

白亜紀湖成層脇野亜層群にみられるリズムタイトの産状と起源

徐, 相建
九州大学理学部

坂井, 卓
九州大学理学部

岡田, 博有
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4494742>

出版情報：九州大学理学部研究報告．地球惑星科学．17（3），pp.45-54，1992-12-25．九州大学理学部
バージョン：
権利関係：

白亜紀湖成層脇野亜層群にみられるリズムマイトの産状と起源

徐 相建・坂井 卓・岡田博有

Occurrence and origin of rhythmites, in Lower Cretaceous lacustrine sediments
in the Wakino Subgroup, Kyushu

Sang-geon SEO, Takashi SAKAI and Hakuyu OKADA

Abstract

The occurrence of rhythmites developed in the Wakino Subgroup of the Lower Cretaceous Kanmon Group is described, and their origins are discussed. According to the thickness of laminae and their internal structures, the following three modes of occurrence are discriminated: types A, B and C.

Type-A rhythmite consists of regularly alternated dark and light gray laminae of less than 1mm thick, which form varve-like couplets. The contact between dark and light-coloured laminae of a couplet is sharp. Individual laminae show graded or massive structure. The deposition of this type rhythmite takes place from suspension cloud. The microcycles of dark and light laminae might indicate seasonal and/or weather fluctuations. Type-B rhythmite is composed of about 1-5mm thick laminae, which have an erosive base. Individual laminae show normally graded, convolute, and parallel to massive sublaminae upwards internally, and some laminae are rarely amalgamated. Sedimentation of the lower part of this type occurs under the low-density turbidity current, and the upper part is from suspension cloud. Type-C rhythmite consists of laminae over 5mm in thickness. Rhythmite of this type might be originated from mudflows.

I. はじめに

堆積物の縞状堆積構造は、氷河地域の季節変化を反映して形成された氷縞粘土の研究 (De Geer, 1912) に始まった。最近では、地球の自転や公転変化 (例えば, Williams, 1989) や過去の気候変動過程 (例えば, Fisher, 1986; 増田, 1989) との関わりが議論され、地球環境の変動や気候変動の記録者としての価値が高く評価されるようになってきている。

ところで、湖成堆積物の中でしばしば、細密な縞状構造で特徴づけられる泥質堆積物の発達知られ、これはリズムマイト (rhythmite: Bramlette, 1946) と呼ばれる。リズムマイトは湖沼性堆積物の代表的な堆積相として、湖沼性堆積物の堆積過程、さらには堆積時の季節・気候変動の理解に重要な手がかりを与えると考

えられる。しかし、現世堆積物を中心として湖沼成リズムマイトについては多くの記載研究がなされてきたが、その堆積起源や堆積過程など不明な点が少なくない。

筆者らは先に、下部白亜系陸成堆積物の関門層群下部の脇野亜層群中・上部にリズムマイトが発達し、それが沖浜環境を示唆する重要な堆積相にあたることを指摘した (徐ほか, 1991; 坂井ほか, 1992)。湖沼性堆積物の代表的な堆積相であるリズムマイトの研究からは、湖成堆積物の堆積過程や堆積環境および堆積相の理解に有効な情報を得ることができると考えられる。そこで、本研究では、多くのリズムマイト相を有する脇野亜層群中部の如來田層を対象に、野外証拠から随伴する堆積相との関係、堆積層序および大～小規模堆積サイクル上の位置づけを明確にし、さらに鏡下観察から内部構造・組織・微サイクルの特徴を記載した。そして、葉理の厚さに関する頻度分布や層理と葉理の厚さとの関係を計測し、リズムマイトのタイプとそれらの堆積起

源を考察した。

II. 地質概説

北部九州の若宮地域を模式地の一つとする協野亜層群は、岩相・古生物ならびに堆積相の特徴から、下部より沖積扇状地および河川堆積物の千石層と、中・上部にタービダイトを主とし、塊状黒色泥岩とリズマイトに富む湖性堆積物からなる如来田層と若宮層の3層に区分できる(徐ほか, 1992) (Figs. 1 and 2). 次に各層の岩相を略述する。

千石層: 本層は基盤の三郡変成岩の上にな整合で重なり、淘汰の悪い土石流堆積物起源の礫岩から始まる。下部は赤色シルト岩、含礫泥岩、黒色泥岩からなり、しばしばスランプ層や酸性凝灰岩を挟む。上部は斜層理が発達した厚層理砂岩、塊状あるいは成層した黒色泥岩を主とし、しばしば酸性凝灰岩を挟む。

如来田層: 下部は淘汰の悪い土石流堆積物からなり、

上部にタービダイト砂岩、塊状黒色泥岩、リズマイトの互層からなり、まれに酸性凝灰岩を挟む。

若宮層: 下部は土石流起源の礫岩からなり、主層は礫岩、タービダイト砂岩、リズマイト、塊状黒色泥岩の互層で特徴づけられる。

III. リズマイトの産状

北部九州、若宮東方に位置する採石場(龍新興産株式会社所有)には、協野亜層群中部の如来田層が分布する。この採石場での如来田層は北東の走向で北西に緩傾斜し、4~5の切場テラス沿いに、幅約50m、層厚約120mにわたって好露出する。本研究では、この採石場での堆積相の詳しい観察に基づいて100分の1の実測柱状図(Fig. 3)を作成した。また、幾つかの層準から採集した大型試料(Fig. 4)について切断研磨面での拡大鏡観察・薄片試料の光学顕微鏡観察を行い、内部構造・粒度組成・葉理の厚さの計測を行い、10倍の精

