

関東平野中央部の下総層群：研究の進展と課題

中澤 努¹⁾・中里 裕臣²⁾

はじめに

関東平野は、東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県の1都6県にまたがる日本最大の平野です。面積だけでなく人口もすこぶ多く、日本の人口の約3割が関東平野で暮らしていると言われています。さすがにこれだけ人口が多いと、広い関東平野も過密状態です。昔は人々は地盤のよいところだけに住んでいましたが、今はそうは言っておられません。あまり地盤が良くないところにも家が建ち、そして地表だけでなく地下深くにまでも人工物が建設されつづけています。また、昔の日本人は「湯水のように使う」などと言う表現をし、水が限りのない資源のような扱われ方をしていましたが、これだけ人がたくさん住んでいると水も取り合いです。些細な空梅雨が首都圏を深刻な渇水状態にしてしまうのはこのためと言われています。

このような人口過密状態の首都圏・関東地方で土地を有効利用し、水資源、特に地下水資源を効率的に評価するためには、関東平野の地盤、すなわち関東平野の地下地質を知ることが重要です。広い関東平野の地下地質をくまなく調査するのは大変なことです。ここでは最近研究に大きな進展があった東京・埼玉を例に、表層から約100mまでの深さ、言い換えれば人が利用する頻度が最も高い深度内に分布する、更新統の下総層群と呼ばれる地層について、その特徴と層序研究の意義を述べさせていただきます。

地下に分布する沖積層と下総層群、その研究の温度差

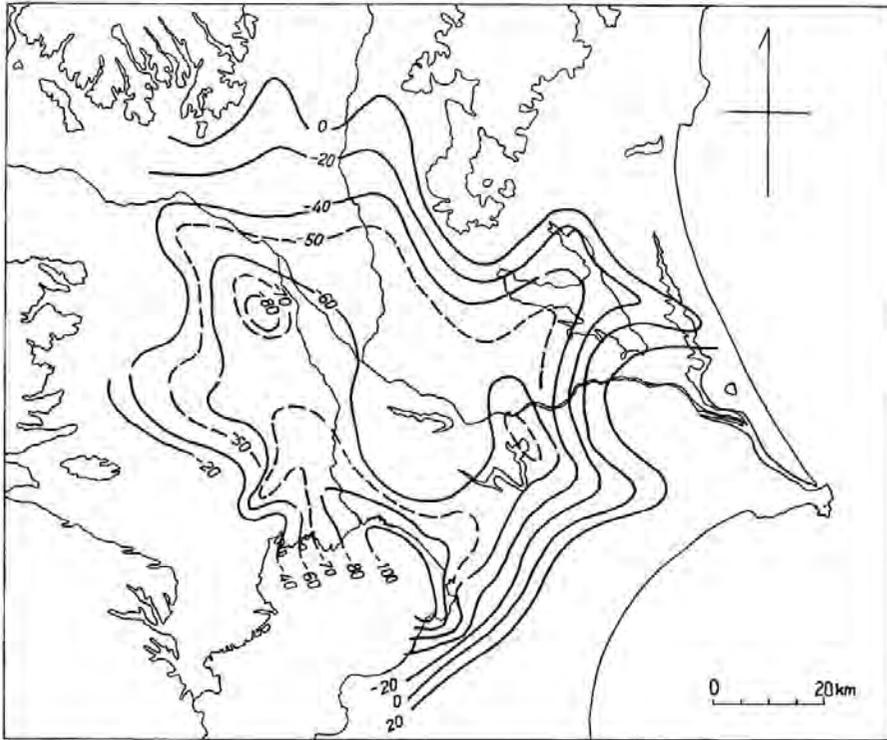
1923年に関東地震(関東大震災)が発生しました。

この時には東京湾岸を中心に低地で多くの家屋倒壊被害がありました。低地の地層の本格的な調査はこの直後に始まりました。当時の復興局が湾岸地域を中心に数多くのボーリング調査を行い、低地の地下に、谷地形を埋めてできた地層が分布することが分かってきました。そしてそれらが主に軟弱な泥層からなることも分かってきました。今では多くの人が知る事実ですが、当時はかなりショッキングな調査結果だったようです。その後、この谷埋め堆積物は、一般に「沖積層」と呼ばれるようになりました。沖積層はこのときから注目され、近年になり、ボーリングのデータが集積され、炭素14法の確立により、精度の良い年代測定ができるようになってからは、沖積層の研究は飛躍的に進展しました。今では沖積層が埋めている谷地形や沖積層の形成過程はかなり詳細に分かっています。

一方、台地の地下地質は沖積層ほど研究がさかんでなかったように思えます。台地の地盤は良好だという認識があったからかもしれません。台地を構成する地層、なかでも浅層に分布する「下総層群」の研究は、地下をボーリング調査するのではなく、台地の縁の崖に露出している地層を観察することで発展していきました。特に、隆起により台地の標高が高く、台地の縁の露頭で地層がよく観察できる南関東(房総や横浜地域)で詳細な研究が行われました。その結果、台地を構成する地層は主に海成層と陸成層が交互にたまってできていることが分かってきました。また、これらは海水準変動により海が繰り返し内陸に入り込んだり退いたりすること(海進-海退)で形成されたと考えられるようになり、1回の海進-海退で形成された、陸成層と海成層のセットを1累層と考え地層を区分していくようになりました。しかし、繰り返される海進-海退によって形成される累層はどれも似た

