

(34) 都市圏周辺の自治体の自己水源と利水安全度

Robustness in Self-Sufficiency of Water Resources
and Water Supply for Suburban Areas

渡辺直久・神野健二・河村 明・田尻 要

By Naohisa WATANABE, Kenji JINNO, Akira KAWAMURA and Kaname TAJIRI

1. はじめに

福岡市周辺都市では、福岡市への産業・経済活動の一極集中の結果、そのベッドタウンとして急速に人口が増加しており、これに伴い水の需要量も増加を続けている。しかし、福岡市周辺の自治体には大きな河川もなく、また自己水源も乏しく、常に渇水の危機にさらされているのが現状である。また人口増加に対応する水資源開発にも苦慮しており、利水安全度を向上させるために各自治体が独自の身近な自己水源を持つことや、節水意識を高揚させることは重要な課題となっている。

平成2年度は福岡市都市圏においては全体的に少雨傾向であり、その結果T市、O市では冬季渇水に見舞われ30%の給水制限を強いられたと新聞にも報じられた。他の自治体においては給水制限には至らなかったものの、貯水量の減少や天気予報を考慮しつつ、給水制限を行うか否かなどの決定に苦慮してきた。本研究では、各自治体の持つ自己水源が利水安全度にどのように影響を与えるかについて、福岡市周辺の自治体として人口、施設能力が似通ったD市とT市をとりあげて考察を加えている。

2. D市およびT市の給水の現状

2.1 D市の水道

D市の水道はその水源として、MAダム、Oダムの2つのダムとO揚水井の地下水、および福岡地区水道企業団からの受水があり、総給水施設能力は16,100m³/dayである。図-1は、D市の昭和37年度から平成2年度までの人口、給水人口、給水施設能力、一日最大給水量、一日平均給水量、一人一日最大給水量、一人一日平均給水量の推移を示している。D市においては、これからの人口の増加を予測して、新たな地下水の開発やダムの建設が検討されており、給水施設能力の増加が予定されている。

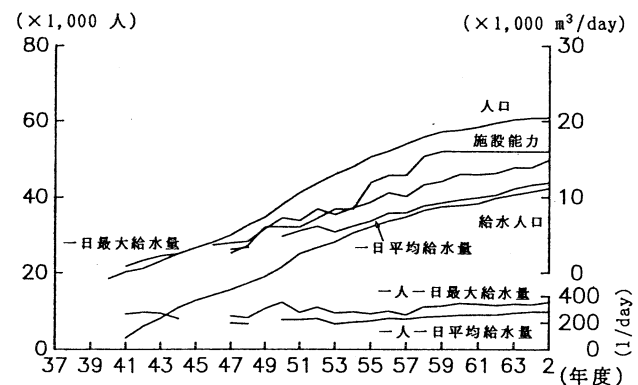


図-1 D市における人口、施設能力、給水実績の推移

- * 九州大学大学院修士課程 工学研究科水工土木学専攻 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)
- ** 九州大学教授 工学部水工土木学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)
- *** 九州大学助手 工学部水工土木学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)
- **** 西松建設(株)技術研究所 (九州大学大学院博士課程) (〒242 神奈川県大和市下鶴間2570-4)

2. 2 T市の水道

T市の水道はその水源として、MIダムおよびY水道企業団からの受水があり、総給水施設能力は20,900 m³/dayである。Y水道企業団は、人口増加により飲料水対策に共通の悩みを持つT市、D市およびM水道企業団により、水道用水供給事業を目的として設立された。福岡県とY水道企業団で県営Yダムを建設し、そこから水道水として一日最大25,000m³を取水し、一日最大23,000m³をT市、D市およびM水道企業団へ配水している。図-2は、T市の昭和37年度から平成2年度までの人口、給水人口、給水施設能力、一日最大給水量、一日平均給水量、一人一日最大給水量、一人一日平均給水量の推移を示している。T市ではここ数年の間ニュータウン建設を積極的に進めており、その結果人口が急増しているが、これに対する給水施設能力の伸びは若干鈍いようである。この人口の伸びに対する十分な給水能力を確保してゆることが課題となっている。