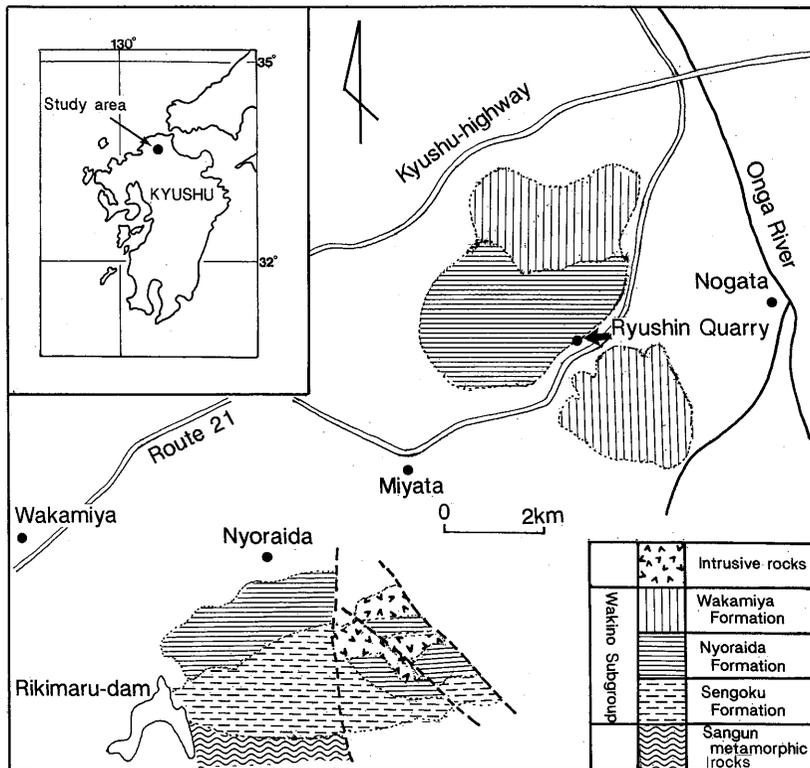


Fig. 1. Geological sketch map of the Wakamiya area, North Kyushu, showing the distribution of the Wakino Subgroup and the location of the studied quarry.

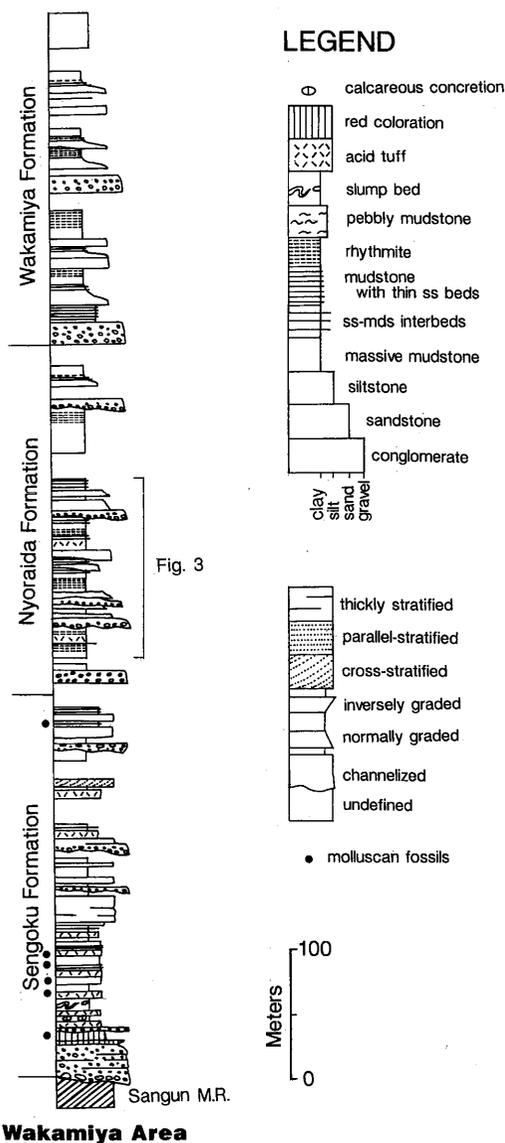


Fig. 2. Summalized columnar section showing the lithology and stratigraphic subdivisions of the Wakino Subgroup in the Wakamiya area (after Seo *et al.*, 1992).

密柱状図を作成した。

本研究では、肉眼的に組織・色が違う細粒の薄い葉理 (mm 単位) が平行に配列した縞状泥岩を広い意味でリズムマイトとして用いることにする。如來田層中のリズムマイトは塊状泥岩とともに本層の代表的な細粒相に当り、若宮地域ではリズムマイト-塊状泥岩-薄層理タービダイトの組合せで特徴づけられるリズムマイト卓越相として約5つの層準に出現する (Fig. 2)。

1. リズムマイトの堆積相の特徴

採石場の如來田層の堆積層序には約12の層準にリズムマイトの挟在が確認できる (Fig. 3)。ここでのリズムマイト卓越相は、これと3 m 以下の間隔で互層する塊状黒色泥岩・細粒タービダイト砂岩からなり、白〜緑灰色あるいは部分的に赤紫色酸性凝灰岩薄層を挟んでいる。リズムマイトには、構成する葉理の厚さ・密度、そしてその内部構造上の特徴から次の変化が認められる。つまり、厚さ5 mm 以下の葉理が非常に密に重なった縞状泥岩 (狭義のリズムマイト) から、葉理の厚さと間隔がより粗い板状泥岩までの変化が認められる。両者はしばしば漸移的な関係を示し、露頭で明瞭に区分するのは難しい。リズムマイト相中の塊状泥岩は、均質な黒色泥からなり、稀にシルト質葉理・葉層あるいは暗緑色〜緑灰色酸性凝灰岩層を挟在する。また、細粒タービダイト層はシルト質〜細粒砂からなり、2~3 cm の間隔で黒色泥岩と互層する。

典型的なリズムマイトは、シルト質葉理が普通、1 mm 前後の間隔で平行に配列した構造で特徴づけられ、個々の葉理は級化構造を示す。これは、一般に50cm ~ 2 m の厚さをもち、塊状泥岩相や薄層理のタービダイト相などの細粒相と交互に現れる (Fig. 3)。一方、板状を呈するリズムマイトでは、個々の葉理が5 mm 程度から、それ以上、1 cm 以下の厚さを示す。これにはむしろシルト質葉層と呼べるものまで含み、葉理あるいは葉層の間隔も1~2 cm と広い場合までがある。比較的厚い葉理や葉層には、級化構造のほか、平行葉理を示すこともある。

