ＩＳＳＮ　0386 － 5878
土木研究所資料第3782号

土 木 研 究 所 資 料

茨城県谷田川流域における水循環に関する研究(1)
― 地下水の実態調査と水循環の数値解析 ―

平成13年3月

国土交通省土木研究所
河川部都市河川研究室

Copyright © (2001) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土木研究所資料
第3782号2001年3月

茨城県谷田川流域における水循環に関する研究（1）
—地下水の実態調査と水循環の数値解析—

都市河川研究室　室　　長　吉谷　純一
主任研究員　木内　豪
科学技術特別研究員　賈　仰文
交流研究員　倪　広恒[1)]
交流研究員　戸嶋　光映[2)]

要旨

茨城県谷田川流域においては常磐新線の沿線開発が予定されており、今後流域の都市化が急激に進むことによる流出増、地下水位低下、汚濁物質の流出による水質悪化や下流の牛久沼への影響が懸念される。

本研究においては、谷田川流域の開発に伴う水循環の変化を捉える一環として、流域全体を網羅した地下水調査を行い、当流域における地下水位と地下水水質の特性を分析した。また、分布・物理型の水循環モデルを適用し、地下水位の時空間分布の実測値との比較により推定精度を確認した。さらに、現状及び将来における年間を通じた水収支の時空間分布を再現し、土地利用変化や河川改修による水循環への影響を推定した。

キーワード：谷田川流域、水循環、地下水、水質、モニタリング、モデリング

1)　交流研究員在職期間（平成11年4月～平成13年3月）
2)　交流研究員在職期間（平成12年4月～平成13年3月）

目　　次

はじめに 1

1．谷田川流域の概要 2
1．1　地形・地質 2
1．2　人口 7
1．3　土地利用 8

2．谷田川流域の地下水の実態 10
2．1　流域内の地下水利用の実態 10
2．2　地下水調査 12
2．2．1　地下水調査方法 12
2．2．2　測定井戸の状況 14
2．3　地下水位の調査結果 15
2．3．1　地下水位の空間分布 15
2．3．2　地下水位の季節変動 20
2．3．3　地下水位の経年変化 22
2．4　地下水質の分析結果 24
2．4．1　水質の空間分布 24
2．4．2　水質の季節変動 32
2．4．3　水質の経年変化 37
2．5　第2章のまとめ 41

3．谷田川流域の水循環解析 43
3．1　解析の概要 43
3．1．1　解析の目的 43
3．1．2　計算モデルの概要 43
3．1．3　計算条件の設定 45
3．2　流域情報の収集・整理 45
3．2．1　地形データ 47
3．2．2　土地利用及び不浸透域面積率 47
3．2．3　地質及び地下水帯水層 50
3．2．4　河川諸元 53
3．2．5　人口 57
3．2．6　気象条件 58
3．2．7　河川流量及び地下水 58

３．２．８　都市用水 61
３．２．９　農業用水 61
３．２．10　工業用水 61
３．２．11　排水 61
３．２．12　GIS による流域情報のデータベース化 62
３．３　解析結果 64
３．３．１　地下水位と河川低水流量によるモデルの検証 64
３．３．２　現況の水循環系の特徴 67
３．３．３　河川改修が水循環に与える影響 67
３．３．４　土地利用の変化が水循環に与える影響 68
３．４　第３章のまとめ及び今後の課題 73

謝辞 74
参考文献 75
参考資料 75

はじめに

谷田川は茨城県つくば市等を流れる一級河川利根川の支川で、当流域内では平成 17 年の常磐新線開通に伴い、大規模な開発が予定されている。谷田川流域の水循環に関する研究の目的は、沿線の開発に伴う流域条件の変化が水循環に及ぼす影響をモニタリングとモデリングの双方から明らかにし、谷田川流域とその排水先となる牛久沼の水環境保全に効果的な対策を明らかにすることにある。谷田川流域は、開発の影響を長期的に追跡できる絶好の試験流域としても位置づけられることから、本研究を通じて流域内の水文・気象等に関する様々なデータを蓄積することも重要である。

このような目的のもと、平成 11 年度より、河川内の流量、水質の動態のみならず、流域全体における水・物質循環の実態を把握する研究活動の一環として、地下水の実態調査を実施してきた。谷田川流域では上水や農業用水として地下水に依存している量が多く、流域環境の変化が地下水に及ぼす影響を明らかにすることは重要な研究課題である。本資料の 2 章では、平成 11 年から 12 年にかけて実施した地下水調査の結果について説明する。

モニタリングは現状の水循環を把握するための最も基本的かつ確実な手段であるが、将来の流域状況の変化が水循環に及ぼす影響を推定するにはモデリングによる方法が非常に有効である。本資料の第 3 章では谷田川流域の水循環解析を行うために収集・整理した各種の流域データについて紹介するとともに、分布物理型モデルを用いた水循環解析の結果について報告する。なお、現段階では、必ずしも十分な量と質で各種の流域データが収集されていないことや解析モデルにも改良の余地があることから、今後これらの見直しを行うことにより、解析結果自体も変わり得るものである。

１．谷田川流域の概要

谷田川流域は、流域面積が 166.5km² で、流域関係市町村としてつくば市、茎崎町、谷和原村、伊奈町、牛久市、龍ヶ崎市がある。関連市町村の中でつくば市は流域の約 70％を占め、次いで茎崎町が流域の 12％を占める。

主要な河川として谷田川、西谷田川、稲荷川があり、下流の牛久沼に流入している。これら以外の河川として、谷田川支川の蓮沼川、西谷田川支川の高岡川があげられる。谷田川流域図を図 1.1 に示す。

また、当流域内において図 1.1 中に示す 5 地区の常磐新線沿線開発が計画され、その開発予定面積は約 13km² となっており、今後流域の都市化が急激に進展することが予想される。

谷田川流域の地形・地質、人口、土地利用は以下のとおりである。

１．１　地形・地質

谷田川流域の地形は、筑波・稲敷台地と台地を刻む谷田川の開析谷によって特徴づけられる。筑波・稲敷台地は、水戸から千葉に広がる常総台地の一部であり、標高は T.P.+30m～+20m である。台地の北～東側を桜川低地、西～南側を小貝川低地に区切られており、北西から南東へ次第に標高が低くなっている。標高分布図を図 1.2 に示す。

この台地面傾斜に沿って稲荷川、谷田川、西谷田川、谷田川等の河川が発達し、台地を分断すると共に自身でも幅 100～200m の谷底平野を形成している。谷底平野は低湿で地盤は軟弱であり、下流部では過去の海進時に由来する泥炭層が認められる。

また、谷田川流域とその周辺を構成する地層は、上位から関東ローム層、常総層、成田層、上岩橋層、藪層、地蔵堂層となっている。また、谷田川や西谷田川の低地部には腐植土または砂礫などで構成される沖積層が堆積している。各層の概要は表 1.1 のとおりである（(財) 建築保全センター，1981）。

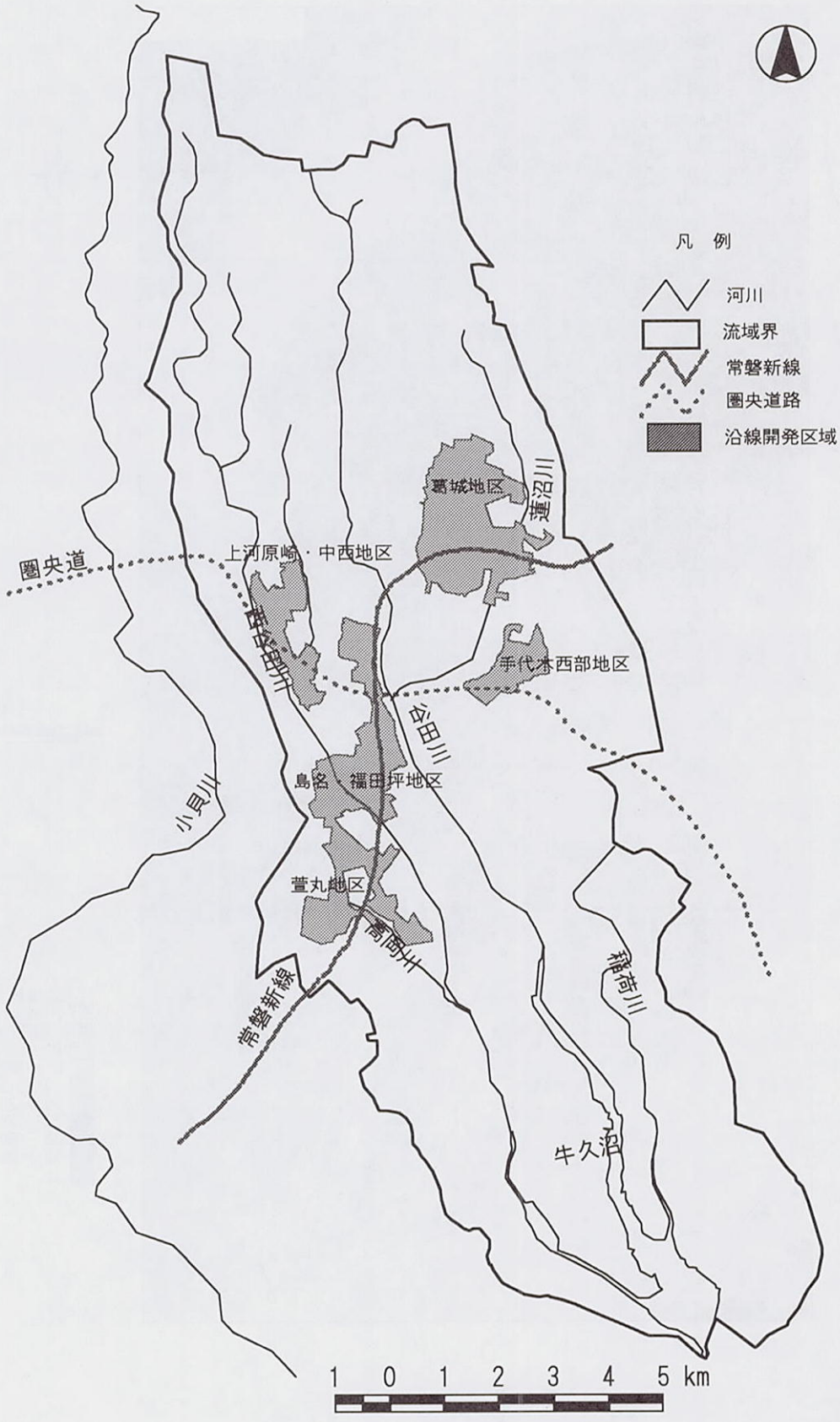

凡　例
河川
流域界
常磐新線
圏央道路
沿線開発区域
圏央道
上河原崎・中西地区
葛城地区
手代木西部地区
島名・福田坪地区
萱丸地区
西谷田川
谷田川
小貝川
鬼怒川
常磐新線
南岡井
稲荷川
牛久沼
1　0　1　2　3　4　5 km

図 1.1　谷田川流域図

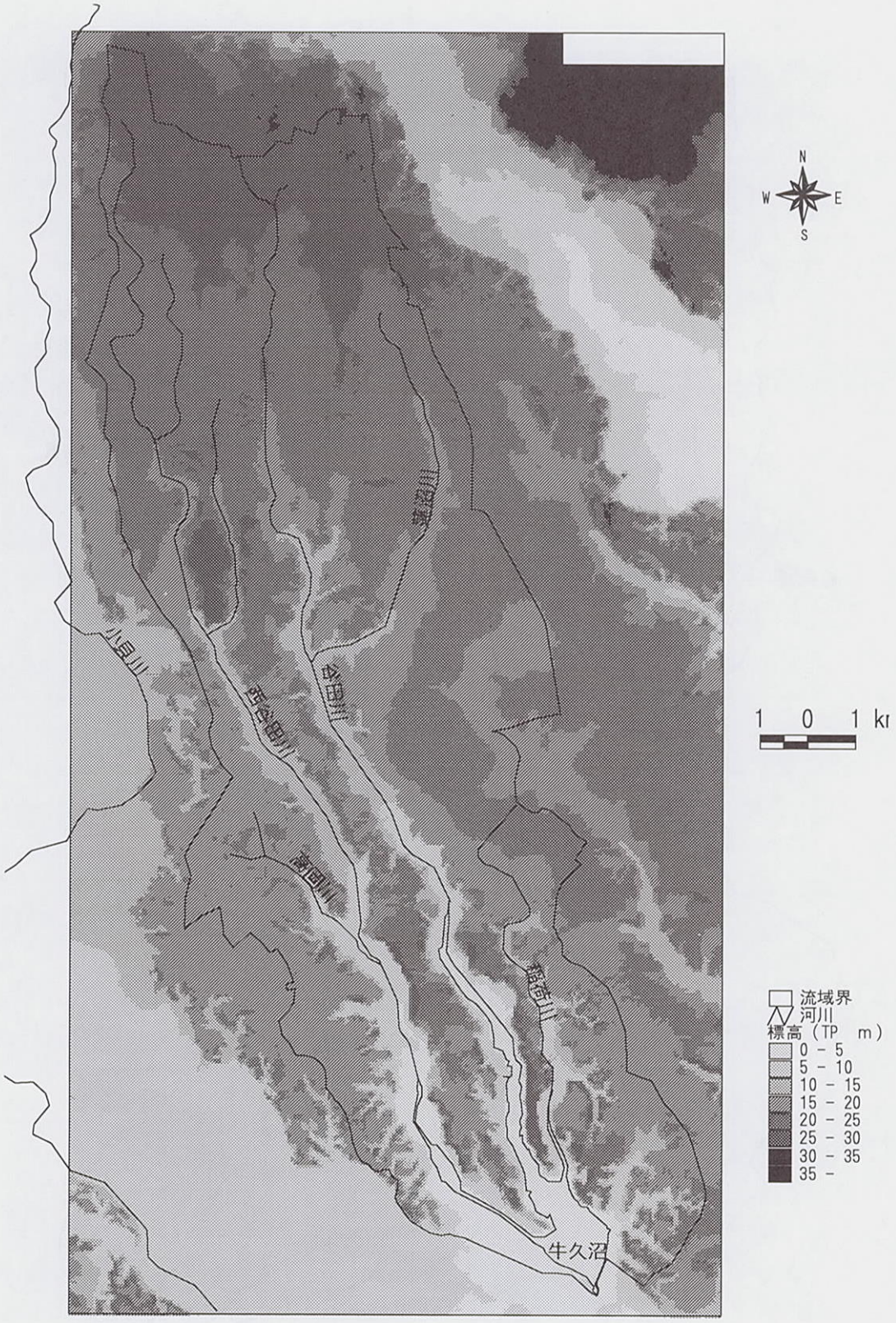


図 1.2　谷田川流域標高分布図

表 1.1　地質層序及び概要表

時代			地層名		記号	構成	N値	記事
現世			-			盛土/埋土		表土・盛土・埋土
新生代	第四紀	完新世	沖積層		Ap	礫土・有機土	0～1	桜川，谷田川等の川ぞいの低地に分布。主に腐植土，砂，礫等の河成～湖沼性の堆積物からなる。厚さは 15m 未満の事が多い。桜川の谷では比較的礫の発達が顕著であるが，他の台地内河川では腐植土を主とする所が多い。
					Ac	粘土・シルト	0～3	
					As	砂	2~30	
					Ag	砂礫・礫	10 以上	
		更新世	新期ローム層（立川，武蔵野相当）		tm	ローム	1～6	台地面を広くおおう。厚さは 3m 未満の所が多い。
			常総層	常総粘土層	tc	凝灰質粘土	0~10	台地部にローム層におおわれて分布，粘土化した火山灰土を主とするが時に薄い砂等を置う事がある。
				龍ヶ崎層	Dp-1	礫土・有機土	2～5	下末吉海進末期の堆積物と考えられる。一般には上部で粘土，腐植土等の細粒土に富み，下部は砂，砂礫に富むが，地層の変化が著しい。基底標高はほぼ+10m 以上である。
					Dc-1	粘土・シルト	2~10	
					Ds-1	砂	5~30	
					Dg-1	砂礫	30 以上	
			下総層群	成田層（下総層群上部）	Dc-2	粘土・シルト	4~20	最上部の海汰の良い砂礫と，T.P.+5～-10m 以深の粘性土～粘土シルトを含む砂層に大別できるが中下部では，ときに水平方向に急変することがある。基盤の凹凸がやや著しく T.P.-15～+5m と変化するが，多くは-10m 付近に位置する。基盤の凹地では時に礫層の分布がみられる。
					Ds-2	砂	10～50	
					Dg-2	砂礫	50 以上	
				下総層群下部（藪層，地蔵堂層相当）	Dp-3	有機質土	10～30	砂，シルト，礫のやや不規則な互層からなるが全体的には砂，礫に富む。厚さは 20m 前後のことが多いが，時に 30～40m に達する。基底部の標高はほぼ T.P.+20～40m に位置する。
					Dc-3	粘土，シルト	10～30	
					Ds-3	砂	30 以上	
					Dg-3	砂礫	50 以上	
					Dc-4	粘土，シルト	15 以上	粘土，シルト，砂，砂礫の互層からなり，粘性土層の一部で 15～30 の N 値を示すほかは，極めて固結度が高い。厚さは 40m 以上に達する。
					Ds-4	砂	50 以上	
					Dg-4	砂礫		
			上総層群		Dg-5	砂礫	50 以上	T.P.-60m～-70m 以深に分布。全般に砂礫に富む地層で深井戸の揚水対象となっている。
	第三紀	鮮新世						

谷田川流域周辺の主な帯水層は、表 1.2 に示すとおりである（(財) 建築保全センター, 1981)。常総層及び成田層を帯水層とする地下水は、常総層中のシルト層あるいは常総粘土層によって場所により被圧されている。下表の No.4 の帯水層は、筑波地域に賦存する有力な被圧帯水層のうちで最も上位に位置するものの一つで、一般家庭用、簡易水道用、農業用に広く利用されている（地質調査所，1988)。

表 1.2　　主要帯水層

No	分布地・分布標高	地質区分	地下水区分
1	沖積低地	沖積砂層及び砂礫層(As,Ag)	不圧地下水
2	台地表層部	ローム層(tm)	不圧地下水
3	＋20m～＋10m	常総層中の砂層（Ds－1、Dg－1） 成田層(Ds－2)	主に不圧地下水
4	－20m～－40m	下総層群下部の砂・砂礫層 (主に Dg－3)	被圧地下水
5	－70m以深	下総層群最下部～上総層群の砂礫層（Dg－5）	被圧地下水

1．2　人口

谷田川流域において一番大きな割合を占めるつくば市は 1987 年（昭和 62 年）10 月 30 日に豊里町、大穂町、桜村、谷田部町の 4 町村が合併して市制を施行し、その 3 ヶ月後の 1988 年（昭和 63 年）1 月 31 日に筑波町を編入し現在に至っている。

つくば市の人口推移を図 1.3 に示す。現在のつくば市域に相当する範囲内の 1920 年（大正 9 年）の人口は 6.4 万人で、1940 年（昭和 15 年）までの 20 年間は微増している。1940 年から 1947 年（昭和 22 年）までに第 2 次世界大戦の影響で約 1.5 万人増加したが、その後 1970 年（昭和 45 年）までに 1940 年と同じくらいの人口まで減少している。

研究学園都市の本格的な建設が始まる 1970 年から人口は急激な増加を示し、1995 年（平成 7 年）には 15.6 万人、1999 年（平成 11 年）は 16.4 万人となっている。

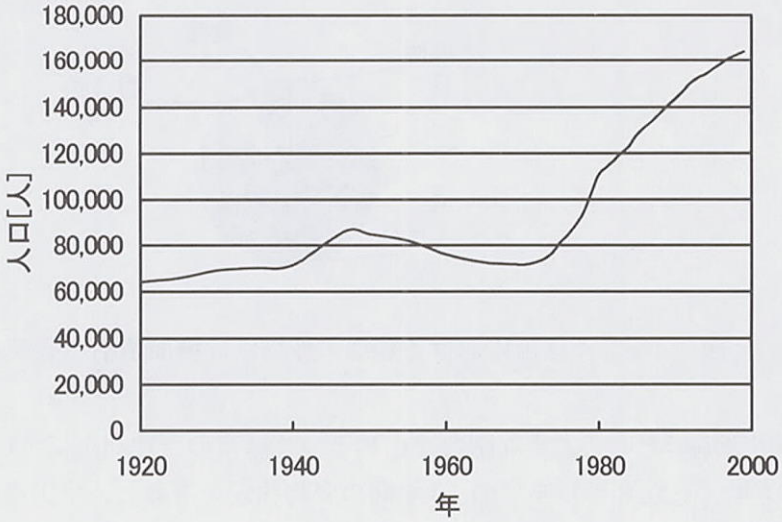


図 1.3　つくば市の人口推移図（つくば市，1995，1998）

また、谷田川の流域内の人口は、地域メッシュ統計（1995 年国勢調査）で求めると 125,911 人である。

谷田川流域内において、今後 15 年～17 年をかけて常磐新線関連沿線開発が計画されている。計画が検討されている 5 地区のうち、4 地区の計画人口は、合計で 7.5 万人と想定されており、常磐新線（平成 17 年完成予定）でつくばから都心までの所要時間は 1 時間以内となるため、今後、谷田川流域の都市化が確実に進展していくと考えられる。

１．３　土地利用

細密数値地図（第五期、1994 年）より求められる谷田川流域の現況土地利用としては、山林、水田、畑地が全体の 63％を占め、宅地は 16％となっている。水田は主として河川沿いの低地に存在する。また、畑・農地については、つくば市では図 1.4 に示すように畑地に占める芝の割合が非常に高く、当流域においても芝畑が多いと考えられる。図 1.6 に流域の土地利用と今回の地下水調査用井戸を示す。

表 1.3　　谷田川流域の現況土地利用状況

種別	山林・荒地	水田	畑・農地	宅地	流域面積
面積［km²］	26.6	23.7	55.4	26.4	166.5
割合［％］	16	14	33	16	100

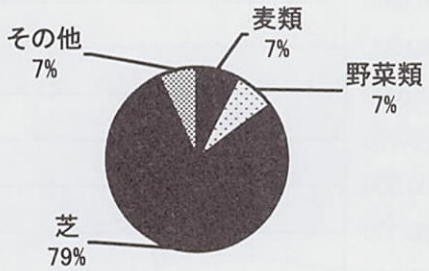


図 1.4　つくば市における畑地の作物別収穫面積割合（茨城県，1998）

また、谷田川流域において大きな割合を占めるつくば市の土地利用について 1987 年（昭和 62 年）から 1997 年（平成 9 年）までの 10 年間の変化状況をみると、水田の面積は変わらないが、山林と畑の面積が合計で 3％減少し、その分宅地の面積が増加しており、都市化が進行している。

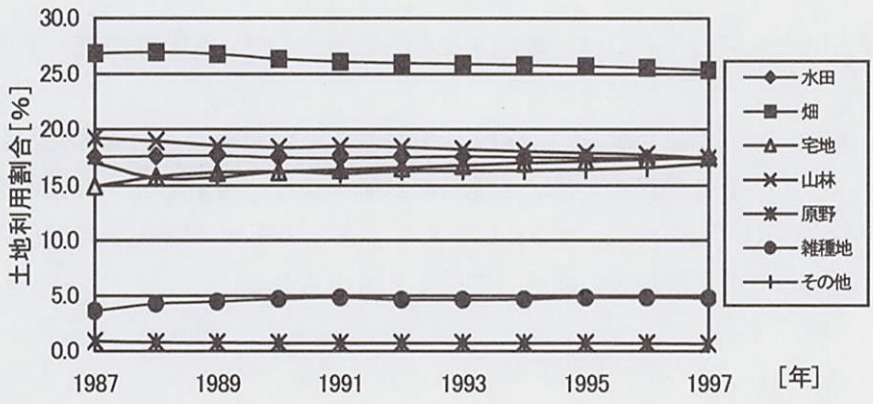


図 1.5　つくば市の地目別土地利用割合の変化（つくば市，1998）

今後、農地や森林が多い谷田川流域が都市化されることによる流出増、地下水位の低下、汚濁物質の流出による水質悪化などが生じる可能性がある。河川や牛久沼への影響を把握するため、継続的なモニタリングの必要がある。

