伊豆・小笠原弧の地学現象に見られる 南北対立はなぜ生じたか

湯 浅 真 人*

The Reason for the Differences in Geologic Phenomena between Northern and Southern Parts of the Izu-Ogasawara Arc

Makoto YUASA*

Abstract

The Izu-Ogasawara Arc is divided into two parts, the northern and southern, at its central part. There are notable differences between the two parts in submarine topographic feature, rock chemistry, earthquake hypocenter distribution, *etc.* The two parts of the arc originally independent arcs which have different development histories and joined together at the bending part of pre-existing arc. They were rifted by the wedge of oceanic crust which is caused by the Parece Vela Basin opening. The different development histories are reflected in the above mentioned differences between them.

I. はじめに

フィリピン海プレート東縁部に位置する伊豆・小笠原弧は、太平洋プレートの沈み込みに関連して形成・発達してきた。それゆえ、この島弧に見られる地質および地球物理現象は、両プレートの間の相互作用を反映している。本稿では、伊豆・小笠原弧北部および南部の間に見られる、それらの地質・地球物理現象の違いがなぜ生じたかということを、フィリピン海の発達史に基づいて述べる。

II. 嬬婦岩構造線と南北対立

すでに湯浅 (1983), Yuasa (1985) などで述べているように、伊豆・小笠原弧はその南半部と北半部との間で様々な地学現象に違いが認められる。それらは海底地形、火山フロントの岩石の化学組

成、および震源分布、背弧凹地の分布などに見られる違いであり (表1)、両者の間は明瞭な地形的ギャップで分かたれている。これが嬬婦岩構造線として提案された断層 (図1) で、その成因について、伊豆・小笠原弧の北部と南部とにおける太平洋プレートの沈み込み様式 (角度) の違いを反映したもの、あるいは四国海盆とパレスベラ海盆との境をなすトランスフォーム断層の延長部という可能性が指摘された (湯浅, 1983)。地形に表われている断層は、伊豆・小笠原弧中央部を北北東-南南西方向に走る崖をつくっており、北緯26度50分、東経139度40分付近から N15°E の走向で北緯28度40分、東経140度20分付近まで、200 km 以上にわたって追跡できる (図1)。

表1に示した地学現象の対立的差異は、伊豆・小笠原弧南北の次のような特性に基づくものと解される。

まず、海底地形に見られる違いのうち、北部が浅く南部が深いという水深の差は、アイソスタシー

* 地質調査所海洋地質部

* Marine Geology Department, Geological Survey of Japan

表 1 伊豆・小笠原弧に見られる地学現象の南北対立

Table 1 Different geological and geophysical phenomena between northern and southern parts of the Izu-Ogasawara Arc

		北 部	南 部
海 底 地 形	前弧海嶺	新黒瀬海嶺	小笠原海嶺
	背弧雁行山脈	西七島海嶺	無い
	水深	浅い	深い
	海底カルデラ	多い	少ない
	背弧凹地	在る	無い
	火山の比高	低い、一定	高い、変化
	火山の間隔	狭い、変化	広い、一定
火山岩化学組成	中～塩基性岩	低アルカリ	高アルカリ～アルカリ
	酸性岩産出	多い	少ない
地 震	頻度	多い	少ない
	深発地震面の傾斜	緩い	急傾斜（相対的に）

が成立しているとすれば地殻の厚さの違いを直接的に示している。すなわち、北部は南部よりも島弧（大陸性）の地殻が厚い。

火山岩の化学組成に見られる南北間の差異は、Sr 同位体比を島弧軸沿いに調べた Notsu *et al.* (1983) によれば、南北間でマグマのもとになった物質の違いは見られないとのことから、部分熔融の程度の違いに基づくものと考えられる。すなわち、アルカリに乏しい北部の方がアルカリに富む南部よりも部分熔融の程度が大きい。また、北部には酸性岩を噴出しているカルデラ火山（例えば、黒瀬海穴、明神海丘、第三須美寿海丘など）が多く存在しているが、南部では酸性岩の産出が少ない。北部海底のカルデラ火山は、デイサイト質・流紋岩質の軽石が山体の大部分を構成していると考えられ（湯浅・村上，1989），このような大量の酸性岩の産出は、玄武岩質マグマからの分化を考えるより地殻の溶融（小林，1987）の方が考えやすい。北部では南部に比べて地殻が厚く、その地殻が溶融を起こしているのであろう。

