シーケンス層序学事始めの頃 —P.R. Vail 教授来日で加速したシーケンス層序学の普及と浸透—

荒戸裕之^{1*}

The years of beginning on sequence stratigraphy: dissemination and permeation of sequence stratigraphy accelerated by Prof. P.R. Vail's visit to Japan

Hiroyuki Arato^{1*}

In February 1990, a seminar titled “Seismic Stratigraphy: Fundamentals and Practical Application” as the Distinguished Lecture of American Association of Petroleum Geologists (AAPG) by Professor Peter Vail was held in Japan. The concept of sequence stratigraphy introduced in the seminar gave a huge impact to the attending petroleum explorationists who had desired to learn seismic stratigraphic interpretation method. Those explorationists and their colleagues in Japanese petroleum development companies, who recognized the effectiveness of sequence stratigraphy through the seminar, had started to apply sequence stratigraphic concept and reinterpret their own seismic profiles promptly. However, they also felt a sort of embarrassment in the validity of sedimentological interpretation of seismic profiles without direct geologic proofs and discussion of sedimentary processes under relationship to eustatic changes of sea-level. At the same time, some Japanese sedimentology researchers who had started pioneer studies had been strongly interested in the contents of the seminar, and turned rather affirmative eyes to the tendency of the explorationists. Almost simultaneously to the seminar, Sedimentological Society of Japan, Tsukuba Association for Strata, Japanese Association for Petroleum Technology, and Geological Society of Japan provided several study sessions and symposia energetically within a few years, and sedimentology researchers and petroleum explorationists had been researching and exploring with utilization of sequence stratigraphic concepts together in competition each other. Japanese petroleum industry and relating government organizations also supported such activities in a timely manner. As a result, Japanese industry and academia have worked on sequence stratigraphy rather lead the world and contributed to develop sequence stratigraphy.

Key words: sequence stratigraphy, seismic stratigraphy, Peter R. Vail, Exxon Production Research Company, Sedimentological Society of Japan

はじめに

シーケンス層序学 (sequence stratigraphy) は、いまでは教科書も出版され、地球科学系の大学ではごくふつうに講義される地質学の一分野としての地位を得ている。その基本概念は、今日では、石油地質学や堆積学はもとより、地質調査に立脚する地域地質や堆積盆地解析にも浸透し、その理解なしには地質家たりえないといっても過言でなからう。

受付：2018年3月22日 受理：2018年6月15日

¹ 秋田大学大学院国際資源学研究科
〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1
Graduate School of the International Resource Sciences, Akita University, 1-1 Tegata Gakuen-machi, Akita City 010-8502, Japan

* Corresponding author: h_arato@gipc.akita-u.ac.jp

シーケンス層序学は、地球科学の一分野としてのみならず、むしろ石油探鉱技術の進歩、発展との密接な関係のもとに発展し、今から 30 年ほど前のある時期に急速に成立した分野である。したがって、わが国の学界・石油鉱業界への普及および浸透もまた短期間に集中的に進捗し、たいへんに劇的なものであった。

今般、日本地質学会が創立 125 周年を記念して進めている分野ごとの地質学雑誌特集号編集の一環として、シーケンス層序学導入前後の情報を収集したので、特集号の原稿に盛り込みきれなかったエピソードなどを改めて整理し、ここに紹介したい。

「震探層序学」の時代

地震探査 (seismic survey) は、平野地下の地質構造を知るための物理探査技術の一手法として石油探鉱に応用された。日本国内でも昭和初期までに導入がすすみ、秋田の黒川油田で試用されたり (那須, 1929)、秋田市内の平野地下に伏在する八橋背斜の地質構造の推定に用いられた (青山・三川, 1935) が、当時はまだ掘削候補地点を提案できるほどの精度はなかった (石田, 1936, 1943)。

その後、平野部や地下深部の地質構造を知りたいという石油地質技術者の要望はますます高まり、米国内では 1940 年代までに、試掘候補地選定に欠かせない定常的手法としての地震探査作業の位置づけが確立されていた (飯田, 1950)。さらに 1970 年代ごろまでには、背斜、向斜、断層といった地質構造の要素を判別できるだけでなく、地震探査記録断面から岩相を判別しようとする試みや、直接的に炭化水素賦存の兆候 (direct hydrocarbon indicator: DHI) を読み取ろうとする技術的志向など、多様な活用方法が検討され始めていた。そのなかでエクソン・プロダクション・リサーチ (Exxon Production Research Company, 以下 EPR) の研究グループが中心となって体系化を進めていたのが、地下の岩石の物性を表す物理探査データでしかない地震探査記録断面をあたかも地質断面のように取り扱おうとする震探層序学 (seismic stratigraphy) であった。層序学的な解釈が可能になれば、地震探査記録断面からはトラップの形態だけでなく、トラップを構成する地層の岩相、すなわち貯留岩性状を判別することができるだろう、という発想にもとづく手法の体系で、その集大成が米国石油地質家協会 (American Association of Petroleum Geologists: AAPG) の「Seismic Stratigraphy- application to hydrocarbon exploration (Memoir 26)」と題する論文集 (Payton ed., 1977) であった。そしてこのとき、EPR 研究グループのリーダー的存在として、この論文集の多くの論文に著者として名を連ねていたのがピーター・ヴェイル氏 (Peter R. Vail, 当時 EPR) であった。

当時、AAPG や米国物理探査学会 (Society of Exploration Geophysicists: SEG) では研究成果が報告され、セミナーも繰り返し行われていたため、EPR 流の震探層序学に早くから触れる機会に恵まれた日本人探鉱技術者もいたし、そうでなくても日本人探鉱技術者の多くは AAPG Memoir シリーズには目を通していたため、震探層序学の存在はある程度は知られていた。しかしこの時点で、おおかたの石油地質技術者は震探層序学をあくまで物理探査技術の一部、あるいは震探解釈に際しての「擬似的な」層序学様の一手法であって、純然たる層序学とは似て非なるものと受け止めていた。その根底にあったのは、「不整合」のような層序学の用語を地質学的な論証を経ずに震探解釈のみに基づいて用いることへの一種の抵抗感のようなものであった。そのような背景もあって、日本の学界では震探層序学が大きな話題になることはなく、まして堆積学研究者の注目を浴びることもほとんどなかったのであろう。

「震探層序学」から「シーケンス層序学」へ

EPR 流の震探層序学は、Payton ed. (1977) 刊行以降、おもに北米でさまざまな批判に晒されるようになる。たとえば、汎世界的海水準変動が鋸の刃 (saw tooth) のような形状に表現されることへの違和感、「Global Cycle Chart」と命名された汎世界的海水準変動曲線の描き方の妥当性、その海水準曲線の類似性に基づくシーケンス層序対比の正当性、堆積盆地埋積過程における構造運動の評価方法 (汎世界的海水準変動との関係性) などである (Miall, 1992 など)。EPR 研究グループは、こうしたさまざまな批判を取り込み、それに応えることで自らの震探層序学の体系を強化していった。その成果は、1988 (昭和 63) 年、北米系の堆積学者を中心とする堆積地質学会 (Society for Sedimentary Geology, 当時は Society of Economic Paleontologists and Mineralogists: SEPM) から「Sea-level Changes: An Integrated Approach (Special Publication No. 42)」と題する論文集 (Wilgus et al., eds., 1988) として出版された。そこには、階層構造をもつ周期的な海水準変動に伴って安定縁辺盆地に形成されるシーケンスモデルが独自の体系のもとに累々と紹介されていた (Posamentier et al., 1988 など)。

