

三笠市立博物館紀要 2号, 1-15 ページ, 1998年3月  
Bulletin of the Mikasa City Museum, No.2, 1-15, March, 1998

白亜紀セノマニアン-チューロニアンの浅海生二枚貝フォーナの変遷  
- 奔別川セクションの中部蝦夷層群三笠層 -

安藤 寿男

茨城大学理学部地球生命環境科学科 310-8512 水戸市文京 2-1-1

小玉 武史

環境管理センター(株) 東関東支社 260-0833 千葉市中央区稲荷町 171

Shallow-marine bivalvian faunal change during Cenomanian to  
Turonian, Late Cretaceous  
- Ponbetsu River section in the Mikasa Formation, Middle Yezo Group, Hokkaido, Japan -

Hisao ANDO

Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Ibaraki Univ., Bunkyo 2-1-1, Mito 310-8512, Japan

Takeshi KODAMA

East Kanto Branch, Environmental Control Center Co. Ltd. Inari-cho 171, Chiba 260-0833, Japan

**ABSTRACT** The uppermost Albian to upper Turonian Mikasa Formation, Middle Yezo Group, Yezo Supergroup contains prolific shallow-marine bivalves which had lived in the western-central margin of the Yezo forearc basin in Hokkaido. Their faunal changes can be well observed along the Ponbetsu River section in the western limb of the Ikushunbetsu anticline, Mikasa City. Several shells, shell lamina and shell beds are mainly found in the alternating beds of hummocky cross-stratified fine sandstone and biotubated sandy siltstone which seem to have been deposited in lower shoreface to inner shelf on wave-dominated open sea. Some beds are also obtained in medium sandstone of upper shoreface, and sandy siltstone of sandy tidal flat suggesting the presence of closed lagoonal or inner bay environments.

Horizons rich in bivalve fossils are recognized only in the lower Twa Member (early Cenomanian), the upper Twc and lowest Twd (middle Turonian) and the uppermost Twd (upper Turonian). The Cenomanian fauna include the *Thetis japonica* assemblage in bioturbated silty fine sandstone, the *Pterotrigonia* spp. - *Aphrodina pseudoplana* assemblage in fine sandy coquinite lags and the *Entolium obovatum* - *Pseudopecten acuticarinata* assemblage in thick amalgamated HCS fine sandstone as HCS lamina. The middle Turonian assemblages are dominated by *Glycymeris (Hanaia) hokkaidoensis*, *Meekia hokkaidoana*, *Apiotrigonia mikasaensis* and *Yaadia ainuana*, whose shells are generally thick except *Meekia*. *Granocardium* (?) sp. and a few thick-shelled bivalves scattered in medium sandstone of upper shoreface to sandy tidal flat characterize the Upper Turonian assemblage, though poorly-preserved mainly because of a constraint of coarser lithology. These stratigraphic

occurrences within the Ponbetsu River section show that shallow-marine sandy level-bottom bivalve fauna almost exchanged in species composition between Cenomanian and Turonian ages except such a few species as *Aphrodina pseudoplana*, suggesting the C-T boundary evolutionary change in shallow-marine benthic communities.

**Keywords:** Upper Cretaceous, Mikasa Formation, Yezo Supergroup, Cenomanian-Turonian, shallow-marine bivalve, faunal change

## はじめに

北海道中央部の三笠市幾春別桂沢付近を模式地とする、上部白亜系中部蝦夷層群三笠層（松本，1951）は浅海生二枚貝を多産することで古くより知られている（Fig. 1）。Yabe (1909) が“トリゴニア砂岩層”と命名して以後、Yabe and Nagao (1928), Nagao (1932, 1938), Nagao and Huzioka (1941) などの一連の古生物学的記載の中で二枚貝化石フォーナの概要が明らかとなった。松野ほか (1964)、佐々ほか (1964) をはじめとした地質図幅調査でも化石産出リストが示され、大局的な層位学的産出頻度変化が明らかになっている。しかし、北海道の蝦夷層群から産出した大型化石に関する古生物学的研究は、主にアンモナイトやイノセラムスのような、化石層序に有用で、かつ、むしろ沖合い相に普遍的に産出する分類群に重点がおかれてきた（例えば、二上，1982, 1992；Futakami, 1986a, b；二上・宮田，1983；前田，1986；小島・二上，1975 など）。これに対し、三笠層の二枚貝化石層の多くは浅海相を代表し、アンモナイトやイノセラムスの随伴が稀なことに加えて、石灰質で硬質な上、化石個体の単離が難しく同定が容易でないことも研究を阻む要因となっていた。最近、田代 (1985, 1994a) は三笠層の二枚貝フォーナの特長について略述し、Tashiro (1995) は幾春別川支流の鳥居沢のセノマニアンフォーナの記載を行っている。しかし、三笠層全域や全層準におよぶ研究はまだない。したがって、三笠層の二枚貝フォーナは多産するわりには、分類や群集組成、あるいは古生態特性が十分に明らかにされているとはいえない。

三笠層は、ユーラシアプレート東縁の前弧海盆である蝦夷海盆の西縁相を代表し、西方の陸弧あるいは島弧の東側に広がる三角州～沿岸～陸棚～浅海の堆積システムの堆積物と見なされている。その層序と堆積相についてはすでに安藤 (1987, 1990a, b, 1994；安藤ほか，1994；Hirano et al., 1992) によって詳述され、大型化石層序を考慮した堆積相層序やその時空分布が示されている。三笠層の分布は、北海道中央部の、いわゆる石狩炭田地域に限られるが、

その中で 4 次元的に見ると、堆積相分布、古地理、堆積システムの発達様式は一様ではない。しかし、大局的には陸側堆積システムの 3 回におよぶ前進・後退サイクル、あるいは 3 回の相対的海水準変動サイクルによって形成されたことがわかっている。さらに陸棚～浅海砂層をもたらした堆積システムの中心は時代と共に北から南に移動したことも推定されている（安藤 1990b）。要約すると、三笠層は後期アルビアン～後期チューロニアン前期にかけての、3 つの第 3 オーダー堆積シーケンスである（Ando, 1997）。

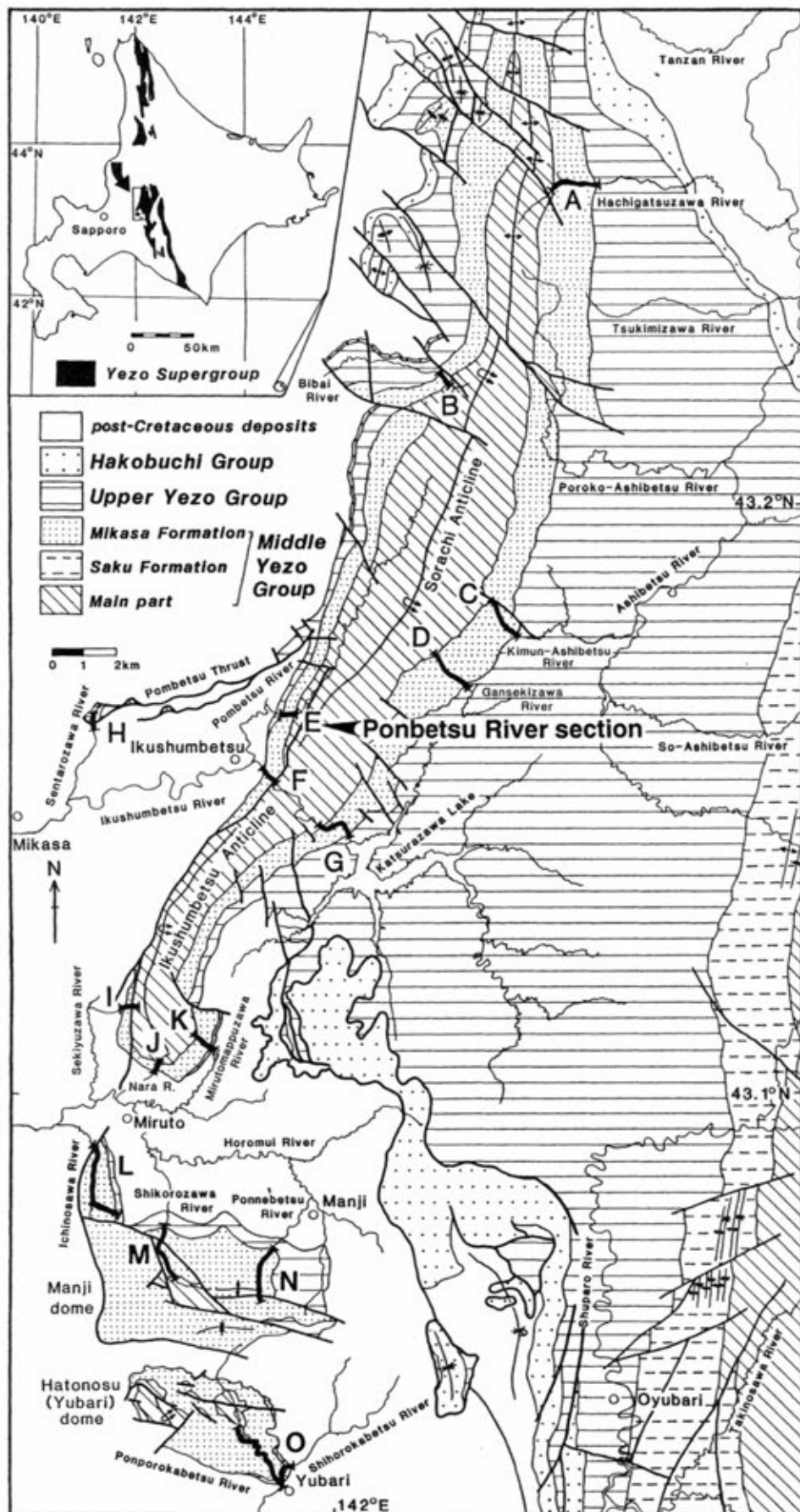
三笠層から産する浅海二枚貝化石群集は、こうした堆積環境や堆積学的背景と密接に関連して、生息していたことは容易に想像がつく。著者らはここ数年、三笠層の二枚貝フォーナの群集組成・古生態と堆積相分布との関連を三笠層分布全域にわたって調べてきたが、おおよそのイメージを持つに至った。そこで、小論では三笠層分布域の中で最も露出条件のよいルートである奔別川を選び、三笠層の二枚貝化石の層位分布やその意味を述べることにする。詳細なルートマップや堆積相・地質柱状図については安藤 (1987, 1990a, 1994) を参照されたい。

