上総層群からの堆積学研究の進展に肌で触れて： 2015年日本堆積学会フィールドセミナー参加報告

酒井哲弥¹

An opportunity to learn the progress of sedimentology from the Plio-Pleistocene Kazusa Group: a report for the Field Seminar of the Sedimentological Society of Japan, 2015

Tetsuya Sakai¹

はじめに

この誌面に掲載される、学会やイベントへの参加報告は若手の方々からなされることが多い。それは、イベントを手配する側が報告書の作成を若手の方々に依頼するためである。筆者もこうした手配をする立場になって約10年が経つ。イベントの報告原稿を頼まれて苦悩した方も多きことであろう。報告を依頼してばかりというのはいかがなものか、という思いから今回、筆を取った次第である。

上総層群の本格的な堆積学的研究がスタートを切った頃、(1980年代から1990年代初頭)、私は学生だった。それから約35年の年月が流れた。桂 雄三氏による研究を皮切りに始まった上総層群の堆積学的研究は大きく飛躍し、上総層群が世界の中でも重要な地層として位置づけられるようになった。私が大学の教員となった2000年代前半、千葉大の伊藤 慎氏はシーケンス層序学的なテーマを主体にした論文を次々と国際誌に掲載させた。私にとってはあこがれの的であった。当初はシーケンス層序学的な研究が多かったように思うが、上総層群を構成する地層の堆積場が明確なことを利用して、各環境での詳細な堆積過程を議論するとともに、数多く挟まれる火山灰層を利用して、広域的な地層の発達過程が詳しく議論されるようになった。このフィールドセミナーは、千葉大学の堆積学研究室がこれまでに積み上げてきた上総層群での研究の上に立つ

もので、数多くの国際的な研究成果がふんだんに詰め込まれていることが容易に予想されたことから、大きく期待を膨らませての参加となった。

セミナーは2015年11月25日～27日の3日間かけて実施された。以下に見学内容の概要を述べるが、時間の都合ですべての地点を見学できなかったため、欠番があることをご了承頂きたい。テキストに掲載されている図もここに掲載をさせて頂きたいところであるが、未公表の図もテキストに多用されていることから、ここでは図の掲載も避けることとした。以下の記載内容に間違いがあったとしたらそれは、筆者の理解違いによるものであることを申し添えたい。

第1日目

フィールドセミナーの初日、2015年11月25日はあいにくと雨であった。“誰のせいでこのような天候になったかはわからないが...”という言葉でこのセミナーは始まった。季節外れの北海道での大雪のため、北海道から参加を頂いた方々は少し遅れての千葉到着となった。当初は12時に千葉駅を出発する予定であったが、少し遅れてのセミナースタートとなった。初日と2日目は市宿層と長浜層の層準、万田野層と長南層の層準を西から東へ向かって(堆積当時の陸側から沖側へ向かって)、地層の変化を追跡する順路が組まれていた。

地点1 富津市鶴岡

ここは市宿層とその上位に重なる長浜層との境界が観察できる地点である。この地点での観察項目としては、大きく2つあった。

受付：2016年7月21日

¹ 島根大学 総合理工学研究科地球資源環境学領域
〒690-8504 松江市西川津町 1060
Department of Geoscience, Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering, Matsue 690-8504, Japan

(1) 長浜層の基底の侵食面と海底谷埋積堆積物

市宿層は海流の影響を受けて形成されたサンドリッジの堆積物、そして長浜層は市宿層を切り込んだ開析谷を埋める地層である。市宿層は斜交層理の発達した砂層、長浜層の基底部分は礫質な堆積物を主体とする。長浜層の基底部分では、侵食面上に重なる地層がさらに別の侵食面によって切られる様子が観察された。これは、侵食面の形成が diachronous であることを示している。すなわち、シーケンス境界とされている侵食面も、場所によって異なるタイミングで形成されたことを把握できる良い露頭であった。

(2) “インジェクタイト”