それらの多くを指導していたのもヴェイル氏 (当時米国ライス大学教授) であった。

AAPG や SEPM を舞台とするこうした動向は、日本国内においてもほとんど間をおかずに紹介された (安藤, 1990a)。また、Wilgus et al. eds. (1988) 出版の前年には SEPM Special Publication No. 41: Sea-level Fluctuation and Coastal Evolution (Nummedal et al., eds., 1987) が刊行されており、海水準変動と堆積相の関係の重要性は国内の堆積学研究者のあいだで

も認識され始めていた(斎藤, 1989a, 1989b, 1989c)。実際に, 1988(昭和63)~1989(平成元)年にかけて, つくば市周辺を本拠地とする堆積学研究者は上記2冊の論文集を共同購入して勉強会を行っていたという(談: 斎藤文紀氏, 島根大学教授)。そうした流れのなかで, 堆積相解析や古環境解析結果を堆積盆地規模で統合するための枠組みにシーケンス層序学が適していることを認識した国内の堆積学研究者たちは, 日本の地層に対して海水準変動と堆積相の関連性を論じる萌芽的な研究を開始した(Saito et al., 1989; 安藤, 1990b; 伊藤, 1990など)。そんな折に, ヴェイル氏が来日したのであった。

ピーター・ヴェイル教授来日

当時米国ライス大学教授だったピーター・ヴェイル氏(Fig. 1)は, AAPGのDistinguished Lecturerとしてセミナーを開催するために来日した。そのセミナーとは, 1990(平成2)年2月19日~22日の4日間にわたって, 当時の石油公団石油開発技術センターが開催した新技術講座「地震地層学の基礎と応用」であった。AAPG Distinguished Lectureとしてのセミナーの英題「Seismic Stratigraphy: Fundamentals and Practical Application」が示すとおり, セミナー参加者約20数名の多くは, Payton ed. (1977)に展開するような地震探査記録断面の層序学的な解釈手法の体系, すなわちいわゆる震探層序学(Seismic Stratigraphy)を学ぶことができると期待して集まっていた。それは, ヴェイル氏がかつてEPR研究グループのメンバーであり, かつ, Payton ed. (1977)の中心的な著者だからであった。しかし, 講義中, あるいはテキストのなかに頻出した『シーケンス・ストラティグラフィー(sequence stratigraphy)』という名称そのものが耳新しいものであった上に, その基本的な枠組みを説明するための『アコモデーション(accommodation)』や『パラシーケンス(parasequence)』といった新たな概念は多くの参加者にとって耳慣れないもので, そのときは戸惑いをもって受け止められたのであった(Fig. 2)。しかもシーケンス層序学の概念から導かれたシーケンスモデルの説明は震探解釈の域を超え, 層序学というよりはむしろ『堆積学』そのものであったことに, 少なくとも一部のセミナー参加者は大きな衝撃を受けたのであった。

国内学会の反応

大きな衝撃を受けたセミナー参加者やその報告を受けた企業の石油探鉱技術者たちは, 自分たちがこれまで扱ってきた地震探査記録断面をシーケンス層序学の概念に基づいて見直そうと動き出したが, 心底ではヴェイル氏の説くよ

Fig. 1 ピーター・ヴェイル氏(岡田, 2002, p. 63, 図 III-30)

うなやり方で地震探査記録断面を堆積学的に解釈して本当によいのか迷い, 堆積学研究者の意見を欲していた。一方で国内の堆積学研究者たちは, 堆積相解析や古環境解析結果を堆積盆地規模で統合するための枠組みにシーケンス層序学がうってつけであることに気づき, シーケンス層序学の紹介をすすめる(保柳・西村, 1992; 保柳ほか, 1993; 増田, 1993など)とともに, この概念を踏まえた先駆的な研究を開始していた。この時点で, 国内石油・鉱業界の地質・物探技術者と地質学界の堆積学研究者が手を携えて「Sequence Stratigraphy」に取り組む素地は固まっていたといえるだろう。

1. 堆積学研究会(現: 日本堆積学会)

もっとも素早い動きをみせたのは, おそらく当時の堆積学研究会とこれに近い研究者グループである。1990(平成2)年6月23日には, 堆積学研究会が主催して東京大学海洋研究所においてワークショップ「堆積相と堆積盆解析」を開催している。ヴェイル氏の来日セミナーから約4ヶ月後のことである。このときには, 当時, シーケンス層序学の体系の不備な点をいろいろと指摘していたアンドリュ・

Fig. 2 シーケンス解析の基礎的な演習 (セミナーテキストより)

堆積学研究会主催

ワークショップ「堆積相と堆積盆解析」

日時: 1990年6月23日(土) 9:30~16:30

場所: 東京大学海洋研究所

プログラム:

9:30~10:30 宮田雄一郎氏(地質調査所)
Lacustrine wave-dominated coastal sedimentation and water-level change of the Lake Biwa, central Japan.

10:30~11:30 徐 垣氏(静岡大理学部)
Reconstruction of forearc and intra-arc basins of the Mio-Pliocene Izu-Bonin volcanic arc and its geotectonic implication.

11:30~12:30 中山一夫氏(石油資源株式会社)
Recent advances in basin modeling in petroleum industry.
--Geochemical framework and sedimentological approach--

—— 昼食 ——

13:30~16:30 Andrew Miall教授(トロント大学地質学教室)
The Plate-tectonics framework of basin development including sequence stratigraphy.

Fig. 3 ワークショップ「堆積相と堆積盆解析」のプログラム

sequence stratigraphy is the study of rock relations within a chronostratigraphic framework of repetitively, metrically related strata bounded by...
1991年度 堆積学研究会秋季研究集会
講演要旨

一般講演・シンポジウム「Sequence stratigraphy」

期日: 1991年11月20日~23日
会場: 千葉県立中央博物館
堆積学研究会
The Sedimentological Society of Japan

Fig. 4 堆積学研究会 1991 年秋季研究集会要旨集の表紙

マイアル氏 (A.D. Miall, 当時トロント大学教授) が、午後の時間すべてを使って講演を行った (Fig. 3)。予定の講演内容はかならずしもシーケンス層序学に特化したものではなかったが、多くの聴講者がマイアル氏のシーケンス批判