謝辞：小論の執筆の機会を与えて下さった、三笠市立博物館の早川浩司博士、加納 学氏、奔別川ダムに関する情報を提供された幾春別川ダム建設事業所所長の児玉好史氏、副長渡辺和弘氏、前所長の伊藤 丹氏に謝意を表したい。また、野外調査に当たっては各種の便宜を戴いた松村英夫館長をはじめとする博物館の皆さん、永田秀尚氏、北海道開発コンサルタント（株）の富岡 敬氏、塩谷由美氏に御礼申し上げたい。また宿泊に際しては三笠市の小林和男氏に大変にお世話になった。なお、この研究にあたって、安藤に与えられた文部省科学研究費基盤（C）（代表者：安藤寿男，課題番号：07640619）の一部を支出した。以上の方々、機関に厚く御礼申し上げる次第である。

## 層序と堆積相

幾春別川支流の奔別川で見られる三笠層は、幾春別背斜

Fig. 1 Simplified geological map of the Upper Cretaceous Yezo Supergroup in the western-central Sorachi-Yezo Belt, Hokkaido. The Ponbetsu River section is indicated by a letter E. After Ando (1990a)



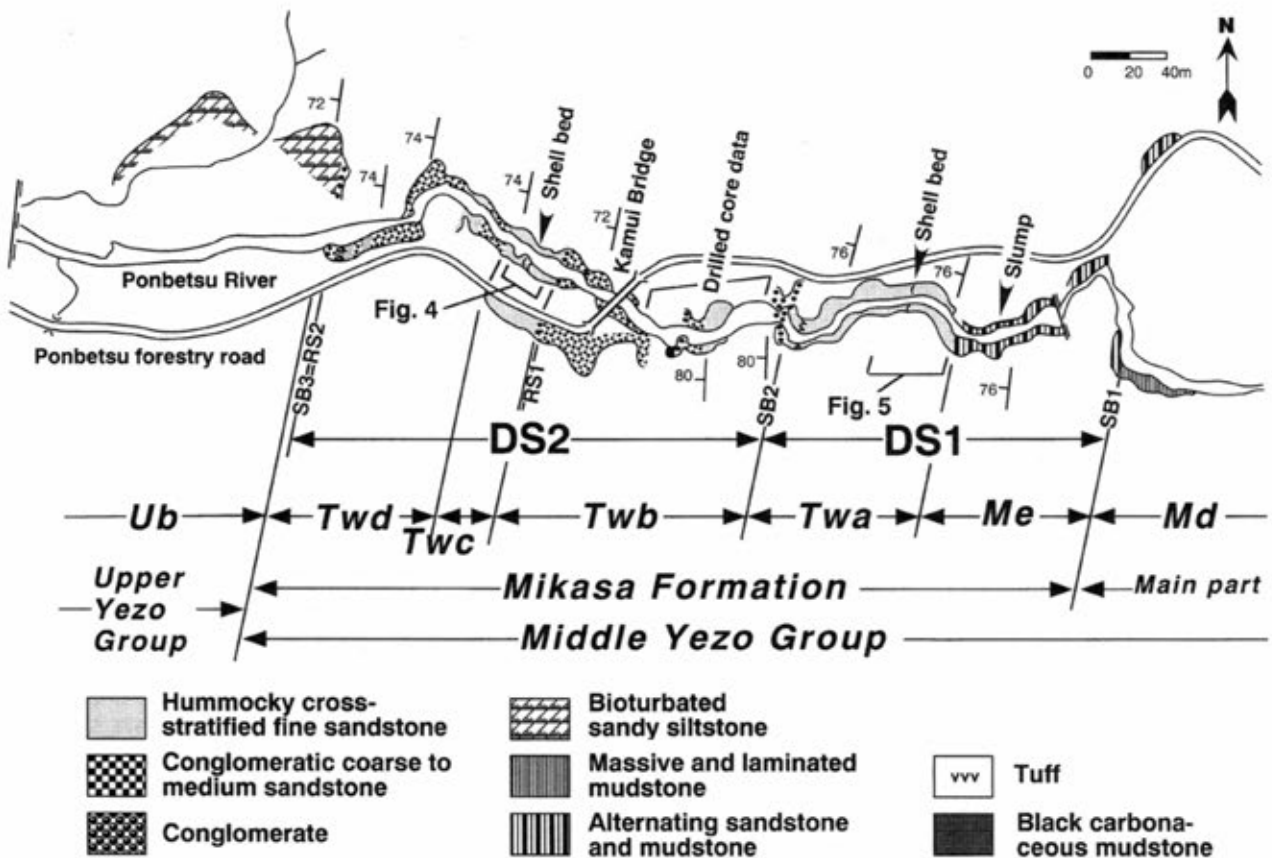


Fig. 2 Geological route map of the Mikasa Formation, Middle Yezo Group along the Ponbetsu River. DS: depositional sequence; SB: sequence boundary; RS: ravinement surface.

の西翼側に位置する (Fig. 1)。幾春別背斜は、石狩炭田北部を特徴づける空知背斜の南西延長部に相当し、北北東-南南西方向に延び、背斜軸面が西側に転倒している。そのため奔別川付近では、地層は北北東走向で西に急傾斜 (70~80°) する (Fig. 2)。三笠層は砂礫質岩を主体とし、主に泥質岩からなる上下の地層 (下位が中部蝦夷層群の主部、上位が上部蝦夷層群) に比べ、緻密堅硬なため険しい山稜地形を呈している。奔別川はこの南北性の山稜をほぼ東から西に流下するためV字谷をなしており、三笠層が神居橋の上下流計約500 mにわたって河床にほぼ連続的に露出する。露頭の欠如部分はわずかであるが、奔別ダム基礎調査で採取されたボーリングコアでその欠如部分を補うことができ、三笠層の柱状断面のほぼ100%近くが観察できる。

本論では安藤 (1987) に従い、松野ほか (1964) の層序区分を修正して、三笠層を下位より、Me, Twa, Twb, Twc, Twdに分ける5部層区分を採用しておく (Figs. 2, 3)。

三笠層は砂岩を主体とし、次に泥岩、シルト岩が多く、礫岩をいくらか伴う。浅海から陸成の様々な堆積相が観察され、推定される堆積環境は外側陸棚から内側陸棚、外浜、前浜、潮汐干潟、潮汐チャネル、潟湖、湿地におよんでいる。以下部層毎に堆積相・堆積相層序・堆積環境について

略述する。

#### 中部蝦夷層群主部

三笠層の下位は単調な暗灰色のシルト岩が厚く連続し、外側陸棚以浅の沖合相が卓越する。層理が発達することもあるが概して塊状である。石灰質団球をまれに含む。

これまでの中部蝦夷層群の層序に関する研究は、三笠層以下が岩相変化に乏しく適当地名も少ないこともあって累層名に記号が用いられ、三笠層のような地名を冠した累層名称がない。「国際層序学の手引き」(Salvador, 1994) に従えば、三笠層と同レベルの地域名を使うべきであるが、そうした層序学的な記載は本論の主旨ではないので、ここでは一括して主部と称しておく。松野ほか (1964) では三笠層直下はMd層とされており、上部アルビアンアンモナイトをごく稀に産する。三笠層Me部層には堆積相が整合的に急変する。

#### 中部蝦夷層群三笠層

##### Me部層:

厚さ約100 mのうち下部80 mは、下部平行葉理ヤリッ



ブル斜交葉理が発達する Tbcce, Tbcde タービダイトを主体とした規則的な砂岩泥岩互層からなる。タービダイトのブーマシーケンス解析が Tanaka (1970) によってなされている。おそらく海盆底から大陸斜面海盆にかけてのかなり水深のある海底での乱泥流による堆積物である。

上部 20 m の下部には細粒砂岩葉理を含むシルト岩があり、スランプ構造が見られる。これは一旦堆積したシルト層が重力崩壊しうような斜面域での堆積が示唆される。最上部 5 m は 10 数 cm ～ 数 10 cm 前後で互層する砂岩のやや卓越した砂岩泥岩互層であるが、砂岩部には上位の Twa に似たハンモック状斜交層理が認められ、内側陸棚程度の浅海での堆積が推測される。