1) 産総研 地質情報研究部門
2) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

キーワード：下総層群、中-上部更新統、関東平野、テフラ、堆積サイクル



第1図
1970年代に示された下総層群清川層基底の標高分布(菊地・貝塚, 1972)。関東平野中央部では実際よりも少し深めに示されているものの、全体の傾向としてはよく表されているように思える。

ような特徴を持つとともに、場合によっては層相の側方変化が著しいため、層相だけではどの累層であるかを識別することはほとんど不可能です。一方で南関東は真西に箱根火山を抱え、頻繁にテフラ(火山灰層)が挟まれるという特徴があります。そこで箱根火山やより西方の火山起源のテフラを鍵層として用い、それぞれの累層を区別していくようになりました。このような努力の賜ともいえる先達らの地道で丹念な調査によって、10万年サイクルの海水準変動によって形成された地層群がひとつずつ識別され、極めて詳細な層序が編まれていきました。これらの地層は「下総層群」と呼ばれ、テフラのフィッシュントラック年代や既知の海水準変動カーブとの比較から、今から10～45万年前にできた地層であることも分かってきました(増田・中里, 1988; 中里・佐藤, 2001など)。しかし、このような南関東の飛躍的な下総層群研究の進展とは対照的に、台地の比高が低く露頭で地層を観察できない東京東北部から埼玉県東部にかけての関東平野中央部地域の下総層群研究は随分と立ちおくれたようです。東京の台地の地下には古くから貝化石を産出する地層が知られ、それらの地層は「東京層」あるいは「東京層群」と呼ばれていました。そして層相

から、房総半島の下総層群に対比されるだろうと考えられていました。しかし、海進-海退サイクルやテフラに基づく詳細な検討が行われることはなく、「東京層」「東京層群」の定義もあいまいなまま、地層名だけが先行して使われていたように思います。

関東平野中央部の下総層群研究の難しさ

沖積層研究は軟弱な地層が対象となることから、どちらかというと地質調査業界を含めた応用地質畑の地質屋が中心となって進められてきたように思います。一方で下総層群研究はどちらかというと純粋な学術研究を目指す地質屋によって発展していったように思います。そのため下総層群の研究者らはボーリングコアを検討する機会にあまり恵まれていなかったようです。あるいは、コアを検討するよりは、まずは南関東の露頭の詳細な検討で勝負しようという考えもあったのでしょう。1980年代後半までは関東平野中央部で本腰を入れて下総層群研究を行おうとした研究者はあまりいなかったように思います。とはいえ、それ以前から地下水利用の高度化により下総層群研究の必要性は高まってきており、土木・建築工用ボ

ーリングデータや井戸のデータを用いて、下総層群の対比・追跡が行われ始めていました(第1図; 菊地・貝塚, 1972など)。房総半島の下総層群の層序は徐々に確立していった時代ではあったものの、既存のボーリングデータのみから下総層群を追跡していったのは大変な苦勞であったと想像します。しかし、ものによっては対比・追跡の不確かさが混乱を招いたことも事実のようです。

前述のように下総層群のそれぞれの累層は1回の海進-海退によって形成された陸成層と海成層のセットを基本とします。下総層群を対比・追跡していくにはまずはこの堆積サイクルの認識をきちんと行う必要があります。近年は堆積相解析手法の発展により、さまざまな堆積サイクルのパターンが認識され、論理的に累層を認識することができるようになりましたが、当時はまだそのような高度な堆積学の知識もなく、さらに工事用のボーリング柱状データだけでは下総層群の累層(=堆積サイクル)の認識すら困難だったと想像します。また、仮に、ある程度堆積サイクルを認識できたとしても、詳細なテフラの検討なくしては、その堆積サイクルがどの累層に相当するかを識別するのは極めて困難です。そのため累層の対比の間違い、いわゆる「ボタンの掛け違い」をしてしまいやすくなります。下総層群研究の怖いところはこの点にあります。

地下に分布する下総層群の実際の調査

下総層群の層序研究の基本は、堆積サイクルをきちんと認識すること、そしてテフラなどによりそれぞれの堆積サイクルがどの累層に対比されるかを慎重に検討すること、の2点に尽きると思います。できれば、このトレーニングはいきなりコアで始めるよりも野外の露頭で行ったほうが良いと思います。いずれにせよ地下の下総層群を検討するには、まずはコアを観察してきちんと堆積サイクルを認識し対比することが必要です。この点を考えれば、最初から既存の工事用あるいは井戸のボーリング柱状データのみを基に安易に層序を組むのは避けるべきです。大抵は間違えます。最初にコアを観察してその地域の模式的な地層の積み重なり方を理解した後ならば、既存のボーリング柱状データを見ても実際の地層をイメージしやすくなります。

