

遠洋性堆積物中のP/T境界研究の紹介

石賀裕明*・山北 聡**

ISHIGA Hiroaki and YAMAKITA Satoshi (1993) Permian/Triassic boundary in pelagic sediments, Southwest Japan — an introduction —. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44(7), p.419-423, 2fig.

Abstract: The P/T (Permian-Triassic) boundary occurs in bedded chert sequences embedded in the Jurassic accretionary rocks of Southwest Japan. The P/T boundary rocks comprise ascendingly 1) black to grey Uppermost Permian *Neobaillella* radiolaria bearing bedded cherts, 2) grey siliceous claystones of which occurrence marks the extinction of radiolarians and other marine planktons, 3) black organic mudstones, and 4) Smithian conodonts bearing grey siliceous claystones. The sequence of Upper Permian bedded cherts gradually change from red cherts of which lithologic variation indicates that the sedimentary environment was shifted from oxic to anoxic previously to the P/T boundary deterioration. And at present apparent Griesbachian and Dienerian fossils have not been discriminated.

Black organic mudstones are characterized by high silica (approximately 80%), and large amount of organic carbons (1-2%) which is supposed to be formed by bacterial activity after the P/T boundary event in oceanic biomass. This bioevent is marked by disappearance of Uppermost Permian bedded cherts and occurrence of overlying siliceous claystones of stagnant condition in oceanic basin. Black organic mudstones indicate that previously deposited organic materials were curled up by a change of bottom current or turnover of oceanic basin during the deposition of the siliceous claystones. Reworking of radiolarian fossils locally occurred in black organic mudstones coincides this event.

要 旨

西南日本のジュラ紀付加帯中に含まれる層状チャート中にはペルム/トリアス紀(P/T)境界が識別されてきている。P/T境界は、1)ペルム紀最新世放散虫*Neobaillella*を含む灰色-黒色層状チャート、2)放散虫や他の海生プランクトンを含まない灰色珪質粘土岩、3)黒色有機質泥岩、4)トリアス系下部(Smithian)のコノドントを含む珪質粘土岩からなる。ペルム紀最新世層状チャートは灰黒色を呈し、これは下位の赤色層状チャートから次第に移化する。このようなチャートの色調の変化はP/T境界付近での環境の劣悪化以前に、堆積環境が酸化から還

元的に変化していたことを示す。これまでにGriesbachianやDienerianを示す化石は識別されていない。

黒色有機質泥岩はおおよそ80%におよぶ高いシリカ量と1-2%の有機炭素量によって特徴づけられ、後者はP/T境界における生物事変以降のバクテリアの活動によってもたらされたものであろう。この事変は層状チャートの堆積の中止とこれに重なる停滞した堆積環境下での珪質粘土岩の形成に示される。この珪質粘土岩に挟まれる黒色有機質泥岩は、それまでに堆積していた有機質に富む層を巻き上げたり、堆積盆を破壊し転覆させてしまうような事変によって生じた可能性がある。黒色有機質泥岩中に生じた地域的な放散虫の再堆積は、この事変と対応する。

* 島根大学理学部地質学教室, 松江市西川津町1060.

**宮崎大学教育学部地学研究室, 宮崎市舟塚1-1.

Keywords : Permian/Triassic boundary, radiolaria, bedded chert, black organic mudstone, oxic-anoxic environment, biological event

1. はじめに

層状チャートは豊富な放散虫化石を産出し、生層序の確立と国際対比に大きな役割を果たしてきた。これは層状チャートが遠洋性堆積物であり堆積速度が遅く(Mat-suda and Isozaki, 1991)、連続した地質記録が保存されている可能性が高いためである。また、層状チャートは地球規模での平均的な情報を記録し(堀・丸山, 1991)、環境の変遷を検討するには適しているとの観点から、種々の地質事象の解明に大きな関心が向けられている(石賀, 1993)。また、P/T境界が白亜紀/第三紀境界と同様に境界粘土をもつことから種々の分野の研究者から関心が向けられ、この問題の解明に向けて検討が進んでいる。