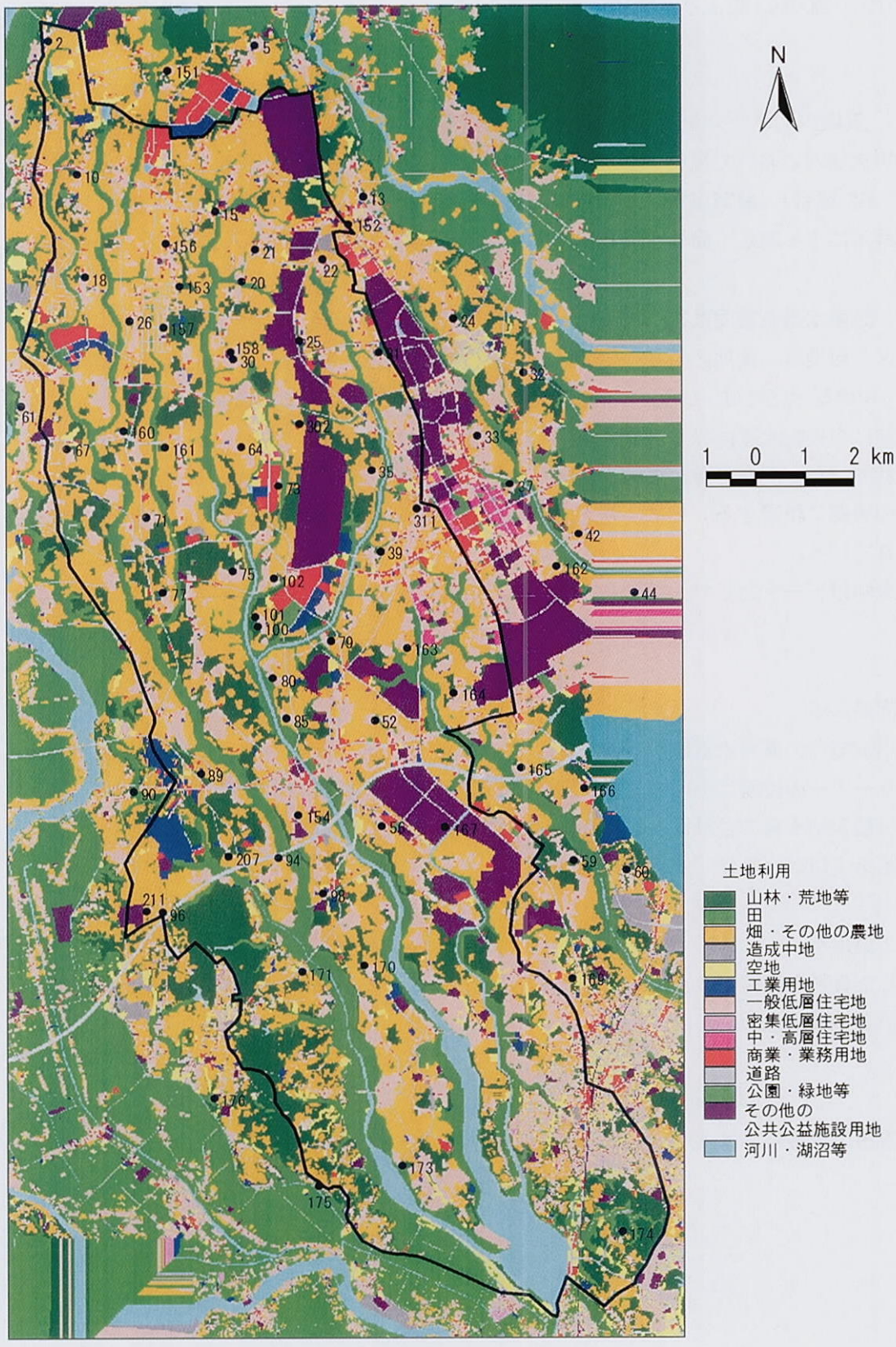


図 1.6　谷田川流域　地下水調査井戸及び土地利用図

2．谷田川流域の地下水の実態

2．1　流域内の地下水利用の実態

谷田川流域内において現在、地下水は、上水として一部の一般家庭（個人井戸）、簡易水道（共同井戸、62 組合）、農業用水、工業用水に広く利用されている。一般家庭においては浅井戸もしくは深井戸による取水、簡易水道及び農業・工業用水については深井戸による取水が行われている。

また、筑南水道企業団は谷田川流域を含む筑波地域に上水を配水しており、その配水区域は中央配水区、東地区、桜地区の３つに区分されている。谷田川流域は、中央配水区の範囲に含まれている。中央配水区では、1985 年（昭和 60 年）以降は霞ヶ浦からの表流水が配水されているが、それ以前は中央配水区内の 7 箇所の深井戸（県管理、深さ 150～200m）から地下水を揚水し、配水されていた。現在でも、東地区（旧筑波町、当流域の北側に位置する）と桜地区（旧桜村、当流域の東側に位置する）では、各配水区内の深井戸（深さ 62～200m）から地下水を揚水し、配水されている。

地下水利用データとして入手した簡易水道と工業用水についての概要を示すと以下のとおりである。

（１）簡易水道

谷田川流域内の簡易水道施設（62 組合、内 2 組合が諸元不明）

ストレーナーの位置は不明であるが、井戸の深さは地表から 40～250mである。

計画日最大給水量の合計は、4,392m^3／日である。

計画給水人口の合計は　20,754 人である。

（２）工業用水

入手した資料の範囲では、流域内の 14 事業所において、工業用水として井戸からの取水が行われている。取水量の合計は、5,910m^3／日である。

また、谷田川流域における取水・排水の状況を整理すると表 2.1 のとおりとなる。

表 2.1　谷田川流域の取水・排水の状況

施設等	取水方法等		排水方法等	
筑南水道	上水道	中央配水区（霞ヶ浦からの表流水）	－	－
	深井戸	東地区（旧筑波町）、桜地区（旧桜村）	－	－
住宅等	上水道	筑南水道からの配水	下水道（域外への排水）	利根浄化センターで処理
			処理施設（公共用水域への排水）	谷田川・牛久沼への排水［16施設：つくば市 5・茎崎町 8・牛久市 2・龍ヶ崎市 1］
			個別処理槽	―
	簡易水道	深井戸による取水［流域内における簡易水道 62 組合］	下水道（域外への排水）	利根浄化センターで処理［簡易水道 24 組合］
			処理施設（公共用水域への排水）	谷田川・牛久沼への排水［簡易水道 2 組合］
			個別処理槽	［簡易水道 36 組合］
	個人井戸	浅井戸及び深井戸	下水道もしくは処理槽	―
農業（水田）	吉沼揚水機場（小貝川から取水）	域外からの導水	自然排水	―
	桜川第 1 揚水機場（桜川から取水）	域外からの導水		―
	揚水機場・堰	流域内での取水		―
	深井戸	流域内での取水		―
工場等	工業用水、上水道、深井戸	工業用水・上水は域外からの取水、深井戸の場合は、流域内での取水	下水道（域外への排水）	利根浄化センターで処理
			処理施設（公共用水域への排水）	谷田川・牛久沼への排水

２．２　地下水調査

２．２．１　地下水調査方法

谷田川流域の地下水の実態を把握し、流域開発が地下水に及ぼす影響を明らかにするために、地下水位及び地下水水質に関する調査を行い、1970 年代に筑波大学で実施された観測結果との比較を行った。

調査は表 2.2 に示すように 1999 年、2000 年において合計で 5 回実施した。

1970 年代に筑波大学で筑波研究学園都市およびその周辺地域を対象とした地下水の一斉調査が実施されており（筑波大，1976，1977，1978）その中から、潅漑期の比較として 1976 年 7 月調査結果、非潅漑期の比較として 1975 年 11 月調査結果を用いた。筑波大地下水調査と今回の地下水調査で観測結果を比較できる井戸は、地下水位に関しては 34 地点（浅井戸 33、深井戸 1）、地下水水質に関しては 17 地点（浅井戸 17）である。

表　2.2　地下水調査の概要

調査期間	天候	調査地点	水位調査項目	水質調査項目
1999.10.6～8	曇り	45 地点 （浅井戸 40、深井戸 5）	井戸天端高 井戸深度 水面までの深さ 井戸地点地盤高	多項目水質チェッカーによる現地測定 採取した地下水の水質分析
1999.12.9～11	晴れ	48 地点 （浅井戸 43、深井戸 5）	井戸天端高 井戸深度 水面までの深さ 井戸地点地盤高	多項目水質チェッカーによる現地測定（ただし溶存酸素は測定せず） 水質分析はなし
2000.5.26～27	晴れ	63 地点 （浅井戸 58、深井戸 5）	井戸天端高 井戸深度 水面までの深さ 井戸地点地盤高	多項目水質チェッカーによる現地測定 採取した地下水の水質分析
2000.7.28～29	曇り	64 地点 （浅井戸 59、深井戸 5）	井戸天端高 井戸深度 水面までの深さ 井戸地点地盤高	多項目水質チェッカーによる現地測定 採取した地下水の水質分析
2000.11.10～11	晴れ	63 地点 （浅井戸 58、深井戸 5）	水面までの深さ	多項目水質チェッカーによる現地測定 採取した地下水の水質分析

また、今回の調査項目及び調査方法は、次のとおりである。

1）地下水位の一斉観測

井戸ごとに水位計を用い、井戸枠から水面までの深さを計測した。また、地下水位を求めるため、初回の調査時に地盤から井戸枠の高さを計るとともに、地盤高を GPS 測量器（RTK-GPS）により測量した。

2）地下水水質の現地測定

井戸用採水器を用いて井戸水を採水し、井戸水で共洗いした容器に移した後、多項目水質チェッカー（東亜電波工業㈱　WQC－22A）を用いて水温、pH，電気伝導度、溶存酸素を測定した。直接の採水が困難な場合は揚水ポンプを動かし、パイプ内の井戸水が十分に排水された状態で、蛇口から採取した水を測定した。

表 2.3　測定方式

項目	測定方式
温度	白金測温抵抗体式
ｐＨ	ガラス電極式
電気伝導度	４電極式
溶存酸素	隔膜形ガルバニ電池式

3）地下水水質の分析

水質分析項目及び分析方法は、地下水の水質組成及び地下水に含まれる全窒素の濃度を把握するため、表 2.4 のとおりとした。

表 2.4　水質分析項目一覧表

水質分析項目	分析方法
Na^+，K^+，Ca^{2+}，Mg^{2+}	プラズマ発光分析法 （日本ジャーレル・アッシュ㈱ICAP－757V）
Cl^-，NO_3^-，NO_2^-，SO_4^{2-}	イオンクロマトグラフ法 （横河アナリティカルシステムズ㈱IC7000 シリーズII）
NH_4^+	マルチチャンネルイオンメーター（電気化学計器㈱IOL－40 型）と隔膜型アンモニウムイオン電極（電気化学計器㈱7163L 型）を用いた測定
HCO_3^-	硫酸による中和滴定試験

水質分析用に井戸用採水器（内径φ40mm、長さ 475mm）を用いて井戸水を採取し、井戸水で共洗いした 100cc と 250cc のポリエチレン瓶に空気が混入しないよう一杯に入れた。直接の採水が困難な場合は、地下水水質の現地測定と同じく揚水ポンプを動かし、蛇口から採取する。ポリエチレン瓶は、クーラーボックスに入れ低温に保ち即日、筑波大学の分析室まで輸送した。

２．２．２　測定井戸の状況

今回の調査では 1970 年代に筑波大が調査を実施した井戸を測定対象とした。しかしながら、上水道の整備の進展や井戸枯れなどにより当時の調査井戸が現存してない場合もあり、下流の牛久沼まで含めた流域全体の地下水の実態を把握するため、新たに井戸を追加選定した。

1999 年及び 2000 年の調査対象井戸の位置を図 2.1 に●及び▲で示す。▲地点は都市基盤整備公団も調査している井戸である。□地点は、茨城県が流量観測を行っており、2000 年における井戸の一斉調査時において、地下水水質との比較のため同地点で河川水を採水した。

また、調査井戸の諸元については一覧表に整理し、参考資料に示す。

測定井戸の種別に関しては、ボーリング井戸などの深井戸が 5 本で、丸井戸などの浅井戸が 60 本である。これらの井戸のストレーナー位置は公的研究機関の観測井戸 2 本を除き、不明である。

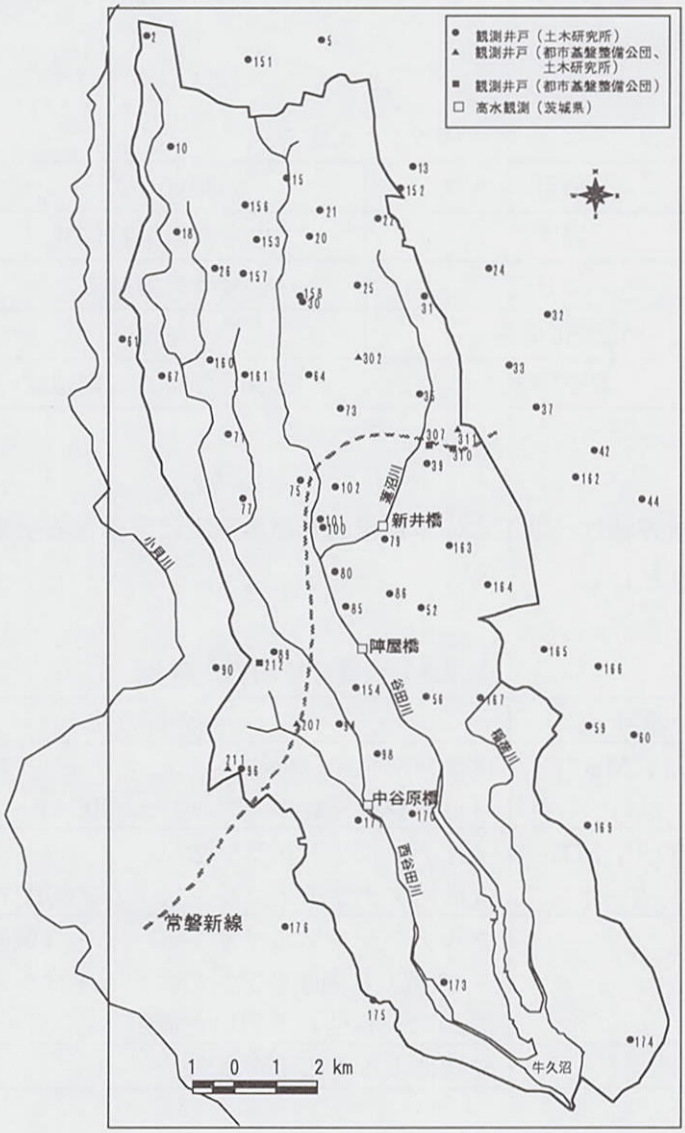


図 2.1　谷田川流域　地下水調査井戸位置図

２．３　地下水位の調査結果

２．３．１　地下水の空間分布

1999 年 10 月、2000 年 5 月、2000 年 7 月、2000 年 11 月の調査で得られた浅井戸の地下水位データを用いて作成した地下水位等高線図を図 2.2～2.5 に示す。

地形条件を反映させるため、地下水位等高線図は次の手順で作成した。

①地盤から地下水位までの深さの 3 次元データの作成

調査で得られた浅井戸地点の地盤高から地下水面までの深さと河川地点の地下水面までの深さのデータを用いて地下水位までの深さの 3 次元データ（TIN）を作成する。さらに、50mメッシュの地盤高データに対応するようにデータを編集する。河川地点の地下水位は、河川地点の 50mメッシュの地盤高から 1m の深さに想定した。

②地下水位等高線図の作成

50mメッシュの地盤高から地下水面までの深さを差し引いて地下水位データを作成し、その地下水データから地下水位等高線図を作成する。

各調査時期の地下水面等高線図より共通して見受けられる点は、次の 3 点である。

1）地下水位が現状の地形面と同じく、谷田川流域の北端で高く、徐々に南へ傾斜している。
2）流域の東に流域界とほぼ一致した南北に位置する地下水嶺が存在する。
3）流域内においても、西谷田川と谷田川の間と、谷田川の上流区間と谷田川支川蓮沼川との間に南北に渡る地下水嶺があり、これらの地下水嶺が流域北部で一致している。

以上から、谷田川流域における不圧地下水界は流域界とほぼ一致しており、流域内における地下水の流動系としては谷田川と西谷田川の 2 つに大きく分類できるものと推定される。

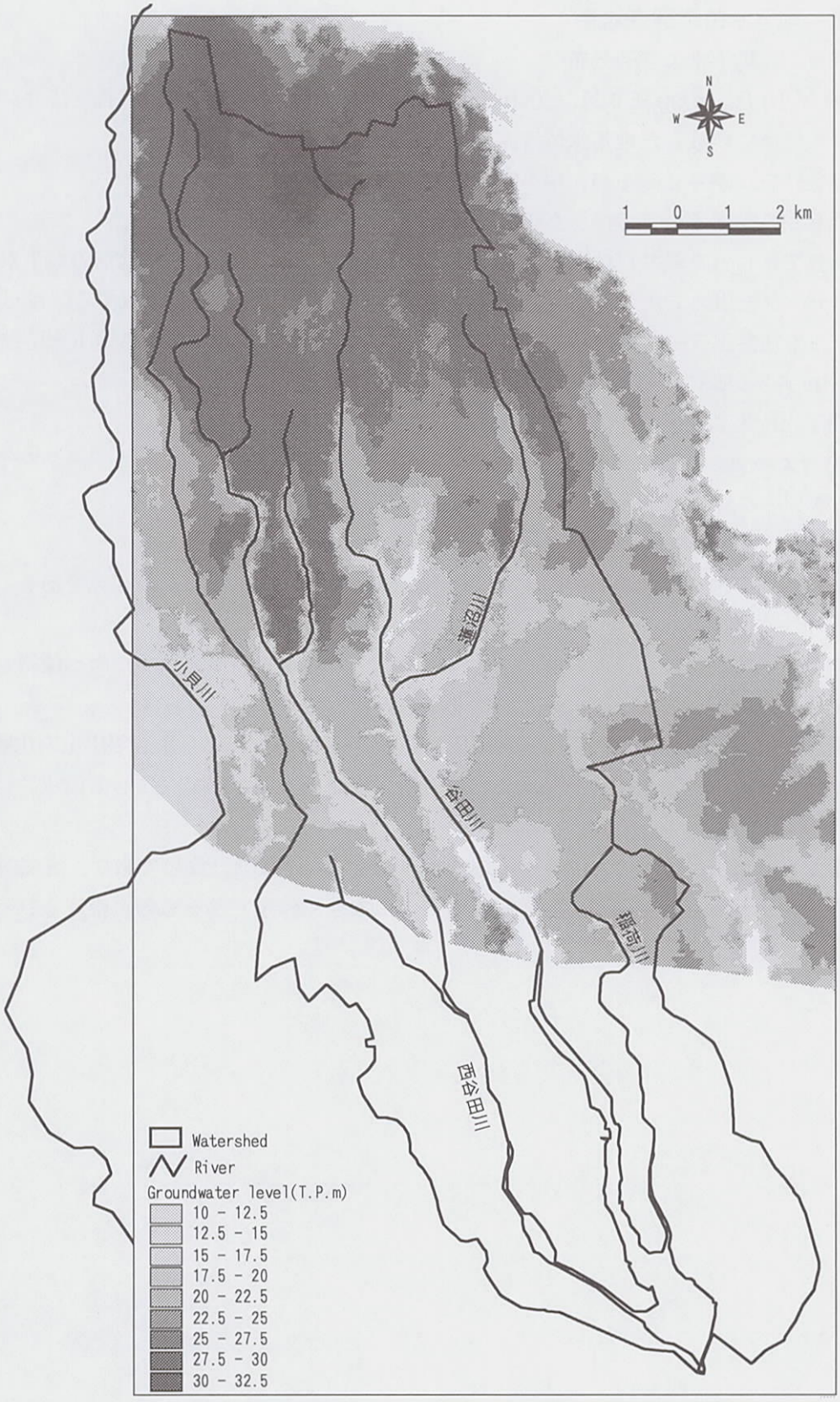


図 2.2　1999 年 10 月　地下水位等高線図

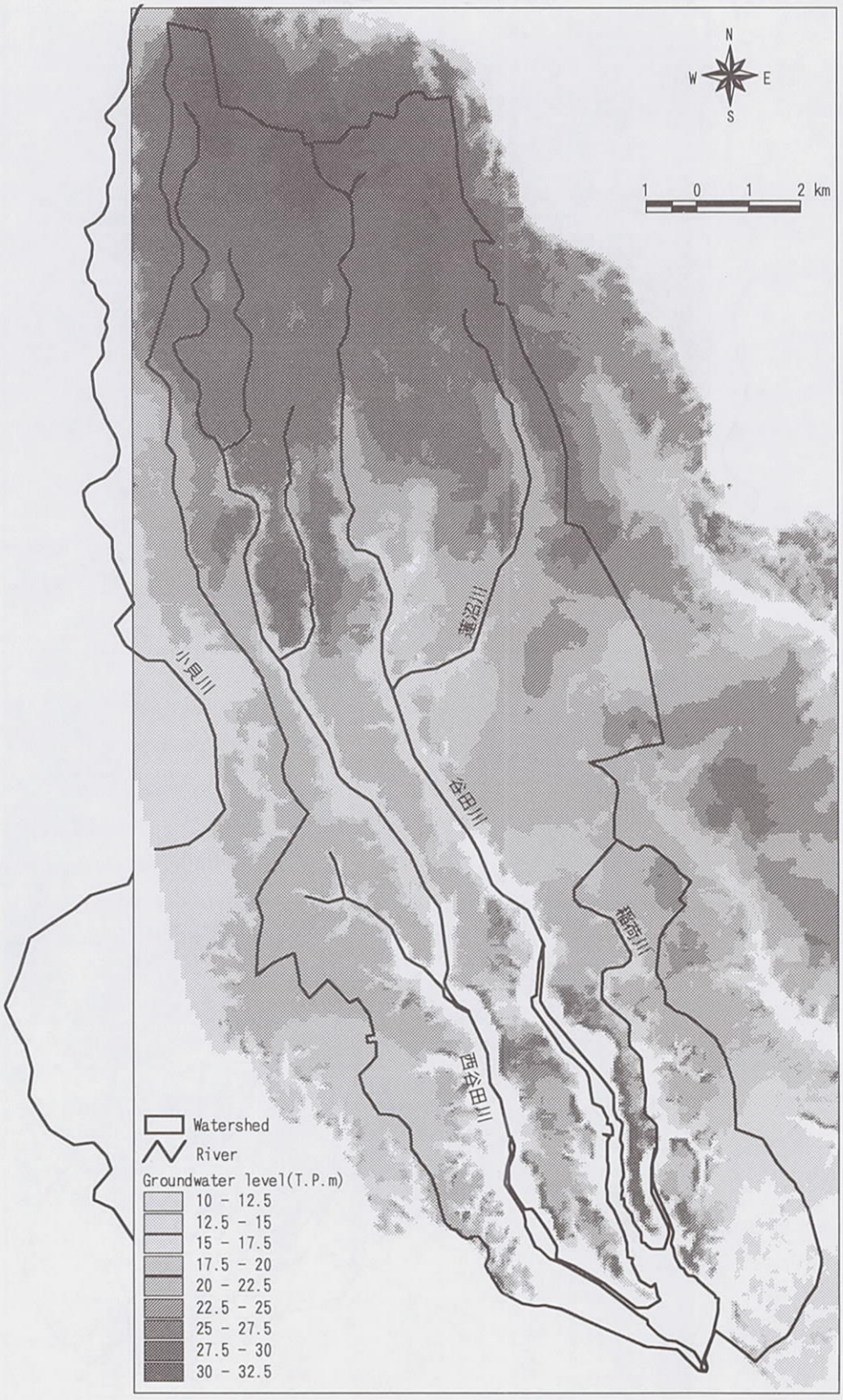


図 2.3　2000 年 5 月　地下水位等高線図



図 2.4　2000 年 7 月　地下水位等高線図



図 2.5　2000 年 11 月　地下水位等高線図

２．３．２　地下水位の季節変動

地下水位の季節変動に関して、潅漑期と非潅漑期の調査結果を比較する。

浅層の地下水位について、2000 年 7 月地下水位と 2000 年 11 月地下水位の差を示したのが、図 2.6 である。図 2.6 より大部分の地域において浅層の地下水位は、灌漑期の方が非灌漑期より高くなっている。平均して 30cm 程度上昇している。

