことができる。また、和久羅山デイサイトは、フィリピン海プレートの沈み込む北部凸状部分の先端の位置にあると同時に、山陰西海岸と山陰東海岸の屈曲部にあたる。隠岐諸島は、その北部延長線上に位置している事が特に重要である。

図3に南北方向にきった地殻からマントル上部にかけての垂直断面の地質構造図をA-A'断面として描いた。このA-A'断面は前述のとおり山陰西海岸と山陰東海岸の走向線屈曲部付近であると同時に、フィリピン海プレートの沈み込む凸状部分と重なるように描いてある。前述のとおり、フィリピン海プレートの沈み込む凸状部分の北部延長線上に隠岐諸島は存在している。また、同時に隠岐諸島直下は東から沈み込んでいる太平洋プレートのスラブ上面深度が450 kmにあり、そこからスラブ由来の含水フルイドがマントルウェッジに供給され、マグマを発生・分離させ隠岐諸島の火山活動につながったと考えられる(図3)。

以上、プレートレベルでの地質構造に照らし隠岐諸島のテクトニックセッティングについてまとめると、以下ようになる。つまり、隠岐諸島の現在の位置は、フィリピン海プレートの沈み込む凸状部分の先端延長線上にあたり、隠岐諸島を含む隠岐海脚、北隠岐堆と、その地形的な特徴がプレート運動と関連して表出しているとみなせる(図1, 図3)。ただし、隠岐諸島の火山活動についてみると、フィリピン海プレートの沈み込みが直接的にその活動に

関与したかは現在のところ定かではない。しかし、フィリピン海プレートの沈み込み凸状部分の延長線上に隠岐諸島が位置している事実から、隠岐諸島直下のマントルウェッジに、フィリピン海プレートの沈み込みが何らかの影響を与えている可能性が示唆される。つまり、隠岐諸島直下は、沈み込んだ太平洋プレート上面から供給されるフルイドの影響に加え、フィリピン海プレートからの沈み込みの影響が重なるホットスポットであると言える。言い換えると、本論の命題である「隠岐諸島がそこになぜ存在しているのか」についての回答として、2つのプレートの沈み込む影響の重なる部分が現在の隠岐諸島の位置にあたるため、必然的に、その場所にて火山活動や隆起・沈降などの地殻変動が起こったと考えられる。

おわりに

本論は、隠岐諸島のテクトニクスについて、日本列島付近の巨視的なプレートレベルでの最近の研究成果と、筆者のこれまでの西南日本での研究成果を合わせ、やや概略的で予察的な部分を内包する事を承知しながら、あえてそのアイデアを論じた。今後、議論を重ねていく中で、修正を加え、精度を高めていけたらと考えている。

また、平成28年度の鳥取県地学会の第21回の総会・記念講演会・研究発表会には丸山茂徳先生を招いての会になるということで、本論で論じた内容についても議論・ご示唆を頂けるものと感謝しているところである。丸山先生とは1989年に島根大学に集中講義「プレートテクトニクス」にお越し頂いた時に大学院生であった松本が講義を受講させて頂くとともに松江城をご案内したことを記憶している。その後、三朝にある岡山大学地球内部研究センター（現、地球物質科学研究センター）にてやはり特別講義を拝聴する機会を重ねるにつれ、地域地質はグローバルな地球規模のダイナミクスの一部であることを学んだ。その後、フィリピンで開催された1995年のGEOSEA'95では丸山先生の2つ後に発表をさせて頂く機会に恵まれるなど、その後の地球学への著者自身の取組に大きな影響を与えて頂い

た。

最後に、鳥取県地学会の関係の皆様には発表の機会を与えて頂いた。特に大学時代の先輩にあたる山口健二氏には諸々お世話になった。また、隠岐諸島のテクトニクスを研究するにあたり、また隠岐ジオパークの教育的な活用を模索する中で、隠岐ジオパーク推進協議会の野辺一寛氏、元環境省の新中達也氏をはじめ、八幡浩二氏、斎藤一志氏、毛利彰氏には常日頃からお世話になっている。以上の方々及び関係各位に深くお礼申し上げる。

