

岐阜県南西部の被圧地帯の地下水

—とくに自噴機構について—

村下 敏夫* 森 和 雄*

Artesian Water in the Southwestern Part of Gifu Prefecture
(Especially on the mechanism of artesian flow)

by

Toshio Murashita & Kazuo Mori

Abstract

From the investigation of ground-water in Nobi plain in 1953, the writers found the biggest artesian-flow area, and they called it Ogaki artesian-flow area.

Nowadays, that area separates into two artesian-flow areas north and south, and these two become gradually smaller year by year.

The reason why the areas are going small is not only the heavy withdrawal of ground-water, but hydrological properties of artesian aquifers. The artesian aquifers of the northern artesian-flow area are very permeable and charged in quantities from surface-water bodies in pumping period. The aquifers of the southern artesian-flow area are not permeable and are far away the intake areas.

The senior writer call the former artesian-flow area "back-pressure type" and the latter "load-pressure type". In the ground-water investigation, it is very important for the development and utilization of ground-water to find these two artesian-water types.

In the southwestern part of Gifu prefecture, the area between Ogaki city and Gifu city is suitable for the development of artesian ground-water. If the development of ground-water occurs in the area between Hajima city and Takasu town, the writers must be afraid of ground-sinking.

要 旨

濃尾平野の北西部には、われわれが大垣自噴帯と称していた、大規模な自噴帯が存在した。この自噴帯が、最近南・北2つの自噴帯に分離している。そして自噴帯縮少は、その北西にはほとんど変化がないのに対して、東縁および南縁が漸次西に向かって移っていく傾向にある。

この原因は、自噴帯あるいはその周辺における地下水利用にもよると考えられるが、むしろ地下水理的特性の本質的な相違によるものと考えられる。残存する、大垣市を中心とする北部の自噴帯では、帯水層が地質的には圧縮しにくい砂礫層であり、水文的には揚水によつて地表水体からの浸透補給が充分に行なわれる特性をもち、すでに自噴が停止している地区および南部の自噴帯では、難帯水層が発達しかつ地表水体までの距離が遠く、揚水によつて生じる地下水補給が少ないという特性をもつて

いる。

北部のような地下水理的特性をもつ自噴帯は、落差型(扇状地型)、南部のそれは荷重型(平野型)として区別することができる。このような自噴帯の区分は、地下水の研究においてきわめて重要であつて、地下水開発上の判断の基礎ともなるものである。

なお岐阜市南部から羽島市にかけて認められる水位低下の現象は、愛知県一宮市・尾西市における地下水開発ときわめて密接な関係にある。そして岐阜県南部の地区には、表層部に軟弱な堆積物が比較的厚く存在するので地下水利用は慎重に行なわれなければならない。

1. 縮 言

岐阜県南西部の平野は、濃尾平野の北西にあたり、木曾・長良・揖斐の三川によつて形成された沖積低地で、水害の難を避けるために輪中が発展したところである。大垣市およびその周辺は、低温の自噴性地下水にとみ、

* 地質部

水都大垣とも称せられている。この地区にはふるくから紡績・繊維工業が栄えているが、近年とくにこの地下水を求めて進出する工場が多く、岐阜市一大垣市一垂井町は新しい内陸工業地帯として発展しようとしている。そして新東海道線羽島駅・名神高速道路の完成によって、さらに当地区の産業開発が活発になることが予想される。

われわれが、この地区について地下水調査を行なったのは、1952~53年である。その後工場進出に伴う地下水開発・伊勢湾台風後地下水を水源とする上水道・簡易水道の普及は、めざましく、一部の地区では地下水位の低下が著しく現われている。

このような情勢にかんがみ、産業立地の基本的因子である水資源一とくに地下水源について、再調査を行なう必要が生じてきたので、1961年12月、岐阜・大垣・羽島の三市を含む岐阜県南の地域について調査を行なった。そしてこの地域ですでに生じている水位低下・自噴井減少の現象は、帯水層の水文的・地質的特性によるものであることが考察された。

