1995 AAPG Annual Convention (Houston) 参加報告

池原 研*

Report from 1995 AAPG Annual Convention in Houston

Ken Ikehara*

key words : AAPG, Houston, sequence stratigraphy, turbidite, traction, Brazos delta

はじめに

1995年3月5日～8日に、アメリカ合衆国テキサス州ヒューストン（ジョージブラウン・コンベンションセンター；第1図）において開催されたAAPGの1995年の年会に参加する機会があったので、会議、初日に持たれたSEPMのCore workshop “Turbidites and Associated Deep-Water Facies”，期間中に持たれたSEPMのSequence Stratigraphyに関するResearch Group Meeting (The Effect of Changes in Sediment Supply on Sequence Stratigraphic Architecture at Differing Physical and Temporal Scales) 及びブラズデルタ周辺の巡検の模様について簡単に報告する。会議はヒューストン地質学会（The Houston Geological Society；HGS）がホストとなり、AAPG／SEPM／SEGの共催で行われた。石油地質学の学会の会議であり、Petroleum Technology of the World, Houston '95の副題までついているので当然と言えばそれまでだが、会議場所が“オイルドリーム”の街ヒューストンということで、いっそう“石油”という言葉が色濃い会議であった。また、京都のIGCをこの目で見ない私にとっては、会議の規模、展示場、様々な催し物など驚かされることが少なくなかった。

本論にはいる前にヒューストンの印象を少し書いておく。ヒューストンと言うと、石油とNASAしか思い浮かばず、「オイル・ドリームの街<ヒューストン>」（鈴木勝王著）以外これといった観光ガ

第1図 会議の会場となった George Brown Convention Center, Houston.

イドも持たずに現地に入った。街の中心部は確かに高層ビルが立ち並び近代都市といった感じだが、わずかに歩いた感じでは決して昼間でも人が満ち満ちているというわけでもなし、一歩郊外（といっても車で5～10分程度）にでるとそううるさいわけでもなく、大都会という感じは受けない街だった。ただ街中ではほとんど感じないものの、ヒューストン自然科学博物館では日本ではまず見られないであろう石油の生成過程、探鉱から採取方法までの展示があり、まさに石油の街という感を強くした。

年会の内容から

当然のことながら、非常にたくさんのセッションが同時平行で行われており、そのすべてについて報告することは不可能である。私の聞いた講演の中で特に印象に残ったもののみを簡単に述べると次のようである。

受付1995年5月20日，受理1995年6月10日

* 地質調査所海洋地質部。Marine Geology Department, Geological Survey of Japan, Tsukuba 305, Japan.

シーケンス層序学関係の発表では全体として、構造運動や堆積物供給量などがどのように影響を与えるかということについて再度立ち戻ってさらに詳細な検討を進めているという感じであった。構造運動の大きさがどのくらいで堆積物供給量がどのようときにはどのような層相からなるどんな形態の堆積体が形成されているかという報告がいくつもなされていた。これまでも言われてきていることではあるが、構造運動起源の現象の方がシーケンス自体が大きく、不整合として認識される侵食も大きく広範囲であり、長周期であること、極端な層相の時間的及び水平的変化を引き起こすこと、一般に粗粒な堆積物をためることが指摘されていた。ただ、読み取れる層序と全く別に作られた（という）堆積盆の沈降履歴とから議論している例もあったが、沈降履歴の出し方について特にコメントなしに出されているので本当かどうかの判断は私には付けられなかった。このあたりが明確にされないと、発展性に乏しいのではないかという感を持った。日本でも地層から読み取られた結果を海水準変動と構造運動に分離しようとする試みが盛んだが、どう言う手法でどのデータから分離の作業を行うか、というところを明確にする必要を強く感じた。

一方、浅海堆積層の解釈については新しい考え方が提示された。すなわち、これまで沖浜相中に薄く挟在していたハンモック状斜交層理（第2図の矢印をいれたもの）は、暴風時にもたらされたものと考えられ、一連の上方浅海化シーケンスとされてきたが、McCabe and Shanley はこれらをパラシーケンスと考えた。この考え方の基本となるのは現在の陸棚域において暴風起源と考えられる砂層が認められるのはせいぜい10～20m くらいの水深まででそれも厚い砂層はほとんどなく、ハンモック状斜交層理は下部外浜のものと考えるほうが合理的であるということにある。また、メキシコ湾の内側陸棚から暴風砂層として報告されたものはその後の調査結果からすると間違いであるという人もいた。暴風砂層でないとするれば、この層準の形成された水深を下部外浜まで浅くする必要がある。この薄い砂層の上には沖浜の泥層がのっているのであるから、その後水深が深くなったことになり、全体としてみればパラシーケンスの累重したものということになるというのである。すべての場においてこれが成り立つとはいえないだろうが、非常に魅力的な考え方といえるであろう。いろいろな面、特に現世の堆積層から