化石は植物微片を除いて産しないため、正確な時代は不明である。下位の中部蝦夷層群主部の泥岩から産するアンモナイトや、上位の Twa の時代から、アルビアン後期あるいはセノマニアン最前期と見なされる (松野ほか, 1964; 安藤, 1987, 1990a)。Matsumoto (1959)、松本ほか (1991) では幾春別川で *Mortoniceras (Durnovarites) sp.* を報告し、アルビアン上部と見なしている。松野ほか (1964) によると、岩見沢図幅内の Me から *Anagaudryceras sacya* が得られている。

#### Twa 部層:

Me から漸移する、厚さ 90 m の一見単調な極細粒砂岩であるが、磨かれた河床面では多くの堆積構造が認められる。ハンモック状斜交層理 (HCS) を示す部分と、底生生物の活動によって擾乱された塊状のシルト質砂岩との互層からなっているが、層準によって泥質砂岩部がなく HCS 砂岩が癒着して連続する部分もある。しばしば二枚貝化石が散在～密集して産し、レンズ状の密集層も数枚認められる。HCS が卓越することから、波浪卓越型の内側陸棚から下部外浜にかけて (水深 10 数 m ～ 数 10 m 程度) の堆積物と考えられる。下半部からは前期セノマニアンのイノセラムスが頻りに、アンモナイトがまれに産出する (安藤, 1987)。

#### Twb 部層:

堆積相の上下変化が著しく、様々な環境で堆積した中粒～粗粒砂岩を主体とする。三笠層の中で最も粗粒な沿岸～陸成の部層である。層厚約 130 m。Twa を明瞭な浸食面を介しての、厚さ約 10 m の河道チャンネル成斜交層理礫岩相が始まり、黒色有機質シルト岩相 (氾濫源～湿地)、斜交層理中粒砂岩・礫岩互層相 (上部外浜)、斜交層理中～細粒砂岩相 (砂質潮汐低地)、生物擾乱砂質シルト岩相 (泥質潮汐低地～潟湖) の堆積相からなる。上部は潮汐バンドル (束状になった mud drapes を含む平板斜交層理)、潮汐チャンネル (チャンネル性斜交層理)、カキ化石層などの潮汐性の堆積構造が卓越する。

時代を示す化石は産しないが、植物片、カキなどをまれに産する。時代は Twa がセノマニアン前期、Twc がチューロニアン中期と見なされることから、セノマニアン後期からチューロニアン前期と推定される。

#### Twc 部層:

HCS 極細粒～細粒砂岩と生物擾乱シルト岩・シルト質極細粒砂岩との互層を主体とし、下部は砂質シルト岩が卓越する。基底には、厚さ数 10 cm の一部斜交層理を呈する中円礫岩相が、明瞭な浸食面を介して累重しており、両者の堆積相変化は急激明瞭である。本部層は Twa と堆積相が類似するがシルト岩相の割合が高い。全体として上方にシルト岩が減少して粗粒化する。上部にレンズ状の二枚貝殻層を数枚挟み、一部は 10 ～ 20 cm 厚の細～中礫を含むコキナイトレンズをなす。基底礫岩は海進残留堆積物でその基底面はラビンメント面、そして、本部層の主体は内側陸棚～下部外浜の堆積物と考えられる。本部層からは中期チューロニアンのイノセラムスである *Inoceramus hobetsensis* をしばしば産する。

#### Twd 部層:

Twc から漸移し、斜交層理中～粗粒砂岩、癒着 HCS 細粒砂岩を主体とし、礫質砂岩や礫岩薄層を伴う。中～粗粒砂岩が卓越する点で Twb に類似するが、湿地/氾濫源成のシルト岩は含まない。主に下部～上部外浜で形成されたものと推定され、最上部に潮汐バンドルやカキ化石が含まれており、砂質潮汐低地相を伴うことがわかる。上限には下底がラビンメント面をなす、厚さ数 10 cm の礫質細粒砂岩があり、上部蝦夷層群のシルト岩に整合急変する。最上部に後期チューロニアンを指示するイノセラムス (*Inoceramus teshioensis*) が産出する。

#### 上部蝦夷層群

奔別川セクションでは、上部は古第三系石狩層群によって不整合に覆われるため上部蝦夷層群の下部が露出する。松野ほか (1964) では Ub 層と呼称されている。暗灰色砂質シルト岩を主体とし、一部シルト質細粒砂岩となっており、層理の明瞭な細粒砂岩もまれに挟在する。塊状無層理であることが多く、生物擾乱を強く受けている。化石は石灰質団球や母岩から多産するが、二枚貝よりもアンモナイトの方が優占する。外側陸棚上部～内側陸棚下部程度の比較的沖合い成の堆積環境が想定される。

三笠層よりもはるかに細粒であるが、ほかの地域、たとえば幾春別背斜東翼側の幾春別川桂沢ダムより上流の同層準よりもやや粗粒である。*Subprionocyclus minimus* のような装飾型アンモナイトや *Inoceramus teshioensis*, *I. incertus* などの、後期チューロニアンの指示化石を多産する (二上ほか, 1980; 松本ほか, 1981)。万字～夕張地域では下部外浜～内側陸棚砂岩相が卓越し、三笠層と呼ばれている。つまり、奔別川セクションより南方～南南東方の地域ではより陸側浅海の堆積相に側方変化している。

#### 堆積シーケンス

安藤 (1990b) で述べたように、三笠層はデルタの堆積システムが 3 回前進後退サイクルを繰り返して形成され

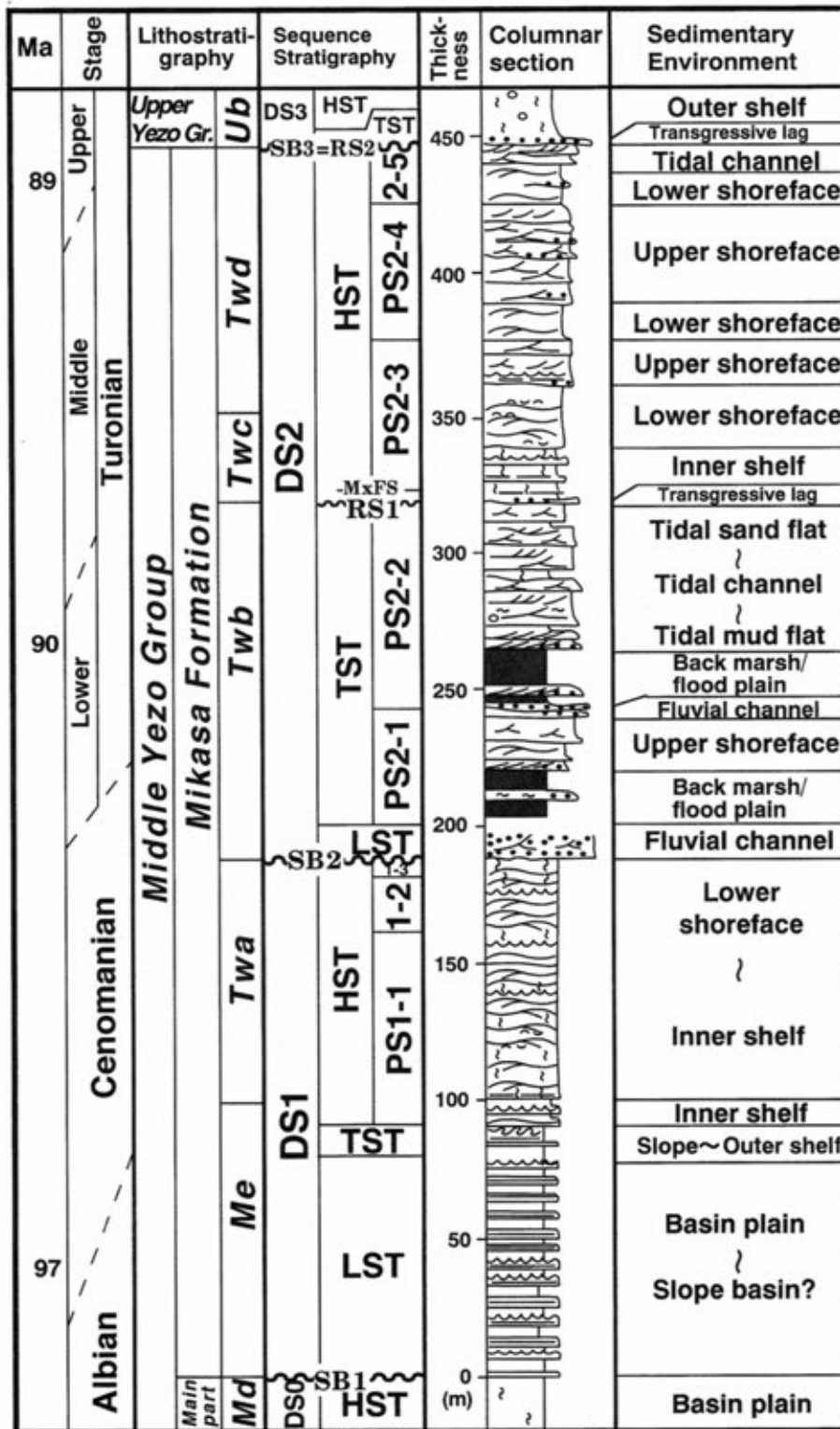


Fig. 3 Synthesized geological columnar section, sequence stratigraphy and inferred sedimentary environments for the Mikasa Formation along the Ponbetsu River. The geologic age and lithostratigraphy are respectively referred to Harland et al. (1989), and Matsuno et al. (1964) and Ando (1987). The geological column is simplified from Ando (1987, 1990a). DS: depositional sequence; PS: parasequence; SB: sequence boundary; RS: ravinement surface; MxFS: maximum flooding surface; LST: lowstand systems tract; TST: transgressive systems tract; HST: highstand systems tract.