文献

- Eder, F.W. and Patzak, M. (2004) Geoparks-geological attractions: A tool for public education, recreation and sustainable economic development. *Episodes*, 27, 162-164.
- 岩松 暉(2007)今なぜジオパークか. 地質ニュース, 635, 8-14.
- 千葉とき子・金子信行・鹿野和彦(2000)浦郷地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 74 p.
- Kagami, H., Iizumi, S., Tainosho, Y. and Owada, M. (1992) Spatial variation of Sr and Nd isotope ratios of Cretaceous-Paleogene granitoid rocks, Southwest Japan Arc. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 112, 165-177.
- Kimura, J.-I., Kunikiyo, T., Osaka, I., Nagao, T., Yamauchi, S., Kakubuchi, S., Okada, S., Fujibayashi, N., Okada, R., Murakami, H., Kusano, T., Umeda, K., Hayashi, S., Ishimaru, T., Ninomiya, A. and Tanase, A. (2003) Late Cenozoic volcanic activity in the Chugoku area, southwest Japan arc during back-arc basin opening and reinitiation of subduction. *The Island Arc*, 14, 115-136.
- 松本一郎(1991)中国地方中部における白亜紀火成活動とテクトニクス. 島根大学大学院理学研究科修士論文, 91p.
- 松本一郎(2016)隠岐ジオパーク-大地の宝島・その岩石学的魅力-. 鳥取地学会2016年新春講

- 演会 (鳥取市).
- 松本一郎・沢田順弘・加々美寛雄 (1994) 白垂紀吉舎火山岩類および周辺花崗岩類の Rb-Sr アイソクロン年代とその地質学的意義. 地質学雑誌, 100, 399-407.
- 松本一郎・沢田順弘・加々美寛雄 (2002) 広島県吉舎地域・高田期の火山-深成複合岩体 - 斜長石 Sr 同位体比組成からのアプローチ -. 島根大学地球資源環境学研究報告, 20, 163-169.
- 松本一郎・荒井章司・村岡弘康・山内英生 (1995) 三郡帯のダナイト - ハルツバージャイト - クロミタイト複合岩体の記載岩石学的特徴. 岩鉱, 90, 13-26.
- Matsumoto I. and Arai, S. (1997) Characterization of chromian spinel as a tool for petrological exploration of chromitite for podiform. Resource Geology, 47, 189-199.
- Matsumoto I. and Arai, S. (2001) Morphological and chemical variation of chromian spinels in dunite-harzburgite complexes from the Sangun zone (SW Japan): implications for mantle/melt interaction and chromitite formation processes. Mineralogy and Petrology, 73, 4, 305-323.
- Matsumoto I. and Suzuki K. (2002) Re-Os Age and Isotopic Constraints on Genesis of Tari-Misaka Ultramafic Complex of the Sangun zone, Southwest Japan. 4th International Workshop on orogenic Lherzolite and Mantle Processes (Samani, Japan).
- Maruyama, S. (1994) Plume tectonics. Journal of Geological Society of Japan, 100, 24-49.
- Maruyama, S. (1997) Pacific-type orogeny revisited: Miyashiro-type orogeny proposed. Island Arc, 6, 91-120.
- Maruyama, S., Isozaki, Y., Kimura, G. and Terabayashi, M. (1997) Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present. Island Arc, 6, 121-143.
- Maruyama, S., Hasegawa, A., Santosh, M., Kogiso, T., Omori, S., Nakamura, H., Kawai, K. and Zhao, D. (2009) The dynamics of big mantle wedge, magma factory, and metamorphic-metasomatic factory in subduction zones. Gondwana Research, 16, 414-430.
- Morris, P.A. (1995) Slab melting as an explanation of Quaternary volcanism and aseismicity in southwest Japan. Geology, 23, 395-398.
- Nakajima, J., Shimizu, J., Hori, S. and Hasegawa A. (2006) Shear-wave splitting beneath the southwestern Kurile arc and northeastern Japan arc: A new insight into mantle return flow. Geophys. Res., Lett., 33, L05305, doi:10.1029/2005GL025053.
- Nakajima, J. and Hasegawa A. (2006) Anomalous low-velocity zone and linear alignment of seismicity along it in the subducted Pacific slab beneath Kanto, Japan: Reactivation of subducted fracture zone?. Geophys. Res. Lett., 33, L16309, doi:10.1029/2006GL02773.
- 大平寛人・筒井夏実 (2000) 隠岐島後に分布する基盤岩類の FT 年代. フィッション・トラックニュースレター, 13, 59-61.
- 奥 聡美 (2013) ジオパークを用いた野外学習法の開発 - 隠岐諸島を例として -. 島根大学教育学部卒業論文, 112 p.
- Oku S. and Matsumoto I. (2012) Science education in Elementary school by using of "Geopark", Oki Islands, Japan. AGU Fall Meeting 2012, (San Francisco, USA).
- 隠岐ジオパーク推進協議会 (2012) 隠岐ジオパークガイドブック. 松陽印刷所, 183p.
- 佐藤大介・松本一郎 (2010) 島根県松江市和久羅山デイサイトの記載岩石学 - 和久羅山火山の火山発達史の一考察 -. 島根県地学会会誌, 25, 35-43.
- 佐藤大介・松本一郎・亀井淳志 (2011) 島根県松江市, 和久羅山デイサイトの岩石記載と全岩化学組成. 地質学雑誌, 117, 439-450.
- Suzuki, K. and Adachi, M. (1994) Middle Precambrian detrital monazite and zircon from the Hida gneiss on Oki-Dogo Island, Japan: their origin and implication for the correlation of

