

粗粒重力流堆積物パイルに認められる液状化・流動現象

—北海道, 穂別地域の川端層礫岩を例として—

Liquidization and Fluidization recognized in the pile of coarse sediment-gravity flow deposits—a case study in the conglomeratic sequence of the Miocene Kawabata Formation in the Hobetsu district, Hokkaido, Japan—

川上源太郎

Gentaro Kawakami

穂別町立博物館, 北海道勇払郡穂別町

Hobetsu Museum, Hobetsu, Hobetsu-cho, Yufutsu-gun, Hokkaido 054-02

川村信人

Makoto Kawamura

北海道大学理学部, 北海道札幌市

Faculty of Science, Hokkaido University, Kita-10, Nishi-6, Kita-ku, Sapporo-shi, Hokkaido 060

地徳力

Tsutomu Chitoku

穂別町立博物館, 北海道勇払郡穂別町

Hobetsu Museum, Hobetsu, Hobetsu-cho, Yufutsu-gun, Hokkaido 054-02

渋谷直憲

Naonori Shibuya

穂別町立博物館, 北海道勇払郡穂別町

Hobetsu Museum, Hobetsu, Hobetsu-cho, Yufutsu-gun, Hokkaido 054-02

(1995年1月15日受付)

Abstract

Soft-sediment deformation structures are recognized in the upper part of the Miocene Kawabata Formation in the Hobetsu district, Hokkaido, Japan. The Kawabata Formation is a pile of coarse sediment gravity flow deposits. It is composed of the alternation of sandstone and mudstone, and intercalates thick sandstone and conglomerate beds.

The deformed part is divided into two components. Component A: slump or debris flow deposits; mainly composed of muddy sandstone with scattered granules and pebbles, and occupies the lower part of the outcrop. Mudstone slump-blocks, sandstone and conglomerate blocks are included in this component. Component B: conglomeratic dike; consists of granule- and pebble-size clasts. The component B intrudes between the component A and upper undeformed sandstone. The upper- and lower- surfaces of the component B are both irregular. Some clasts derived from the component A and upper sandstone are recognized. At the boundary of component B and undeformed sandstone, injection of granule-size clasts are observed.

Such relationship of the components A, B and upper undeformed sandstone shows that the component A was deposited at first and then sandstone did. Later, liquidized and fluidized conglomerate (component B) intruded into them.

The Kawabata Formation is a coarse-grained, thick sedimentary body. It is thought that rapid deposition caused high pore-fluid pressure within the body. The basin where the

Kawabata Formation deposited was formed associated with the collision event of the Okhotsk and Amurian Plates (Hoyanagi et al., 1985). It suggest that the earthquake activity had triggered the liquidization and fluidization of such conglomeratic beds.

はじめに

筆者らは、穂別地域に分布する中新統川端層の上部において、礫質堆積物の液状化・貫入を伴う未固結時変形構造を見出した。砂サイズの碎屑物の液状化現象については多くの報告があるが、このような粗粒な碎屑物の液状化・貫入現象については、これまでほとんど報告されていない。今回報告するような粗粒な碎屑物の液状化・貫入現象は、1. 速い堆積速度により、粗粒碎屑物が急速に埋積され脱水を妨げられることにより、充分な間隙水を保持していたこと、2. 大規模な地震が液状化の引き金となったこと、の2点が推定され、その堆積環境や堆積盆自体の造構環境と密接な関連を示していると考えられる。

地質概説

本研究地域は北海道中央部の川端層分布地域の南端部に位置する (Fig. 1-A)。調査ルート (ルベシベ沢) では西上位の単斜構造を示し、淡緑灰色の塊状砂質泥岩を主体とする下位の滝の上層から整合漸移し、上位は青灰色泥質砂岩を主体とする軽舞層に整合漸移する (Figs. 1-B, 2)。川端層はおもに砂岩泥岩互層を主体とし、間欠的に m 規模の層厚をもつ厚い砂岩層や、10 cm~m 規模の層厚をもつ細礫~中礫岩層をはさむ (Fig. 2)。砂岩泥岩互層は、砂岩層と泥岩層が規則的に互層する有律互層が大部分を占める。砂泥比は多くの場合はほぼ等量である。調査ルートの川端層の層厚は 650 m に達する。高橋・和田 (1987) は、本調査ルートの北東隣に連続する厚真川流域に分布する川端層中に、3 m~30 m の厚さの上方細粒化を示す“周期堆積相”が繰り返すことを報告している。これは基底の礫岩層から砂泥互層を経て、塊状シルト岩へ移化する特徴を示す (高橋・和田, 1987)。しかし、本調査ルートではそのような“周期堆積相”は認められず、先に述べたように砂岩・泥岩が規則的に互層する、有律互層が大部分を占める。