シンポジウム「Sequence Stratigraphy」		【11月22日】	
【11月21日】		午前の部	
午後の部		15. (9:30-9:50) シーケンス層序学-日本の白亜系への応用の可能性-----安藤秀男(東京大・総合資料館) 83	
1. (9:30-9:40) 東海層序学: 日本におけるSequence Stratigraphy の確立にむけて-----岡田博有(九州大・理) 45		16. (9:50-10:05) 沿岸域・バシシーケンスの粒度組成変化-----岸 誠一, 保樹雄一(信州大・理) 85	
2. (9:40-10:30) Sequence Stratigraphy: introduction -----増田富士雄(大阪大・教養) 46		17. (10:05-10:15) 堆積シーケンスにおける海浜堆積物の位置-----横川美和・増田富士雄(大阪大・教養) 89	
3. (10:30-11:00) Seismic profile と Seismic stratigraphy - Sequence stratigraphy への出発点 -----岡村行徳(地質調査所・海洋) 53		18. (10:15-10:25) 横川層群の堆積シーケンス-----酒井哲弥(筑波大・自然科学部)・増田富士雄(大阪大・教養) 91	
(11:00-11:15) ----- (休憩) -----		19. (10:25-10:40) 千葉県富津市から市原市にかけての中部更新統下総層群最下部の堆積シーケンス -----伊藤 慎・大原 隆(千葉大・教養) 92	
4. (11:15-11:30) 日本近海の震源にみられるタービダイト相(その1) -----馬場 駿・峯崎智成・渡江芳朗・島本敏光(石油公団石油開発技術センター) 59		(10:40-10:50) ----- (休憩) -----	
5. (11:30-11:45) 日本近海の震源にみられるタービダイト相(その2) -----峯崎智成・馬場 駿・渡江芳朗・島本敏光(石油公団石油開発技術センター) 60		20. (10:50-11:10) 木下層の堆積シーケンス-----岡崎浩子(千葉県立・中央博) 95	
6. (11:45-12:05) 富山湾海床状地に記録された海水準変動と古気候-----中嶋 健(地質調査所・海洋) 62		21. (11:10-11:20) ESR年代測定によるSequence stratigraphy へのアプローチ -----中里裕臣(農水省北陸農政局)・下川浩一・今井 登(地質調査所・環境) 97	
7. (12:05-12:20) 日本周辺の水成デューンの活動とこれに伴う堆積体の形成時期 -----池原 研(地質調査所・海洋) 64		22. (11:20-11:40) 更新統層群中の堆積シーケンスの要素様式とその支配要因-----廣木義久(東京大・理) 100	
(12:20-12:30) ----- (昼食) -----		23. (11:40-11:55) 千聖丘陵の大阪層群にみられるデルタ系堆積シーケンス -----岡坂裕美・横川美和・増田富士雄(大阪大・教養) 103	
午後の部		(11:55-12:00) ----- (昼食) -----	
8. (12:30-12:50) 新第三系陸架泥岩中のSubmarine Hiatus と Submarine onlap -----渡辺真人(地質調査所・燃料) 66		午後の部	
9. (12:50-13:10) いわゆる“多層群” (常磐地域) にみられるhiatusの実態と海面変動の関係 -----柳沢幸夫(地質調査所・地質) 68		24. (12:30-12:50) 堆積盆の堆積過程における堆積システムの発達と海水準変動-北部フォッサマグナ地帯地帯域の第三系を例として-----西村環志・保樹雄一(信州大・理) 107	
10. (13:10-13:25) 上総層群基底の黒海不整合ならびに黒海層のシーケンス層序学的な位置づけ -----伊藤 慎(千葉大・教養)・川辺秋枝(千葉大・理) 69		25. (12:50-13:10) アラスカ州コディアック島のNarrow Cape 層(中部中新統)に認められる21の上方浅海化シーケンスと堆積環境 -----守屋成博(石油資源開発・技研) 110	
11. (13:25-13:40) 本豊川デルタにおける沖積層の堆積過程と地形発達 -----海津正典(名古屋大・文・地理) 70		26. (13:10-13:25) 新潟堆積盆へのseismic stratigraphyの適用 -----島尾浩明(帝国石油・新鉱)・荒戸裕之(石油公団・技術部) 113	
(13:40-13:55) ----- (休憩) -----		(14:20-14:30) ----- (休憩) -----	
12. (13:55-14:10) 極地氷床発達モードとEaton Global Cycle Chart の層序予測能力(predictability) -----中村光一(地質調査所・海洋) 72		27. (14:30-14:50) 琉球層群における層序区分-----井藤孝文・中森 山・田 芳(東北大・理) 115	
13. (14:10-14:25) 過去1千万年の気候変動ダイナミクスと堆積シーケンスの世界的対比-ケーススタディ -----中村光一・地質調査所・海洋)・柳沢幸夫(同・地質) 76		28. (14:50-15:10) 琉球石灰岩堆積過程のコンピュータシミュレーション -----岩田孝夫・辻 喜弘(石油公団・石油開発技術センター)・須内秀男(同・技術部)・山村恒夫(石油公団・石油開発技術センター) 117	
14. (14:25-14:40) Second-order cycle equilibrium surface と広域テクトニクス, マントルダイナミクス -----中村光一(地質調査所・海洋) 80		29. (15:10-15:40) 変動域の堆積盆解析とシーケンス層序学-中央北海道・北部フォッサマグナを例として -----保樹雄一(信州大・理) 118	
		30. (15:40-16:15) 閉鎖半島群新統・更新統上総層群のsequence, sequence set ならびにcomposite sequence -----伊藤 慎(千葉大・教養)・桂 雄三(文化庁) 121	
		(16:15-16:25) 連絡	

Fig. 5 堆積学研究会 1991 年秋季研究集会
(1991 (平成3) 年 11 月 20 日~23 日) のシンポジウムのプログラム

を期待していたことも事実だろう。この時の来日でマイアル氏は、茨城大学、筑波大学、地質調査所などでも同様の講演を行っており、そうした場にも石油探鉱技術者を含む多くの聴講者がシーケンス層序学関連の議論を期待して詰めかけたのであった。

同年 12 月 7 日~10 日に九州大学で開催された 1990 年秋季研究集会では、まとまったシンポジウムやセッションが企画されたわけではなかったものの、講演・報告のうち約 10 件が直接ないし間接的にシーケンス層序学に関連するものであった。そのうち、岡田博有氏(当時九州大学教授、堆積学研究会会長)による SEPM Gulf Coast Section シンポジウム 1990 (平成 2) 年 12 月 2 日~5 日) 出席報告では、ヴェイル氏に“Sequence Stratigraphy”という言葉のいつから使っているのか?と直接尋ねたところ「口頭では 1985 年頃から、論文では 1987 年からである」との回答を得たことが紹介された。

翌 1991 (平成 3) 年 11 月 20 日~23 日に千葉県立中央博物館で開催された秋季研究集会は、21, 22 日のまる 2 日間をシンポジウム「SEQUENCE STRATIGRAPHY」に割いて

いる (Figs. 4 and 5)。20 日に行われた一般講演が 14 件だったのに対し、シンポジウムでは 30 件のシーケンス層序学関連の講演が行われた。総説 6 件を除くほとんどの講演が、既存の堆積学的な研究成果をシーケンスモデルと比較検討したもの、ならびに Vail-Haq カーブとよばれる汎世界的海水準曲線と対比したものであり、国内においてもシーケンス層序学の概念を取り込んだ研究が急速に進んでいた様子が窺える。

またこのときの岡田氏の講演は、シーケンス層序学の諸用語の日本語訳を提案するものであった (Fig. 6)。この当時、シーケンス層序学の諸用語を日本語でどのように表すか、国内の研究者間で多少の意見の相違があったことが窺われる。正式には岡田 (1992) で提唱され、その後発刊された新版地学事典や堆積学辞典に別称として紹介されている語もあるが、現在ではあまり使われない日本語訳も含まれている。

さらに翌年の 1992 (平成 4) 年 11 月 4 日~6 日に新潟大学で開催された 1992 年秋季研究集会でも個人講演の他にシンポジウム「堆積盆の形成と発展」が企画されたが、そ

