

- (3) 農林省(1972): 農業用地下水の利用実態と対策
- (4) 東海農政局計画部(1978): 東海地方の農業用地下水(その1)
- (5) 環境庁水質保全局(1983): 昭和56年における地盤沈下地帯の概況
- (6) 東海三県地盤沈下調査会(1981): 昭和55年における濃尾平野の地盤沈下の状況
- (7) 飯田汲事(1974): 地盤沈下の実態とその対策に関する調査報告, 濃尾平野南部地域の地盤沈下の実態とその解析
- (8) K. IIDA・K. SAZANAMI・T. KUWAHARA and K. UESHITA (1976): Subsidence of the Nobi Plain, The 2nd Int. Symposium on Land Subsidence. 1976.
- (9) 柴崎達雄・水収支研究グループ(1976): 地下水盆の管理
- (10) 桑原徹(1972): 濃尾平野の地盤沈下, 地盤と地下水に関する公害, 日本地質学会第79年学術大会資料
- (11) 桑原徹・植下 協・板橋一雄(1977): 濃尾平野の地盤沈下, 土と基礎, Vol. 25, No. 6.
- (12) 古川博恭・清水 治(1972): 濃尾平野の地下水問題, 地盤と地下水に関する公害, 日本地質学会第79年学術大会資料
- (13) 藤田和夫(1983): 日本の山地形成論, 蒼樹書房
- (14) 農林水産省構造改善局資源課(1981): 農業地域における地盤沈下の概要

## 第2節 地域の地下水

### 1. 濃尾平野

#### (1) 地形・地質

##### 1) 地形および平野の開発

濃尾平野は、木曾川、長良川、揖斐川および庄内川の流域に発達した面積約 $1,300\text{ km}^2$ をもつ日本有数の大平野である。平野は水も豊かで、1930年頃はほぼ全域が地下水の自噴帶であり、その中心地、大垣市は水の都と称せられた。豊富で良質な地下水は繊維や化学工業の発達に大きく貢献し、中京工業地帯の重要な立地条件となってきた。

しかし、1960年以降になると、自噴帶は急激に縮小し、地下水位も年々低下の一途をたどり、単に地下水障害にとどまらず、平野南部を中心として大地が沈むという巨大災害にまで至っていることは、今日広く知られているところである。

濃尾平野の北東および北西には、木曾川をはじめとする大小河川によって形成された扇状地群がよく発達し、その先に氾濫原、さらに下流には三角洲性低地および干拓地が広がる。行政的には、愛知県、岐阜県、三重県にまたがり、14市39町8村が含まれる。

濃尾平野は、その西を養老山地に接し、台地の発達は未熟である。しかし、東は中、低位段丘を主とする台地がよく発達し、それは尾張丘陵へと高度を高めてゆく。一方、北側は古生層からなる濃尾山地と接し、その境界線は平野の中に島状に古生層が取り残されているのも含めて、複雑な出入りをみせている。図2-5-9は平野の概観を示したもので、以下に個々の地形の特徴について述べる<sup>(1)</sup>。

**犬山扇状地(F-1)**: 犬山市の西を扇頂部として、木曾川のつくる見事な扇状地が平野北東部に広がる。扇頂部の標高は50m、扇端部はほぼ10mを連ねた付近にあり、地形の勾配は1/300とやや急である。扇状地の半径は、およそ十数km、面積は百数km<sup>2</sup>にも広がっている。扇状地形をよくみると、扇頂部を中心として、数条の谷地形が放射状に延び、地形に変化を与えてい

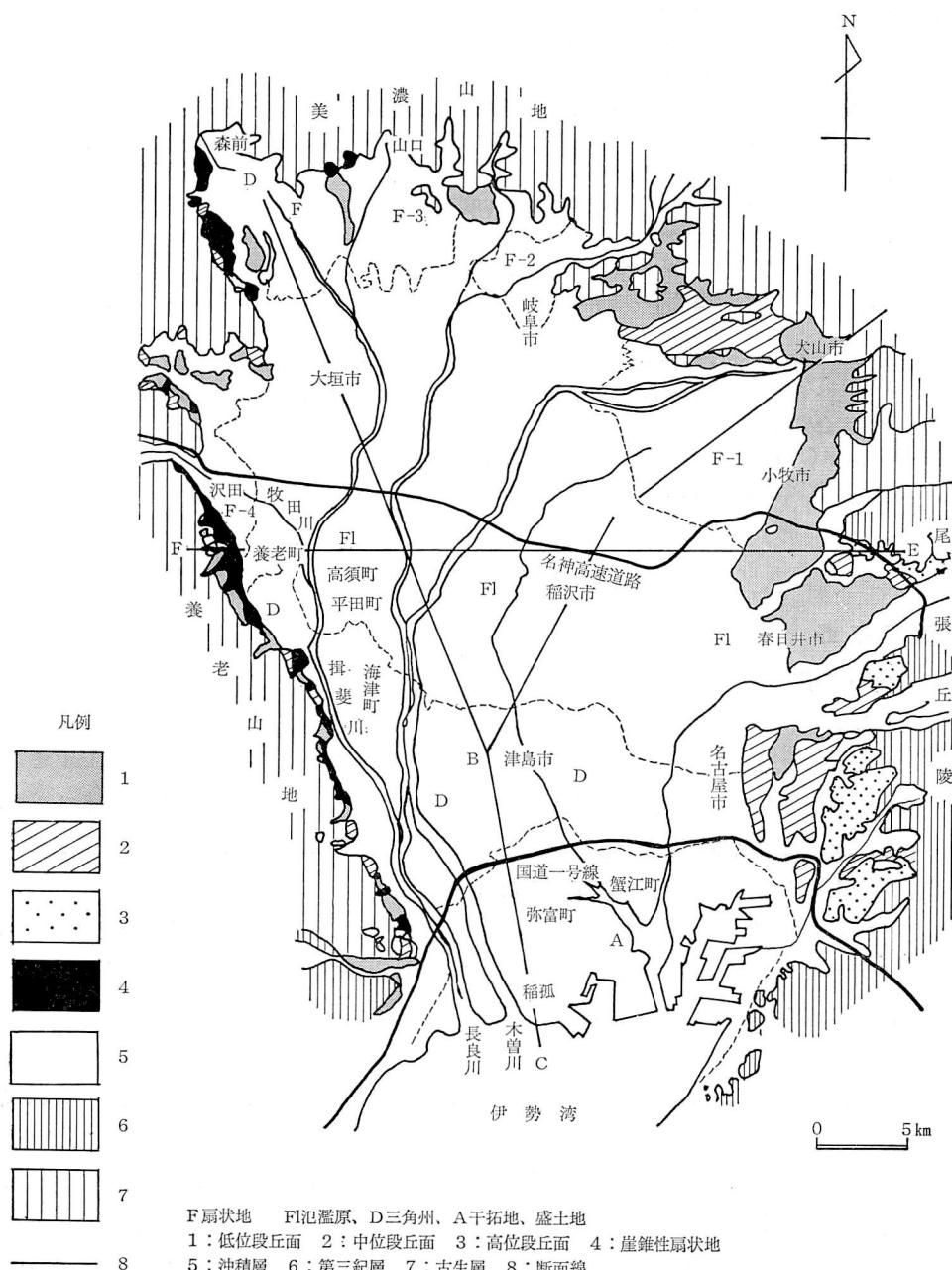


図2-5-9 濃尾平野の地形、地質概要図

る。これは木曾川が堤防によって締め切られる前の派川の跡で、頻繁に河道を変遷してきたのがわかる。一方で、河道の固定は、堤外地に多量の土砂の堆積をもたらし、天井川が形づくられるようになる。扇状地を構成する礫をみると、扇頂部から扇端部にかけて、その大きさを急激に小さくしている。

**長良川扇状地 (F-2):** 岐阜市の市街地は長良川扇状地上に位置している。扇頂部の標高は 20 m,

扇端部標高は 10 m、平均地形勾配が 1/600 であり、犬山扇状地の 5 分の 1 程度の広さをもつ。

**揖斐川扇状地 (F-3)**: 揖斐川、粕川、根尾川などの運搬、堆積により形成された本扇状地は、その扇頂部を揖斐川の森前、根尾川の山口付近にもち、標高が約 80 m であり、扇端部は標高 15 m を連ねた付近にある。地形の勾配は 1/200 程度と急である。