保柳ほか (1985) は、本調査地域の南東方の日高門別地域に分布する、川端層相当層とされる受乞層について考察した。それによると受乞層の構成岩相は、Walker and Mutti (1973), Davies and Walker

(1974), Walker (1978) などの一連の研究との比較から、タービダイトおよびそれに関連する岩相によって構成されており、その運搬機構は堆積重力流 (Middleton and Hampton, 1973) であるとした。また堆積相解析の結果から、受乞層は海底扇状地堆積物であるとした。川端層の岩相構成は受乞層と大きな違いはないが、その堆積様式・堆積環境の研究はほとんど行われていない。

変形部の記載

変形部は、A部：内部に細礫~中礫が散在する泥質な砂岩で、泥岩・砂岩・礫岩のブロックを伴う、B部：中礫を伴う細礫岩脈、に大きく2分される (Figs. 2, 3)。

A 部

観察露頭における変形部の下半部を占め、厚さは 5 m 程度である。細礫~中礫が散在する泥質な砂岩を主体とし (Plate I-1)、内部に泥岩のスランプブロックや、砂岩・礫岩などの塊状ブロックを包有するなど乱雑な岩相を示す (Fig. 3)。スランプブロックは層状で、一端が巻き込む形態を示す (Plate I-2)。また砂岩ブロックにも、層理面を保存していると思われる層状の形態を示すブロックが認められる (Fig. 3)。しかし、大部分の礫岩・砂岩ブロックは径 40 cm~80 cm で塊状である。礫岩ブロックの中には角がとれて比較的円磨度の高いものもある。A部の主体である泥質な砂岩の内部には、層理や葉理などの堆積構造は認められない。下位の正常層 (砂岩泥岩互層) との境界は、正常層の層理に平行であり、境界面直上にスランプブロックが認められる。上位はB部の礫岩脈 (後述) によって、波状を呈する明瞭な境界で切られる。しかし境界部を詳しく観察すると、B部・A部それぞれの構成粒子の分離 -disintegration- によって両者が混合し、B部の礫がばらけているように見える。

B 部

観察露頭における変形部の上半部を占め、厚さ 120 cm 程度である。中礫を伴う細礫岩を主体とし、基質

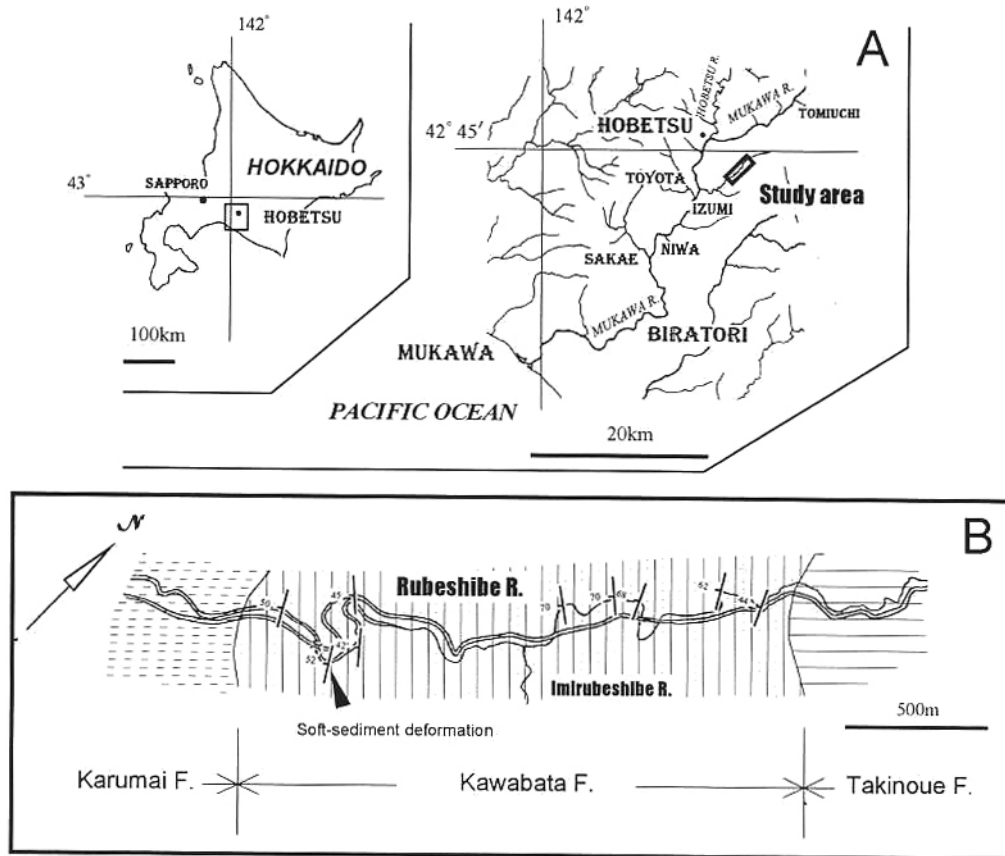


Fig. 1. A: Location map of the study area. B: Geological route map along Rubeshibe river (see Fig. 1-A for location).

