

海洋地質セミナー Maglos の résumé

総説：海洋に見られる生物源葉理堆積物の成因

Review: Origin of marine biogenic laminites.

辻野 匠 (Taquimi TuZino)¹

Key Words: ラミナ, 無酸素, stagnant, 富栄養化, 珪藻

1 はじめに

ラミナ (lamina) は, 1cm 以下の単層を指し, 葉理 (lamination) は, そのラミナが累重したものを指す (堆積学辞典). 海洋堆積物には葉理構造が見られることがある. ラミナの構成要素は大きくわけて二つあり, 碎屑物粒子からなるものと, 生物遺骸からなるラミナとある. 碎屑物粒子からなる葉理は, タービダイトの上部 (ブーマの Td) など.

主に生物遺骸からなるラミナから構成されている葉理堆積物を, 生物源葉理堆積物 (biogenic lamination) と呼ぶ.

生物源葉理堆積物はその累重様式の規則性だけからではなく, そこから高分解能に古環境を推定することができるため, 近年特に興味を集めてきた.

葉理堆積物を用いた高分解能古環境解析にとって鍵となるのは, その葉理の形成のメカニズムを知ることであり, どのやうにして, いつ如何なる状況で葉理が形成したかを理解することがまづ必要となる.

今回は, 高分解能解析による気候変動そのものを紹介するのではなく, その基盤となる過去の情報を記録しているであろう葉理の成因・生い立ちを考察した研究を紹介する.

例として, アメリカ・カリフォルニア州の中新統 Monterey Formation と Santa Barbara Basin の更新-完新統の堆積物に見られる葉理の形成過程を考察した論文を紹介する. そのどちらも多種多様な角度からなされた研究が数多くある.

2 各地域の Settings

2.1 Santa Barbara Basin

岡村行信 (第二回のセミナー) や倉本真一 (第四回セミナー) においても紹介されたカリフォルニア州 Santa Barbara 沖の小海盆で, Kennett や Keneddy らによる気候変動解析の研究などでよく知られる. Santa Barbara 海盆は非常に浅い瀬 (100m 以浅) と島に囲まれて隣接する海盆ら半隔離状態にある. Santa barbara Channel といふ狭い水路を通して海水の交換を行なっているため, 海水準変動等によって容易に閉塞し水塊の循環が停滞するために, 葉理堆積物

¹地質調査所・海洋地質 (Dept. Marine Geology, Geological Survey of Japan, AIST),
e-mail: t.tuzino@aist.go.jp

が保存されてゐる。主に紹介する論文は ODP Site 893(海盆の中心) で得られた堆積物を研究素材としてゐる。

Bull, David and Kemp, Alan E. S. 1996,

Grim, K. A., Lange, C. B. and Gill, A. S., 1996.

2.2 Monterey Formation

Monterey Formation: カリフォルニア州海岸に広く分布する中新統の珪質頁岩からなる。堆積の場は沿岸の湧昇流海域を考えられてゐる。珪藻質葉理泥岩が特徴であり、有機物に富む。この地域は油田地帯として知られる。主に紹介する論文はカリフォルニア州 Lamoc の Celite 採石場の珪藻質葉理泥岩を材料にしてゐる。

Chang, A., Grimm, K. A. and White, L. D., 1998.

3 葉理の形成

3.1 Santa Barbara Basin

Santa Barbara Basin の堆積物に見られるラミナは Bull and Kemp(1996) によると Terrigenous laminae と Diatom ooze laminae とに区分できる。

Terrigenous lamina は、陸源の粘土を主体とするラミナで、シルトが混じることもある。多いものを Silt-rich lamina, 少ないものを Silt-poor lamina と区別した。Silt-rich lamina は淘汰がわるく粘土の組織を遮って堆積してゐる。河川からのシルトが砂洲に堆積したのち海盆に堆積したとしてゐる。

Diatom ooze laminae は多種多様で一概には記載してゐない。ラミナの多くは *Chaetoceros* 類珪藻の剛毛と休眠孢子からなつてゐる。栄養細胞のものはまれ。*Chaetoceros* 類珪藻だけからなるラミナもあるが、他にも中心目珪藻を多く含む。