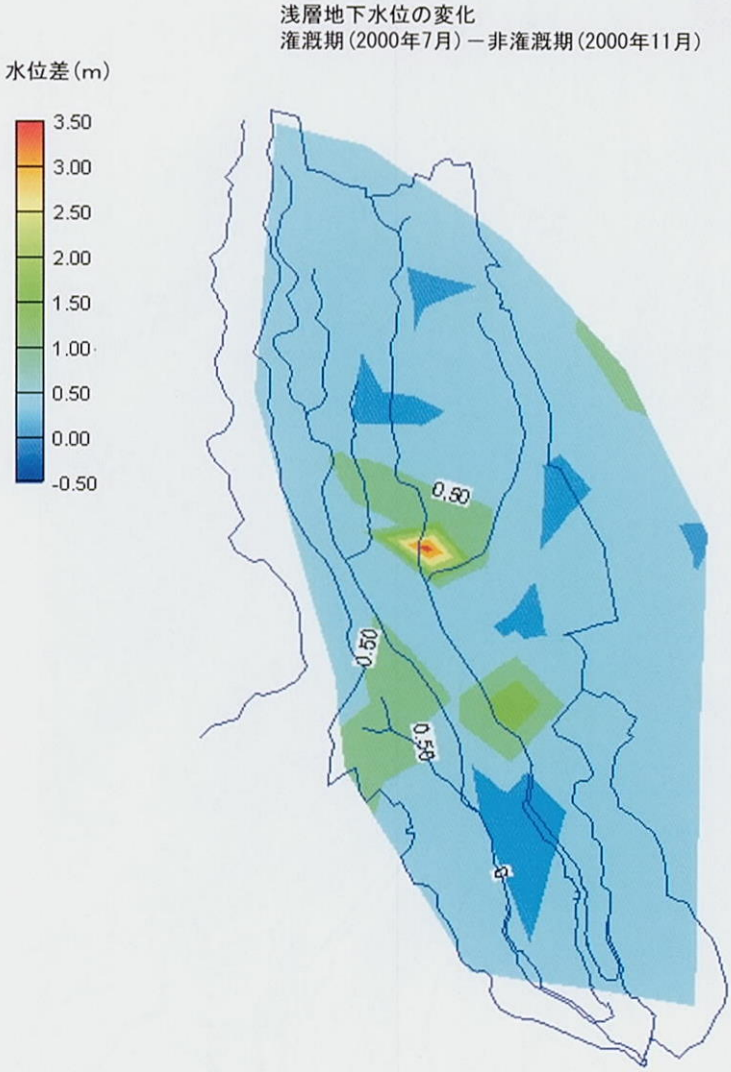


図 2.6　地下水位の季節変化

また、深層地下水位についてその変化を図 2.7 に示す。全ての井戸で明瞭に現れてはいないが、深層の地下水位は潅漑期の方が非潅漑期よりも低くなっている傾向が見受けられる。

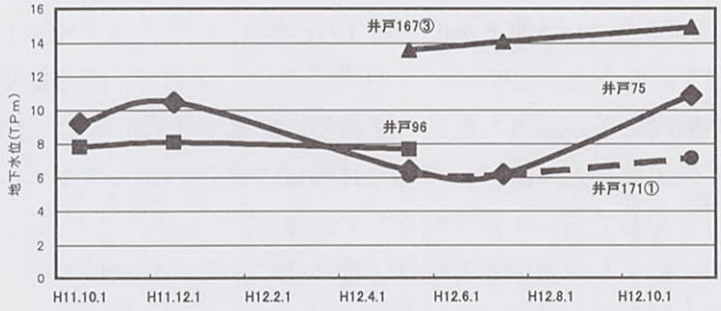


図 2.7　深層地下水位の変化

さらに、深井戸（茨城県管理）及び浅井戸の地下水位連続観測結果を図 2.8 に示す。

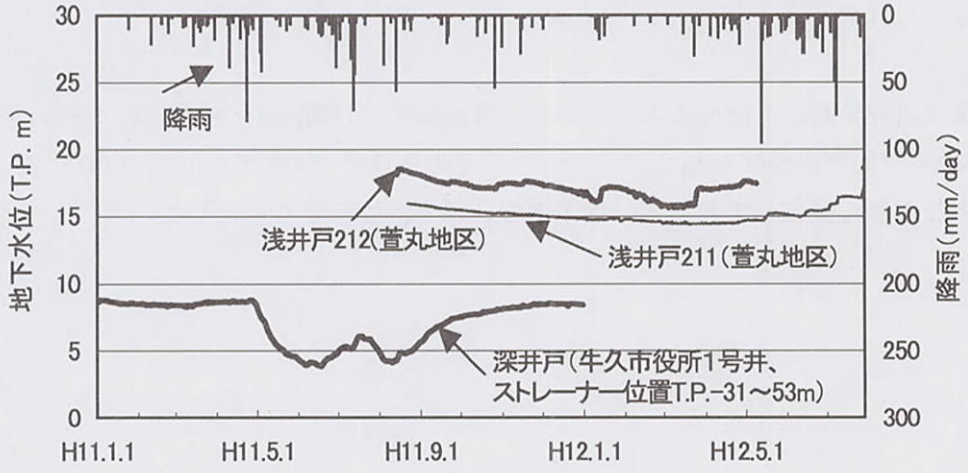


図 2.8　地下水位変動図

連続観測結果からも、灌漑期と非灌漑期における地下水位の季節変動が明瞭に示される。県観測の深井戸の地下水位変動状況をみると、潅漑期（４月～8 月）において低下するが、非潅漑期（9 月～3 月）には上昇し回復する。深井戸の地下水位は、流域内外における農業用水の揚水の影響により潅漑期は低下すると考えられる。7月中～下旬に深井戸の水位が若干上昇しているのは、水稲の中干しで揚水を停止したためと考えられる。

浅井戸の地下水位は、潅漑期で高く、非潅漑期になると低下する。また、浅井戸の地下水位は、表層に近いほど降雨の影響が大きく見受けられる。

谷田川流域における浅層の地下水位は、流域外からの農業用水の導水と流域内における深井戸からの揚水による涵養効果で、灌漑期において上昇し、灌漑期が終わると低下すると考えられる。

２．３．３　地下水位の経年変化

浅層地下水位の経年変化について、人為的な影響が比較的少ないと考えられる非潅漑期における比較を行う。

非潅漑期として、2000 年 11 月地下水位から 1975 年 11 月地下水位を差し引いた水位変化図を作成し、図 2.9 に示す。ただし、1975 年 11 月地下水位に関して、調査結果の井戸地盤高と今回調査における井戸地盤高に差があったため、その差に応じて 1975 年 11 月地下水位を補正した。

降雨等の気象条件の違いなどがあり、単純な比較はできないが、地下水位が全体的に下がっていることがわかる。平均して 60cm 程度低下している。

地下水位が全体的に低下した要因としては、都市化による不浸透域の拡大や研究学園都市建設関連による河川・排水路整備が進んだことなどが挙げられる。

また、参考までに潅漑期における地下水位の経年変化の比較も図 2.9 に示す。潅漑期は、2000 年 7 月地下水位から 1976 年 7 月地下水位を差し引いた。潅漑期においては、気象条件の違いの他にも農業用水等の人為的な条件の違いもあり、比較が困難ではあるが地下水位の低下している傾向は見受けられる。

また、筑波研究学園都市付近の水文資料集（筑波大学，1976～1978）に基づき作成した 1975 年 11 月の地下水面等高線図を図 2.10 に示すが、その形状は 1999 年および 2000 年調査の地下水面等高線図と大きく変化しておらず、地下水の流動方向はあまり変化していないと考えられる。

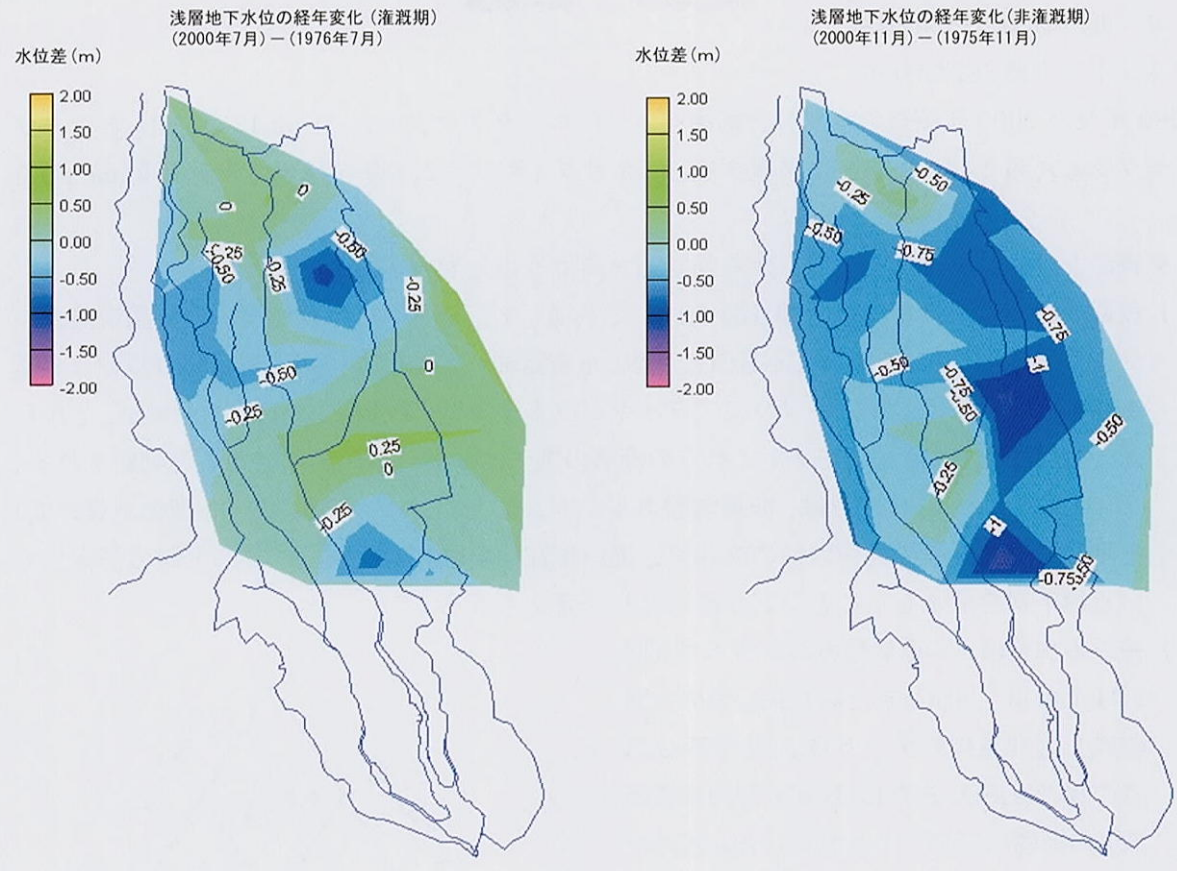


図 2.9　地下水位の経年変化

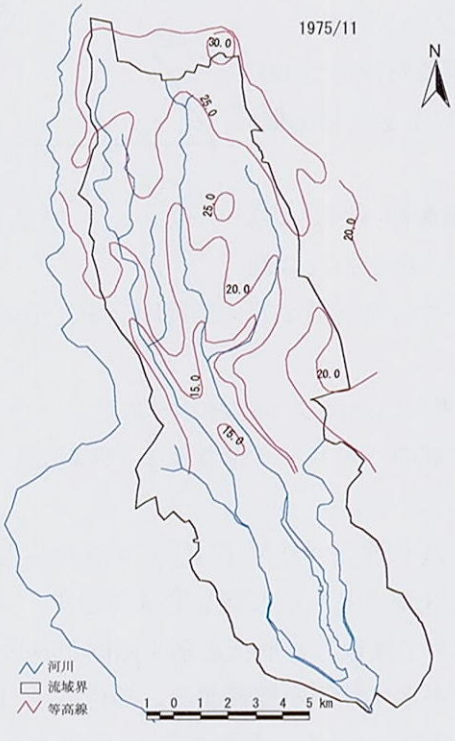


図 2.10　1975 年 11 月　地下水位等高線図

２．４　地下水質の分析結果

２．４．１　水質の空間分布

1999 年及び 2000 年調査の水質分析結果をトリリニアダイヤグラム（図 2.12、2.13）とヘキサダイヤグラム（図 2.14～2.17）に整理する。ヘキサダイヤグラムの単位は全て当量濃度(meq/l)である。

各調査のトリリニアダイヤグラムから判明した点は次のとおりである。

１）渇期（図 2.12）及び非潅漑期（図 2.13）に共通して、深井戸の水質はほぼ全て重炭酸カルシウム型（図 2.11 でのⅠ $Ca(HCO_3)_2$ 型の水質組成）に属している。重炭酸カルシウム型に属する深井戸の水質はトリリニアダイヤグラム上で近い位置にプロットされることから同一の起源をもつと考えられ、これらの深層の地下水は同一の流動系であると判断される。1 地点（井戸 171①）だけは、非重炭酸カルシウム型（図 2.11 でのⅢ $CaCl_2$ 型の水質組成）を示している。この井戸は他の深井戸と違い現在使用されていないため、上層の滞留している地下水を採水したことなどが原因として考えられる。

２）井戸の水質は、非重炭酸カルシウム型（図 2.11 でのⅢ $CaSO_4$ または $CaCl_2$ 型の水質組成）と非重炭酸ナトリウム型（図 2.11 でのⅣ Na_2SO_4 または NaCl 型の水質組成）の範囲にプロットされている。浅井戸の中には、潅漑期は非重炭酸カルシウム型を示し、非潅漑期は重炭酸カルシウム型を示すものが若干見られる。しかし、浅井戸で非潅漑期に重炭酸カルシウム型を示しているのは 1999 年 10 月調査だけで 2000 年 11 月調査では示されないため、その傾向は明確ではない。

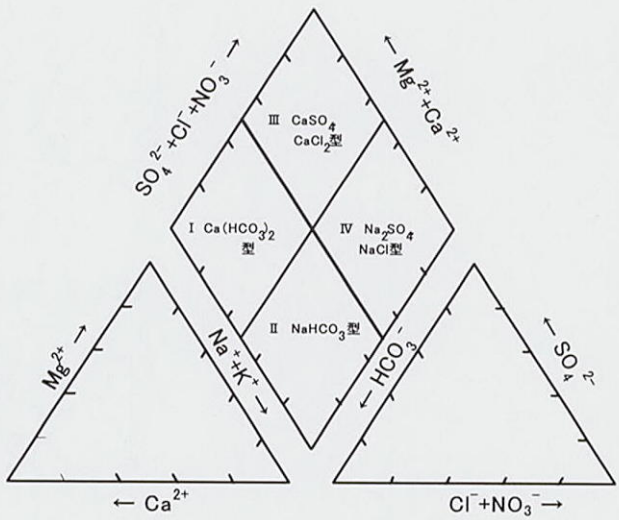


図 2.11　水質組成の分類

３）潅漑期（図 2.12）及び非潅漑期（図 2.13）に共通して、河川の水質は、採水した 3 地点とも全て非重炭酸カルシウム型（図 2.11 でのⅢ $CaSO_4$ 型の水質組成）に属している。

ヘキサダイヤグラムから判明した点は次のとおりである。

４）井戸、深井戸とも各井戸地点のヘキサダイヤグラムの形状は、一部の井戸を除いて季節的にほとんど変わらず類似している。

５）井戸のヘキサダイヤグラムは 1 地点（井戸 171①）を除き、ほぼ同じ形状を示す。

６）川水に関しても、採水した 3 地点ともほぼ同じ形状を示す。

７）井戸に関して、近接した井戸で類似した形状を示す傾向がみられる。図 2.18 に、類似したヘキサダイヤグラムの形状を示す井戸を整理する。井戸 5 と 13 は 5 月、その他の井戸は 11 月調査結果に基づいた。地下水の流下方向に沿いつつ近接した井戸の場合、類似した形状を示すものはあるがそれ以外では見られないことから、流下距離が長くなるほど地表面の土地利用の影響等により浅層地下水の水質が変化するものと考えられる。