は泥質な細粒砂岩からなる。内部に上位の正常層および下位のA部に由来すると思われる砂岩クラストを包有する。先に述べたとおり下位のA部を明瞭な境界で切り、一方上位の正常層である砂岩層には樹枝状・くさび状の注入を伴いながら、上位の正常層の層理面とおおよそ30度から45度で斜交して貫入している (Figs. 3, 4)。

砂岩クラストは外周が平面的なブロック状や円形を示すもの、不規則な破片状などの形態を示すものが認められる。大きいものでは長径50cmのブロック状のクラストが認められる。多くのクラストは明瞭な周縁部をもつ。しかしA部とB部の境界部で見られるのと同様に、礫岩部と砂岩クラストのdisintegrationと混合によって、周縁部が不明瞭なものが認められる。また一部のクラストではこのような混合が進み、周囲

の礫岩部との境界が判然とせず、内部に礫岩部に由来すると思われる細礫が散在するものが認められる (Plate II)。

一方B部と上位層との境界では、礫層の注入に伴う破壊・クラスト化が観察され、その間を礫層が埋める“ジグソーパズル構造”を示す場合も認められる。樹枝状の注入は、上位の正常層の層理に沿うもの・大きく斜交するものの両者が認められる (Plates II, III)。注入部の厚さは1cm～数cm程度である。とくに注入部の厚さが礫径と同程度の数mmしかないものもあり、このような薄い注入部では礫が孤立して配列したり (Plate IV-1) 注入部が分断されているように見える部分もある (Plate IV-2)。