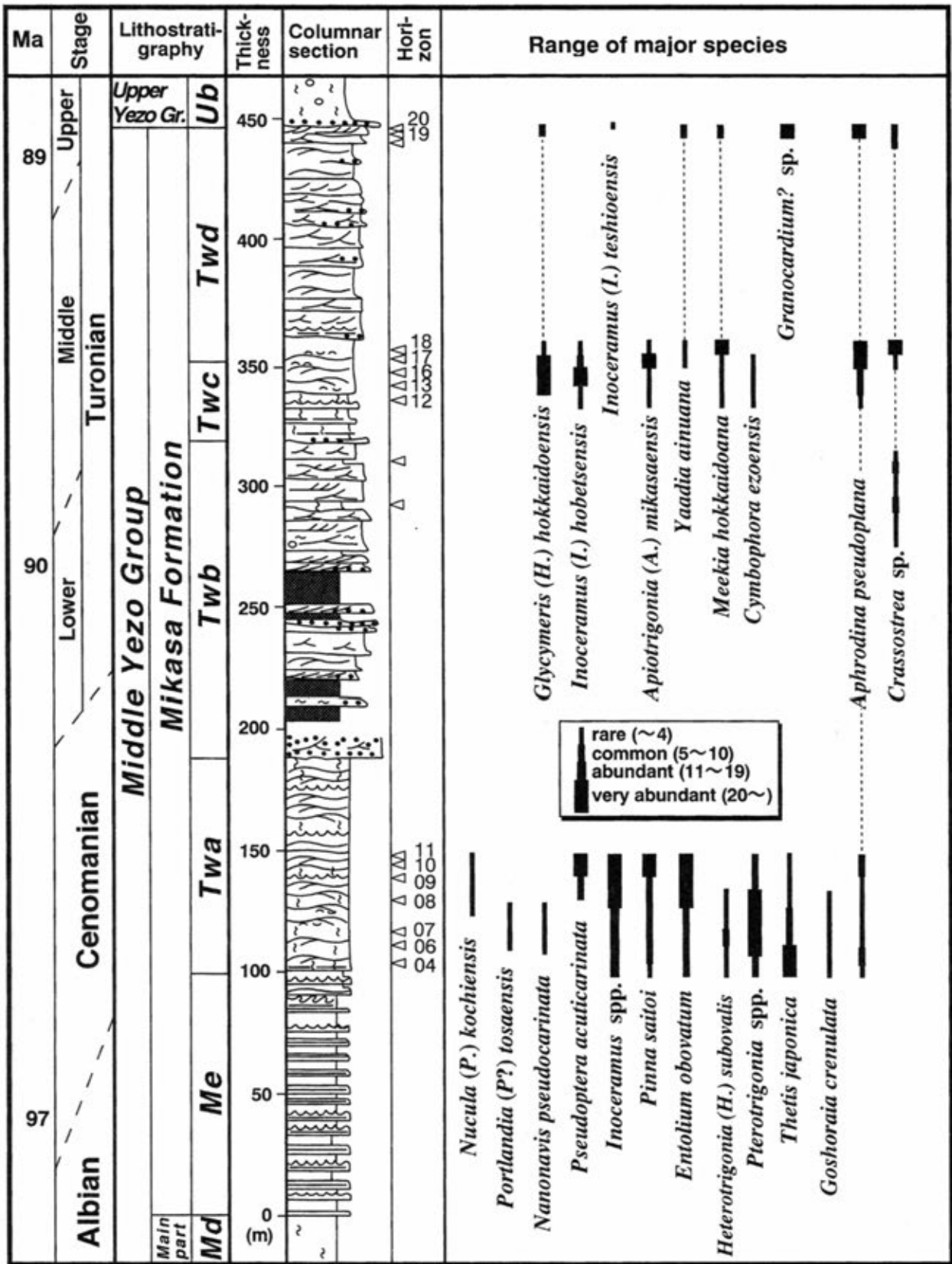


Fig. 4 Stratigraphic occurrence of major bivalve species in the Mikasa Formation along the Ponbetsu River section. Numerals in parentheses in the central inset mean number of occurring individual valves (including right and left valves).

たと見なされる。後期アルビアン～後期チューロニアンにかけてのおおよそ 8m.y. の時代間隔 (Harland et al., 1989) から、これが第 3 オーダー堆積シーケンスに相当する (Ando, 1997)。ただし万字～夕張地域で見られる上部チューロニアンの第 3 シーケンスは、奔別川セクションでは泥質な外側陸棚砂質シルト岩～シルト質砂岩相が卓越し (二上ほか, 1980; 安藤, 1990a), 上部蝦夷層群に区分されている。これは堆積システムの中心がより南東側 (万字～夕張地域) に移動したことを示唆する (安藤 1990b)。したがって奔別川セクションの三笠層は 2 つの堆積シーケンスから構成される (DS1, DS2)。

### 堆積シーケンス 1 (DS1)

中部蝦夷層群 Md から三笠層最下部 Me 部層への変化は漸移的であるが、これは整合的なシーケンス境界 (SB1) と考えられる。安定した沖合い海盆底からタービダイト堆積体をもたらされる環境への変化は、ユースタシーに加えて堆積盆の構造的上昇を含む相対海水準の大きな下降によって陸源堆積物が海盆側へ多量に供給されたものと想定される。したがって Me 下半部のタービダイト互層相は低海水準期の堆積体 (LST: lowstand systems tract) と解釈している。

次に Me 上部のスランプ性シルト岩相は、タービダイトの堆積が終了して堆積速度が減少し、陸棚浅海の砂岩相への移行部に位置する。これは盆底から内側陸棚への環境変化とみなされるが、堆積速度の減少を重視して海水準上昇期に形成されたものと考えたい。したがって Me 上部は海進期堆積体 (TST: transgressive systems tract) と見なされる。

Twa は下部外浜～内側陸棚砂岩相が厚さ 90 m にわたって連続するが、詳細に見ると顕著ではないがわずかに上方に粗粒化 (砂岩が厚層化し砂岩の割合が増加してシルト質部が減少) するユニットが 3 つ (PS1-1, PS1-2, PS1-3) 認められる。つまり、1) シルト質砂岩の多い互層→2) HCS 砂岩の卓越する互層→3) 癒着 HCS 砂岩と変化し、次に 1) が続いている。こうした浅海成の上方粗粒化ユニットはパラシーケンス (van Wagoner, 1988) に相当する。ただし、PS1-3 は 1) のみで 2), 3) は認められない。いずれにせよ、こうした浅海堆積物が小サイクルを繰り返しながら累重する様式は、高海水準期堆積体 (HST: highstand systems tract) に特徴的である。

Twb 基底の河道チャンネル成礫岩は Twa 最上部の HCS 砂岩を明瞭に浸食しており、明らかにここで大きな堆積環境変化が認められる。つまり、下部外浜から河川チャンネルへ、大きく海水準が下降していることがわかる。したがってこれが DS1 の上位のシーケンス境界と見なされる。おそらくこの時の陸上浸食のために PS1-3 の 2), 3) が浸食されてしまったのではなかろうか。したがって Me から Twa は一つの堆積シーケンス (DS1) を構成している。

### 堆積シーケンス 2 (DS2)

Twb 部層は、下部の上部に上部外浜の波浪卓越型浅海相が発達するが、主体は湿地成もしくは泥濘泥岩や砂質潮汐低地の中粒砂岩層が厚く連続している。こうした潮汐卓越型海浜環境の堆積物が厚く累重する場としては、海面上昇速度が大きく潮差も比較的大きな、内湾成～バリアー島で閉鎖された海岸システム、と見なされる。したがって Twb 最下部を除く大半は TST と解釈される。ただし、最上部の礫岩層は安藤 (1990b) でも詳述したように、公海性の外浜へと海進していく際の外浜波浪浸食で形成された海進残留堆積物 (海進礫岩、海進ラグ) で、その礫岩の底面はラビンメント面 (Nummedal and Swift, 1987: Fig. 3 の RS1) と推定される。

この海進礫岩の上位は Twc のシルト岩が卓越する HCS 砂岩シルト岩互層に急変し、大きく堆積環境が変わっている。この互層下限から 4～5 m にわたっては上方にシルト岩が多くなり上方細粒化傾向が認められる。最も細粒な部分の上位には逆に上方に粗粒化 (砂岩が厚層化) していく傾向が認められ、それは Twd 下部まで連続している。この最も細粒化した部分は、特に明瞭な面があるわけではないが、最大海進期に堆積速度が減少して細粒堆積物が堆積する、最大海進面 (MxFS: maximum flooding surface) あるいはコンデンスセクション (condensed section) に相当する。

Twc と Twd はシーケンス層序学的には特に区別できない部層であるが、全体として 3 つの上方粗粒化ユニット、つまりパラシーケンスが 3 つ (PS2-1, PS2-2, PS2-3) 認められる。3 つの PS は上位ほど厚さを減じており、PS2-2 上部が最も粗粒である。PS2-3 最上部には砂質潮汐干潟の砂岩相があり堆積環境としては最も陸側のものである。したがって 3 つのパラシーケンスを合わせても全体としては上方に粗粒化・浅海化していく傾向があり、これはパラシーケンスセット (Mitchum and van Wagoner, 1991) を構成している。こうした特徴から MxFS より上位の Twc から Twd は HST と判断される。