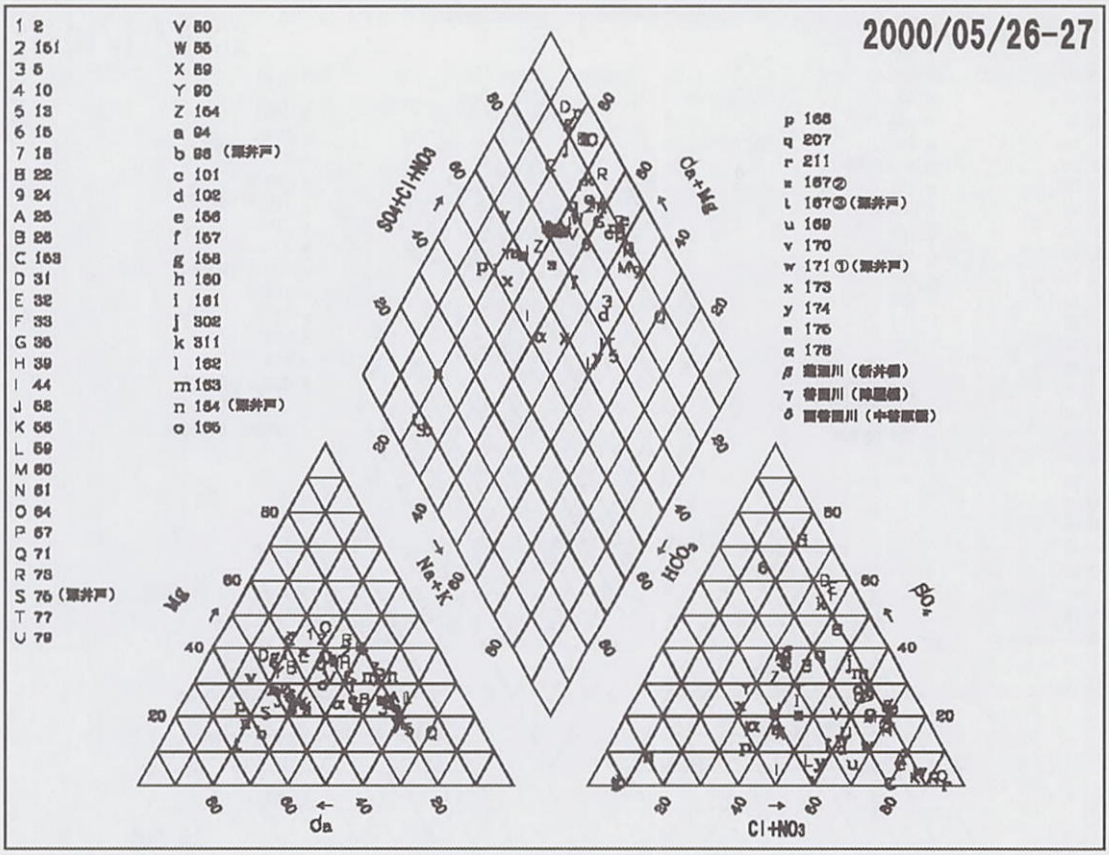


図 2.12(1)　2000 年 5 月（潅漑期）　トリリニアダイヤグラム

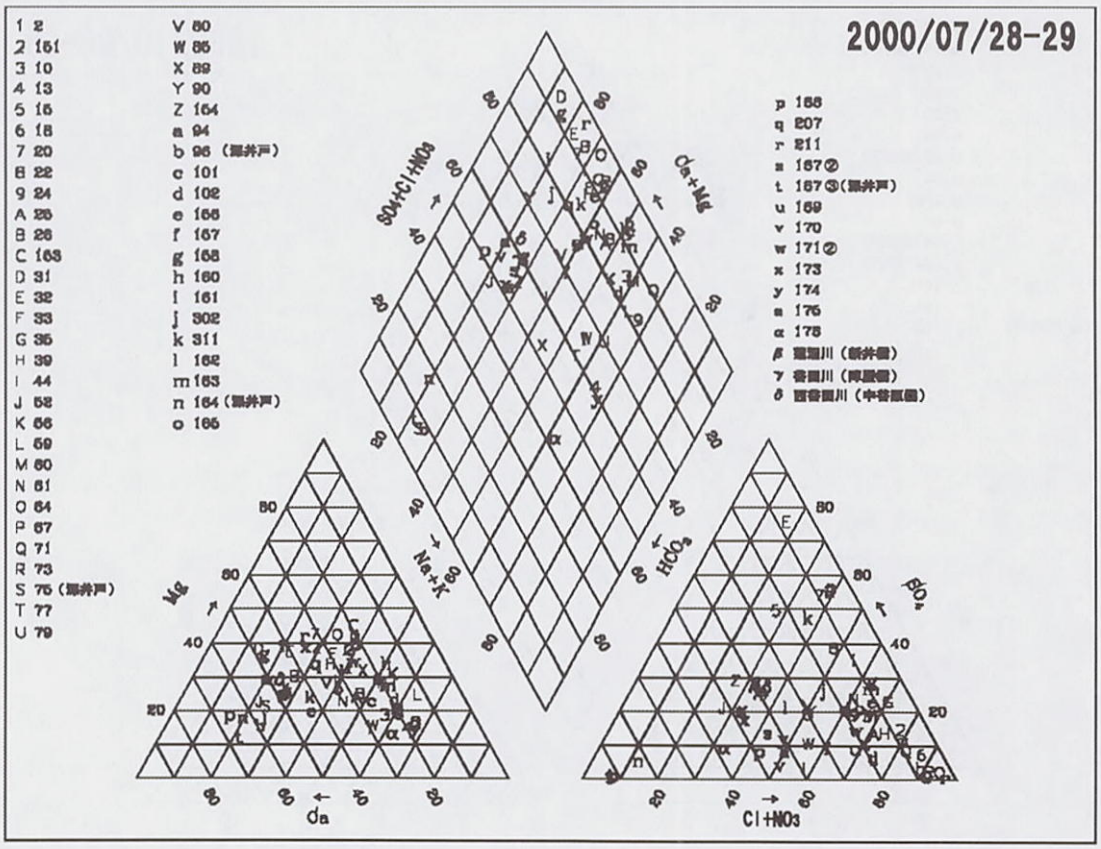


図 2.12(2)　2000 年 7 月（潅漑期）　トリリニアダイヤグラム

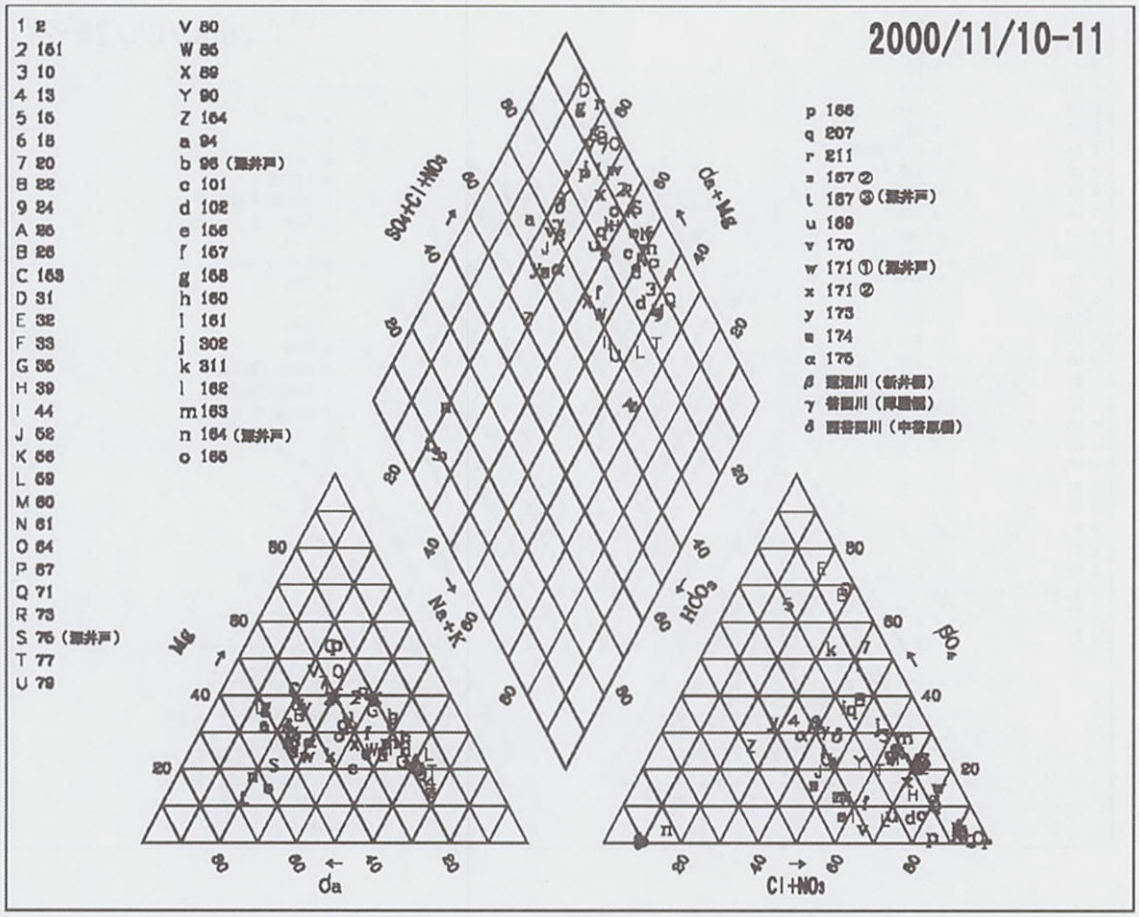


図 2.13(1)　2000 年 11 月（非灌漑期）　トリリニアダイヤグラム

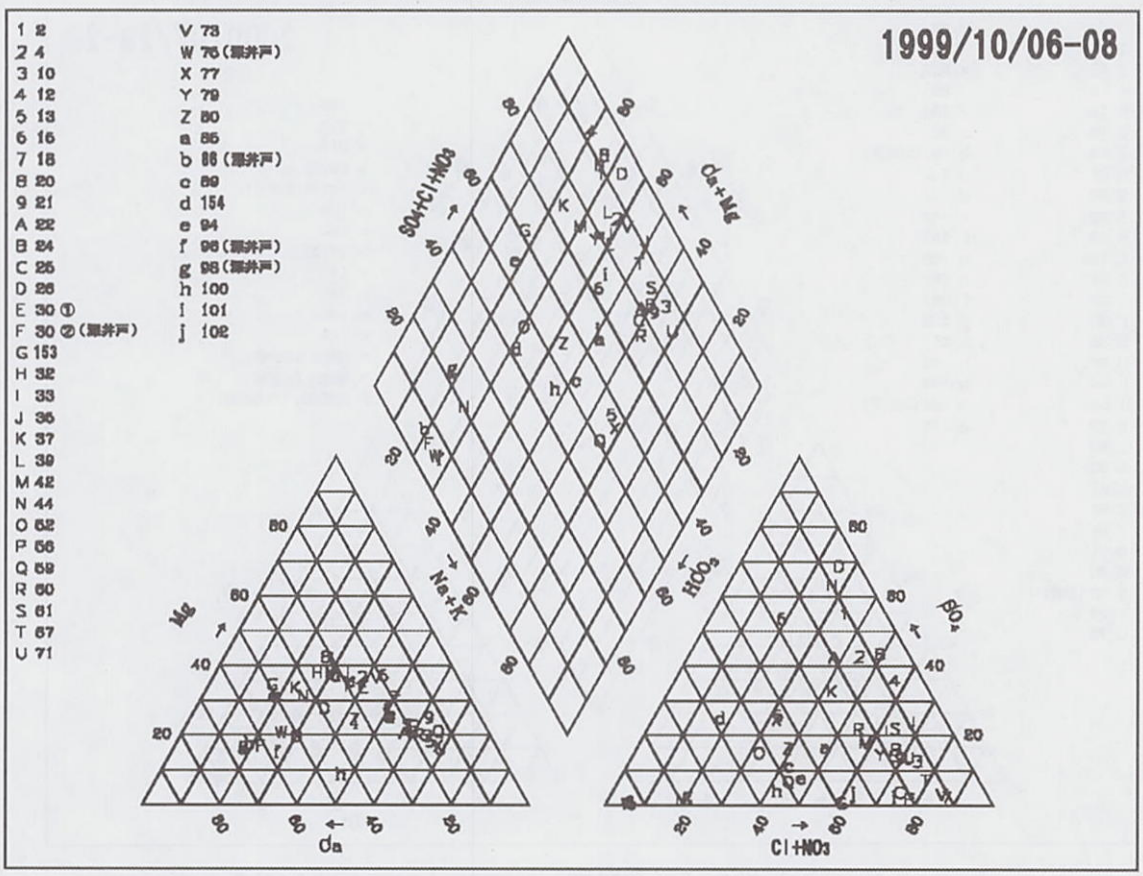


図 2.13(2)　1999 年 10 月（非灌漑期）　トリリニアダイヤグラム

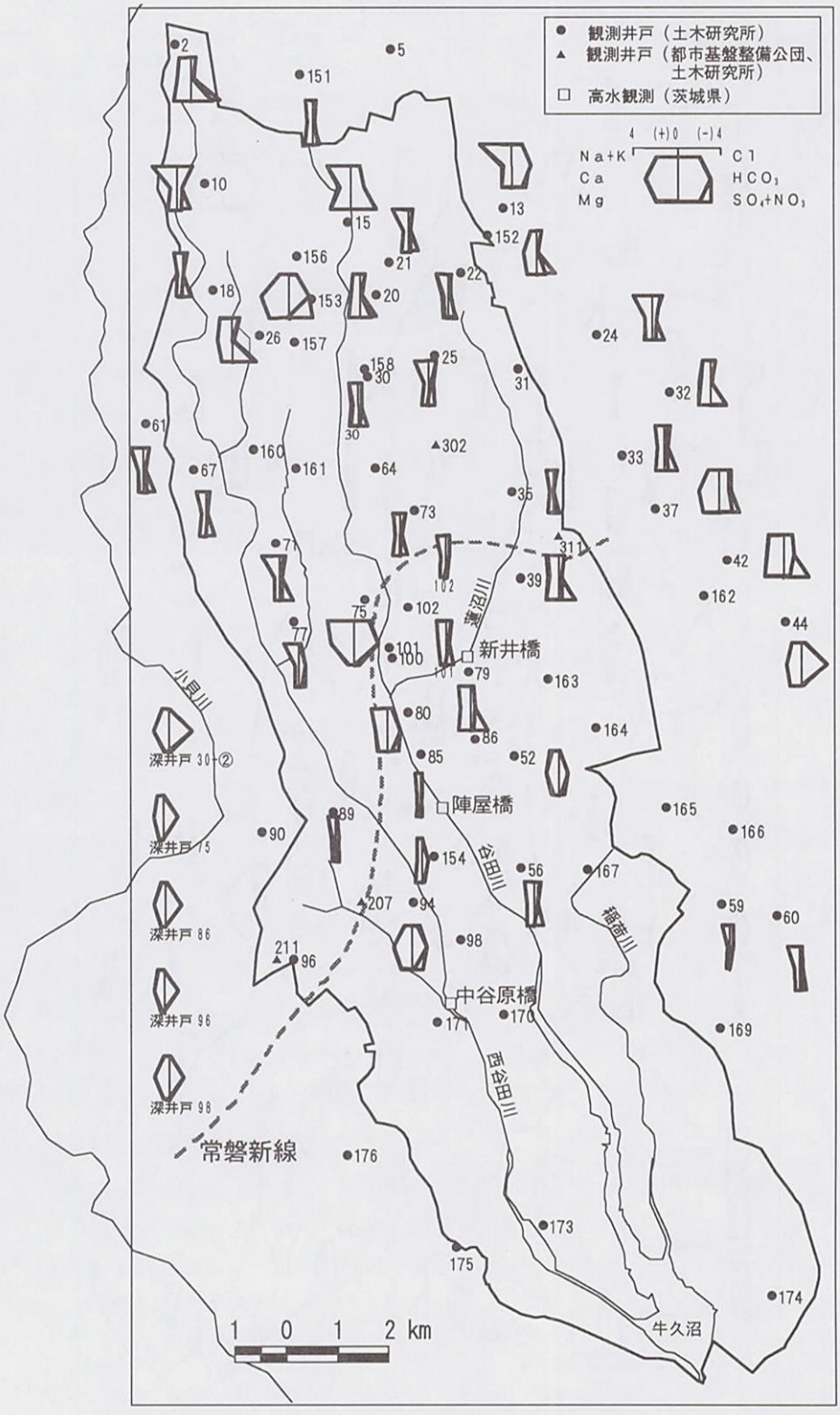


図 2.14　1999 年 10 月調査　ヘキサダイヤグラム

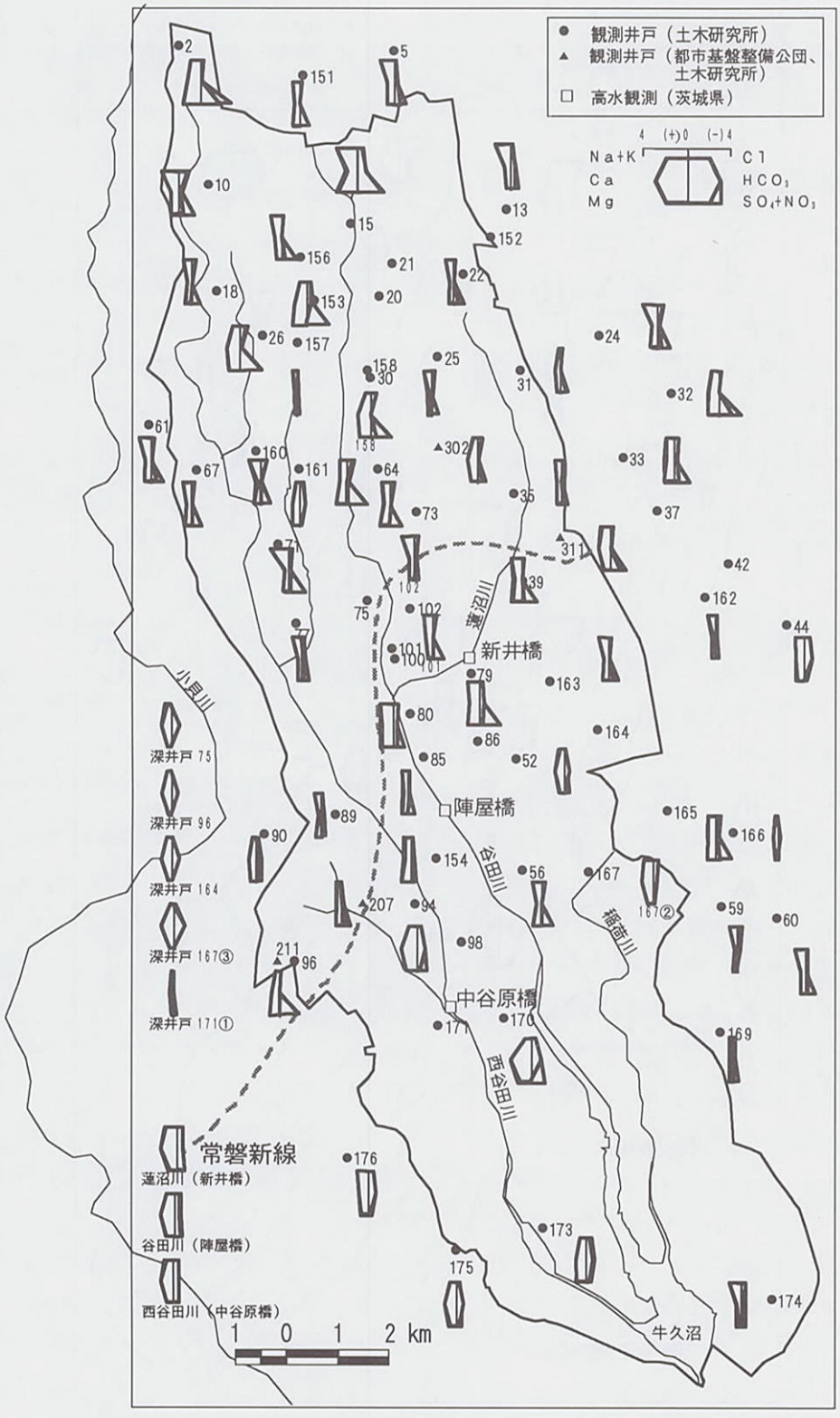


図 2.15　2000 年 5 月調査　ヘキサダイヤグラム

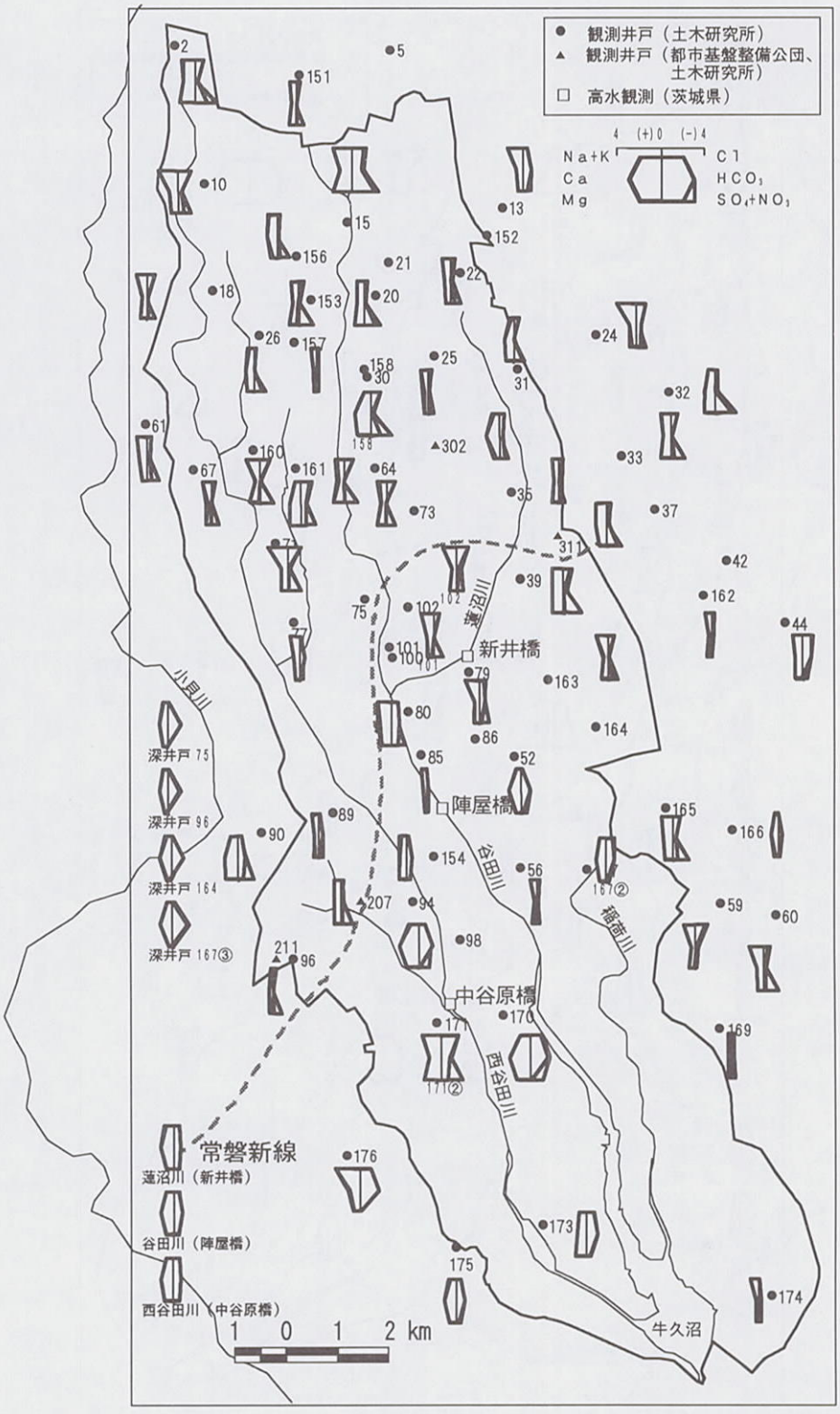


図 2.16　2000 年 7 月調査　ヘキサダイヤグラム

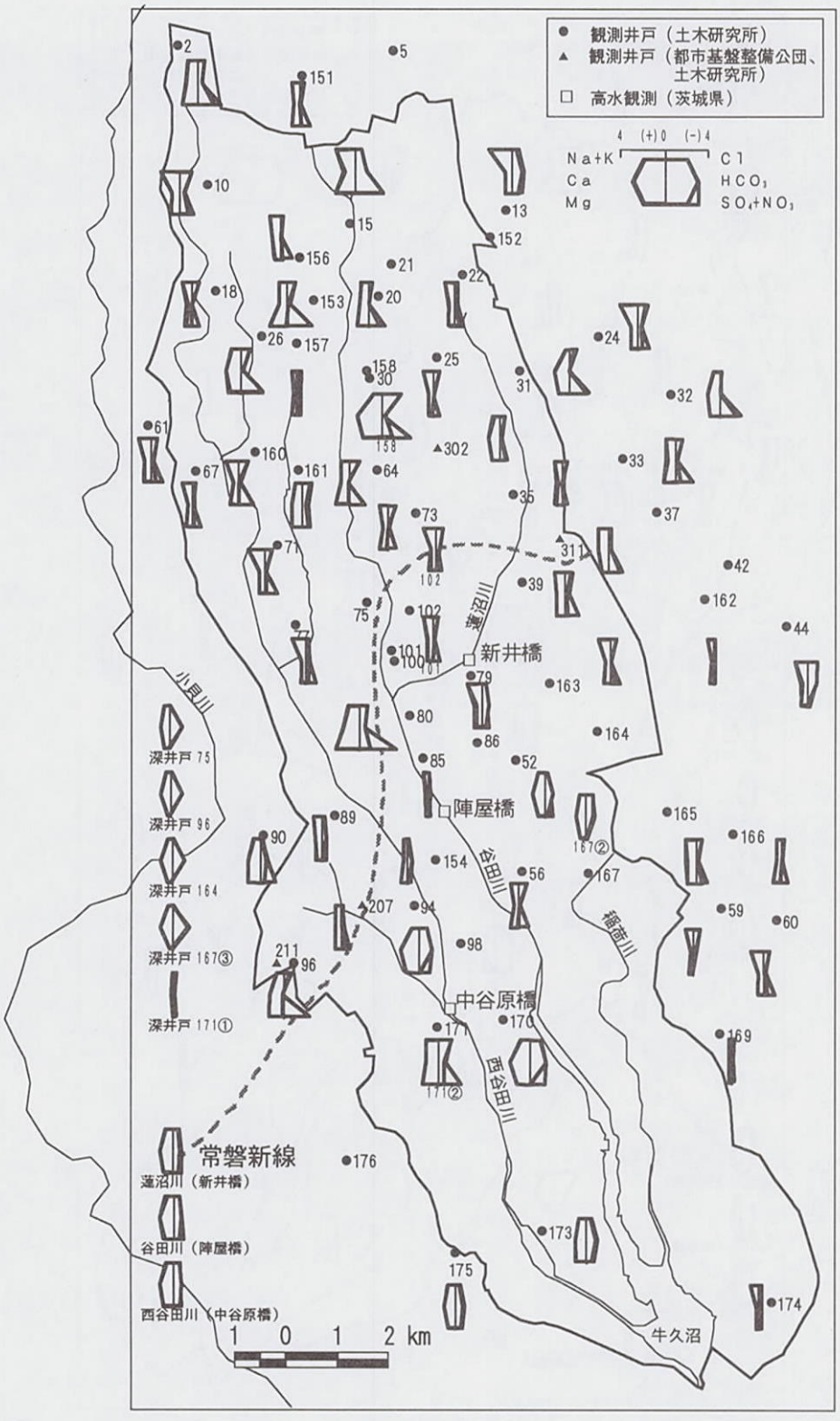


図 2.17　2000 年 11 月調査　ヘキサダイヤグラム

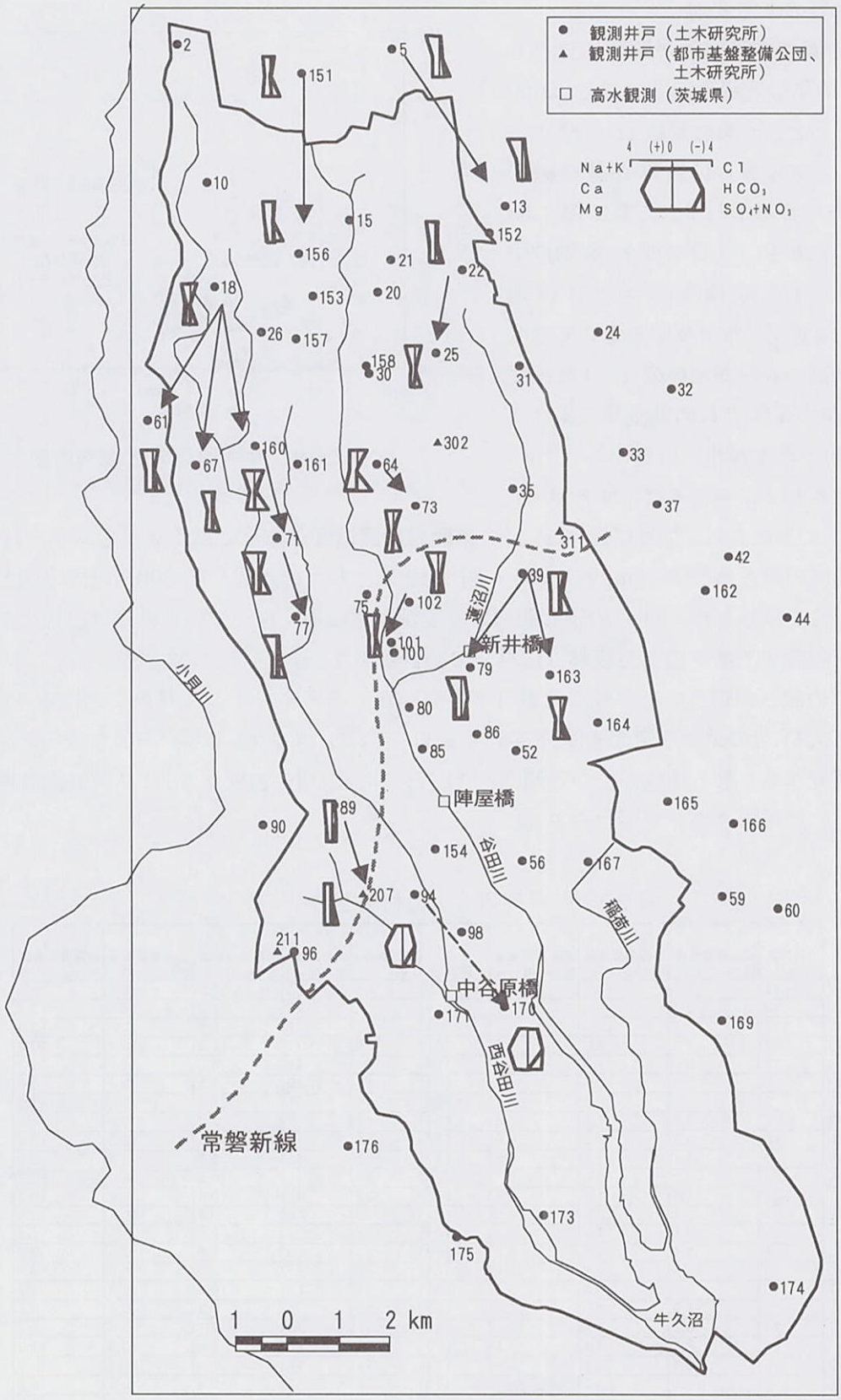


図 2.18　ヘキサダイヤグラムで同一の流動系と考えられる井戸

２．４．２　水質の季節変動

地下水水質の面で季節変動が顕著に見られるのは、浅井戸の硝酸態窒素濃度である。2000年調査結果によると、硝酸態窒素（NO_3-N）と亜硝酸態窒素（NO_2-N）の合計が基準値の10mg/lを超えた地点はそれぞれ5月で採水58地点中16地点（28%）、7月で採水59地点中23地点（39%）、11月で採水57地点中18地点(32%)であり潅漑期、非潅漑期を通じて濃度が基準値よりも高い井戸が全体の 3~4割程度と比較的多く、かつ5月、7月の潅漑期に比べ、11月の非潅漑期の濃度が非常に高くなっている浅井戸が見受けられる。表2.5に示す井戸64、80、153、158、211が5月、7月に比べ11月の硝酸態窒素濃度が非常に高くなっており、11月の硝酸態窒素濃度の最大値は34.3mg/lである。図2.19に、井戸の周辺半径500m以内の畑と山林の土地利用割合を示したが、11月の硝酸態窒素濃度が非常に高くなっている井戸は、畑の割合が多く、窒素を吸着する働きのある森林（山林）の割合が少ない。