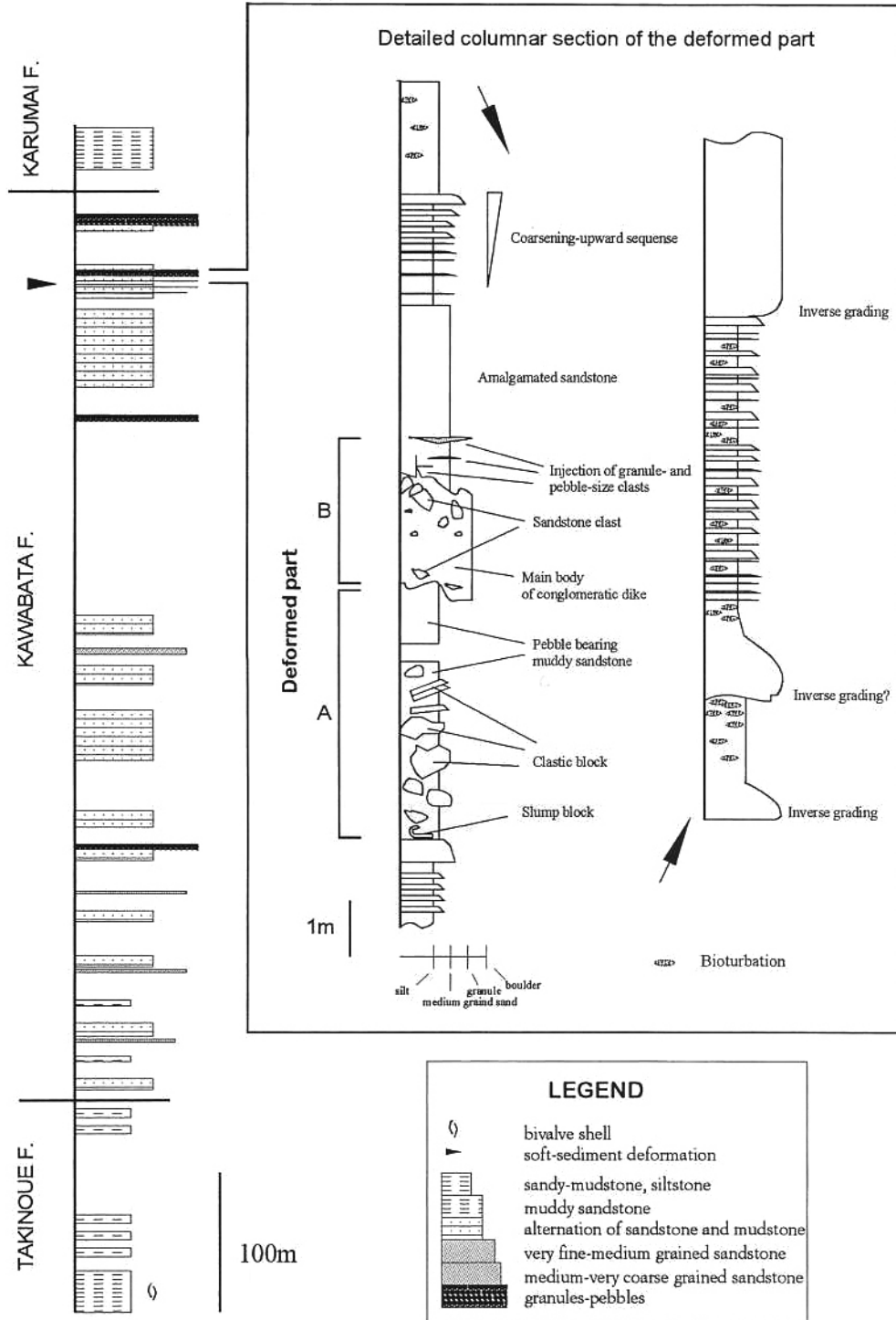


Fig. 2. Columnar section of the Kawabata Formation along Rubeshibe river, and detailed section of the deformed part.

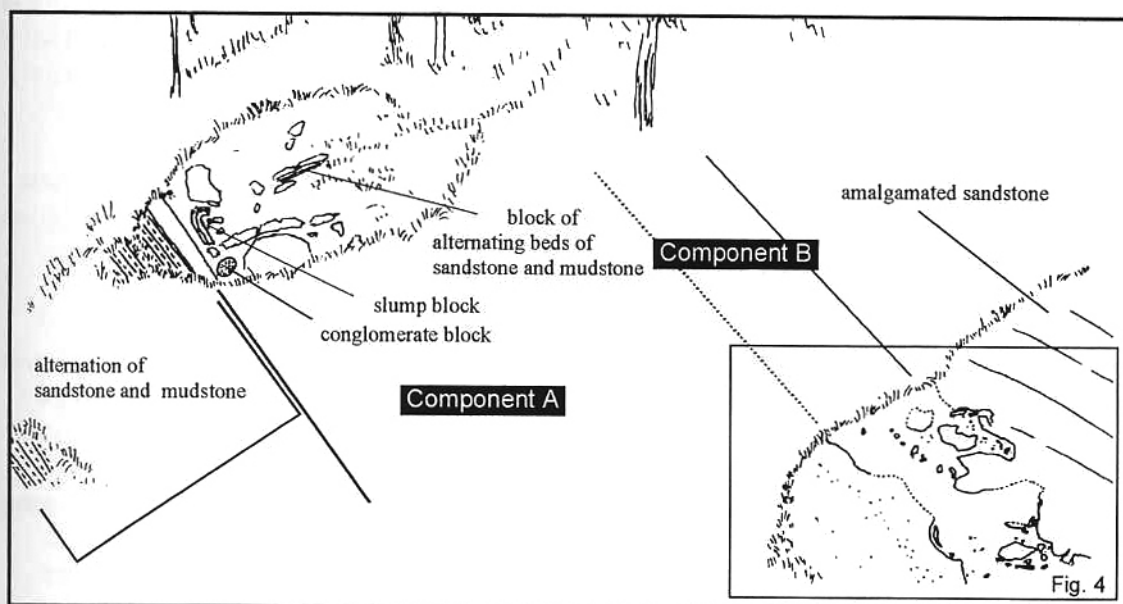


Fig. 3. Field sketch of the deformed part (see Fig. 1-B for location).

変形部上位の正常層

変形部の上位には、厚さ3mの泥質な細粒～中粒砂岩層が累重する (Figs. 2, 3, 4)。この砂岩層は内部に泥質～シルト質の細粒な薄層を数枚はさみ、不明瞭ながら級化構造を繰り返している。砂岩層内部には、ゆるやかに波状を呈する暗色の葉理が認められる。内部に岩脈と連続しない径1cmほどの粗粒砂～細礫の集合部が認められ、さらに完全に孤立した細礫が正常層内部に点在する場合がある。

本調査ルートのカ端層は砂岩泥岩互層を主体とし、粗粒で厚層の砂岩層は認められるものの、上記のような砂岩層はほかには認められない。以上の特徴からおそらくこの砂岩層が、複数の砂岩層が癒着して堆積し、見かけ上厚さが3mに達しているものと思われる。