第2図 ハンモック状斜交層理を示す砂層を挟する地層の新解釈 (Brencheley, 1989の上方浅海化シーケンスの模式図に加筆)。

の検証が必要であると感じた。

陸棚上のサンドリッジについては、その層相や成因についての報告がいくつかなされた。Snedden 達のグループはニュージャージー沖の調査結果からサンドリッジと潮流口との関係について述べ、リッジは潮流口に沿ってまず形成され最初は陸側へ向かうが、バリアーが陸側に移動してしまうと孤立して今度は海側へ動くとした。また、サンドリッジのダイナミクスでは、沿岸のリッジでは静穏時には陸側へ移動するが暴風時には陸側が侵食されて上方ならび

に海側に成長すること、沖合のリッジでは静穏時には変化はないが暴風時には海側に移動することが示された。この考え方については、必ずしもすべての場所でそうであるということはないらしく、“彼らの考え方ではそうだけだ”と言っている人も少なからずいた。他の場所の例がもっとでてこないとい一般論にはまだならないようである。

日本からの発表は、堆積関係では石油公団（佐久山・川本・中水）のブラズスデルタ（アメリカテキサス州、ヒューストンからもほど近い）の結果がポスターで発表された。ブラズスデルタの層相についてよくまとめられており、いつ見ても見学者がおり、好評ではなかったかと推察される。あえていえば、後は音波探査記録などとあわせた仕事に発展させられることが望まれる。

SEPM の Sequence Stratigraphy に関する Research Group Meeting から

標記の会合が期間中の夜間集会として3月7日午後7時～10時の予定でこの会議における SEPM の本部が置かれたダブルツリーホテルの会議室で開かれた。会議自体はインフォーマルな形で、最初からビールなどを適当に飲みながら発表者に討論をぶつけるという形で行われた。今回の会議のテーマは、“The Effect of Changes in Sediment Supply on Sequence Stratigraphic Architecture at Differing Physical and Temporal Scales” ということで、5名の基調報告とそれにかかわる質問がなされた。インフォーマルな会議であり、時間的制約もないため非常に白熱した討論がなされ、結局予定していた10時には終わらず、私自身はホテルが遠かったため10時30分くらいまでしかいられなかったが、まだまだ続く雰囲気だった。

ここでの主要な議論は、本会議のところですでに述べたのと同じく、海水準変動・堆積盆の運動（構造運動）・堆積物供給量と層序の関係にあった。いずれの報告も結局結論まで達しておらず、問題点の抽出と今後の活動方針のようなところで終わっていた。例えばメキシコ湾の陸棚上では、陸からの大量の堆積物の供給によって小さな変動までも記録している良いフィールドとなっている。まずこのような場所の現世から最終氷期の中で海水準変動と堆積物供給量、気候などの関係を明らかにし、何が本当の海水準変動なのかを明らかにする研究が指向されている。一方堆積速度が1,000年に6～7 m と非

常に大きいトリニダッドのフィールドでは、堆積速度（堆積物供給量）の違いによるシークエンスの大きさの変化が議論された。すなわちメキシコ湾では1,000年のスケールで100フィートのスケールのシークエンスが形成されている。これに対して Western Interior では10,000～100,000年のスケールで0～500フィート、トリニダッドでは10,000年のスケールで500～1,000フィートのシークエンスが形成されている。結局どのくらいの大きさのシークエンスが作られるかは、どれだけの堆積空間（accommodation space）を作れるかと、その堆積空間を埋めることができるかの2つの要素で決まることになる。実際にはこの2つの要素とも時空間的に大きく変動するので単純に決めることは難しい。堆積空間の大きさに関しては、古水深の決め方が問題となる。例えばカンサス州の露頭において浅海の炭酸塩堆積物（厚さ；数～5 m 程度）／古土壌（約1 m）／石灰岩（1 m 以下）／黒色頁岩（約2 m）と重なる層序が繰り返す場所がある。このとき黒色頁岩の水深はいかほどだったであろうか？ある人は貧酸素の深い場所というが、全体の層序はそうとも言えない。結局結論はでなかった。いろいろな要素が複雑に絡み合っている一つの形を作っている。一つの形から一つの要素の変動を捕まえるためにはまだまだ問題が山積みである。