伊豆・小笠原弧の背弧凹地では、地殻熱流量の値が周囲の海底に比べ高いところが多く（Yamazaki, 1988），また凹地底に存在する火山性の高まりには熱水活動の兆候が知られている（Taylor *et al.*, 1990；山崎ほか，1990）。すなわち、この

ような背弧凹地は熱的にアクティブな場であり、これが北部にしか存在しないことは、北部が南部に比べ熱的にアクティブであることを示している。

以上のような海底地形の特徴や火山岩の化学組成の違いなどから推定される伊豆・小笠原弧南北の違いは、熱的にアクティブで地殻の厚さが厚い北部とその逆の様相を示す南部という図式を浮かび上がらせる。このような違いを生じさせた原因について、次のように考えた。

III. 南北対立の起源

先にも述べたように、伊豆・小笠原弧の地学現象には太平洋プレートとフィリピン海プレートとの間の相互作用が関連している。南北の境界である孀婦岩構造線は、太平洋プレートの沈み込み角度が変化する境界であり、かつ沈み込まれるフィリピン海プレート上の二つの背弧海盆（四国海盆、パレスベラ海盆）の境界にあたる。したがって、この構造境界とそれをささむ伊豆・小笠原弧南北の対立的特徴の起源は、フィリピン海の発達史と関連している。

図2には、海溝後退モデル（Seno and Maruyama, 1984）に基づいて48Ma以降のフィリピン海の発達過程を示した。ここから、次のような伊豆・小笠原弧の南北の発達史の違いと背弧海盆の

図 1 伊豆・小笠原弧の地質構造骨格

S : 嬬婦岩, N : 西之島, Om : 大町海山, S.T.L. : 嬬婦岩構造線
 嬬婦岩構造線と西之島とはさまれた部分が西之島トラフ。

Fig. 1 Structural framework of the Izu-Ogasawara Arc
 S : Sofugan Is., N : Nishinoshima Is., Om : Ohmachi Sea-mount, S.T.L. : Sofugan Tectonic Line
 Nishinoshima Trough is between S.T.L. and Nishinoshima Island.

拡大の様子が読み取れる。

<48Ma>

この時代の太平洋プレートの沈み込みは、フィリピン海プレートとの境界の北側からの沈み込みであった。このときにはまだフィリピン海プレー

ートの東側からの沈み込みはなく、東側はトランスフォーム境界である。太平洋プレートの沈み込みは、セントラルベースン海嶺の拡大によるフィリピン海プレートの北向きの運動に起因する、受動的なものであった。このときの沈み込みにとまな

図 2 48, 42, 30-25, 17Ma におけるフィリピン海の古地理図
(Seno and Maruyama, 1984を部分的に変更した)

CBR: セントラルベースン海嶺, PVB: パレスベラ海盆, SB: 四国海盆
図中には, ホットスポット (HS) に対する太平洋プレート (PA) およびフィリピン海プレート (PH) の移動速度と方向を示してある。また, この図には, 深海掘削 (ODP Leg126) により明らかにされた伊豆・小笠原前弧域における漸新世のリフティングを表現していない。これについては西村・湯浅 (1991) に触れられている。

Fig. 2 Paleogeographic maps of Philippine Sea at 48, 42, 30-25 and 17 Ma
(partly changed from Seno and Maruyama, 1984)

CBR: Central Basin Ridge, PVB: Parece Vela Basin, SB: Shikoku Basin

って形成された島弧は, 現在の九州—パラオ海嶺北部¹⁾と伊豆・小笠原弧の北部とを合わせたものに対応しており, 屈曲部 (図 2, 48Ma を示す図

中では, 太平洋プレートとフィリピン海プレートとの境界が, 沈み込み境界からトランスフォーム境界に変わる位置)をはさんでその南方延長部に

は島弧の萌芽はまだなかった。このような状態は太平洋プレートの運動方向転換時（42 Ma：例えば、Clague and Jarrard, 1973）まで続き、形成されはじめた島弧（九州—パラオ海嶺北部および伊豆・小笠原弧北部）は成長を続けた。伊豆・小笠原弧の北部が南部に先だって形成されはじめたことが、後に南北の違いを生じる主要因となった。伊豆・小笠原弧で、南部に比べ北部で水深が浅くかつ基盤が高まっていることは、島弧地殻がより発達していることを示しているであろう。