東層層序学：日本におけるSEQUENCE STRATIGRAPHY の確立に向けて	
岡田博有 (九州大・地感)	
1977年に確立した音響層序学を承けて、1987年アメリカ沿岸地域に起こった層序学の新しい波 sequence stratigraphyは、わが国でも確実な広がりを見せている。それに伴い用語上の混乱が見られるようになった。そこで、sequence stratigraphy 関連用語の日本語訳を示し、参考に供したい。主な訳語は次の通りである。	
Sequence stratigraphy	東層層序学
Systems tracts	堆積体
Highstand systems tract	高海水準堆積体
Transgressive systems tract	海進堆積体
Lowstand systems tract	低海水準堆積体
Shelf margin systems tract	陸棚縁辺堆積体
Seismic stratigraphy	音響層序学
Toplap	頂接
Onlap	上接
Downlap	下接
Offlap	離接

Fig. 6 日本語訳の提唱 (岡田, 1992 より)

のセッション2はシーケンス層序学で、このときも12件のシーケンス層序学関連の講演が行われた (Fig. 7)。

2. 筑波地層の会

ヴェイル氏による来日セミナーから約1年後の1991 (平成3) 年1月24日~25日には、筑波地層の会 (代表: 増田富士雄氏 (当時筑波大学助教授), 世話人代表: 徳橋秀一氏 (当時工業技術院地質調査所)) が「Sequence Stratigraphy」を取り上げて研究集会を開催した。筑波地層の会は、筑波地域に拠点をおく大学や研究組織に所属する地質学、堆積学の研究者が中心となって活動していたグループで、1987 (昭和62) 年10月からほぼ2ヶ月に1回のペースで地層や堆積物に関する勉強会を開催し、このときまでに17回を重ねていた。工業技術院地質調査所の後援を得て筑波地層の会が主催したこのときの特別セミナー「Sequence Stratigraphy: 新しいパラダイムを求めて」は、日本国内で独自にシーケンス層序学の勉強会を開催した最初と思われる (Fig. 8)。

国内の石油開発各社の技術者に向けた、この特別シンポジウムへの参加を呼びかける文書 (Fig. 9) からは、研究者と技術者という立場の違いを超えて、ともに新しい学問分野を学び身につけ発展させようという堆積学研究者の強い意気込みと期待、ならびに石油探鉱技術者へ向けた熱いメッセージが感じられる。

この誘いに応じて石油開発企業および業界組織が行った話題提供・講演数は必ずしも多くはなかった (Fig. 10) が、参加者のなかには多数の石油探鉱技術者が含まれていた。こうした参加者が、こののち、シーケンス層序学の普及と

個人講演	
1. Combined flow ripples	横川美和・増田富士雄 1
2. 反砂堆積を伴う重級化層 (doubly graded beds)	八木下晃司 2
3. 未固結堆積物のダクティリティーに関する実験的研究(1) 歪み軟化挙動に及ぼす拘束圧・間隙比の影響	宮田雄一郎・鈴木清史 4
4. 宮崎県日南層群の砂泥互層にみられるスランプ構造の形成過程	鈴木清史 8
6. 那珂川の堆積作用	牧野泰彦 11
7. 三陸沿岸、野田層群久喜層の古流向についてー親潮古陸の影響はあったか	山口秀樹・八木下晃司 15
9. 西南日本周辺海域の現世堆積作用	池原 研 16
10. 新潟沖陸棚上の泥質堆積物	池原 研・片山 肇・中嶋 健 18
11. 新潟堆積盆地中央部の堆積岩中の硫黄含有量の分布	粕 武・鈴木尉元 20
12. 東京湾、小櫃川三角洲堆積物の粒度分析	岸 誠一・斎藤文紀 24
13. 紀伊半島牟婁帯の漸新統泥炭層の堆積過程	宮地良典 26
テーマ シンポジウム 「堆積盆の形成と発展」	
セッション1 堆積相とテクトニクス	
1. 堆積盆の沈降様式の変化と堆積環境の変化の関係ー魚沼層群を例としてー	風岡 修 29
2. 北部フォッサマグナ地域西縁部の堆積機構とテクトニクス	島山幸司 35
3. 北部フォッサマグナ地域における堆積盆埋積システムと堆積相規制 要因に関する考察ー東頸城地域の例	高野 修 37
5. 砂岩モード組成の測定方法と砂岩組成にもとづく造構場の識別法	公文富士夫 43
6. 東海層群の堆積相とブロック運動との関連	中山勝博 45
7. 雁行・逆断層運動に伴う合流・合成扇状地の堆積過程 ー東海層群米野層群を例にして	吉田史郎 47
8. 中部更新統西条層 (東広島市周辺) の河川堆積相	水野篤行・平川昇一 53
9. 新潟堆積盆地東縁部における鮮新統の堆積相と堆積作用 ー東山南部の例から	徳橋秀一 59
10. 大阪層群の堆積様式とテクトニクス	増田富士雄 60
セッション2 シーケンス層序学	
1. 小櫃川開析谷にみられる完新世の海進・海退と堆積相	岸 誠一・斎藤文紀 61
2. 小櫃川開析谷の沖積層シーケンスにおける3次元的解析	斎藤文紀・岸 誠一 63
3. 前期更新世の水河性海水準変動と酸素同位体曲線	北村晃寿 64
4. 北海道白亜系函館層群の堆積相と堆積シーケンス	安藤寿男 66
5. 鮮新・更新統掛川層群の海進期および高海面期堆積体中に 見られるパラシーケンス	酒井哲弥・増田富士雄 68
6. タービダイト相の堆積シーケンスー北海道中部中新統古丹別層ー	保柳康一 70
7. 東北日本太平洋側陸棚におけるシーケンス: 海進面、ラビメント面と海況差面	斎藤文紀 74
8. 地震探鉱記録を用いた堆積盆の堆積相解析, その1	峯崎智成・馬場 敬 75
9. 地震探鉱記録を用いた堆積盆の堆積相解析, その2	馬場 敬・峯崎智成 76
10. 常磐海域のシーケンス層序	岩田尊夫・亀尾浩司 78
11. シーケンスモデルに基づく新潟堆積盆地の環境変動	亀尾浩司・岩田尊夫・荒戸裕之 79
12. 新潟地域を例とする背弧堆積盆地のシーケンス層序について	荒戸裕之・亀尾浩司・保柳康一 80
セッション3 有機統成作用と堆積盆の発達過程	
1. 堆積岩中の古生物起源有機物の堆積ー統成ー埋没変成情報	相原安津夫 86
4. 石油の生成・移動と堆積盆の発達過程 ー石油生成実験に携わる立場からのコメントー	武田信従・星一良・松林英樹 88
5. 新潟地域寺泊階の堆積環境と有機物相	平井明夫・工藤哲朗 92

Fig. 7 堆積学研究会 1992 年秋季研究集会 (1992 (平成4) 年11月4日~6日) のプログラム

発展に力量を発揮していくことになる。したがって、筑波地層の会によるこのときの特別シンポジウムがそれ以降の石油開発企業の活動や研究者と技術者による共同研究の掘り起こしにおおいに貢献したことは確かであろう。