リズムマイトの他の重要な特徴の一つに岩相の側方への均質性が挙げられる。リズムマイトを構成する個々の葉理や葉層は互いに平行であって、その間には一切、侵食あるいは斜交関係は見られない。この関係は少なくとも、連続露頭で5, 6 m にわたって維持されているのが観察できる。リズムマイトが水流の影響を受けなかった堆積物であることは、挟在する薄層理シルト質タービダイトにもほとんどの場合、リップル葉理を伴わないことも調和する。

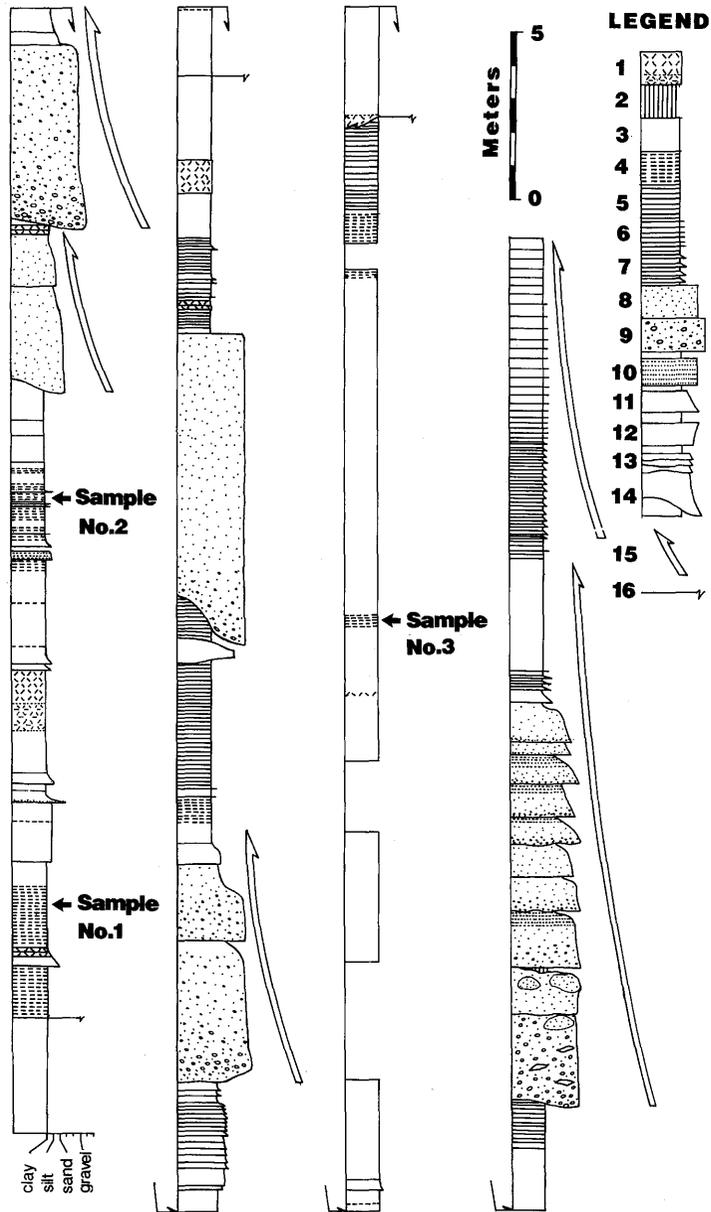


Fig. 3. Columnar sections of the Nyoraida Formation showing the occurrence of rhythmites. At the quarry of Ryushin Mining Co., Ltd. 1, tuff and tuffite; 2, coaly shale; 3, massive mudstone; 4, rhythmite; 5, very thin interbeds of sandstone (1 to 5cm thick) and mudstone; 6, thin interbeds of sandstone (5 to 10cm thick) and mudstone; 7, medium interbeds of sandstone (10 to 20cm thick) and mudstone; 8, massive sandstone; 9, massive pebbly sandstone; 10, parallel lamination; 11, normally graded; 12, inversely graded; 13, amalgamated; 14, channeled; 15, fining-upward cycle; 16, fault.

一部の断層の影響による葉理の破壊や擾乱を除いて、堆積時あるいは未固結時の層理の変形が2, 3認められる。一つは、その長軸が層理と高角度に交わる径1~2 mmの楕円形あるいはチューブ状の形態を示し(Plate I-2)、内部は周囲の堆積物が混ざり合ったものからなっている。葉理は上に凸に曲がった変形を伴っていることから、上方への注入現象と理解され、ガス気泡抜けた痕跡(de-gasing passages)と解釈できる。このほか、液状化に伴われる柱状構造(pillar structure)、水圧破碎(hydro-fracturing)やコンボルト葉理などが局所的に小規模な構造として観察できる。

2. リズマイトの堆積層序上の位置

如来田層は全体として、湖沼成タービダイト相を示すが、その中でリズムマイトの出現する層準には次のような規則性が見いだされる。如来田層のタービダイト層序は上方細粒化サイクルで特徴づけられるが、その中でリズムマイトはサイクルの上部の細粒相に出現する。リズムマイトは普通、均質な泥岩に相伴って現れる。まれに平行葉理を伴う40cmほどの厚さのシルト岩を挟むことがあるが、粗粒相中には現れない。

サイクルは、下底で塊状の礫岩あるいは含礫砂岩から始まり、中~薄層理タービダイト砂岩・シルト岩互層を経て、泥岩へと移化する(Fig. 3)。上部の泥質岩

は塊状泥岩、薄層理シルト質タービダイト、縞状~板状リズムマイトからなり、細粒の酸性凝灰岩層を幾つかの層準に挟む。この場合、薄層理シルト質タービダイトは下部に卓越する傾向がみられる。リズムマイトと塊状泥岩は2, 3 mあるいはそれ以上の厚さで交互に出現し、しばしば薄層理シルト質タービダイトを挟在する。これらの堆積相の間には明瞭な堆積サイクルは認められない。

