

沖積層の形成過程

Formation Processes of "Chuseki-so" in Japan

遠 藤 邦 彦 (えんどう くにひこ)

日本大学文理学部応用地学科

坪 田 邦 治 (つぼた くにはる)

基礎地盤コンサルタント(株)名古屋支社技術部

牧野内 猛 (まきのうち たけし)

名城大学理工学部地学研究室

岩 尾 雄四郎 (いわお ゆうしろう)

佐賀大学理工学部土木工学科

1. はじめに

沖積層が最終氷期末期以降の100 m 前後にも及ぶ海面上昇に伴う陸地への海の浸入（海進）と密接な関連の下で形成されたことはよく知られている。関東平野では沖積層は下位の七号地層と上位の有楽町層に細分され、それぞれ七号地海進、縄文（有楽町）海進に対応して堆積した。最終氷期の低海面期には、現在の平野部や大陸棚は河川作用が卓越する主として浸食の場であった。海水準の急激な上昇に伴って生じるこれらの海進は、これらの領域に狭くある程度の水深をもった内湾を形成し、一

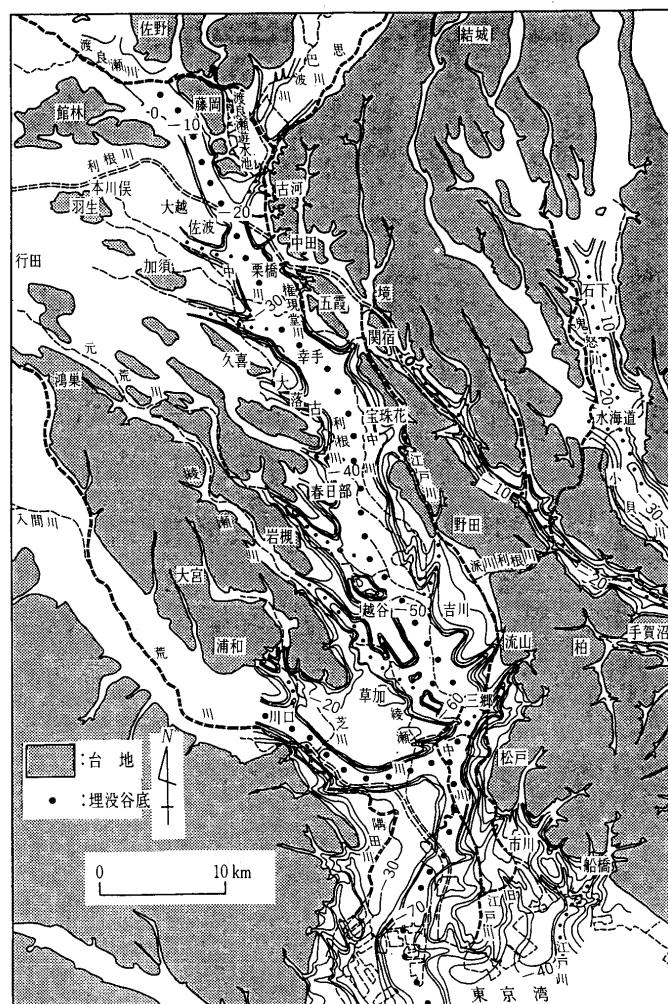


図-1 関東平野における沖積層の基底面図¹⁾

転して堆積の場に置き替えた。特に現在の平野部に深く海が浸入したのは縄文海進によってである。その結果、各地に生じた溺れ谷の中に、粘土・シルト粒子が効率的に沈積し、厚い海成粘性土層を主体とする沖積層が形成された。このような過程においても、内湾の水深の変化、陸からの土砂供給の変化、デルタの発達状況等により、層相の変化が生じる。こうして、沖積層は砂礫層や粗粒砂層などの河川堆積物を基底にもち、時に砂層を挟む厚い海成粘性土層を主体とし、砂質堆積物や河川・氾濫原堆積物で覆われるのが標準的な層序となっている。