考 察

ここでは露頭観察から、変形構造の形成過程を考察する。

A部は細礫～中礫を散在する泥質な砂岩を主体とし、内部に泥岩・砂岩・礫岩のブロックを伴うなど乱雑な岩相を示す。またスランプブロックも認められることから、これらは本来成層状態にあったものが重力

崩壊によって破壊・変形・混合し斜面上を流下した、スランプ堆積物あるいは土石流 (debris flow) による堆積物と考えられる。このような堆積物は多くの報告がある (例えば Myrow and Hiscott, 1991)。一方B部は上位層への注入・破壊を示し、“ジグソーパズル構造”を伴うことなどから、礫層が高間隙水圧下で液状化し貫入した碎屑岩脈である。貫入の際には上位層との境界部で水圧破碎が起こったことを示している。この礫岩脈は、細礫を主体とし中礫を伴うなど粗粒であることから、貫入時にはこれら粗粒な碎屑物を保持しうる程度に十分な流速で流動・貫入したことが推定される。一方、変形部の上位の砂岩層には液状化の証拠は認められないが、一部には岩脈と混合していると考えられる産状が観察され、礫質堆積物の注入・流動に伴って母岩である砂岩層もある程度は流動したと考えられる。

川村ほか (1994) は、砂岩脈—シルの成因を1. 裂隙充填型と2. 能動的注入型の2つに区分したが、今回報告した礫岩脈はその産状から明らかに後者のタイプに属している。川村ほか (1994) は、後者のタイプの碎屑岩脈が発生した引き金として、スランピングなどに伴う間隙水圧の上昇・地震のショックに伴う液状化現象・速い堆積速度による荷重の増加などをあげている。今回報告した変形部の場合、礫岩脈 (B部) の

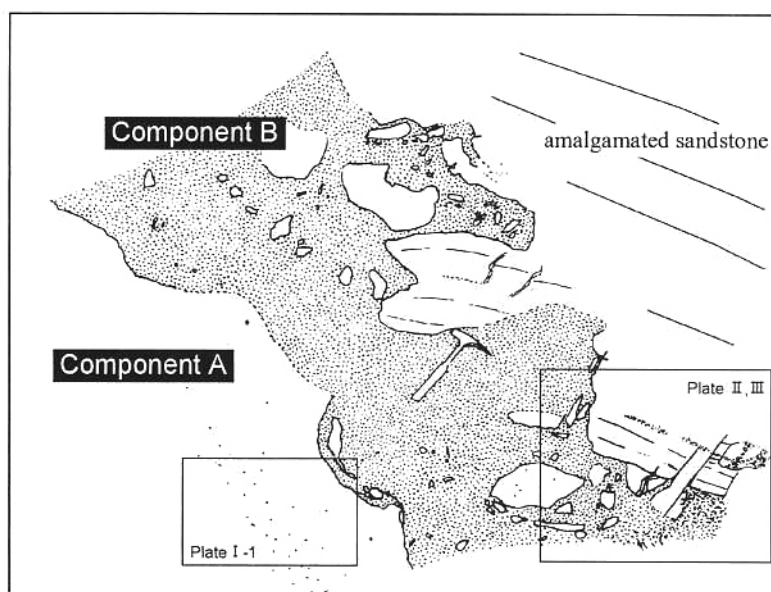


Fig. 4. Detailed field sketch of component B (see Fig. 3 for location).

下位 (A部) は斜面の崩壊によるスランプ堆積物あるいは土石流による堆積物である。しかし岩脈が比較的明瞭な境界でこれを切り、上位の正常層にも注入・変形を与えていることから、A部とB部は独立に形成されたであろう。このようなA部・B部および正常層の定置関係から、下位のスランプ層が定置し、さらにその上位に砂岩層が堆積した後に礫岩脈が貫入したと考えられる。

保柳・大上 (1986) は羽幌地域に分布する川端層相当層の古丹別層の堆積速度を 200 cm/1000 y. と見積もっている。本研究地域の川端層の堆積速度については資料が無いが、古丹別層と川端層は岩相構成に大きな違いはなく、ともに粗粒な重力流堆積物を伴う厚い堆積体である。このことから、礫質堆積物の液状化を引き起こすような高い間隙水圧を引き起こした一因は、川端層の速い堆積速度にあったことが充分予想される。変形部の上位に、癒着砂岩層や厚い礫岩層が累重することも、このことを指示する。また Postma (1983) は、ファンデルタの礫岩・砂岩よりなる粗粒な堆積物中から、脱水に伴う礫質堆積物の液状化による変形構造を報告し、このような粗粒な碎屑物に液状化現象を引き起こした要因として、速い堆積による高い間隙水圧をあげている。