Fig. 8 特別シンポジウムで講演する増田富士雄氏（左）と司会をする徳橋秀一氏（右）
（写真提供：徳橋秀一氏）

3. 石油技術協会

堆積学研究会や筑波地層の会の活動と並行して、石油技術協会も動き始めていた。1992（平成4）年9月25日、石油公団石油開発技術センター大講堂において、ミニシンポジウム「石油探鉱におけるシーケンス層序学の可能性と課題」が開催された。これは協会の定例行事ではなく、探鉱技術委員会の砂岩・炭酸塩岩・物探の3分科会が合同で企画した勉強会であった。当時の世話人の趣旨説明には、「平成5年度の石油技術協会地質・探鉱部門シンポジウムのテーマとして（シーケンス層序学が）実行可能であるかを探る」とある。ここでの好感触を踏まえて、1993（平成5）年6月11日には、第58回石油技術協会春季講演会の地質・探鉱部門シンポジウム「シーケンス層序学—その可能性を求めて—」が開催された。そこでの講演は、翌1994（平成6）年1月発行の石油技術協会誌第59巻第1号特集号に掲載された。石油鉱業界の技術者の集まりである石油技術協会の地質・探鉱部門シンポジウムにおいて取り上げられたことにより、こののち、シーケンス層序学的な検討は国内の石油開発企業内での鉱区やプロスペクトの地質評価過程における不可欠のルーチン作業として位置づけられていった。また、海外探鉱プロジェクトにおけるパートナーとの技術会議には、この頃からシーケンス層序学に基づく解釈が議題に頻出するようになるが、石油技術協会や関係学会における取り組みを通じてシーケンス層序学の勉強を怠らなかった各社の技術者は核心を外すことなく議論をリードし、プロジェクトを成功に導くことに貢献した。

4. 日本地質学会

日本地質学会は、早稲田大学における第101年学術大会の討論会として、1994（平成6）年3月29日の午後に討論会「新しい地層観を目指して：シーケンス層序学は地質学

に何をもたらすか」を開催している。そして翌1995（平成7）年8月には、その講演内容をもとにした地質学論集第45号「シーケンス層序学—新しい地層観を目指して—」（斎藤ほか編、1995）が刊行された。このなかには、堆積学研究の立場からシーケンス層序学の基本概念を紹介した総説（酒井ほか、1995；伊藤、1995；保柳、1995など）や堆積相や堆積作用のシーケンス層序学的研究（斎藤ほか、1995；Saito、1995；増田ほか、1995；高野、1995など）とならんで、シーケンス層序学の石油探鉱への適用の立場からの総説（荒戸・高野、1995）や、国内の石油探鉱データに適用したケーススタディ（荒戸・保柳、1995；岩田、1995）なども含まれ、石油・天然ガス探鉱におけるシーケンス層序学の概念と手法の重要性が広く認知されるに至った。

1990（平成2）年以降、シーケンス層序学をメインテーマに取り上げた学会・研究集会は、世界各地でつぎつぎと開催された（岡田、1992）が、日本の石油鉱業界と学界もその流れに決して遅れることなく、むしろそれを上回る勢いでシーケンス層序学を吸収し、みずからのものとしたうえでさらに高めることに成功していった。

産業界・官界の動き

石油鉱業界でも石油探鉱におけるシーケンス層序学に関する解説（荒戸、1993、1994a、1994b）が発刊された。さらに、石油技術協会が創立60周年記念に出版した「最近の我が国の石油開発」には、シーケンス層序学の概念と手法が「堆積学的評価技術」として20数ページにわたって紹介された（小椋ほか、1993）。

また1990年代当時、石油公団（現：石油天然ガス・金属鉱物資源機構）技術部は、民間石油企業に対する探鉱投融

筑波地層の会 特別シンポジウム
「Sequence stratigraphy:新しいパラダイムを求めて」
 平成 3年 1月24日～25日：つくば
 の開催について

冬が駆け足で近づきつつあるこの頃ですが、いかがお暮らしでしょうか。

さてこの度、別紙のような趣旨・目的により、上記の特別シンポジウムを開催することになりました。ご衆知のごとく、Sequence stratigraphy なる概念は、石油技術者による震探記録の解釈から生まれたものであり、いわば石油地質学・石油探鉱技術がその産みの親であります。そして最近では、コアの解釈や陸上の地層の解釈にまで適用して解釈しようというのが、世界的な趨勢となっている感があり、日本の地質学会でも、中堅から若手を中心に積極的に試みられつつあります。このような背景から上記のシンポジウムを企画した次第ですが、もともと石油探鉱事業との関係が深いものですから、ここにご案内申し上げる次第です。

また現在、話題提供してくださる方も広く募集しております。Sequence stratigraphyに関連した研究・解析・解釈等に携わっておられてなんらかの話題やご意見等をお持ちでしたら、さしつかえない範囲で話題提供していただければ、大変幸いに存じあげます。また、まわりに適当な方がおられるようでしたら、是非働きかけていただけないでしょうか。石油の探鉱に直接・間接に携わっておられる方から是非話題提供をお願いしたいと希望している次第です。なお、話題提供の内容について、あとで文章化することを求めることは、特に考えておりません。もちろん、その内容を文章にしてしかるべきところに発表されるのは自由であります。また、筑波地層の会は、活動資金の一部として、つくば科学万博記念財団の補助を受けておりますが、その資金は限られておりますので、話題提供される方に旅費や謝金は原則として支払えません。大変申し訳ありませんが、この点は前以てご承知おきくださるようお願い申し上げます。話題提供は、別紙の講演申し込み書にてお願い致します。

なお、石油公団や各石油探鉱関連企業の探鉱部長・技術部長さんそれに関係技術研究所の所長さん等には、別途ご案内をさしあげ、ご協力をお願いいたしております。

お忙しいところ、お手数をおかけして大変申し訳ありませんが、以上よろしくお願い申し上げます。

敬具

平成 2 年 1 1 月 2 2 日

工業技術院地質調査所燃料資源部
 徳橋秀一(TEL:0298-54-3671)
 (筑波地層の会 世話人代表)
 筑波大学地球科学系
 増田富士雄(TEL:0298-53-6523)
 (筑波地層の会 代表)

Fig. 9 筑波地層の会から発信されたシンポジウムの勧誘文

資案件を技術的に正しく評価するため、職員が最先端技術を習得するお膳立てとしての開発技術動向調査を実施していた。折しも、国内の石油開発業界の探鉱技術者と地質学・堆積学の研究者がシーケンス層序学に盛り上がっているなか、石油公団技術部がこれを開発技術動向調査のテーマに取り上げたことは当然の流れであり、かつ、極めてタイムリーでもあった。

一連のシーケンス層序学関連の開発技術動向調査では、マイアル氏、ドン・スウィフト氏 (D.J.P. Swift, 当時米国オールドドミニオン大学教授, 荒戸, 1992), ビル・ギャロウェイ氏 (W.E. Galloway, 当時米国テキサス大学オース

ティン校教授), ダグ・ヌンメダル氏 (D. Nummedal, 当時米国ロイジアナ州立大学教授) など、おもに北米のシーケンス層序学・堆積学の錚々たる研究者が招聘された (Table 1)。同調査における彼らへの委託事項は、石油公団技術部が求めるテーマについての報告書取りまとめや石油公団本部での報告会開催などであった。開発技術動向調査の成果は、石油公団内部に限定されることなく、国内の民間石油開発企業の技術者に広く公開された。報告書は申請があれば貸与が許されたし、通常まる二日間を費やして開催される報告会にいたっては、著名な研究者による最先端のセミナーを東京で、かつ、無料で受講できるとあって、石油公

筑波地層の会 特別シンポジウム

工業技術院地質調査所後援

Sequence stratigraphy：新しいパラダイムを求めて

平成 3 年 1 月 2 4 日 (木) ～ 2 5 日 (金)

於 地質調査所 (工業技術院共用講堂)

