

# 首都圏の第四系－関東平野中央部の地質層序と構造－

遠藤 秀典<sup>1)</sup>

関東平野の中央部は、本特集にも述べられているように、基盤までの深度が最大で3500m以上にも達しています。本稿では、この基盤を覆って厚く分布する地層のうち、最上部を構成する第四系について述べます。

まず、地表露出地域の地質層序について述べます。関東平野の第四系については、多くの地層名がありまた多くの研究者によって検討が進められ、簡単に述べることは困難ですが、現在までに判明しているテフラの対比結果や絶対年代に関する測定結果などに基づいてまとめます。次に関東平野の中央部の地下地質について、従来の主な見解と今後の検討課題について述べ、最後に沖積層の層厚や分布形態と地震による地盤災害の発生との関係について述べます。

## 1. 地表に露出する第四系

関東平野中央部、すなわち関東山地などの山地の周辺部を除く低地、台地及び丘陵を構成している第四系は、上位から大きく沖積層、新期関東ローム層・新期段丘群の堆積物、下総層群・相模層群及び上総層群に分けることができます。ところで、関東平野は広く、これらの第四紀の同じ時代に形成された地層でも、地域毎に地層の重なり方や堆積物の構成が異なっています。また、地層の区分・命名が地域毎になされ、それらの相互関係は、研究が進められるに従って明らかになり解釈が変わってきています。

主な地域の層序区分と岩相、各層序の関係、及び海水準変動との関係について、最近のテフラの対比結果や絶対年代測定結果、及び古地磁気層序や石灰質ナンノ化石の分析結果などに基づいてまとめた結果を第1図に示します。関東平野の第四系の層序区分の基準となっているのは、主に房総半島や大磯丘陵などの南部の地域の露頭の調査結果によるもので、本図でもこれらの地域の地質層序を主に示しています。

関東平野の第四系、特に中期更新世以降の地層の形成には、他の地域と同様に、海水準変動が大きく反映して

います。中期更新世の下限から現在までの期間に、高海水準期から次の高海水準期までの大きな海水準変動のサイクルが8つあり、それらの平均期間が9万年余りであることが、多くの研究者の共通の認識になっています。つまり、各地層を、海水準のサイクルによって整理でき、その層位を明らかにする事は、他の地域の第四系の層序との関係を明らかにするためにも大変重要だと考えられます。第1図では、海水準変化(④)を基準に、各地層の層位について筆者の現在の解釈を示しました。

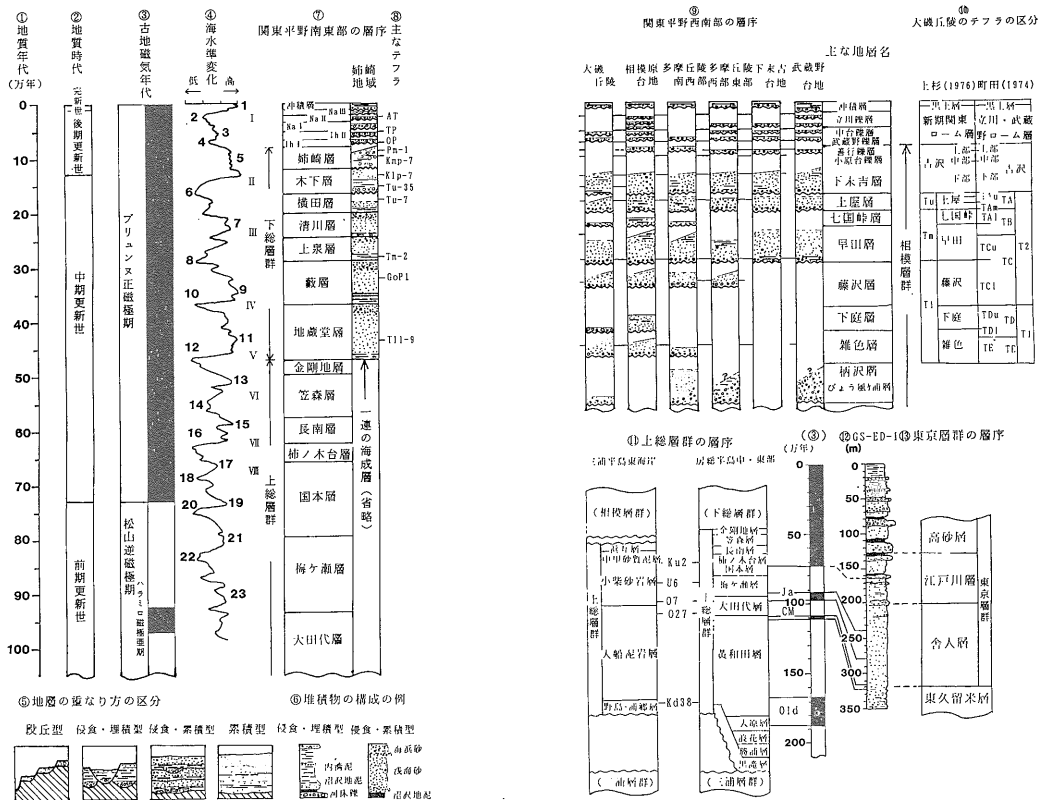
一方、各地層の地層の重なり方(第1図⑥参照)、及び地層内部の堆積物の構成(第1図⑥参照)には、海水準変動と共に地域的な構造運動が大きく反映されています。一般的に変動速度は海水準変動の方が大きく、地層内部の堆積物の構成には海水準変動が大きく反映され、地層の重なり方には地域的な構造運動の違いが反映されている面が大きいです。