一方、高瀬ほか (1992) は、富山県から岐阜県にか

けて分布する活断層である御母衣断層沿いの地域から、花崗岩起源の粗粒な崩壊性堆積物の液状化について報告している。これは重量比で細礫サイズ以上の粒子を 40%、粗粒砂を 30% 含んでいる。彼らは振動三軸試験の結果から、このような粗粒な碎屑物の液状化が大規模地震によって引き起こされたとした。川端層堆積盆が 2 つの大陸プレートの衝突に伴って形成された (例えば保柳ほか, 1986) 活動的な造構環境下にあったことを考えれば、礫質堆積物の液状化が大規模な地震を引き金として形成されたことも十分考えられる。

今回報告した変形構造は、例えば Mills (1983) が述べているような、液状化を起こしやすいとされる砂岩層にほとんど液状化の形跡が認められず、あまり報告例の無い礫岩層側に液状化が認められ、後者が前者に注入しているという非常に珍しいケースである。川端層相当層である受乞層・古丹別層中には、保柳ほか (1985)、保柳・大上 (1986) などによりスランプ相が従来から認定されている。しかしそれらについての詳しい記載的検討はほとんどなされていない。これらの地層群はいずれも似たような岩相構成を示し、共通の造構場をもつ。したがって従来報告例の少ない粗粒な碎屑物の液状化を伴う変形構造が、広くこれらの地層群から見出され得る可能性がある。それらの詳細な記

載から、粗粒碎屑物の液状化の過程や物理的な性質、それに伴って形成される変形構造などが明らかになるものと思われる。

謝 辞

穂別町立博物館の館長野田藤雄氏ならびに事務職員の皆様には、研究に御理解をいただき、支援していただいている。ここに記して感謝申し上げる。

文 献

- Davies, I. C. and Walker, R. G. (1974) Transport and deposition of resedimented conglomerates: The Cap. Erange Formation, Gaspé, Quebec. *Jour. Sed. Petrol.*, **44**: 1200-1216.
- 保柳康一・三戸 望・吉岡正俊・宮坂省吾・渡辺 寧・松井 愈 (1985) 石狩一天塩帯南部の中新統層序と堆積環境 —受乞海底扇状地の復元—. *地球科学*, **39**: 393-405.
- 保柳康一・大上拓男 (1986) 海底チャネルによるタービダイトと関連粗粒岩の形成 —中央北海道・中部中新統古丹別層—. *地質雑*, **92**: 855-870.
- 保柳康一・宮坂省吾・渡辺 寧・木村 学・松井 愈 (1986) “衝突帯”のタービダイト相形成とテクトニクス —中新統・中央北海道の例—. *北海道の地質と構造運動*, 地学団体研究会専報, **31**: 265-284.
- 川村信人・大津 直・寺田 剛・安田直樹 (1994) 渡島帯付加体の内部構造. *日本地質学会第101年学術大会見学旅行案内書*: 175-195.
- Middleton, G. V. and Hampton, M. A. (1973) Mechanics of flow and deposition. In *Turbidites and Deep water Sedimentation.*, 1-38. S. E. P. M. Pacific Section.
- Mills, P. C. (1983) Genesis and diagnostic value of soft-sediment deformation structures —a review. *Sediment. Geol.*, **35**: 83-104.
- Myrow, P. M. and Hiscott, R. N. (1991) Shallow-water gravity-flow deposits, Chapel Island Formation, southeast Newfoundland, Canada. *Sedimentology*, **38**: 935-959.
- Postma, G. (1983) Water escape structures in the context of a depositional model of a mass flow dominated conglomeratic fan-delta (Abrijoa Formation, Pliocene, Almeria Basin, SE Spain). *Sedimentology*, **30**: 91-103.
- 高橋功二・和田信彦 (1987) 5万分の1地質図幅及び説明書「穂別」. 40 P, 北海道立地下資源調査所
- 高瀬信一・杉田信 隆・富岡伸芳・栗田泰夫・佃 栄吉・杉山雄一 (1992) 古液状化砂礫層の振動三軸試験結果と古地震動の推定 —御母衣断層系トレンチ調査より—. *日本地質学会第99年学術大会演旨*, P. 538
- Walker, R. G. and Mutti, E. (1973) Turbidites facies and facies association, In *Turbidites and Deep water Sedimentation.*, 119-158. S. E. P. M. Pacific Section.
- Walker, R. G. (1978) Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: Models for stratigraphic traps. *A. A. P. G. Bull.*, **62**: 932-960.

Explanation of Plates

Plate I-1:

Debris flow or slump deposits bearing scattered granules and pebbles (component A). Ball-point-pen for scale (15 cm).