本文は、地下水調査の結果をとりまとめるとともに、自噴機構について説明したものである。

なお調査にあたっては、名古屋通商産業局商工課・岐阜県商工観光課をはじめ、大垣市・羽島市の御協力を頂いた。ここに厚く謝意を表する。

2. 環境

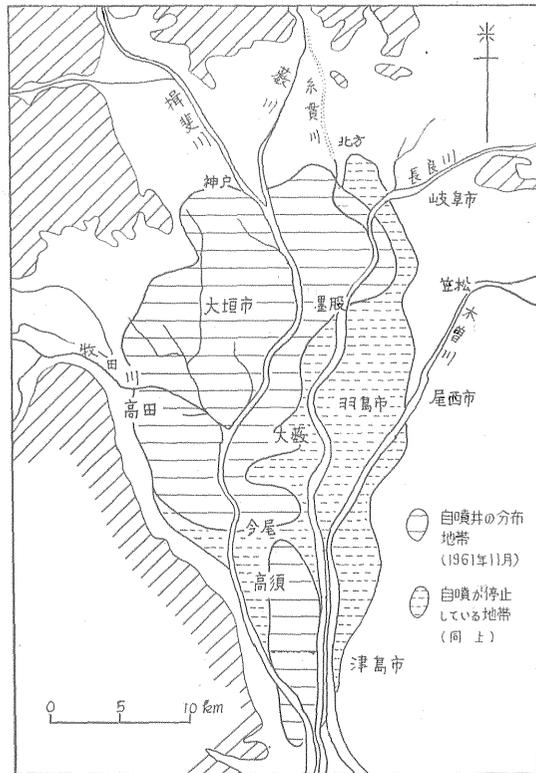
濃尾平野は、北・東・西の三方が山地によつて囲まれ、南は伊勢湾に開いた沖積平野である。木曾・長良・揖斐の三川は、平野の北西寄り流れ、三川平行して伊勢湾に注ぐ。濃尾平野の東西は、地形的に著しい対照を示している。すなわち、平野の西には急傾斜をもつて平野に臨む養老山脈が南北方向に走り、東には東から西に向かつてゆるやかに傾斜して平野に没する尾張丘陵がある。そして当平野は、一種の構造盆地であつて、西の養老傾動地塊の前面断層崖と、その東に隣接する尾張傾動地塊の背面との間に形成された断層角盆地である、といわれている。

大垣・岐阜・羽島の三市を含む岐阜県南西部の平野は、木曾・長良・揖斐の三川によつて形成されたものであつて、大垣以南の揖斐川沿いの地帯は海拔5m以下で、しかもその大部分は1m以下の低湿地帯である。

県南西部の平野は、地形によつて分けると、扇状地・氾濫原・新生三角洲の3地区に区分することができる。扇状地は、長良川・揖斐川によつて形成されたもの(標高15~20m以上)と、西側の山麓部に発達する小規模の

ものに分けられる。長良川・揖斐川本川の扇状地は、緩傾斜の微扇状地であるが、右岸支川粕川・相川・牧田川などの扇状地は急傾斜であつて、これらの河川の表流は扇状部において完全に河床下に浸入することがある。ほぼ今尾町一高田町を結ぶ線の南側の低湿地帯は、新生三角洲地帯であり、その中間大垣市・羽島市などを含む地帯は、氾濫原地帯であつて、自然堤防が存在している。

これら扇状地の扇端部には、「ガマ」と称せられる大小いくつもの湧泉がある。揖斐川微扇状地の扇端部は、神戸町と北方町を結ぶ線にほぼ分布している。その下流には、いわゆる大垣自噴帯と称せられる自噴帯が存在し、その範囲はほぼ木曾川以西の平野全体に及んでいる(第1図参照)。当県南西部平野の地下水は、巨視的には扇状地型・氾濫原型・平野型の地下水に区分することができる。



第1図 大垣自噴帯を示す図

当地域において利用されている水源は、地表水・地下水であり、地表水はかんがい用に、地下水はかんがい用・工業用・水道用・家庭用である。岐阜県水資源調査会が1961年2月に報告した水利用の現況は、次のとおりである。

水源	用途	水量 (m ³ /sec)	
地表水	かんがい	揖斐川	97,329
〃	〃	長良川	66,988
〃	〃	木曾川	65,449
地下水	かんがい	自噴井	9,891
〃	〃	揚水機	14,264
〃	工業	〃	4,514
〃	水道	〃	1.0±

注) かんがい用水の資料は 34 年 3 月 1 日耕地課調べ
工業用水の資料は 34 年 3 月 1 日商工観光課調べ
水道用水の資料は 35 年 4 月 1 日業務水道課調べ