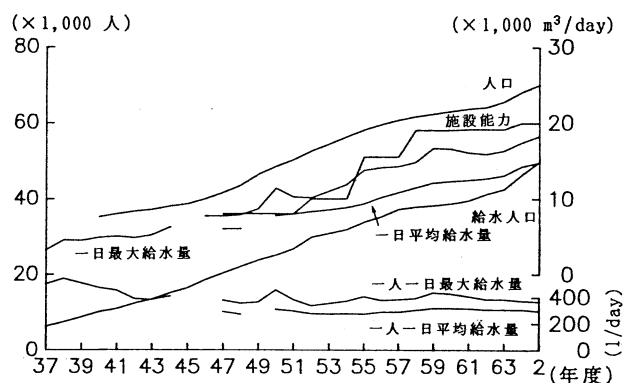


図-2 T市における人口、施設能力、給水実績の推移

3. D市およびT市におけるダム運用シミュレーション

3. 1 D市のダム運用シミュレーション

(1) Hazen plot の式¹⁾による確率渇水年の計算

平成2年度は福岡市都市圏においては全体的に少雨傾向の年であった。そこでまず表-1にD市のOダム雨量観測所における過去16年間の降雨量のデータをまとめHazen plotの式により平成2年度が何年に1度の渇水年に相当するかという確率渇水年を求める。Hazen plotの式は次式で表される。

$$F(x_i) = (2i-1)/2n \cdots (1)$$

ここで、n:資料の数

i:小さい方から数えた順番

である。この結果、平成2年度は16年間の降雨量のうち2番目に少ない降雨量の年であった。(1)

式による計算の結果、平成2年度は11年に1度という渇水年に相当している。さらにここでは、16年間で9番目に少ない降雨量でほぼ平年並みに降雨量のあった昭和62年度を平水年として選び、渇水年と平水年におけるダム運用の違いをD市のOダムをとりあげて検討する。

(2) 地下水補給とOダムの運用

D市においては給水量のおよそ50%を福岡地区水道企業団からの受水、30%をOダム、および20%をMAダムから供給しており、それぞれの給水区域に給水を行っている。ここでは、D市の給水量のおよそ30%を担っているOダムについてそのダム運用の検討を行う。Oダムは、総貯水量195,000m³、有効貯水量175,000m³(上水分158,000m³)の多目的ダムである。Oダムでは、貯水量が満水の90%を下回ると近くのO揚水井からの地下水をダムに汲み上げるといった運用がなされている。ここでは特に、この地下水が利水安全度に与える

表-1 D市の16年間の降雨実績

年度	降雨量 (mm)	年度	降雨量 (mm)
昭和50年度	1568	昭和58年度	1956
51	1591	59	1790
52	1532	60	2193
53	1294	61	1888
54	1873	62	1865
55	2824	63	1945
56	1462	平成元年	1541
57	1894	2	1381
		平均	1787

影響を上水分について検討する。まず、図-3に平水年である昭和62年度のダム運用の実績と、自己水源としての地下水がなかった場合のダム運用のシミュレーション結果を示す。図から分かるように平水年においては、梅雨期の降雨により貯水量はほぼ満水を保っており、冬期も3月の降雨により貯水量は速やかに回復している。1月中旬以降の貯水量回復に地下水補給の効果がみられるものの、全般的には顕著な差異はない。次に、図-4に渇水年である平成2年度のダム運用の実績と、自己水源としての地下水がなかった場合のダム運用のシミュレーション結果を示す。図から分かるように渇水年においては、梅雨期の降雨不足によりダムの貯水量はかなり少なくなったが、地下水の補給により回復も早く、3月末には満水に達している。一方、地下水の補給がなかったならば、大きな貯水量低下を招き、給水制限も実施せざるをえないような状況となっている。○揚水井からの地下水揚水量は、およそ700m³/dayとそれほど多くはないが、渇水年においては貯水量維持に大きな影響を与え、利水安全度を高めていることがわかる。