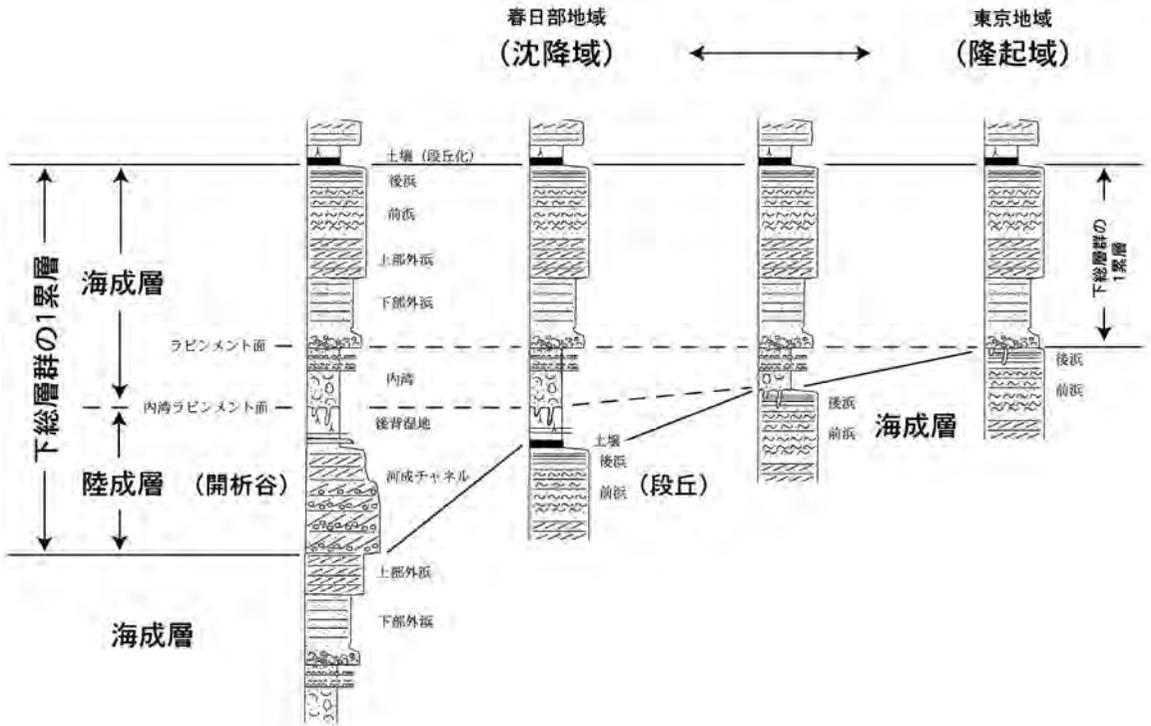
堆積相と堆積サイクル

コア観察においては、堆積相の同定を基に、下総層群の基本的な累層を構成する海進-海退サイクルを認識するわけですが、地下の下総層群を検討した昔の研究は、各累層の基底には必ず砂礫層がある、という概念のもとに地層を区分しているように思えます。実際には下総層群の堆積サイクルはさまざまな堆積相の累重様式があることが知られています。このような研究は前述のように房総半島を中心とした露頭での詳細な調査により明らかにされてきました。下総層群の堆積サイクル内の堆積相累重様式は徳橋・近藤(1989)や菊地(1997)により具体的に示されています。この累重様式が下総層群の堆積サイクルを認識する上での基本となっています。しかし、彼らもこの基本サイクルの一部が欠如することがしばしばあることを指摘しています。また、岡崎・増田(1992)には木下層を例にさまざまな堆積システムにおける累重様式が示されており、とても参考になります。その後の房総半島の下総層群における堆積相の多くの研究例は、どれも関東平野中央部の地下の下総層群を検討する上で参考になります。

第2図に関東平野中央部地域でみられる典型的な堆積相累重様式とその側方変化を示します。このような堆積相累重様式は関東平野中央部では後述する上泉層、藪層、地蔵堂層によく見ることができます。堆積相累重様式の側方変化はそれぞれの地域の構造運動に支配されている面もあるようで、地域により偏りが見られます。また、この図で示したように、海進-海退サイクルと言えども、サイクルの基底に河川成の砂礫層を伴うとは限りません。それどころかサイクル下部の陸成層がすべて欠如し、海成層のみからなるサイクルもしばしば見られます。その場合、海成層の上に直接次のサイクルの海成層が累重することになり、堆積サイクルの認識を困難にします。しかし実際には波浪などにより海底にできた浸食面(ラビンメント面)の同定と海成層の堆積相累重様式から堆積サイクルを認識できる場合が多いです。しかし状態が良いコアでないと堆積相の同定はできません。不攪乱のきれいなコアを連続的に採取することが絶対条件です。