1 月 2 4 日 (木)

座長：徳橋秀一

A① 9:00- 9:10 あいさつ 地質調査所企画室長 津 宏治

A② 9:10-10:10 Sequence stratigraphy 増田富士雄(筑波大学地球科学系)

座長：徳橋秀一

A③ 10:30-11:20 西南日本外帯沖の第四紀 prograding wedgeと海水準変動

..... 岡村行信(地質調査所海洋地質部)

A④ 11:20-11:40 新潟堆積盆地におけるサイスミック・ストラティグラフィの試み

..... 荒戸裕之(帝國石油探採部)

11:40- 1:00 昼食

座長：斎藤文紀

A⑤ 1:00- 1:30 石狩平野北部地域新第三系の震積層序

..... 小椋伸幸・斎藤文紀(石油資源開発探採部)

A⑥ 1:30- 1:50 日本海での基礎物理探査記録に見られる堆積現象

..... 石田 聖(石油公団石油開発技術センター)

A⑦ 1:50- 2:10 シーケンス境界の意義と認定 - 北海道白亜系三笠層を例として

..... 安藤寿男(東京大学総合研究資料館)

A⑧ 2:10- 2:40 鳥浜会合部の堆積層埋積シーケンス - 中央北海道北部羽後地域の第三系を

例として - 保田康一(信州大学理学部)

座長：宮田雄一郎

A⑨ 2:50- 3:05 北西九州の第三系の対比と海進・海退 酒井治孝(九州大学教養部)

A⑩ 3:05- 3:20 対馬中部の対馬層群上部に見られる progradational parasequenceについて

..... 清部 晃(愛媛大学理学部)

A⑪ 3:20- 3:35 北部フォッサマグナ日影向斜地域群新統の堆積シーケンス

..... 高山幸司(新潟大学理学部)

A⑫ 3:35- 3:55 シーケンス層序学からみた北陸地方前期更新統 - 大桑層を中心に -

..... 古屋 京・北村晃寿・荒井晃作・小西健二(金沢大学理学部)

A⑬ 3:55- 4:10 ファンデルタ堆積物に残された海水準変動の記録 - 鳥羽県浜田地域、

唐鑑層の例 - 中西健史・前島 渉(大阪市立大学理学部)

座長：渡辺真人

A⑭ 4:20- 5:10 Sequence stratigraphyから quantitative dynamic stratigraphyへ

- Vail学説の展開と批判 - 中村光一(地質調査所海洋地質部)

5:30- 7:30 懇親会 (B 食堂)

1 月 2 5 日 (金)

座長：片山 肇

B① 9:30- 9:50 シーケンスとシーケンス境界の形成と海水準変動

..... 斎藤文紀(地質調査所海洋地質部)

B② 9:50-10:05 サンドウェーブ堆積体の形成時期 池原 研(地質調査所海洋地質部)

座長：佐藤幹夫

B③ 10:10-10:35 下総層群の堆積サイクル 徳橋秀一(地質調査所燃料資源部)

B④ 10:35-10:50 下総層群の海成層基底部の頁化石密集層に記録された環境変化 - 二枚貝化石の

組成と産状の解析から - 近藤康生(千葉県立中央博物館)・徳橋秀一(地質調査所燃料資源部)

B⑤ 10:50-11:00 下総層群地蔵層の condensed section

..... 岸 誠一(筑波大学教育研究科)・横川美和・増田富士雄(筑波大学地球科学系)

B⑥ 11:00-11:15 木下層の ravinesent堆積物 村越直美・増田富士雄(筑波大学地球科学系)

B⑦ 11:15-11:25 古東京湾の堆積システムと sequence boundary 岡崎浩子(千葉県立中央博物館)

B⑧ 11:25-11:40 海面変動を示すステップ堆積物 牧野泰彦(茨城大学教育学部)

11:40- 1:00 昼食

座長：沼原 研

B⑨ 1:00- 1:15 沖積層の堆積環境と粒度組成の変化 津澤正倫(名古屋大学文学部)

B⑩ 1:15- 1:35 海洋、湖沼の水理学的環境と堆積相 大塚謙一(静岡大学教育学部)

B⑪ 1:35- 1:50 河川堆積物の層序構造と海面変動との関係をさぐる - 瓜連丘陵に分布する

更新統河川堆積物 - 山口正俊・牧野泰彦・齋藤文紀(茨城大学教育学部)

B⑫ 1:50- 2:05 沿岸堆積相中の海進に伴う礫岩層 - 北部フォッサマグナ・小川層 -

..... 西村瑞恵・保田康一(信州大学理学部)

B⑬ 2:05- 2:25 渥美半島周辺の第四系に認められるシーケンス境界とその地域間対比

..... 齋藤文紀(茨城大学教育学部)

座長：山本博文

B⑭ 2:40- 3:00 いわゆる“多質層群”(常磐地域)にみられるhiatusの実態と海面変動の関係(予報)

..... 根沢幸夫(地質調査所地質部)

B⑮ 3:00- 3:20 新潟堆積盆地東縁部の新統 立石理詔(新潟大学理学部)・岩本宏志(関東建設機)

B⑯ 3:20- 4:10 房総半島第四系上総層群上部のシーケンス層序学的解析 伊藤 慎(千葉大教養部)

座長：増田富士雄

B⑰ 4:20- 5:00 アンコールアワー：Shaverontology in Tsukuba 安藤寿男・池原 研・

石田 聖・伊藤 慎・岡村行信・近藤康生・斎藤文紀・中村光一・保田康一ほか

B⑱ 5:00 開会のあいさつ

..... 徳橋秀一

Fig. 10 筑波地層の会特別シンポジウムのプログラム (片山 肇氏提供)

Table 1 シーケンス層序学関連の開発技術動向調査一覧

実施年度	担当者	題 名	報告会年月日	備 考
1992 (平成 4)	Andrew D. Miall (Prof., Univ. of Toronto)	Sequence Stratigraphy: Current Status, Issues and Applications	1993 (平成 5) 年 3 月 16, 17 日	Miall (1997)として Springer から出版
	D.J.P. Swift (Prof., Old Dominion Univ.), W.E. Galloway (Prof., Univ. of Texas at Austin) A.W. Niedoroda (Woodward-Clide Consultants)	<ul style="list-style-type: none"> • Facies Models in Sequence Stratigraphy • Depositional Systems and Sequences in the Exploration for Sandstone Reservoirs and Stratigraphic Traps • Numerical Seismic Stratigraphy Modeling 	1993 (平成 5) 年 3 月 23 日	24 日：コアワークショップ 25, 26 日：地質巡検@新潟
	Dag Nummedal (Prof., Louisiana State Univ.)	Principles and Applications of Siliciclastic Sequence Stratigraphy	1993 (平成 5) 年 12 月 6, 7 日	
1993 (平成 5)	D.J.P. Swift (Prof., Old Dominion Univ.) A. W. Niedoroda (Woodward-Clide Consultants)	Modeling Sequence Stratigraphy	1994 (平成 6) 年 1 月 24, 25 日	
1994 (平成 6)	Dag Nummedal (Prof., Louisiana State Univ.)	Sequence Architecture and Depositional Systems of the Transgressive Systems Tract	1995 (平成 7) 年 1 月 12, 13 日	11 日：信州大学主催の地質巡検

団の大会議室が満席となるほどの盛況ぶりだった (Fig. 11)。また、大学や研究機関の堆積学研究者も幾人も参加し、報告会の議論は盛り上がった。場合によっては地質巡