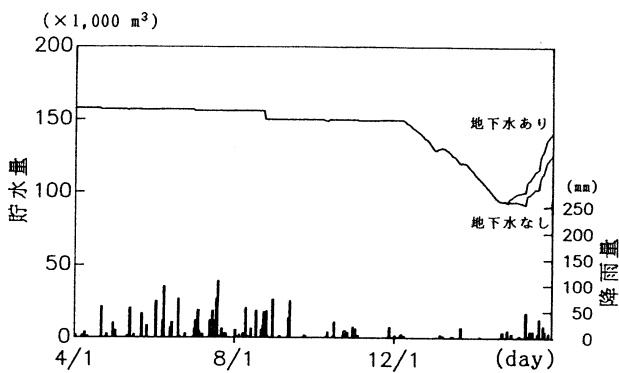


図-3 昭和62年度(平水年)における○ダムの運用

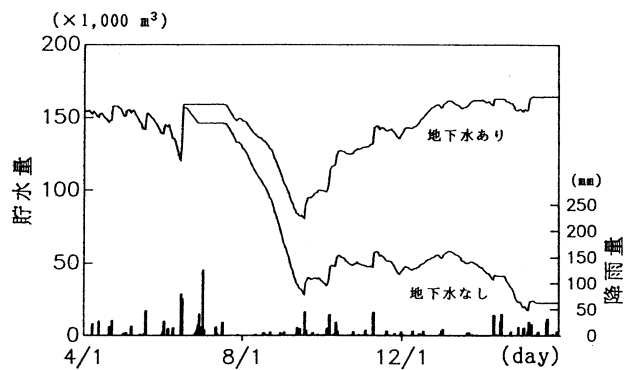


図-4 平成2年度(渇水年)における○ダムの運用

3. 2 T市のダム運用シミュレーション

(1) Hazen plot の式による確率渇水年の計算

ここでも、平成2年度のT市における確率渇水年を前出の(1)式により求める。表-2にT市のYダム雨量観測所における過去29年間の降雨量のデータをまとめた。Yダムは山間部にあるため、全体的にT市の降雨量がD市の降雨量より多めである。平成2年度は29年間の降雨量のうち14番目に少ない降雨量の年で、(1)式による計算の結果、平成2年度は2年に1度という渇水年に相当している。しかし、12月と1月の降雨量が平年に比べ非常に少なく、その結果、2月12日より3月12日まで給水制限を行っている。そこでまず、T市の上水専用ダムであるMIダムについて10年に1度の渇水年に相当する昭和49年度の流入量を用いた場合の貯水量の推移のシミュレーションを行い、次に給水制限を開始する時期と渇水被害との関係の検討、および平成2年度におけるダム運用の結果と、仮にT市にもD市と同様の地下水の補給が可能であったとした場合のダム運用のシミュレーションを行う。

表-2 T市の29年間の降雨実績

年度	降雨量(mm)	年度	降雨量(mm)
昭和36年度	1671	昭和51年度	2401
37	2013	52	1927
38	2407	53	1644
39	1536	54	2210
40	2562	55	3440
41	1649	56	2362
42	1180	57	2591
43	1449	58	2342
44	1662	59	
45	1847	60	2742
46	2399	61	2686
47	3049	62	2626
48	2328	63	2204
49	1634	平成元年	1988
50	1882	2	2061
		平均	2155

(2) 10年に1度の渇水年の流入量の場合

T市のMIダムは、総貯水量86,590m³、有効貯水量85,000m³の上水専用ダムである。利水計画は通常、10年に第1位程度の渇水年を対象として立案されている。そこで、10年に1度の渇水年に相当する昭和49年度の流入量を用いてMIダムにおけるダム運用のシミュレーションを行った結果を図-5に示す。図から分かるように、昭和49年度の流入量であったとすると現時点の給水量に対しては、貯水量が大きく低下し給水制限は必至であることが分かる。