多くの場合、粗粒相は下位の細粒相との間に明瞭なチャンネルを伴っている。チャンネル性礫質岩には正または逆級化構造が認められるほか、基質支持で黒色泥岩の角礫、砂岩の大~中礫を含む。以上の特徴は、礫質岩がチャンネル充填の土石流あるいは高密度流堆積物であることを示す。一方、砂岩は正の級化・平行葉理を伴うタービダイトで、上方に向かってアマルガメーションが弱まり、シルト岩を挟んでよく分離するようになる。このように礫質岩からタービダイト砂岩、そしてシルト質タービダイトまでの堆積は、明らかにチャンネルの発達に伴っていることから、チャンネル性ロープ縁辺の堆積環境を示唆する。

以上のように、リズムマイトを含む細粒相は、堆積相の組合せ上、均質な塊状泥岩との関わり方が深く、恐らくチャンネルやロープの形成と直接的な関係はないだろう。つまり、リズムマイトが湖沼成扇状地堆積物あ

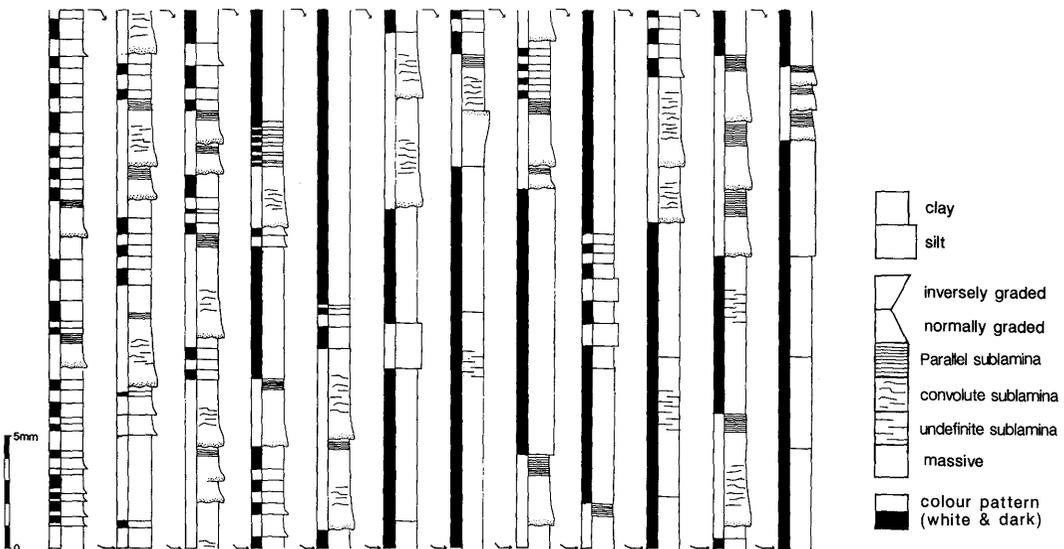


Fig. 4. Columnar sections of a polished section of rhythmite (sample no.1) showing the occurrence of three types of rhythmite.

るいは砂質ローブの縁辺相に相当する可能性は低いと思われる。

3. リズマイトの内部構造と分類

脇野垂層群の如来田層に発達しているリズマイトの堆積起源を検討するために、拡大鏡での研磨試料の観察および偏光顕微鏡下での薄片試料の観察を行った。試料は龍伸興産(株)採石場のセクション下部・中部の3層準 (Fig. 3 の no. 1-3) から採集したリズマイトを用いた。鏡下観察を基に、下部のリズマイト (plate II-1 no. 1) について10倍の拡大柱状図を作成し、その内部構造を記載した (Fig. 4)。なお、内部構造の記載に当たって、0.1mm 以下の厚さの微細な葉理 (sub-lamina) はリズマイト中の個々の葉理を構成する内部構造として取り扱った。

鏡下観察の結果、リズマイトを構成している葉理には正・逆の級化構造、塊状無級化、コンポリュート葉理、不明確な葉理、平行葉理などさまざまな特徴が識別できた。これらの構造は葉理の単位で、タービダイトの Bouma シークェンスに似て、粒度と共に葉理の

形態が垂直的に変化するものから、粒度の変化は顕著ではなく、塊状で、色調のみが変化するものまで多様である (Fig. 4)。

リズマイトの葉理の厚さは均一ではなく、その変化は内部構造の種類と何らかの関係があるように見える。そこで、まず葉理の厚さの頻度を検討した。各葉理の厚さを0.5mm 間隔で区切った頻度分布を求めた。検討した試料には約155枚の葉理が挟まれるが、それらは1mm 以下から14mm 程度まで厚さが変化する。頻度分布からみると、約1mm, 2.5mm 付近でピークをもつ多峰性分布を示し、薄い葉理に高い頻度が現れる。また、3mm 以上でも低頻度だが、1~2%の頻度をもつ (Fig. 5)。

リズマイトを構成する個々の葉理は前記したように、幾つかの微細構造の組合せから構成されている。鏡下観察からは葉理を構成する微細構造の中で、級化を示す葉理は薄く、塊状でやや粗粒なシルト質葉理は厚い傾向がある。そこで、頻度分布資料を加味し、卓越する葉理の特徴に基づいてリズマイトを次の3つのタイ

