東京低地と中川低地における沖積層最上部陸成層の発達様式：“弥生の小海退”への応答

Evolution of the Uppermost Alluvium in the Tokyo and Nakagawa Lowlands, Kanto Plain, central Japan: response to the "Yayoi regression"

Abstract

田辺 晋* 石原与四郎**

Susumu Tanabe and Yoshiro Ishihara***

2012 年 8 月 3 日受付.
2013 年 2 月 10 日受理.

* 産業技術総合研究所地質情報研究部門
Institute of Geology and Geoinformation,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba 305-8567, Japan

** 福岡大学理学部地球圏科学科
Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, Nanakuma 8-19-1, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

Corresponding author: S. Tanabe,
s.tanabe@aist.go.jp

The age and depth of the Uppermost Alluvium in the coastal lowlands of Japan indicates that minor sea-level drop, termed the “Yayoi regression”, occurred at 3–2 ka; however, this “Yayoi regression” is not a eustatic phenomenon. Sedimentary facies analysis and radio-carbon dating in the Tokyo and Nakagawa Lowlands indicate that: (1) flood plain sediments of the Uppermost Alluvium are located at depths >1 m below the present sea level, and (2) the morphology of fluvial channel sediments of the Uppermost Alluvium changes from sheet-like (7–3 m below present sea level, deposited at 3–2 ka) to anastomosing (<3 m below present sea level, deposited at 2–0 ka). Sheet-like and anastomosing sand bodies typically form during low-stand and transgressive fluvial systems, respectively. This suggests that relative sea level was lower than the present at 3–2 ka, before rising in the Tokyo and Nakagawa Lowlands to current levels between 2 ka and the present day.

Keywords: Shallow Buried Valley, Holocene, sea level, incised valley, delta, flood plain

はじめに

日本における沿岸河口低地の沖積層は、一般に下位より基底礫層、下部砂層、中部泥層、上部砂層、最上部陸成層に区分される(海津, 1994)。日本の沖積層の主要な分布地域のひとつである東京低地と中川低地では、基底礫層は網状河川システム、下部砂層は蛇行河川システム、中部泥層と上部砂層、最上部陸成層はエスチュアリーとデルタシステムに対比され、そのうち上部砂層はデルタフロント堆積物、最上部陸成層は現世の河川堆積物に相当する(田辺ほか, 2010a)。また、インドシナ半島の沿岸河口低地の沖積層も、下位より河川、エスチュアリー、デルタシステムに区分され、その累重様式は日本のものと類似する。しかし、インドシナ半島の沖積層では、最上部陸成層が日本のものほど厚層でない点などが異なる(Tanabe et al., 2003a, b, 2006)。

“弥生の小海退”は 3~2 cal kyr BP(ka)に起きたとされる海水準の低下イベントで、海水準が現在よりも 2~3 m 低下した現象である(井関, 1983)。この海水準の低下イベントは、豊川平野や濃尾平野において、上部砂層を下刻する最上部陸成層の“埋積浅谷”と呼ばれる谷地形が標高-3 m 内外に分布し、その谷地形を充填する河川堆積物に弥生中期の遺跡が内在することから提唱された。なお、弥生中期の遺跡は現在の潮差もしくはそれより低いレベルに立地する(井関, 1983)。このような海水準低下イベントは、例えば矢作川低

地や濃尾平野南部において、最上部陸成層の基底面の年代分布をもとに、3~2 ka の海岸線の急激な前進を明らかにした研究からも支持されている(川瀬, 1998; 小野, 2004)。しかし、これらの研究は潮間帯堆積物を用いて直接“弥生の小海退”の海水準低下レベルを測定したわけではなく、特に濃尾平野については養老-桑名-四日市断層帯によるテクトニックな影響も分離して評価する必要がある(地震調査研究推進本部, 2012)。また、近年テクトニクスとハイドロ・アイソスタシーによる変動量を補正した完新世の海水準変動が播磨灘の沿岸域などにおいて復元されているが、それらの研究では“弥生の小海退”による海水準の低下は認められない(佐藤, 2008 など)。したがって、汎世界的にせよ地域的にせよ、“弥生の小海退”の存在は未だコンセンサスを得ている訳ではない。

東京低地と中川低地は大規模な活断層の存在が知られていないことから濃尾平野と比べるとテクトニックに安定した地域といえる。これらの低地には最上部陸成層が標高-6 m から地表面にかけて約 10 m の層厚で分布し、これまで現世の河川堆積物として堆積相区分されてきた(Matsuda, 1974; 松田, 1993; 田辺ほか, 2010a)。しかし、堆積相区分をおこなってきたこれまでの研究では、地下水の揚水による地盤沈降量を補正しておらず、その標高分布と堆積相区分について、詳細な海水準変動との関係を議論するには不十分な点があった。そこで本論では、東京低地と中川低地において掘

Fig. 1. Maps showing the location of the Tokyo and Nakagawa Lowlands; (a) Kanto Plain, (b) Basal topography of the Alluvium under the Tokyo and Nakagawa Lowlands (Endo et al., 1988).

削・解析してきた 18 本のボーリングコア堆積物のうち、15 本の深度 10 m 以浅の堆積相と放射性炭素年代値を整理し、7021 本のボーリング柱状図資料から堆積相の空間分布を解明することで、この地域の厚い最上部陸成層の発達過程を検討した。その結果、最上部陸成層の分布形態や発達様式が“弥生の小海退”の存在によって整合的に説明できることが分かったので、以下に報告する。

地域概説

東京低地は東に下総台地、西に武蔵野台地に挟まれ、南が東京湾に面した沿岸河口低地である(貝塚, 1979)。中川低地は東京低地の北部に位置し、東に下総台地、西に大宮台地に挟まれる。また、荒川低地は東京低地の西部に位置し、北に大宮台地、南に武蔵野台地に挟まれた地域を指す(Fig. 1)。これらの沿岸河口低地は主に近世の東遷以前の利根川によって形成された(貝塚, 1979)。

Table 1. Location and penetration depth of sediment cores used in this study; DK, GS-ISH-1, and GS-KSM-1 were obtained from the reclaimed area of Tokyo Bay, whereas other cores were obtained from the Tokyo and Nakagawa Lowlands.

Core	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)	Penetration depth (m)	Reference
GS-KBH-1	35°57'05.7"	139°46'25.6"	+5.36	49.90	Nakanishi et al. (2011b)
GS-KS-1	35°55'55.8"	139°48'20.1"	+5.34	57.00	Tanabe (2010)
GS-MUS-1	35°51'51.3"	139°51'49.8"	+2.42	42.00	Tanabe et al. (2010b)
GS-MHI-1	35°51'42.6"	139°51'05.6"	+3.41	55.00	Nakanishi et al. (2011a)
GS-SK-1	35°51'32.7"	139°50'06.9"	+3.73	60.00	Ishihara et al. (2004a)
GS-SMB-1	35°50'45.6"	139°47'16.8"	+3.08	41.00	Tanabe (2010)
TN	35°47'54.0"	139°46'17.4"	+2.88	40.00	Ishihara et al. (2004b)
MZ	35°47'47.3"	139°52'24.3"	+1.90	60.00	Tanabe et al. (2008c)
GS-AHH-1	35°47'04.0"	139°48'16.6"	+2.54	31.50	Tanabe et al. (2010c)
HA	35°46'17.3"	139°49'48.7"	-0.03	70.00	Ishihara et al. (2004b)
GS-KNJ-1	35°45'49.3"	139°51'38.8"	+0.43	70.00	Tanabe et al. (2006b)
GS-AMG-1	35°45'43.2"	139°47'11.0"	+1.67	58.00	Tanabe et al. (2006c)
GS-KTS-1	35°44'47.8"	139°52'23.2"	+1.19	42.00	Tanabe et al. (2006b)
SZ	35°42'17.2"	139°53'50.1"	+0.61	13.00	Tanabe et al. (2008c)
GS-KM-1	35°41'45.1"	139°50'57.4"	-1.99	67.23	Tanabe et al. (2006a)
DK	35°39'59.1"	139°49'30.8"	+0.08	75.00	Ishihara et al. (2004b)
GS-ISH-1	35°39'54.2"	139°54'52.8"	+2.69	60.00	Tanabe et al. (2012)
GS-KSM-1	35°39'18.6"	139°48'29.9"	+7.98	85.00	Tanabe et al. (2012)