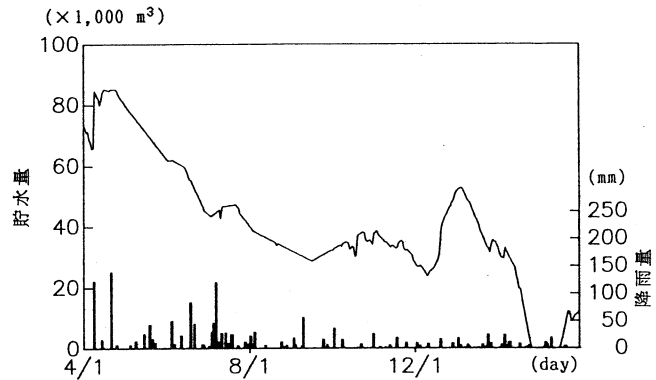


図-5 昭和49年度の流入量とした場合の貯水量推移

(3) 平成2年度の流入量に対する給水制限の開始時期と渇水被害との関係の検討

平成2年度の30%の給水制限(2/12~3/12)は、MIダムの貯水量の45%を下回った時点から開始しており、また給水圧を下げるという方法で行ったため高台の方では水の出が悪くなったり、また、全く出なかった地域もありかなりの被害が出た。そこでまず、図-6に給水制限を実施せずに需要量のとおり配水した場合のシミュレーションの結果を示す。図が示すように、もし給水制限を行わなかったならば2月末にはダムの貯水量は空になり給水不可能の事態に陥っている。そこで、一般的に日常生活に支障がないといわれる10%や20%程度の給水制限を、早い時期から実施した場合の給水不足量の2乗を計算した。図-7~図-10に貯水量の80%、70%、60%、50%をそれぞれ下回った時点から、給水制限を10%および20%で行った場合についてのシミュレーション結果を示し、各々の場合の渇水被害の指標を表-3に示す。ここでは渇水被害の指標として

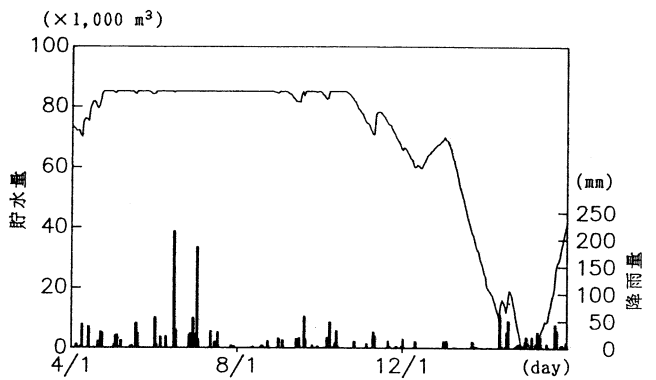


図-6 給水制限を実施しなかった場合の貯水量推移

表-3 渇水被害の計算

実際の渇水被害	6.58 × 10 ⁷ (m ⁶ /day)	
給水制限なし	1.40 × 10 ⁹ (m ⁶ /day)	
	制限率	
貯水率	10%	20%
80%	1.64 × 10 ⁷	6.59 × 10 ⁷
70%	1.31 × 10 ⁷	5.26 × 10 ⁷
60%	1.28 × 10 ⁷	5.14 × 10 ⁷
50%	1.21 × 10 ⁷	4.85 × 10 ⁷

$$(\text{給水不足量})^2 = \sum (\text{需要量} - \text{配水量})^2$$

を用いた。表-3に示すように、10%の給水制限では渇水被害はいずれも実際の渇水被害よりかなり小さいが、計算期間の最終時点における貯水量の低下が大きくなる。しかし、20%の給水制限では、貯水量の80%を下回った時点から開始した場合を除いて、渇水被害はいずれも実際の渇水被害より小さく、しかも貯水量の急激な低下もない。一方、貯水量の60%、および50%を下回った時点から給水制限を開始した場合には、それぞれの貯水量の推移は似通っており余り違いはみられない。従って、渇水被害を軽減させるためには、貯水量がかなり少なくなってから給水制限を開始するのではなく、余裕を持って早い時期から20%程度の給水制限を開始することが重要であるといえる。