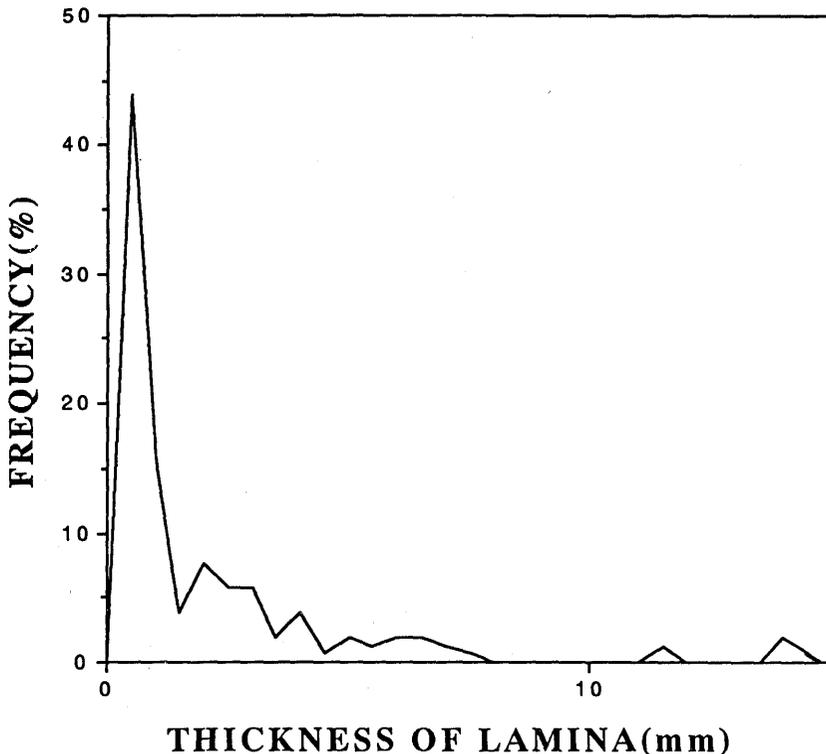


Fig. 5. Frequency of thickness of laminae observed in sample no.1.

Type	Facies	Structure & thickness	Interpretation
TYPE A		<ul style="list-style-type: none"> • thickness: less than 1mm • graded to massive • couple of two laminae 	<ul style="list-style-type: none"> • suspension cloud
TYPE B		<ul style="list-style-type: none"> • thickness: 1-5mm • erosive base • graded • convolute • parallel to massive 	<ul style="list-style-type: none"> • low-density turbidity current • suspension cloud
TYPE C		<ul style="list-style-type: none"> • thickness: thicker than 5mm • massive to irregular 	<ul style="list-style-type: none"> • overflow • mudflow

Fig. 6. Classification of rhythmites in the Wakino Subgroup.

プ (タイプA, B, C) に区分した (Fig. 6). この区分に従って整理した頻度分布を Fig. 7 に示す.

1) タイプA

葉理の厚さは普通, 1mm 以下で, まれに1mm 以上の葉理を含む. 非常に細粒なため肉眼観察では確認できないことが多いが, 顕微鏡下ではほとんど葉理で細粒のシルトから粘土への級化が認められる (plate II-2). まれに塊状のこともある. また, このタイプは葉理と葉理の境が明確であり, 氷結粘土のように暗褐色葉理と灰白色葉理が1組となった縞状の外見を呈し, これらは1-3mmの間隔でリズムをつくっているのが特徴である. 本タイプは最も基本的なリズムマイトであり, 他のタイプよりもその出現頻度が高い.

2) タイプB

主に厚さ約1-5mmの葉理やまれに1mm程度の薄い

葉理からなる. 葉理の下底面は微妙な侵食面をもち, まれに複数の葉理間でアマルガメーションが認められる. このタイプの葉理は下部の極細粒砂から粘土に至る級化構造と, 中部にコンポリュート微細葉理, そして最上部は平行微細葉理が認められるかもしくは塊状となる. 所によってはコンポリュート微細葉理を欠く. 下部の級化部分は灰白色を示し, 上部は暗褐色を示す. 一方, これらはタイプAの間に散発的に挟まれて出現する. また, タイプAに比べてその出現頻度が低い.

3) タイプC

このタイプ中の葉理は他のものより格段に厚く, 通常5mm 以上である. 葉理の下底面は明確な境をもって産出するが, しばしば他のタイプの葉理とは軽微な侵食面をもって境される. このタイプにはまれに粗粒なものが含まれるが, 葉理内部は級化や微細葉理を示さ

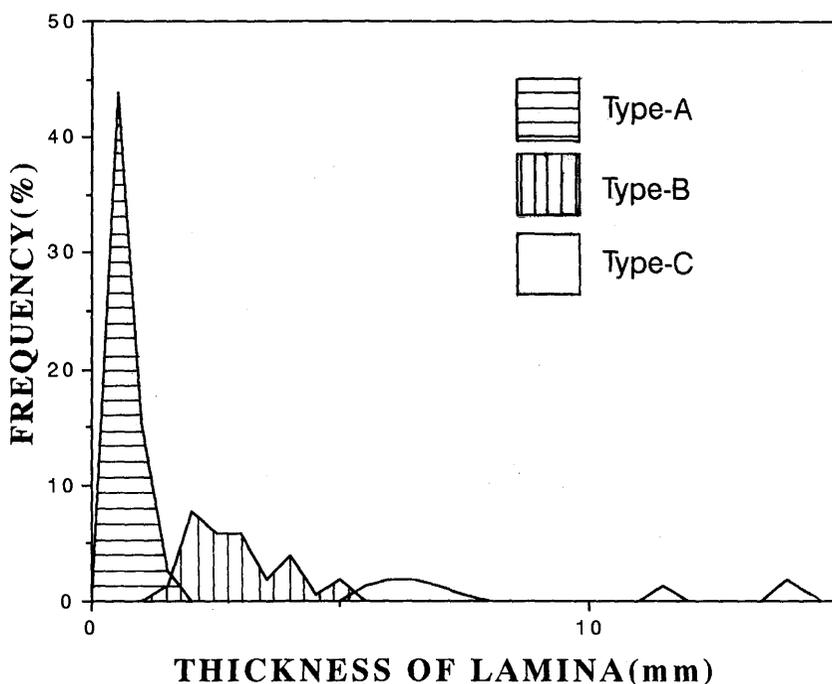


Fig. 7. Frequency of three types of rhythmite.