Lamina Couplet(ラミナの組合せ) は4種類にわかれる(図)。1) 陸源物質からなる Silt-rich lamina, Silt-poor lamina の単純な組合せ(氷縞粘土的)。2) そのなかに *Chaetoceras* 休眠孢子のレンズを挟在するもの。3) *Chaetoceras* 休眠孢子がラミナを為し、陸源の lamina couplet に挿入されているもの。4) 陸源 lamina couplet の間に多種類の珪藻からなるラミナを挟在するもの。

酸素同位体との対応: ラミナのあるなしは同位体的氷期間氷期に関係なさそうに見えるが、ラミナの種類の注目すると、同位体的間氷期は氷縞粘土的な Terrigenous laminae であり、氷期には Diatom ooze laminae が発達してゐる。

—

Grimm et al. 1996 は葉理の疎密、とくに密度の濃いところ、High bimodality(ラミナの間隔が狭く、もっとも縞らしい縞の部分) に注目してラミナを再検討した。HB な葉理は非常に薄いラミナの繰り返しからなる。

葉理を構成するラミナは、*Chaetoceros* の休眠孢子からなるラミナが tightly に packed してゐるもの。一種類の珪藻の栄養細胞からなるもの、一種類の珪質鞭毛藻からなるもの、多様な種類が混つたものがある。その中で休眠孢子からなるラミナの成因について考察した。それによると、珪藻のブルームイベントによって発生した珪藻が、栄養塩を使いつくすこと

によって育つことができなくなったために休眠胞子を形成し、たがいに凝集し急速に沈降堆積することによって形成されたのだとした。この特有の堆積過程を Grimm et al. 1997 は Self-sedimentation と呼んでゐる。

図を割愛

(図：ラミナの解釈による古海況復元図) 1) バックグラウンドとなる基礎一次生産：表層にとりわけて栄養塩の供給がないステージである。このステージでは、バックグラウンド的に植物プランクトンが浮遊している。2) 季節性のパルスの湧昇流：気温の上昇にともない底層と表層の密度の逆転による。湧昇流には、休眠細胞が含まれている。3) 湧昇流が一段落つく；*Chaetoceros* のブルーミング。4) 栄養塩が高い状態で維持され、然る後に欠乏しはじめる。表層は *Chaetoceros* で占められている。5) 休眠胞子を形成し接合し急速に沈降する。

3.2 Monterey Formation

Santa Barbara Basin での研究を踏まえて、Chang et al.(1998) はカリフォルニア州 Lampoc の Celite 採石場に露出する Monterey Formation の葉理を詳細に観察した。彼等によると、葉理堆積物を構成するラミナには、次の 1)-5) のタイプに区別できる。

- 1) Detrital laminae は陸源のデトリタスからなるラミナ
- 2) Thin biosiliceous laminae は多種多様な珪藻、珪質鞭毛藻からなる。
- 3) Thick, continuous diatomaceous laminae は数種類の珪藻からのみなる。
- 4) Thick, discontinuous diatomaceous laminae は *Thalassiothrix longissima* がマット状になっているものと、*Chaetoceros* の剛毛からなるものがある。
- 5) Macerated biosilica laminae は破片化し溶解しつつある生物源シリカからなる。

各ラミナの形成モデルは次のやうに推定される。

- 2) Biosiliceous Laminae(A) は、多種からなり破片化も見られる。これは Background の珪藻群集を反映した Background diatomaceous laminae といえる。
- 3) Thick, continuous diatomaceous laminae(B) は特定の種類の珪藻のブルームングによって形成された(前述の Grimm et al. 1996 参照)。
- 4) Thick, discontinuous diatomaceous laminae のうち、*Thalassiothrix* のマット状ラミナ(C)：*Thalassiothrix* は外洋種で遊泳能力が高く、冷水にも貧栄養下でも成育するため(Kemp & Bal-

dauf,1993), 外洋水が流入したか, 水塊が成層しているときかに沿岸種が成育できなくなったニッチを占め形成. *Chaetoceros* の剛毛からなるラミナ (D) はよくわかってゐない. 補食の残骸? 4) *Macerated biosilica laminae*(E) は補食による破片化と破片化による溶解による. としてゐる.