SEPM の Core Workshop “Turbidites and Associated Deep-Water Facies” から

このワークショップは、3月5日にメキシコ湾域の石油産出層のコア・震探記録などを基にそれぞれの発表者が説明するという形で行われた。内容については SEPM から Core Workshop No.20としてテキストがすでに出版されている。

私がこのワークショップで感じたことは底層流による二次的な移動のプロセスの重視である。テキストの表紙（第3図；原図は Shanmugam et al., 1995による）にも模式的に示されているようにタービダイトを作る乱泥流と底層流（コンターカレントなど）との関係を重視し、これまでどちらかと言うと安易にタービダイトとされてきた深海底の砂層を、本来 Bouma sequence を示すべき（真の）タービダイト砂層とタービダイトあるいは他の重力流堆積物が底層流によって再移動したもの（bottom-current reworked sand）に分けようというものである。底層流の流速は一般にそう速くない

第3図 底層流に影響された深海の堆積作用の概念図 (Shanmugam *et al.*, 1995による)。

(普通20cm/秒以下, 強流時では70cm/秒を越える流れや300cm/秒間での流れも観測されている) のでこれによる再移動では, 再懸濁・懸濁状態での輸送・堆積よりもトラクションによる輸送・堆積というプロセスが卓越することになる。この reworked sand の識別方法として Shanmugam は, 堆積構造が最も良い指標であるとし, 次のようなものを挙げており, 層相のモデルは第4図のように示されている。

1. 細粒砂やシルトの挟在。
2. 細かい層理あるいは葉理を持った砂層。
3. 砂層のリズミックな産状。
4. 砂層の多産 (1 m あたり50以上)。
5. 明瞭だが侵食的でない上位の泥層との接触関係, 及び明瞭から漸移的な下位の泥層との接触関係。
6. 内部侵食面の存在。
7. 淘汰がよく, 泥分に乏しい。
8. 様々なスケールでの上方粗粒化の傾向。
9. 水平葉理及び低角斜交葉理。
10. 斜交層理。
11. 重鉱物の形成する斜交層理。
12. コアのスケールでのレンズ状砂層あるいは砂漣の存在。
13. 頂部が保存されているあるいは侵食されているカレントリップルの存在。

14. 基底部が湾曲したカレントリップルあるいはウェーブリップルの存在。

15. マッドオフshoot (mud-offshoots) の存在。

16. フレーザー層理。

このような考え方及びモデルはある程度認められているようで, このワークショップの中でも, Galloway and McGilvery (第5・6図) や Armentrout などがコアの解釈に用いていた。日本でもこのような目でタービダイト砂層を見始めているところもあるようであるが, この解釈が正しいにしろ間違いにしろ新たな目でこれまでのものを常に見直していく努力はされねばならない。

ブラズデルタ周辺の巡検から

会議終了後の3月9日に“Clastic Facies of the East Texas Coast and Continental Shelf”と題したブラズデルタからガルベストーン島にかけてのメキシコ湾沿岸の日帰り巡検に参加した(第7図)。案内者はライス大学の John Anderson である(第8図)。よく使わせてもらっている Folk and Ward の粒度係数の式がブラズス川の堆積物を使って作られていること, また石油公団がこのデルタの研究を行っていることもあったので, どんな場所かという興味にひかれて参加を決めた。巡検は, 現地での観察というよりもその場その場でこれまで採取された代表的

第4図 底層流によりトラクションによって移動した砂層のつくる堆積相 (Shanmugam *et al.*, 1995による).

第5図 Galloway and McGilvery (1995) により Fine-grained tractional transport と解釈された層相.

第6図 Galloway and McGilvery (1995) によるメキシコ湾の Paleocene の海底谷埋積堆積物の堆積環境の模式図. A ; 海底谷埋積堆積物, B ; 自然堤防堆積物, C ; オーバーバンク堆積物, D ; マス・ムーブメント堆積物, E ; 自然堤防・オーバーバンク堆積物の再移動堆積物, F ; スランプした自然堤防堆積物, G ; デルタフロント層のスライドブロック.