Twd 上限の厚さ数 10cm の礫岩層は、Twb 上限の海進礫岩と同様、波浪浸食による海進残留堆積物である。礫岩直上で岩相が急変細粒化して上部蝦夷層群 (DS3) に移行する。礫岩の基底のラビンメント面 (RS2) は下位の DS2 の HST と接しているため、この場合シーケンス境界 (SB3) と一致する。したがって Twb から Twd は LST, TST, HST を備えた一つの堆積シーケンスと解釈される (DS2)。

## 二枚貝群集の産出層序

奔別川セクションにおける三笠層で軟体動物化石の産出する層準は、Twa 部層下部と Twc 上部～Twd 最下部、そして Twd 最上部に集中している (Fig. 4)。Me と Twb 下部、Twd 中部からは全く産していない。堆積相解析の成果から、Twa と Twc-Twd の化石層は、下部外浜から内側陸棚で堆積



したと推定される HCS 細粒～極細粒砂岩、あるいは HCS 砂岩・塊状生物擾乱シルト質砂岩（もしくは砂質シルト岩）互層に卓越する。ただし層準 Po19 は、フォーセット斜交層理やトラフ型斜交層理の発達する、砂質潮汐干潟成の中粒砂岩相からで、Fig. 4 に示した他の層準（Po04～18）とは堆積相が異なり、より粗粒で陸域に近い環境を示す。

また、Twb の上部や Twd の最上部には *Crassostrea* sp. が散在しており、特に Twb の 2 層準に生息位置を保存した密集層の転石が見られた。つまり、地層面に対し個体の長軸を垂直にして、互いに接するほどではないが幾つも密集している。このことは閉鎖された内湾性の潮汐干潟が発達し、カキ礁が成立していたことを指示する。

### Twa 部層

全層厚 90 m の Twa 部層の下半部から密集または散在して二枚貝化石が産する (Fig. 5)。Po01 から 06 までは HCS 砂岩・塊状生物擾乱シルト質砂岩互層をなしており、07 以上よりシルト質砂岩の割合が高い。07 より上位は HCS が癒着していることが多く、全体として極細粒～細粒程度であるが、わずかながら粗粒である。Twa 最下部の Po01 から 04 にかけての生物擾乱シルト質砂岩には *Thetis japonica*, *Inoceramus* spp. を中心とした群集が産し、*Entolium obovatum*, *Pterotrignia* sp. などに伴う。*Heterotrignia* (*H.*) *subovalis*, *Aphrodina pseudoplana*, *Myrtea ezoensis*, *Modiolus ezoensis*, *Nanovavis pseudocarinata*, *Cercomya* sp. なども伴うがその数は少ない。小型巻貝や単体サンゴも散在する。

Po 06 になると *Thetis japonica* に加えて *Pterotrignia* spp. が卓越するようになる。付随種として *Goshoraia crenulata*, *Porlandia tosaensis* が加わる。特に 04 の HCS 砂岩・シルト質砂岩互層相のシルト質砂岩 (HCS シーケンスの生物擾乱泥質部: Mb; Dott and Bourgeois, 1982) から得られる *Thetis japonica* には合弁のものがやや散在的に密集する。

Po08 には、*Pterotrignia* spp. を主体とし *Aphrodina pseudoplana* や *Goshoraia crenulata* をわずかに伴う。比較的厚殻二枚貝が密集するコキナイトレンズがある。このコキナイトは HCS のラグをなしており、厚さは側方に変化する。場所によってラグは重なり合っており、複数のレンズが癒着して 1 枚に見えることがある。巻貝、アンモナイト片などもわずかながら認められる。離弁殻や破片が圧倒的に多いが、稀に合弁殻も得られる。*Pterotrignia* spp. は保存の条件から殻平面が露出することがまれで種の同定は難しいが、*Pterotrignia* (*Ptilotrignia*) *mifunensis* が確認でき、コキナイトの多数を占めることが分かる。また *P.* (*Ptilotrignia*) *pustulosa* や *P.* (*Ptilotrignia*) *brevicula* も共産することが確認できるが、各層準における種の頻度やその変化を見いだすことは今の所できていない。

Po09 から 11 にかけては、HCS 中に葉理状をなす化石層が多く見られる。特に 09, 10 には *Entolium obovatum* が密集する薄層が多く見られる。密集度はさほど高くないが、

薄殻にもかかわらず完全個体が多く、場合によっては合弁個体が散在する。*Inoceramus* sp., *Aphrodina pseudoplana*, *Pterotrignia* sp. に続いて *Pinna saitoi*, *Pseudoptera acuticarinata* を伴う。

Po11 からは *Pseudoptera acuticarinata*, *Entolium obovatum* を中心とした群集が現れ、*Pinna saitoi* もよく見られる。*Thetis japonica*, *Pterotrignia* spp., *Pseudoptera acuticarinata*, *Nucula kochiensis* なども伴う。

このように Twa 部層での二枚貝の産出様式は随伴する少産種に大きな変化はないが、群集生態の中核を担う多産種が堆積相の変化と合わせて変化する。すなわち生物擾乱シルト質砂岩が多い層準では *Thetis japonica*, ラグの多いコキナイトでは *Pterotrignia* spp., 癒着 HCS 砂岩の卓越する Po09 以上では薄殻の *Entolium obovatum*, *Pseudoptera acuticarinata* と変化している。

### Twc-Twd 部層下部

Twc から Twd 下部にかけては、内側陸棚のシルト岩が卓越する HCS 砂岩・生物擾乱砂質シルト岩互層から、砂岩卓越互層、癒着 HCS 砂岩へと上方粗粒化するパラシーケンスが観察できる (Fig. 6)。二枚貝群集が見られるのはその中部の層厚約 20 m (Po12～18) の間である。いずれも HCS 砂岩のラグや葉理として産しており、再堆積性のものが卓越する。Twa 下部の Po04 に相当する岩相の化石層は稀で産出量も限られている。

Po12 では HCS の葉理部や石灰質団塊から *Aphrodina pseudoplana*, *Apiotrignia* (*A.*) *mikasaensis* などの二枚貝の他に、中期チューロニアンを指示する *Inoceramus hobetsensis* が得られた。

Po14 と Po16 ではそれぞれ、*Glycymeris* (*Hanaia*) *hokkaidoensis* を主とする群集と、*Aphrodina pseudoplana* を主とする群集の 2 つがみられた。これらの層準からは、*Apiotrignia* (*A.*) *mikasaensis*, *Cymbophora ezoensis*, *Inoceramus* (*I.*) *hobetsensis* などの二枚貝も得られている。どちらも HCS の葉理部に薄い化石層を成し、離弁しているものが多いが、*Inoceramus* のような薄殻二枚貝は破片で産出する。

Po17, 18 の Twd 最下部の 2 枚の礫質コキナイト中には *Aphrodina pseudoplana*, *Meekia hokkaidoana* を中心に *Glycymeris* (*H.*) *hokkaidoensis*, *Apiotrignia* (*A.*) *mikasaensis*, *Yaadia ainuana* が多数密集する。この中で *Meekia hokkaidoana* を除けばいずれも厚殻二枚貝である。奔別川セクションの中では最も粗粒でより厚殻の多い化石密集層で、より波浪エネルギー条件の大きな環境で形成されたことが予想される。さらに *Crassostrea* sp. も離弁、破片状で密集する。