沖積層の特性には以上のような各地に共通する部分と、各地域の特徴を反映した部分とが存在する。ここでは、日本の沖積平野を代表する関東平野、濃尾平野、大阪平野・大阪湾、佐賀平野を対象として、沖積層形成過程の比較検討を行う。はじめに、関東平野の沖積層形成過程について述べ、続いてほかの平野との比較を進める。

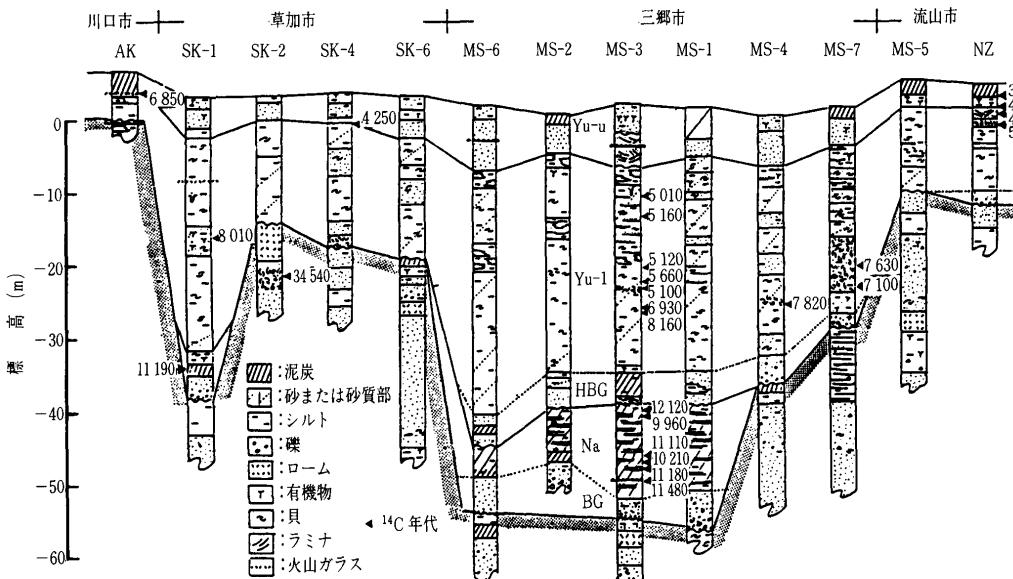
2. 関東平野の沖積層層序とその形成過程

2.1 沖積層の基底面

関東平野の沖積層を代表する中川低地から東京低地、さらに東京湾に至る地域の沖積層を取り上げる。はじめにその基底地形について検討する。沖積層は、図-1に示すように、低地下に広く分布する立川段丘礫層やこれを深く切り込む埋没谷を基底面とする細長い器の中に発達する。この器の形成は8万年前あるいは6万年前頃に遡るが、特に3万年前以降の立川期に至って活発な浸食作用が進行し、数段の埋没段丘を形成、下総台地面や武藏野台地面から60~70 m の深さの広い谷が形成され、さらに海水準が最も低下した2万年前頃までには広い谷底をさらに30~40 m も掘り込んだ、幅1~2 km程度の狭い埋没谷が形成され、埋没谷の底には沖積層の基底礫層BGが堆積した。したがって、この後にこの器の中で始まった堆積過程での沖積層の形成は、狭い埋没谷を埋め立てる七号地海進の段階と、広い埋没段丘面上に広がって幅広い谷を埋め立てていく縄文海進の段階とに分けられ、両者では条件を大きく異なる。