テフラ鍵層

下総層群研究で避けては通れないのがテフラ研究



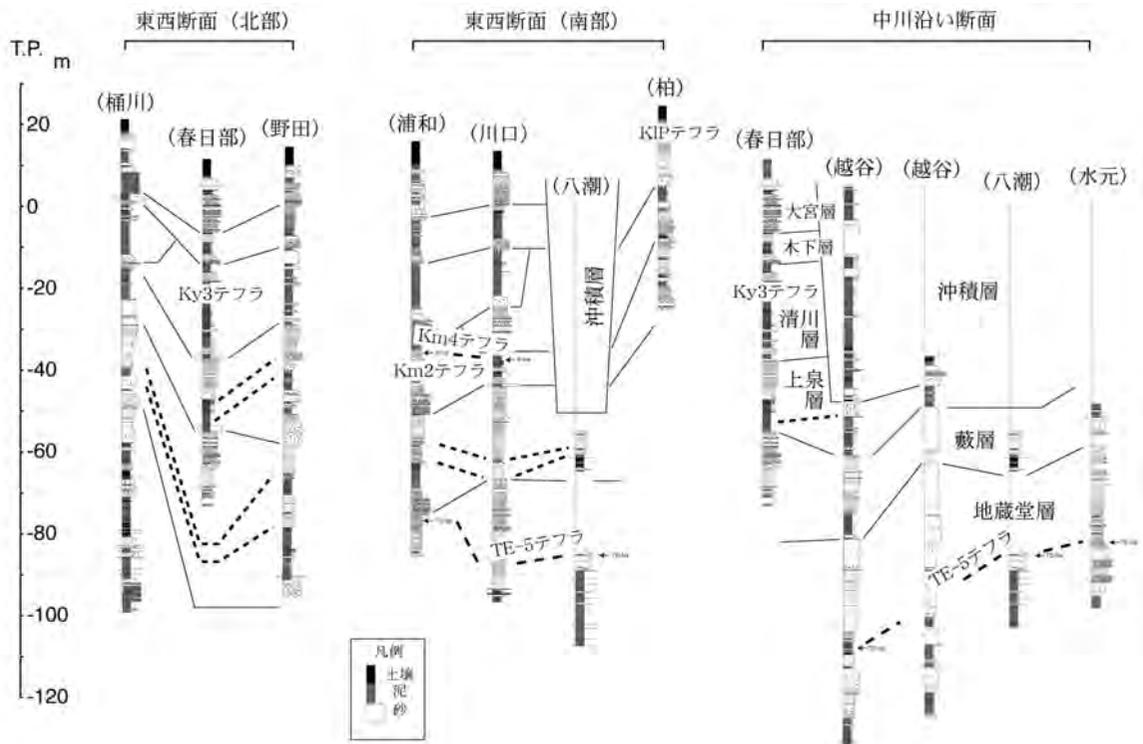
第2図 関東平野中央部で見られる典型的な堆積相累重様式とその側方変化。

です。沖積層の場合、炭素14法の確立により、必要に応じて放射年代を知ることができるようになりましたが、炭素14法の適用年代限界を超える更新統の下総層群については、精度良く簡便に絶対年代を知る術がありません。しかし、幸いなことに房総半島の場合は、真西に、当時頻りに噴火を繰り返していた箱根火山が分布していたことから、地層中に頻りにテフラが挟まれるという特徴があります。先達たちは、主にこれらのテフラを用いて丹念に地層を対比し追跡してきました(杉原ほか, 1978; 徳橋・遠藤, 1984; 中里・佐藤, 2001)。そして幾つかのテフラについてはフィッシュトラック年代が測られ、同時に堆積サイクルの海洋酸素同位体カーブとの対比が試みられてきました。その結果、南関東の下総層群については、更新統の陸成-浅海成堆積物としては世界に例を見ないほど詳細に年代が分かっているとされています。

一方、関東平野中央部はどうかというと、実は難しい点がここにあります。箱根火山のテフラは真東に飛んでいるものが多く、南関東の下総層群には多く挟在するのですが、それより北に位置する関東平野中央

年代	層序区分(累層区分)	テフラ
後期	大宮層	Pm-1
	木下層	KIP
更新世	上部	"常総粘土"
	下部	
	清川層	Ky3 (TB-8)
	上泉層	Km4 Km2 (TCu-1)
	藪層	
	地藏堂層	J4 (TE-5a)