(1) の露頭から少し移動して、長浜層の砂泥互層に発達したスランプ褶曲とその下位の地層を観察した。主な観察の対象は砂層で、それは一見すると変形を受けていないレンズ状の砂層に見える。しかし、砂層の上面からは上位の泥が下位に向かって落ち込む様子が観察された。伊藤氏の解説では、これは流動化した水と砂の混合流体がシルとして貫入してできた砂層（インジェクタイト）と解釈されるとのことであった。スランプが発生した時に地下の間隙水圧が異常に高くなり、それにより引き起こされたとの解釈がなされていた。実際、観察した砂層の末端が泥の中で風船を膨らませたように丸くなっていたため、その解釈が十分妥当であると判断できた。

地点 2 君津市日渡根

この地点（富津市）では市宿層の内部を構成する堆積物を観察した。観察ポイントは、(1) 堆積構造の 3 次元の特徴の把握、(2) 間に挟まれる泥層、(3) ハンバック斜交層理

(図 1)、(4) 平行層理が卓越する層準と斜交層理が卓越する層準がつくる周期性であった。上記のうち、(2) の泥層については、上下の砂層に生痕化石が見られるにもかかわらず、泥層には生痕化石が見られないこと、泥には粒子状のファブリックが見られることから、フルードマッド (fluid mud) 堆積物であるとの解釈が示された。(3) のハンバック斜交層理は、デューンが形成される低流領域の条件から高流領域の条件に変化する時に形成された斜交層理で、黒潮の変動が記録されているとの解説がされた。(4) の特徴は、低流領域の流れが卓越する時期と高流領域の流れが卓越する時期の繰り返しを示しており、小松侑平氏の研究によると、その繰り返しが 10 回あったと解説された。また、この沖合の地層にあたる柿ノ木台層にも 10 回のサイクルが認められ (地点 4 の説明参照)、この市宿層のサイクルと一致する可能性があるとの解説であった。

1 日目の感想

大型のハンバック斜交層理や、インジェクタイト、フルードマッド堆積物など、めずらしい堆積物が紹介されたため、雨もほとんど気にならないくらい、観察に集中した。千葉大学のグループがいかに時間をかけて詳細な観察を行ってきたかを肌で実感した日であった。筆者もこれまでに河川堆積物中にハンバック斜交層理を目にすることはあったが、これほど巨大なものを見るのは初めてであった。フルードマッド堆積物の説明は参加者の一人である、西田尚央氏からなされ、露頭の情報と電子顕微鏡での組織観察を合わせてたいへん説得力のある説明がなされ、感銘を受けた。

図 1 地点 2 で観察した市宿層。矢印の層準では、写真右ほど斜交層理が低角になり、上位に向かって平行層理に変化するハンバック斜交層理が発達する (西田尚央氏提供)。

図 2 地点 3 で観察した市宿層と長浜層の境界付近の地層。矢印が長浜層の基底の侵食面。

第 2 日 目

地点 3 君津市馬登

第二日目もあいにくの雨で始まったが、この地点の観察中に雨も上がり、少し晴れ間も覗くようになった。この地点でも市宿層と長浜層の境界を観察した(図2)。市宿層には所々にレンズ状の塊状砂層が観察された。塊状砂層は地震に伴う液状化により形成されたと解釈されてきた。しかし、それらの広がりは一時的で、ごく小規模である。このため、液状化・流動化は速い堆積に伴う荷重変形による可能性が高いとの解釈が示された。また、一見、塊状に見える砂層にも平行葉理やトラクションカーペット堆積物に見られるような逆級化のバンドが見られた。その中に含まれるマッドクラストも葉理に平行に配列する。すなわち、これらは層理面方向への流動化に伴って剪断を受けながら形成された可能性がある。