- basement gneiss of Southwest Japan and Korea. *Tectonophysics*, 235, 277-292.
- Tamaki, K. (1988) Geological structure of the Japan Sea and its tectonic implications. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 39, 269-365.
- Tamaki, K., Suehiro, K., Allan, J., Ingle, J.C. Jr. and Pisciotto, K. A. (1992) Tectonic synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling. *Proc. ODP, Sci. Results*, 127-128, 1333-1348.
- 田中 剛・星野光雄 (1987) 隠岐変成岩の Sm-Nd 年代とその地質学的意義. 日本地質学会第 94 年 学術大会講演要旨, 492.
- Tatsumi, Y., Otofujii, Y., Matsuda, T., and Nohda, S. (1989) Opening of the Japan Sea by asthenospheric injection. *Tectonophysics*, 166, 317-329.
- Tatsumi, Y., Maruyama, S. and Nohda, S. (1990) Mechanism of backarc opening in the Japan Sea: role of asthenospheric injection. *Tectonophysics*, 181, 299-306.
- Wang, K., Wada, I. and Ishikawa, Y. (2004) Stress in the subducting slab beneath southwest Japan and relation with plate geometry, tectonic forces, slab dehydration, and damaging earthquakes. *J. Geophys. Res.*, 109, B08304, doi:10.1029/2003JB002888.
- 渡辺真人 (2011) 世界ジオパークネットワークと日本のジオパーク. *地学雑誌*, 120, 733-742.
- 渡辺真人 (2014) ジオパークの現状と課題. *E-Journal GEO*, 9 (1), 4-12.
- Weagener, A. (1915) *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (1st Edition). Braunschweig: Vieweg, 94p.
- 山崎博史 (1998) 隠岐島後の後期新生代堆積—構造史と日本海南部における地形的・構造的起伏起源. 広島大学学校教育学部紀要, 第 II 部, 20, 85-153.
- 山内靖喜・沢田順弘・高須 晃・小室裕明・村上久・小林伸治・田山良一 (2009) 西郷地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 121p.
- 柳井修一・青木一勝・赤堀良光 (2010) 日本海の拡大と構造線—MTL, TTL そしてフォッサマグナ—. *地学雑誌*, 119, 1079-1124.
- 山本佳奈 (2009) 隠岐島後のマントルかんらん岩捕獲岩の岩石学的研究. 島根大学教育学部卒業論文, 87 p.