第3図 関東平野中央部における下総層群の累層区分と主要なテフラ。中澤・中里(2005)を一部改変。



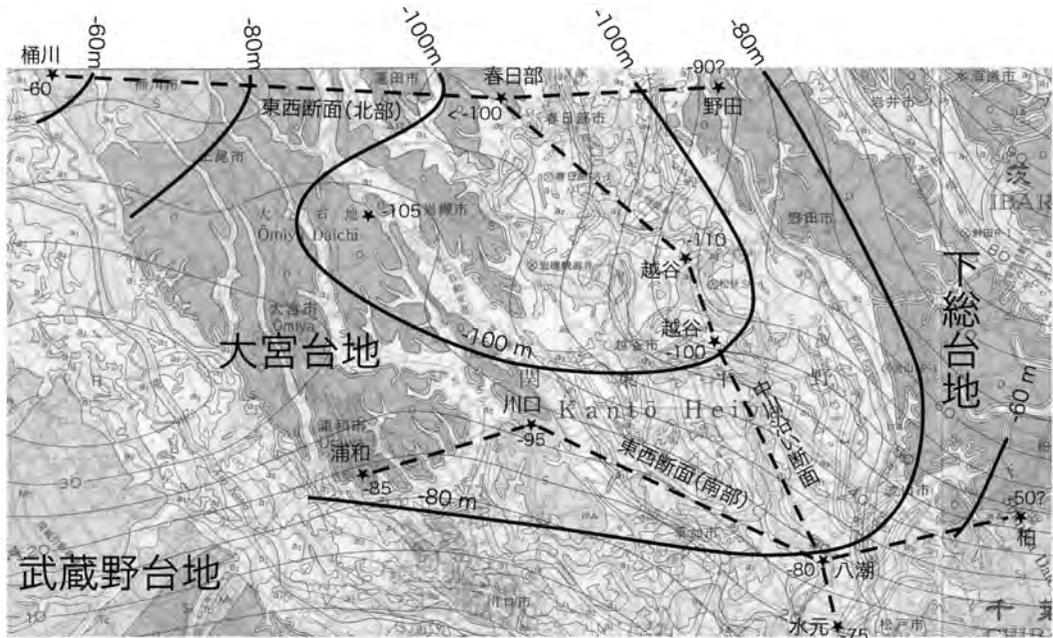
第4図 関東平野中央部における下総層群の柱状図. 柱状図の位置は第5図参照.

部にはほとんど挟まれなくなってしまいます。つまり、房総半島でよく知られる特徴的なテフラが関東平野中央部では見ることができないのです。それでも私たちのグループで多くのボーリングコアのテフラを丹念に検討した結果、房総半島で知られる幾つかのテフラを確認することができました。箱根起源のテフラであっても、なかには少し北寄りに飛んでいるものがあるようで、それらが鍵層になりました。また中部山岳から飛んできているテフラの中にもとても良い鍵層となるものがあるようです。これら幾つかのテフラが見いだされたことにより、やっと房総半島の下総層群と同様の累層の識別と追跡ができるようになりました(第3図; 中澤・中里, 2005; 中里ほか, 2006)。

関東平野中央部の下総層群の分布の特徴

堆積サイクルとテフラの検討に基づく下総層群の累層区分とその分布形態を第4図に柱状断面図として示します。また、下総層群の最下位累層である地蔵堂層の最大海氾濫面(海が最も広がった層準≒最も

細粒の層準)の標高分布を第5図に示します。最初に中川沿いを見ると、東京から埼玉へ向け、北西に分布標高が下がっていくことが分かります。これは従来から言われている、関東造盆地運動の沈降の中心が埼玉県東部にあるということ(第1図)と調和的です。しかし、従来、このように堆積サイクルの認定とテフラから下総層群の累層をきちんと識別した上で分布形態を示した例はなく、その意味では、初めて埼玉側への沈降の分布形態が具体的に示されたと言えます。一方、大宮台地-中川低地-下総台地を横切る東西断面でみると、北部(桶川-春日部-野田断面)では中川低地に隣接する春日部で最も分布標高が低く、この断面に斜交する綾瀬川断層などの地質構造上のギャップが想定されます。これに対し、南部(浦和-川口-八潮-柏測線)は、少なくとも浦和-八潮間はほぼ平坦に地層が分布し、地質構造の大きなギャップはないように思われます。一方で八潮-柏間は大きなギャップが想定され、今後のさらなる検討が必要と思われます。以上を要約しますと、東京東北部から埼玉県東部にかけて分布する下総層群は、中川沿い