このような状況のもと、日本において層状チャート中にP/T境界が存在することを最初に指摘したのは山北(1987)である。その境界が“砥石”と呼ばれる特徴的な地層を伴うことから、P/T境界捜しは“砥石”を伴う層状チャートの検討へと進展した。この過程で、蓄積されつつあるデータについて一度、野外において検討する必要性が生じてきた。そして、1991年4月の地質学会(愛媛大会)で大学院生を中心とする放散虫化石研究者が集まった折、P/T境界に関する現地討論会が計画された。

第1回の現地討論会は“砥石巡検”と称して京都付近の丹波帯及び岐阜付近の美濃帯で行われた。1991年5月25、26日、丹波帯では京都府三和町兎原(案内: 大阪市立大学 桑原希世子)及び兵庫県篠山町藤岡奥(案内: 島根大学 石田耕太郎, 石賀裕明)、美濃帯では金華山(案内: 名古屋大学 杉山和弘)において行われた。三和町兎原ではペルム紀新世の層状チャートが“砥石”(珪質粘土岩)を経て、黒色炭質泥岩(炭質物が有機炭素に由来すると考えていたため、当時は有機質泥岩と呼んだ)に移化する(桑原ほか, 1991)。篠山町藤岡奥では“砥石”の上にトリアス紀の層状チャートが重なる(山下, 1991)が、P/T境界そのものが崩れにより隠されていた。その後、P/T境界は掘り出されて確認された(石田ほか, 1992)。金華山ではP/T境界付近には黒色炭質岩がみられ、ペルム紀の放散虫化石が再堆積して、トリアス系に含まれる(Sugiyama, 1992)。

第2回の現地討論会は、1991年10月12,13日に高知・徳島県境の剣山の秩父累帯を対象として行われた(案内: 宮崎大学 山北 聡)。この頃から、P/T境界をなす岩石が“砥石”なのか、あるいは“砥石”に挟まれる黒色炭質岩なのかとの議論が沸騰して、黒色炭質岩の性質を明らかにするために化学分析が積極的に行われた。また、遠洋性堆積物中のP/T境界の正確な層準やその境界を挟む環境変化な

どを明らかにしようという方向が確認され、研究会の名称も“遠洋性堆積物中のP/T境界研究”と改められた。

名称も新たに「遠洋性堆積物中のP/T境界の研究」のシンポジウムは1992年6月13,14の両日、地質調査所で行われた。また、1993年4月4日には、日本地質学会(東京大学)で同じ題目のシンポジウムが開催された。