2.2 沖積層層序の基本型

沖積層の上半をなす有楽町層と下半をなす七号地層

図-2 関東平野中川低地南部、沖積層の東西断面図⁴⁾

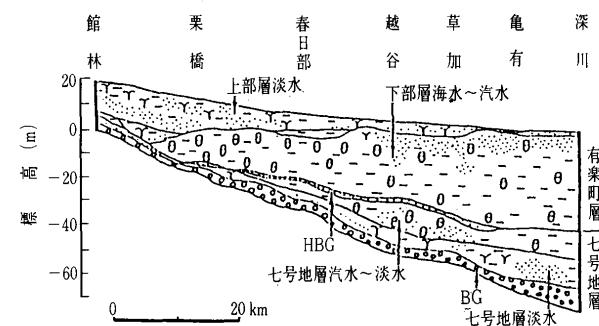
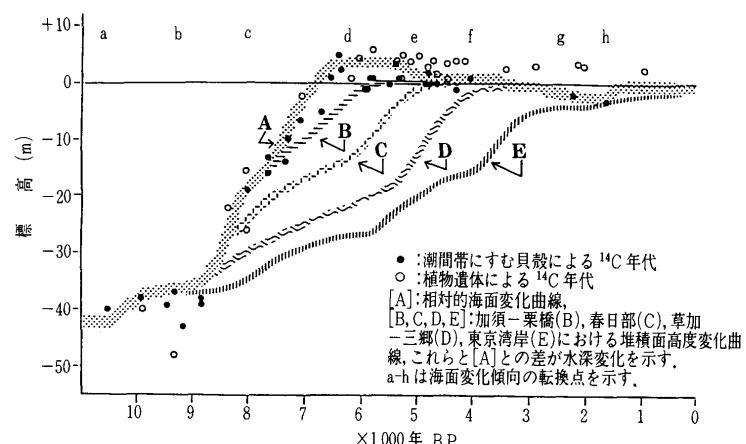
とが上下に重なり合う層序の基本型は、主埋没谷が発達する領域で認めることができる^{2),3)}。図-2に埼玉県南部の中川低地の例を示す。ここでは中川低地を東西に横断する草加、三郷、流山(松戸)等の地域で多数のボーリングコアがチェックされ、珪藻分析や¹⁴C年代測定が多数なされた⁴⁾。七号地層(Na)は淡水成の砂泥互層で基底にBGと呼ばれる河川成の砂礫層を有する。砂泥互層からは14,000年～11,000年前の¹⁴C年代が多く得られている。有楽町層(Yu)は基底にHBGと呼ばれる砂礫層ないし礫混じり砂層を、その上位に汽水から海水成の粘土、砂質シルト、砂層を有し、層厚は40mに及ぶ。

2.3 沖積層と縄文海進

中川低地の沖積層の横断面図(図-2)、縦断面図(図-3)に明らかなように、七号地層の基底にはBG、有楽町層の基底にはHBGと呼ばれる砂礫層が広く認められる。BGは最終氷期の海面低下期の河川作用を示すもので、BGの時代の海面は-80mより低く、HBGの時代のそれは-50m付近にあったと推定される。これらを含めて沖積層の形成には海面変動の影響が強く現れている。有楽町層の始まりを示すHBGは下流に向かい砂礫層から礫混じり砂層へ、さらに粗粒砂層に移化する。珪藻分析からも確認されるようにこの時期中川低地は陸域で、当時の海岸は東京湾の中に位置していた可能性が強い。その時代は11,000～10,500年前と推定されている³⁾。HBGの後、海面の急速な上昇によつてもたらされた縄文海進により、現在の東京湾を内陸側深くに広まった奥東京湾が形成され、有楽町層の主体はこの湾の中で堆積した。完新世の後半にはこの湾の埋積・陸化が急速に進行し、河川作用が卓越する場に移り変わっていく。この堆積環境の変化をもたらした第1の要因として、最近11,000年間の海面変化をみてみよう。

(1) 海面変化と水深変化
図-4は、中川低地、東京低地の64地点で得られた合計134の¹⁴C年代測定結果に基づくものである。過去11,000年間の相対的海面変化は、その内42の海岸線付近(潮間帶)に住む貝化石と四つの潮間帯を示す(珪藻分析で確認)植物遺体の¹⁴C年代に基づいて復元された⁵⁾。この図ではAの曲線が過去11,000年間の相対的海面変化(各地点共通)を示し、B(加須-栗橋)、C(春日部)、D(草加-三郷)、E(東京臨海部)の各曲線はそれぞれ中川低地の