ず、一般に塊状である。まれに、平行状の不規則な微細葉理を伴うことがある。また、葉理は暗褐色の粘土が多く、灰白色の細粒シルトのこともある。本タイプはリズムイト中の葉理の中で最も出現頻度が低い。

IV. 考 察

1. リズマイトの定義と起源に関する問題点

リズムイトに関してこれまでに多くの研究がなされてきたが、その用法と起源に関する問題についてはまだ、多少の混乱がある。そこで、ここでは先ずこれまでの主な考え方を整理する。リズムイトの研究は、リズムイトという用語が定義される以前の DE GEER (1912) による氷河地域湖成堆積物の氷縞粘土の研究から始まった。DE GEER (1912) によると、氷縞粘土は氷河地域の湖水中の融氷水起源の底層流から堆積したものと考えられた。その後、これらは表層水からでも形成されるという見解が ANTEVS (1951) によって出された。BRAMLETTE (1946) は薄く互層する葉理が側方によく連続する層理をリズムイトと定義し、これらは季節の変化によるものと考えた。しかし、KUENEN (1951) は、氷河湖の氷縞粘土は混濁流で形成されるものと考えた。GOULD (1951), DEANE (1958) および LAJTAI (1969)

は底層流起源の堆積物と考えた。KUENEN (1951) のタービダイト説からリズムイトの研究は海洋堆積物 (REINECK, 1967; CLIFTON, 1969 など) にも適用されるようになった。EMERY (1960) は 1 枚の氷縞粘土の形成に際しては、タービダイトと懸濁雲両方からの堆積作用が必要だと述べた。その後、STURM and MATTER (1978) は増水期などに湖水に流入する懸濁雲からの沈積によるものと考えた。また、ASHLEY (1975) は overflow 起源だと考えた。上に述べたように今まで、リズムイトの起源については研究者によってさまざまな見解がだされてきたが、これらの研究は現世湖水の掘削柱状資料の観察と解釈に基づくものであった。

2. 脇野垂層群中のリズムイトの起源

これまでの見解ではリズムイトの起源は、混濁流 (KUENEN, 1951), 底層流 (GOULD, 1951; DEANE, 1958), overflow (ASHLEY, 1975), 懸濁雲からの沈積 (STURM and MATTER, 1978) などの堆積機構に求められてきた。見解は異なるにせよいずれの場合も、リズムイトが単一の堆積機構によるものとしている。しかし、脇野垂層群中の 3 つのタイプのリズマイトの全てを、これまで提唱された形成機構のうち一つのみで説明するのは無理がある。

今回の脇野亜層群中のリズムタイトの検討からは、リズムタイトを構成する葉理に特徴的な内部構造を持つことが明らかになり、さらに内部構造と葉理の厚さとに相関関係が見いだされた。この事実は、区分された3つのタイプのリズムタイトが1つの堆積起源ではなく、それぞれ異なった堆積起源をもつことを示唆する。ここでは、上の記載した3つのタイプのリズムタイトの起源について考察する。

1) タイプA

このタイプのリズムタイトは湖水の inter flow に含まれている懸濁雲 (suspension cloud) が水温躍層 (thermocline) あるいは変水層 (metalimnion) と呼ばれる部位に流入し、湖水周辺を回流しながら沈積することによって形成したと考えられる。Inter flow というのは、湖水に流入する河川の流が密度差により湖水中の表水層 (epilimnion) と深水層 (hypolimnion) の間に流入するものである (STURM and MATTER, 1978)。従って、inter flow の形成は成層構造が発達しやすい季節の影響をうける。北半球の湖水では一般に時計回りの流動を示すといわれる (STURM and MATTER, 1978)。

STURM & MATTER (1978) によると、この inter flow 起源のリズムタイトの最大堆積は湖水の湖底平坦面あるいは水深10m 付近の水温躍層 (thermocline) 中で発生すると考えられる。また、暗褐色葉理と灰白色葉理の堆積リズムは1-3mm の厚さで繰り返し、季節あるいは気候の変化によるものと考えられる。

2) タイプB

STOW and SHANMUGAM (1980) は、リズムタイトが底

層流から発生した低密度混濁流の掃流過程とそれに伴う懸濁雲から形成すると考えた。つまり、下部の分級部とコンポリュート葉理は混濁流の掃除過程の堆積物であるが、上部の塊状あるいは平行葉理は懸濁雲からの沈積によるものと考えられる。

一般的な混濁流による堆積過程では BOUMA シークエンスが発達する。BOUMA シークエンスの細粒部 (Td-e) は STOW and SHANMUGAM (1980) や PIPER (1978) によって、さまざまな微細な構造をもつことが指摘され、内部構造の特徴によりさらに細かく細分されている。このタイプとの厳密な対応は難しいが、内部構造からみると STOW and SHANMUGAM (1980) の T4-T5、PIPER (1978) の E1 にあたるものと考えられる。

2) タイプC

このタイプは下部に級化部や規則的な葉理部を伴っていない。従って、細粒混濁流堆積物 (STOW and SHANMUGAM, 1980) には比較できない。比較的厚く、淘汰の悪い泥質葉理の形成は、高粘性流による堆積に起因すると思われる。類似の泥質葉理はトロントの水縞粘土から報告あり、LAJTAI (1966) は泥流起源と解釈した。

上に述べたようにそれぞれのタイプのリズムタイトは inter flow, 低密度混濁流, overflow, 泥流などの起源が考えられる。湖沼環境におけるこれらの堆積機構のモデルを Fig. 8 に示す。つまり、タイプAは混濁物質が河川などからの湖沼へ流入し、inter flow に変わる。inter flow に含まれている懸濁雲からの沈積からこのタイプのリズムタイトが形成される。タイプBは湖水の斜面から発生した低密度混濁流の掃除過程での堆積作