**養老扇状地 (F-4)**: 養老山地から平野へ流入する牧田川および相川がつくる本扇状地は、養老町沢田を扇頂部としてその標高が 45 m であり、その扇端部は標高 5 m を連ねる付近にあって、おおよそ 1/150 の地形勾配をもつ。現存する自噴帶は本扇状地末端部に沿って分布する。地元では、この湧泉を「ガマ」と呼んでいる。

また、養老山地および伊吹山地の山麓には、標高が 50~150 m および 20~100 m の崖錐性の扇状地が分布する。それぞれの沢の末端に発達したこれら扇状地は小規模であるが、1/30 の急な勾配をもつ。

**氾濫原 (F1)**: 扇状地から続く平野中央部は、地形勾配が著しく緩くなるとともに、構成堆積物も扇状地の礫質に対し、砂質部分が卓越するようになる。木曾川をはじめ木曾三川の氾濫原に当り、おおむね 2.5 m の標高まで広がっている。氾濫原には、旧河道、蛇行跡、自然堤防や微高地などがよく残されている。水はけがよく、土地が高くて洪水を避けやすい自然堤防上には、古くから集落が発達してきている。とくに、土砂運搬量の大きい木曾川沿いの自然堤防の発達と分布は顕著なものがある。

**三角洲低地 (D)**: 泛濫原の下流域は、三角頂面のつくる三角洲低地が広がる。この地域になると、自然堤防や微高地の発達は著しく貧弱となり、最小勾配 1/5,000 前後のきわめて低平な平野がつづく。海拔ゼロメートル前後の高さをもつこれらの三角洲は、各河川が堤防によって固定されたために堆積物の供給が絶たれ、三角洲が未発達のままに置かれ、さらに、地盤沈下の激甚地域と重なったことから、広大な排水不良地域となっている。

**干拓地 (A)**: 国道 1 号線をほぼ境として、以南は、主に 1600 年以降、造成された海面干拓地である。自然の陸化と異なり、潮止めの堤を築き、塩水を排除したままの、いわゆる人工平野であり、ほとんど海面下にある。

木曾川は、その源を長野県東筑摩郡鉢盛山にもち、ほぼ南西に流路をとりながら、岐阜県の山あいに渓谷を刻みつつ流れ下り、犬山市に至って平野に入る。流域全体に占める山地面積は、90 %にも達し、長良川の 75%、揖斐川の 80% に比べ、かなり大きい。このため豊富な水量に恵まれ、古くから農業用水を中心とした利水が盛んであった。その一方で、洪水に対する治水もなおざりにできず、利水と治水が表裏一体となって、木曾川の変遷史をかたちづくってきている。

平野はかつて、木曾川などの大小河川が気ままに河道を変えていたため、ひとたび、洪水になると激甚な被害をもたらした。このため、木曾川および支流の河道を整理して締切る工事や木曾三川の分流などの工事が行われてきており、工事そのものが治水としての歴史であった。1603 年(慶長 13 年)、徳川幕府は、木曾川左岸、犬山市から弥富町まで 48 km の大連続堤を完成させた。これは、いままであった堤防を整理統合したものであったが、木曾川の諸派川をすべて締切り、おかげいづつみ 洪水の際、木曾川の水は美濃側(岐阜県側)へ放流するものであった。これが有名な御園堤で、尾張親藩(愛知県側)の洪水防衛とともに、名古屋城の築城と合せて西国からの侵入を防ぐ軍事

上の意図もあったとされる。

西に片寄って流れる三川は、木曾川、長良川、揖斐川の順に河床が低くなっている。このため流域の大きな木曾川が大洪水となった場合、溢れた水は長良川以西の低地に流れこみ、いつも大きな被害をもたらした。このことから三川が平行して流れるあたりに強固な分流堤を設けることが治水の基本となり、1753年（宝暦3年）の薩摩藩による分流工事以降、明治に入っても引き継がれ、現在にみるような堤の姿が1900年代になって完成している。

一方、このように治水工事が進み、耕地の整備が広がると、かんがい用水の確保が必要となってきた。古くから用水は豊富であったものの、堤による締切りのため、取水地点が限られるようになつた。

木曾川の締切地点に2つの取入口が設けられたのは1608年（慶長13年）のことである。大野机と般若机と呼ばれ、派川跡を利用し、あるいは用水路でつなぎ、下流の既存水田に供給した。この水路が大江および般若用水である<sup>(2)</sup>。この2つの取入口は、いずれも河床変動の激しい木曾川からの自然流入であったため、洪水のたびに取水地点に土砂が堆積し、これを取り除くのに多大な労力を必要としてきた。1628年、ついに堆砂のため大野机は取水不能となり、新たに宮田地点に移された。

その後、千拓開田など耕地の拡大に伴って、大江用水は、次々と支線が設けられるようになった。一方、般若机も1790年に宮田地点に合せられ用水路も延長されて、新般若用水と呼ばれるようになる。

既成田および千拓田への用水の確保と同時に、新田開発に対する意欲も大きく、当時（17世紀頃）、人々の目は平野北東部のいまの小牧市を中心とする台地に向かわれた。

水源が乏しいため、原野のまま残してきた小牧市から春日井市に広がるこれら台地は、1633年に入鹿池がまず完成し、約800haの新田が開発され、続いて1650年には、犬山城直下流の派川跡に取水施設が設けられ、そして「大井堀」と呼ばれる水路を開削し、その一部は五条川にも分流し、周辺一帯の開田が進められた。さらに、1664年、春日井市周辺の台地を開田するため、新木津用水が新設されている。明治に入っても失業藩士を授産するため、開田は一層進められ、新木津用水掛りの新田面積は、1900年代には800haに達している。

図2-5-10は、愛知県尾張地方の用水の概要を示したものである。新若般、大江、奥井などの幹線用水の総称として呼ばれる宮田用水は、取水地点が堆砂のため、絶えず取水困難に陥りやすいことや、下流域の水の需要に応じて水路が延長されてきたため、配水に支障をきたすなど、大きな問題をかかえた用水路であった。このため、取水施設の改良、幹線用水路の整備、水の効率的利用と配分を図ることを目的として、1957年から濃尾用水事業が始まられた。この事業は1968年に完了した一期事業と、1969年より始められた二期事業とに分けられる。

一期工事は、約7,300haを受益地とし、犬山城直下の木曾川本流に頭首工を設け、宮田、木津、羽島の各用水の取入れを合口するとともに、幹線水路45kmの改修が行われた。

二期工事は、老朽化の著しい大江、新般若、井奥などの用水路の改良および配水施設の更新を目的とし、用水路の延長は約61km、受益地は11,700haの農地に及んでいる。

木曾川の水を治め、あるいは水を得て発展してきた濃尾平野も、戦後の経済成長は第二次産業

による生産活動の活発化と、居住地域の拡大化をもたらし、著しい変貌をとげつつある。そのことは、また長い歴史をもつ農業生産活動と錯交し、用地、用水の需要関係、水質の劣化、排水不良などの今日的なテーマを介在させることとなり、新たな問題の解決に迫られている。

長良川は、岐阜県の高鷲村大日岳に源を発し、中小の河川を合わせて、南へ流れて濃尾平野に入る。水質は三川中、最も良質で、岐阜市の上水道や北伊勢工業用水の取水が行われている。その長さは約140kmである。

揖斐川は、源を岐阜県徳山村冠山にもち、濃尾山地の溪流を集めて、平野に入る。平野では、最も西側を流れ、河床勾配は緩く、感潮域も長い。川の長さは三川で一番短く、約100kmである。

木曾川右岸から養老山地にかけての氾濫原は、濃尾平野でも最も低い地域となっている。さらに、幕藩時代は、「美濃（岐阜県）の堤は御畠堤より3尺低かるべし」という政策もあって、この地域は繰り返される三川の氾濫に絶えず苦しんできた。そこで、水害から土地と集落を守る手段として発達してきたのが、輪中と呼ばれるもので、はじめ家族単位であったものが、集落単位あるいは村の大きさへと拡大してきた。最初に集落全体を完全に囲う輪中堤ができたのは、1319年