このような観点から関東平野に分布する中・上部更新統について簡単にまとめると次のようになります。相模層群が、主に関東南西部の多摩川付近から南側の地域の地表に露出し、侵食・累積型及び段丘型の地層から構成され、これらの地域は隆起運動が継続した地域です。房総半島の木更津市と佐原市を結ぶ地域の南東側は、下総層群の侵食・累積型の地層のうち中・下部の地層も地表に露出している地域です。この地域では、少なくとも第四紀には沈降運動が継続し、後期更新世以降に隆起に転じ、南東側ほど隆起量が大きい地域です。一方、これら以外の関東平野の中央部を占める地域では、中・下部更新統の大部分が地下に分布しています。

## 2. 関東平野中央部の地下地質構造

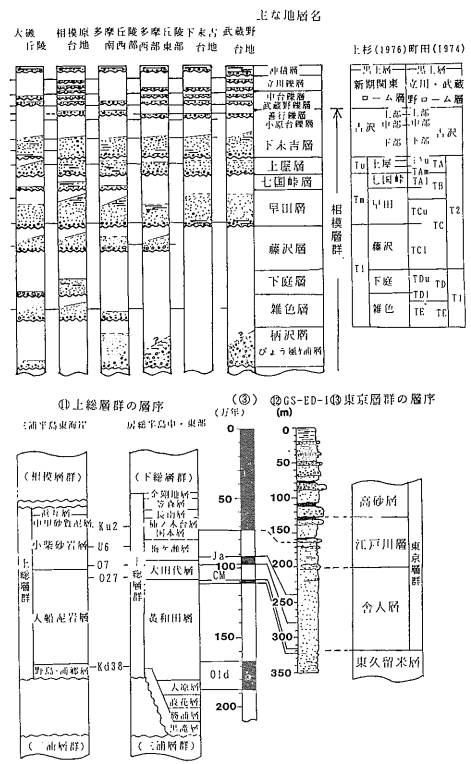
東京付近の地下地質については、天然ガスの採取などに関するボーリングの調査結果をもとに、主に1960年代に研究が進められました。その後、地盤沈下対策等に関係して各地で層序ボーリングが実施され、周辺の地下水の揚水井の電気検層結果などから、地下地質構造につい