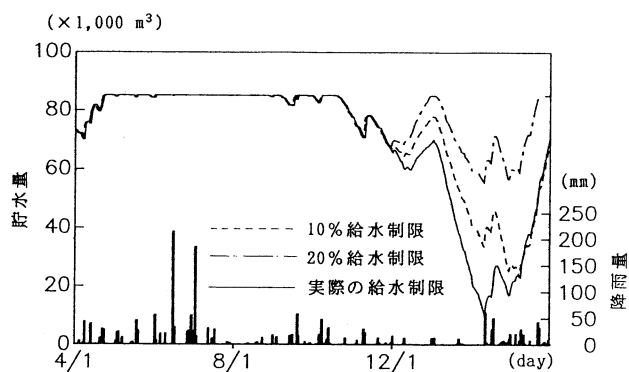


図-7 80%を下回ってから給水制限を行った場合

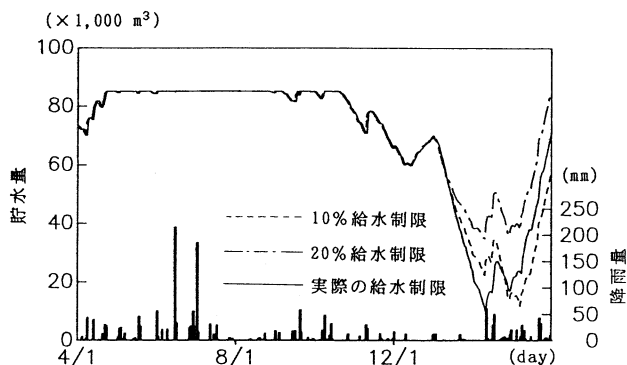


図-8 70%を下回ってから給水制限を行った場合

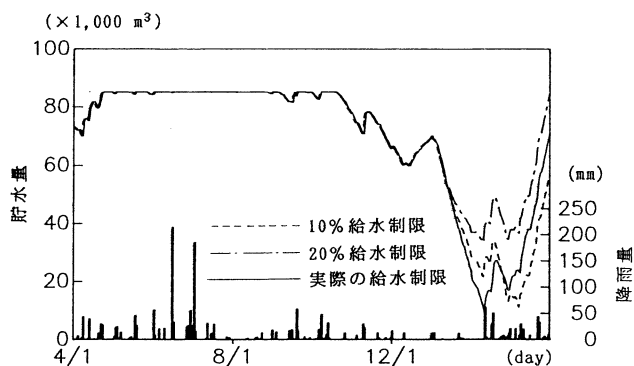


図-9 60%を下回ってから給水制限を行った場合

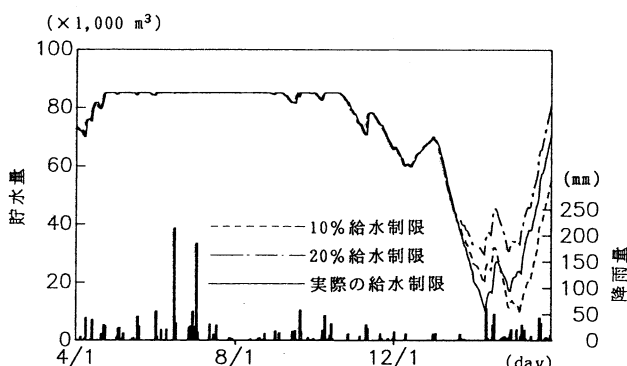


図-10 50%を下回ってから給水制限を行った場合

(4) 地下水補給が可能であると仮定した場合のMIダムの運用

ここでは、D市と同様にT市においても自己水源としての地下水の揚水が可能であったとした場合に、どの程度の地下水があったならば平成2年度の渇水乗り越えていたかについての検討をMIダムについて行う。図-11に、平成2年度におけるダム運用の結果と、地下水の補給が可能であった場合のシミュレーションの結果を示している。ここでは、一日当たり100m³、300m³、500m³の地下水の揚水が可能であった場合についてそれぞれシミュレーションを行った。図から分かるように、およそ300m³/dayの地下水の補給が可能であったならば、MIダムの貯水量の急激な減少もなく、利水安全度が高まること分かる。

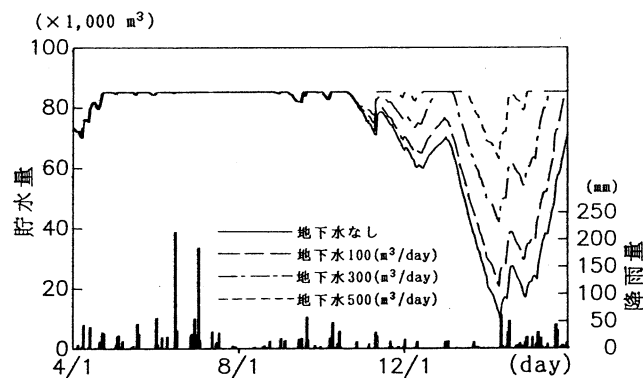


図-11 平成2年度におけるMIダムの運用

(5) T市全体の給水と地下水の補給

T市においては給水量のおよそ70%をY水道企業団からの受水、30%をMIダムから供給している。Y水道企業団は、県営YダムからT市に給水しており、YダムはMIダムとほぼ同一の流域に存在する。T市は平成2年度の渇水や、これからの人口増加に対する自前の水資源対策として、日量5,000m³の地下ダムの建設構想を明らかにした。ここでは、MIダムとYダムの上水分容量にこの日量5,000m³の地下水がどのような影響を与えるかについて、MIダムとYダムを1つのダムとして考えた場合のダム運用シミュレーションの検討