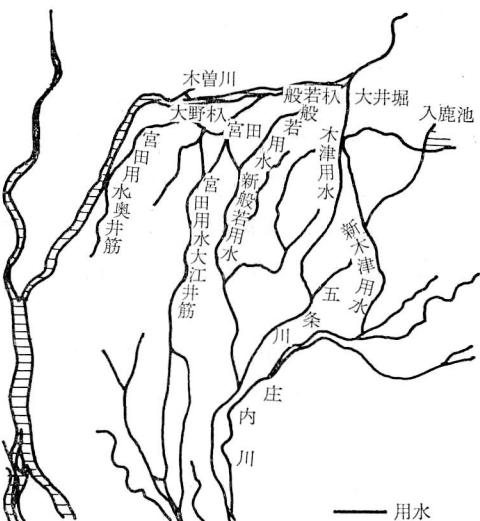


図2-5-10 愛知県の用水概要  
(愛知県<sup>(2)</sup>による)



図2-5-11 濃尾平野、輪中分布図 (経済企画庁<sup>(3)</sup>による)

の高須輪中とされていて、今日、その数は木曾川左岸の5輪中を含めて45ほど知られている(図2-5-11)。

輪中の発達は、その外にあっては、河床の上昇をもたらし、そのことが、さらに輪中堤の嵩上げとなって、堤頂が民家の屋根より高いといった風景を生み出している。また、輪中の内にあっては、かんがい用水、生活用水確保のための利水と、その一方で排水処理の困難性という内部矛盾をかかえ込むものであった。そのため、輪中の上流部での掘抜井戸数は限定され、井戸の使用者は、その権利を必要とし、無断で掘ることを固く禁止されていた。これが株井戸制といわれるもので、明治に入

ってもしばらくつづいていた。

## 2) 平野周辺および平野地下の地質

平野の西側は、標高 900 m 内外の高さを連ねる養老山地が平野間近にせまり、その斜面は急傾斜となって平野に接する。平野北側の美濃山地と同様、美濃帯に属する非変成の中、古生層からなり、硬砂岩、硬質頁岩、礫岩、チャート、一部に石灰岩が分布する。

平野の東側は、知多半島から連なる丘陵が広く分布し、尾張丘陵と呼ばれる。尾張丘陵は、第三紀鮮新世中期から第四紀更新世初期にかけて堆積した、非海成の粘土、砂、礫および凝灰層からなる。これらは瀬戸層群（横山、1950）と呼ばれ、東から西へ緩く傾斜し、そのまま平野地下へと潜入している。層厚は丘陵で 100 m 程度であるが、平野地下では、南西に向かって次第に厚さを増し、1,000 m 以上に達する。瀬戸層群は、下位の瀬戸陶土層と、上位の矢田川累層とに分けられる。瀬戸陶土層は主に花崗岩起源の粘土、砂からなり、一部が陶土層を形成し、風化しにくい部分は珪砂層となって、それぞれ陶磁器やガラスの原料となっている。矢田川累層は、瀬戸層群の大部分を占め、礫層、砂層、シルト層の互層からなり、ほかに凝灰岩層や亜炭層が挟在する。瀬戸層群は、三重県では、奄芸層群、愛知県知多半島や西三河地方では、常滑層群と呼ばれている。

尾張丘陵から続く台地は更新世の堆積物からなる。台地は、平野の東部に分布し、その高さからおおむね 3 つの段丘面が識別される。

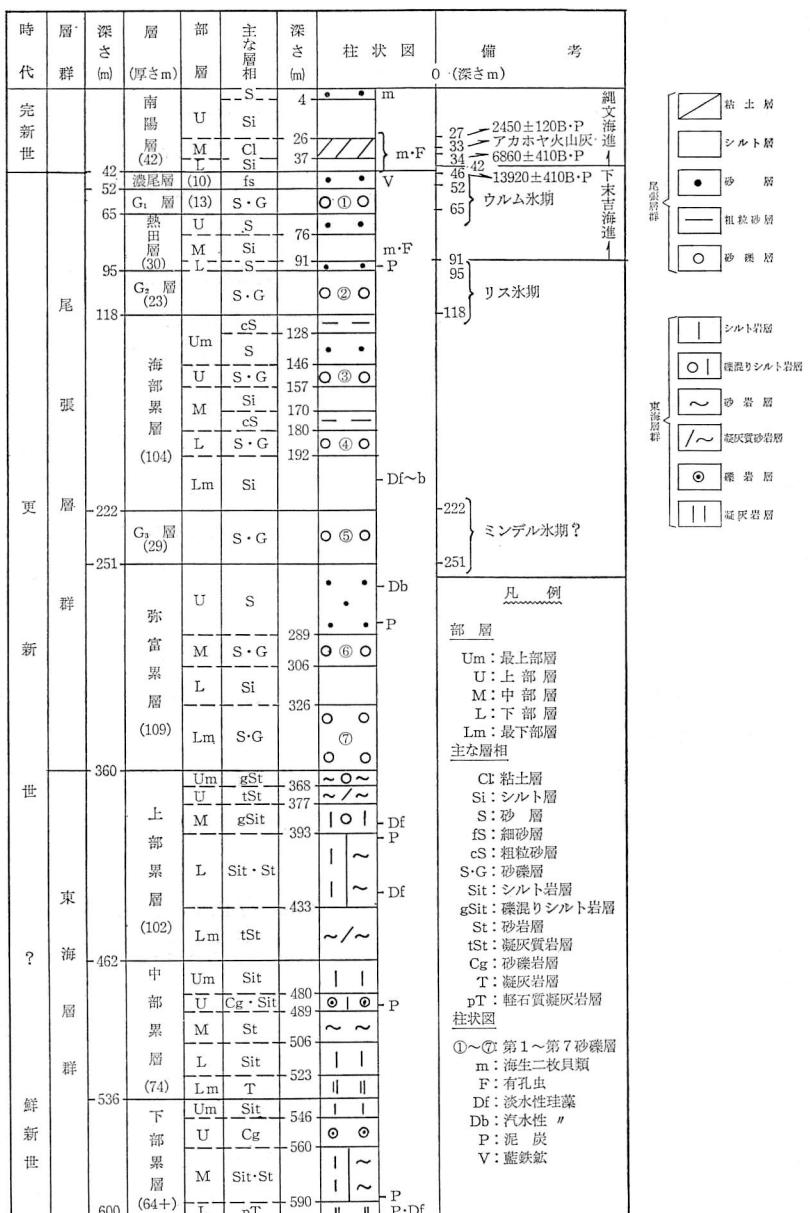
更新世の堆積物は、古い方から唐山層、八事層、熱田層に分けられる。扇状地性の堆積相を示す唐山層は、チャートの礫以外はくされ礫となり、露頭では赤褐色を呈して容易に削り取ることができる。それに対し、八事層は礫の大部分がチャートからなるため、やや風化の程度が遅れている。

最も多い面は主にこの八事層の堆積面をさし、標高 60 m から 100 m の間に分布する。唐山、八事層の厚さは地表で 30 m 程度であるが、平野地下では、南西に向かってその厚さが 50 m と深さを増している。

熱田層は、その下部が泥質層、上部が粗粒の砂層を主としており、唐山、八事層を不整合で覆う。その厚さは露頭で最大 50 m 程度を示す。熱田層の堆積面は標高 10 m から 20 m に分布し、中位の面に当る。この熱田面は、きわめて平坦な地形面で、名古屋市の市街地が広がる。

小牧市から春日井市を経て、さらに名古屋市守山区へと広い平坦面がつづく。それぞれ小牧面、鳥居松面、猪子石原面と呼ばれ、最も低い段丘面で、大礫から中礫を含む礫径の粗い堆積物をもつ。

中、古生層は、平野周辺に広く分布し、主に山地を構成しているものの、平野地下では、平野南西部の深度 1,000 m から 1,800 m の温泉ボーリング資料においても、古生層の基盤は確認されていない。平野の西側で 2,000 m を越えると推定される基盤の深さは、東にいくに従い浅くなり、瀬戸市東方で山地となる。この東西非対称な基盤のかたちに従い、第三紀層（中新統、鮮新統）、洪積層、沖積層が、それぞれ西に厚く、東に薄くなりつつ重なっている。これは平野部の傾動沈降と周辺山地の隆起という一連の地塊運動の結果で、鮮新世末頃から顕著に現われ、その活動は現在まで継続していると考えられている。この傾動地塊を濃尾傾動地塊と呼び、地塊の西縁

図2-5-12 木曾川河口ボーリング柱状図（農林水産省<sup>(5)</sup>による）

を限る大断層を養老断層とし、その落差は2,000 mを超えるものとされる<sup>(4)</sup>。

平野地下に分布する鮮新世瀬戸層群は、最も深いところで、その基底部はおよそ1,000 mに達する。その層相は、泥岩、シルト岩、砂岩、礫岩を主とした互層からなるが、詳細な区分と広がりはボーリング資料が乏しいため不明である。