検 (Fig. 12)、あるいはコアワークショップをあわせて企画したケースや、講師によっては報告会前後の日程で独自に国内の大学・研究機関を訪問する例も少なくなかった。ま

Fig. 11 開発技術動向調査報告会（1993（平成5）年3月16日）の様子。図中Mは講義中のマイアル教授。

た、マイアル氏の報告書「Sequence Stratigraphy: Current Status, Issues and Applications」は、後年、石油公団の許可のもとシーケンス層序学の教科書として出版された（Miall, 1997）。これは、あまり目立たないが、日本の石油鉱業界、学界の問題意識と経済的支援がマイアル氏をして世界中の石油探鉱技術者、堆積学研究者に重要な指針を共有せしめた証でもある。

そもそも石油公団による開発技術動向調査は技術職員のレベル向上のための内部企画にすぎなかったが、多くの民間探鉱技術者とわずかではあったが学界の研究者をも巻き込んだ取り組みとして実施されたことで、わが国の石油鉱業界全体がシーケンス層序学的重要性と要注意点を正しく理解する礎の役割を果たした。

こののち世界各地の探鉱プロジェクトでシーケンス層序学的な検討がさかんに取り入れられるようになる。すでにシーケンス層序学を正しく理解することのできるようになっていた日本の石油開発各社は、コンソーシアムやパートナーの間で技術的に優位な立場を確保していった。結果的に、このときの石油公団の取り組みは、我が国の石油鉱業界・地質学界全体のシーケンス層序学「力」の底上げを牽引した官界による取り組みの好例として評価されよう。

ま と め

1990年初頭のヴェイル氏の来日セミナーによって急加速したわが国でのシーケンス層序学の定着へ向けた潮流は、斎藤ほか編（1995）の刊行によっておおそひと段落する。その後は、既成の概念としての地位を得たシーケンス層序学が堆積学および層序学研究の一分野を確立する一方、石油地質学における既成の評価手法のひとつとしてプロジェクト評価のルーチンに組み込まれるようになる。

それまでは任意の反射波列に対して行われてきた震探構

Fig. 12 開発技術動向調査地質巡検（1993（平成5）年3月25日）における露頭前での集合写真。図中Sはスウィフト教授、Gはギャロウェイ教授、Nはニードロッド博士。

造解釈は、シーケンス層序学の概念が示す不連続面、すなわちシーケンス境界面や最大海成氾濫面に対して行われるようになった。また、それらの面および面に上下を区切られるユニットの特徴を表す記載も、オンラップ、ダウンラップ、トランケーションなどの反射波列端やオフラップ、バックステップなどの累重様式の用語が成因論的な意味を含めて汎用されるようになった。音響インピーダンスの境界面である震探断面上の反射波列も、当初は地質学的な岩相境界面と同義と考えられていたが、シーケンス層序学的にはむしろ同時堆積面に相当する（Vail et al., 1977）という考え方が受け入れられるようになった。

貯留岩の分布様式は、相対海水準サイクルを組み込んだ堆積モデルを介在させることによって「シーケンス層序学的に」予測されるようになる一方、震探および坑井シーケンス解析から得られた相対海水準サイクルから堆積盆地の構造運動を差し引くことによって得られるユースタシーを介在させて、検討対象の地層を汎世界的海水準サイクルと「シーケンス層序学的に」対比することが可能になった。石油地質学的評価の基礎となる震探解釈の手法においても、シーケンス層序学的解釈の方法論が統一的なルールを与え、それが堆積盆地評価を行う際の共通の枠組みとして働くようになった。

層序学や堆積学においては、従来、堆積岩の岩相や堆積相の累重の意味で「sequence（シーケンス）」という用語が用いられてきた経緯がある（安藤, 1990a）が、シーケンス層序学の「depositional sequence（堆積シーケンス）」とまぎらわしいことから「facies succession（堆積相累重）」に置き換えて使うことが混乱を避けるために適切であるとも指摘され（保柳, 1996）、用語法の整理も進んだ。

いまや地質学の基本的な一分野をなすそのシーケンス層序学は、世界に遅れることなくわが国に導入され発展して

きた。シーケンス層序学の急速な普及は、EPR 研究者グループの当初の動機づけが、手法の差こそあれ、多くの石油探鉱技術者と共有されるものであっただけでなく、堆積学、層位学の研究者とも共有される学問上のパラダイムであることを意味している。

結語と謝辞：シーケンス層序学の急渦に巻き込まれて既に30年近い年月が過ぎた。その渦中で奮戦した幾多の当事者たちもいまや現役を終えつつあり、当時の記憶もまた偉大な科学史の奔流の陰に消え行く運命にある。新しい世代を担う優れた若い研究者、技術者が興味を持つか否かにかかわらず、記憶を伝承する責務は前の世代の側にありと感じ、また当時からシーケンス層序学に興味を持ち関わってこられたすべての方への敬意を込めて、つたない筆を取った次第である。本稿をまとめるにあたり、学会やセミナーの出席報告等の社内資料を閲覧させていただいた国際石油開発帝石株式会社、資料や写真をご提供くださった徳橋秀一氏、片山肇氏、本稿のとりまとめを後押ししてくださった高野修氏、図版の転載を許可してくださった古今書院、本稿の査読をお引き受けくださり貴重なアドバイスと証言をくださった斎藤文紀氏、編集担当として貴重なご意見をくださった保柳康一氏、関連する情報をご教示くださった多くの方々にはここに記して御礼を申し上げる。