第7図 巡検ルート。

第8図 パネルを手に説明する案内者の Anderson 教授。

なコアや音波探査記録などを説明するという形で行われた。また、時間の都合により Stop 4 と 5 は割愛された。ここではブラズスデルタの見学内容からその一部を簡単に紹介する。

ブラズスデルタ(第9図)は1929年に流路が変わって現在の位置に河口が移った。これに伴い、旧河口(デルタ)域は侵食され、新河口にデルタが発達した。この新しいデルタは海底地形でもはっきりと認識できる。これはまさに陸源物質の供給量の変化に伴うパラシークエンスの形成である。もちろんこの間に海水準の変動はないと言ってよい。新デルタでは川から排出される土砂によってデルタの外縁に砂州が形成され、それが波浪によって移動して陸に付加して発達しているという。砂州の移動についてはGPSなどを用いた観測が行われている。砂州が陸に付加する前には、砂州と陸との間に浅い潟が形成

第9図 ブラゾス川の新しいデルタ。

される。ここには泥質の堆積物が堆積する一方、暴風時にはワッシュオーバー堆積物である砂層が挟在する(第10図)。

もう一つの特徴的な堆積物は洪水堆積物である。つい先日テキサス州北部フォートワースで大洪水があったように、この地域にはしばしば大洪水が来襲する。ブラゾス川でも1992年に80日以上にもわたる大洪水(10数年に1回規模)にみまわれた。このときの洪水堆積物は細粒シルトや粘土からなり、色や含水量の違いによって通常時の堆積物とはコア中で容易に識別される。一般に下位の通常時の堆積層との境界は明瞭で、砂州間や砂州の背後などでは侵食的に接することもあるという。この堆積物は洪水期間中は河口から河道の直線的延長の沖合に厚くたまるが、洪水が終わると波浪とそれに伴う流れによって再移動し、ほぼ河口から同心円状に沖合に向かって薄くなるように層厚分布を変えることが繰り返しの採泥によって明らかになっている。2回の採泥間での堆積量にほとんど違いはないので、洪水堆積物のほとんどは再移動してデルタ前面に堆積したと考えられている。

このように陸源の砂と泥を付加させながらデルタは着実に前進しているわけである。

おわりに

ちょうどこの一年研究からほとんど離れていた自分にとって、まず頭を研究に持っていくことが一番大変だった。しかし、そのような状態でもいくつかの新しい知識と今後の方向を得ることができたように思える。また、このような報告にはいつも書かれていることだが、決して日本のレベルはそう低くな

第10図 潟(ラグーン)堆積物中に挟在する暴風時に運ばれた砂層。

い(でも決して高くもない?)ことも再確認した。しかしその割に日本人の参加者及び発表者がいないことも気になった(もちろん私が会わなかっただけでも知れない)。アジア系とわかる人のほとんどは中国系であり、また少数は韓国系であった。今回の場合でも石油関係でいくつかの発表があったに過ぎない。参加してみて始めてわかったことではあるが、こういう学会であるから、石油にからめた話振りにするということを守れば、日本人の発表ももっと多くてしかるべき(もちろん旅費の問題等はある)と思った。また、学会形式だけでなく、Core Workshopの様に現物を前においた議論やSequence StratigraphyのGroup Meetingの様なインフォーマルな形態の発表(集会)が日本でもあってもよいようにも思えた。堆積学研究会の集会においても今後考えていけたらよいのではないかという感想を持った。

この会議に参加するにあたって、いろいろなところにご迷惑をかけた。また、現地においては石油公団佐久山氏に大変お世話になった。渡航手続きでお世話になった方々を含め、関係者の方々に厚く御礼申し上げる。

文 献

Anderson, J. B., 1995, Clastic facies of the east Texas coast and continental shelf. *GCS/SEPM Field*

- Trip #17 Guidebook*, 25p.
- Brencheley, P. J., 1989, Storm sedimentation. *Geology Today*, 5, 133-137.
- Galloway, W. E. and McGilvery, T. A., 1995, Facies of a submarine canyon fill reservoir complex, Lower Wilcox Group (Paleocene) , central Texas coastal plain. *In* Winn, Jr., R. D. and Armentrout, J. M., eds., *Turbidites and associated deep-water facies*. SEPM Core Workshop No. 20, 1-23.
- Shanmugam, G., Spalding, T. D. and Rofheart, D. H., 1995, Deep-marine bottom-current reworked sand (Pliocene and Pleistocene) , Ewing Bank 826 Field, Gulf of Mexico. *In* Winn, Jr., R. D. and Armentrout, J. M., eds., *Turbidites and associated deep-water facies*. SEPM Core Workshop No. 20, 25-54.
- 鈴木勝王, 1993, オイル・ドリームの街<ヒューストン>. 264p.
- Winn, Jr., R. D. and Armentrout, J. M. (eds.) , 1995, *Turbidites and associated deep-water facies*. SEPM Core Workshop No. 20, 176p.