先瀬戸層群（中新統相当層）の下限は不明であるが、ボーリング資料によると、1,800 m以上に達すると推定されている。

平野北東側に広く露出する洪積層は、平野では沖積層に覆われ、しかも南西にいくほど、その深さと厚さを増す傾向は基盤と同じである。すなわち、台地の露頭で 50～80 m の厚さを示すものが、平野中央部の稻沢市付近で、おおよそ 100 m、海津町付近で 300 m 以上に達する。

露頭で区分された洪積層の層序は、平野地下では、井戸などの資料によらざるを得ないため、層序、層相の違いを明らかにするのは困難である。そこで、1977 年、木曾川河口に近い弥富町稻弧（標高 0 m）で平野地下の標準層序を把握する目的で、深さ 600 m の地質ボーリングが農林水産省により実施されている。ボーリング孔を利用して、電気検層、自然放射検層、 $\gamma$ - $\gamma$  検層が行われ、採取されたコア試料については、土質試験、超音波試験、鉱物組成、粘土鉱物回析、泥質堆積物の化学組成および有孔虫、珪藻の微化石分析などが行われている<sup>(5)</sup>。

それによると、深さ 360 m を境に上位と下位とに地層が区分される。下位層は凝灰岩質の地層を特徴とするもので、砂岩、シルト岩の互層を主とし、中に礫岩、凝灰岩、淡水性の珪藻群集および泥炭を挟む。これを鮮新世の東海層群としている。一方、上位層は凝灰質な地層は稀となり、代わりに砂礫層が顕著となる。礫は小礫から中礫の濃飛流紋岩類やチャートが多く、円礫から亜円礫が大部分となり、尾張層群と呼んでいる。本層群には顕著な礫層が 7 枚認められ、① 深さ 52 m から 65 m、② 95 m から 118 m、③ 146 m から 157 m、④ 180 m から 192 m、⑤ 222 m から 251 m、⑥ 289 m から 306 m および ⑦ 326 m から 360 m までである。そのうち、①、② および ⑤ の礫層は、平野全域に普遍的に認められるところから、それぞれ G<sub>1</sub> 層、G<sub>2</sub> 層および G<sub>3</sub> 層と呼んでいる（図 2-5-12）。

ここでいうところの東海層群は、これまで述べてきた瀬戸層群矢田川累層に相当し、さらに、弥富累層、G<sub>3</sub> 層、海部累層および G<sub>2</sub> 層は唐山層ないし八事層に当るものと考えられ、先熟田層と仮称されてきている。

微化石分析結果によると、東海層群は淡水性の珪藻群集の存在や、泥炭ないし亜炭が含まれるところから、おおむね湖沼性の堆積物である。これが尾張層群に入ると、海の影響が現われ、汽水域と淡水域とが交互に繰り返えされてきた様子を示している。さらに、熟田期になると、海棲の二枚貝や有孔虫を含む粘土層が広く分布するようになり、この時期に海域が最も深く平野に入り込んでいたものと考えられ、熟田海進と呼んでいる。ついでウルム冰期をむかえ、海面が低下し、大規模に谷が刻み込まれた。濃尾平野地下の開析谷の発達する様子は、松沢ら<sup>(6)</sup>によって復元されている。このウルム最大期の谷を埋める粗粒堆積物を G<sub>1</sub> 層と呼んだが、やがて氷期が去り、海面が上昇に転じて海成の粘土層が堆積するようになる。図 2-5-13 は、平野のほぼ中央部に位置する平田町および海津町での沖積層の代表的地質柱状図を示したものである。それによると、沖積層は下位から、下部砂泥層、中部泥層、上部砂層および上部泥層に分けることができ、この層相区分は比較的広い範囲での適用が可能になっている。

すなわち、下部砂泥層は G<sub>1</sub> 層に直接重なり、その厚さはおおよそ 10 m、標準貫入試験による N 値が 12～30 とかなり固結が進んでいる。腐植物を多く含むが、貝化石は少ない。

中部泥層は N 値が 4 以下といったきわめて軟弱な海成粘土で、海棲の貝化石をよく含む。厚さは 20 m 前後で、揖斐川沿いでは 30 m にも達している。この均質な泥層の堆積が平野に広く分布することから、当時海域が平野奥深くまで及んでいたことがわかる。この時期の海域の拡大は

全国的に認められ、縄文海進に当るものと考えられる。また、中部泥層の最上部に腐植物が挟在している。これは、一時期、沼澤の広がった時代があったのであろう。

上部砂層は、5mから10mの厚さをもち、その分布はほぼ平野全域で認められ、縄文海進以後の木曾三川による三角洲性堆積物で、中粒から粗粒の粒子のよくそろった砂が特徴となっており、N値も16から34と比較的よく締まっている。

上部泥層は三角洲の背後の湿地に堆積したもので、一般的には、1mから5mの厚さを示すが、養老町付近では10m以上になるところがある。

## (2) 地下水

### 1) 水文地質

#### 濃尾平野の地質のうち、地下水の

帶水層となりうる地層は、瀬戸層群矢田川累層、洪積層および沖積層である。これらの地層は、濃尾傾動運動により、南西に厚さと深さを増し、北東で浅く薄いといったことがわかっており、このことが、地下水利用にも大きな制約をもたらしている。

現在、平野全体でおよそ7,000本近い井戸がある。そのうち、地質の状況がわかっている井戸は2割程度である。ただし、あくまで採水を目的として掘るために、地質の記録は不正確である場合がほとんどである。一方、数多くある調査ボーリングも構造物などの基礎調査用が大部分であるため、支持層となるG<sub>1</sub>層の分布深度でやめている場合が多い。したがって、深さ50m前後にとどまり、勢い深い部分は作井資料に頼らざるを得ない。そこで、電気検層結果や各井戸のストレーナー位置に注目して、砂礫層を主とした帶水層と砂、シルト、粘土を主とした難帶水層に区分し、さらに帶水層については、安定した広がりと優秀な地下水賦存能力をもつ礫層についてG<sub>1</sub>層、G<sub>2</sub>層、G<sub>3</sub>層とそれぞれ呼ばれている。

図2-5-14は、平野の縦横断面を示したものである。断面線A B Cは、犬山市～一宮市～津島市～弥富町を結ぶもので、犬山扇状地、氾濫平野、三角洲低地、干拓地を経る。それに対し、断面線D B Cは、平野北西部、揖斐川扇状地から大垣市を経て津島市に至っている。また、断面線E Fは平野の東西を切るもので、小牧低位面から一宮市を経て、養老町に至る(断面線位置については図2-5-9参照)。