3地点と東京湾岸における堆積面(海底面)の高度の変化を示す。ここで、曲線Aと曲線B、C、D、Eとの縦方向の差がそれぞれの時代の水深を示すことになる。この両者のデータは、海面については当時の海岸線があつた内湾の縁辺部で得られた潮間帯にすむ貝類により、堆積面については内湾の中央部で得られる潮間帯より深い所にすむ貝類等により得られた¹⁴C年代に基づく。後者については十分なデータ数が得られていないが、大筋の傾向が示される。沖積層の形成には海面変化と共に、水

図-3 中川低地沖積層の縦断図³⁾図-4 関東平野の相対的海面変化と水深変化を示す図(遠藤・小杉⁵⁾を修正・加筆)

報文—2393

深の変化をも検討することが重要になる。

10 000年前以降の海面変化の主な傾向を遠藤・小杉⁵⁾に基づいてたどると、以下のとおりである。10 000～9 000年前のカキ礁が東京臨海部で発見される⁶⁾など、海面は−42～−36 m 前後で停滞ないしゆっくりと上昇していた。9 000～7 000年前の2 000年間は急速な海面上昇が生じたが、その途次の8 000～7 500年前の間に海面の一時的停滞ないし小低下があった可能性が強い。6 500～5 500年前に海面は最高位の+2.5～+3 m に達し、安定していた。この時期にも奥東京湾の中央部でカキ礁が発見される。5 300年～4 500年前に約1 m の海面の小低下が生じ、浅谷の形成が始まった。4 500年～3 500年前には、草加付近で小規模なカキ礁が発見されるように、海面は+1.5～+1 m に停滞していた。3 000年～1 800年前には海面は再び低下し浅谷が形成された。海面は現海面下、おそらく−2.5 m 以下まで低下していた。1 800年前頃、海面は現海面付近まで上昇し、以後現在に至る。

(2) 繩文海進による奥東京湾の形成と海退

以上に述べた急速な海面上昇に対応して、6 500～5 500年前に奥東京湾は最も拡大し、この時期の海岸線は茨城県古河付近にまで及んだ(図3(a))。この頃になると上流から内湾の埋積が進み始め、5 300年前には海面の約1～2 m の小低下をきっかけに急激な海退が生じ、4 500年前までの800年間に約40 km、年50 m の割合で海は退いていった(図3(b))。このことはデルタの発達の過程を示しており、特に5 300年前以後の急速なデルタフロントの進出、すなわちデルタ前置層の前進を物語る。4 500～3 500年前の海岸線は草加付近にあったが、この間にデルタフロントが草加付近を通過したため、この地域ではこの数100年間に15 m もの厚さの砂質シルト層が堆積したことになる⁴⁾。3 500～2 000年前には海水準はさらに低下し、中川低地の大部分は陸化し、河成堆積物や泥炭層などが有楽町層の最上部に形成された。

3. 代表的平野の沖積層形成過程の比較

図5は福岡平野、大阪平野、濃尾平野、および関東平野中央部で作成された相対的海面変動曲線を比較したものである。海水準の変化傾向はどれも類似しているが、海面が最高位に達した時期とその高度については、各地域の堆積環境や地殻運動の傾向が反映される。この点で、福岡平野のそれはほかの3地域に比べやや沈降傾向にある可能性を示す。すなわち3 m/1万年程度の沈降が見込まれている⁷⁾。いずれにしても、約9 000～8 000年前以降の急速な海面上昇が各地に広い内湾域を形成し、細粒な泥質堆積物を沈積させたことは地域性を越えて認めることができる。大阪平野では10 000～9 000年前の間海面上昇は緩やかで、9 000年前頃には一時停滞ないしは小低下があったとされ⁸⁾、この時期の堆積物は層序的にも南港層とよばれ、その上位の梅田層と区別されている¹⁰⁾。この時期に、関東平野では−40 m 前後の深さに

規模の大きなカキ礁が形成されていた。このことは海面の安定ないし緩やかな上昇を示す。9 000年前以後、海面は急速に上昇し6 500～5 500年前には+2～+3 m の最高位に達した。この間海面の急上昇は内湾の堆積を遙かに上回ったため、内湾の水深は各地とも共通して増大した。関東平野ではこの急上昇の途中、8 000～7 500年前頃、海面上昇が停滞ないし弱まったことが知られている。大阪平野では6 000年前の海は、河内盆地にまで一挙に拡大した。この頃の海面高度は最も高く約+4 m に達していた。図5(b)の海面より低位に位置する貝の年代は、潮下帶にすむ貝を示すものと考えられ、関東平野の海底堆積面高度の変化とよく類似している。