第5図 関東平野中央部における地蔵堂層の最大海氾濫面の標高分布。基図には20万分の1地質図幅「東京」(坂本ほか, 1986)を使用。

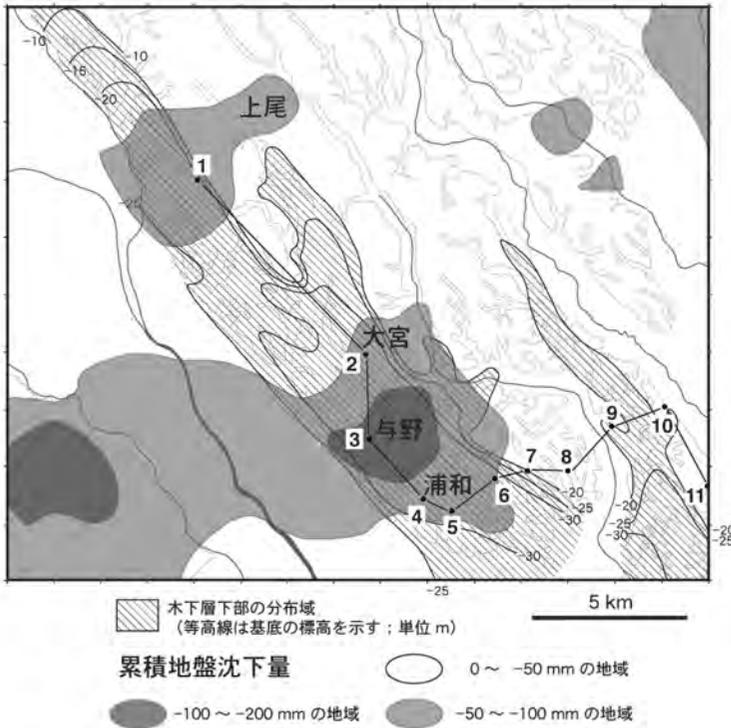
で北西側ほど分布標高が低く、また北部ほど綾瀬川断層に代表される東西断面における地質構造のギャップが大きく、南部ほどそのギャップが小さいということが言えると思います。そして、関東平野中央部の分布標高が低い部分、すなわち沈降が著しい地域には、塩素イオン濃度が異様に高く、同位体組成にも異常がみられる、特異な地下水が存在していることが知られています(林, 2003; 林ほか, 2003)。地質調査総合センターの都市地質プロジェクトでは、現在、綾瀬川断層に直交する測線上での300-400m級の多孔ボーリングと反射法地震探査、そして間隙水の詳細な調査により、地質構造と地下水の水質との関係を探っているところです。これについての詳細は別稿で主担当者に紹介していただくことにしましょう。

台地の下の軟弱泥層：木下層の谷埋め堆積物

大宮台地の地下に分布する下総層群を調べていくと、さいたま市(旧大宮市、与野市、浦和市)を中心に、標高-30m以浅に貝化石が散在する泥層が厚く分布することが分かってきました(第6図; 中澤・遠藤, 2002; 中澤ほか, 2006)。土質柱状データの標準貫入

試験結果をみると、それらの泥層は概ねN値10以下、多くの場合5以下という軟らかいものであることが分かりました。また、たくさんの土質柱状データを調べてみると、その泥層は昔の谷を埋めるように分布していることが分かりました。前述の沖積層に似た層相・分布形態です。上下の地層に挟まれるテフラから判断すると、この泥層は主に14~12万年前に堆積した木下層という地層に相当することが分かりました。

下総層群はおよそ10万年のサイクルを持つ海水準変動に対応して形成されています。過去80万年の間は、汎世界的にも10万年サイクルの海水準変動が顕著であったことが知られています。つまり約10万年ごとに海面の低下が起こるわけですが、このうち約14万年前には約2万年前の最終氷期最盛期と同じかそれ以上の海面の低下があったことが知られています(Rohling *et al.*, 1998)。海面が低下すると、河川の下刻が激しくなり、より深い谷地形が形成されることが予想されます。実際に約2万年前には、現在、沖積層に埋積されている大きな谷地形が形成されました。同様なことが約14万年前にも予想されます。大宮台地の地下にみられる谷埋め状の軟弱泥層(木下層)はまさにこの時期の谷地形を埋積した地層なのです。



第7図

大宮圏幅地域における昭和63年1月から平成10年1月までの累積地盤沈下量（関東地区地盤沈下調査測量協議会，2000に基づく）と木下層谷埋め泥層の分布（中澤・遠藤，2002に基づく）。

房総・姉崎地域
(模式地)