最終氷期の堆積物であるG<sub>1</sub>層は最大20m、平均10m前後の厚さをもち、開析谷を埋めて平

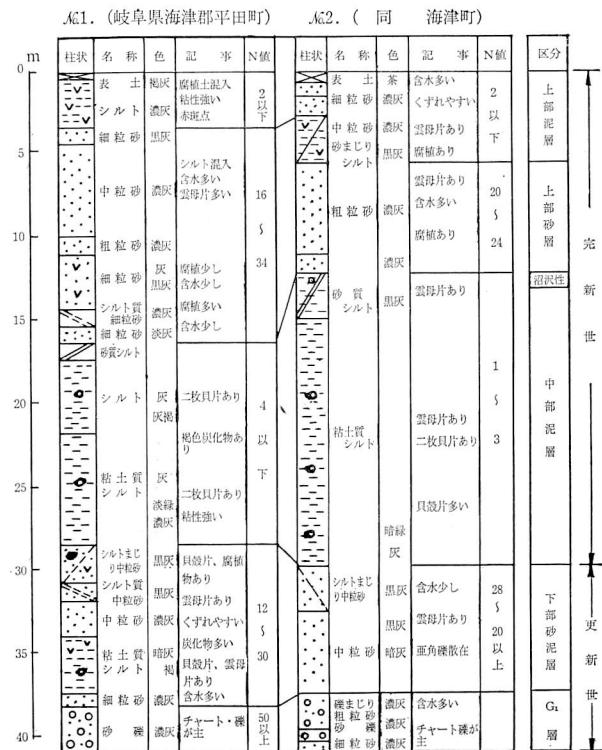
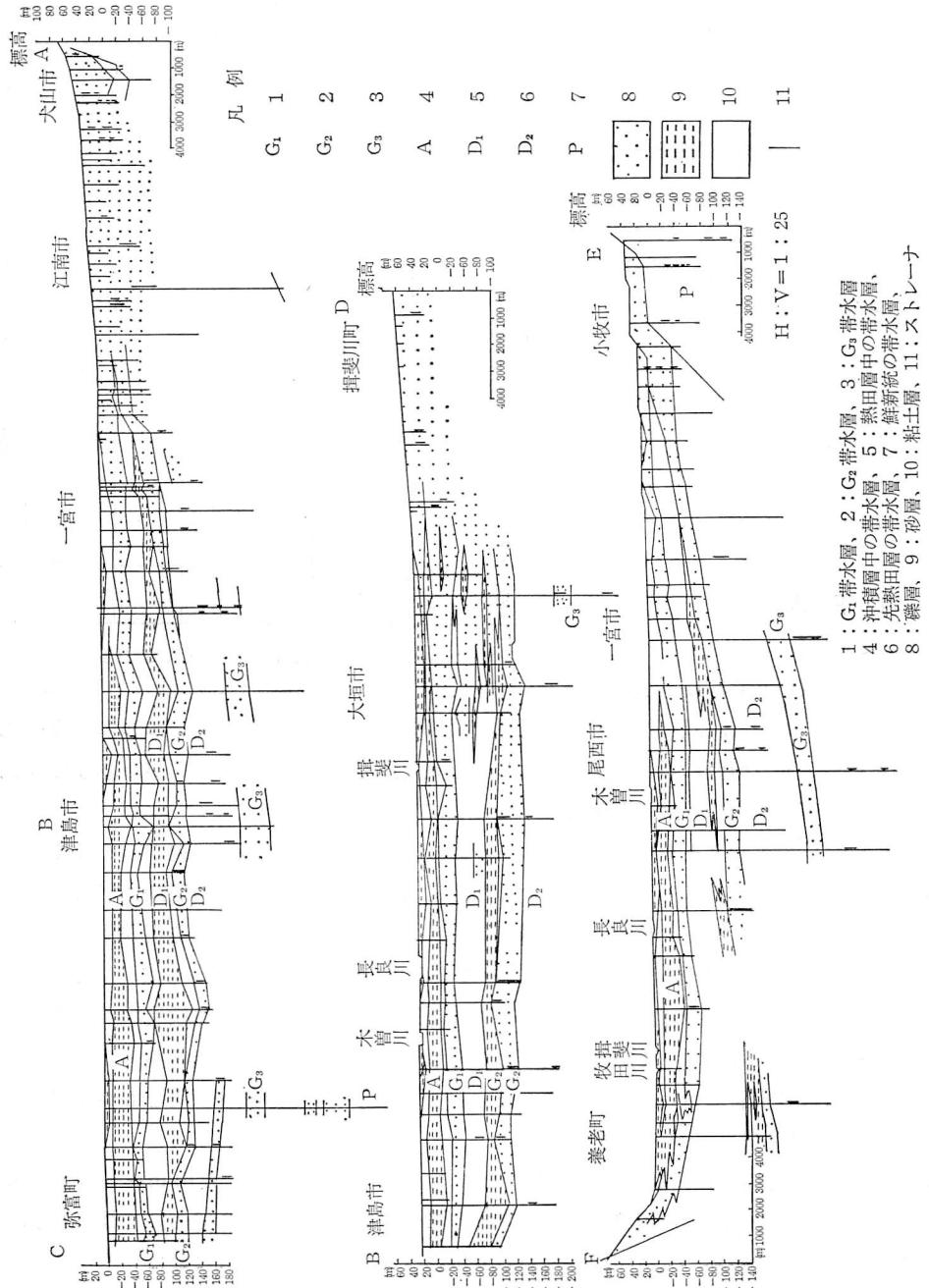


図2-5-13 濃尾平野冲積層の代表的地質柱状図  
(東海農政局<sup>(7)</sup>に加筆)

図 2-5-14 濃尾平野における帶水層の分布（東海農政局<sup>(6)</sup>による）

野全体に広く分布する。平野北東部では、小牧礫層や鳥居松礫層など低位段丘堆積物および木曾川、長良川の扇状地堆積物と直接接しており、優秀な涵養能力をもっている。大垣市を中心とした平野北西部では、深さ30m前後の浅井戸によって盛んに利用されている。とくに、岐阜県西濃地方では、古くから「浅掘り」と呼ばれ、貴重な水源となってきた。これに対し、平野南部の弥富町付近では、G<sub>1</sub>層の分布は深く、60mほどになるが、ほとんど塩水化し、濁度も高く、空調用の水として使われているにすぎない。

G<sub>2</sub>層を主とする帶水層は、20mから30mの厚さをもち、G<sub>1</sub>層同様、粗粒の礫が多い。平野南部では、地下100mから140mの深さに分布するが、砂礫層の発達はあまりよくない。一方、上流に向かうにつれて浅くなり、一宮市付近で深さ60mから80mとなって、さらにそれ以東ではG<sub>1</sub>層と直接重なるようになる。G<sub>2</sub>層より浅い帶水層は開発が進みすぎ、水位の低下が著しく、井戸の取水能力が落ちてきたため、1960年代中頃からG<sub>2</sub>層の開発が急速に行われるようになった。現在、この帶水層からの汲み上げが最も多く、とくに大垣市、一宮市を中心とした平野北部の工業地帯でこの傾向が強い。西濃地方では、先の浅掘りに対し、G<sub>2</sub>層からの取水井を深掘りと呼んでいる。

G<sub>2</sub>層の下位は、シルト層、砂層および礫層などからなる先熱田層が、100m以上の厚さで続いている。さらにその下には厚さ30mほどの連続性のよい礫層が存在する。これがG<sub>3</sub>層で、平野南部では、地下200mから250mに分布する。最近はこの層から取水する傾向にある。一方、北部の工業地帯では、200m前後の井戸で、G<sub>1</sub>層からG<sub>3</sub>層まで大量に汲み上げる状態の井戸が増え、1井当りの揚水量が日量3,000m<sup>3</sup>以上の実績をもつものも多い。平野南西部では、G<sub>3</sub>層が深くなるため、まだ井戸の数は少ない。