うち、GS-KBH-1, GS-KS-1, GS-MUS-1, GS-MHI-1, GS-SK-1, GS-SMB-1, TN, GS-AHH-1, GS-AMG-1, MZ, HA, GS-KNJ-1, GS-KTS-1, SZ, GS-KM-1 の 15 本の深度 10 m 以浅における層相と放射性炭素年代値を用いる。18 本のボーリングコア堆積物の採取位置は Fig. 1 に、緯度経度と標高、掘削長は Table 1 に示す。全てのボーリングコア堆積物は、スリーブ内蔵二重管サンプラーもしくは三重管サンプラーを用いて採取し、半裁したのちに岩相(粒度と粒子の支持様式、岩相境界の特徴、堆積構造)と生物化石相(生痕化石と貝化石の産状と種類、植物根の有無)に着目した記載を行った。また裸眼では把握ににくい堆積構造の可視化のために軟エックス線写真を撮影した。これらの解析手法の詳細については Table 1 にあげた論文を参考にされたい。

15 本のボーリングコア堆積物からは 50 点の貝化石と植物片を採取し、名古屋大学において前処理を行ったのちに国立環境研究所のタンデム加速器(Yoneda et al., 2004)を用いるか、前処理も含めて(株)Beta Analytic または(株)加速器分析研究所に依頼して、放射性炭素年代値を測定した。これらの放射性炭素年代値は CALIB 6.0(Stuiver et al., 2011)と Reimer et al. (2009) のデータセットを使用して暦年代に較正した。貝化石の暦年較正の際、 ΔR (汎世界的な海洋放射性炭素年代と地域的な海洋放射性炭素年代の差)(Stuiver and Braziunas, 1993)は 0、海洋炭素は 100% と仮定した。

ボーリング柱状図資料は田辺ほか(2008a)による 7021 本を使用した。これらの柱状図は北緯 35°43'00"~35°56'30"、東経 139°46'20"~139°54'52" の範囲に分布する(Fig. 2)。

ボーリング柱状図資料は江藤ほか(2008)を一部改変した補間方法によってグリッドデータとし、 N 値と岩相の断面と平面分布と貝化石の分布を可視化した。本論文では、ボーリングコア堆積物から解釈した堆積相を、分布深度と岩相、 N 値に基づいてボーリング柱状図資料と対比し、その空間分布を明らかにした。

堆積相と堆積年代

本論で扱う 15 本のボーリングコア堆積物のうち、深度 10 m 以浅は、これまで砂嘴堆積物とプロデルタ~デルタフロント堆積物、デルタフロント堆積物、現世の干潟堆積物、現世の河川堆積物、盛土に区分されてきた(石原ほか, 2004a, b; 田辺ほか, 2006a, b, c, 2008c, 2010b, c; 田辺, 2010; 中西ほか, 2011a, b)。しかし、これまでの論文では、地下水の揚水による地盤沈下量を補正しておらず、特に現世の干潟堆積物の下限標高について不確実な部分があった。また、現世の河川堆積物の河川チャネルと氾濫原堆積物の区別もおこなっていない。そこで本論では、15 本のボーリングコア堆積物の深度 10 m 以浅の岩相と生物化石相をもとに、地盤沈下量を補正した標高分布を明らかにし、堆積相区分を整理した。各コア地点における地盤沈下量は遠藤ほか(2001)に基づいて次の値を補正した。すなわち、TN : 1.1 m, GS-AHH-1 : 1.1 m, GS-AMG-1 : 1.0 m, MZ : 0.8 m, HA : 2.4 m, GS-KNJ-1 : 1.3 m, GS-KTS-1 : 0.8 m, SZ : 0.5 m, GS-KM-1 : 2.5 m である。その他の 6 地点における地盤沈下量は小さく無視できる。その結果、15 本のボーリングコア堆積物の深度 10 m 以浅は、5 つの堆積相と人工土壌からなる盛土に整理される(Fig. 3)。上述の既存論

Fig. 3. Stratigraphic columns for the GS-KBH-1, GS-KS-1, GS-SMB-1, GS-SK-1, GS-MHI-1, GS-MUS-1, TN, GS-AHH-1, GS-AMG-1, MZ, HA, GS-KNJ-1, GS-KTS-1, SZ, and GS-KM-1, as shown in Fig. 2.

Fig. 3. Continued

文の記載に基づき、以下に5つの堆積相の記載と解釈、堆積年代を記す。

1. 堆積相 SP(砂嘴堆積物: spit sediments)

深度 GS-KTS-1: 標高-3.7 m 以深。

記載 本堆積相は貝化石を多産する砂質シルト～中粒砂層から構成される(田辺ほか, 2006b)。上方粗粒化する本堆積相は、生物攪乱を強く受けており、マッドクラストがみられる。本堆積相からはヒメカノコアサリなどの潮下帯～潮間帯に生息する貝化石が産出する。

解釈 ボーリングコア堆積物からは本堆積相が海成層であることと、上方粗粒化することから上方に向かって水理営力の増すことしか分からず、その他の堆積環境を示す情報は得られていない。しかし、ボーリング柱状図資料から描いた断面図と平面図(Figs. 4, 5)によると、本堆積相と対比される *N* 値 10 以上の砂層(SP)が、例えば DD' 断面や標高-9 m において、下総台地の縁から西に伸びるように分布することから、砂嘴堆積物と解釈される(田辺ほか, 2006b, 2008c)。

年代 深度 10 m 以浅の本堆積相は 6.3～5.8 ka の堆積年代を有する。

2. 堆積相 DF(デルタフロント堆積物: delta front sediments)

深度 GS-KBH-1: 標高-0.9 m 以深, GS-MUS-1: 標高-3.2 m 以深, GS-MHI-1: 標高-5.1 m 以深, GS-SK-1: 標高-3.0 m 以深, GS-SMB-1: 標高-2.2 m 以深, TN: 標高-0.0 m 以深, GS-AHH-1: 標高-0.2 m 以深, GS-AMG-1: 標高-1.0 m 以深, MZ: 標高-5.0 m 以深, HA: 標高-0.6 m 以深, GS-KNJ-1: 標高-6.0 m 以深, SZ: 標高-1.0 m 以深, GS-KM-1: 標高-1.8 m 以深。

記載 本堆積相はシルト層から中粒砂層もしくはシルト層と極細粒砂層の互層へと上方粗粒化するサクセションから構成される(石原ほか, 2004a, b; 田辺ほか, 2006a, b, c, 2008c, 2010b, c; 田辺, 2010; 中西ほか, 2011a, b)。本堆積相の最上部は、中川低地の GS-MUS-1 と GS-MHI-1, GS-SMB-1, そして東京低地の GS-AMG-1 と GS-KNJ-1, GS-KTS-1 においてダブル・マッドドレイブを含むリズムカルな砂泥細互層から構成される。本堆積相の下部からはバカガイなどの潮下帯に特徴的に生息する貝化石、上部からはシジミやヌマコダキガイ類などの潮間帯に特徴的に生息する貝化石が産出する。また、木片や植物片の含有量は下部から上部にかけて増加する。

解釈 本堆積相から産出する貝化石は上方浅海化を示し、木片や植物片の含有量の下部から上部にかけた増加は河川の影響の増加を示すと考えられる。その一方で、本堆積相の上方粗粒化サクセションは上方浅海化に伴う水理営力の増加を示している可能性がある。このような特徴をもつ堆積物は河口の前進に伴うデルタなどにおいてみられる(Bhattacharya and Walker, 1992)。また、例えばタイのチャオプラヤデルタでは砂の供給が無いためにデルタの堆積物は典型的な上方粗粒化を示さないが、このような例を含むインドシナ半島における現世のデルタ成堆積物では、木片や植物片の含有量が下部から上部にかけて増加することが共通の特徴として挙げ

られる(Tanabe et al., 2003a, b, 2006)。なお、一部のコアの最上部にみられるダブル・マッドドレイブやリズムカルな砂泥細互層は潮汐の影響を示している(Reineck and Singh, 1980)。よって本堆積相はデルタフロントにおいて堆積したと解釈される。なお、田辺ほか(2006b, c, 2008b, c, 2010b, c)では、本堆積相に相当する層相でプロデルタ泥層とデルタフロント砂層を明瞭に区分できないものについては、プロデルタ～デルタフロント堆積物としてきたが、本論では深度 10 m 以浅の主に砂層を対象とするのでデルタフロント堆積物と一括する。

年代 深度 10 m 以浅の本堆積相は 6.3～0.9 ka の堆積年代を有する。

3. 堆積相 TF(干潟堆積物: tidal-flat sediments)