関東平野中央部

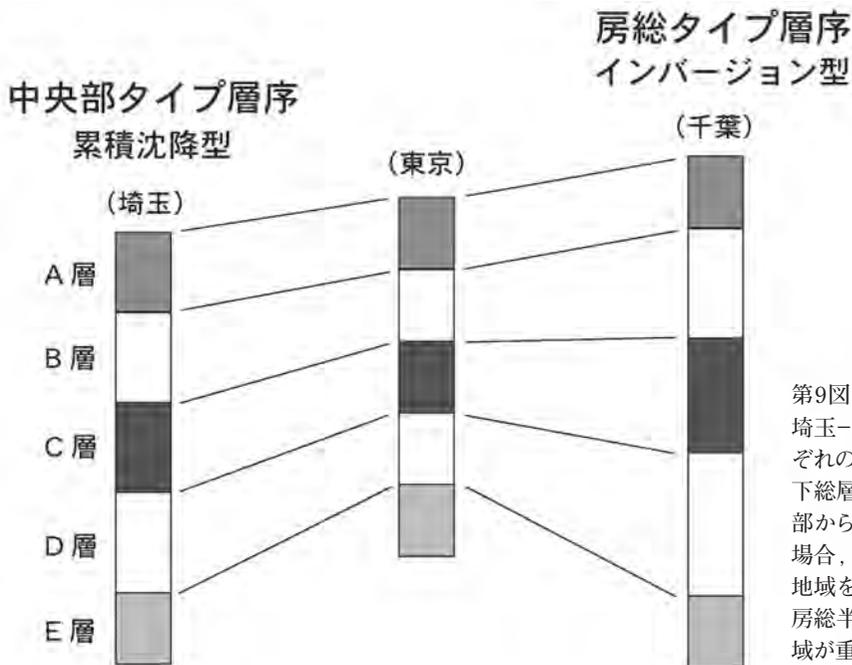


第8図

上総-下総層群境界認定の問題点。

ですが、これは下総層群の定義に大いに関係があります。現在最も広く受け入れられている下総層群の定義は、徳橋・遠藤(1984)によるものです。これは、房総半島の姉崎地域において、上方に浅海化する上総層群に連続して、初めて陸成層が現れる層準から上位を「下総層群」とする、というものです。この定義に基づけば、姉崎地域において初めて陸成層が現れるのが地蔵堂層であるため、下総層群の最下位の累層は地蔵堂層であり、地蔵堂層の基底が下総層群-上総層群の境界となります。一方で下位の上総層群

はより深い海でたまった泥層を主体とするため、上位の下総層群と異なる層相をなすわけです。定義としてはとても合理的なものだと思います。しかし注意してはいけないのは、この層相の特徴はあくまで姉崎地域での特徴であり、場所が変われば層相も変わるということです(第8図)。当然のことです。にもかかわらず、今でも関東平野中央部においては、海成泥層が中心の部分为上総層群、その上位の海成砂層および陸成の砂礫層・泥層を中心とする部分が下総層群、という観念が浸透しているように思います。こ



第9図
埼玉-東京-千葉地域における、それぞれの地域のテクトニクスに対応した下総層群の分布形態。関東平野中央部からの地下水の流出経路を考える場合、東京に代表されるテクトニクス地域を介さず関東平野中央部型から房総半島型へダイレクトに漸移する地域が重要。

の観念を否定するデータは、遠藤ほか(1991)により初めて示されました。この論文では古地磁気と石灰質ナノ化石を用いて江戸川河口付近で掘削したコアの年代を検討し、これまで層相から下総層群に相当すると考えられた部分に上総層群が含まれることを明らかにしました。しかし、この明快なデータが提示されて以降も、下総-上総層群の層相だけによる認定がしばしば見受けられるようです。ただし無理もないように思います。多くの地下地質調査ではコアを使って年代を詳細に検討することはできませんから、当然層相だけから判断することになります。実際にそのような解釈をしているのは物理探査の報告によく見かけます。また、徳橋・遠藤(1984)とは異なる定義があることも混乱のもととなっています。その代表的なものが、房総の市宿層の基底に相当するとされる東京湾不整合(楡井ほか, 1975; 楡井, 1981)を上総-下総層群境界とする考えです。これは徳橋・遠藤(1984)の定義に基づけば上総層群の上部に相当します。これらは定義なのでどちらが正しいというわけではありません。このような混沌とした状況のなかで、関東平野中央部の層序を研究する者としては、累層単位で地層の対比を行い、徳橋・遠藤(1984)の定義による下総-上総層群境界、すなわち地蔵堂層の基底が実際にはどのくらいの深度になるのか、さらには

東京湾不整合あるいは従来下総-上総層群境界とされた層相境界が実際にはどの層準に相当するかを正確に提示することが必要と考えます。その上で既存の地下地質データを見直せば、更新世のテクトニクスを再考できる可能性があります。

もうひとつ重要なのが、埼玉-東京-千葉と考えたときのテクトニクスの地域変化です。従来、関東平野中央部と呼ばれる埼玉県東部は関東造盆地運動の中心と言われ、沈降が最も著しい地域と言われてきました。同時に房総半島も過去に顕著に沈降していた時期があったと考えられています。しかし、房総半島は段丘堆積物をみると少なくとも12万年前以降は隆起に転じ、相対的に埼玉県東部が唯一の沈降の中心となったようです(菊地, 1980)。このようなテクトニクスの変化が、広い範囲で見た場合、地下の下総層群の分布形態を複雑にしていると考えられます(第9図)。埼玉から東京へ南東方向に下総層群を見ていくと、東京に向け分布が浅くなり層厚も薄くなります。同時に段丘面の標高も幾分上昇します。さらに千葉側に目を向けるとさらに段丘面の標高も上昇します。しかし、それとは対照的に地下の下総層群の分布深度は深くなり層厚は増していくようです(中里・佐藤, 1988)。これは前述のように、房総半島では顕著な沈降から最近になって隆起に転じたことに起因すると

考えられます。一方の関東平野中央部は、沈降速度はそれほどでもないのですが継続的に相対的な沈降を続けていたようです。重要なのは、この継続的に沈降する関東平野中央部と、沈降から最近になって隆起に転じた房総半島のテクトニクスの地域境界がどこになるかです。つまり段丘高度とは無関係の地質構造が地下に存在するわけで、それを明らかにすることが重要だと考えます。これは特に水文地質構造を考える上で重要になると考えられます。現在の関東平野中央部に停滞気味の地下水がどの道筋で流出していくか、それを解く鍵がこのテクトニクスの境界にあるのではないかと思うからです。この意味では下総台地の北部地域が最重要な対象と考えています。