本論では層状チャート中において確認されつつあるP/T境界について研究の現状を紹介する。

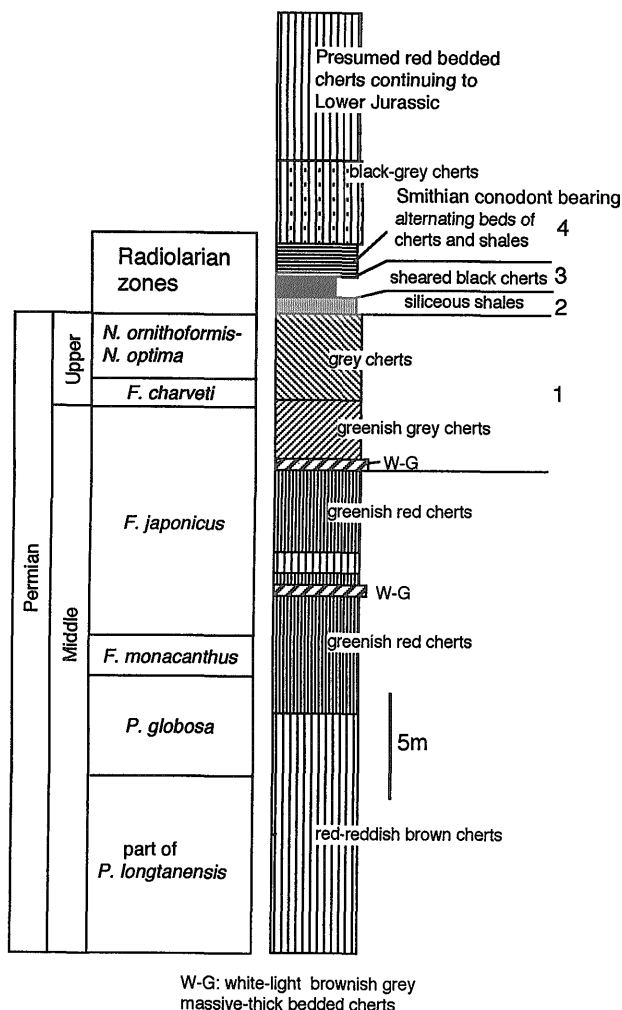
2. 層状チャート中のP/T境界研究の現状

P/T境界は顕生代の中でもっとも重要な境界として注目され、テーチス海域の浅海性堆積層を中心として研究が行われてきた。ここでは境界そのものについてや、大量絶滅についての研究が進んでいる。一方、層状チャートなどの珪質岩はジュラ紀付加体中に含まれるため、これらは野外調査(特にmicrofossil mapping, 磯崎・丸山, 1991)を基本として進められてきた。そしてトリアス紀のチャートの下にはなにがあるか、ペルム紀のチャートの上は、というように、上下からP/T境界についての検討が進んでいた。これまでペルム紀層状チャートとトリアス紀層状チャートはそれぞれ別個に放散虫やコノドントに基づいた検討が進められてきた。おそらく、両者の層序が連続する地点が長く発見されなかったのは、以下の理由によるものと思われる。

1) 両者の間に存在する珪質粘土岩や黒色炭質岩層が層状チャートとは物性が異なり、付加体形成の過程で切られ、連続したシーケン스가保存されにくいこと。

2) このようなP/T境界における岩相の急変(特に黒色炭質岩層が挟在すること)を予想していなかったこと。またこの岩石が二次的に構造運動にともなってP/T境界周辺の岩石に注入されていることである。

P/T境界の層序は徳島県天神丸(山北, 1987)、兵庫県篠山藤岡奥(山下ほか, 1991; 石田ほか, 1992)において確認され、その一部についても桑原ほか(1991)、Sugiyama (1992)などの報告がある。その層序は、1. ペルム系最上部灰緑色-灰黒色層状チャート、2. 珪質粘土岩(いわゆる砥石)、3. 黒色炭質岩(篠山では黒色チャート)、4. トリアス系下部(Smithian)の珪質粘土岩および層状チャートからなる(第1図に柱状図を示す)。1はペルム系最上部の*Palaeofusulina sinensis*帯に対比される*Neoalibaillella optima*帯上部から*N. ornithoformis*帯に相当する(山下ほか, 1992)。2は厚さ1m以下で、天神丸ではペルム紀型コノドントが報告されている(山北, 1987)。3は天神丸においては厚さ1m以下でコノドントは産出するが年代は未定である(山北, 口頭発表)。放散虫か

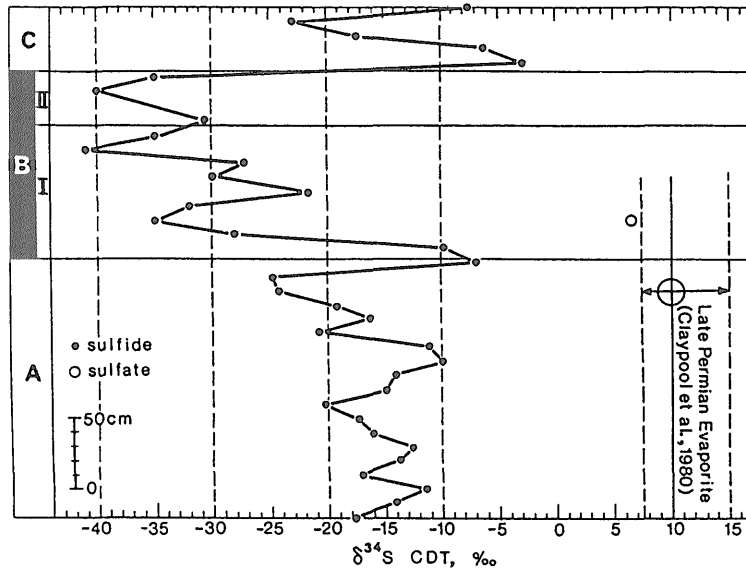


第1図 兵庫県篠山町藤岡奥におけるP/T境界を含む層状チャートシークエンスの柱状図 (石田ほか,1992に加筆)。放散虫化石帯属名の略称: N.; *Neobaillella*, F.; *Follicucullus*, P.; *Pseudoabaillella*