深度 TN: 標高 0.0～+2.1 m, GS-AHH-1: 標高-0.2～+2.5 m, GS-AMG-1: 標高-1.0～+0.8 m, HA: 標高-0.6～+1.1 m, GS-KTS-1: 標高-1.3～+0.4 m。

記載 本堆積相は極細粒～細粒砂層もしくはシルト層から構成される(石原ほか, 2004b; 田辺ほか, 2006b, c, 2010c)。砂層中には、ダブル・マッドドレイブのほか、ヌマコダキガイ類などの潮間帯に生息する貝化石や生痕化石がみられる。本堆積相は地表面直下に分布しており、その最上部には地表面から貫入した植物根がみられる。

解釈 本堆積相からは潮間帯に生息する貝化石が産出することから干潟に相当する水深で形成されたと考えられる。本堆積相は垂直方向に粒度変化の無い層相から構成されるため、チャネルの埋積に伴い上方細粒化する潮汐河川などではなく、砂質干潟や泥質干潟において形成されたと考えられる。ダブル・マッドドレイブは潮汐の影響した環境などにおいて普遍的にみられる(Reineck and Singh, 1980)。本堆積相は田辺ほか(2006b, c, 2008b, 2010c)において現世の干潟堆積物とされてきたものに相当する。

年代 TN から得られた放射性炭素年代値は地表面から貫入した植物根を測定したもの(石原ほか, 2004b)なので、本論では堆積年代として採用しない。GS-AHH-1 の放射性炭素年代値は貝殻片を測定したものである(田辺ほか, 2010c)。本堆積相は 4.5～2.2 ka の堆積年代を有する。

4. 堆積相 FC(河川チャネル堆積物: fluvial channel sediments)

深度 GS-KBH-1: 標高-1.0～+1.7 m, GS-KS-1: 標高+1.7 m 以深, GS-MUS-1: 標高-3.2～+1.0 m, GS-MHI-1: 標高-5.1～-0.5 m, GS-SK-1: 標高-3.0～+0.5 m, GS-SMB-1: 標高-2.2～0.0 m, MZ: 標高-5.0～-0.4 m, GS-KNJ-1: 標高-6.0～-1.6 m, GS-KTS-1: 標高-3.2～-1.3 m。

記載 本堆積相は細礫混じりの粗粒～中粒砂から細粒～極細粒砂へと上方細粒化する砂層から構成される(石原ほか, 2004a; 田辺ほか, 2006b, 2008c, 2010b; 田辺, 2010; 中西ほか, 2011a, b)。本堆積相の下部にはトラフ状斜交層理、上部にはカレント・リップル層理がみられるほか、全層準を通してマッドクラストや木片が点在する。本堆積相は、侵食面を介して堆積相 SP もしくは DF に累重し、その最上部に

は堆積相 FP から貫入した植物根がみられる。GS-MUS-1 の下部において本堆積相は細粒砂とシルトの互層から構成される。本堆積相に貝化石や生痕化石はみられない。

解釈 本堆積相からは貝化石や生痕化石が産出しないことから、淡水性の環境において形成されたと考えられる。東京低地や中川低地では一般的に河成層からは貝化石や生痕化石が産出しない(田辺ほか, 2010a)。本堆積相は、トラフ状斜交層理を含む中粒砂以上の粒径をもつ砂層から構成され、基底侵食面から上方細粒化することから、掃流の影響の減少により埋積された河川チャネルの堆積物と考えられる(Miall, 1992)。GS-MUS-1 の下部の砂が卓越した砂泥互層は河川堆積物のうち流路に近い自然堤防帯に特徴的な層相を示す(増田・伊勢屋, 1985)。自然堤防帯では一般的に流路から離れるほど泥質な層相から構成される。マッドクラストは、例えば河川チャネルのほか潮汐の影響した環境においても存在する(Reineck and Singh, 1980)が、本堆積相からはその他の潮汐の影響を示す層相はみられない。本堆積相は田辺ほか(2006b, 2008c, 2010b)において現世の河川堆積物とされてきたものに相当する。

年代 本堆積相は 2.8~1.2 ka の堆積年代を有する。

5. 堆積相 FP(氾濫原堆積物: flood plain sediments)

深度 GS-KBH-1: 標高 +1.7~+3.8 m, GS-KS-1: 標高 +1.7~+5.3 m, GS-MUS-1: 標高 +1.0~+2.0 m, GS-MHI-1: 標高 -0.5~+1.5 m, GS-SK1: 標高 +0.5~+2.5 m, GS-SMB-1: 標高 0.0~+1.7 m, MZ: 標高 -0.4~+2.7 m。

記載 本堆積相はシルトもしくは粘土層から構成されており、多くの植物根や植物片がみられる(石原ほか, 2004a; 田辺ほか, 2008c, 2010b; 田辺, 2010; 中西ほか, 2011a, b)。GS-KS-1 と GS-SK-1, GS-SMB-1, MZ には極細粒砂層が挟在し、泥層から逆グレーディングすることがある。本堆積相は地表面直下に分布し、貝化石や生痕化石はみられない。

解釈 本堆積相からは貝化石や生痕化石が産出しないこと、東京低地と中川低地では一般的に淡水堆積物から貝化石や生痕化石が産出しないことから、淡水性の環境において形成されたと考えられる(田辺ほか, 2010a)。また、逆グレーディング構造は自然堤防帯の氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造とされている(増田・伊勢屋, 1985)。したがって、本堆積相は現在の地表面を構成する氾濫原堆積物と考えられる。本堆積相は田辺ほか(2008c, 2010b)において現世の河川堆積物とされてきたものに相当する。

年代 本堆積相は 2.5~0.5 ka の堆積年代を有する。

堆積相の分布

15 本のボーリングコア堆積物から認定した堆積相 SP, DF, TF, FC, FP は、ボーリング柱状図資料をもとにした *N* 値と岩相の断面図と平面図と対比することができる(Figs. 4, 5)。これらの図において沖積層の基盤をなす下総層群(遠藤ほか, 1983)は、田辺ほか(2008a)による沖積層基底深度情報をもとに白くトリミングした。以下にボーリングコア堆

積物から認定した 5 つの堆積相の分布について説明する。

堆積相 SP(砂嘴堆積物)は、標高 -20 m 以浅の断面図 DD' において、標高 -8 m 以深に分布する *N* 値 20 以下の砂層と砂泥層に対比される(Fig. 4)。この砂嘴堆積物は、例えば標高 -9 m の平面図において、下総台地の西縁(GS-KTS-1 付近)から西に 3 km の幅をもって分布しており、貝化石を含む(Fig. 5)。砂嘴堆積物は、下総台地から西へと伸長したことが明らかになっており(田辺ほか, 2006b, 2008c)、砂嘴堆積物よりさらに西に分布する標高 -10 m 以浅のデルタフロント堆積物とは斜交する(Fig. 4)。

堆積相 DF(デルタフロント堆積物)は、断面図 AA', BB', CC' において標高 -1 m 以深の *N* 値 20 以下の砂層と砂泥層、泥層に対比される(Fig. 4)。これら断面図の位置する中川低地では、デルタ成堆積物はプロデルタ泥層とデルタフロント砂層を明瞭に区分できない砂泥互層から構成されており、プロデルタ~デルタフロント堆積物とされている(田辺ほか, 2010b)。これらの堆積物は潮流の影響した内湾において堆積し、中川低地を西から東へと埋積した(田辺ほか, 2010b)。断面図 CC' において標高 -7 m 以深に分布する *N* 値 5 以上の砂層は、このプロデルタ~デルタフロント堆積物の粗粒部分に相当し、Fig. 5 の標高 -9 m と -7 m において、幅 3 km、長さ 10 km にわたって、中川低地の東部の DF 付近に分布する。なお、この砂層は貝化石を含む。その一方で、断面図 DD', EE' では、デルタフロント堆積物は標高 -10~-1 m に分布する *N* 値 10 以下の砂層と砂泥層に対比される(Fig. 4)。断面図 DD' より湾岸の東京低地では、デルタ成堆積物は下部のプロデルタ泥層と上部のデルタフロント砂層に区別される(田辺ほか, 2012)。このデルタフロント堆積物は、東京低地の東部では、例えば標高 -9 m と -7 m の DF 付近に、貝化石を含む砂層として、砂嘴堆積物の西に分布する(Fig. 5)。また、TN, GS-AHH-1, HA, GS-AMG-1 などの荒川低地の末端部や大宮台地の縁では、デルタフロント堆積物は標高 -5 m と -3 m の DF 付近に貝化石を含む砂泥層として広く分布している(Fig. 5)。東京低地ではデルタフロント堆積物は北から南へと前進した(田辺ほか, 2010a, 2012)。