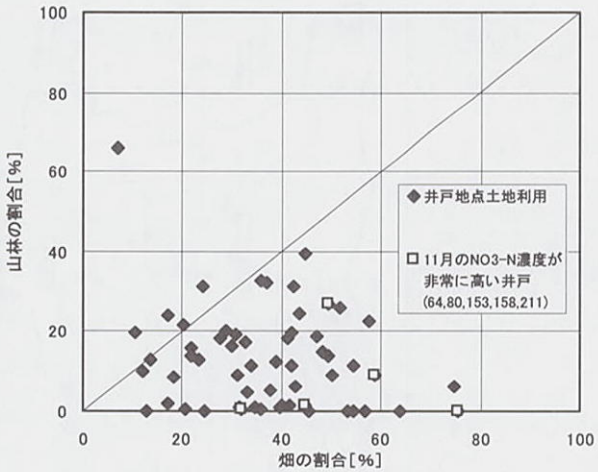


図2.19　井戸周辺の土地利用割合

また、各井戸の深さが違うので単純な比較はできないが、参考までに、浅井戸における2000年5月、7月及び11月の硝酸態窒素濃度分布を図2.20に示す。図2.20より、季節を経るに従って硝酸態窒素濃度が高くなる地域が広がる傾向と11月の非潅漑期の濃度が5月、7月の潅漑期に比べて非常に高い地域の存在が見受けられる。

表2.5　井戸周辺の土地利用割合

井戸番号	畑の割合[%]	山林の割合[%]	硝酸態窒素濃度(mg/l)5月	硝酸態窒素濃度(mg/l)7月	硝酸態窒素濃度(mg/l)11月	井戸番号	畑の割合[%]	山林の割合[%]	硝酸態窒素濃度(mg/l)5月	硝酸態窒素濃度(mg/l)7月	硝酸態窒素濃度(mg/l)11月
2	42	11	10.9	13.3	10.0	89	58	23	2.9	2.7	4.9
5	23	13	5.7	–	–	90	22	16	2.4	14.5	13.8
10	49	14	11.1	10.3	7.1	94	34	1	6.8	12.2	12.8
13	33	5	3.6	4.0	3.0	101	24	31	11.4	16.2	10.2
15	14	13	0.0	1.0	0.1	102	30	16	4.0	7.1	7.1
18	48	15	9.6	10.8	11.5	151	42	20	7.5	9.4	9.6
20	40	2	–	5.2	6.1	153	49	27	22.2	18.6	31.9
22	42	1	4.5	4.9	4.4	154	46	0	2.3	1.1	1.2
24	28	18	8.2	9.2	8.9	156	64	0	11.6	12.2	12.9
25	18	9	6.1	6.4	8.8	157	36	33	2.2	3.4	2.9
26	54	0	0.2	3.9	0.1	158	45	2	13.9	14.2	23.3
31	11	20	2.0	1.8	1.2	160	37	32	10.4	17.2	17.7
32	45	39	8.1	2.5	3.3	161	75	6	0.4	10.1	0.8
33	21	0	10.8	13.1	15.7	162	31	1	2.0	1.6	1.3
35	43	6	4.4	5.4	5.4	163	53	0	6.6	7.5	7.6
39	50	9	13.7	18.1	13.1	164	33	17	0.8	0.6	0.5
52	57	0	4.5	4.3	6.9	165	34	12	10.0	12.8	9.9
56	25	0	11.9	4.0	12.4	167	13	0	0.3	0.4	0.1
59	17	24	0.3	1.9	0.1	169	29	20	4.1	3.4	3.2
60	44	25	8.2	13.1	8.8	170	52	26	13.4	13.8	17.0
61	12	10	8.3	9.2	9.6	171	41	18	–	18.7	20.0
64	76	0	18.2	17.7	22.8	173	22	14	0.4	0.4	0.4
67	39	12	9.7	9.4	9.0	174	7	66	4.7	3.2	2.9
71	38	5	12.3	13.5	14.0	175	31	9	2.4	2.4	2.2
73	17	2	12.1	12.0	12.0	176	20	22	1.1	0.6	–
77	47	19	3.7	3.1	9.7	207	43	31	5.1	10.2	5.7
79	31	19	16.8	7.2	6.1	211	59	9	19.2	10.2	33.1
80	32	1	8.3	11.0	34.3	302	55	11	4.1	6.0	5.0
85	36	0	6.8	4.2	3.1	311	40	1	5.1	5.3	4.3

－：未測定

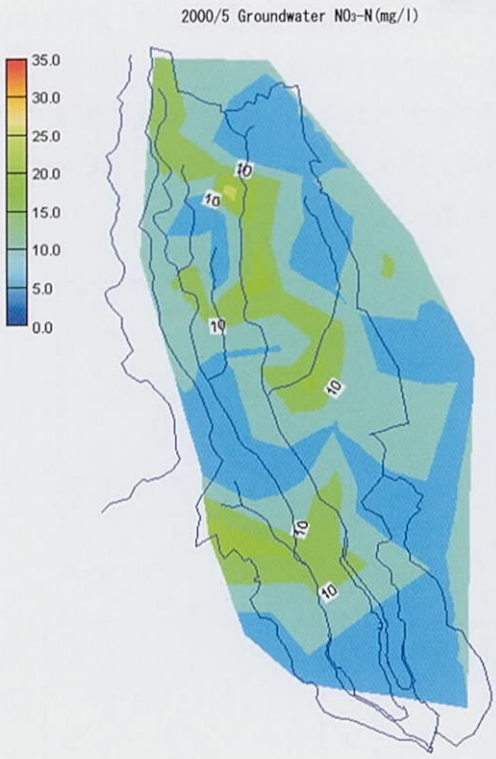


図 2.20(1)　2000 年 5 月　NO_3－N 濃度分布

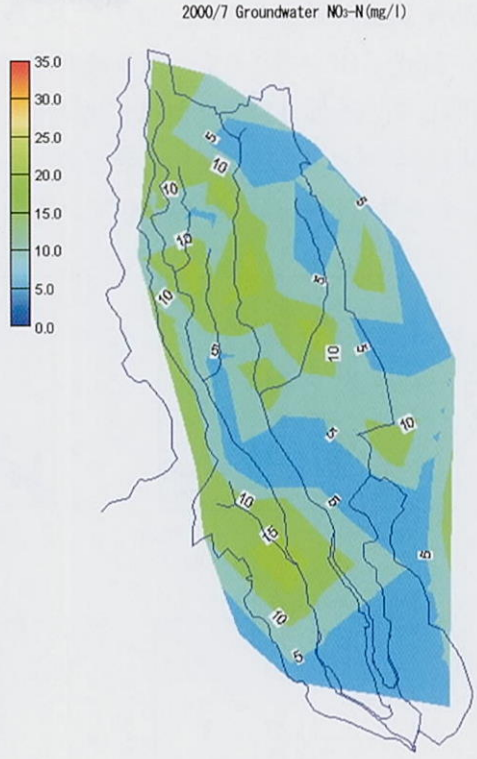


図 2.20(2)　2000 年 7 月　NO_3－N 濃度分布

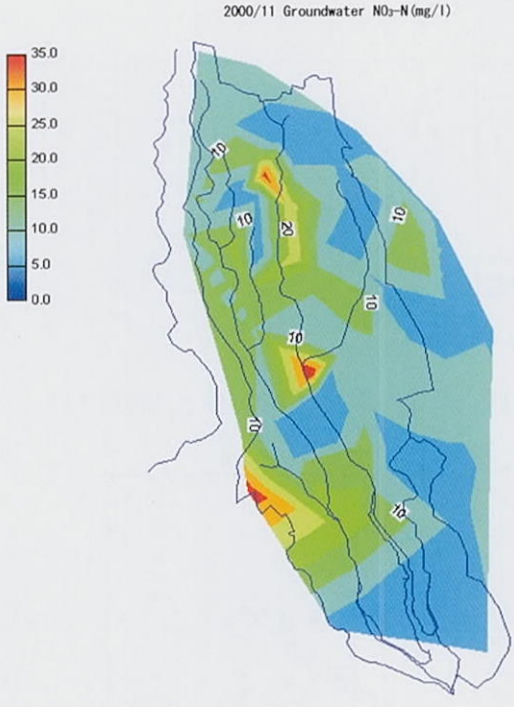


図 2.20(3)　2000 年 11 月　NO_3－N 濃度分布

また、2000年調査結果から7月と11月における項目別の水質比較を図2.21(1)に示す。図2.21(1)より、Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-}のイオン当量濃度が増加している浅井戸が数地点見られる。NO_3^-については、増加している浅井戸もあれば、減少している浅井戸も見られる。5月と11月における水質変化の傾向が7月と11月の変化と若干違った水質項目は、図2.21(2)に示すCl^-とNO_3^-であり、両項目とも5月よりも11月が増加している傾向が見られる。

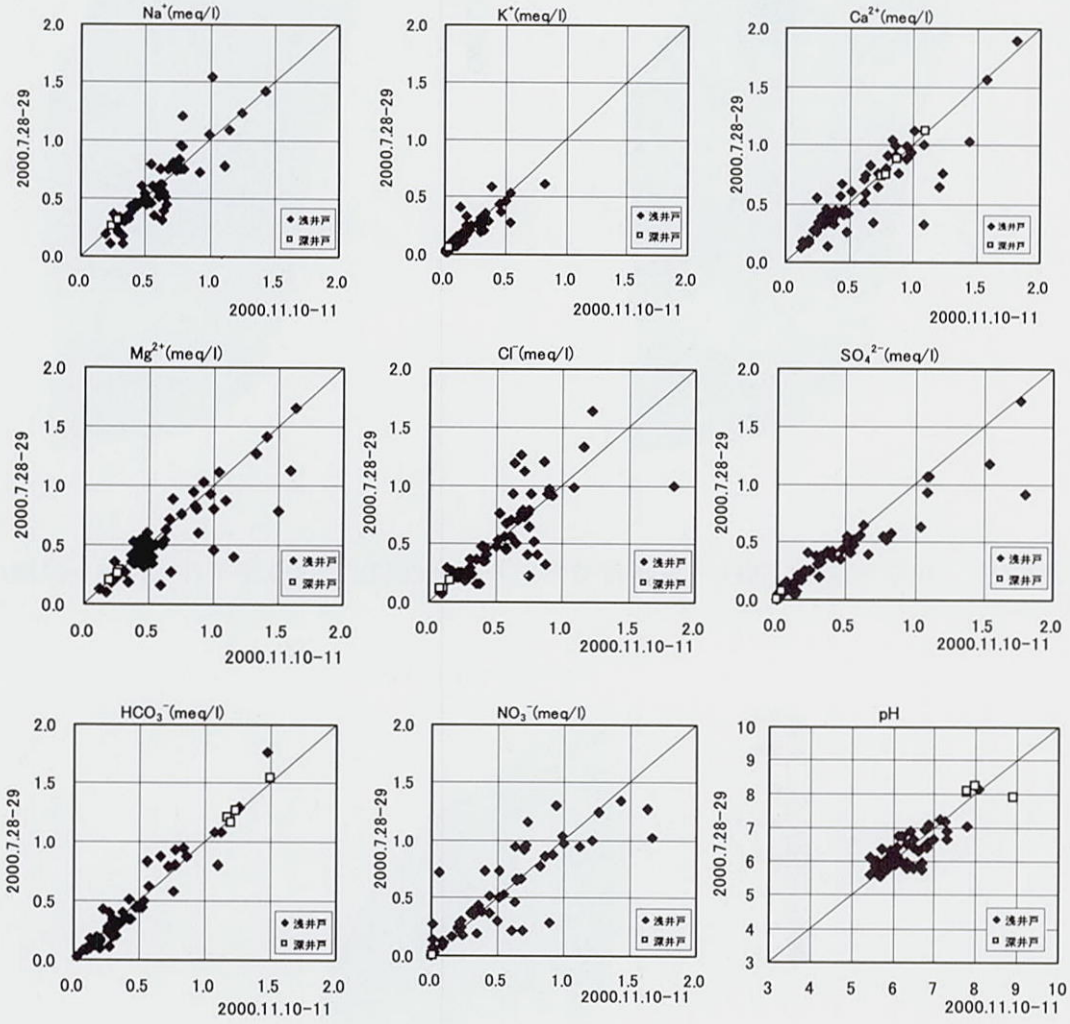


図 2.21(1)　水質比較図（2000/7 と 2000/11）

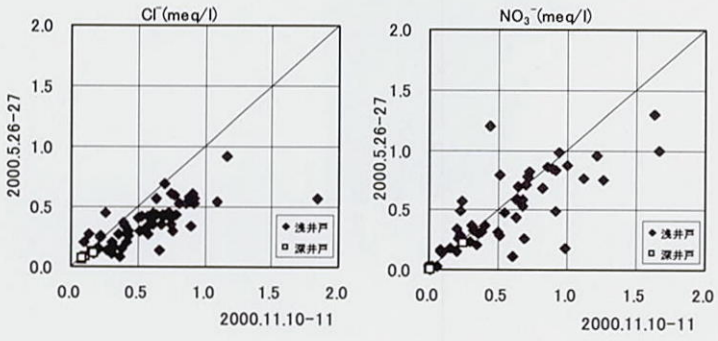


図 2.21(2)　水質比較図（2000/5 と 2000/11）

さらに、pH と硝酸態窒素濃度、マグネシウムイオン濃度の関係について図 2.22 に示す。図 2.22 より、各調査において pH は概ね同じ範囲に分布し、硝酸態窒素濃度が高くても pH 値は極端に小さい値とはなっていない。マグネシウムイオンについても pH 値が小さくても濃度は必ずしも大きくはなっていない。また、深井戸の pH 値は 1 地点を除いて概ね 8 程度であり、浅井戸より大きい値を示している。

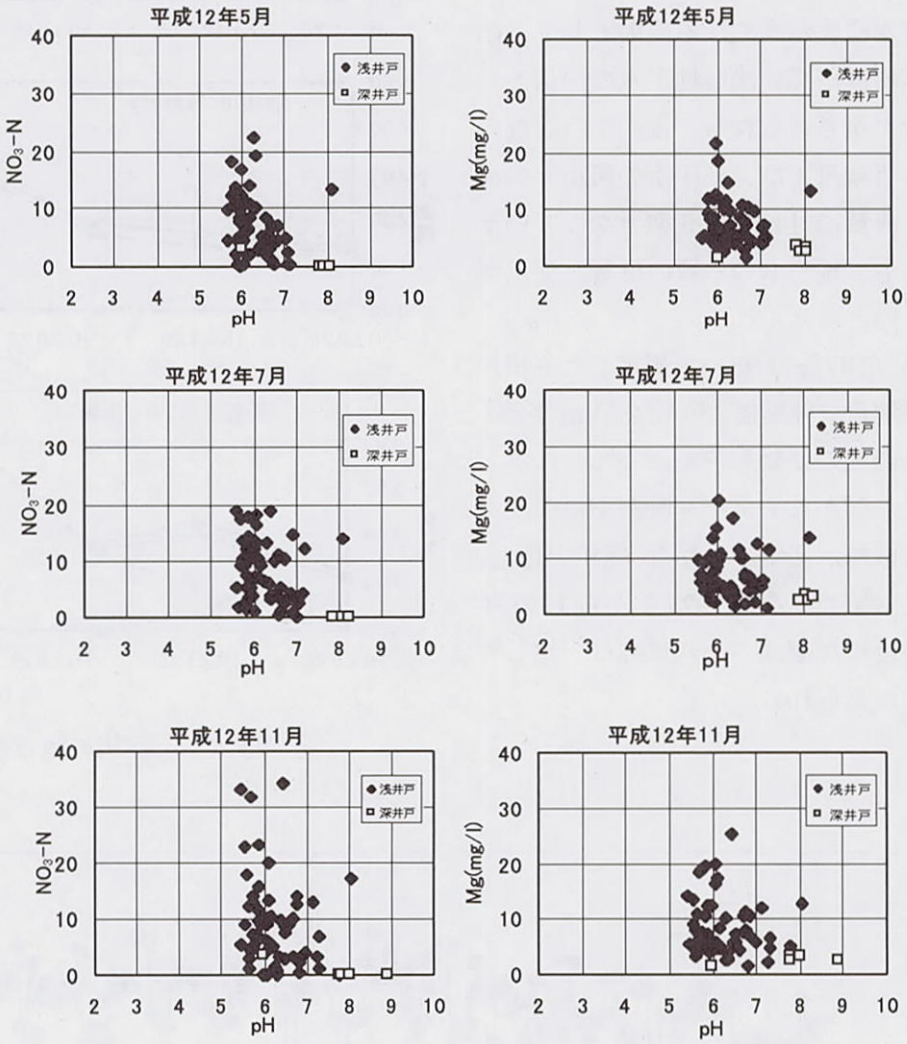


図 2.22　pH と硝酸態窒素濃度、マグネシウムイオン濃度の関係

また、河川の季節的な水質変化に関して、窒素を対象に地下水調査とは別に行った 3 回（9 月 5 日、9 月 8 日、12 月 20 日）の河川水質調査結果も含めて図 2.23 に示す。図 2.23 より、3 地点とも 11 月において全窒素（T－N）濃度が高くなっている。11 月に全窒素濃度が高くなる要因として、硝酸態窒素濃度が高い浅層地下水の河川への流出増などが考えられる。後述する現況の水循環解析結果では、地下水の河川への流出が低水流量に対して約 6 割となっていることからも、地下水の水質の影響が河川に現れやすいと考えられる。

茨城県（1972~1998）が測定した谷田川の丸山橋地点（陣屋橋より約 2.7km 下流）の全窒素濃度の変動状況を図 2.24 に示したが、この図からも毎年非灌漑期に濃度が高くなる傾向が見受けられる。経年変化は、濃度の上限値でみると 1977 年から 1991 年ごろまでは増加傾向、それ以降は一定している傾向が見られる。

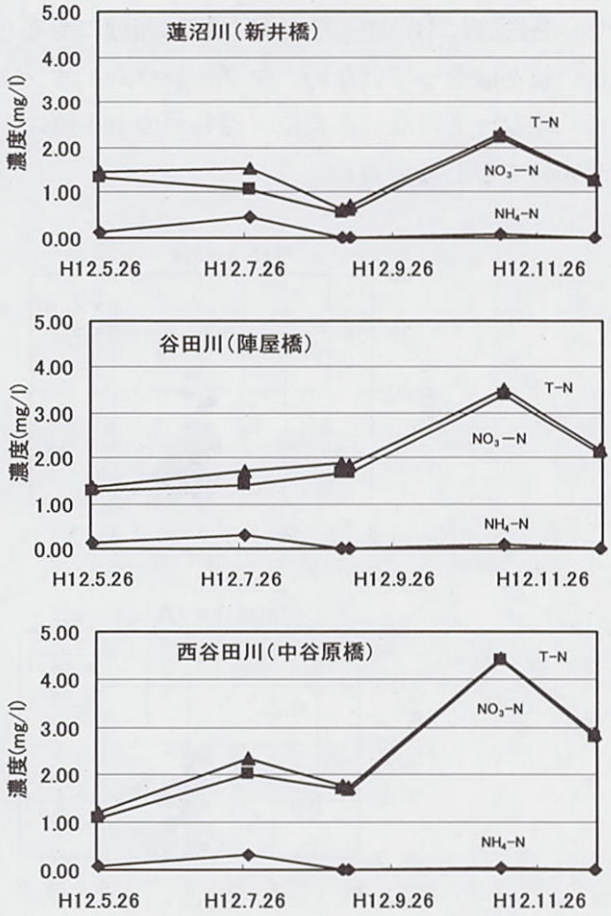


図 2.23　河川の水質変化

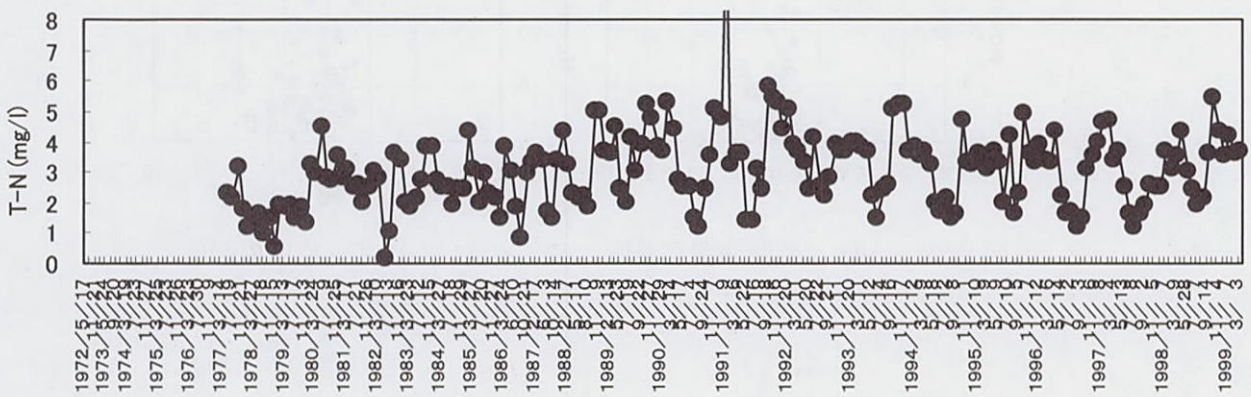


図 2.24　谷田川における全窒素濃度の変動状況

２．４．３　水質の経年変化

水質の経年変化に関して、人為的な影響が比較的少ないと考えられる非潅漑期における比較を行う。1975年11月と2000年11月を対象として、項目別の水質比較図を図2.25に、ヘキサダイヤグラムの変化を図2.26に示す。

図2.25より、地下水中のイオン当量濃度の経年変化で特徴的なことは、Na^+、K^+、Cl^-の減少とNO_3^-の増加である。また、pHについては、少し高くなっている傾向が見られる。Na^+、Cl^-の減少は、1975年当時と比べ都市化は進んだが、下水道整備の進展及び浄化槽の普及により生活雑排水の処理が進んだことや河川・排水路の整備が進み地下水への生活雑排水の混入が減少したためと考えられる。K^+の減少については、使用肥料の変化などの要因が考えられる。NO_3^-の増加は、芝畑などの畑地や水田等に使用される肥料の累積によるものと考えられる。図2.26のヘキサダイヤグラムからもNa^+、K^+、Cl^-の減少とNO_3^-の増加が読み取れる。

また、図2.27に示すように1975年11月の硝酸態窒素濃度(NO_3-N)は調査全域で10mg/l未満であるが、2000年11月においては前出の図2.20(3)に示すように10mg/lを越える地域が広範囲にわたっている。図2.28に、1975年11月と2000年11月の硝酸態窒素濃度の変化量を示す。ほとんど変化していない井戸は若干あるものの大部分の井戸では濃度が増加している。