を行う。MIダムおよびYダムの上水分貯水容量はそれぞれ85,000m³、730,000m³で合計815,000m³である。図-12に渇水年である平成2年度において、日量5,000m³の地下水の補給を行った場合の上水分貯水量の推移のシミュレーションを示す。また図-13に平年並みに降雨量のあった昭和63年度の上水分貯水量推移を示す。図-12より平成2年度においては、12月末には上水分の貯水量は空になり農業用水分に割り込んでいることが分かる。図-12,13より、日量5,000m³の地下水の補給が可能なら平年並み以上の貯水量推移を示すことが分かる。

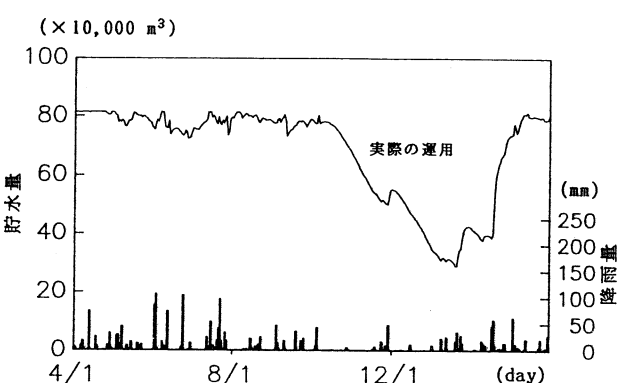
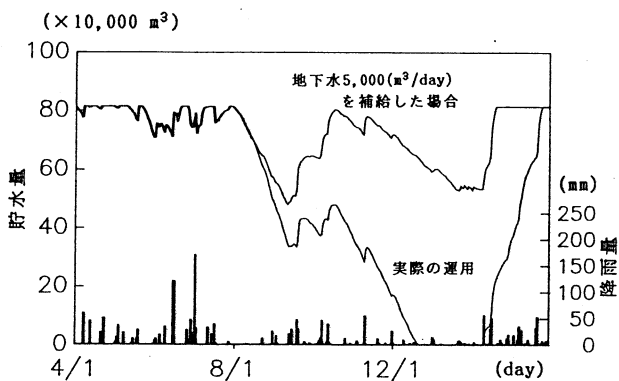


図-12 平成2年度(渇水年)における上水分貯水量推移 図-13 昭和63年度(平水年)における上水分貯水量推移

4. むすび

本研究では、自己水源としての地下水がダムの貯水量の変化にどのような影響を与えるかについて、D市のOダムとT市のMIダムおよび県営Yダムについてシミュレーションを行った。以上の検討の結果より、渇水時に各自治体ごとに独自の自己水源を持つことは十分に有効な対策であることが示された。T市の例でもわかるように、最近では実質的に数年に1回程度の渇水で水需給が不安となる水利用になっている²⁾。異常気象で水不足が生ずるのではなく平年に近い年においても水不足が起こるような事態は、周辺市町の人口増加に水の供給体制が追いつかないことに原因があると考えられる。しかし、福岡市都市圏の各自治体の水資源開発は限界にきており、将来的に各自治体ごとに独自に水資源開発を進めることは難しい。従って、これからは各自治体ごとよりも福岡市都市圏全体で水問題を考え、より効率的に水運用を行っていく必要があると考えられるので今後の課題としたい。

謝辞

本論文を作成するにあたり、貴重な資料および有益な御助言を頂いた関係各位の方々に厚く感謝の意を表します。また本研究は、平成3年度文部省科学研究費、総合研究(A)(課題番号: 03302046, 研究代表者: 小尻利治)の補助を受けました。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 春日屋伸昌: 水文統計学概説, pp.21-22, 1986.
- 2) 志村博康: 現代水利論, p21, 1982.
- 3) 渡辺直久・河村 明・神野健二・田尻 要: 大都市周辺の市町村における自己水源と利水安全度について, 平成3年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.386-387, 1992, 3.