堆積相 TF(干潟堆積物)は、断面図 CC', DD' の西部における標高 -1 m 以浅の *N* 値 5 以下の砂泥層に対比される(Fig. 4)。この堆積物は、標高 -1 m では TN や GS-AHH-1 など大宮台地の南縁や東縁の TF 付近に分布しており、同じ標高に分布する堆積相 FP(氾濫原堆積物)とは異なり貝化石を含む(Fig. 5)。干潟堆積物は完新世中期の海水準高頂期にかけて堆積した(田辺ほか, 2010c)。

堆積相 FC(河川チャネル堆積物)は、断面図 AA', BB', CC', DD', EE' において標高 -7 m 以浅に分布する *N* 値 10 以下の砂層と砂泥層に対比される(Fig. 4)。この堆積物は、砂嘴堆積物やデルタフロント堆積物とは異なり上方細粒化しており、*N* 値の下部から上部にかけた減少もこの岩相変化を反映していると考えられる。断面図 AA' では、河川チャネル堆積物は標高 -7~-3 m と標高 -3~+3 m にかけて二重に累重する。また、地表面近くに分布する河川チャネ

Fig. 4. Cross-sections showing variations in *N*-value (left) and lithology (right); the location of these transects are shown in Fig. 2.

Fig. 5. Surface distribution of N -value (upper) and lithology (lower) in the Tokyo and Nakagawa Lowlands; locations are shown in Fig. 2.

ル堆積物は、断面図 AA' では現在の中川、断面図 BB' と DD', EE' では現在の江戸川沿いに分布しており、現在の河道を構成すると考えられる (Figs. 2, 4). しかし、標高-3 m 以深に分布する河川チャネルの砂層は、GS-MUS-1, GS-MHI-1, MZ, GS-KNJ-1, GS-KTS-1 などの現在の中川と江戸川の間南北に広く分布しており、現在の河川系とは分布域が異なる (Figs. 2, 5). なお、地表面近くの河川チャネル堆積物は、断面図 AA' の西部や断面図 BB', CC', DD', EE' の東部では、2 km 以下の幅でリッジ状の形態を有するのに対し、標高-3 m 以深の河川チャネル堆積物は、断面図 AA', BB' の西部、断面図 CC', DD' の東部では、5 km 以上の幅でスウェール状の形態を有する (Fig. 4). これらの河川チャネルの砂層は、標高-1 m, -3 m, -5 m, -7 m においてほとんど貝化石を含まない (Fig. 5). 堆積相 FC と FP は、その岩相と分布深度をもとに、東京低地と中川低地における沖積層最上部陸成層 (Matsuda, 1974; 松田, 1993) に対比される. この最上部陸成層の発達様式については後述する.

堆積相 FP (氾濫原堆積物) は、断面図 AA', BB', CC', DD' において標高-3 m 以浅に分布する N 値 5 以下の泥層と砂泥層に対比される (Fig. 4). この堆積物 (FP) は、標高-1 m において標高-3 m の河川チャネル堆積物 (FC) の上位に分布しており、貝化石はほとんど含まない (Fig. 5). なお、氾濫原堆積物の一部は埋土や盛土になっていたり、盛土によって被覆されている (Figs. 4, 5). 東京低地では盛土は標高-3 m にかけて分布しており、その範囲は地盤沈下による“ゼロメートル地帯” (遠藤ほか, 2001) (Fig. 2) と一致する.

相対的海水準変動

本章では、河川チャネル堆積物と氾濫原堆積物の分布深度と形成年代について整理したのちに、東京低地と中川低地における完新世中期の高海水準期以降の海水準変動について述べる.

Fig. 6 に、GS-KBH-1 と GS-MUS-1, GS-MHI-1, GS-SK-1, GS-SMB-1, MZ, GS-KNJ-1, GS-KTS-1 の河川チャネル堆積物の下限標高とその侵食面の形成年代を整理した. これらの河川チャネル堆積物は、いずれもデルタフロント堆積物もしくは砂嘴堆積物に侵食面を介して累重する (Fig. 3). ここで侵食面の形成年代は、デルタフロント堆積物もしくは砂嘴堆積物の上限と河川チャネル堆積物の下限の年代値を採用した. 侵食面は標高-6.0~-1.0 m にかけて分布しており、その分布深度が中川の上流で浅く下流で深いといった関係はみられない. また、侵食面の形成年代は 5.8~1.1 ka の幅をもっている. 完新世中期の海水準高頂期以降、海岸線は奥東京湾の湾奥から湾頭にかけて前進した (小杉, 1989; 田辺, 2013). したがって、侵食面の形成年代は内陸部ほど古く湾岸部ほど新しくても良いが、この点についても明瞭な関係はみられない. 仮にこれらの侵食面の形成を同期とするとその年代は 3.2~2.8 ka になる. その一方で、河川チャネル堆積物に累重する氾濫原堆積物は、GS-

MHI-1 において標高-0.5 m, GS-SK-1 において標高+0.5 m, GS-SMB-1 において標高 0.0 m, MZ において標高-0.4 m 以浅に分布する (Fig. 3). また、氾濫原堆積物と対比される N 値 5 以下の泥層と砂泥層は、ボーリング柱状図資料から作成した断面図において標高-3 m 以浅に分布する (Fig. 4). ボーリング柱状図資料の平面図からは、標高-3 m において南北に分布する河川チャネル砂層 (FC) を標高-1 m において貝化石を含まない氾濫原泥層 (FP) が被覆している様子がうかがえる (Fig. 5).

通常、氾濫原は高潮面よりも高い標高において形成される. よって現在の東京湾における 2 m の潮差 (宇野木, 1993) を考慮すると、現在標高-1 m に分布する氾濫原堆積物は標高+1 m 以高の堆積当時から少なくとも 2 m は沈降していることを意味する. 中川低地におけるテクトニックな沈降速度は埋没した考古遺跡をもとに 0.2 mm/yr と計算されている (堀口, 1981). この値から氾濫原堆積物の形成年代を 2.5 ka 以降とした時の沈降量は最大 0.5 m となる. また、中川低地における地下水の揚水による 1962 年以降の地盤沈下量は最大数十 cm である (埼玉県, 2012). したがって、2 m という沈降量はこれらの値を大きく上回り、氾濫原堆積物の形成時期に少なくとも 1 m は海水準が低下していたことを意味する. なお、東京低地の臨海部では、埋立の 6 m のかさ上げによって、埋立後 10 年以上で地盤が数十 cm 沈降し現在はほぼ安定している (東京都港湾局, 2001). 中川低地における氾濫原堆積物の層厚はおおよそ 4 m であることから、その上載圧は埋立地と比べても小さい. したがって、堆積物による自然圧密の影響はほとんど無視できると考えられる. よって、氾濫原堆積物よりもさらに下位に分布する河川チャネル堆積物については、海水準が 1 m もしくはそれ以上に低下していた時期に形成された可能性が高い. その一方で、GS-AHH-1 の 4.5 ka の干潟堆積物は標高 0 m から+2.5 m にかけて分布する (Fig. 3) ことから、2 m の潮差を考慮して 4.5 ka の海水準 (中等潮位) は最大で標高+1.5 m とすることができる. また、完新世中期の高海水準期に形成された干潟堆積物は、大宮台地のみならず流山市などの下総台地の縁においても標高+3 m にかけて分布することから、局所的な隆起は考慮する必要がない (遠藤ほか, 1989).

以上の事象を整理すると、4.5 ka における標高+1.5 m と 2.5 ka における標高-1 m の海水準指標が得られることから、遠藤ほか (1989) を参考に東京低地と中川低地における海水準変動曲線を描くと Fig. 7 のようになる. 東京低地では 7 ka に海水準が標高+3 m の高頂に達した (遠藤ほか, 1989). その後、海水準は 4.5 ka にかけて緩やかに低下し、4.5 ka から 2.5 ka にかけて低下、そして 2.5 ka 以降は緩やかに現在の水準まで上昇したと考えられる. 4.5~2.5 ka の海水準低下の詳細については、例えば GS-AHH-1 などの干潟堆積物の離水年代を調べなければ分からない. しかし、東京低地と中川低地のみならず、その上流の加須低地においても 3.2 ka 以降に河川チャネル堆積物が発達する (平井, 1983; 江口・村田, 1999) ことを考えれば、河川チャネルによる下刻が急激な海水準の低下 (3 ka 付近) によるものであ

Fig. 6. Depth and age of fluvial channel erosion within the GS-KBH-1, GS-MUS-1, GS-MHI-1, GS-SK-1, GS-SMB-1, MZ, GS-KNJ-1 and GS-KTS-1. The gray shaded bar indicates the presence of channel erosion and EES indicates the elevation of erosional surface; these EES values are corrected for subsidence due to groundwater pumping.