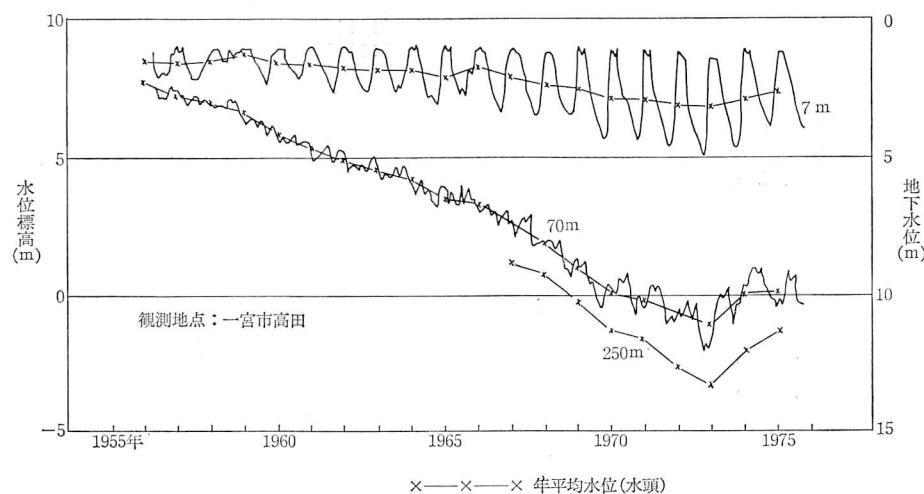
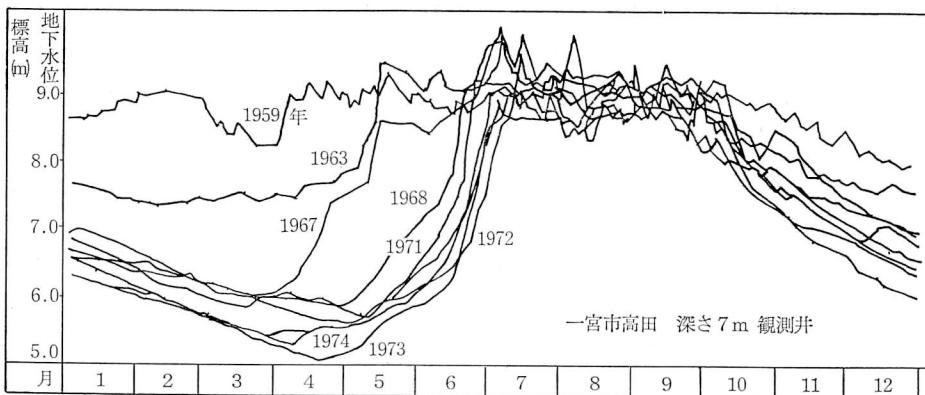
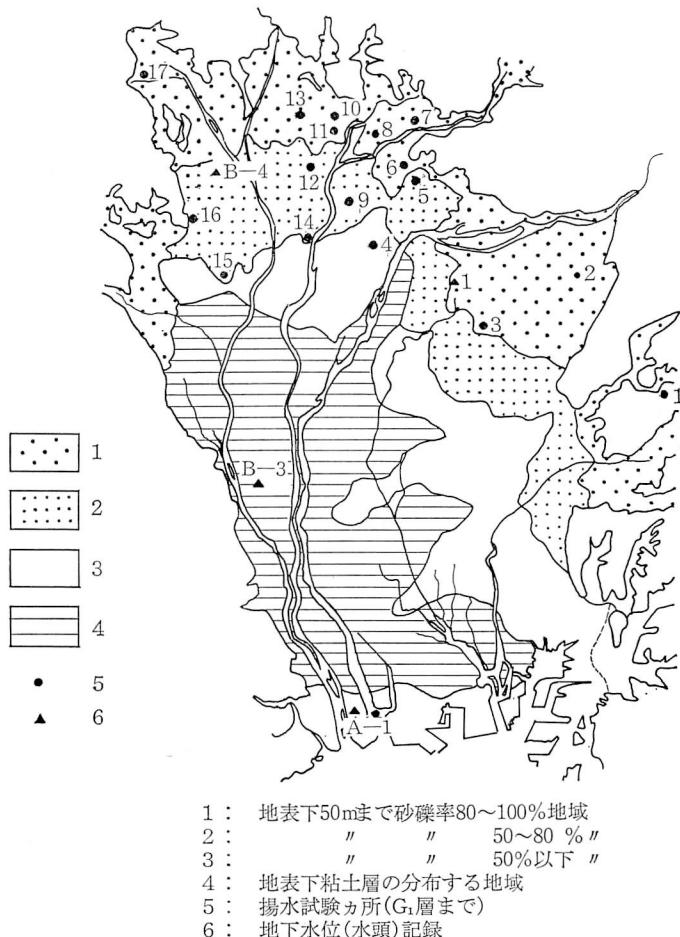


図2-5-15 地下水位(水頭)経年変化図(清水<sup>(9)</sup>による)

以上述べてきた主要な帶水層のほかに、沖積層(A)、熱田層(D<sub>1</sub>)、先熱田層(D<sub>2</sub>)、そして鮮新統(P)にもそれぞれ帶水層がある。しかし、扇状地性の砂礫層を除けば、ほとんどの帶水層は砂礫層が連続せず、単独では帶水層として性能が劣る。

図 2-5-16 濃尾平野不圧地下水位の年間変化図 (東海農政局<sup>(8)</sup>による)

一宮市高田には、1956年以来の地下水位観測記録がある(図2-5-15)。観測井戸は深さ7m, 70m, 250mで、それぞれ犬山扇状地の伏流水, G<sub>2</sub>帶水層, G<sub>3</sub>帶水層以深の水位変化を測定し

図 2-5-17 濃尾平野砂礫率の分布図 (東海農政局<sup>(8)</sup>による)

ている。深さ 7 m の水位変化記録をみると、毎年 6 月頃に急上昇し、10 月頃に低下する。しかも、その年の最高水位が、観測開始以来ほとんど同じ高さにあるにもかかわらず、最低水位は毎年 20 cm ほど下降している。さらに、図 2-5-16 でもわかるとおり、水位の上昇する時期が年を追って遅れている。これらの地下水位変化の特徴は、砂礫層が広く露出する地域にみられ、しかも水田地帯に限られる。この事実は、水田からの補給が最大の役割を果たしていることを意味している。すなわち、G<sub>1</sub> 帯水層や G<sub>2</sub> 帯水層など、さらに深層の地下水の汲み上げ量が増大した結果、浅層の地下水からの漏水補給が盛んとなり、これが浅層の地下水位の年々の低下につながっているものと解釈される。このように、平野北部の扇状地の地域は、非常に大きな地下水の涵養地帯となっていて、そのことは砂礫の分布をみた図 2-5-17 によっても理解される。

表 2-5-5 は、砂礫層の分布する地帯の透水係数の一覧表で、いかに透水性が大きいかがわかる。次に、図 2-5-18 により、被圧水頭の変動をみると、G<sub>1</sub> 帯水層の場合、河口に近い水頭記録 (A-1) は最低標高が -18 m、年間の変動幅が約 5 m となっている。G<sub>2</sub> 帯水層の場合、松中の観測井 (A-2) は最高水頭の標高が -19 m、最低水頭が -34 m と、その差は実に 15 m にも及ぶ。一方、大垣市北方町 (B-3)、海津町五町 (B-4) など G<sub>3</sub> 層以深の帶水層の記録は、ほとんど変化をみせておらず、逆に G<sub>2</sub> 層より高い水頭を示している。

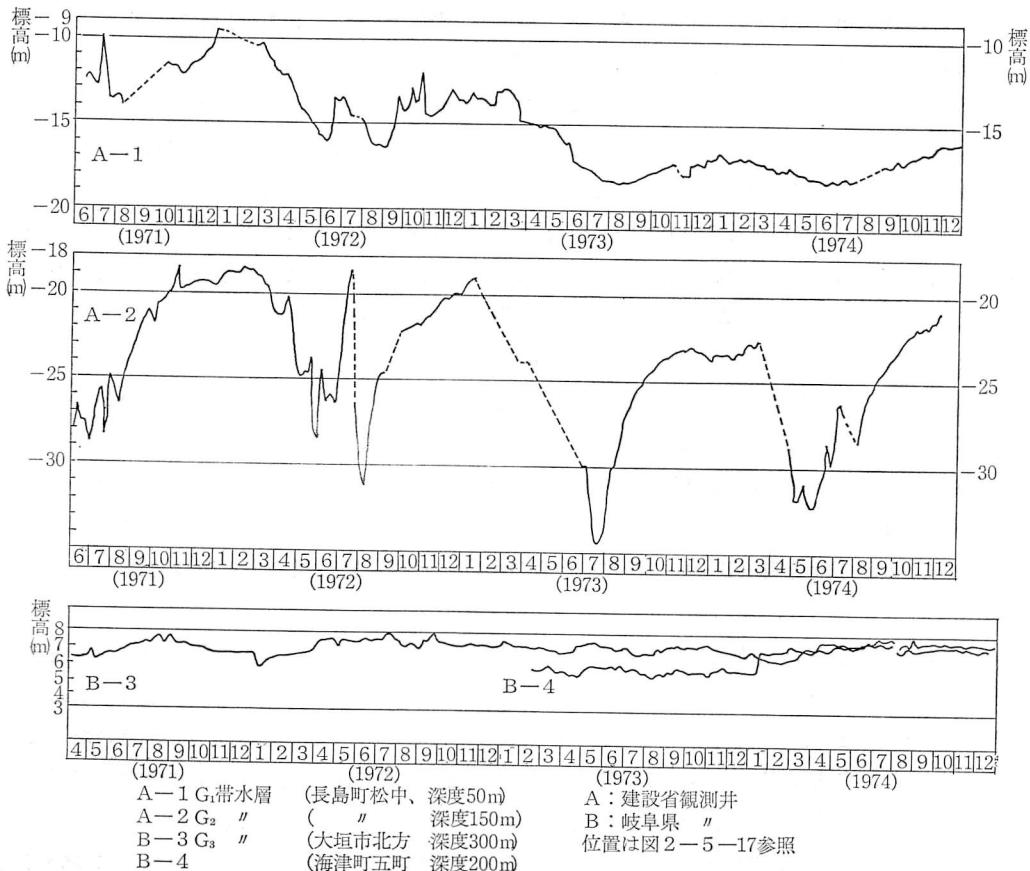
地下水頭が低くかつ変動幅が大きいという G<sub>2</sub> 層の特徴は、本帶水層の開発が現在最も進んでいることによる。一方、G<sub>3</sub> 帯水層の水頭が、一番深部であるにもかかわらず、G<sub>2</sub> 層の水頭よりも高いということは、水頭変動の幅が小さい点からみてもそれほど開発が進んでいないためであろう。しかし、名古屋市で、かつて年間 5 m 前後の低下速度で、地表下 40 m まで水頭が下った事実を考えれば、今後、深層の地下水の開発は十分注意しなければならない。