3. 帯水層と地下水

県南西部平野の地下水は、筆者らによつて 1952 年および 53 年に調査され、濃尾平野の地質構造に支配された盆状構造と木曾・長良・揖斐の三川によつて養われる地下水のあり方によつて形成された大垣自噴帯の存在が明らかにされた¹⁾。1960 年岐阜大学牛丸周太郎らは、この自噴帯を養う揖斐川水系の涵養地帯についての地質学的・地球物理学的分野からの調査・研究を行ない、そして大垣自噴帯が 2 つに分離していることを指摘した²⁾。また名古屋大学地球科学教室は、1950 年以来濃尾平野の地下水の地球化学的研究を行ない、とくに大垣自噴帯における浅層および深層地下水の化学的成分が異なつた変化を示すことに注目し、帯水層のもつ地下水学的性質についてのすぐれた業績を発表している³⁾。

3.1 帯水層

大垣市およびその周辺における地下地質は、すでに報告されているが、現在利用されている 256m 以浅の地質は、次のとおりである。

1) 沖積層は、上部から砂・礫層、泥炭・植物破片を含むシルト・粘土層、貝殻を混える砂層、そして最下部に砂・礫層という順序で構成されている。その層厚は、大垣市で 50~60m であつて、杭瀬川以西では急に層厚を減じて 20m 程度となり、岐阜市街地では 40m 以内である。その基底までの深度を示したのが、第 2 図である。基底礫層は、大垣市およびその周辺において“浅掘”と称せられる自噴井が到達している主要帯水層であつて、愛知県一宮市・尾西市などで呼称される“第一礫層”“第一帯水層”に相当する。

2) 更新一鮮新層は、名古屋東部の丘陵を構成する地層に対比されるものであつて、この地域においては、充分に地層区分を行なうことができないが、さく井地質柱状図およびサンプルに基づいて分けると、同層は上部・下部の特徴ある層からなる。

上部層は、砂・粘土に富む地層であつて、礫・浮石・貝殻を混える。笠松町においては、深度 43~45m に浮石層があり、その下に褐色粘土層が介在されている。浮石層は、笠松町および岐阜市にかけて分布し、深度も 45~55m である。褐色粘土層は、層厚数 m でありであつて、岐阜市の西側にある穂積町・柳津町・笠松町から西側に分布し、よくトレースすることができる。褐色粘土層の下位は青色を呈する粘土・シルト・砂・礫であつて、最下位に貝殻を混える砂層がある。この細粒質の地層は、揖斐・長良の微扇状地を除く杭瀬川以東の平野内に分布しており、揖斐川付近においてもつとも発達している。