Fig. 7. Sea-level curves in the Tokyo and Nakagawa Lowlands for the past 8000 years; gray shaded bar indicates age of fluvial channel erosion shown in Fig. 6.

り、それが広域的に同期していてもおかしくない。

古 地 理

本章では、15本のボーリングコア堆積物に東京湾岸におけるDKとGS-ISH-1, GS-KSM-1(田辺ほか, 2012)(Fig. 1)の古水深情報を加え、東京低地と中川低地における4ka以降の古地理を復元する。ここで各コア地点における古水深は、ある年代における堆積面と本論文で推定した海水準変動曲線(Fig. 7)の差異をもとに計算した。なお、4kaと3.5kaにおける古地理は田辺(2013)、1kaにおける古地理は久保(1994)を参考にした。

4kaにかけて東京低地と中川低地には潮汐の卓越したデルタが分布していた(田辺, 2013)(Fig. 8)。荒川低地の末端部と中川低地の東縁と西縁には干潟が分布し、中川低地の潮汐の影響した内湾は、5kaに荒川低地から中川低地へと流路を変遷した利根川の供給土砂によって、その西縁から急

速に埋積された(田辺ほか, 2008b, 2010b)。この内湾は潮汐の影響したプロデルタ～デルタフロント堆積物によって充填されている。中川低地東部の標高-9mと-7mに分布する南北に伸長したN値5以上の砂層(DF)はこのプロデルタ～デルタフロント堆積物の粗粒部分に相当する(Fig. 5)。また、内湾の湾口には下げ潮の影響によって泥質堆積物が堆積した(田辺ほか, 2012)。下総台地の南縁と東縁には東京湾岸の沿岸流によって砂嘴が形成されていた(田辺ほか, 2006b, 2008c)。この砂嘴堆積物は下総台地から剝削された砂によって形成されたと考えられる。

4kaにおける潮汐の影響した内湾は3.5kaまでに完全に埋積された(田辺ほか, 2010b)。そして、およそ3.5kaには東京低地と中川低地の広い範囲に干潟が分布していたと考えられる(田辺, 2013)(Fig. 8)。干潟の堆積物は荒川低地末端部では地表面直下の堆積物を構成する。しかし、東京低地と中川低地の多くの地点では、干潟堆積物が河川チャネル

Fig. 8. Paleogeographic maps for the Tokyo and Nakagawa Lowlands at 4, 3.5, 2.8, and 1 ka; the flood plain in the Nakagawa Lowland at 2.8 ka was eroded by channel migration and avulsion, resulting in the development of sheet-like sand bodies. Paleogeographic maps at 4, and 3.5 and 1 ka are after Tanabe (2013) and Kubo (1994), respectively. Paleowater depths are calculated using radiocarbon dating and sea level elevations. Sea level at 4, 3.5, 2.8, and 1 ka is assumed to be T.P. + 2, +1, -1, and 0 m.

により削剥され、現在では地層として保存されていないと考えられる。ボーリングコア堆積物の河川チャネル堆積物にみられるマッドクラスト (Fig. 3) や標高 -5 m や -3 m の河川チャネル砂層に局所的にみられる貝化石 (Fig. 5) は、このような干潟堆積物の削剥を意味すると考えられる。4 ka における潮汐の影響した内湾が埋積されたのち、その湾口からは現在の江戸川河口部のようなローブ状のデルタが発生したと

考えられる (田辺, 2013)。このようなローブ状デルタを構成するデルタフロント砂層は、GS-KM-1 (Fig. 3) や標高 -9 m において砂嘴堆積物の西に分布することから、その発生地点は HA や GS-KNJ-1 の南辺りであったと考えられる (Fig. 5)。4~3.5 ka における奥東京湾の沿岸環境の変化は潮汐卓越型デルタから河川卓越型デルタへのレジーム・シフトとみなせる (田辺, 2013)。また、中川低地の北部にはこの当時氾

Fig. 9. Model for the evolution of the Uppermost Alluvium in the Tokyo and Nakagawa Lowlands; stage I saw the development of a tidal flat and creeks, before lateral migration and avulsion of river channels occurred during stage II, forming channel sands with sheet-like distributions. These channel sands were anastomosed and isolated in flood plain muds during stage III. Stages I, II, and III correspond to those shown in Fig. 7.

濫原が拡大したと考えられる。

本論では、ボーリングコア堆積物の検討により 3.2～2.8 ka に海水準が急激に低下したと仮定する (Fig. 7)。その結果 2.8 ka には、中川低地で広く河川チャネルが発達し、荒川低地末端部では干潟堆積物が離水して海成段丘を形成したと考えられる (Fig. 8)。標高 -5 m や -3 m における河川チャネル砂層は 5 km の幅でシート状に分布する (Fig. 5) ことから、この当時の河川チャネルは、網状河川や蛇行河川による側方移動もしくはアバルジョンを繰り返していたと考えられる (Fig. 8)。その一方で、荒川低地では供給土砂に欠乏し、このような河川チャネルは発達しなかった。この当時、利根川は既に荒川低地から中川低地へと流路を変遷していた (田辺ほか, 2008b)。その結果、荒川低地では干潟堆積物が離水し、海成段丘を形成しただけにとどまった。荒川低地末端部における海成段丘はこれまで自然堤防として区分されてきた (久保, 1993) が、入間川沿いのものを除いてその多くは海成段丘であり、自然堤防としては不自然な団子状の形態を有している (田辺, 2013)。

2.5 ka 以降、海水準は現在にかけて少なくとも 1 m は上昇したと考えられる (Fig. 7)。その結果、2.8～1 ka にかけて GS-KTS-1 や HA の位置する一部の地域では干潟がやや内陸に広がった可能性がある (Fig. 8)。GS-KTS-1 にみられる河川チャネル堆積物に累重する干潟堆積物 (Fig. 3) は、このような海水準上昇を示しているのかも知れない。中川低地の多くの地点では、この時期、河川チャネル堆積物に氾濫原堆積物が累重した (Fig. 3)。地表面近くの河川チャネル堆積物は、断面図 AA' において現在の中川、断面図 BB' と DD', EE' において現在の江戸川沿いのみにリッジ状に分布する (Figs. 2, 4) ことから、この時期の河道は固定されていたと考えられる。また、GS-KNJ-1 の南に発生したデルタローブは、2.8～1 ka にかけて、現在の江戸川の河口 (SZ 付近) にやや東にシフトした (田辺, 2013) (Fig. 8)。

最上部陸成層の発達様式

東京低地と中川低地における 4 ka 以降の古地理をもとに沖積層最上部陸成層の発達様式を模式化した (Fig. 9)。前述したように、東京低地と中川低地における最上部陸成層

(Matsuda, 1974; 松田, 1993) は本論の河川チャネル堆積物 (堆積相 FC) と氾濫原堆積物 (堆積相 FP) に相当する。最上部陸成層の発達様式は、東京低地と中川低地における海水準変動に基づきステージ I (> 約 3 ka) とステージ II (約 3～2 ka)、ステージ III (約 2～0 ka) に分けられる (Fig. 7)。

ステージ I において、東京低地と中川低地は完新世中期の高海水準期にあった。海水準は現在よりも 1.5 m 程高く、東京低地と中川低地には干潟や滞筋が分布していたと考えられる (Fig. 9)。

ステージ II の 3 ka 付近において海水準は標高 -1 m 以下に急激に低下した。その結果、河川チャネルによる干潟堆積物の下刻が起こり、東京低地と中川低地には河川チャネルが広く分布したと考えられる (Fig. 9)。なお、この河川チャネル堆積物は、上方細粒化する砂層から構成され、約 5 km の幅を持ち、シート状に分布することから、急激な海水準低下の後の海水準の停滞に伴って、河川チャネルは網状河川や蛇行河川による側方移動もしくはアバルジョンを繰り返していたと考えられる。利根川による土砂供給が無い大宮台地の縁や荒川低地末端部では干潟が離水し海成段丘を形成した。

ステージ III において海水準は現在の水準まで緩やかに上昇した。その結果、側方移動やアバルジョンを繰り返していた河道は固定され、河道に沿ってのみ河川チャネル堆積物がリッジ状に分布した (Fig. 9)。その一方で、氾濫原にはバンクオーバーした洪水性の泥が堆積した。このステージの河川チャネルはアナストモーズしており、河川チャネル砂層は氾濫原泥層中にレンズ状に挟まれる。なお、このステージは現在の河川システムに相当し、その堆積物は現在の地表面を構成する。