1) 地質調査所 環境地質部

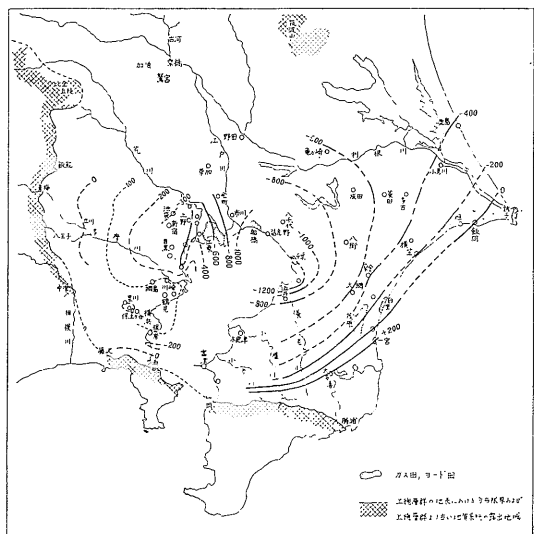


第1図 関東平野の第四系

- ③ 古地磁気年代の絶対年代は、Cobb Mountain event (CM) は MANKINEN and GROMME (1982), その他は HARLAND *et al.* (1982) による。
- ④ 海水準変化には、SHACKLETON & OPDYKE (1976) の、堆積速度が比較的一定とされる深海底コア V28-238 の  $\delta^{18}O$  による海水温変化曲線 (原図の時間軸は深度) の最上部を現在に、Brunhes epoch 相当の磁極帯の下限を73万年にして示す。1~23は間水期 (偶数) と水期 (奇数) のステージ番号, I~VIIIは大きなサイクルの終末点番号で上記の論文と成瀬 (1982) の補足による。間水期から徐々に海水準が低下, 急速に上昇する変化に注目。なお, 古気候や海水準変動は, 約1000年前からの変化による将来予測, 3万年前からの水期サイクルの変化, 100万年前からの水期と間水期の繰り返しの3つの研究に分けられる (HECHT *et al.*, 1979)。
- ⑤ 地層の重なり方の区分は、関東第四紀研究会 (1980) の層序型の区分による。
- ⑥ 堆積物の構成のうち、段丘型ではここに示した両者のうちの最下部か最上部のみ、累積型では一連の海成層からなる。
- ⑦ 関東平野東南部の層序は、房総半島の姉崎図幅とその周辺地域の地質を示した。各地層の境界の位置は、後述するテフラの年代, 新妻 (1976) の古地磁気層序と佐藤ほか (1988) の石灰質ナノ化石層序によって作図した。
- ⑧ 東京湾を隔てた関東平野東南部と西南部のテフラの対



- 比は、杉原ほか (1978) 及び町田ほか (1980) 等による。これらのテフラの年代値は、AT は松本ほか (1986) の  $^{14}C$  年代の検討結果, TP, OP, Pm-1, Kmp-7, Klp-7, Tu-35 は上杉 (1976) に示されているフィッシュントラック年代, その他は上杉 (1976), 徳橋ほか (1983) 及び鈴木・杉原 (1983) のフィッシュントラック年代等を参考にした。
- ⑨ 関東平野西南部の層序は、20万分の1地質図幅の東京の第1図を一部省略, 加筆。地層の境界はテフラの対比などから⑦の地層との関係を基準に示す。
- ⑩ 大磯丘陵のテフラの区分は上杉 (1976) の表を一部簡略化して示した。両者には、テフラを水成堆積物との関係 (大海進期) か, 火山灰の斜交関係 (大海退期) を重視する点に基づく違いがある (上杉, 1976)。
- ⑪ 三浦半島東海岸の層序及び房総半島中・東部の層序及びテフラの対比については地質調査所 (1979) の東京湾とその周辺の地質図の説明書の第1表に加筆, 地層の境界を新妻 (1976) の古地磁気層序と佐藤ほか (1988) の石灰質ナノ化石層序によって, 1.3の年代に合わせて作図。
- ⑫ GS-ED-1の岩相と地質年代は、東京都江戸川区で実施した GS-ED-1 のボーリングのコアの岩相の概要を深度のスケールで示し古地磁気層序の検討結果 (遠藤ほか, 投稿中) との関係を実線で示す。
- ⑬ 東京群層の層序区分は遠藤 (1978) による。GS-ED-1と、岩相から対比した結果を破線で示す。