広大な濃尾平野には、約 7,000 カ所の井戸があるとされているが、これらの揚水量についてはこれまで、1966 年と 1975 年に農林水産省が、1973 年に環境庁が濃尾平野全域にわたり調査を実

表 2-5-5 濃尾平野 G<sub>1</sub> 層までの透水係数

No.	深度	ストレーナー位置	自然水位	透水係数 cm/s	所 在 地
1	60	30—40 m	18.70 m	(8.8×10 <sup>-3</sup> )	春日井市大泉寺
2	56	20—34	17.35	3.3×10 <sup>-2</sup>	丹羽郡扶桑町柏森
3	60	45—56	6.15	1.6×10 <sup>-1</sup>	一宮市西大海道
4	55	22—54	2.59	3.1×10 <sup>-1</sup>	羽島郡柳津町門間
5	30	27—30	5.51	6.1×10 <sup>-2</sup>	岐阜市
6	45	29—41	5.74	2.7×10 <sup>-1</sup>	"
7	40	28—40	3.32	6.4×10 <sup>-1</sup>	"
8	6		3.34	4.1×10 <sup>-2</sup>	"
9	40	(29—18) 6—36)	3.85	3.8×10 <sup>-2</sup>	"
10	12		9.08	3.8×10 <sup>-1</sup>	"
11	30	26—30	4.57	1.4×10 <sup>-1</sup>	"
12	7		1.65	3.9×10 <sup>-0</sup>	本巣郡穂積町生津
13	9		1.95	1.3×10 <sup>-0</sup>	" 北方町石原
14	40	24—39		1.5×10 <sup>-0</sup>	安八郡安八町水取
15	45	32—43	3.37	5.4×10 <sup>-1</sup>	大垣市古宮
16	45	13—43	4.04	9.5×10 <sup>-2</sup>	" 荒尾
17	50	26—50	22.00	(9.0×10 <sup>-5</sup> )	揖斐郡揖斐川町桐野
		平 均	6.2×10 <sup>-1</sup>		

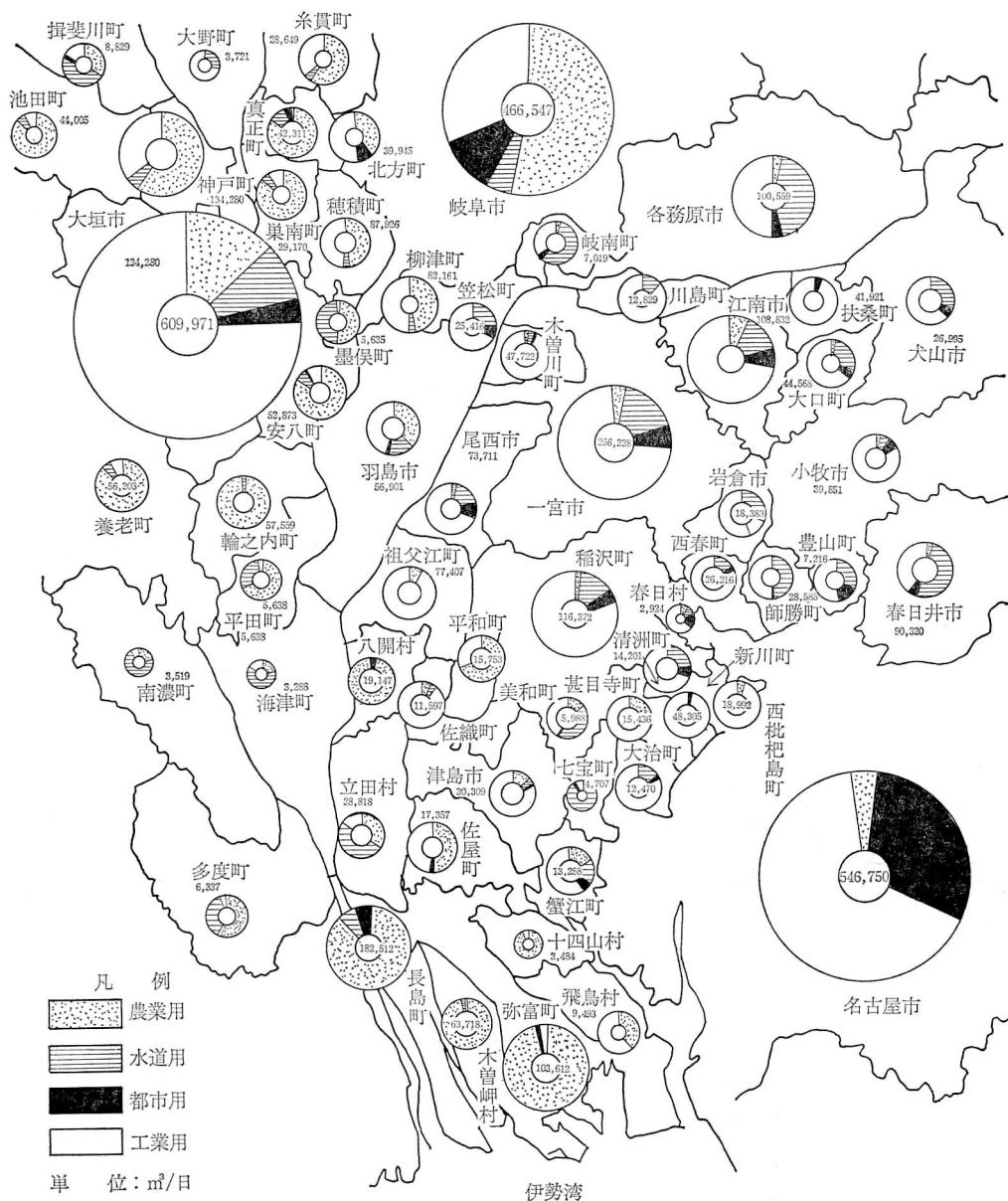
(井戸の位置は図 2-5-17 参照)

図 2-5-18 濃尾平野被圧地下水頭経年変化図（東海農政局<sup>(8)</sup>による）

施してきている。これらは聞き取りやアンケート調査による把握が主であったため、資料として精度がおちるものであった。最近、地盤沈下対策に伴う地下水規制条例により、愛知県、三重県では量水器の設置と揚水量の報告が義務づけられており、それらの集計が進めば、より正確な揚水実態が報告されることになる。

平野全域における地下水の利用実態を先にあげた資料<sup>(10)(11)</sup>により、市町村別の揚水量の割合を図示すると、図 2-5-19 のとおりとなる。それによると、濃尾平野全域では、おおよそ日量 400 万 m<sup>3</sup> の地下水が汲み上げられている。そのうち、大垣市、岐阜市、各務原市、江南市、一宮市、尾西市、稻沢市、小牧市などを中心とした平野中央部から北部にかけて全体の 4 割以上を汲み上げている。

利用目的別にみると、工業用が全体の 53%，農業用が 29%，水道用が 10% で、都市用が 8% となっている。中でも、工業用が、全国平均の 46% よりかなり高いことや、北部工業地帯の大垣市や一宮市、稻沢市などでは、その市の利用量の 70% を越えていることが注目される。冷房用やビル用水などに使用される都市用水は、名古屋市が約 30% を占めているのが目立つ。農業用の主な利用は、岐阜市、池田市、神戸町、真正町、安八町、養老町などの平野北西部地域と、

図 2-5-19 濃尾平野における市町村別揚水量(東海農政局<sup>(9)</sup>による)

弥富町、木曾岬村、長島町、十四山村などの地域である。前者は、おおむね扇状地帯からその末端に当り、利用深度もせいぜい 50m までの沖積砂礫層からの採水で、反復利用を盛んに行っていている。

後者は、木曾三川河口の低地に当り、水田のかんがいに用いられ、井戸の深さは 150m 以上もあって、G<sub>2</sub> 带水層からの揚水が多い。弥富町鍋田地区では、G<sub>1</sub> 带水層がすでに塩水化していて、現在、その深度の井戸は放棄されている。木曾川左岸の尾張地域に比較的農業用が少ないの