以上のように、東京低地と中川低地における約 3 ka 以降の河川システムは、“弥生の小海退”に相当する低海水準期とその後の海水準上昇期において、その堆積プロセスを大きく変えたといえる。東京低地と中川低地では、低海水準期に河川チャネルの砂層が側方付加しシート状に分布するのに対し、海水準上昇期に河川チャネルの砂層がアナストモーズし氾濫原泥層中にレンズ状に分布する。これと類似した海水準変動に対する河川システムの形態変化は、その形成時期は異なるものの、コロラド川やライン川の沖積低地からも報告さ

れている(Törnqvist, 1993; Aslan and Blum, 1999; Blum and Törnqvist, 2000). コロラド川の沖積低地では、最終氷期最盛期の低海水準期にシート状の側方付加した河川チャネル砂層が分布し、後氷期の海水準上昇期に河川チャネル砂層が氾濫原泥層中にレンズ状に分布する(Aslan and Blum, 1999). また、ライン川の沖積低地では後氷期の海水準上昇期に河川チャネル砂層が氾濫原泥層中にアナストモーズして分布する(Törnqvist, 1993). よって、コロラド川やライン川の沖積低地と類似した河川システムの形態変化を示す東京低地と中川低地の沖積層最上部陸成層は、その発達様式が海水準変動に支配されていたという推論を支持する。

他地域の沖積層最上部陸成層との比較

東京低地と中川低地における沖積層最上部陸成層と対比される地層は、濃尾平野において沖積層陸成層(井関, 1962)もしくは沖積層最上部層(山口ほか, 2006)と呼ばれている。この地層はデルタプレーンを構成する河成層から構成されており、濃尾平野南部において泥炭層を含む氾濫原泥層中に河川チャネル砂層がレンズ状もしくはアナストモーズして分布する(小野, 2004; 山口ほか, 2006). この河成層はデルタフロントもしくは干潟堆積物に累重し 3 ka 以降に堆積した(小野, 2004; 山口ほか, 2006). なお、標高-3 m 以浅に分布するこの河成層からは淡水生の珪藻が卓越して産出し、一部のコアではその最上部で再び海生～汽水生の珪藻が産出する(小野, 2004). 小野(2004)は、このような河成層の基底の年代を面的に求め、3~2 ka に海岸線が急速に前進したことを明らかにした。また、その急速な前進が“弥生の小海退”の相対的海水準低下(小野, 2004)もしくは堆積域の変化(小野ほか, 2004)によるものであったと考察している。その一方で、川瀬(1998)は、矢作川低地において小野(2004)と同様な手法を用いて、3.0~2.5 ka に海岸線が急速に前進したことを明らかにした。川瀬(1998)も海岸線の急速な前進が“弥生の小海退”の相対的海水準低下に起因したと考察している。矢作川低地では最上部陸成層と対比される地層は、上部砂層(デルタフロント堆積物に相当)に累重し、頂部泥層(氾濫原堆積物に相当)と頂部砂層(河川チャネル堆積物に相当)と呼ばれている。また、矢作川低地では河川チャネルの砂層が標高-1 m 以浅に分布する氾濫原の泥層中にアナストモーズして分布する。

東京低地と中川低地、濃尾平野、矢作川低地では、現在の海水準下に 3~2 ka の氾濫原泥層が分布すること、そして沖積層最上部陸成層に相当する河川システムが、河川チャネル砂層がアナストモーズし氾濫原泥層中にレンズ状に分布するという、海水準上昇期の形態を有することが一致する。しかし、濃尾平野と矢作川低地では東京低地と中川低地でみられるような“弥生の小海退”の低海水準期におけるシート状の河川チャネル砂層はみられない。この点については今後の検討を必要とする。ちなみに東京低地と中川低地では、川瀬(1998)や小野ほか(2001)、小野(2004)の述べるような 3 ka 以降の顕著な土砂供給量の変動は 3.5~1 ka のデルタロープの移動(Fig. 8)や東京低地の同時間地質断面(田辺ほか,

2010a, 田辺 2013)をみても認められない。また、濃尾平野では養老-桑名-四日市断層帯によるテクトニックな沈降(地震調査研究推進本部, 2012)も分離して評価する必要がある。しかし、これらの 3 地域にみられる共通の事象は、“弥生の小海退”の相対的海水準低下とその後の上昇が関東や東海地方において存在し、沖積層最上部陸成層の発達が“弥生の小海退”の相対的海水準変動の影響を受けていた可能性を示唆する。なお、播磨灘などでは佐藤(2008)が述べるように“弥生の小海退”に伴う海水準変動がなかった可能性があり、同じ日本列島でも“弥生の小海退”が認められる地域と認められない地域が存在するのかもしれない。さらに、インドシナ半島の紅河デルタやメコンデルタ、チャオブラヤデルタでは、デルタプレーンに相当する最上部陸成層は、干潟堆積物とそれに累重する地表面の氾濫原堆積物から構成されており、その層厚は低潮面から地表面にかけた数 m しかない(Tanabe et al., 2003a, b, 2006). インドシナ半島のデルタでは、東京低地と中川低地、濃尾平野、矢作川低地のような 10 m 近い厚層を有する河川システムは存在せず、この事象はインドシナ半島では“弥生の小海退”に相当する相対的海水準変動がなかった可能性を示唆する。以上のような“弥生の小海退”の相対的海水準変動の存否は、アイソスタシーの地域的な違いを含めた今後の詳細な検討を必要とする。

ま と め

本論では、15 本のボーリングコア堆積物の堆積相と放射性炭素年代値と 7021 本のボーリング柱状図資料から作成した N 値と岩相の空間分布をもとに、東京低地と中川低地における沖積層最上部陸成層の発達様式を検討した。

15 本のボーリングコア堆積物の深度 10 m 以浅は、堆積相 SP(砂嘴堆積物)と堆積相 DF(デルタフロント堆積物)、堆積相 TF(干潟堆積物)、堆積相 FC(河川チャネル堆積物)、堆積相 FP(氾濫原堆積物)に整理される。このうち河川チャネル堆積物は、マッドクラストを含み、多くのコア地点で侵食面を介して砂嘴堆積物もしくはデルタフロント堆積物に累重する。河川チャネル堆積物と氾濫原堆積物は、既報の最上部陸成層に対比され、それぞれ約 3 ka 以降と約 2 ka 以降に堆積した。

河川チャネル堆積物はボーリング柱状図資料の標高-7 m 以浅に分布する N 値 10 以下の砂層、氾濫原堆積物は標高-1 m 以浅に分布する N 値 5 以下の泥層に対比され、河川チャネル堆積物は局所的に貝化石を含む。この河川チャネル堆積物は、標高-3 m 以深では現在の江戸川と中川の間にシート状に分布するのに対し、地表面近くでは江戸川と中川に沿ってのみリッジ状に分布する。

氾濫原堆積物が標高-1 m にかけて分布することを根拠にすれば、テクトニックと地下水の揚水による沈降量、堆積物の圧密を考慮しても約 2 ka に海水準は現在よりも少なくとも 1 m は低下していたことになる。また、氾濫原堆積物の下位に分布する河川チャネル堆積物の形成時期にはそれよりも海水準が低下していたと考えられる。したがって、完新世中期の高海水準期は約 7~3 ka まで継続、その後海水準は

3 ka 付近で急激に低下し、現在にかけて緩やかに上昇したと仮定できる。

このような相対的海水準変動をもとに、東京低地と中川低地における最上部陸成層の発達様式は次のように分けられる。ステージⅠ(> 約 3 ka)：干潟が分布。ステージⅡ(約 3 ~ 2 ka)：3 ka 付近の海水準の低下によって干潟が剥蝕され河川チャネルが分布。河川チャネルはその後の海水準の停滞に伴って側方移動とアバルジョンを繰り返してシート状の砂層を形成。干潟を剥蝕した結果、河川チャネル堆積物はマッドクラストや貝化石を含んだ。ステージⅢ(約 2 ~ 0 ka)：海水準の上昇によって氾濫原が分布。河道は現在の位置に固定されアナストモーズした。