Plate I-2:

Overturned slump block (component A). Scale bar is 10 cm.

Plate II:

Component B. Photo and field sketch of outcrop. Ball-point-pen for scale (15 cm).

Plate III:

Component B. Photo and field sketch of outcrop. Ball-point-pen for scale (15 cm).

Plate IV-1:

Injection of granule-size clasts (arrow) developing at the boundary of component B and amalgamated sandstone. Note the injection port is disintegrated and granule-size clasts are isolated. Ball-point-pen for scale (15 cm).

Plate IV-2:

Disrupted injection of granule-size clasts (arrow) developing at the boundary of component B and amalgamated sandstone. Ball-point-pen for scale (15 cm).

Plate I

1



2

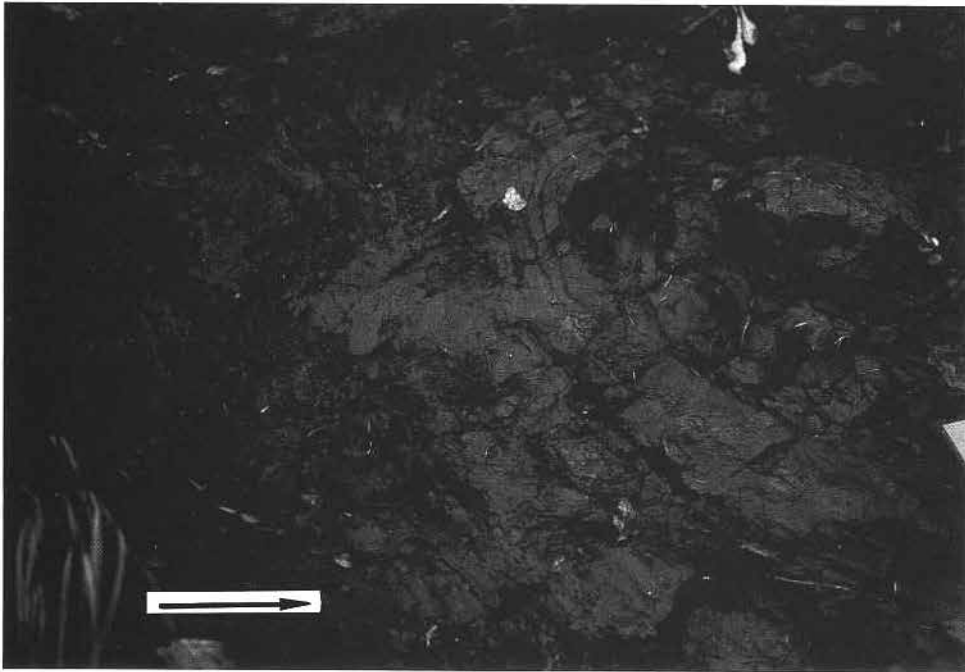


Plate II

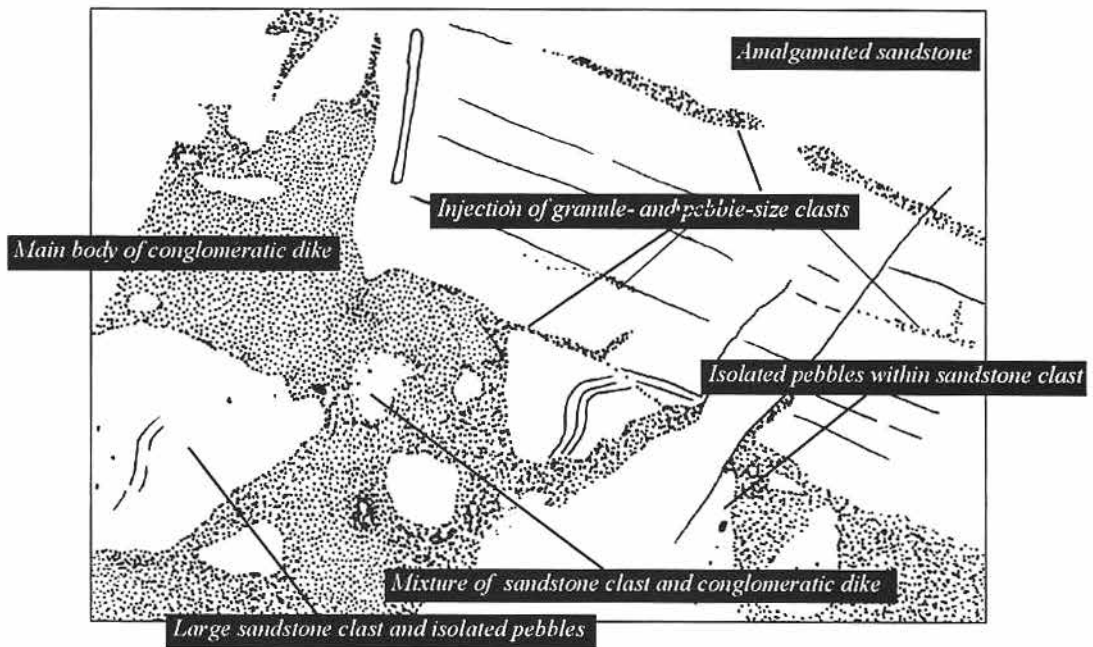


Plate III

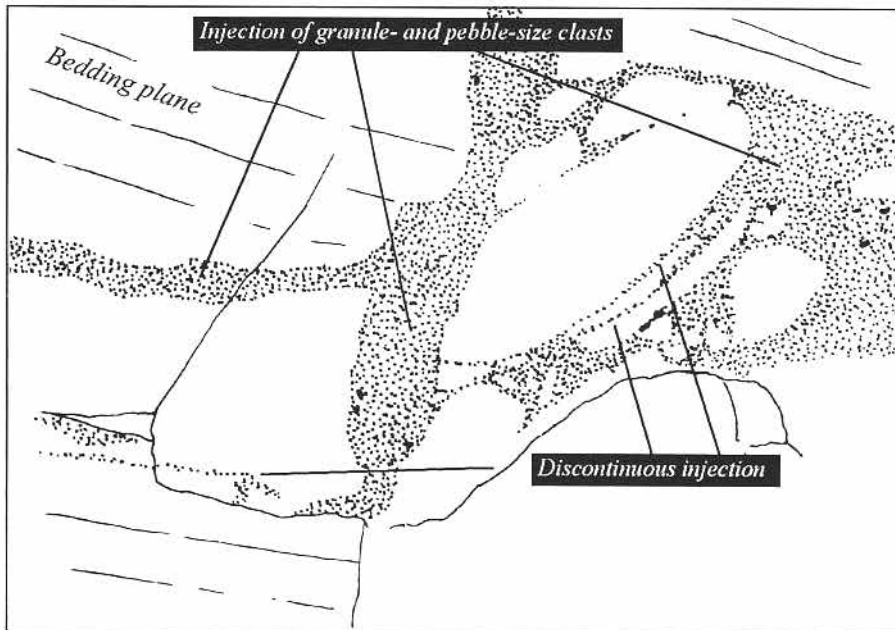
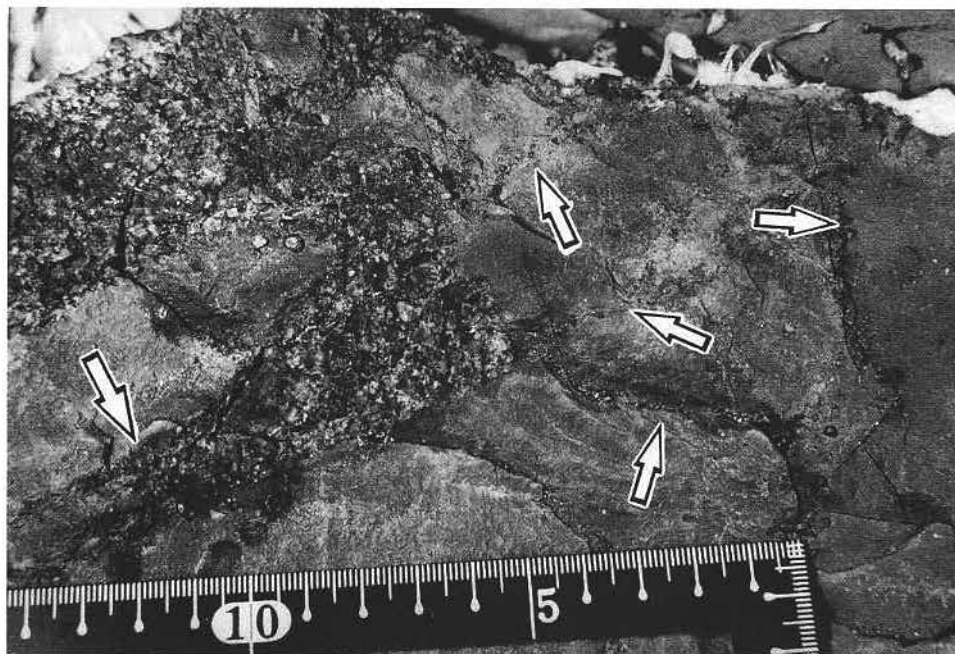


Plate IV

1



2