もう一つの観察ポイントは長浜層基底部の砂層(タービダイト)に見られる大型の波状層理である。長浜層の基底の侵食面は、場所により急な角度で下位層を切り込む部分と低角度で切り込む部分がある。侵食面の傾きが低角の部分では、下流側にゆるく傾く層理が、高角の部分では上流側にゆるく傾く層理が観察された。これらはアンティデューンの内部構造と解釈され、層理の傾斜方向はベッドフォームの移動方向を示す。上流に傾くものは上流へ移動するタイプのもので、サイクリックステップの可能性も指摘される。場所によるベッドフォームの移動方向の違いは、侵食面の傾斜角の違いを反映しているとの解釈が紹介

された。

地点 4 君津市川谷

この地点では市宿層の沖合相である柿ノ木台層の観察を行った。全体としては外側陸棚環境の砂質シルト層が卓越し、一部にはスランプスカーも認められた。*Lucinoma*などの冷湧水性化学合成化石群集、さまざまなタイプの生痕化石も観察できた。途中、参加者の一人である、東大の清家氏より生痕化石についての解説もなされた。この地点の周辺の柿ノ木台層には、泥層の卓越する層準と砂層の卓越する層準が1セットとなる堆積サイクルが見られると紹介がされた。砂層が卓越する層準は、黒潮の強まることに伴って市宿層のサンドリッジが崩壊したことで形成されたと解釈がなされた。1つのサイクルの形成期間を求めると、およそ3,000年とのことである。黒潮は1,000年オーダーで強弱を繰り返したことが知られており、ここでの地層記録はこれまでに復元されている黒潮の変動と矛盾しないとの紹介があった。砂層はタービダイトと解釈されるが、下位からリップル斜交葉理、平行葉理、コンボリュート葉理という順の堆積構造の変化が見られた。この重なりはハイパーピクナイトに似る。この地層の形成場が、川からの影響を受けにくいことをふまえると、ハイパーピクナイトとの解釈は難しい。サンドリッジが崩壊する時の崩壊パターン、すなわち、初期に小規模なブリーチングが発生し、時間と共にその規模が大きくなっていったことを反映しているという解釈が紹介された。

地点 5 君津市吉野

昼食後の最初の地点は万田野層の大露頭であった(図

図 3 地点 5 での集合写真。万田野層をバックに撮影。前列中央のボードを持った方が伊藤氏。

図 4 地点 5 において、フルードマッド堆積物について解説する西田氏。一番下位の砂層に見られる斜交層理はハンバック斜交層理の一部。

図 5 地点 8 において観察した粗粒セディメントウェーブ堆積物。写真左側が下流。波長の長い上に凸、下に凸の波状層理がよく発達する。スケールバーは約 0.5m を表す。

3). ここでは外浜、海浜といった環境の堆積物が露頭の下部にみられた。この地点周辺ではこの上位に塩水湿地の堆積物が重なり、その上位にサンドリッジの堆積物が重なる。しかし、ここでは塩水湿地の堆積物は上位層堆積前に起きた、海進期の侵食で失われたと、解説された。

直接目の前で観察できた外浜堆積物からなる万田野層下部には、ハンモック状斜交層理のほか、礫質堆積物からなる大型の斜交層理など、多様な堆積構造を含む地層が見られた。アンティデューンの内部構造と解釈される波状層理をもつ礫層も見られた。より上位では、礫質な堆積物からなるリップル葉理と、それを覆う泥層を観察した。泥層については、フルードマッド堆積物と解釈される旨の説明が西田氏よりなされた(図 4)。万田野層上部については、直接アクセスする時間もなかったため、遠方からの観察となった。サンドリッジ堆積物の内部に見られる、ごくゆるく傾いたマスターベディングを確認した。

地点 7 市原市平蔵

この地点では、地点 5 の万田野層下部の沖合相を観察した。小川沿いの露頭を、水の中を歩きながら観察した。この地点の地層は海水準低下期に陸棚外縁に発達した三角州堆積物と紹介され、観察した岩相は砂泥互層である。砂層はタービダイトと解釈され、その内部には基底部の逆級化、その上位の正級化で特徴づけられるものや、流れの脈動を示すような構造が見られた。これはハイパーピクナイトと解釈されるとの説明がなされた。