河川チャネル砂層が、低海水準期にシート状に側方付加し、海水準上昇期にアナストモーズするのは一般的である。また、アナストモーズする河川システムは濃尾平野や矢作川低地の沖積層最上部陸成層においてもみられる。したがって、これらの事象は“弥生の小海退”の相対的海水準低下が関東や東海地方において存在し、沖積層最上部陸成層の発達が 3 ka の海水準低下と停滞、それ以降の海水準上昇の影響を受けていた可能性を示唆する。また、インドシナ半島の沿岸河口低地の沖積層には日本のような厚層の最上部陸成層はみられないが、これはインドシナ半島では“弥生の小海退”に相当する相対的海水準変動がなかった可能性を示唆する。

謝 辞

編集委員の高野 修博士と査読者の廣木義久博士、匿名の査読者には有益なコメントを頂きました。記して謝意を表します。

文 献

- Aslan, A. and Blum, M. D., 1999, Contrasting styles of Holocene avulsion, Texas Gulf Coastal Plain. In Smith, N. D. and Rogers, J. J. eds., *Fluvial Sedimentology VI*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sediment., no. 28, 193–209.
- Bhattacharya, J. P. and Walker, R. G., 1992, Deltas. In Walker, R. G. and James, N. P. eds., *Facies Models: response to sea level change*. Geol. Assoc. Canada, 157–177.
- Blum, M. D. and Törnqvist, T. E., 2000, Fluvial response to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 47, 2–48.
- 江口誠一・村田泰輔(Eguchi, S. and Murata, T.), 1999, 関東平野中央部加須低地における完新世の環境変遷史。地理評(*Geogr. Rev. Japan*), 72, 253–266.
- 遠藤邦彦・関本勝久・高野 司・鈴木正章・平井幸弘(Endo, K., Sekimoto, K., Takano, T., Suzuki, M. and Hirai, Y.), 1983, 関東平野の沖積層。アーバンクボタ(*Urban Kubota*), no. 21, 26–43.
- 遠藤邦彦・小杉正人・菱田 量(Endo, K., Kosugi, M. and Hishida, R.), 1988, 関東平野の沖積層とその基底地形。日本大学文学部自然科学研究所研究紀要(*Proc. Inst. Nat. Sci., Nihon Univ.*), no. 23, 37–48.
- 遠藤邦彦・小杉正人・松下まり子・宮地直道・菱田 量・高野 司(Endo, K., Kosugi, M., Matsushita, M., Miyachi, N., Hishida, R. and Takano, T.), 1989, 千葉県古流山湾周辺域における完新世の環境変遷史とその意義。第四紀研究(*Quatern. Res.*), 28, 61–77.
- 遠藤 毅・川島 眞一・川合政文(Endo, T., Kawashima, S. and Kawai, M.), 2001, 東京下町低地における“ゼロメートル地帯”

- 展開と沈静化の歴史。応用地質(*Jour. Japan Soc. Eng. Geol.*), 42, 74–87.
- 江藤雅佳子・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・中山俊雄(Eto, C., Ishihara, Y., Tanabe, S., Kimura, K. and Nakayama, T.), 2008, ボーリング柱状図資料を用いた N 値と岩相の 3 次元分布モデル—東京低地北部における沖積層の例—。地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), 114, 187–199.
- 平井幸弘(Hirai, Y.), 1983, 関東平野中央部における沖積低地の地形発達。地理評(*Geogr. Rev. Japan*), 56, 679–694.
- 堀口万吉(Horiguchi, M.), 1981, 関東平野中央部における歴史時代の沈降運動と低地の形成。アーバンクボタ(*Urban Kubota*), no. 19, 6–9.
- 井関弘太郎(Iseki, H.), 1962, 沖積低地の基礎的問題点。名古屋大学文学部研究論集(*Jour. Sch. Lett. Nagoya Univ.*), 24, 51–74.
- 井関弘太郎(Iseki, H.), 1983, 沖積平野(*Alluvial Lowland*)*, 東京大学出版会(Univ. Tokyo Press), 145 p.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一(Ishihara, Y., Kimura, K., Tanabe, S., Nakashima, R., Miyachi, Y., Hori, K., Inazaki, T. and Hachinohe, S.), 2004a, 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア(GS-SK-1)の堆積相・堆積物特性と放射性炭素年代。地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), 55, 183–200.
- 石原与四郎・木村克己・中島 礼・宮地良典・田辺 晋・中山俊雄・斎藤 文紀(Ishihara, Y., Kimura, K., Nakashima, R., Miyachi, Y., Tanabe, S., Nakayama, T. and Saito, Y.), 2004b, 東京低地と荒川低地から得られた 3 本のボーリングコアの堆積相と放射性炭素年代：DK コア(江東区新砂), TN コア(足立区舎人公園), HA コア(東綾瀬公園)。地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), 55, 221–235.
- 地震調査研究推進本部(The Headquarters for Earthquake Research Promotion), 2012, 養老—桑名—四日市断層帯の評価。http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01nov_yoro/index.htm. 2012 年 7 月 11 日引用。
- 貝塚爽平(Kaizuka, S.), 1979, 東京の自然史(増補第二版)(*Natural History of Tokyo, 2nd ed.*)*. 紀伊国屋書店(Kinokuniya Shoten), 239 p.
- 川瀬久美子(Kawase, K.), 1998, 矢作川下流低地における完新世後半の地形環境の変遷。地理評(*Geogr. Rev. Japan*), 71, 411–435.
- 小杉正人(Kosugi, M.), 1989, 完新世における東京湾の海岸線の移動。地理評(*Geogr. Rev. Japan*), 62, 359–374.
- 久保純子(Kubo, S.), 1993, 東京低地水域環境地形分類図。文部省科学研究費重点領域研究「近代化による環境変化の地理情報システム」成果(*Result of the MEXT scientific program “GIS of environmental changes inferred by modernization”*)*.
- 久保純子(Kubo, S.), 1994, 東京低地の水域・地形の変遷と人間活動。大矢雅彦(編)(Oya, M., ed.), 防災と環境保全のための応用地理学(*Applied Geography for the Mitigation of Disasters and the Conservation of Natural Environment*), 古今書院(Kokon-shoin Pub.), 141–158.
- 増田富士雄・伊勢屋ふじこ(Masuda, F. and Iseya, F.), 1985, “逆グレーディング構造”：自然堤防帯における氾濫原洪水堆積物の示相堆積構造。堆積学研究会報(*Jour. Sediment. Soc. Japan*), no. 22/23, 108–116.
- Matsuda, I., 1974, Distribution of the Recent Deposits and Buried Landforms in the Kanto Lowland, Central Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitan Univ.*, no. 9, 1–36.
- 松田磐余(Matsuda, I.), 1993, 東京湾と周辺の沖積層。貝塚爽平(編)(Kaizuka, S., ed.), 東京湾の地形・地質と水(*Geomorphology, Geology and Water in the Tokyo Bay*)*, 築地書館(Tsukiji Syokan), 67–109.
- Miall, A. D., 1992, Alluvial Deposits. In Walker, R. G. and James, N. P. eds., *Facies Models: response to sea level change*. Geol. Assoc. Canada, 119–142.
- 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行(Nakanishi, T., Tanabe, S., Kimura, K., Nakashima, R., Uchiyama, M. and Shibata, Y.), 2011a, 埼玉県三郷市彦成地区の沖積層コア(GS-MHI-1)の堆積相・珪藻化石群集組成・物