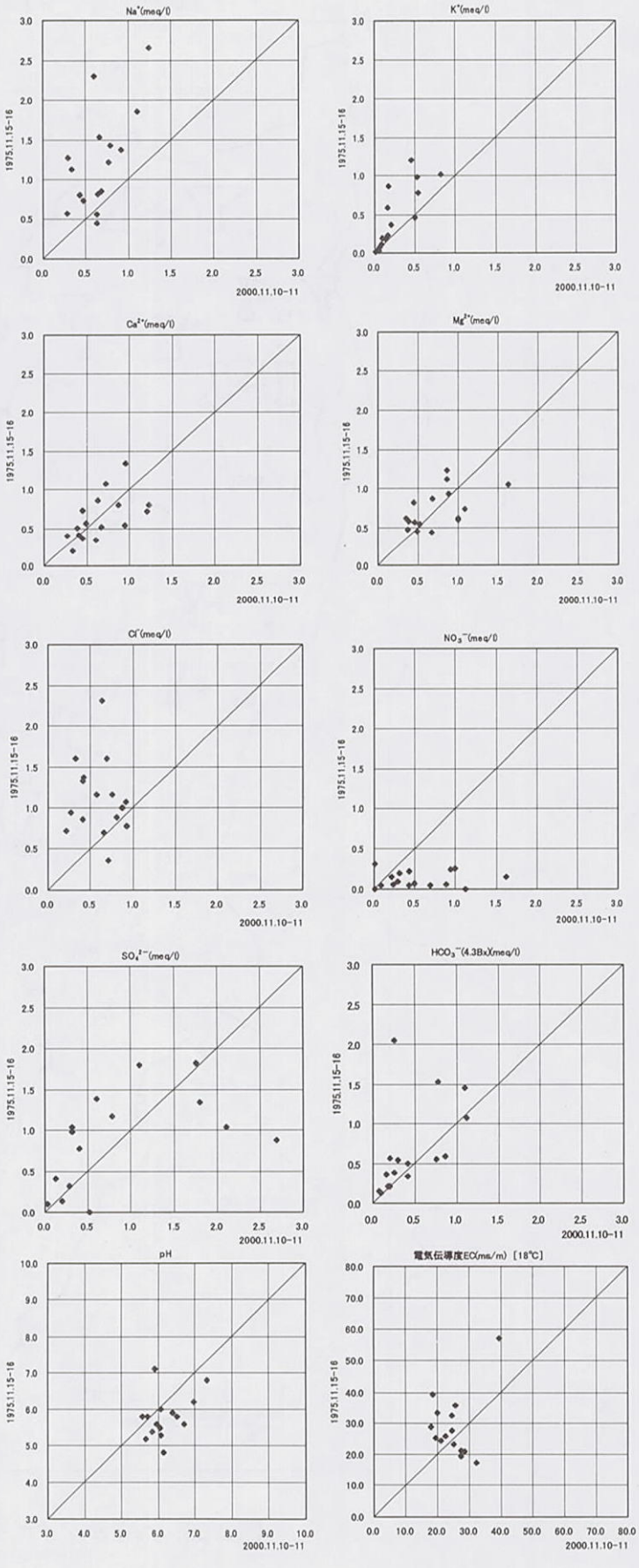


図2.25　水質比較図

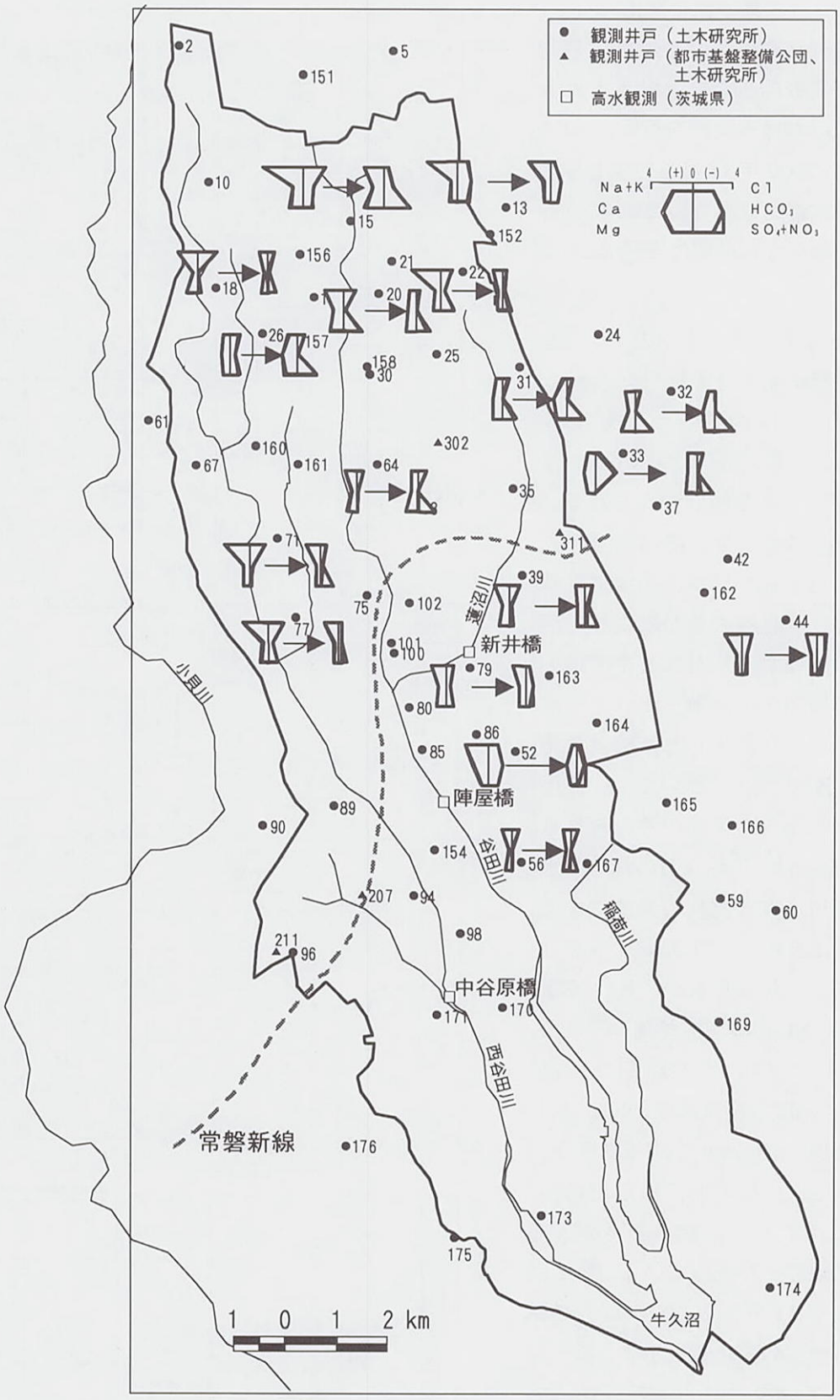


図 2.26　ヘキサダイヤグラムの経年変化

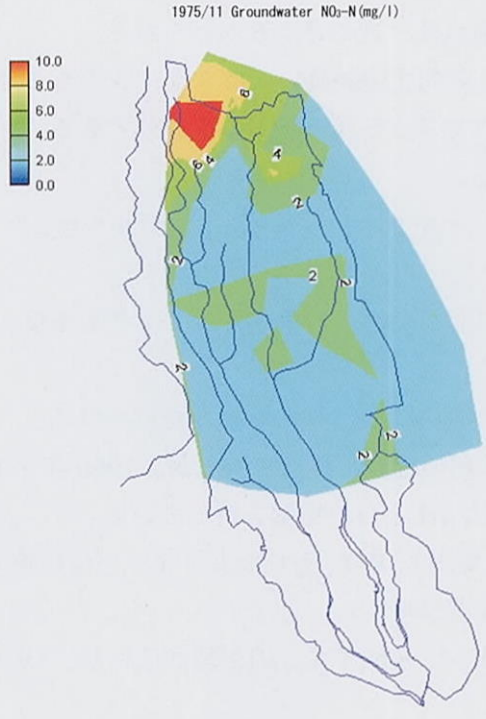


図 2.27　1975 年 11 月　NO_3－N 濃度分布

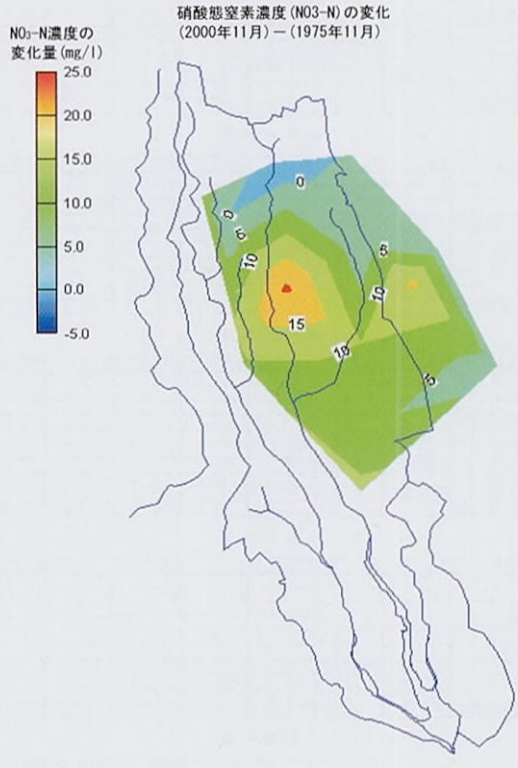


図 2.28　NO_3－N 濃度の経年変化

また、1975 年と 1999 年・2000 年調査のイオン濃度の相関について表 2.6 に整理した。

1975 年と 1999・2000 年の共通点は、次の 3 点があげられる。

- 各年代とも、硝酸態窒素と比較的相関が高いのはマグネシウムイオンである。マグネシウムイオンは、畑地で使用される苦土石灰(MgO)の主成分である。一般的に、芝畑における収穫後に苦土石灰が施される。
- 各年代ともカルシウムイオンとマグネシウムイオン、カルシウムイオンと重炭酸イオンの相関が高い。
- 電気伝導度との相関が高いのは、カルシウムイオン、マグネシウムイオン、ナトリウムイオン、塩化物イオンである。

1975 年と 1999・2000 年の違いをみると、次の 3 点があげられる。

- 1975 年は各イオンと pH は正の相関を持っているが、1999 年・2000 年は、カルシウムイオンと重炭酸イオン以外は pH と負の相関を持っている。
- 1975 年はカリウムイオンと電気伝導度、カリウムイオンと塩化物イオンの相関が高いが、1999・2000 年は両方とも相関が低い。
- 1975 年はマグネシウムイオンと硫酸イオンの相関は低いが、1999・2000 年は相関が高い。

表 2.6　イオン濃度相関マトリックス

（1975.11地下水観測結果）

	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	HCO3
EC	1.0									
pH	0.4	1.0								
Ca	0.5	0.1	1.0							
Mg	0.5	0.0	0.6	1.0						
Na	0.7	0.3	-0.1	0.1	1.0					
K	0.6	0.3	0.0	0.1	0.5	1.0				
Cl	0.7	0.2	0.0	0.4	0.9	0.5	1.0			
NO3	0.4	0.1	0.2	0.6	0.4	0.3	0.5	1.0		
SO4	0.3	0.2	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	-0.3	1.0	
HCO3	0.5	0.1	0.5	0.0	0.3	0.2	0.2	-0.2	0.3	1.0

（1999.10地下水観測結果）

	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	HCO3
EC	1.0									
pH	-0.1	1.0								
Ca	0.7	0.3	1.0							
Mg	0.8	-0.2	0.6	1.0						
Na	0.7	-0.1	0.2	0.4	1.0					
K	0.3	-0.1	-0.2	0.0	0.5	1.0				
Cl	0.7	-0.2	0.3	0.4	0.9	0.3	1.0			
NO3	0.5	-0.1	0.3	0.5	0.2	0.0	0.4	1.0		
SO4	0.5	-0.3	0.2	0.6	0.4	0.2	0.3	-0.1	1.0	
HCO3	0.4	0.5	0.7	0.2	0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.1	1.0

（2000.05地下水観測結果）

	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	HCO3
EC	1.0									
pH	0.0	1.0								
Ca	0.7	0.4	1.0							
Mg	0.8	-0.1	0.7	1.0						
Na	0.6	-0.3	0.1	0.4	1.0					
K	0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.4	1.0				
Cl	0.7	-0.3	0.3	0.6	0.7	0.1	1.0			
NO3	0.5	-0.3	0.2	0.4	0.1	0.1	0.4	1.0		
SO4	0.5	-0.2	0.4	0.6	0.4	0.2	0.2	-0.1	1.0	
HCO3	0.3	0.7	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	0.0	1.0

（2000.07地下水観測結果）

	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	HCO3
EC	1.0									
pH	0.0	1.0								
Ca	0.6	0.5	1.0							
Mg	0.8	-0.1	0.6	1.0						
Na	0.8	-0.2	0.1	0.4	1.0					
K	0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.3	1.0				
Cl	0.8	-0.3	0.2	0.6	0.8	0.3	1.0			
NO3	0.5	-0.4	0.2	0.5	0.3	0.2	0.5	1.0		
SO4	0.5	-0.3	0.3	0.6	0.3	0.2	0.2	-0.1	1.0	
HCO3	0.4	0.8	0.6	0.1	0.3	-0.1	0.1	-0.3	0.0	1.0

（2000.11地下水観測結果）

	EC	pH	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO3	SO4	HCO3
EC	1.0									
pH	-0.2	1.0								
Ca	0.8	0.3	1.0							
Mg	0.9	-0.2	0.7	1.0						
Na	0.8	-0.2	0.1	0.3	1.0					
K	0.2	-0.3	-0.2	-0.1	0.4	1.0				
Cl	0.7	-0.4	0.4	0.6	0.6	0.0	1.0			
NO3	0.6	-0.3	0.3	0.7	0.2	0.1	0.5	1.0		
SO4	0.8	-0.2	0.4	0.5	0.3	0.1	0.2	-0.1	1.0	
HCO3	0.1	0.8	0.4	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.3	0.0	1.0

２．５　第２章のまとめ

谷田川流域における地下水調査から判明した地下水環境の実態は次のとおりである。

地下水水位の分析結果からは、次の点が判明した。

１）流域における浅層の地下水界は流域界とほぼ一致する。また、地下水の主な流動系は、地下水面等高線図より谷田川と西谷田川の２つであると推定される。

２）浅層の地下水位は、灌漑期において農業用水の涵養効果により、水位が上昇し、灌漑期が終わると低下する。7月と11月の調査結果の比較により平均して30cm程度潅漑期の地下水位が高い。

３）深層の地下水位は、流域内外における農業用水のための揚水により灌漑期に水位が低下し、灌漑期が終わると上昇する。ただし、7 月中～下旬は水稲の中干しで揚水を停止することにより、深層の地下水位は若干上昇すると推察される。

４）都市化の進展及び河川改修・排水路整備の進捗などにより、1970年代と比べ、現在の浅層地下水位は全般的に低下している。非潅漑期(11 月)における調査結果の比較により、平均で60cm程度低下している。

地下水水質分析結果からは、次の点が判明した。

５）深井戸（地表から40～60mの深さ）の地下水水質はトリリニアダイヤグラム上で重炭酸カルシウム型を示し、図上で近い位置にプロットされることから同一の起源をもつと考えられ、またヘキサダイヤグラムの形状も同じであり、これらの深層の地下水は同一の流動系であると判断される。

６）浅井戸の地下水水質は、トリリニアダイヤグラム上で非重炭酸カルシウム型と非重炭酸ナトリウム型に分類される。浅井戸のヘキサダイヤグラムに関して、地下水の流下方向に沿いつつ近接した井戸の場合、同じ形状を示すものはあるがそれ以外では同じ形状が見られないことから、流下距離が長くなるほど地表面の土地利用の影響等により浅層地下水の水質が変化するものと考えられる。

７）地下水調査と同時に採水した河川水の水質は、トリリニアダイヤグラム上で全て非重炭酸カルシウム型に属しており、ヘキサダイヤグラムの形状も同じである。

８）浅井戸、深井戸とも各井戸地点のヘキサダイヤグラムの形状は、季節的にほとんど変わらず類似している。

９）浅井戸の硝酸態窒素濃度に関して季節変動が顕著に生じている。潅漑期に比べ、非潅漑期の濃度が非常に高くなっている浅井戸が見受けられ、その井戸の周辺の土地利用をみると畑の割合が多く、窒素を吸着する働きのある森林の割合が少ない。

１０）　1970 年代と比べ、Na^+、K^+、Cl^-が減少し、NO_3^-が増加している。特に硝酸態窒素（NO_3－N）濃度は、1975 年 11 月において調査された全域で 10mg/l 未満であったが、2000 年 11 月においては 10mg/l を越える地域が広範囲にわたっており、濃度も最大で 34.3mg/l となっている。Na^+、Cl^-の減少は、1975 年当時と比べ都市化は進んだが、下水道整備の進展及び浄化槽の普及により生活雑排水の処理が進んだことや河川・排水路の整備が進み地

下水への生活雑排水の混入が減少したためと考えられる。NO_3^-の増加は、長年にわたり芝畑などの畑地や水田等で使用されている肥料の累積の影響が考えられる。

１１）　1975 年調査と 1999 年・2000 年調査におけるイオン濃度相関より、主な共通点として、各年代とも硝酸態窒素と比較的相関が高いのはマグネシウムイオンであることが挙げられる。また主な相違点として、1975 年は各イオンとｐＨは正の相関を持っているが、1999 年・2000 年はカルシウムイオンと重炭酸イオン以外はｐＨ と負の相関を持っていることが挙げられる。

また、河川水質分析結果からは、次の点が判明した。

１２）　調査した 3 地点とも非潅漑期である 11 月において全窒素（Ｔ－Ｎ）濃度が高くなっている。11 月に全窒素濃度が高くなる要因として、硝酸態窒素濃度が高い浅層地下水の河川への流出増などが考えられる。

3．谷田川流域の水循環の解析

3．1　解析の概要

3．1．1 解析の目的

谷田川流域の水循環システム構造を捉えるため、分布型水循環モデルを用いて、水循環の定量化を行った。ただし、水循環解析についての全てのデータが充分な精度で得られた訳ではなく、ここでの定量化とは、現段階で入手済みの資料・観測データに基づくものである。

3．1．2　計算モデルの概要

計算には賈らの開発した分布型水文モデル（WEP モデル）を用いた。WEP モデルの詳細は末次ら（2000）に示されており、次のような特徴を有している。

- 水循環のみならず鉛直一次元の熱輸送も同時に解析できる。
- 土壌－植物－大気間での相互作用をモデル化しており、地表面過程を詳しく解析できる。また、気象モデルとの連携をとりやすい。
- モザイク法の採用によりメッシュ内の土地利用の不均質性を考慮できる。
- 不飽和土壌水流れに対して、Richards 方程式と同程度の精度を有し、計算時間の短い一般化した Green－Ampt モデルを作成し、使用している。
- 飽和地下水流れに対して、鉛直方向の水の移動を考慮した平面多層モデルを用い、計算速度の向上をはかっている。
- 雨水浸透貯留施設に対するモデルを組み込んでおり、雨水浸透施設の整備が豪雨時の洪水や平常時の河川流量、さらには地下水位等に与える効果を検討することができる。

WEP モデルが対象としている水・熱輸送過程を図 3.1 に示す。WEP モデルはメッシュベースのモデルであり、計算にあたり対象流域を幾つかの計算メッシュに分割する。１つの計算メッシュ内には様々な土地利用が含まれており、図 3.1 の全ての過程をメッシュ単位で定量化している。

流域の土地利用は水域、裸地－植生域、不浸透域に大分類した。裸地－植生域はさらに裸地、丈の低い草地および農耕地、丈の高い樹木の３種類に、不浸透域は都市地表面と都市キャノピーとに分類した。なお、裸地－植生域においてのみ、植生の根系による土壌水分の吸水を表現するために表層の土壌を３層に細分割している。また、１計算メッシュからの水・熱輸送量は、土地利用ごとに算出される輸送量にその面積占有率を乗じるモザイク法（Avissar、1989）によって算出した。

図 3.2 にモデルの平面構造を示す。本モデルの適用性を向上させるために、賈ら（2000）以降、(1)洪水時表面流出追跡計算の追加、(2)河道流れを kinematic wave 法から dynamic wave 法へ変更、(3)都市排水の時間変動パタンーの考慮、等の改良点があった。後述するように、本研究ではメッシュの大きさが 100m×100m、計算時間間隔が１時間であるため、表面流出については追跡計算を行わず、小流域ごとに算出した表面流出量を河川への横流入量として与えた。河道内の流れの解析には kinematic wave 法を用いた。また、地下水流れに関しては、２次元多層地下水流れの方程式を解き、地下水位の表面流出に与える影響などを検討することができる。

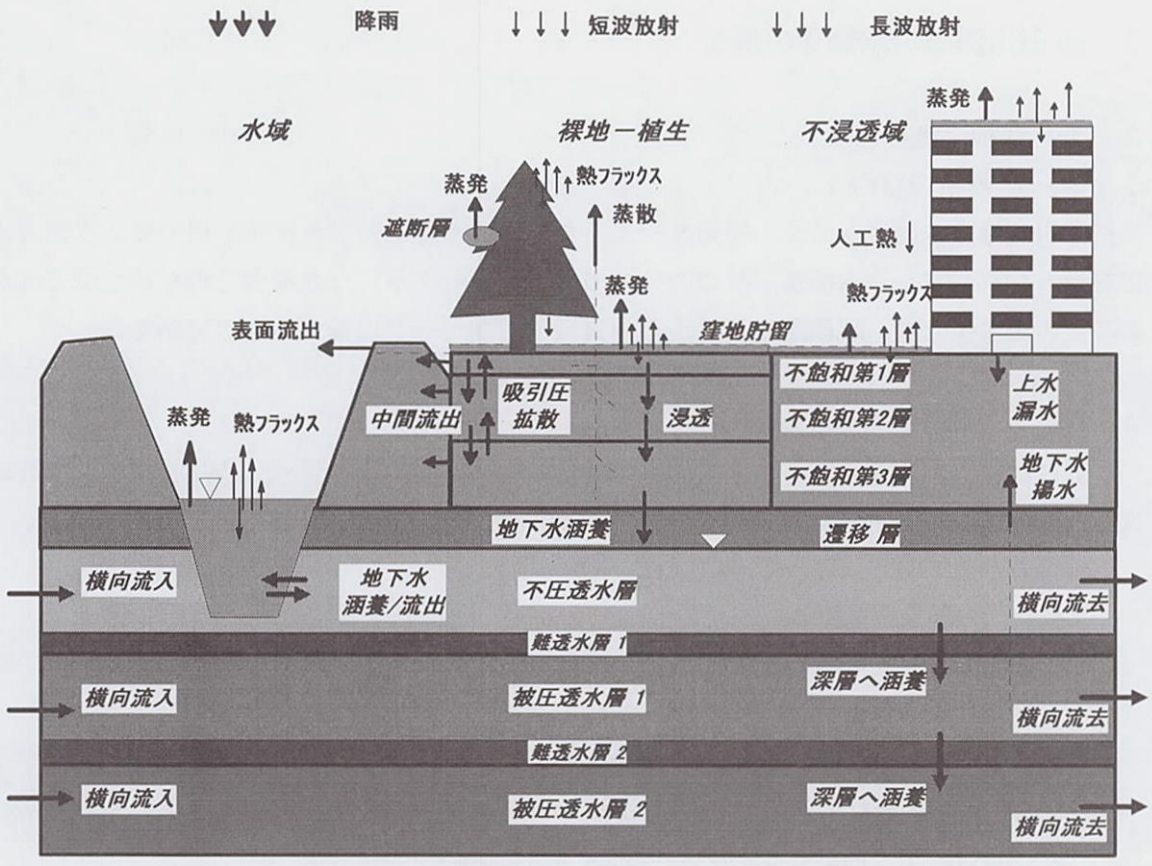


図 3.1　対象とする水・熱輸送過程とモデルの鉛直構造

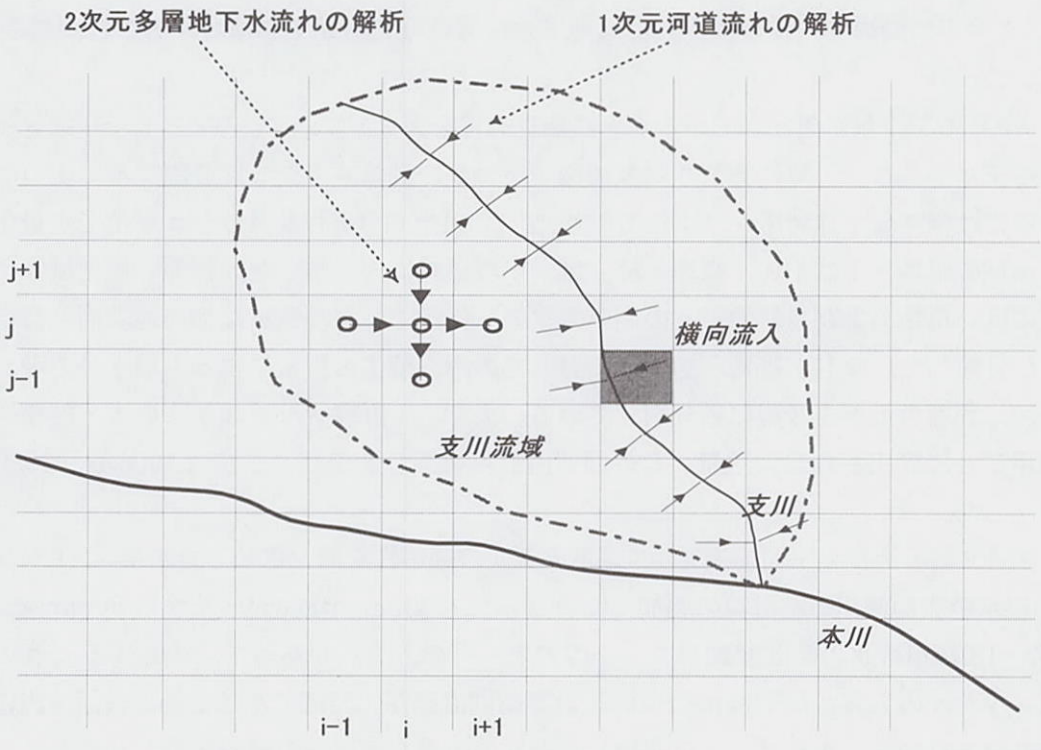


図 3.2　モデルの平面構造

３．１．３　計算条件の設定

解析対象期間は⑴過去（1975 年頃、つくば学園都市開発前相当）、⑵現況（1998～2000 年、現在状況相当）、及び⑶将来（2020 年頃、常磐新線沿線開発完了相当）の３つとした。また計算ケースは、ケース①：現況再現計算（現況土地利用、現況人口、現況河道）、ケース②：過去推定計算（過去土地利用、過去人口、現況河道）、ケース③：河川改修影響予測計算（現況土地利用、現況人口、将来河道）、及びケース④：土地利用変化影響予測計算（将来土地利用、将来人口、将来河道）の４ケースとした（表 3.1）。現況の計算結果は地下水位と河川の低水流量に関する観測データを比較し、モデルの計算精度を検証した。各計算ケースにおいて、各種の計算条件は表 3.2 に示す通りに設定し、それ以外の熱に関する計算条件は末次ら（2000）に基づいた。