### Twd 部層最上部

Twd 部層上部は Po18 以下の層準ほどの密集層はないが、少なからず二枚貝が産する。

Po19 (礫質粗粒砂岩) からは *Granocardium* (?) sp.,

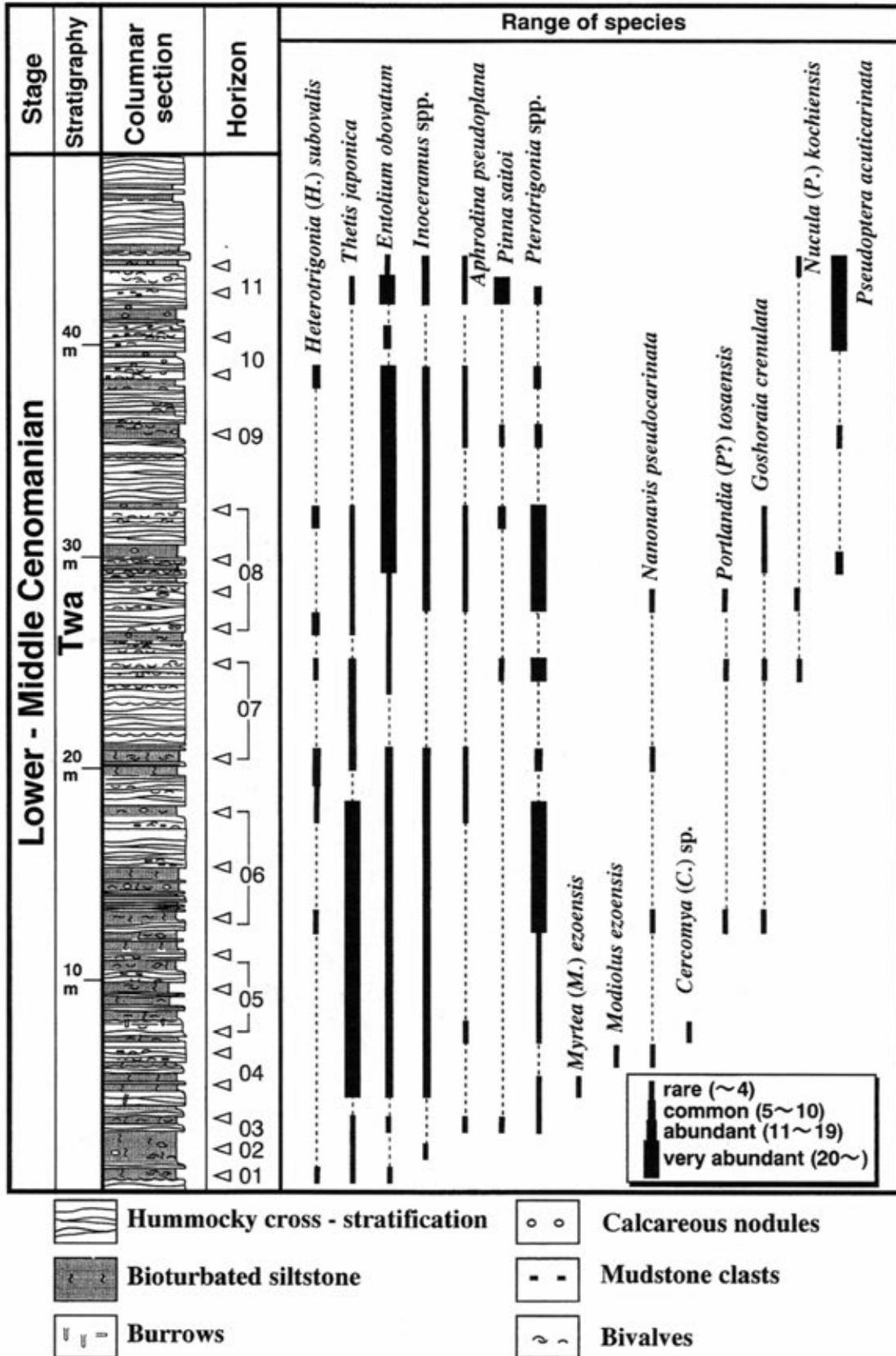


Fig. 5 Stratigraphic occurrence of bivalve species in the Twa Member of the Mikasa Formation, Lower Cenomanian.

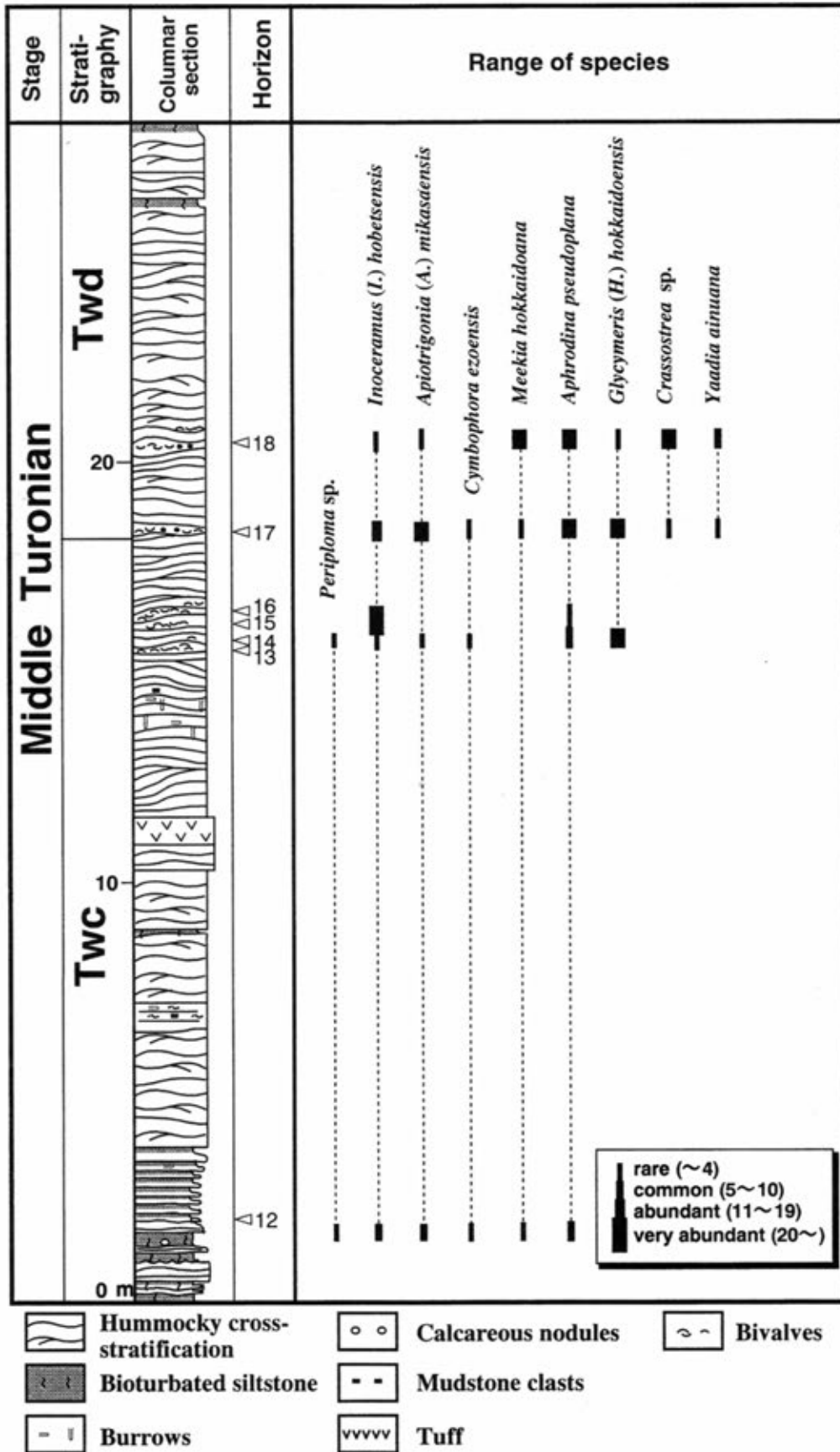


Fig. 6 Stratigraphic occurrences of major bivalve species in the Twc-Twd Members of the Mikasa Formation, middle Turonian.

*Aphrodina pseudoplana* が多く、*Yaadia ainuana*, *Glycymeris* (*H.*) *hokkaidoensis* を伴うやや散在性の化石層が見られた。局所的ではあるが細粒砂岩部には *Crassostrea* sp. の密集層も見られた。

また最上部の Po20 からは *Inoceramus teshioensis* と同定される 1 個体がえられ、Twd 上部が上部チューロニアンに及ぶことが示唆される。

#### 上部蝦夷層群最下部

二枚貝化石の密集化石層は少ないが、石灰質団塊や母岩に散在する。 *Inoceramus teshioensis* をはじめとする *Inoceramus* 類が卓越するが、しばしば *Nanonavis sachalinensis*, *Acila hokkaidoensis*, *Mytea ezoensis* などの三笠層のよりもはるかに沖合い生の群集が合弁で散在する。

## 二枚貝群集変化の意義

### セノマニアン-チューロニアンでのフォーナの変化

Fig. 4 のように奔別川セクションにおける三笠層の浅海生二枚貝群集の産出層準は大きく 2 つに分かれている。すなわち、Twa 部層下部の前期セノマニアン・フォーナと、Twc 中部～Twd のチューロニアン・フォーナである。また後者はさらにやや構成要素の異なる、Twc 中部～Twd 下部の中期チューロニアン・フォーナ、および Twd 上部の後期チューロニアン・フォーナに分けられる。後 2 者は堆積相が異なっており、底質の違いを反映している可能性もあるので、必ずしも時間的な変化とは即断できない。3 者に共通する確実な種は、種を同定できない *Crassostrea* を除けば、*Aphrodina pseudoplana* 1 種に限られ、科レベルの類似分類群で見てもほとんど属種が異なる。つまり、セノマニアン後期からチューロニアン後期にかけて、陸棚浅海砂泥底二枚貝群集は類似の生態型・生息型種の構成要素がほとんど交替しており、その間に大きな生態群集の進化があったことが容易に読みとれる。

このことは既に田代 (1985, 1993, 1994a, b, 1997a, b) が再三述べており、生息環境を問わず白亜紀の二枚貝フォーナの進化史上重要な事変と位置づけられている。たとえば、三角貝科では中期チューロニアンで、前～中期白亜紀のテチス型動物群と後期白亜紀の環太平洋型動物群に大きく入れ替わっている (田代, 1994b, 1997a, b)。三笠層でいうと前期セノマニアンの *Pterotrionia* から中期チューロニアンの *Apiotrionia* や *Yaadia* への変化である。しかし、その原因はまだ十分明らかではない。

Hayami and Kase (1981) で記載された、久慈沖からの砂岩ブロックのセノマニアン群集は、奔別川セクションの Po04～08 のものとよく似ており、これは Hayami and Kase (1981) の指摘通り、三笠層相当層の延長が 250km 南方にまで達していたことを示唆している。

前期～中期セノマニアンの二枚貝化石フォーナは、西南日本の九州中部の領家帯に位置する御所浦層群や御船層群の下部、さらに四国以東の秩父帯に分布する外和泉層群と

称される上部白亜系に認められる。外和泉層群としては高知県佐川地方の宮原層、高知県の永瀬層などがある (田代, 1993)。いずれも三笠層と共通する種群が少なからず認められることが多いが、全体として構成種はかなり異なる。本報告は奔別川セクションに限っているため、これらのフォーナとの比較は次の機会に譲ることにする。