- 性・放射性炭素年代値. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **62**, 3–46.
- 中西利典・田辺 晋・木村克己・中島 礼・内山美恵子・柴田康行(Nakanishi, T., Tanabe, S., Kimura, K., Nakashima, R., Uchiyama, M. and Shibata, Y.), 2011b, 埼玉県春日部市備後東地区に分布する沖積層の堆積相, 珪藻化石群集, 物性, 放射性炭素年代値. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **62**, 47–84.
- 小野映介(Ono, E.), 2004, 濃尾平野における完新世後期の海岸線変化とその要因. 地理評(*Geogr. Rev. Japan*), **77**, 77–98.
- 小野映介・海津正倫・川瀬久美子(Ono, E., Umitsu, M. and Kawase, K.), 2001, 濃尾平野北東部における埋積浅谷の発達と地形環境の変化. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **40**, 345–352.
- 小野映介・海津正倫・鬼頭 剛(Ono, E., Umitsu, M. and Kito, T.), 2004, 遺跡分布からみた完新世後期の濃尾平野における土砂堆積域の変遷. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **43**, 287–295.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsay, C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E., 2009, Intcal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**, 1111–1150.
- Reineck, H. E. and Singh, I. B., 1980, *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, 551p.
- 埼玉県(Saitama Prefecture), 2012, 地下水地盤沈下対策. <http://www.pref.saitama.lg.jp/site/tikasui-jibantinka/>. 2012 年 7 月 7 日引用.
- 佐藤裕司(Sato, H.), 2008, 瀬戸内海東部, 播磨灘沿岸域における完新世海水準変動の復元. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **47**, 247–259.
- Stuiver, M. and Braziunas, T. F., 1993, Modeling atmospheric ^{14}C influences and ^{14}C ages of marine samples back to 10,000 BC. *Radiocarbon*, **35**, 137–189.
- Stuiver, M., Reimer, P. J. and Reimer, R. W., 2011, CALIB 6.0. <http://intcal.qub.ac.uk/calib/>. 2011 年 1 月 20 日引用.
- 田辺 晋(Tanabe, S.), 2010, 野田地域の地質, 第 6 章沖積層. 地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Noda District, 6, Alluvium. Quadrangle Series, 1: 50,000*), 産総研地質調査総合センター(Geol. Surv. Japan, AIST), 44–54.
- 田辺 晋(Tanabe, S.), 2013, 東京低地と中川低地における最終氷期最盛期以降の古地理. 地学雑誌(*Jour. Tokyo Geogr. Soc.*) (印刷中).
- Tanabe, S., Ta, T. K. O., Nguyen, V. L., Tateishi, M., Kobayashi, I. and Saito, Y., 2003a, Delta evolution model inferred from the Holocene Mekong delta, southern Vietnam. In Sidi, H., Nummedal, D., Imbert, P., Darman, H. and Posamentier, H. W. eds., *Tropical Deltas of Southeast Asia: Sedimentology, Stratigraphy, and Petroleum Geology*. SEPM Spec. Publ. no. 76, 175–188.
- Tanabe, S., Saito, Y., Sato, Y., Suzuki, Y., Sinsakul, S., Tiyaipirach, S. and Chaimanee, N., 2003b, Stratigraphy and Holocene evolution of the mud-dominated Chao Phraya delta, Thailand. *Quatern. Sci. Rev.*, **22**, 789–807.
- Tanabe, S., Saito, Y., Vu, Q. L., Hanebuth, T. J. J., Ngo, Q. L. and Kitamura, A., 2006, Holocene evolution of the Song Hong (Red River) delta system, northern Vietnam. *Sediment. Geol.*, **187**, 29–61.
- 田辺 晋・石原園子・中島 礼・宮地良典・木村克己(Tanabe, S., Ishihara, S., Nakashima, R., Miyachi, Y. and Kimura, K.), 2006a, 東京低地中央部における沖積層の中間砂層の形成機構. 地質学論集(*Mem. Geol. Soc. Japan*), no. 59, 35–52.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行(Tanabe, S., Nakashima, R., Nakanishi, T., Ishihara, Y., Miyachi, Y., Kimura, K., Nakayama, T. and Shibata, Y.), 2006b, 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴の時空間分布. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **57**, 261–288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行(Tanabe, S., Nakashima, R., Nakanishi, T., Kimura, K. and Shibata, Y.), 2006c, 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物(GS-AMG-1)の堆積相と放射性炭素年代, 物性. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **57**, 289–307.
- 田辺 晋・中西利典・木村克己・八戸昭一・中山俊雄(Tanabe, S., Nakanishi, T., Kimura, K., Hachinohe, S. and Nakayama, T.), 2008a, 東京低地北部から中川低地にかけた沖積層の基盤地形. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **59**, 497–508.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼(Tanabe, S., Ishihara, Y. and Nakashima, R.), 2008b, 東京低地北部における沖積層のシーケンス層序と古地理. 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **59**, 509–547.
- 田辺 晋・石原与四郎・中島 礼・木村克己・中山俊雄(Tanabe, S., Ishihara, Y., Nakashima, R., Kimura, K. and Nakayama, T.), 2008c, 東京低地東縁における 2 本のボーリングコア堆積物の堆積相と放射性炭素年代値: MZ コア(葛飾区水元公園), SZ コア(江戸川区篠崎公園). 地調研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **59**, 135–149.
- 田辺 晋・石原与四郎・中西利典(Tanabe, S., Ishihara, Y. and Nakanishi, T.), 2010a, 東京低地から中川低地にかけた沖積層の層序と物性: 沖積層の 2 部層区分について. 地質雑誌(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **116**, 85–98.
- 田辺 晋・中西利典・中島 礼・石原与四郎・内田昌男・柴田康行(Tanabe, S., Nakanishi, T., Nakashima, R., Ishihara, Y., Uchida, M. and Shibata, Y.), 2010b, 埼玉県の中川開析谷における泥質な沖積層の埋積様式. 地質雑誌(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **116**, 252–269.
- 田辺 晋・中島 礼・吉岡秀佳・竹内美緒・柴田康行(Tanabe, S., Nakashima, R., Yoshioka, H., Takeuchi, M. and Shibata, Y.), 2010c, 東京都足立区平野地区から採取した沖積層コア(GS-AHH-1)の堆積相と放射性炭素年代. 地質調査研報(*Bull. Geol. Surv. Japan*), **61**, 453–463.
- 田辺 晋・中島 礼・内田昌男・柴田康行(Tanabe, S., Nakashima, R., Uchida, M. and Shibata, Y.), 2012, 東京低地臨海部の沖積層にみられる湾口砂州の形成機構. 地質雑誌(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **118**, 1–19.
- 東京都港湾局(Bureau of Port and Harbor, Tokyo Metropolitan Government), 2001, 新版 東京港地盤図(*Underground Geological Map of the Tokyo Bay, 2nd ed.*)*, 89 p.
- Törnqvist, T. E., 1993, Holocene alternation of meandering and anastomosing fluvial systems in the Rhine-Meuse Delta (central Netherlands) controlled by sea-level rise and sub-soil erodibility. *Jour. Sedim. Petrol.*, **63**, 683–693.
- 海津正倫(Umitsu, M.), 1994, 沖積低地の古環境学(*Late Quaternary Environment and Landform Evolution of Riverine Coastal Lowlands*). 古今書院(Kokon-shoin Pub.), 270 p.
- 宇野木早苗(Unoki, S.), 1993, 東京湾の水と流れ. 貝塚爽平(編)(Kaizuka, S., ed.), 東京湾の地形・地質と水(*Geomorphology, Geology and Water in the Tokyo Bay*)*, 築地書館(Tsukiji Syokan), 135–186.
- 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大上隆史・大森博雄(Yamaguchi, M., Sugai, T., Fujiwara, O., Ogami, T. and Ohmori, H.), 2006, 木曽川デルタにおける沖積層最上層の累重様式と微地形形成過程. 第四紀研究(*Quatern. Res.*), **45**, 451–462.
- Yoneda, M., Shibata, Y., Tanaka, A., Uehiro, T., Morita, M., Uchida, M., Kobayashi, T., Kobayashi, C., Suzuki, R., Miyamoto, K., Hancock, B., Dibden, C. and Edmonds, J. S., 2004, AMS ^{14}C measurements and preparative techniques at NIES-TERRA. *Nucl. Instr. and Meth. B*, **223–224**, 116–123.

*English translation from the original written in Japanese.

(要 旨)

田辺 晋・石原与四郎, 2013, 東京低地と中川低地における沖積層最上部陸成層の発達様式: “弥生の小海退”への応答. 地質雑, **119**, 350–367. (Tanabe, S. and Ishihara, Y., 2013, Evolution of the Uppermost Alluvium in the Tokyo and Nakagawa Lowlands, Kanto Plain, central Japan: response to the "Yayoi regression". *Jour. Geol. Soc. Japan*, **119**, 350–367.)

日本の沿岸河口低地の沖積層に一般的にみられる最上部陸成層は, これまでその分布深度や堆積年代にもとづいて“弥生の小海退”の根拠とされてきた. しかし“弥生の小海退”の存在は汎世界的なコンセンサスを得ているわけではない. 東京低地と中川低地の最上部陸成層の堆積相と放射性炭素年代値を整理したところ, 最上部陸成層を構成する氾濫原堆積物が標高-1 m 以浅に分布し, 最上部陸成層の下部(標高-7~-3 m, 約 3~2 ka)と上部(標高-3 m 以浅, 約 2~0 ka)で河川システムの形態がシート状からアナストモーズする河川チャネル堆積物へと変化することが明らかになった. シート状とアナストモーズする河川チャネル堆積物はそれぞれ低海水準期と海水準上昇期に一般的である. したがって, これらの事象は, 約 3~2 ka に相対的な海水準が現在よりも低く, その後現在にかけて上昇したことによって整合的に説明することができる.