4 日本近海での類似の堆積物

暗色層 (TL, 多田さん, 中嶋さん 1996 など地調の数多くの海洋地質学的研究)

J.J. Bahk, S.K. Chough, S.J. Han, 2000, Origins and paleoceanographic significance of laminated muds from the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan) *Marine Geology*, 162 459-477.

註: Ulleung Basin=鬱陵海盆=対馬海盆, East Sea=韓国語の TongHai の英訳, TongHai は漢字訳すると東海=日本海のこと.

5 Concluding Remarks

本当に水塊が停滞してしまうと表層の栄養塩を使い切ってしまうので, 逆に生産性は下り次から次へと葉理が形成することを説明できないのではないだろうか?あるひは, 混合を起してしまうと, 底層には酸素が供給されることになり葉理の保存が難しくなるが, 循環が完全に停止してしまうと今度は逆に栄養塩が尽きるので一次生産は減少するのではないか?ここに二律背反的な制約があるように考えてゐる. このやうなスタティックなモデルでは説明できないものがあり基本的には停滞しつつも, 適度に部分循環するなり, パルスの栄養塩に富む底層水が上昇することが必要と彼等も考えてゐるが, 底層水がどのような原因で表層にもたらされるか, はよくわかってゐないのではないだろうか?たとえば, 停滞しつつもパルスの底層水が上昇するモデルでは, ブルーミングによる生物源ラミナの原因を Episodic なものに求めてゐるが, Episodic な成因で交互に繰り返すような規則的なラミナを説明できるのだろうか?もっとも海洋ではそれほど規則的なラミナはないのかもしれない.

上記の論文では, 珪藻の栄養細胞からなるラミナについての成因については述べてゐない. しかし, 古環境と考えるうへでは, なせ, その種類のラミナがその時にブルーミングしたかといふことはまだわかってゐないように思う. たとえば, 上記論文で頻繁に出てきた珪藻 *Chaetoceros* 属は, 当然ながら赤潮珪藻の一種でもあるので, 日本でも各管区の水産研究所赤潮環境部の人たちによって研究されてゐる. 水産研究所赤潮環境部などによれば, *Chaetoceros* は富栄養を好むものの, より富栄養と好む *Skeletonema* という属がある. 彼等は *Chaetoceros* が見られるラミナから富栄養だとも述べてゐるが, *Skeletonema* が出現してゐないのに, 富栄養とすることはまだ議論があるように思えてしまふ. 不勉強なだけかもしれないが.

しかし富栄養化を考えたときに, こういった地質学的なアプローチもなにか貢献できることもあるかもしれない. まだわからないことがあつて, これからも興味が尽きないと私は思つてゐる.

6 文献

- Chang, A., Grimm, K. A. and White, L. D. (1998) Diatomaceous Sediments from the Miocene Monterey Formation, California: A lamina-Scale Investigation of Biological, Ecological, and Sedimentary Processes. *Palaios*, 13, 439-458
- Bull, David and Kemp, Alan E. S., 1996, Composition and origins of laminae in late Quaternary and Holocene sediments from the Santa Barbara Basin. Kemp, Alan E. S. ed; *Palaeoclimatology and Palaeoceanography from Laminated Sediments*, Geological Society Special Publication no. 116 143-156.
- Grimm, K. A., Lange, C. B. and Gill, A. S., 1996, Biological forcing of hemipelagic sedimentary laminae: Evidence from ODP site 893, Santa Barbara basin, California. *Journal of Sedimentary Research*, 66, 613-624.
- Kemp A. E.S. and Baldauf, J. G., 1993, Vast Neogene laminated diatom mat deposits from the eastern equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 362, 11.
- J.J. Bahk, S.K. Chough, S.J. Han, 2000, Origins and paleoceanographic significance of laminated muds from the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan) *Marine Geology*, 162 459-477.
- 中嶋 健, 吉川清志, 池原研, 片山肇, 木川英一, 上嶋正人, 瀬戸浩二, 1996, 日本海南東部における海底堆積物と後期第四紀層序—特に暗色層の形成時期に関連して. *地質学雑誌*, 102, 125-138.