<42Ma>

このとき太平洋プレートは、その運動方向を北北西から西北西へ変え（Clague and Jarrard, 1973）、それまでトランスフォーム境界であった部分で沈み込みが開始された。これが現在の九州—パラオ海嶺中・南部、伊豆・小笠原弧南部およびマリアナ弧に対応する島弧を形成していくことになる。北部での太平洋プレートの沈み込みは、南部でのそれと同じように能動的になった。しかし、遅れて沈み込みを開始した南部と先行した北部とのあいだ（前述の屈曲点）で、沈み込んだプレート（スラブ）に不連続が生じていったことが予想される。この不連続は沈み込むスラブの重複あるいは開裂・フィンガリング（fingering）のようなものかもしれない。

<30Ma>

太平洋プレートの沈み込みは、南部に形成された島弧内でリフティングをひき起こした。これによって現在の九州—パラオ海嶺の中・南部は、伊豆・小笠原弧南部およびマリアナ弧から分離された。リフティングの先端は、先に形成されていた北部島弧の南端まで延びており、リフティングにより形成された海盆の北端は北部島弧と南部島弧との間にくさび状に入り込んでいた。これが現在の西之島トラフに相当するのであろう。孀婦岩構造線のシャープな急崖は、リフティングにより形成された西側のエッジである。リフティングの東側のエッジは、小笠原海嶺の西側を区切る直線状急斜面に求めることが可能かも知れないが、ここでは西之島トラフ内の大町海山西斜面の急崖（図1 Omの西側の断層）がそれに対応するものと考え

えた。その理由は、リフティングにより切り裂かれたもう一方の端（西側）に、小笠原海嶺を特徴づける無人岩の産出が知られていないこと、および小笠原海嶺に見られる異常に高い重力異常値（Ishihara *et al.*, 1981）が観測されないことによる。大町海山西斜面の断層崖の延長方向の長さは、孀婦岩構造線に沿う急崖のそれに比べ短い、東側のエッジの主体はその後の島弧火山活動により破壊され、失われたのであろう。

リフティングとその後の海底拡大はパレスベラ海盆を形成した（Mrozowski and Hayes, 1979）。前述のようにこの海盆の北端が西之島トラフに相当し、ここでは海底拡大により形成された海洋地殻がくさび状に伊豆・小笠原弧に割り込んでいく。北部では、しかし、斜め沈み込みのためにリフティングの開始は遅れていた。

<25Ma以降>

25 Maに四国海盆が拡大を開始した（Shih, 1980）。これによって伊豆・小笠原弧北部と九州—パラオ海嶺北部とが分離した。17 Maには四国海盆、パレスベラ海盆が拡大を停止した（Shih, 1980; Mrozowski and Hayes, 1979）。その後5-6 Maにマリアナトラフのリフティングが始まり（Hussong and Uyeda, 1981）、現在の島弧と背弧海盆の配置が成立した。

先に述べたように、孀婦岩構造線の位置は30 Ma頃に存在していた島弧の屈曲部（図2）にあたる。この位置はまた、沈み込んだスラブの不連続の位置にも相当する。孀婦岩構造線によって分割された伊豆・小笠原弧南部は、本質的にはマリアナ弧の北方延長であり、北部とは初生的に別々の島弧として形成された。伊豆・小笠原弧の南北に様々な違いをもたらすものとなった、地殻の厚さおよび温度構造の違いは、このような南北の成立過程の違いで説明できる。

このような配列上にオーバープリントされた現世火山フロント上の岩石の化学組成（アルカリ含有量）の違いは、南北の地殻の厚さの違いおよび沈み込み運動の継続期間の違いで説明できるかも知れない。北部島弧の地殻の厚さが南部島弧のそれより厚いことは酸性マグマが多量に生じている