奔別川セクションでは、後期セノマニアンから前期チューロニアンの二枚貝化石は *Crassostrea* sp. を除いて認められない。この要因は、第一にはこの層準が上部外浜以浅の半海成～陸成堆積相に支配されていることによる。しかし、これは三笠層全体の一般的傾向でもあって、より沖合いの堆積相で代表されるセクションでも化石に乏しい。例えば、安藤 (1990a) では三笠層分布域の代表的な好露出セクションを精査したが、下部チューロニアンを代表する *Mytilodes labiatus* やその近縁種を見いだしていない。

田代 (1985) によれば、三笠層の二枚貝フォーナには中期チューロニアンの三笠型 (三ノ沢) と後期チューロニアンの桂沢型 (桂沢石切場) が識別できるとしている。しかし、筆者の調査ではこの桂沢採石場の三笠層からは *Inoceramus hobetsensis* が普遍的に産出し、中期チューロニアンのフォーナと判断される。しかし、中期チューロニアンから後期チューロニアンへの組成変化の存在を指摘したとするなら、特に万字～夕張地域には後期チューロニアンの浅海二枚貝相が発達しているため、今後検討する必要がある。安藤の予察的な調査では、夕張地域ポンポロカベツ川での後期チューロニアンの群集組成は田代 (1985) の示した桂沢型とはやや異なるように思われる。ただし、奔別川セクションでも認められている中期チューロニアンから後期チューロニアンへの組成変化は、底質の変化を反映している可能性が高いので、同相的な化石層同士で比較しなければならない。

中～後期チューロニアンを含め、チューロニアンに浅海生二枚貝フォーナが乏しいことは、西南日本での地層群での研究で明らかにされている (田代, 1985; 田代, 1993, 1994a)。例えば、中期チューロニアンのフォーナは楮佐古型フォーナ (楮佐古層下部層の下部) で代表される (田代, 1985) が、その他には大野川層群霊山層にわずかに認められる程度である (野田, 1969; Tamura, 1978)。西南日本の同時代の二枚貝相は汽水生と沖合い生を主体としており、その中間の浅海生群集が貧弱なのはなぜだろうか? 堆積盆の地質学的な背景が大きく異なっていることは間違いないが、古生態学的に整合的な説明を要する。

いずれにせよ、C-T 境界付近前後でのフォーナの変遷の実態やその原因ははっきりしない。しかし、アルビアン後期からチューロニアン中期にかけての二枚貝フォーナが、「テチス型」あるいは「テチス北方型」から「環太平洋型フォーナ」に移行する「漸移帯 (地域型)」との指摘 (田代, 1994a) から、白亜紀の二枚貝進化史上最重要な事変であることは間違いない。西南日本ではこの時期のフォーナが少ないため、北海道の素材はこの事変の解明に大いに役立つものであろう。



### C-T境界の海洋無酸素事変との関連

セノマニアン-チューロニアンは世界的に見るとユースタティックな海水準がもっとも高く (Haq et al., 1988), 古生代中期以降では最も広く大陸海が発達した時期とされている。特にその境界付近 (C-T境界) には世界的な海洋無酸素事変 (OAE: oceanic anoxic event) の存在が指摘され、三笠層と同時異相の蝦夷累層群中部蝦夷層群佐久層やその相当層 (松本・岡田, 1973) あるいは滝ノ沢層 (本山ほか, 1991) でも認められている (Hasegawa, 1995; Hirano et al., 1997 など)。これらの研究対象となったセクションはいずれも三笠層の堆積環境よりはるかに沖合いの泥岩相である。奔別川セクションではこの層準は Twb 部層に相当し、陸成~海浜相が卓越し年代層序に役立つ化石は産出しない。今のところ三笠層のような陸棚浅海で OAE の影響を受けたかどうかの直接的証拠はない。潮汐作用を受けるような閉鎖性のあるエスチュアリーや内湾を伴う波浪卓越型海岸が想定されることから、OAE の直接的な影響はなかった可能性がある。なお、安藤 (1990a,b) で述べたように、三笠層ほどのセクションでも上部セノマニアン~下部チューロニアンに化石が乏しく、C-T境界の位置を確定するのはかなり難しい。

一方、C-Tの二枚貝群集変化の要因を OAE に求める仮説も全否定はできない。というのは、世界規模の海流や水塊構造変化による沖合いの生物生産量の急変や浮遊性・遊泳性生物の大規模絶滅、そしてそれらによる沖合い生態系の変化が、間接的に浅海生物に影響を与えた可能性があるからである。したがって、海水準変動による直接的な影響、大規模なテクトニックイベント (田代, 1994b) を含め、総合的に検討していく必要がある。

### 化石層の産状と二枚貝群集

奔別川セクションにおける二枚貝化石層中には破片が少なくないが、しばしば保存の良い完全個体やまれには合弁個体も認められる。化石の産状は化石層が含まれているハンモック状斜交層理 (HCS) シーケンス (Dott and Bourgeois, 1982) 中での部位によって異なる。化石密集層は一般的に、1) H(HCS 葉理部) 基底のラグ、2) H の葉理、3) Mb (生物擾乱泥岩部) に含まれ、1), 2) は明らかに再堆積性で、3) は半自生的である。しかし、上述してきたような良好な保存や産状から、移動距離はさほど大きくないと思われる。したがって、岩相と生息当時の底質はほぼ対応するものと考えている。したがってセノマニアン・フォーナでは、*Thetis japonica* を中心とする群集はシルト質極細砂底、*Pterotrigonia* spp. の卓越する群集は細砂底群集、*Entolium obovatum* や *Pseudoptera acuticarinata* が優占する群集は極細砂底の生態群集に由来するものと考えられる。

チューロニアン・フォーナでは、セノマニアンの *Thetis* 群集に相当するシルト質極細砂底群集が見られないが、セノマニアンの *Pterotrigonia* 群集は *Apiotrigonia* 群集や *Aphrodina*-*Meekia* 群集に相当する。逆に、後期チューロニアンに見られる *Granocardium* (?) sp.-*Aphrodina* 群集 (中~細砂底) に相当する群集はセノマニアンでは見られない。

奔別川セクションからの二枚貝のほとんどは浅海生種で、汽水生種は *Crassostrea* sp. に限られる。Twb 部層に汽水~淡水環境の堆積物があるが、ほかの種は全く産していない。今後は三笠層のほかのセクションでの産出層序とを比較しながら、三笠層堆積時の陸棚浅海における二枚貝群集分布の実態を明らかにしていく必要がある。

### まとめ

1. 奔別川セクションの三笠層の二枚貝化石層は、主に下部外浜から内側陸棚相のハンモック状斜交層理 (HCS) 細~極細粒砂岩・生物擾乱シルト質極細粒砂岩互層相に含まれる。その産状は堆積相や HCS シーケンス中の位置に対応して変化する。これらは公海性の波浪卓越型浅海域に生息していた、細~極細砂底あるいはシルト質細砂底群集に由来する二枚貝群である。一部の化石層は上部外浜~砂質潮汐干潟の中~粗粒斜交層理砂岩層にも見られる。これは極頻海の中~粗粒砂底群集や内湾性潮汐干潟のカキ礁が局所的に成立していたことを指示する。

2. 二枚貝の産出する層準は、三笠層 Twa 部層下部 (前期セノマニアン) と Twc 上部~Twd 最下部 (中期チューロニアン)、そして Twd 最上部 (上部チューロニアン) に集中しており、さらに *Crassostrea* sp. が散在する Twb 上部や Twd 最上部を除けば、他の層準では殆ど産しない。

3. Twa 部層下部では二枚貝の層序的な産出様式に変化が見られる。随伴する少産種に大きな変化はないが、群集生態の中核を担う優占種が堆積相の変化と合わせて変化する。生物擾乱シルト質砂岩が多い層準では *Thetis japonica*, ラグの多いコキナイトでは *Pterotrigonia* spp., 厚い癒着 HCS 砂岩になると薄殻の *Entolium obovatum* や *Pseudoptera acuticarinata* と変っている。

4. チューロニアンのフォーナは *Glycymeris* (*Hanaia*) *hokkaidoensis*, *Meekia hokkaidona*, *Apiotrigonia mikasaensis*, *Yaadia ainuana* などが優占するが、Twd 最上部に認められるチューロニアン後期の群集は *Granocardium* (?) sp. が特徴的である。後者はより粗粒な上部外浜以浅の堆積相から産しており、底質の違いを反映している可能性がある。

5. セノマニアンとチューロニアンでは、種を同定できない *Crassostrea* やハマグリ型の *veneroida* (*Aphrodina pseudoplana*) を除けば、ほとんど属種が異なり構成要素がほとんど交替している。これはセノマニアン後期からチューロニアン後期にかけて、陸棚浅海砂泥底二枚貝群集に大きな進化が生じたことを示唆する。

6. 三笠層に記録された後期セノマニアンから中期チューロニアンにかけての二枚貝フォーナの大規模な変化は、同時代の西南日本でも知られており、その成因解明に奔別川セクションの産出層序は重要な情報を提供する。

奔別川セクションは三笠層分布域で最も露出がよいとはいえ、一つのセクションに過ぎない。安藤 (1990a, b) に示したように、三笠層は堆積相、化石層序ともに多様であ