は、幕府以来の用水路の発達によることが大きい。

桑原(1975)<sup>(12)</sup>は、帶水層ごとの揚水量の大きさ(取水強度)を次のようにまとめている。表層(沖積砂礫層)からの取水強度は、北部扇状地の末端部でとくに大きく、伏流したばかりの地表水を強力に取水している。このことについては、代表的な地域として、養老町での実態を次項で述べる。

$G_2$ 層からの取水は、南濃町、海津町、平田町などの帶水層の深くなる地域を除けば、ほぼ全域から盛んに取水されている。その中でも、とくに取水強度の大きな市町村は、大垣市、岐阜市、尾西市、一宮市、江南市、大口町、清州町、新川町、甚目寺町、長島町などである。 $G_3$ 層および鮮新世の地層までの帶水層からの取水は、大垣市を除けば、平野東側の愛知県に多い。これは帶水層が東側で浅くなることから、取水が容易になるためである。鮮新世の地層からの取水はまだ少ないが、小牧市、春日井市、名古屋市などの都市部に取水強度の大きな地域が一部みられる

### (3) 地下水の保全

濃尾平野はその南部に広大なゼロメートル(東京湾平均海面)地帯をかかえている。輪中や海面干拓により、十分陸化しなかった地域もあるが、1979年には海拔ゼロメートル以下の面積が、約240 km<sup>2</sup>に及び、濃尾平野全体の16%を占めている。これはまた20年前の伊勢湾台風当時の1.3倍に当る(図2-5-20)。

このような急速なゼロメートル地帯の拡大は地下水の汲み上げに起因する地盤沈下によるもの

である。累積沈下量の大きな地域は木曾三川河口付近と十四山村周辺を中心とする地域にあり、著しいところでは1.5 mに達している。また、最も地盤の低いところは佐屋町や十四山村で海拔-2.9 mとなっている。

1885年(明治18年)以降、1975年まで一等水準点測量は15回行われている。そのうち、1891年の濃尾地震、1944年の東南海地震の影響で、地盤は大きく変動しているものの、当初の沈下速度は年平均2~3 mm程度であった。しかし、1961年以後は平均10~20 mmとなり、年を追って加速度的にその沈下速度は早まり、1973年には、年



図2-5-20 濃尾平野地盤沈下の現況図(愛知県<sup>(13)</sup>による)

最大沈下量として 213 mm (長島町) を記録している。しかし、1974 年以降になると、沈下地域の広がりと、沈下量の増大に鈍化傾向が現われ、1976 年に年最大沈下量が 84 mm になり、1979 年には年間 20 mm 以下の沈下地域の面積は 1974 年当時の 14 % に減り、年間 40 mm 以上の沈下地域は消滅している<sup>(13)</sup>。

地盤沈下速度の増大および減少といった年ごとの移り変わりは、濃尾平野の地下水位 (水頭) の低下と上昇の経緯とよく一致しており、揚水量の増減と同じ傾向を示している。1974 年以降、産業界の景気後退と、県条例による揚水規制により、大地が沈むという巨大災害によく歎止めがかかるっている。

図 2-5-21 は、それぞれの市町村について、単位面積当たりの日揚水量と平均沈下量との関係をみたもので、1974 年の資料を用いている<sup>(14)</sup>。これによると、① 揚水量の大きなわりには沈下量がゼロか小さな地域 (A, B 地域)、② 揚水量も沈下量も大きな地域 (C 地域)、③ 揚水量の小さいわりに沈下量の大きな地域 (D 地域) に分かれれる。A および B 地域は大垣市や岐阜市などの平野北部の市町村が圧倒的に多い。C 地域は、稲沢市や名古屋市中心部から西部の市町村に多い。D 地域は、佐屋町、蟹江町、十四山村など、平野南部から木曾三川の河口部の市町村に多い。このように、沈下激甚地域は地下水を多量に汲み上げる地域とは必ずしも一致していない。

一方、長島町や蟹江町、弥富町など沈下の中心部には、深さ 1,500 m 前後の温泉井が 30 本以上ある。そのうち、長島町がその半分を占め、作井時の記録では、水温が 22° から 60° をもち、1 井戸当たり 1,000 m<sup>3</sup> から 3,000 m<sup>3</sup> の日産出量となっている<sup>(15)</sup>。また、これら温泉井の冷却水として用いる井戸も多く必要である。温泉井そのものが汲み上げる量は全体からみればわずかなものであろう。しかし、この限られた地域で、地下水頭が異常に低下している事実、それが沈下の目玉になっているということは、これら温泉井群の存在による影響が無視できないものであるといえる。

1974 年頃より、国土を虫食いする地盤沈下に対し、地域の実情に応じて地方自治体で条例による

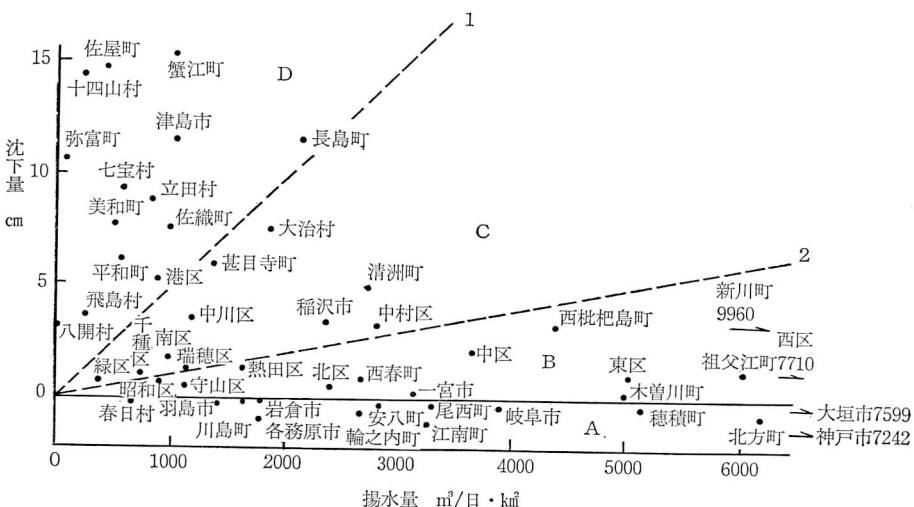


図 2-5-21 濃尾平野地下水揚水量と沈下量との関係 (飯田<sup>(14)</sup>に一部加筆)

地下水規制が行われている。1974年4月に愛知県公害防止条例、1975年4月に三重県公害防止条例、1974年11月に名古屋市公害防止条例が、それぞれ地域指定を行って、一定の許可規準の設定と揚水量報告が義務づけられている。

地下水障害は地盤沈下のほかに、井戸水の塩水化という被害が現われている。臨海部におけるG<sub>1</sub>層を主とした帶水層はすでに塩水化が著しく、放棄された井戸が多い。

(永田 聰)

#### 参考文献

- (1) 建設省国土地理院 (1968): 土地条件調査報告書
- (2) 愛知県 (1923): 愛知県の歴史
- (3) 経済企画庁 (1966): 木曾川水系調査書
- (4) 桑原 徹 (1975): 濃尾傾動盆地と濃尾平野, Urban Kubota, No. 11
- (5) 農林省東海農政局 (1977): 濃尾地区地盤沈下基礎調査報告書 その1
- (6) 松沢 熊ほか (1964): 濃尾平野の地下構造とその構成, 伊勢湾台風災害の調査研究報告
- (7) 東海農政局 (1974): 長良川地区構造物基礎調査
- (8) ————— (1976): 濃尾平野の地下水 (その1)
- (9) 清水 治 (1977): 一宮市高田における地下水観測結果
- (10) 農林水産省 (1978): 農業用地下水の利用実態
- (11) 環境庁ほか (1973): 濃尾平野揚水量等実態調査報告書
- (12) 桑原 徹 (1975): 地盤沈下の実態とその対策に関する調査研究報告書(第2報), 愛知県
- (13) 愛知県 (1978): 地下水利用等基礎調査報告書——愛知県における地下水問題の状況——
- (14) 飯田汲事 (1974): 地盤沈下の実態とその対策に関する調査報告書——濃尾平野南部地域の地盤沈下の実態とその解析——, 愛知県
- (15) 高橋次男 (1968): 三重県長島温泉開発の現況, 新潟応用地質研究会誌