ことから期待できる。また沈み込みは北部の方が先にはじまっているので、沈み込みの継続時間は北部の方が長い。そのため北部島弧の下のマンツルの熱構造は南部島弧の下部とは異なっていて、北部の等温度線は南部より上がっているだろう。そのため北部島弧でのマンツルの部分熔融の程度は高く、かつ浅部で生じているであろう。

IV. ま と め

現在の伊豆・小笠原弧の北部および南部は、初生的には別々の島弧であり、それぞれ異なった発達史を持つ。これらは先に存在した古島弧の屈曲部の位置で結合されている。これらは、パレスベラ海盆の拡大によって形成されたくさび状の海洋地殻によって、二つの部分に分けられている。伊豆・小笠原弧の地学現象に見られる南北の差異は、南北の発達史の違いを反映している。

注

- 1) 九州—パラオ海嶺上には北緯24度と北緯15度の2か所に屈曲部が存在する。2つの屈曲点によって分割された3つのセグメントを、北より北部、中部、南部とする。

文 献

- Clague, D. A. and Jarrard, R. D. (1973): Tertiary Pacific plate motion deduced from the Hawaiian-Emperor chain. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **84**, 1135-1154.
- Hussong, D. M. and Uyeda, S. (1981): Tectonic processes and history of the Mariana Arc: A synthesis of the results of Deep Sea Drilling Project Leg 60. *Init. Repts. DSDP*, **60**, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C., 909-929.
- Ishihara, T., Murakami, F., Miyazaki, T. and Nishimura, K. (1981): Gravity survey. *Geol. Surv. Japan, Cruise Report*, No. 14, 45-78.
- 小林哲夫 (1987): 地殻の部分熔融による火山岩成因論. 火山, 第2集, **32**, 237-257.
- 西村 昭・湯浅真人 (1991): 伊豆・小笠原弧のスマスリフト——海洋性島弧における背弧リフトの形成の一例——. 地球科学 **45**, 319-332.
- Mrozowski, C. L. and Hayes, D. (1979): The evolution of the Parece Vela Basin, Eastern Philippine Sea. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **46**, 49-67.
- Notsu, K., Isshiki, N. and Hirano, M. (1983): Comprehensive strontium isotope study of Quaternary volcanic rocks from the Izu-Ogasawara arc. *Geochem. Jour.*, **17**, 289-302.
- Seno, T. and Maruyama, S. (1984): Paleogeographic reconstruction and origin of the Philippine Sea. *Tectonophysics*, **102**, 53-84.
- Shih, T. (1980): Magnetic lineations in the Shikoku Basin. *Init. Repts. DSDP*, **58**, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C., 783-788.
- Taylor, B., Brown, G., Fryer, P., Gill, J. B., Hochstaedter, A. G., Hotta, H., Langmuir, C., H. Leinen, M., Nishimura, A. and Urabe, T. (1990): Alvin-Sea Beam studies of the Sumisu Rift, Izu-Bonin arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **100**, 127-147.
- Yamazaki, T. (1988): Heat flow in the Sumisu Rift, Izu-Ogasawara (Bonin) Arc. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **39**, 63-70.
- 山崎俊嗣・村上文敏・湯浅真人 (1990): 伊豆・小笠原弧北部、青ヶ島南西のリフティング (演旨). 第7回「しんかい2000」研究シンポジウム予稿集, 72-73.
- 湯浅真人 (1983): 伊豆・小笠原弧の地学現象にみられる南北対立. 月刊地球, **5**, 459-463.
- Yuasa, M. (1985): Sofugan Tectonic Line, a new tectonic boundary separating northern and southern parts of the Ogasawara (Bonin) Arc, northwest Pacific. In Nasu, N. et al. eds.: *Formation of Active Ocean Margins*. Terra Pub. Tokyo, 483-496.
- 湯浅真人・村上文敏 (1989): 七島—硫黄島海嶺北部の海底カルデラの成因について (演旨). 火山, 第2集, **34**, p. 131.

(1991年2月18日受付, 1991年6月17日受理)