## おわりに

り、二枚貝相も多様と予想される。本論はその一端を紹介したに過ぎないが、少なくともセノマニアン-チューロニアンという中生代後期の二枚貝進化史の中では最も重要な時期の記録であることを強調したい。田代(1994a, b, 1997a, b)も述べているように、この時期の群集が西南日本では稀で発達が悪いことから、三笠層の材料がその空白を埋める

可能性が高い。三笠層の利点は極頻海から沖合いまでの堆積相・化石相変化が垂直的に、あるいは背斜の東西南北で空間的に追跡できる点にある。また西南日本の同時代層に比べアンモナイト、イノセラムス類が多く共産し、時代論をクロスチェックできる。こうした利点を活かして、三笠層分布域の全層準をカバーする立体的で動的な二枚貝群集進化史の復元を今後も展開したい。

## 文 献

- 安藤寿男, 1987: 北海道中央部の中部蝦夷層群三笠層に見られる浅海成堆積物—ハンモック状斜交層理に注目して—。稲田大教育学部学術研究—生物学・地学編, no. 36, 21-32.
- 安藤寿男, 1990a: 上部白亜系中部蝦夷層群三笠層の層序と浅海堆積相。地質雑, 96, 279-295.
- 安藤寿男, 1990b: 上部白亜系中部蝦夷層群三笠層の堆積相分布と前進性シーケンス。地質雑, 96, 453-469.
- 安藤寿男, 1994: 三笠層(白亜紀の海岸~浅海堆積物)に見られる堆積構造について。三笠市立博物館年報, no. 13, 4-13.
- Ando, H., 1997: Apparent stacking patterns of depositional sequences in the Upper Cretaceous shallow-marine to fluvial successions, Northeast Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 48, 43-59.
- 安藤寿男・長谷川 卓・佐野晋一, 1994: 蝦夷層群と古第三紀挟炭層。日本地質学会第101年学術大会見学旅行案内書, 73-92.
- Dott, R. H. Jr. and Bourgeois, J., 1982: Hummocky stratification of its variable bedding sequence. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 93, 663-680.
- 二上政夫, 1982: 北海道鳩の巣地域の白亜系—とくにアンモナイト群集の特性—。地質雑, 88, 101-120.
- Futakami, M., 1986a, b: Stratigraphy and paleontology of the Cretaceous in the Ishikari Province, Central Hokkaido. Part I. Stratigraphy of the southern areas. Part II. Stratigraphy of the northern areas. *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. C*, 12, 7-34, 91-120.
- 二上政夫, 1992: チュロニアン・コリンニョニケラス類アンモナイトの分布特性について。—特にメガ化石帯の対比の有効性に関連して—。川村学園女子大研究紀要, 3, 217-232
- 二上政夫・宮田雄一郎, 1983: 北海道中西部上部チューロニアン・アンモナイトの群集特性—コリンニョニケラス亜科の系統解釈に関する基礎的研究—。地質雑, 89, 31-40
- 二上政夫・棚部一成・小島郁生, 1980: 北海道奔別地域白亜系上部チューロニアンのメガ化石群集の特性。 *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, 2, 1-13.
- Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. V., Craig, L. E., Smith, A. and Smith, D. G., 1990, *A geologic time scale 1989*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 263p.
- Hasegawa, T., 1995: Correlation of the Cenomanian/Turonian boundary between Japan and Western Interior of the United States. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 101, 2-12.
- Hayami, I. and Kase, T., 1981: Cenomanian molluscs in a sandstone block from the sea bottom off the southern coast of Kuji, northeast Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 121, 29-50.
- Hirano, H., Koizumi, M., Matsuki, H. and Itaya, T., 1997: K-Ar age study on the Cenomanian/Turonian boundary of the Yezo Supergroup, Hokkaido, Japan, with special reference to OAE2 and biostratigraphic correlation. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 48, 132-141.
- Hirano, H., Tanabe, K., Ando, H. and Futakami, M., 1992: Cretaceous forearc basin of central Hokkaido: lithofacies and biofacies characteristics. In Adachi, M. and Suzuki, K. eds., *29th IGC field trip guidebook*. Vol. 1: *Paleozoic and Mesozoic terranes: basement of the Japanese Island Arcs*. Nagoya Univ., 45-80.
- 前田晴良, 1986: 北海道美瑛地域の上白亜系層序と化石動物群。地質雑, 92, 135-153.

- 松本達郎, 1951: 蝦夷層群と関門層群. 地質雑, 57, 95-98.
- Matsumoto, T., 1959: Zonations of the Cretaceous in Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., ser. D*, 9, 55-93.
- 松本達郎・岡田博有, 1973: エゾ地向斜の佐久層について. 九大理研報 (地質), 11, 275-309.
- 松本達郎・二上政夫・棚部一成・小島郁生, 1981: 北海道奔別地域上部チューロニアンのアンモナイト群集. *Bull. Kitakyushu Mus. Nat. Hist.*, 3, 1-10.
- 松本達郎・野田雅之・米谷盛寿郎, 1991: 北海道白亜系セノマニアン・チューロニアン両階のアンモナイト・イノセラムス・有孔虫による統合層序を目指して. 地質, 100, 378-398.
- 松野久也・田中啓策・水野篤行・石田正夫, 1964: 5 万分の 1 地質図幅「岩見沢」および説明書. 北海道開発庁, 168p.
- Mitchum, R. M. Jr. and vanWagoner, J. C., 1991: High-frequency sequences and their stacking patterns: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycle. *Sediment. Geol.*, 70, 131-161.
- 本山 功・藤原 治・海保邦夫・室田 隆, 1991: 北海道大夕張地域の白亜系の層序と石灰質微化石年代. 地質雑, 97, 507-527.
- Nagao, T., 1932: Some Cretaceous mollusca from Japanese Saghalin and Hokkaido (Lamellibranchiata and Gastropoda). *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., ser. 4*, 2, 23-50.
- Nagao, T., 1938: Some molluscan fossils from the Cretaceous deposits of Hokkaido and Japanese Saghalin. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., ser. 4*, 4, 117-142.
- Nagao, T. and Huzioka, K., 1941: Fossil *Acila* from Hokkaido and Karahuto (Saghalin). *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., ser. 4*, 6, 113-141.
- 野田雅之, 1969: 九州大野川層群の化石層序学的研究. 九大理研報 (地質), 10, 1-10.
- Nummedal, D. and Swift, D. J. P., 1987: Transgressive stratigraphy at sequence-bounding unconformities: some principles derived from Holocene and Cretaceous example. In Nummedal, D., Pilkey, O. H. and Howard, J. D. eds.: *Sea-level fluctuation and coastal evolution*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., no. 41, 241-260.
- 小島郁生・二上政夫, 1975: 北海道万字地域の白亜系. *Bull. Natn. Sci. Mus., ser. C (Geol.)*, 1, 93-110.
- Salvador, A., ed., 1994: *International stratigraphic guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. 2nd. ed.* Intn. Union Geol. Sci. and Geol. Soc. Amer., 214p.
- 佐々保雄・田中啓策・秦 光男, 1964: 5 万分の 1 地質図幅「夕張」および説明書. 地質調査所, 184p.
- Tamura, M., 1978: A new species of *Pterotrigonia* from Upper Cretaceous Onogwa Group, Japan. *Mem. Fac. Educ. Kumamoto Univ.*, no. 27, 81-84.
- Tanaka, K., 1970: Sedimentation of the Cretaceous flysch sequence in the Ikushumbetsu area, Hokkaido, Japan. *Rept. Geol. Surv. Japan*, no. 236, 102p.
- 田代正之, 1985: 白亜紀海生二枚貝フォーナと層序. 地質学論集, no. 26, 43-75.
- 田代正之, 1993: 日本の白亜紀二枚貝相. Part 1: 秩父帯・" 領家帯の白亜紀二枚貝相について. 高知大学学術研究報告自然科学, 42, 105-155.
- 田代正之, 1994a: 日本の白亜紀二枚貝相. Part 2: 四万十帯, 飛騨・三郡帯, 東北・北海道の白亜系. 高知大学学術研究報告自然科学, 43, 1-37.
- 田代正之, 1994b: 二枚貝群集から観た西南日本の日本の白亜紀二枚貝. 高知大学学術研究報告自然科学, 43, 43-54.
- Tashiro, M., 1995: Stratigraphical occurrence of the Cenomanian bivalves from Hokkaido. *Mem. Fac. Sci. Kochi Univ., ser. E, Geol.*, 16, 15-31.
- 田代正之, 1997a: 天草の地質と化石-人類以前の天草諸島 1 -. 南の風社, 高知市, 265p.
- 田代正之, 1997b: 天草諸島の形成と日本列島-人類以前の天草諸島 2 -. 南の風社, 高知市, 225p.
- van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, Jr. P. R., Sarg., J. F., Loutit, T. S. and Hardenbol J., 1988, An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In Wilgus, C. K., et al. ed., *Sea-level changes: an integrated approach*. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ., no. 42, 39-46.
- Yabe, H., 1909: Zur Stratigraphie und Palaeontologie der oberen Kreide von Hokkaido und Sachalin. *Zeitschr. Deutsch. geol. Gesel.*, 61, 402-222.
- Yabe, H. and Nagao, T., 1928: Cretaceous fossils from Hokkaido: Annelida, Gastropoda and Lamellibranchiata. *Sci. Rept. Tohoku Imp. Univ., ser. 2*, 9, 77-96.