濃尾平野の沖積層はその規模、層序、形成過程を通じて関東平野とよく類似する。図6の沖積層縦断面は関東平野との類似性が高い。平野の規模や地殻運動の性格、また木曽川等の後背流域の規模など似ている点が多いと言えよう。

濃尾平野では6 200年前の繩文海進高頂期の海面高度は0～+2 m にあった。また3 700年前にも0 m 付近に海面高度をもった高頂期があり、その間5 000年前頃に小規模な海退があったと考えられている⁹⁾。

大阪平野においても、繩文海進のピークにあたる6 000年前に海域を東大阪平野に広めた過程は同様であったが、その後の経緯には若干異なる面がみられる¹³⁾。すなわち、東大阪平野は湖沼化(河内湖)し、西大阪平野の陸化は2 000年前以降に人間の生活の場が低地に進出すると共に進んでいった。瀬戸内海に注ぐ流域の性格、流域における位置、基底地形の違いなどに基づくものであろう。

佐賀平野では海成の有明粘土層の厚さは約20 m で、断面図において陸側にくさび状に入り込む。佐賀市では約6 300年前のアカホヤ火山灰(K-Ah)は有明粘土層の上位にある非海成の蓮池層中に挟まれる¹²⁾。繩文海進ピーク時(6 600年前)の海成層上限高度は佐賀で−1.9 m

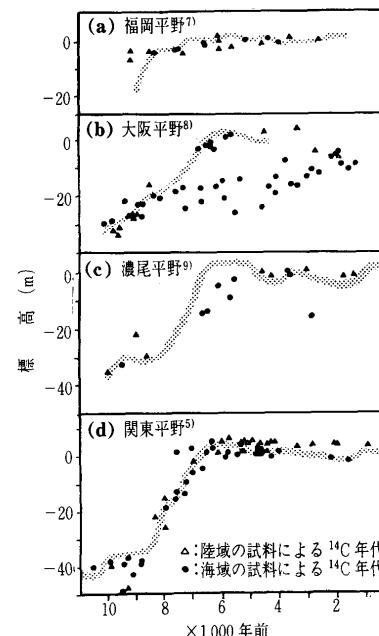
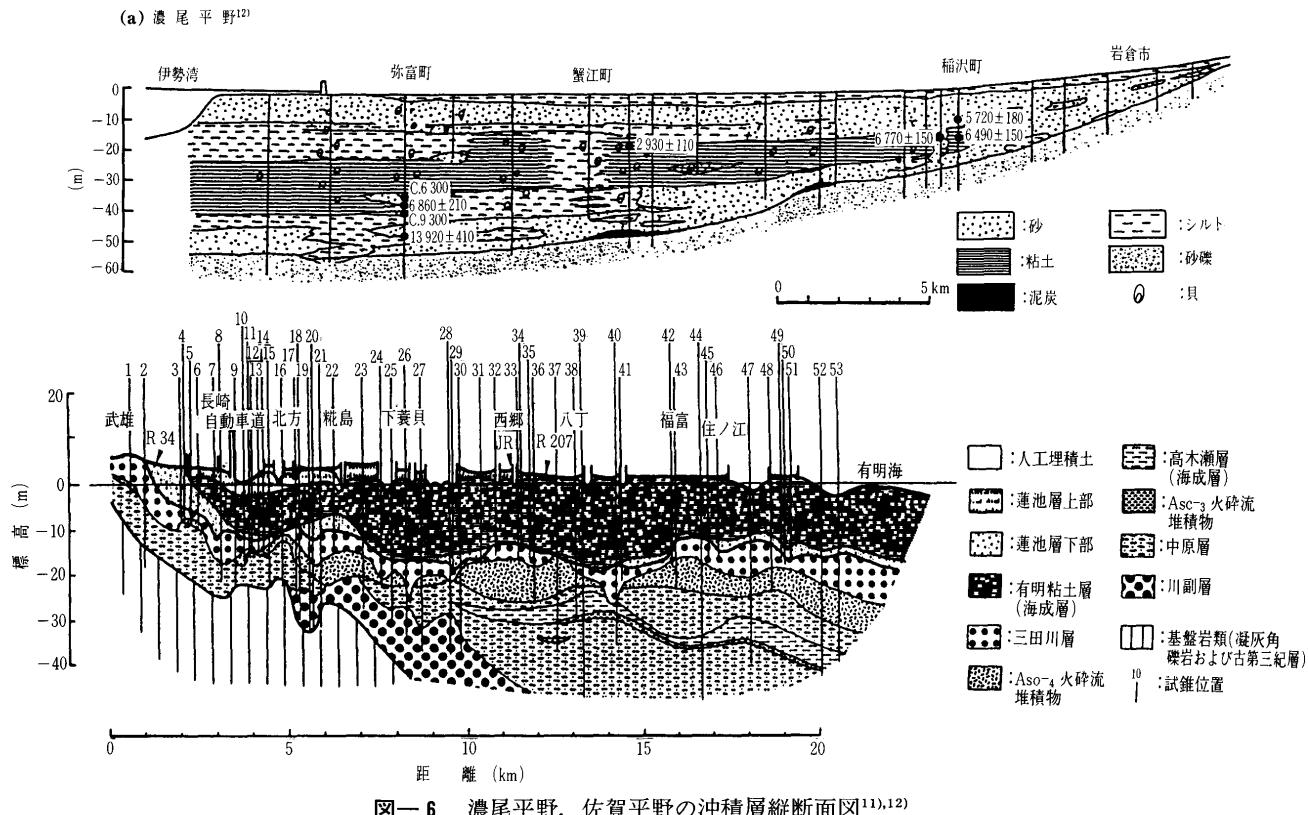