【22】習志野以北の地帯では向々掘削上段の分布の構造図後（数字はm）を示す。  
○ 掘削位置  
■ 正号砂層上段

第2図 *Uvigerina akitaensis* 産出層準の上限の等深度線図。  
河井 (1961) の第7図を転載。

て解釈されています。

これらのうち検討課題の一つは、東京湾沿岸地帯の地下に認められる有孔虫化石の *Uvigerina akitaensis* 群集の層位の解釈です。第2図は河井 (1961) によるもので、本化石が産出する上限の深度分布図です。この *Uvigerina akitaensis* 群集は、房総半島の上総層群の梅が瀬層上部 (第1図⑦) に認められ、第2図の習志野以東の地域では、地下でもほぼ完全に追跡されています (石和田ほか, 1962)。しかし、習志野より西側の地域について、石和田ほか (1962) は梅が瀬層ないしその上位に対比することは非常に無理を伴うとしています。これらの問題を検討するために、東京都江戸川区 (第2図の江東付近) に深度 350m のボーリング GS-ED-1 を実施し古地磁気層序などについて検討しました (遠藤ほか, 投稿中)。その結果、第1図⑧に示されるように、梅が瀬層は少なくとも深度 280m より浅い深度に対比されます。従って、この付近で *Uvigerina akitaensis* が産出する深度 700m 付近の地層は黄和田層かそれより古い地層に対比されます。またこの結果では、第1図⑧に示すように、深度 320m 付近が房総半島の上総層群の黄和田層の最上部付近に対比されます。従って、従来よりもはるかに浅い深度に、古い時代の地層が分布することが明らかになり、上総層群の各地層の境界と対比されてきた層準が数 100m 上の方に変更されることとなります (遠藤ほか, 投稿中)。

また検討課題として、上総層群と上位の相模層群、下総層群や東京層群の層位の問題があります。従来、主に一連の海成層から構成される地層が上総層群とされ、その

上位の侵食・累積型や侵食・埋積型から始まる地層を相模層群や下総層群、あるいは東京付近の地下では東京層群と呼ばれてきました。第1図に示されているように、地表露出地域の相模層群の最下部は、テフラの対比結果などから、房総半島の上総層群の上部に対比されることが明らかになっています。また、GS-ED-1 の結果では、第1図の⑧に示すように東京層群の中下部の大部分の地層が房総半島の上総層群に対比されると考えられます (遠藤ほか, 投稿中)。一方、東京付近の地下地質を構成する侵食・累積型の地層は、下総層群の地層区分と同様な基準で区分することができ、今後混乱を招かないように新しい地層名をつける必要があります。

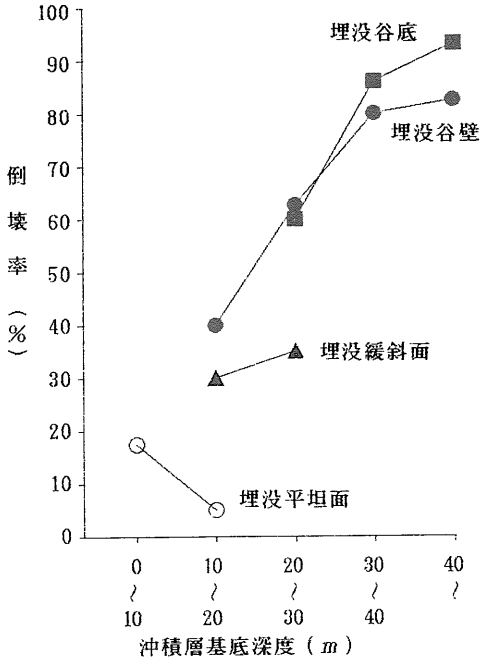
次に、これらの地層の地下の分布形態に関する問題点について検討します。地盤沈下のメカニズムを解明するために行った茨城県取手市周辺のボーリング結果では、帯状に厚い侵食埋積型の地層が分布しています。主に海成の砂層から構成される中で、深度 100m と 170m 付近に、層厚が 20m 以上に達する厚い泥質層が分布し、珪藻化石の分析結果によると淡水域の堆積物と考えられます。つまり、中期更新世の低海水準期に谷が形成され、それを埋積した厚い堆積物が帯状に分布しています。このような地層が分布する場合には、その形成過程を反映し谷が形成された狭い範囲で深度が深くなっています。地下の地層の地域的な分布構造については、揚水井戸の掘削に伴って行われる電気検層結果等の解釈に基づく場合が多いのですが、このような地層の形成過程に関する検討が必要なことを示しています。

今後、この様に詳細に明らかにされつつある関東平野の地下地質についてさらに検討し、地質構造運動の履歴、地下に分布する断層や地震動の伝達に関する地質構造、あるいは地盤沈下及び深層地下水の汚染などに関する地質構造がより詳しく明らかになると期待されます。

### 3. 沖積層の分布形態と地震災害

地震災害の発生に関しては、沖積層の堆積物の構成やそれらの層厚及び分布形状について検討することも重要だと考えられます。ここでは、沖積層を、最終氷期 (第1図④のステージ2) 以降の低海水準期に河川等によって侵食され形成された谷を、その後の海水準の上昇によって埋積した堆積物及び完新世の堆積物をさします。