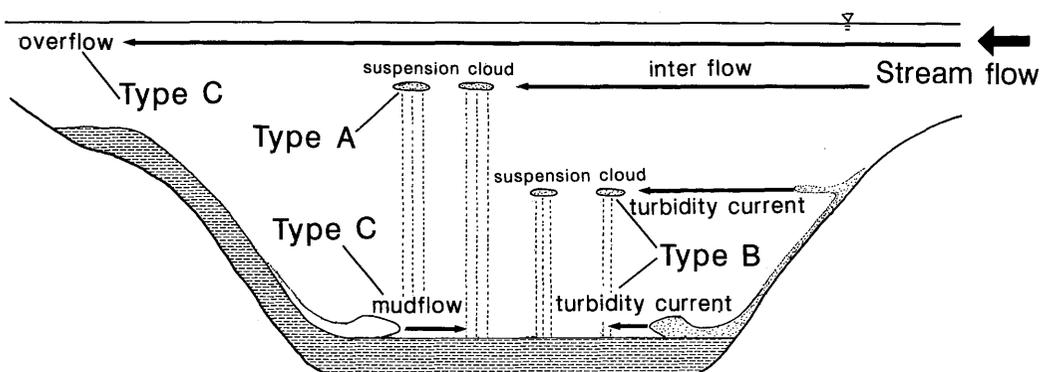


Fig. 8. Model showing the origin of three types of rhythmite in the Wakino Subgroup (based on STURM and MATTER, 1978).

用とそれに伴う懸濁雲からの沈積によって形成される。タイプCのばあい脇野亜層群のリズマイトは、氷河堆積物ではないので、泥流よりも overflow によって形成される可能性が高いと考えられる。

ま と め

北部九州若宮付近の白亜系陸生堆積物の脇野亜層群中部の如来田層に発達しているリズマイトの野外および鏡下観察から、その産状と起源について以下の結論を得た。

1. リズマイトはタービダイト層序の一員として、塊状泥岩とともに上方細粒化サイクルの上部に出現し、湖沼沖浜を示唆する代表的な堆積相の一つにあたる。
2. リズマイトは葉理の厚さと葉理中の内部構造によってA, B, Cの3つのタイプに分類できる。
3. タイプAは懸濁雲 (suspension cloud) からの沈積によって形成される。タイプBは低密度混濁流起源の堆積物とみなされる。タイプCは overflow あるいは泥流起源と考えられる。

脇野亜層群に発達しているリズマイトの形成には上に述べたようなさまざまな堆積機構が関連しているのが明らかになった。今後、これらの3タイプのリズマイトと堆積環境の変化との関わりについては詳しく検討すべき課題として残される。

謝 辞

九州大学理学部地球惑星科学教室の佐野弘好博士には、研究方法について御助言をいただいた。採石場での観察に便利を図っていただいた龍新興産株式会社には厚くお礼申し上げる。本研究には文部省科学研究費(課題番号01420012代表者岡田博有)の一部を当てた。銘記して当局に深く感謝の意を表す。

文 献

- ANTEVS, E. (1951) : Glacial clays in Steep Rock Lake, Ontario, Canada. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **62**, 1223-1262.
- ASHLEY, G. M. (1975) : Turbidite origin of glaciolacustrine sediments, Woodcock lake, Pennsylvania. *J. Sediment. Petrol.* **45**, 738-744.
- BRAMLETTE, M. N. (1946) : The Monterey formation of California and the origin of its siliceous rocks. *U. S.*

- Geol. Survey Prof.* **212**, 57p.
- CLIFTON, H. E. (1969) : Beach lamination: nature and origin. *Mar. Geol.*, **7**, 553-559.
- DEANE, R. E. (1958) : Pleistocene geology and limnology. In Operation Hazen: *Narrative and preliminary reports for the 1957 season*, ed., Smith, H., Defense Research Board, Dept. Natl. Defence, Ottawa, 19-23.
- DE GEER, G. (1912) : A geochronology of the last 12,000 years. *Proc. Intern. Geol. Congr.*, **1**, 241-258.
- EMERY, K. O. (1960) : Basin plains and aprons off southern California. *Jour. Geol.*, **69**, 279-290.
- FISHER, A. G. (1986) : Climatic rhythms recorded in strata. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **14**, 351-376.
- GOULD, H. R. (1951) : Some quantitative aspects of Lake Mead turbidity currents. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, **2**, 34-52.
- KUENEN, P. H. (1951) : Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, **2**, 2-19.
- LAJTAI, E. Z. (1966) : Pleistocene sediments of the Bloor-Danforth Subway section, Toronto, Canada. *University of Toronto, Ph. D. thesis.*
- 増田富士雄 (1989) : 過去6億年間の気候変動にみる周期。科学, **59**, 455-463.
- PIPER, D. J. W. (1978) : Turbidite muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains. in STANLEY, D. J. and KELLING, G., eds., *Sedimentation in submarine canyons, fans and trenches*, 164-176, Stroudsburg, PA : Dowden, Hutchinson & Ross.
- REINECK, H. E. (1967) : Ein Kolbenlot mit Plastik-Rohren. *Senckenberg. lith.* **48**, 285-289.
- 坂井 卓・徐 相建・岡田博有 (1992) : 小倉南方山田緑地周辺の白亜系脇野亜層群の層序ならびに堆積学的特徴。九大理研報, (地球惑星), **17**, 55-66.
- 徐 相建・坂井 卓・岡田博有, (1991) : 白亜紀前期“古脇野湖”中のタービダイト・リズマイト相について。堆積研究会報, **34**, 157.
- (1992) : 下部白亜系関門層群砂岩の岩石学的性質と起源。地質学論集, **38**, 155-169.
- STOW, D. A. V. and SHANMUGAM, G. (1980) : Sequence of structures in fine-grained turbidites: comparison of recent deep-sea and ancient flysch sediments. *Sed. Geology*, **25**, 23-42.
- STURM, M. and MATTER, A. (1978) : Turbidites and varves in Lake Brienz (Switzerland): deposition of clastic detritus by density currents. *Spec. Publ. Int. Ass. Sediment.*, **2**, 147-168.
- WILLIAMS, G. E. (1989) : Precambrian tidal sedimentary cycle and Earth's paleorotation. *Eos*, **70**, 40-41.