2 日目の感想

この日の観察は、海流の影響を受けてできたサンドリッジの内部構造、その側方変化に主眼が置かれた。特に市宿層に記録された流速の変化と柿ノ木台層のサイクルとの同

調性は印象深かった。サンドリッジの内部構造を詳細に把握できるのも、大きな砂取り場がそこかしこにある上総層群だからのことであろう。液状化した地層の内部構造はたいへん興味深かった。トラクションカーペット堆積物に見られるような逆級化バンドがどのように形成されたかについて議論がなされ、伊藤氏からは、液状化した砂層が地下で流れた際に高流領域の状態になった可能性が指摘された。その成因についてはまだ検討の余地があると感じた次第である。

第 3 日目

3 日目は快晴でフィールド日和の一日となった。海底谷を埋める地層である東日笠層の見学に引き続いて、その沖合の海底扇状地堆積物である大田代層、梅ヶ瀬層、黄和田層の観察を行った。

地点 8 富津市田倉

この地点は東日笠層の海底谷充填堆積物が露出する砂取り場であった。露頭では海底谷に発達したセディメントウェーブ堆積物を観察した。波長が 10m を越える大型の波状層理の発達する礫層あるいは礫質砂層(図 5)を目の前に、露頭の解説を受けた。波状層理は明瞭な上に凸の形を示し、累積を示すもの、下流方向への付加を示すものなどを観察することができた。前者は standing wave に伴うアンティデューン、後者は下流へ進行するタイプのアンティデューンの内部構造と解釈された。合わせて、これまでに現世の海底で観測されているセディメントウェーブとの比較結果が紹介された。

図 6 地点 9 で観察された砂層基底の侵食構造。露頭の高さは約 2.5 m.

地点 9 君津市二入

この地点は小糸川沿いの露頭であった、少し足場が悪く、滑りやすい地点であったため、千葉大の学生さんらの手助けを受けながら移動をした。ここで観察したのは地点 8 の下流側の地層で、東日笠層が埋める海底谷の末端部の地層であると説明された。多様な形状をした砂層がここでは観察された。砂層には、cut-and-fill 構造 (図 6)、バックセット構造、波状層理などの構造が見られた。すなわち、明瞭な侵食構造とともに、高流領域で形成される堆積構造が観察できた。海底谷末端部での跳水に伴う侵食作用、先に観察したものと同様のセディメントウェーブが発達したとの解釈が紹介された。

地点 11 養老溪谷

この地点では大田代層、梅が瀬層に発達するタービダイトと、その重なりを観察した。ここは上総層群を観察する際の定番の地点である。砂岩が卓越する層準がチャンネル・オーバーバンクシステムを形成していること、そして近隣で行われたコア試料からの酸素同位体比データとの比較が紹介され、それをもとにシーケンスを構成するそれぞれの堆積体が、海水準の上昇、低下のどのタイミングで発達したかが示された。特に厚層タービダイトからなる層準は低下期堆積体で、海水準の低下の中程から発達したこと、低海水準期堆積体はスランプの発達する地層からなること、最大海氾濫面の形成は海水準上昇ピークの少し前のタイミングで起きたことなどが紹介された。この地点では、タービダイト砂岩の上方厚層化、薄層化がたいへん美しく観察されることもあってか、参加者の足取りもどうしてもゆっくりとなりがちであった。

地点 12 大多喜町松尾

この地点では小糸川河床において、O15 火山灰の層準の

図 7 地点 12 の小糸川沿いに露出するタービダイト。

タービダイトの観察を行った (図 7)。この地点のタービダイトは海底扇状地チャネルの末端部に位置づけられるとの説明であった。基本的には細粒タービダイトが観察できた。Bouma シーケンスの A, B が観察され、かなり多くのマッドクラストが砂層に含まれるのもこの地点の特徴であった。

地点 13 いすみ市深谷 (文化会館露頭)