ら見れば、上記の2, 3の形成時期には全く絶滅しており、4の形成時期の放散虫のブルーミングの回復まで、長期間のバイオマスの変化ないしは消失があったことが予想される。現段階では、3. 黒色炭質岩の炭質物が有機物に由来するものか、もしそうであればどのような有機物であるか、検討が待たれるところである。

2, 4は堆積物の性質上、放散虫のブルーミングがほとんどおこなわれず、また基礎生産も低下していたと考えられる。一方、そのようななかでの黒色有機質泥岩の形成がなされているため、P/T境界の事変は単純なシナリオでは説明されない。この問題について最近、天神丸における

硫黄同位体の検討から極めて重要な事実が判明している (梶原, 1992)。第2図に天神丸での検討結果 (梶原, 1992) を引用する。A, B, C層は上述の2, 3, 4, に相当する。同位体の結果は2, 4に相当する砥石層は還元環境で形成され、長く海洋無酸素状態を経験していたことを示すが、3に相当する黒色炭質物に富む層はそのような中、停滞した海洋構造を破壊して、堆積盆を富酸素化させた事変があったことを示す (梶原, 1992)。



第2図 徳島県木沢村天神丸のP/T境界露頭で得られた全岩硫化物同位体プロフィール
梶原(1992)から引用。A:ペルム紀層状チャート, B:黒色有機質泥岩, C:トリアス紀珪質粘土岩

3. P/T境界の黒色有機質泥岩と珪質粘土岩層

黒色有機質泥岩は、一般には基礎生産が非常に高い海洋地域で形成されたものとみなされている。そこでは生成された有機物の分解に海水の酸素がすべて消費され、時として無酸素の水塊が形成される(Tyson and Pearson, 1991)。したがって分解されなかった有機物はそのまま堆積して黒色有機質泥岩を生成することとなる。一般に基礎生産が高いところは沿海のような海域で、湧昇流によってまた、陸域から栄養塩類が供給される場所と考えられる。したがって、このような地域はこれまで考えられていた層状チャートの堆積環境とは大きく異なるといえる。P/T境界の黒色有機質泥岩は陸源碎屑粒子は含まず、放散虫も含まず(わずかに破片が含まれることはあるようであるが)、鏡下でも識別可能な微化石および有機物は含まれていない。また化学的には80%前後の高いSiO₂量と1-2%の有機炭素の含有によって特徴づけられる(山下ほか, 1992; 石田ほか, 1992)。SEMによる観察では1 μm以下の微粒子が球状体のみとめられ、これが時にはつながって棒状を呈することもある。形態的にはバクテリアの可能性があり、高い有機炭素量はこのような生物に由来するのかもしれない。

また“砥石”層は全くといってよいほど放散虫やその他の微化石を含まず、基礎生産は極端に低かったといえる。

黒色有機質泥岩の下位の2の珪質粘土岩では鏡下ではほとんど微化石および炭質物は含まれていない。これに対して、上位の4の珪質粘土岩では数ミクロンの球状、しずく状、数珠状、棒状などさまざまな形態をなす物体が見られ、こちらはやはりバクテリアであろう。とくに1-2mmの厚さのチャートをはさむような部分ではこのチャートを構成する放散虫の周辺に多数のバクテリアが層をなすように集まっている。しかもこのような層では、不透明鉱物の形成が進んでいる。黒色炭質岩が上述のように基礎生産の高い海域で形成されたものとすれば、“砥石”層には含まれて出現する黒色炭質岩の形成は突然の環境変遷、たとえば豊富な栄養物の供給によるバクテリアの活動の再開などが起こったことを示唆する。しかしこの時期(2の珪質粘土岩形成時期)にはすでに海洋プランクトンの絶滅が起こっていて、放散虫チャートの形成には結びつかなかったのかもしれない。環境が回復する4の形成時期には放散虫の発生とともに、還元環境下で堆積した有機物をバクテリアが活発に分解していたのであろう。

4. P/T境界をはさむ遠洋域の環境変遷

ペルム紀中世から新世にかけて層状チャートの岩相や色の変化から堆積盆が酸化的環境から還元的環境へと変化していったことが示され(石田ほか, 1992)、この変化が海洋プレートの冷却による、海底面の低下、海洋の深層化