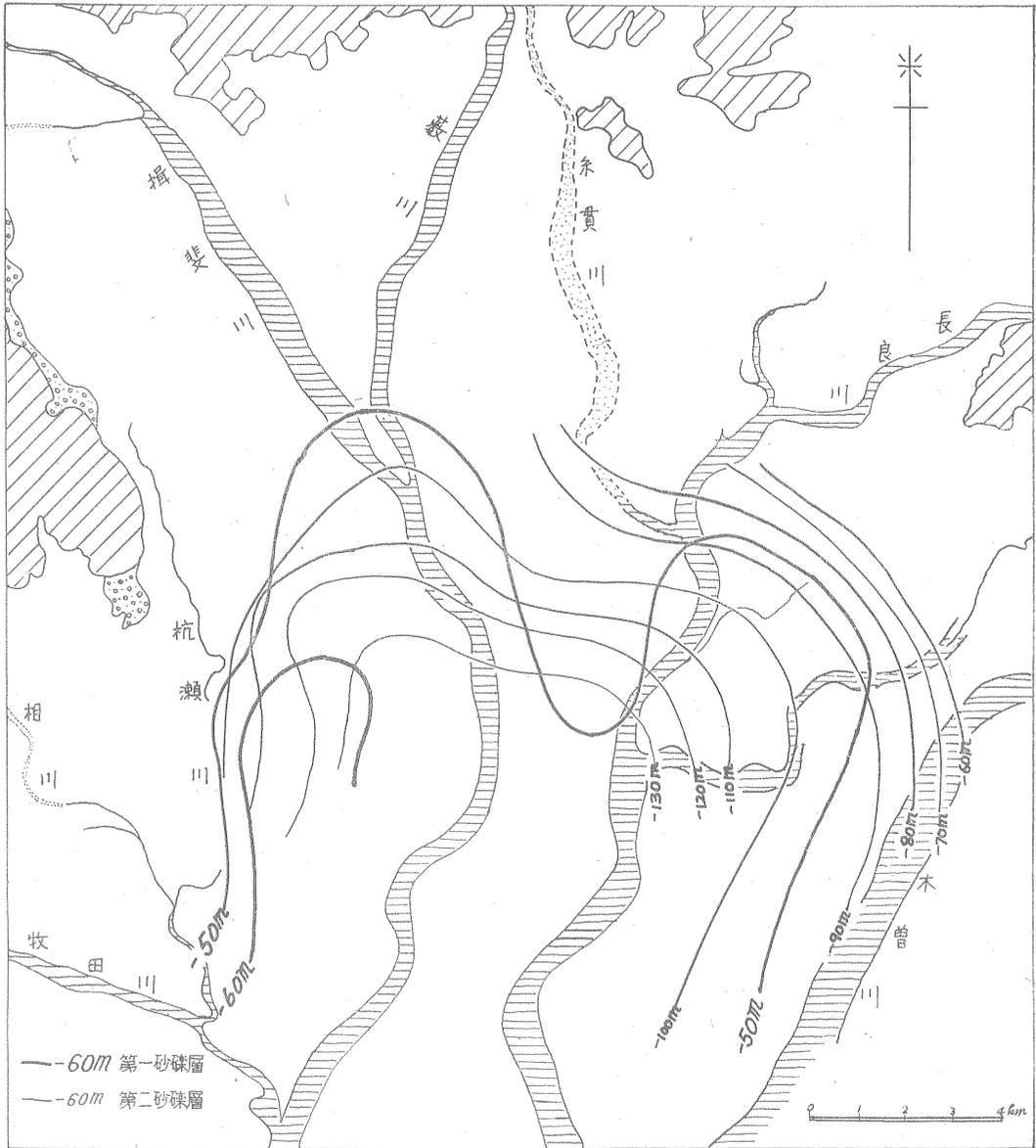
下部層は、褐色粘土を挟む砂礫層であつて、さく井柱状図では“赤砂利”と記載されている特徴ある地層である。上部層が欠除する微扇状地においては、褐色粘土に富む砂礫層がこれに相当し、神戸町および糸貫村においてはそれぞれ 50m、30m 以深に分布する。また杭瀬川以西の地区においても、同層は一般に褐色粘土に富み、また埋木を挟むことがある。下位層の最上位にある“玉石層”は、層厚 25m 程度であつて大垣市以東に分布する。それで深の砂礫層は一般に細粒であつて、深くなるほど粘土層が発達する傾向にある。下部層の上限を示す等深度線は、第 2 図に示してある。

上部層に介在される砂礫層は、“中掘”と称せられている自噴井が到達している帯水層であり、下部層は“深掘”の帯水層となつている。そして下部層の上位にある“玉石層”は、一宮市・尾西市でいう“第二礫層”“第二帯水層”に相当する。

更新一鮮新層のうち、浮石を混える層は尾張丘陵の熱田層に、貝殻を混える層は八事層に、そして“玉石層”は唐山層(以上更新層)に対比されるものと考えられる。“玉石層”の下部にある砂礫・粘土の累層(埋木を挟む)は、尾張丘陵の猪高層(鮮新層)に相当するものである。

深井戸の揚水資料から、帯水層の示す比湧出量(水位降下 1m あたりの揚水量)は、次のようにまとめられる。

地区	比湧水量 (m ³ /d/m)	採水層 (m)
岐阜市東部	700	20 ~ 80
穂積町	10,000	103までの第一・第二帯水層
柳津町	6,700	22~58 (第一帯水層)
笠松町	4,700	30~40 (第一帯水層) および 90~100 (第二帯水層)
大垣市	4,700	174.5~237 (猪高層?)