文 献

- 安藤寿男, 1990a, 堆積シーケンスとその境界の認定と意義. 地学雑誌, **99**, 247-262.
- 安藤寿男, 1990b, 白亜紀セノマニアン〜チューロニアンの海水準変動ー北海道蝦夷層群三笠層を例としてー. 堆積学研究会報, **32**, 35-41.
- 青山秀三郎・三川逸郎, 1935, 秋田八橋に於ける弾性波探鉱に就て. 日本鑛業會誌, **51**, 99-108.
- 荒戸裕之, 1992, Donald J.P. Swift 教授 (オールド・ドミニオン大学) 訪問報告. 堆積学研究会報, **37**, 133-135.
- 荒戸裕之, 1993, シーケンス層序学と石油の探鉱 (その1: 概観). 石油の開発と備蓄, **26**, 6, 97-114.
- 荒戸裕之, 1994a, シーケンス層序学と石油の探鉱 (その2: 解析手法). 石油の開発と備蓄, **27**, 1, 86-104.
- 荒戸裕之, 1994b, シーケンス層序学と石油の探鉱 (その3: 展望). 石油の開発と備蓄, **27**, 2, 58-82.
- 荒戸裕之・保柳康一, 1995, 新潟堆積盆地における3タイプの第4オーダー体積シーケンスモデル. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 118-139.
- 荒戸裕之・高野 修, 1995, 石油・天然ガスの探鉱におけるシーケンス層序学の意義. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 43-60.
- 保柳康一, 1995, 堆積盆解析におけるシーケンス層序学: 一次元解析から三次元解析へ. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 30-42.
- 保柳康一, 1996, シーケンス sequence. 地学団体研究会「新版地学事典」編集委員会編, 新版地学事典, 529.
- 保柳康一・西村瑞恵, 1992, シーケンス層序学ー基本概念とその可能性ー (その1) 基本概念. 地球科学, **46**, 169-176.
- 保柳康一・西村瑞恵・高野 修, 1993, シーケンス層序学ー基本概念とその可能性ー (その2) 堆積地質学への応用. 地球科学, **48**, 159-170.
- 飯田汲事, 1950, アメリカにおける最近の油田の物理探鉱. 石油技術協会誌, **15**, 282-292.
- 石田義雄, 1936, 秋田市外, 雄物川油田の開発に就て. 石油技術協会誌, **4**, 165-175.
- 石田義雄, 1943, 日本鑛業株式会社舊油業部に於ける油田開発に對する物理探鉱と其の地質學的解釋に就て. 石油技術協会誌, **11**, 1-41.
- 伊藤 慎, 1990, 海水準変動と堆積相. 大原 隆・西田 孝編, 地球環境の変容, 朝倉書店, 62-73.
- 伊藤 慎, 1995, シーケンス層序学的地層観. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 15-29.
- 岩田尊夫, 1995, 常磐沖堆積盆における下部中親等のシーケンス層序解析. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 223-237.
- 増田富士雄, 1993, シーケンス層序学: わが国における陸域地質への適用例. 石油技術協会誌, **58**, 292-310.
- 増田富士雄・岡崎浩子・横川美和・村越直美・酒井哲弥, 1995, 更新統の海浜堆積物に対する MINI-SEQUENCE STRATIGRAPHY. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学ー新しい地層観を目指してー, 地質学論集, **45**, 101-109.
- Miall, A.D., 1992, The Exxon global cycle chart: an event for every occasion? *Geology*, **20**, 787-790.
- Miall, A.D., 1997, *The Geology of Stratigraphic Sequences*. Springer Verlag, Berlin, 433p.
- 那須信治, 1929, 地震計による地質調査法の概要と黒川油田に於ける調査成果に就いて. 石油時報, **607**, 586-597.
- Nummedal, D., Pilkey, O.H. and Howard, J.D., eds., 1987, *Sea-level Fluctuation and Coastal Evolution*. SEPM Spec. Publ., **41**, 267p.
- 小椋伸幸・斉藤雄一・阿久津亨, 1993, 1.3 堆積学的評価技術ーシーケンス層序ー. 石油技術協会編, 最近の我が国の石油開発ー石油技術協会創立60周年記念, 182-208.
- 岡田博有, 1992, 束層層序学: 日本における SEQUENCE STRATIGRAPHY の確立にむけて. 堆積学研究会報, **36**, 5-8.
- 岡田博有, 2002, 堆積学ー新しい地球科学の成立. 古今書院, 219p.
- Payton, C.E., ed., 1977, *Seismic Stratigraphyー applications to hydrocarbon exploration*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem., **26**, 516p.
- Posamentier, H.W., Jervey, M.T. and Vail, P.R., 1988, Eustatic controls on clastic deposition Iーconceptual framework. In Wilgus, C.K. et al., eds., *Sea-level Changes: An Integrated Approach*, SEPM Spec. Publ., **42**, 109-124.

- 斎藤文紀, 1989a, SEPM Research Conference on Shelf Sedimentation: Events and Rhythms に参加して. 堆積学研究会報, **29**, 48-49.
- 斎藤文紀, 1989b, 海進・海退, 海水準変動と堆積相. 堆積学研究会報, **31**, 49-54.
- 斎藤文紀, 1989c, 海水準変動に関する最近の論文集. 地質ニュース, **417**, 57.
- Saito, Y., 1995, High-resolution sequence stratigraphy of an incised-valley fill in a wave- and fluvial-dominated setting: latest Pleistocene-Holocene examples from the Kanto Plain, central Japan. *Memoirs of the Geological Society of Japan*, **45**, 76-100.
- 斎藤文紀・保柳康一・伊藤 慎編, 1995, シーケンス層序学—新しい地層観を目指して—. 地質学論集, **45**, 249p.
- Saito, Y., Nishimura, A. and Matsumoto, E., 1989, Transgressive Sand Sheet covering the Shelf and Upper Slope Off Sendai, Northeast Japan. *Marine Geology*, **89**, 245-258.
- 斎藤文紀・横田節哉・池田国昭・羽坂俊一・井内美郎・赤松守雄・松本英二・山崎理子・小栗一将・大嶋和雄, 1995, 粗粒三角州による開析谷埋積シーケンス: 対馬, 仁田湾の最上部更新・完新統. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学—新しい地層観を目指して—, 地質学論集, **45**, 61-75.
- 酒井哲弥・斎藤文紀・伊藤 慎, 1995, シーケンス層序学入門. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学—新しい地層観を目指して—, 地質学論集, **45**, 1-14.
- 高野 修, 1995, 北部フォッサマグナ堆積盆浅海相前進ステージにおけるデルタ～陸棚システムと堆積シーケンス—東頸城地域鮮新統東川累層・奈良立累層の例—. 斎藤文紀ほか編, シーケンス層序学—新しい地層観を目指して—, 地質学論集, **45**, 170-188.
- Vail, P.R., Todd, R.G. and Sangree, J.B., 1977, Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 5: Chronostratigraphic Significance of Seismic Reflections. In Payton, C.E., ed., *Seismic Stratigraphy—applications to hydrocarbon exploration*. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Mem., **26**, 99-116.
- Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Ross, C.A. and Van Wagoner, J.C., eds., 1988, *Sea-level Changes: An Integrated Approach*. SEPM Spec. Publ. **42**, 407p.

シーケンス層序学事始めの頃 —P.R. Vail 教授来日で加速したシーケンス層序学の普及と浸透—

荒戸裕之, 2018, 堆積学研究, Vol. 77, No. 1, 17-28

Arato, H.: The years of beginning on sequence stratigraphy: dissemination and permeation of sequence stratigraphy accelerated by Prof. P.R. Vail's visit to Japan

Jour. Sed. Soc. Japan, Vol. 77, No. 1, 17-28

1990 (平成2) 年, ピーター・ヴェイル氏の来日セミナー「Seismic Stratigraphy: Fundamentals and Practical Application」が開催された。そこで紹介されたシーケンス層序学の概念は, 地震探査記録断面の解釈手法を学ぼうとセミナーに参加した国内石油企業の探鉱技術者に大きな衝撃を与えた。シーケンス層序学の大きな有用性に実感した技術者たちは, 自分たちがそれまで扱ってきた地震探査記録断面の見直しを開始しながらも, 地質学的論証を待たずに地震探査記録断面を堆積学的に解釈することの正当性や堆積様式を海水準変動との関係から論ずるシーケンス層序学の基本的概念に僅かながらもわだかまりを感じていた。一方で, シーケンス層序学に将来性を認め萌芽的な研究をすでに開始していた国内の堆積学研究者们は, セミナーの内容に強い関心を抱くとともに, 石油探鉱技術者の動向にむしろ肯定的な視線を向けていた。そして, このセミナーと相前後して, 堆積学研究会, 筑波地層の会, 石油技術協会, 日本地質学会は精力的に勉強会やシンポジウムを開催し, 堆積学研究者と探鉱技術者が互いに切磋琢磨しながらシーケンス層序学を活用した堆積盆地解析や石油探鉱活動を展開するようになった。産業界や官界もこうした動向を支援する方向でタイムリーに活動を行った。その結果, わが国の堆積学界, 石油探鉱業界は世界に劣後することなく, むしろ世界をリードする形でシーケンス層序学に取り組み, その発展に貢献することができたのである。