図5 主要平野における完新世の相対的海面変化曲線

図-6 濃尾平野、佐賀平野の沖積層縦断面図^{11),12)}

と、白石の2.4m、筑後の4.8mより非常に低い。いずれも平均海面付近の堆積物であるので、より複雑な堆積環境あるいは地殻運動が存在した可能性が強い^{7),12)}。また、他地域に比べ海成粘土層が比較的薄く広く分布することは、潮位差が最大5mにも達する有明海沿岸特有の堆積環境に関連があるであろう。

縄文海進最盛期の問題として、埋積浅谷の形成が議論されてきた¹⁴⁾。濃尾平野西部において現海水準より下位に泥炭層が発達することから、2500~1500年前に-2m以下への海面低下が推定され、弥生の小海退とよばれたが¹⁵⁾、同様な現象は日本各地で見い出され、現在では一般的な現象と考えられている。したがって、海面高頂期の+3mから弥生時代の低下期に至るまで、少くとも5mの海面低下が約3000年間にわたり段階的に生じたことになる。この弥生の小海退との関連で、初期には縄文時代晚期・弥生時代の浅谷形成が議論されたが、その後浅谷の形成は縄文時代中期・後期から始まっていることが明らかになった。関東平野の中川低地においても海面が低下傾向に転ずる5300年前以後、浅谷の形成が始まった¹⁶⁾。こうした埋積浅谷の存在は平野の陸化、河成作用の卓越化などを示すものとして重要である。

4. 沖積層の形成モデル

有楽町層やその相当層の上部は砂質シルト、シルト質砂、砂などで構成されるのが一般的である。この沖積上部砂層の性格について、デルタの底置層としての中部泥層を覆うデルタの前置層であると規定したのは井関¹⁴⁾である。大阪平野、濃尾平野、石狩平野、関東平野などの事例から、海面高頂期以後のデルタ前置層の進出が急速に進み、沖積平野の形成を促進したと考えられる¹⁴⁾。