ここでは地点 12 の沖合相を観察した。この地点では重力流堆積物の特徴が地点 12 に比べると大きく異なる。1 層の重力流堆積物の基底部に級化層理の発達する砂層がみられ、その上位には泥質で淘汰が悪く、大型のマッドクラストを含む砂層が重なる。いわゆる、ハイブリッドタイプ (タービダイト + デブライト) の重力流堆積物が見られた (図 8)。これはプロキシマルなローブ堆積物と解釈された。この地点では O15 火山灰の直上の層を主には観察したが、その重力流堆積物にはマッドクラストとして、O15 火山灰が含まれていた (図 8)。すなわち、重力流が流れた時により上流の地点では少なくとも O15 火山灰の層準まで割り込むような強い侵食が起きたことが読み取れた。このハイブリッドタイプのタービダイトの出現に関して、もともと混濁流であった流れが海底谷を出たあたりで下位層を割り込むことで堆積物を取り込み、そこから土石流へと進化したとの解釈がなされた。また、薄いタービダイトには、異なる方向の古流向を示すリップル斜交葉理が 1 層の中に見られ、そのうちの一方は黒潮の影響を受けたコンターライトと解釈された。

地点 15 いすみ市須ヶ谷

ここでは太平洋岸の露頭で、黄和田層中の大規模スライド堆積物 (図 9) の観察を行った。到着時にはすでに薄暗くなりかけていたので、足早に観察することとなった。テキストにはスライド堆積物全体の構造が示されていたが、

図 8 地点 13 で観察したデブライト。写真上の白いクラストは火山灰。露頭の高さはおよそ 1 m。

図 9 地点 15 で観察したスライドの発達した黄和田層。スケールバーは約 1 m。

ここではすべり面周辺の観察を行った。すべり面は高角で傾き、剪断に伴う変形が観察できたが、上下の層はほとんど変形が起きていない。また、ここに見られたスライドは、0.5 度というかなりゆるい勾配のもとで形成された可能性が考えられており、この角度はスライドの形成には不十分であることも紹介された。一般に岩相境界が弱線になり、そこがすべり面となることが多いがここでは岩相境界がすべり面とはなっていない。堆積物の埋没に伴う脱水で、シルト層の間に挟まれる火山灰層の含水率が極大となり、シルト層へ間隙水が移動することでシルト層の強度が低下、すべり面となった可能性があるとの解釈が紹介された。

3 日目の感想

この日は 1 日かけて、海底谷の中を埋める堆積物から、その沖合に発達した海底扇状地のプロキシマルからディスタルなセッティングまでを観察した。陸側から沖合への堆積過程の変化を系統的に理解できるストーリーが組まれていた。1 日で多くの内容をコンパクトに観察できるのも、小型な砂質システムからなる、上総層群ならではのことである。地点数も多かったため、やや駆け足でのセミナーとなった。筆者にとって海底谷のサンドウェーブ堆積物を観察したのは今回が初めてであり、たいへん印象深かった。また、筆者は山陰側でハイブリッド堆積物の記載を行っていることもあり、上総層群での事例を観察できたことも意

義深かった。

おわりに

初日に雨に降られたことを忘れさせてくれるくらい、すばらしいセミナーであった。伊藤研究室で行われた最近の研究から、すこし以前に行われた研究へと遡って見学する傾向があったため、特にセミナーの後半はシーケンス層序学的研究が活発に行われていた頃を少し思い出しながらの参加となった。今回、参加者には非会員の方の参加も目立った。それは堆積学が純粋な学問のみならず、資源や防災分野につながる学問であることを実感させた。今回用意されたテキストが何よりもすばらしかった。露頭に関する詳細なデータ、広域的な地層の対比データがふんだんに盛り込まれており、たいへん迫力があつた。伊藤研究室のアクティブさを改めて実感した。次回、開催の予定は不明であるが、次回セミナーは、これよりもグレードアップされることであろう。会員の皆様にはぜひとも次回セミナーに参加されることを、強くお勧めしたい。最後にこのすばらしい巡検のセミナーを準備してくださった伊藤氏と千葉大学の学生さんたちにお礼を申し上げて、筆を置くこととしたい。