おわりに

以上、関東平野中央部における下総層群研究の進展と課題について述べさせていただきました。この地域の下総層群研究は古くから手は付けられていましたが、本格的に開始されたのはごく最近と考えることができます。しかし筆者らのグループはまだ東京東北部から埼玉県南東部の狭い範囲でしか詳細な調査を行っていません。それどころか、この範囲内においても新たなコアを観察するたびに発見があるほどです。首都圏という極めて重要な地域の地下浅部にありながら、ここまで未解明の地層が存在するのはある意味不思議なくらいですが、それが現状です。またこの点に関東平野中央部の下総層群研究のやりがいがあることは間違いありません。今後とも筆者らのグループではこの研究を続けたいと思いますが、同時に既存のコアの情報がありませんでしたら是非ご連絡いただければ助かります。よろしくお願いいたします。

謝辞：寄稿を勧めていただいた玉生志郎氏に御礼申し上げます。

文 献

- 遠藤秀典・上嶋正人・山崎俊嗣・高山俊昭(1991)：東京都江戸川区GS-ED-1ボーリングコアの古地磁気・石灰質ナンノ化石層序。地質学雑誌, 97, 419-430.
- 林 武司(2003)：関東平野中央部に見られる低酸素水素同位体比・高Cl濃度地下水帯の三次元的分布と成因。日本水文学会誌, 33, 53-70.
- 林 武司・内田洋平・安原正也・丸井敦尚・佐倉保夫・宮越昭暢(2003)：水質・同位体組成からみた関東平野の地下水流動。日本水文学会誌, 33, 125-136.
- 関東地区地盤沈下調査測量協議会(2000)：関東地域累積地盤沈下量図(自昭和63年1月 至平成10年1月)。関東地区地盤沈下調査測量協議会。
- 菊地隆男(1980)：古東京湾。アーバンクボタ, 18, 16-21.
- 菊地隆男(1997)：下総層群の層序と構造の形成過程。地球科学, 51, 117-132.
- 菊地隆男・貝塚爽平(1972)：関東平野地下の成田層群。日本地質学会第79年学術大会「地盤と地下水に関する公害」討論会資料, 99-110, 日本地質学会。
- 増田富士雄・中里裕臣(1988)：堆積相からみた鹿島-房総隆起帯の運動像。月刊地球, 10, 616-623.
- 中澤 努・遠藤秀典(2002)：大宮地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 41p., 産総研地質調査総合センター。
- 中澤 努・中里裕臣(2005)：関東平野中央部に分布する更新統下総層群の堆積サイクルとテフロクロロジー。地質学雑誌, 111, 87-93.
- 中澤 努・中島 礼・植木岳雪・田辺 晋・大嶋秀明・堀内誠示(2006)：大宮台地の地下に分布する更新統下総層群木下層のシーケンス層序学的研究。地質学雑誌, 112, 349-368.
- 中里裕臣・佐藤弘幸(1988)：下総層群上泉層中のKm²テフラ。地質学雑誌, 94, 793-796.
- 中里裕臣・佐藤弘幸(2001)：下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動。第四紀研究, 40, 251-257.
- 中里裕臣・中澤 努・水野清秀(2006)：関東平野中部～東部の中・上部更新統の編年。月刊地球, 28, 17-23.
- 楢井 久(1981)：堆積盆中の地下水流動史と地殻変動 南部関東構造盆地を例として。杉山隆二・池辺 穰・星野通平・柴崎達雄編「堆積盆中の流体移動」, 東海大学出版会, 151-174.
- 楢井 久・樋口茂生・原 雄・古野邦雄(1975)：東京湾東岸地下における上総層群中の不整合現象について。地質学雑誌, 81, 559-565.
- 岡崎浩子・増田富士雄(1992)：古東京湾地域の堆積システム。地質学雑誌, 98, 235-258.
- Rohling, E. J., Fenton, M., Jorissen, F. J., Bertrand, P., Ganssen, G. and Caulet, J. P. (1998) : Magnitudes of sea-level lowstands of the past 500,000 years. Nature, 394, 162-165.
- 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢昭・岡 重文(1986)：20万分の1地質図幅「東京」, 地質調査所。
- 杉原重夫・新井房夫・町田 洋(1978)：房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロロジー。地質学雑誌, 84, 583-600.
- 徳橋秀一・遠藤秀典(1984)：姉崎地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 136p., 地質調査所。
- 徳橋秀一・近藤康生(1989)：下総層群の堆積サイクルと堆積環境に関する一考察。地質学雑誌, 95, 933-951.
- NAKAZAWA Tsutomu and NAKAZATO Hiroomi (2007) : Pleistocene Shimosa Group in central part of Kanto Plain, central Japan: Overview.

< 受付：2006年12月15日 >