地下水位の初期条件に一斉測水調査により得られた地下水位データを与えて、1 年間分の予備計算を行い、予備計算終了時点の地下水位を本計算の初期値とした。また、計算上の境界条件となる地下水の流域界は、地下水の一斉測水の結果に基づき地表面の流域界と同じとした。

WEP モデルでは、流域を平面にメッシュ分割し、それぞれのメッシュを計算単位とする。本検討では日流量及び地下水に着目しているため、メッシュのサイズは 100m、計算時間ステップは 1 時間とした。

３．２　流域情報の収集・整理

谷田川流域における水循環を捉えるため、水循環構成要素に関わる過去、現在及び将来の流域基礎情報の収集・整理を行った。収集・整理した資料の一覧を表 3.3 に示す。なお、WEP モデルへの入力データとするため、面的な情報は全部 100m メッシュで整理した。

表 3.1　計算ケース一覧

ケース番号	土地利用	人口	河道
①	現況	現況	現況
②	過去	過去	現況
③	現況	現況	将来
④	将来	将来	将来

表 3.2　計算条件及び設定根拠

分　類		説　明
気象条件	降雨、風向・風速、日照時間、気温、湿度	1998～2000 年、アメダス地点下妻、長峰の観測データを利用する。過去、将来には現在のデータを用いる。湿度には筑波大学陸域環境研究センター圃場データを用いる。
地表面条件	土地利用	1976 年調査国土数値情報データ（過去） 1994 年調査細密数値情報（現在） 常磐新線沿線開発土地利用計画（将来）
	地表面標高	「数値地図」より 50m メッシュ地表面標高データを作成し、100m メッシュの平均標高を算出。 過去、将来には現在のデータを用いる。
	不浸透面積率	土地利用毎に設定
	浸透域窪地貯留	土地利用毎に設定
	不浸透域窪地貯留	一般的な値として 2mm とする。
表層土壌	厚さ	2m と仮定
	水分保持特性（pF 曲線）	他流域における実測値を参照、表層地質図分類毎に設定。
	不飽和透水係数	同上
河川	河川位置	地形図（1/25,000）に示されている河川。 過去、将来は現在のデータを用いる。
	河床高	地表面標高から、河床深さを差し引いた値を用いる。河川改修前及び河川改修後について整理。
	河川断面	各河川における河川改修前及び改修後の横断図を用いる。
	河床材料・厚さ	地質断面図により各河川の河床材料及び厚さのデータを抽出する。 過去、現在及び将来に同じデータを用いる。
	粗度係数	一律に 0.03 を与える。
第 1 帯水層（不圧）	帯水層厚さ	メッシュ毎に帯水層の厚さを与える。 過去、現在及び将来に同じデータを用いる。
	飽和透水係数	表 3.5 を参考に、5.0×10^{-4}cm/s とする。
	貯留係数	0.05 とした。ただし、地下水面が地表面に達する場合には、土壌水分量と飽和水分量の差とする。
第 2 帯水層（被圧）	帯水層厚さ	メッシュ毎に帯水層の厚さを与える。 過去、現在及び将来に同じデータを用いる。
	飽和透水係数	表 3.5 を参考に、4.0×10^{-4}cm/s とする。
	貯留係数	0.05 とする。
第 3 帯水層（被圧）	帯水層厚さ	メッシュ毎に帯水層の厚さを与える。 過去、現在及び将来に同じデータを用いる。
	飽和透水係数	表 3.5 を参考に、3.0×10^{-4}cm/s とする。
	貯留係数	0.05 とする。

表 3.3　収集・整理した資料一覧

分　類	期　間			資料・データ
	過去	現在	将来	
地形		○		数値地図 50m メッシュ（標高）
土地利用	○			国土数値情報（1976 年、1/10 細分区画土地利用）
		○		細密数値情報（1994 年、10m メッシュ）
			○	都市計画図（茨城県・都市基盤整備公団）
地質	○	○		筑波研究学園都市地盤図（財団法人建築保全センター）
				筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図（地質調査所）
				水海道 IC～つくば IC 地質調査データ（国土交通省）
				牛久沼地質データ（TRABIS 文献情報）
河川諸元		○	○	河川横断図・縦断図（茨城県）
社会情報（人口）		○		地域メッシュ統計（1995 年国勢調査）
			○	都市計画図（茨城県・都市基盤整備公団）
気象条件		○		アメダスデータ（1998～2000 年）
		○		筑波大学陸域環境研究センター圃場データ（1998～2000 年
河川流量		○		低水観測成果（茨城県、1999 年から月 3 回）
地下水位	○			筑波大学 1970 年代井戸調査結果
		○		土木研究所井戸観測データ（一斉測水、1999 年～）
		○		都市基盤整備公団（浅層、連続、1999 年～）
		○		茨城県（深層、連続、1998 年～）
都市用水		○		上水道給水域、実績配水量（筑南水道企業団）
		○		簡易水道給水域、計画給水量（茨城県）
農業用水		○		流域外（小貝川）導水実績（国土交通省）
				河川取水（計画取水量）（土地改良区）
工業用水		○		工業用水・排水データ（取水源、計画取水量、排水先、計画排水量）（茨城県）
都市排水		○		下水道計画一般図（つくば市）

3．2．1　地形データ

数値地図 50m メッシュの標高データから 100m メッシュ内の平均標高を求めた。得られた 100m メッシュ標高データでは、周囲より低く、流下方向のないメッシュ（窪地）があるので、それを除去する作業も行った。処理した 100m メッシュ標高データを用いて、各メッシュにおける表面流の流下方向を算出した。更に、各メッシュの流下方向データに基づいて、実際の流域界と比較しながら谷田川流域を 8 つの小流域に分割した。小流域分割図を図 3.3 に示す。

3．2．2　土地利用及び不浸透域面積率

過去の土地利用として、1976 年に調査した国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データを用いた。国土数値情報の 1/10 細分区画土地利用データは各 3 次メッシュを更に横縦 10 分割し、1/10 細分方眼の卓越する土地利用分類を数値化してある。この 1/10 細分区画土地利用データから、100m メッシュデータを作成した。現況土地利用データとして、第五期（1994 年調査）細密数値情報（10m メッシュ）から 100m メッシュ中の各土地利用の面積率を求めた。また、常磐沿線開発計画により土地利用が変わる区域を抽出し、現況土地利用でそれと対応している区域を入れ替えることにより将来土地利用データを作成した。過去と現在の土地利用状況を図 3.4 に示す。住宅、工業、商業、道路、公園及びその他の公共公益用地から成る都市域の拡大傾向は顕著である。

谷田川流域における各地目別の不浸透面積率は、東京都、海老川流域の各地目毎の不浸透面積率を参考に設定した。各メッシュの土地利用とそれに対応する不浸透面積率からメッシュ毎の不浸透面積率を求め、それを集計して算出した全流域及び開発区域の不浸透面積率を表3.4に示す。谷田川流域において、流域全面積に占める宅地等建物の比率は、1976年7%であったが1994年18%となり、2020年には23%となることが予想され、その代わりに森林、畑が減少している。都市化により不浸透面積率は、1976年の12%から1994年には25%、2020年には31%に増加している。また、開発区域において、沿線開発後の不浸透面積率は、82%となると推定される。

表3.4　谷田川流域における土地利用の変化（単位：%）

	森林	水田	畑	建物	道路	河川・湖沼	その他	不浸透面積率
全流域1976年	22	15	39	7	0	5	12	12
1994年	16	14	33	18	4	4	11	25
2020年	14	13	28	23	5	4	13	31
開発域1976年	31	12	39	2	0	1	16	9
1994年	27	11	35	6	3	1	17	17
2020年	0	0	0	63	21	1	16	82
地目別不浸透面積率	0	0	0	85	100	0	50	



図3.3　流域分割図及び常磐新線沿線開発区域位置図

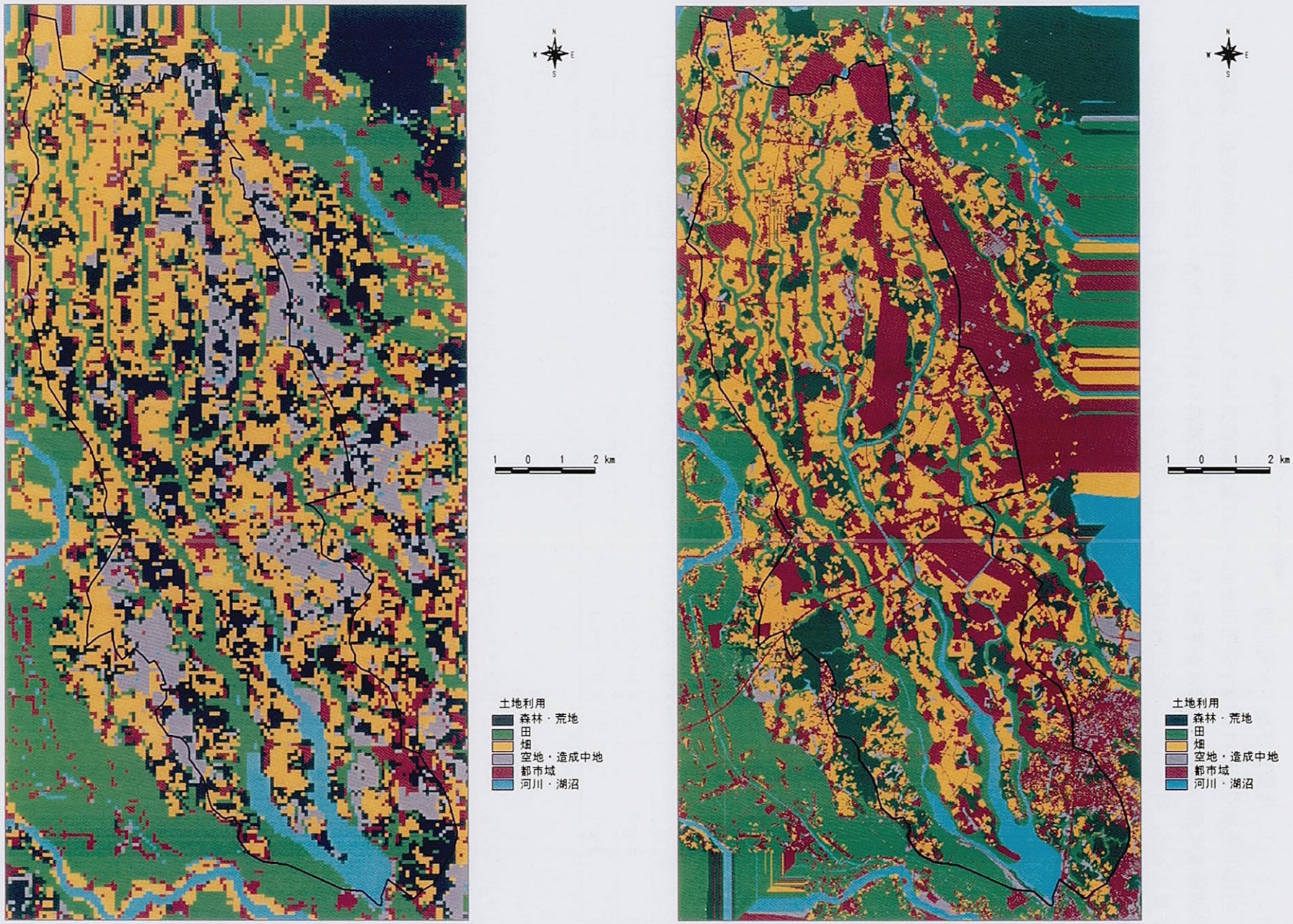


図 3.4　過去と現況土地利用の比較（1976 年国土数値情報と 1994 年調査細密数値情報）

３．２．３　地質及び地下水帯水層

谷田川流域周辺には研究学園都市建設の際の地質調査資料を始め、河川堤防地質調査、道路地質調査等大量の地質調査資料が蓄積されている。地質層群の名称は研究者・研究グループによって異なるが、谷田川周辺の地質層序区分は表 1.1 のように表すことができる。筑波大学構内及び国土地理院地殻活動観測井のボーリング記録によると、それぞれ深度 477m と 487m で基盤岩類に達している。岩盤からの地層は、下位から上総層群、地蔵堂層、薮層、上泉層、上岩橋層、木下層、常総層、関東ローム層となっている。また、谷田川や西谷田川等の低地部には、腐植土または砂礫等で構成される沖積層が堆積している。

谷田川流域周辺の主な帯水層は表 1.2 に示す通りである。また、各帯水層の飽和透水係数、貯留係数について、幾つかの現地揚水実験により得られた結果がある（表 3.5)。

表 3.5　主要な帯水層における透水係数・貯留係数

帯水層	透水係数（cm/s）	貯留係数	文 献
Lm	7.2×10^{-6}～8.5×10^{-4}（西地区） 1.3×10^{-6}～7.5×10^{-5}（北地区）	－	茨城県、1985
Ds-1、Dg-1、Ds-2	1.1×10^{-4}～7.4×10^{-4}（西地区） 2.6×10^{-5}～9.5×10^{-3}（北地区）	－	茨城県、1985
	3.9×10^{-4}～2.4×10^{-2}	1.0×10^{-5}～3.1×10^{-2}	建築保全ｾﾝﾀｰ、1981
Dg-3	1.7×10^{-4}～3.7×10^{-4}	－	筑波大学、1976
Dg-5	2.1×10^{-4}～4.1×10^{-4}	－	筑波大学、1976

本研究では、収集した流域内及び周辺部データのうち、119 地点のボーリングデータを代表値として抽出し、谷田川流域における 3 次元地質データを作成した。代表ボーリング地点の抽出にあたっては、面的な分布を考慮した上、最も深いボーリング地点を抽出するようにした。なお、データ作成の際に表 1.1 の地質分類に従った。しかし、殆どのボーリングデータの深さは 20m～40m であり、孔底の標高は-20m～-40m であるため、より深いところの地質構造は数少ないボーリング地点のデータより推定した。本研究に使用したボーリングデータ地点及び作成した地質データ断面を図 3.5 と図 3.6 に示す。

水循環モデル上では、表 1.2 に示した No.1～No.3 の 3 つの帯水層は第 1 帯水層（不圧）とし、No.4 と No.5 帯水層はそれぞれ第 2 帯水層（被圧）と第 3 帯水層（被圧）とした。ボーリングデータにより作成した 3 次元地質データから、メッシュ毎に各帯水層の層厚を算出した。

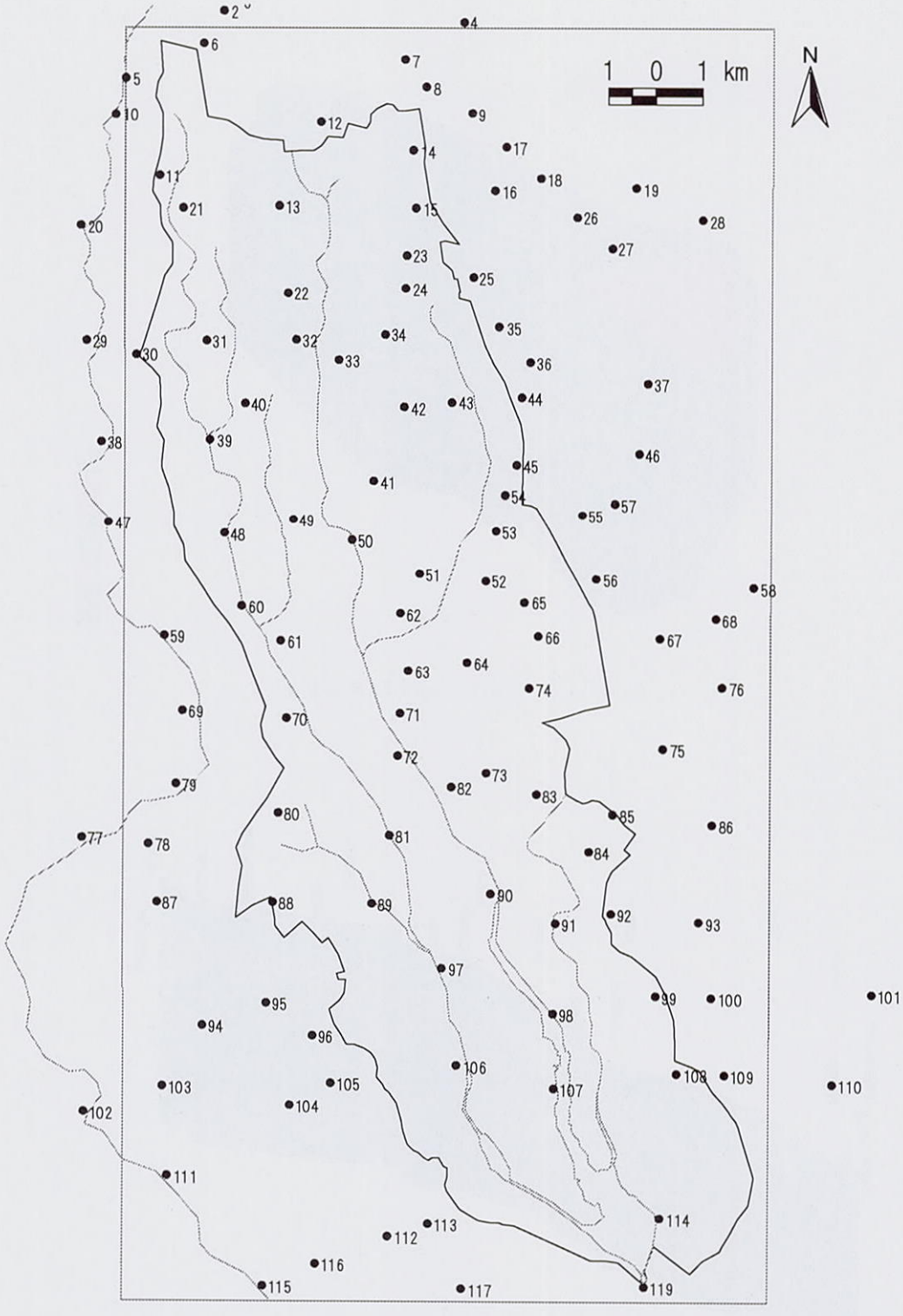


図 3.5　ボーリングデータ地点

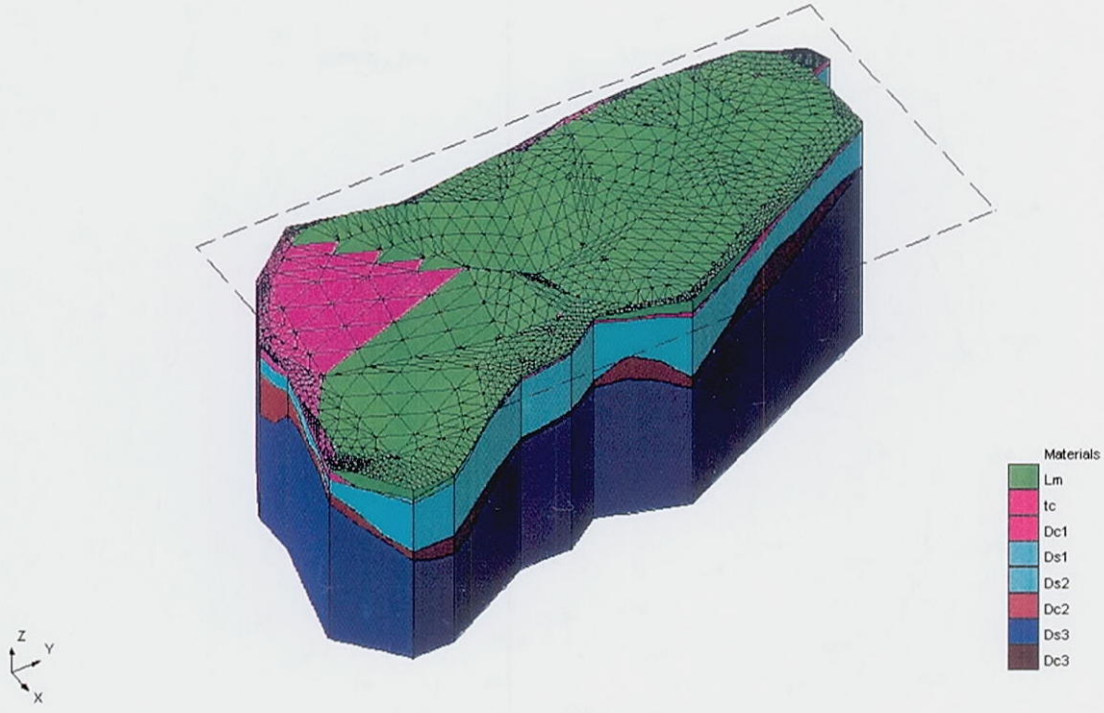


図 3.6 (1)　谷田川流域の地質断面

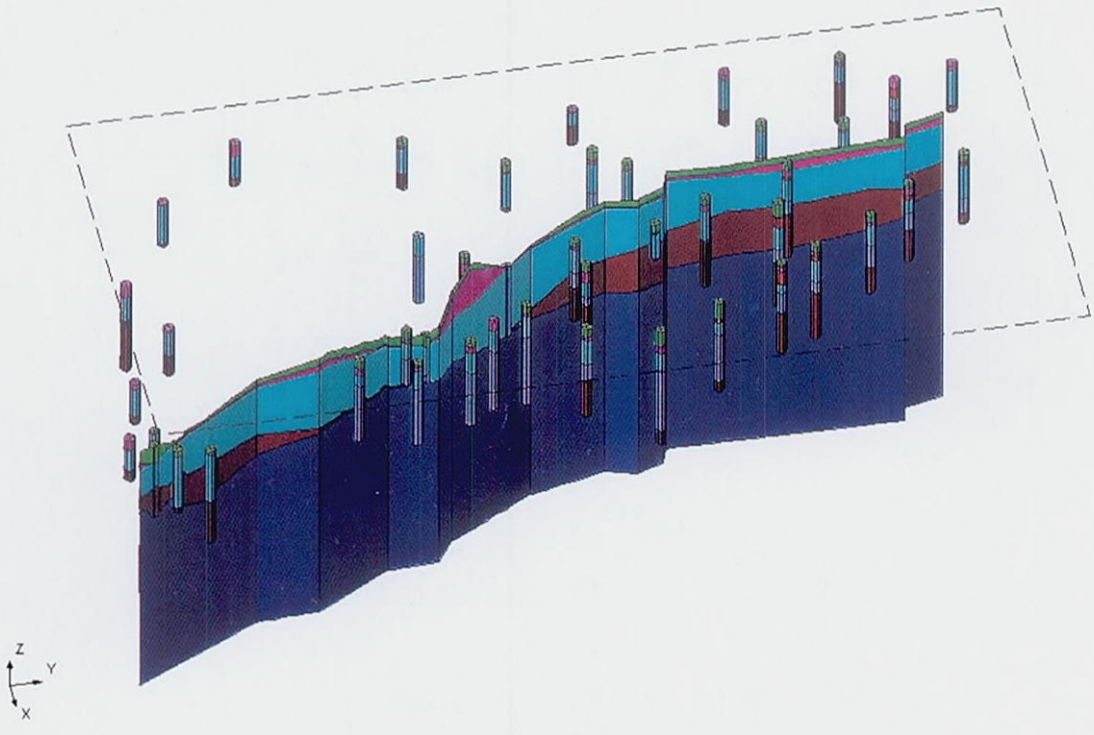


図 3.6 (2)　谷田川の地質断面

３．２．４　河川諸元

谷田川流域における河川改修は、学園都市建設を契機に様々な事業により行われてきた。表 3.6 及び図 3.7 にこれまでの河川改修概要を示す。西谷田川の上岩崎橋～西南大橋の区間を除き、河川改修は全て 1991 年までに完了した。