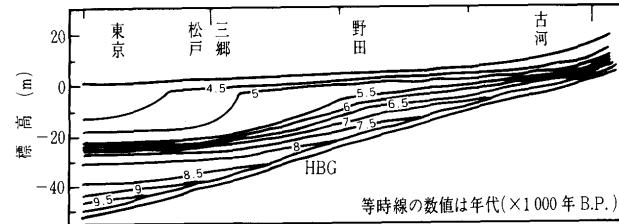
図-7 中川低地のデルタの発達過程⁴⁾

図-7は沖積層の年代資料に基づいて作成された関東平野中川低地のデルタの発達過程を示すモデルである。2.3で述べたように、ここでは、5300年前以降のデルタの前置層の急進出が明らかに認められる⁴⁾。

日本の沖積平野の中で、新潟平野、石狩平野などは平野の全面に砂丘列帯を持つ。関東平野などが内湾の中に形成されているのに対し、これらの平野は内湾を持たないため、海岸では強い波の作用で砂質物がより分けられ、デルタの前進と共に砂丘列が形成される。しかし、この部分を除けば沖積層の形成過程は本稿で述べたものと同様であると考えられる。

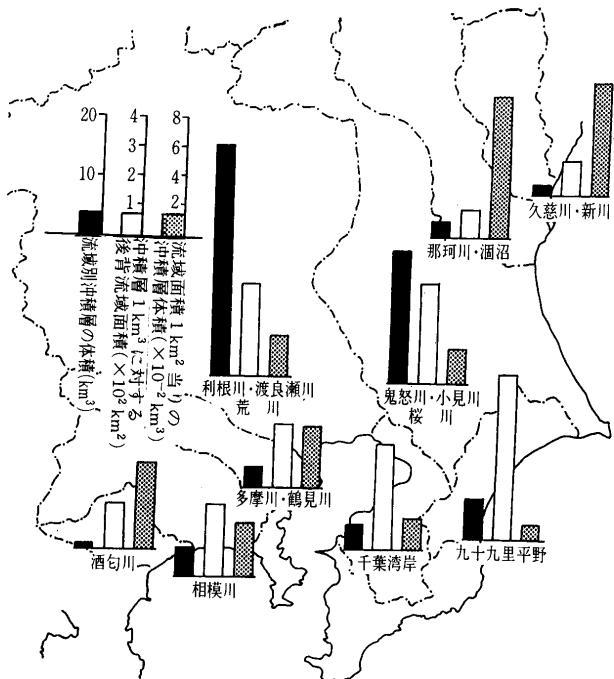
5. 沖積層の体積と堆積速度

5.1 沖積層の総体積

図-8に示すように、関東平野の沖積層の総体積は約90km³に及ぶ^{3),6)}。過去2万年間の平均として、年々450万m³/yの土砂が平野部にもたらされてきたことになる。実際には大部分を占める有楽町層に限定すると、過去1万年間には年々800万m³の土砂が供給され有楽町層として堆積していったことになる。

5.2 沖積層の堆積速度

沖積層の堆積速度については、大阪湾では約6300年



図一8 関東平野の沖積層の体積⁶⁾

前に降灰した K-Ah 火山灰の層準によりチェックされている。コアで確認された K-Ah 層準を音波探査によって大阪湾に広く追跡し、6 300 年前以後の平均堆積速度を沖積層の厚さで 2.25~3.0 mm/y と求めた。この堆積速度は²¹⁰Pb によるものと調和的である¹⁷⁾。佐賀平野においても、K-Ah 層準をみると 2.4 mm/y となり、大阪湾とほぼ同様である。一方、東京湾において¹⁴C 年代に基づいて同時期の堆積速度を見積もると 3~4 mm/y となる。ただし、5 300 年前以後デルタの前縁が通過していった中川低地では、5 mm/y と 5 300 年前以後加速した⁴⁾。実際には 3 500 年前には離水しているので、5 300 年前から 3 500 年前の 1 800 年間にすると 14 mm/y にもなる。濃尾平野南部においても中川低地とほぼ同様に速く、さらに若い時代になって急加速する傾向がある¹⁸⁾。このように大阪湾や佐賀平野に比べると、関東平野や濃尾平野の土砂供給は急速であることが読み取れる。繩文海進の過程において、デルタの発達が進み、その前縁が急速に前進し始めると堆積速度は急加速され、堆積物も砂質となる。こうした平野の発達の過程の違いに、絶対的な土砂供給量の違いが加わって両者の差が生じたものと思われる。