沖積層は、関東平野では例えば東京湾岸の荒川河口付近では最大層厚70m以上に達し、完新統の有楽町層とその下位の七号地層に分けられる場合があります。東京湾岸地域では典型的な侵食・埋積型の地層で、岩相から基底の礫層、下部の泥層、中部の砂層、上部の泥層、及び



第3図 沖積層の層厚及び形態区分と関東大地震(1923)家屋被害との関係。相原(1990)を一部省略して示す。

最上部の表層堆積物で構成されるのが一般的です。この付近の沖積層では、特に内湾成の泥層の部分が標準貫入試験N値で5程度以下と軟らかく、その下限の深度と分布形状を明らかにすることが重要だとされています。つまり、弾性波の伝達速度が遅く、地震動の振幅や周波数特性あるいは継続時間に影響し、地震による被害を予測する上で重要です。

相原(1990)は、埼玉県の旧出羽村、現在の越谷市南西部の地域について沖積層の分布構造を詳細に調査し、関東大地震(1923)の際の家屋毎の被害の分布との関係を検討しています。その結果では、第3図に示されるように、沖積層の泥層の層厚が大きいほど被害が大きくなっています。しかし、さらに沖積層の層厚がほぼ同じであっても沖積層の基底の不規則な分布形態(不整形地盤)によって被害の程度が異なっていることが示されています。例えば第3図で同一層厚の沖積層に覆われている埋没緩斜面と埋没谷壁上の被害を比較すると、倒壊率が明瞭に異なり、谷壁上で著しく大きくなっています。この結果は、沖積層の分布形態について、不整形地盤による要因を含めた震動予想が可能な程度に詳細に明らかにする重要性を指摘しているとも言えます。

一方、地震災害の発生には沖積層の表層の堆積物の種類や微地形が密接に関係し、自然条件と盛り土などの人

工的地形改変がどのように行われているかによって、液状化の発生や地盤破壊の生じ易さが異なっています。関東平野の中央部には、台地や丘陵間の谷底平野、蛇行した河道の跡や自然堤防などが分布する氾濫平野、あるいは砂丘などの堆積物が残されている海岸平野や三角州が分布し、これらの表層堆積物の地震災害の発生に関する区分とその詳細な検討も重要だと考えられます。

文 献

相原輝雄(1990):埼玉県南東部の沖積層と関東地震による被害—旧出羽村付近の埋没地形と家屋被害分布—,地調月報,印刷中。  
 遠藤秀典・上嶋正人・山崎俊嗣・高山俊昭(1990):東京都江戸川区GS-ED-1ボーリングコアの古地磁気層序。地質雑,投稿中。  
 遠藤 毅(1978):東京都付近の地下に分布する第四系の層序と地質構造。地質雑, 84, 505~520。  
 HARLAND, W. B., COX, A. V., LLEWELLYN, P. G., PICKTON, C. A. G., SMITH, A. G. and WALTERS, R. (1982): A geologic time scale. Cambridge University press, p. 128.  
 HECHT, A. D., BARRY, R., FRITTS, H., IMBRIE, J., KUTZBACH, J., MITCHELL, J. M. and SAVIN, S. M. (1979): Paleoclimatic research: status and opportunity. *Quaternary Res.*, 12, 6~12。  
 石和田靖章・樋口 雄・菊地良樹(1962):南関東ガス田の微化石層序。石油技協誌, 27, 68~77。  
 関東第四紀研究会(1980):南関東地域の中部更新統の層序とその特徴。第四紀研究, 19, 203~216。  
 河井興三(1961):東京ガス田地帯の地質学的考察。石油技協誌, 26, 212-266。  
 MANKINEN, E. A. and GRAMME, C. S., (1982): Paleomagnetic data from the Coso range, California and current status of the Cobb Mountain normal geomagnetic polarity event. *Geoph. Res. Lett.*, 9, 1279-1282。  
 町田 洋・新井房夫・杉原重夫(1980):南関東と近畿の中部更新統の対比と編年—テフラによる一つの試み—。第四紀研究, 19, 233~261。  
 松本英二・前田保夫・竹村恵二・西田史朗(1986):AT火山灰の降下年代。第四紀研究, 26, 79~83。  
 成瀬 洋(1982):第四紀。岩波書店, p. 269。  
 新妻信明(1976):房総半島における古地磁気層位学。地質雑, 82, 163-181。  
 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司(1988):日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序 その4:総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比, 石油技協誌, 53, 475~491。  
 SHACKLETON, N. J. and OPDYKE, N. D. (1976): Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28-239 late Pliocene to Latest Pleistocene. *Geo. Soc. America Mem.*, 145, 449~464。  
 杉原重夫・新井房夫・町田 洋(1978):房総半島北部の中・上