第 2 図 第一砂礫層下限・第二砂礫層上限を示す等深度線図

比湧出量が $4,000\text{m}^3/\text{d}/\text{m}$ の大きな値は、透水性に富み、地表水体に近い氾濫原(水路)型の帯水層における値である。

3.2 地下水

比留川貫²⁾は、大垣自噴帯の地下水を水質の面から6地区に分けているが、圧力面の形・水温・水質に基づいてこれを地下水系統で現わすと、木曾川・長良川系、揖斐川系、杭瀬川(赤坂)系、相川・牧田川系、今尾・高須系の5地下水系に区分することができる。

1) 木曾川・長良川地下水系は、岐阜市・笠松町・柳津町付近および糸貫川流域に分布する地下水である。この地下水系の第一帯水層は、Fe に富み (0.1~0.6ppm) また笠松町では藻類をかなり含有している。

2) 揖斐川地下水系は、揖斐川の氾濫原地帯における地下水であつて、大垣市街地の東部から牧村・名森村にかけて分布する地下水である。第一・第二帯水層は良質であつて、 Cl^- も 10ppm 以下である。しかし深度 10m 程度の地下水は、 Cl^- に富み 30~40 ppm に及んでいる。

3) 杭瀬川(赤坂)地下水系は、杭瀬川の右岸にあつて、赤坂石地帯の南側にある丘陵地から大垣市街地の西南部にかけて分布する地下水である。水質は、アルカリ性を呈し、硬度が高い特徴をもっている。

4) 相川・牧田川地下水系は、それらの扇状地帯に分布する地下水である。

5) 今尾・高須地下水系は、新生三角洲地帯の地下水である。そしてこれは上述の地下水系とは、まったく異なつた地下水であつて、最上部の地下水は Cl^- に富み (100ppm<), またこの水系の地下水には天然ガスが含まれている。

大垣自噴帯における地下水系統が、かなり明瞭に区分できることは、帯水層分布の相違が著しいためであろう。とくに杭瀬川、相川・牧田川系と今尾・高須系の地下水分布は、養老地塊に関連する地質構造の影響をよく受けているものと考えられる。

4. 自噴帯の縮小

濃尾平野には、元来旧濃尾平野自噴帯と称せられる、自噴性被圧地下水の分布する一つの大きな自噴帯があつた。しかし地下水利用の増加あるいは地下水涵養量の減少などによつて、静水圧が低下し、この自噴帯は 1953 年頃には岐阜県南西部の大垣自噴帯と愛知県蟹江町付近の蟹江自噴帯と春日井市を中心とする春日井自噴帯との3つに分離していた。そして大垣自噴帯は、1960 年牛丸周太郎らによつて、さらに2つの自噴帯に分離してい

ることが明らかにされた²⁾。すなわち、これらは大垣—今尾の自噴帯と高須—福江の自噴帯とであつて、2つの自噴帯の面積は、大垣自噴帯の面積 (355km²) の約2/3に相当する。

さらに詳細に検討すると、

1) 静水圧が低下し自噴が停止した地帯は、第二帯水層の開発が盛んである、ほぼ糸貫川—長良川以東の地帯と今尾—高須間の地帯である。前者は、3.2 地下水の項で区分した木曾川・長良川・糸貫川によつて養われている地下水系であり、後者は今尾・高須地下水系の一部である。

2) 現存する北部の自噴帯は、揖斐川・杭瀬川・相川・牧田川などによつて養われる地下水系のところであつて、この自噴帯は 1953 年報告した浅掘井戸の分布地帯にほぼ相当する。

3) 北部の自噴帯における井戸のうち、とくに大垣市街地のものは夏季には自噴が停止し、それ以外の季節には自噴するという現象がみられ、また夏季でも夜間に限つて自噴するという。夏季は、もつとも地下水利用量の多い時であり、大半の井戸が同一帯水層に到達しているために、このような現象が生じるものと考えられる。

自噴帯の東縁部および南縁部が次第に西および北の方向に向かつて移動し自噴帯が縮小する理由は、地下水の過剰汲み揚げ、濃尾平野の構造運動に起因しているということも考えられるが、地下水学的に考察すると、むしろ帯水層と地下水のあり方によるものと考えられる。

一般に軟弱な含水堆積物は弾性的性質をもっており、被圧帯水層は砂礫と水とからなる一つの弾性体と考えられている。被圧帯水層が被覆層(難帯水層)によつて受ける地層圧は、砂礫と水とによつて分担されており砂礫の圧縮が少ないときには水頭圧が高く、その圧縮がすすんで支持力が増加すると水頭圧が低下する。このような水頭圧の高い帯水層は、地下水の汲み揚げ過剰・井戸相互間の干渉による水位降下の増加などによつて、弾性限界を超えた状態にまで水頭圧が低下すると、砂礫の圧縮が生じるようになる。この圧縮が生じると、水頭圧の完全な回復はもはや起こらない。この型の自噴帯は、平野・段丘・丘陵に存在し、荷重型自噴帯と呼ばれるものである⁴⁾。