6. おわりに

本稿では日本を代表する関東平野、濃尾平野、大阪平野、佐賀平野を対象に、沖積層の形成過程を主として海面変化との関連性のもとで考察した。完新世前半の急速な海面上昇は各地に溺れ谷を形成し、最終氷期の陸域内に海成粘性土層を厚く堆積させたが、完新世後半の海面の小低下以後の過程には、各地のテクトニクスや碎屑物

の供給量・供給速度の相違などにより、平野による多少の差が認められる。

沖積層の研究上、今後の課題として、時間軸の充実・古環境解明の精度向上があげられよう。本稿の趣旨を確かなものにするためには、様々な手法による年代測定やテフラの活用による年代決定が進められること、水深データを含めた堆積環境データの充実が早急に期待される。

引用文獻

- 1) 遠藤邦彦・小杉正人・高野 司：関東平野の沖積層とその基底地形. 日本大学自然科学研究所研究紀要, No. 23, pp. 37~48, 1988.
 - 2) Endo, K., Sekimoto, K. and Takano, T.: Holocene stratigraphy and paleoenvironments in the Kanto Plain, in relation to the Jomon Transgression. Proc. Inst. Nat. Sci., Nihon Univ., No. 17, pp. 1~17, 1982.
 - 3) 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸弘：関東平野の沖積層. アーバンクボタ, No. 21, pp. 26~43, 1983.
 - 4) 遠藤邦彦・印牧もとこ・中井信之・森 育子・藤沢みどり・是枝若奈・小杉正人：中川低地と三郷の地質. 三郷市史自然編, 36~111, 1992.
 - 5) 遠藤邦彦・小杉正人：海水準変動と古環境. 広島大学総合地誌研究所研究叢書, No. 20, 「モンスーン・アジアの環境変遷」, pp. 93~103, 1990.
 - 6) 遠藤邦彦・高野 司・関本勝久：関東地方の軟弱地盤. 月刊地球, 6, pp. 672~676, 1984.
 - 7) 下山正一：北部九州における縄文海進以降の海岸線と地盤変動傾向. 第四紀研究, 33, pp. 351~360, 1994.
 - 8) 前田保夫：縄文の森と海. 蒼樹書房, 238p., 1984.
 - 9) 海津正倫：沖積低地の古地理学. 古今書院, 1994.
 - 10) 藤田和夫・前田保夫：大阪西南部地域の地質. 地域地質研究報告, 地質調査所, 1985.
 - 11) 海津正倫：木曽川デルタにおける沖積層の堆積過程, 堆積学研究会報, No. 36, pp. 47~56, 1992.
 - 12) 下山正一・松本直久・湯村弘志・竹村恵二・岩尾雄四郎・三浦哲彦・陶野郁雄：有明海北岸地域の第四系. 九州大学理学部研究報告, 地球惑星科学, 18-2, pp. 103~129, 1994.
 - 13) 梶山彦太郎・市原 実：大阪湾の発達史—¹⁴C年代データからみた一. 地質学論集, No. 7, pp. 101~112, 1972.
 - 14) 井関弘太郎：沖積平野. 東京大学出版会, 145p., 1983.
 - 15) 古川博恭：濃尾平野の沖積層—濃尾平野の研究, その1. 地質学論集, No. 7, pp. 39~59, 1972.
 - 16) 遠藤邦彦・小杉正人・鈴木 茂・菱田 量：草加市周辺の縄文海進期後の沖積層層序と古環境. 日本大学自然科学研究所研究紀要, No. 22, pp. 47~56, 1987.
 - 17) 大阪湾海底地盤情報の活用に関する研究委員会：海底地盤—大阪湾を例として一. 土質工学会関西支部, 406p., 1995.
 - 18) 藤 則雄・松島義章・藤井昭二・北里 洋・森 忍：名古屋港とその周辺の完新統の古生物に基づく環境解析. 第四紀研究, 21, pp. 153~167, 1982.