部更新統のテフクロロジー. 地質雑, 84, 583~600.  
 鈴木正男・杉原重夫 (1983): フィンショントラック年代からみた  
 上総層群の鮮新/更新世境界. 第四紀学会講演要旨, 13, 69  
 ~70.  
 徳橋秀一・檀原 徹・遠藤秀典・磯田邦俊・西田 進 (1983):  
 フィンション・トラック法を用いた若い年代試料測定を試み  
 と問題点, 地調月報, 34, 241-269.  
 上杉 陽 (1976): 大磯丘陵のテフラ. 関東の四紀, 3, 28~38.

WATKINS, N. D., (1968): Short period geomagnetic polarity events in deep-sea sedimentary cores, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 4, 341-349.

ENDO Hidenori (1990): Stratigraphy and geological structure of the Quaternary deposit around Tokyo.

<受付: 1990年5月25日>

## ——新刊紹介——

### 「プレート・テクトニクス」

上田誠也著, 岩波書店刊, 152×216 mm, 268 ページ,  
 4,300円 (本体価格 4,175円)

著者の上田先生は, 我が国における地球熱学研究の創始者であり, 1987年には沈み込み帯の熱学的研究における多大な業績により, 日本学士院賞を受賞されている。また, プレートテクトニクスの原理的な問題から, 地質学や岩石学等との境界領域にいたるまでの固体地球科学全般に対する幅広い貢献をなした功績により, 米国地質学会から1989年度の George P. Woollard 賞を受賞されたのは, 記憶に新しいところである。

本書は9章の構成からなり, 第1章でプレートテクトニクスを概観したあと, 第2章, 第3章で, “大陸移動説”, “海底拡大説”を, それぞれのたどった道程を振り返りながら解説している。第4章以下がプレートテクトニクスの各論の記述である。第4章ではプレートの運動論 (kinematics) を, 第5章ではプレートの物性論, 生成・進化の問題を扱っている。第6章は, 造山運動などのプレート境界でおこる諸現象を取扱い, またプレート内部で起こる重要な地学現象については第7章で解説されている。第8章では, プレート運動の原動力 (dynamics) の問題について考察され, 単純なマントル対流論には多くの問題があることが示される。第9章は太陽系の他の天体のテクトニクス, 46億年という地球史のなかでプレートテクトニクスがどこまで遡れるのかという問題を取り上げ, 最後にトモグラフィーなどの技術の導入による, 今後のプレートテクトニクスの発展について展望を与えている。

随所において見られる上田先生一流の比喩的な表現により, 多くの読者は, より本質的な理解を得ていることに気付くであろう。また本文とは独立に, 所々に設けられている専門用語の解説 (BOX) は, 地球科学の多岐の分野に渡り, 本書の教科書的な性格を表わすとともに読みやすくしている。これは, 読者の対象を比較的広く設定している表われでもあろう。現象の本質的な記述のために, 最小限の数式は出てくるが, 仮にこれのある程度とばしたとしても大筋の理解に影響はない。文献を見てみると, 出版過程のギリギリまで著者が up-to-date な内容を盛り込もうとした努力がうかがわれる。常にプレートテクトニクスの最先端に身をおいて, 世界をリードしてきた著者の膨大な業績及び知見が268ページの一冊の本としてまとめられたのであるから, 幾分記述に性急さがあつたとしても不思議ではないのに, 本書においてそのようなところは見られない。本書は言換えれば, 著者の今までの業績の集大成ともいえるものだが, 所々に今後のプレートテクトニクスに対する新しいアイデア, 或いは展望も記述されている。特に, 第9章で扱われている内容には, そのようなものが多い。「まえがき」にも書かれているように, 本書は上田先生の次代の研究者へのメッセージがあり, 随所において地球科学のさらなる飛躍への期待がうかがわれる。実際は, 上田先生の示唆する方向に進む場合とそうでない場合があるであろうが, このようなことを念頭において, 現在までのプレートテクトニクスによる地球科学の発展を知るには本書は最適の書であろう。(海洋地質部 木川栄一)