徐 相建・坂井 卓・岡田博有

白亜紀湖成層脇野亜層群にみられるリズムイトの産状と起源

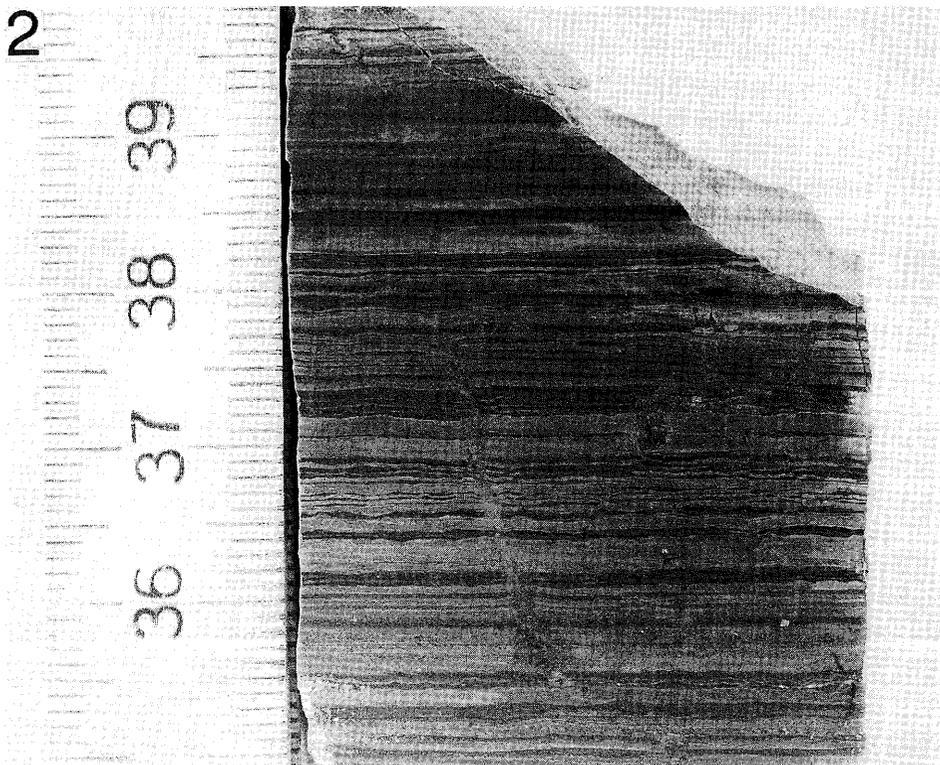
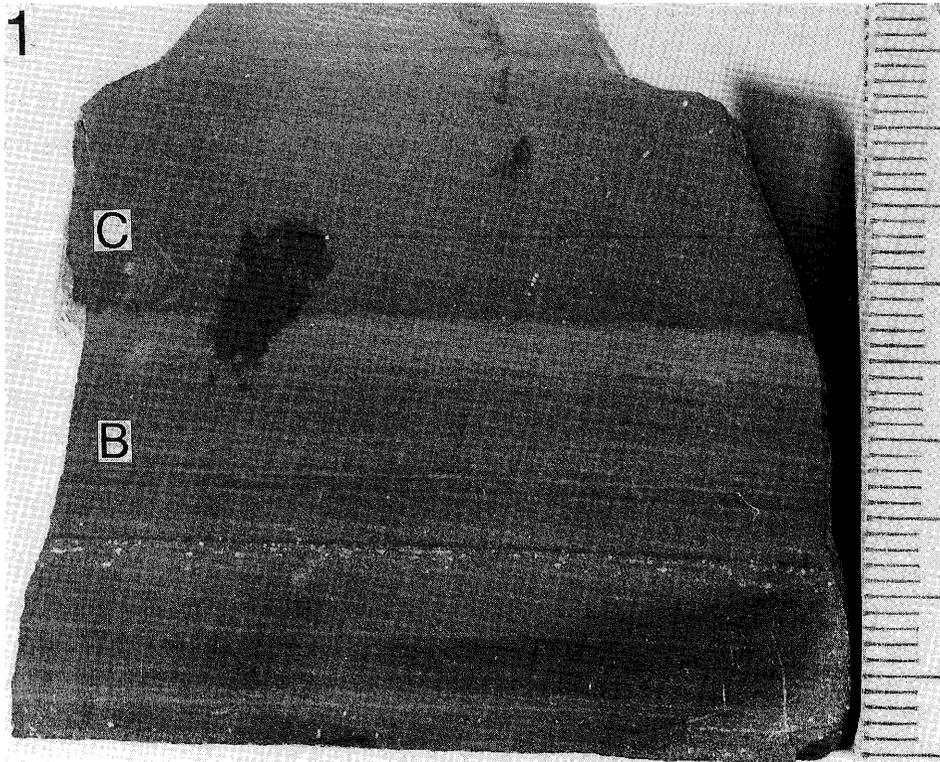
第 19 ～ 20 図 版

第 19 図 版 説 明

Explanation of Plate 19

Fig. 1. A photograph of a polished section of rhythmites showing Type B (B) and Type C (C). Sampling point is shown in Fig. 3 (sample no. 3). Scale in cm.

Fig. 2. A photograph of a polished section of Type A and Type B rhythmites showing de-gasing passages. Sampling point is shown in Fig. 3 (sample no. 2). Scale in cm.



第 20 図 版 説 明

Explanation of Plate 20

- Fig. 1. A photograph of a polished section of rhythmites showing the occurrence of Type A, B and C. Sampling point is shown in Fig. 3 (sample no. 1). Scale : 5cm.
- Fig. 2. A photomicrograph of a thin section of Sample no. 2 showing thinly interlayered silt (darker layers) and clayey silt (lighter-colored layers) laminae with grading. Polars crossed Scale : 1mm.