だけではなく島弧や大陸の火山活動にも関連するかも知れない (Ishiga, 1992; 1993). これらによれば、ペルム期末からトリアス紀最前期にかけては海洋プランクトンを主とするバイオマスは著しく減少していたと考えられる。黒色有機質泥岩はこのような劣悪な海洋環境の時期に、堆積盆の破壊もしくは急速な底層流の変化によって堆積物の攪拌が生じ (Gruszczynski *et al.*, 1992), それによってまきあげられた有機物がバクテリアによって分解され堆積したと考えてはどうか。黒色有機質泥岩の示す高いシリカ量の由来については不明であるが、巻上げられた珪質堆積物のシリカに由来するかもしれない。美濃帯では、黒色有機質泥岩中に *Follicucullus* などペルム紀後期の放散虫が混入している (Sugiyama, 1992). このような劣悪な海洋環境が回復するのは Smithian まで、おおよそ 200 万年かかった可能性がある。この時期、古生代型の多くの放散虫は絶滅するが、皮肉 (?) なことにコノドントは衰退するものの、トリアス紀末まで生き延びる。浅海のバイオマスとは異なる絶滅様式をもつプランクトンの絶滅については、多くの植物プランクトンはもちろん動物プランクトンも共棲藻および共棲バクテリアをもっていった可能性があり、光合成量の低下や、海水そのものの変化がその原因となり、上述のように生物活動の回復に長期の時間を必要としたのかも知れない。

文 献

Gruszczynski, M., Hoffman, A., Malkowski, K. and Veizer, J. (1992) Seawater strontium isotopic perturbation at the Permian-Triassic boundary, West Spitsbergen, and its implications for the interpretation of strontium isotopic data. *Geology*, vol.20, p.779-782.

堀 利栄・丸山茂徳 (1991) 地球史を通じた大陸の平均化学組成の変化と超大陸の形成・分裂. *月刊地球*, vol.13, p.428-440.

石田耕太郎・山下雅之・石賀裕明 (1992) 丹波帯の遠洋性堆積物中の P/T 境界について. 島根大学地質学研究報告, vol.11, p.39-57.

Ishiga, H. (1992) Late Permian anoxic event and P/T boundary in pelagic sediments of Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci., Shimane Univ.* vol.26, p.125-137.

石賀裕明 (1993) 西南日本の中・古生界層状チャートの研究—とくに層状チャートに記録された海洋無酸素事変—. *地球科学*, vol.47, p.

63-73.

Ishiga, H. (1993) Carbonaceous mudstones of the Lower Toarcian (Jurassic) and Permian/Triassic boundary horizons in Japan. *News of Osaka Micropaleontologists, Special Volume* (in press).

磯崎行雄・丸山茂徳 (1991) 日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地体構造区分. *地学雑誌*, vol.100, p.697-761.

梶原良道 (1992) 硫黄の同位体比は語る—K/T 境界の海洋環境異変—. *地質ニュース*, no. 458, p.6-15.

桑原希世子・中江 訓・八尾 昭 (1991) 美濃—丹波帯のペルム紀新世砥石型珪質泥岩. *地質雑*, vol.97, p.1005-1008.

Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1991) Well-documented travel history of Mesozoic pelagic chert, from mid-oceanic ridge to subduction zone. *Tectonics*, vol.10, p.475-499.

Sugiyama, K. (1992) Lower and Middle Triassic radiolarians from Mt. Kinkazan, Gifu Prefecture, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan. N. S.*, no. 167, p.1180-1223.

Tyson, R. V. and Pearson, T. H. (1991) Modern and ancient continental shelf anoxia: an overview. In Tyson, R. V. and Pearson, T. H. eds., *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia, Geological Society Special Publication*, no. 58, p. 1-24.

山北 聡 (1987) 四国東部秩父帯中のチャート相二疊—三疊系間の層序関係. *地質雑*, vol.93, p.145-148.

山下雅之・石田耕太郎・山岡祐二・後藤広和・石賀裕明 (1991) “砥石層”の中に P/T 境界があるか—付トリアス紀古世の放散虫について—. 島根大学地質学研究報告, vol.10, p. 47-52.

山下雅之・石田耕太郎・石賀裕明 (1992) *Palaeofusulina sinensis* によるペルム紀新世 *Neoalibaillella ornithoformis* の年代. *地質雑*, vol.89, p.1145-1148.

(受付: 1993年1月11日; 受理1993年6月8日)