しかし自噴帯には、荷重型とは異なつた型のものが存在する。これは地形勾配が急な山麓部にあつて、表層にごく薄い難帯水層が存在する被圧帯水層の分布地帯に認められる。そして自噴は、被覆層の荷重よりも地下水の動水勾配の大きさによつて生じる。この型の大規模な自噴帯は、扇状地の末端に存在し、落差型自噴帯と呼ばれているものである。

荷重型・落差型自噴帯は、それぞれ異なつた地質的・水文特性をもっている。荷重型は、粘土・シルトなどの難帯水層と砂礫などの帯水層との累層であり、地下水の涵養帯までの距離が遠くあるいは涵養水源がきわめて貧弱な水体であつて、揚水によつて排出される貯留水は、動水勾配の増加によつて補給される地下水量よりはるかに多いという特性をもっている。落差型は、帯水層が透水性に富む砂礫層からなり、表流水・湖沼水などの地表水体と密接な水文的關係にあつて揚水によつて、排出される水は、地下水貯留量よりも地表水体からの誘導浸透量の方がはるかに多い特性をもっている。

現存する南北2つの自噴帯のうち、大垣市を中心とする北部の自噴帯は、揖斐川およびその右岸支川によつて形成された扇状地の末端に存在し、帯水層の地質的因子・地下水涵養などの水文的因子が落差型の諸条件を充たしている。そして揚水によつて自噴が停止する現象は、非揚水期においては完全に消滅し、きわめて一時的なものである。これらの理由から、北部の自噴帯は、落差型自噴帯に相当するものと考えられる。

この自噴帯の東側にあつて、自噴が完全に停止した地帯では、南西に向かつて粘土・シルト層(難帯水層)が発達し、帯水層は粗粒質から細粒質に移化している。そして簡易水道あるいは家庭用モーター・ポンプなどの小規模の揚水(数百 m^3/d 以下)によつて、ただちにその周辺の自噴井の自噴機能が消失するという水文的性質がみられる。これらの理由から、自噴停止地帯は荷重型自噴帯に相当するものと考えられる。なおこの地帯は、上流にあたる岐阜市街地および愛知県一宮市・尾西市における地下水取得の影響をつよくうけていて、水頭圧の低下が年々増加している。そして一部では第一帯水層からの多量採水によつて、井戸周辺に沈下の現象が認められている。

高須一福江にあたる南部の自噴帯は、帯水層・地下水

のあり方から考察すると、明らかに荷重型自噴帯に属するものである。そしてこの自噴帯において、もし多量の地下水開発が行なわれると、自噴帯は短時間のうちに消滅するものと考えられる。

5. 結 論

岐阜県内において、豊富な地下水資源を有する大垣市およびその周辺は、本邦最大級の帯水能を維持している。これは、当地区の帯水層の水文的・地質的特性がすぐれているためである。

しかし岐阜市南部から羽島市・今尾町・高尾町に及ぶ地帯は、これよりも劣る帯水能を有し、地下水の開発は、水頭圧の低下のみではなく、とくに粘土層の発達が著しい南部地区では、地盤沈下などが誘起されるおそれがある。

現在笠松町および羽島市の東部で認められる水頭圧の低下は、対岸の一宮市・尾西市などの工業用水取水と密接な関係にある。また大垣市を中心とする自噴帯は、東南縁から縮少するものと考えられるが、今後の地下水開発は国道大垣一岐阜線以北において行なわれるのが、安全であろう。(昭和36年2月調査)

文 献

- 1) 村下敏夫・比留川貴・尾崎次男：濃尾平野工業用水源地域調査報告一大垣自噴帯を中心として一、地質調査所月報, Vol. 5, No. 12, 1954
- 2) 牛丸周太郎：岐阜県濃尾平野地下水調査中間報告(1~6), 岐阜県工業立地ニュース, 1960~1961
- 3) 名古屋大学理学部地球科学教室小穴研究室：濃尾平野の地下水, 1961
- 4) 村下敏夫：地下水学要論, 昭晃堂, 1962