表 3.6　河川改修の概要

河川名	時　期	事　業	区　間	延　長	備　考
稲荷川	昭和 46 年 ～54 年	中小河川 改修事業	牛久沼 ～国道 354 号	L=10,900m	研学関連
谷田川	昭和 50 年 ～53 年	中小河川 改修事業	江戸橋 ～つくば市鬼ケ窪	L=4,200m	
谷田川	昭和 43 年 ～54 年	中小河川 改修事業	房内橋 ～江戸橋	L=6,500m	研学関連
蓮沼川	昭和 46 年 ～54 年	中小河川 改修事業	谷田川合流点 ～7.8 k	L=7,800m	研学関連
西谷田川	昭和 51 年 ～平成 3 年	小規模河川 改修事業	高山橋 ～白幡橋	L=5,750m	
西谷田川	平成 2 年 ～10 年	小規模河川 改修事業	上岩崎橋 ～西南大橋	L=4,200m	未着工

また、谷田川流域では、河川整備計画に基づき新たな河川改修が実施される予定である。河川改修計画の概要は表 3.7 及び図 3.8 に示す通りである。改修断面形状は、河川区間によって詳細は異なるが、新規河川改修により河床は現況より約 1m 深く、河床幅は現況の約 1.5 倍となる。

解析において、河川の平面位置は、現況・将来河道とも同じとし、数値地図 25000（1/25,000 地形図の画像データ）に基づき設定した。解析に用いた現況河道断面は、現況横断図をもとに設定した。河道資料のない区間は、区間前後の横断図から断面を推定し、河床勾配は地形データから算定した。将来河道断面は新規河川改修区間において現況河道断面を改修後断面に置き換えた。また、実際の河川断面は複断面であっても解析においては、河川は全て逆台形の等価断面として取り扱った。

表 3.7　河川改修計画の概要（将来）

河川名	整備区間	計画高水流量 (m^3/s)	治水安全度 (年)	延長 (m)	実施内容
谷田川	蓮沼合流点 ～左支川合流点 (16.20k～18.25k)	60	1/30	2,050	現河道用地内で対応することを前提に多自然型川づくりに配慮する。現況法面を活かして右岸法勾配を 1:2.0 とし、左岸法勾配 1:0.5 とし流下能力を確保する。
	左支川合流点 ～新豊年橋 (18.25k～18.66k)	40	1/30	410	計画流量に対して流下能力を確保するため現況堤防高の不足している区間について嵩上げを行う。
蓮沼川	谷田川合流点 ～新井橋 (0.00k～1.70k)	65	1/30	1,700	現河道用地内で対応することを前提に多自然型川づくりに配慮する。現況法面を活かして右岸法勾配を 1:2.0 とし、左岸法勾配 1:0.5 とし流下能力を確保する。
	新井橋 ～新八千代橋 (1.70k～2.90k)	50	1/30	1,200	現河道用地内で対応することを前提に護岸法勾配を 1:0.5 として整備する。
	新八千代橋 ～一本橋 (2.90k～4.675k)	60	1/30	1,775	葛城地区内であるため多自然型川づくり、親水性を考慮して計画断面法勾配を 1:3.0 とする。
	一本橋 ～小橋上流 (4.675k～5.30k)	50	1/30	625	現河道用地内で対応することを前提に護岸法勾配を 1:0.5 として整備する。
西谷田川	牛久沼 ～高岡川合流点 (6.44k～9.70k)	130	1/30	3,260	・ 河床掘削と河道拡幅により流下能力を確保する。 ・ 多自然型川づくりに配慮して計画断面法勾配を 1:2.0 とする。 ・ 開発区域内の河道は親水性の向上などに考慮した計画断面とする。
	高岡川合流点 ～要害橋 (9.70k～13.45k)	85	1/30	3,750	
	要害橋 ～高山橋下流 (13.45k～17.21k)	90	1/30	3,760	
	高山橋下流 ～睦橋 (17.21k～19.90k)	55	1/30	2,690	
高岡川	西谷田川合流点 ～常磐自動車道 (0.65k～2.95k)	35	1/30	2,300	・ 河床掘削と河道拡幅により流下能力を確保する。 ・ 多自然型川づくりに配慮して計画断面法勾配を 1:2.0 とする。

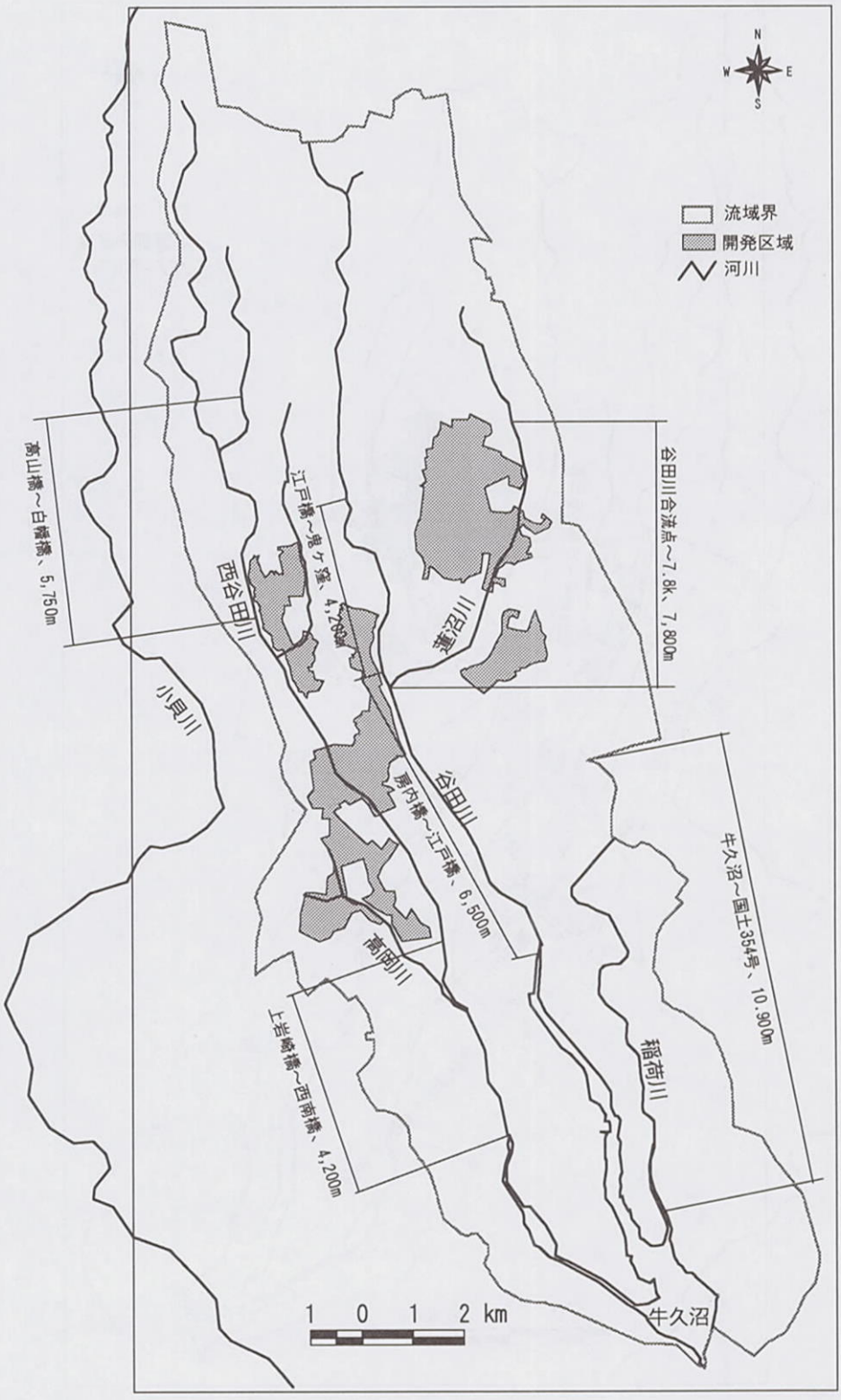


図 3.7　現状の河川改修状況

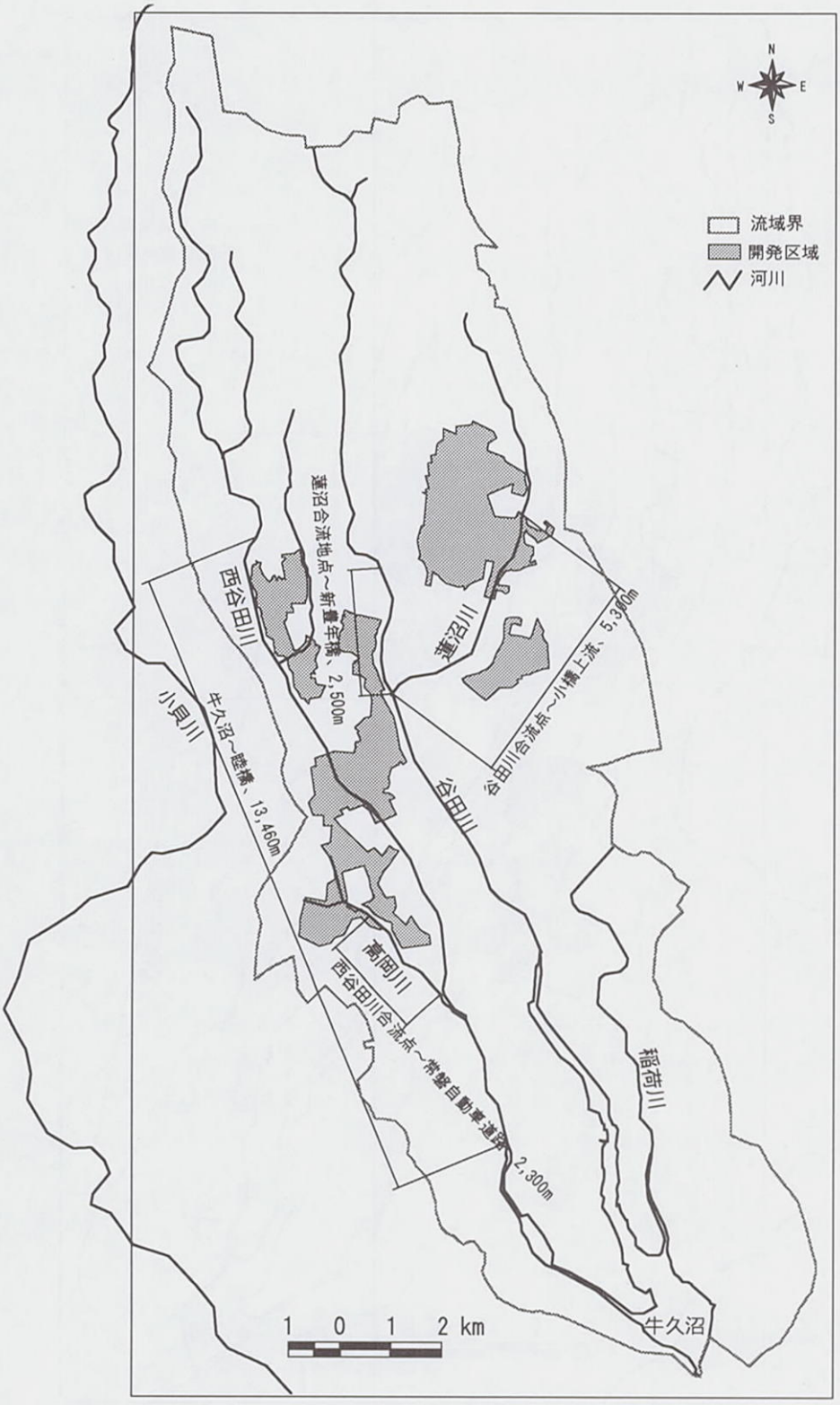


図 3.8　将来の河川改修区間

３．２．５　人口

流域の人口は、地域メッシュ統計データ（1995 年国勢調査）から求めた。地域メッシュ統計データは約 500m メッシュデータであり、各 500m メッシュデータは単純にその中に含まれる 100m メッシュに割り振って、100m メッシュの人口データを作成した。図 3.9 に現在の流域内人口の分布を示す。

現在のつくば市域に相当する範囲内における 1970 年の人口は約 7 万人であった。1970 年に研究学園都市の本格的な建設が始まる頃から人口は急激な増加を示し、1995 年には 15.6 万人となっている。1970～1995 の 25 年間の人口の平均年増加率は約 3.2%である。谷田川流域内おける過去の人口の算定にあたっては、谷田川流域内人口の増加率をつくば市のものと同じ（平均年増加率 3.2%）と仮定し、地域メッシュ統計データから求めた現在の 100m メッシュの人口データを割り戻すことにより、過去の 100m メッシュの人口データを推算した。

また、常磐新線沿線開発計画による人口の増加をそれぞれの開発区域に対応するメッシュデータに足し、開発区域外では人口増がないとして得られる値を流域の将来の人口データとした。

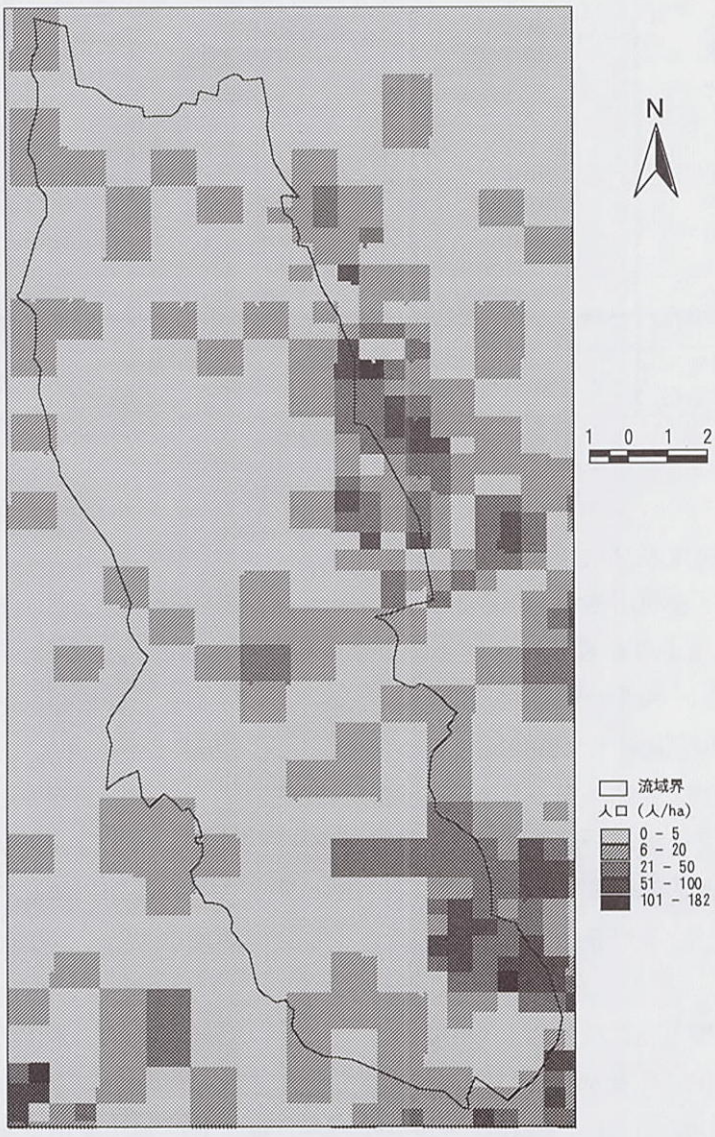


図 3.9　流域人口分布図（1995 年国勢調査結果）

３．２．６　気象条件

谷田川流域内及び周辺における気象観測施設として、国土交通省所管の筑波、小野川、藤沢新田、牛久の４箇所と、アメダス観測地点である館野、筑波山、下妻、長峰の４箇所、及び大学・研究機関の気象観測施設が挙げられる。データ収集状況、データ精度及び欠測状況によりアメダス観測地点の長峰と下妻の２個所を選定し、それぞれの代表範囲をティーセン分割により求めた。この２個所における気象観測データ（降水量、風向・風速、日照時間、気温）について、モデル入力データとして時間データ系列を作成した。月別に整理した降雨量は表 3.8 に示す通りで、日雨量でみるとこの２箇所の相関係数は 0.7～0.8 の値を示した。また、つくば市長峰（館野）1961～1990 年の観測データによると、平均年降雨量は 1,197mm であった。

表 3.8　アメダス観測地点（長峰及び下妻）の月別降雨量(単位：mm)

月	1998年		1999年		2000年	
	長峰	下妻	長峰	下妻	長峰	下妻
1	78	70	10	4	58	59
2	63	68	43	30	13	9
3	80	72	112	92	67	48
4	206	222	195	169	110	110
5	147	176	101	88	191	165
6	156	147	149	159	192	187
7	144	268	193	182	164	248
8	199	214	129	162	26	48
9	276	185	50	88	199	235
10	128	115	90	91	139	150
11	3	3	77	58	80	74
12	42	36	13	8	4	0
年間降雨量	1522	1576	1162	1131	1243	1333
日雨量でみた相関係数	0.78		0.81		0.74	

３．２．７　河川流量及び地下水

谷田川流域における河川流量・地下水位観測地点を図 3.10 に示す。茨城県では、谷田川の３箇所において、2000 年１月から月に３回の低水流量観測を行っており、そのデータを計算結果の検証用に用いた。また、本研究では、1999 年８月 28 日～８月 29 日にかけて、流域内河川の７個所において 24 時間連続流量・水質観測を行った。河川低水流量の日変動については、24 時間連続観測結果から明らかな変動パターンが得られなかった。

過去における谷田川流域付近の浅層不圧地下水貯存状況については、1975～1978 年における筑波大学による調査結果にまとめられている。これによると、谷田川流域における浅層地下水位は全体的に地表面に沿った分布であった。また、筑波学園都市付近と学園都市の西方には地下水分水嶺がみられる。

本研究では、1999 年 10 月から 2000 年の７月にかけて合計５回の地下水一斉測水を行った。前述したように、1970 年代の観測結果に比べて、地下水の全体的なパターンには大きな変化はないものの、地下水位が低下していることが分かった。地下水と河川水位との関係から、谷田川流域の上・中流部では、地下水が河川に流出し、流域の下流部では、地下水が河川水により涵養さ

れる場合もあると推定されている（倪ら、2000）。

流域内及び周辺における深層被圧地下水位データとして、茨城県所管の大穂、豊里、谷田部、牛久の4観測所のデータを収集した。被圧地下水位変動の一例として、図3.11には流域の下流に位置する牛久観測所の1998年1月から1999年12月までの観測結果を示す。帯水層が深くなるほど地下水位は低くなり、上位の帯水層はその下の帯水層へ涵養することが推定される。一番上位の観測井戸である牛久1号では、地下水位は4月下旬から急激に低下し、9月から回復する。10月下旬から翌年4月下旬までは、地下水位はほぼ一定となる。水位はT.P.4m～9mの間で変動し、年間変動幅は5mに至る。この変動パターンは毎年ほぼ同じであり、水田における灌漑期の揚水量変化と類似している。牛久2号観測井においても、地下水位は牛久1号とほぼ同じ変動パターンである。牛久3号観測井では、地下水位の変動は円滑化され、ストレーナーに位置する帯水層から直接の農業揚水は少ないと考えられる。

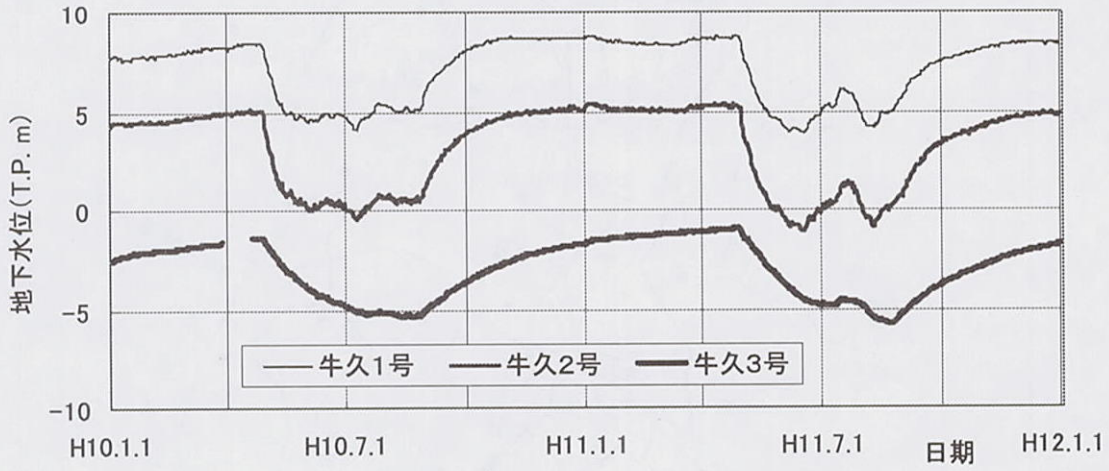


図3.11　牛久観測井水位の変化

牛久1号井：管頭標高T.P.+23.7m、井戸深さGL-86m、ｽﾄﾚｰﾅｰ位置GL-53～-75m
牛久2号井：管頭標高T.P.+23.7m、井戸深さGL-146m、ｽﾄﾚｰﾅｰ位置GL-102～-136m
牛久3号井：管頭標高T.P.+23.7m、井戸深さGL-220m、ｽﾄﾚｰﾅｰ位置GL-157～-190 m

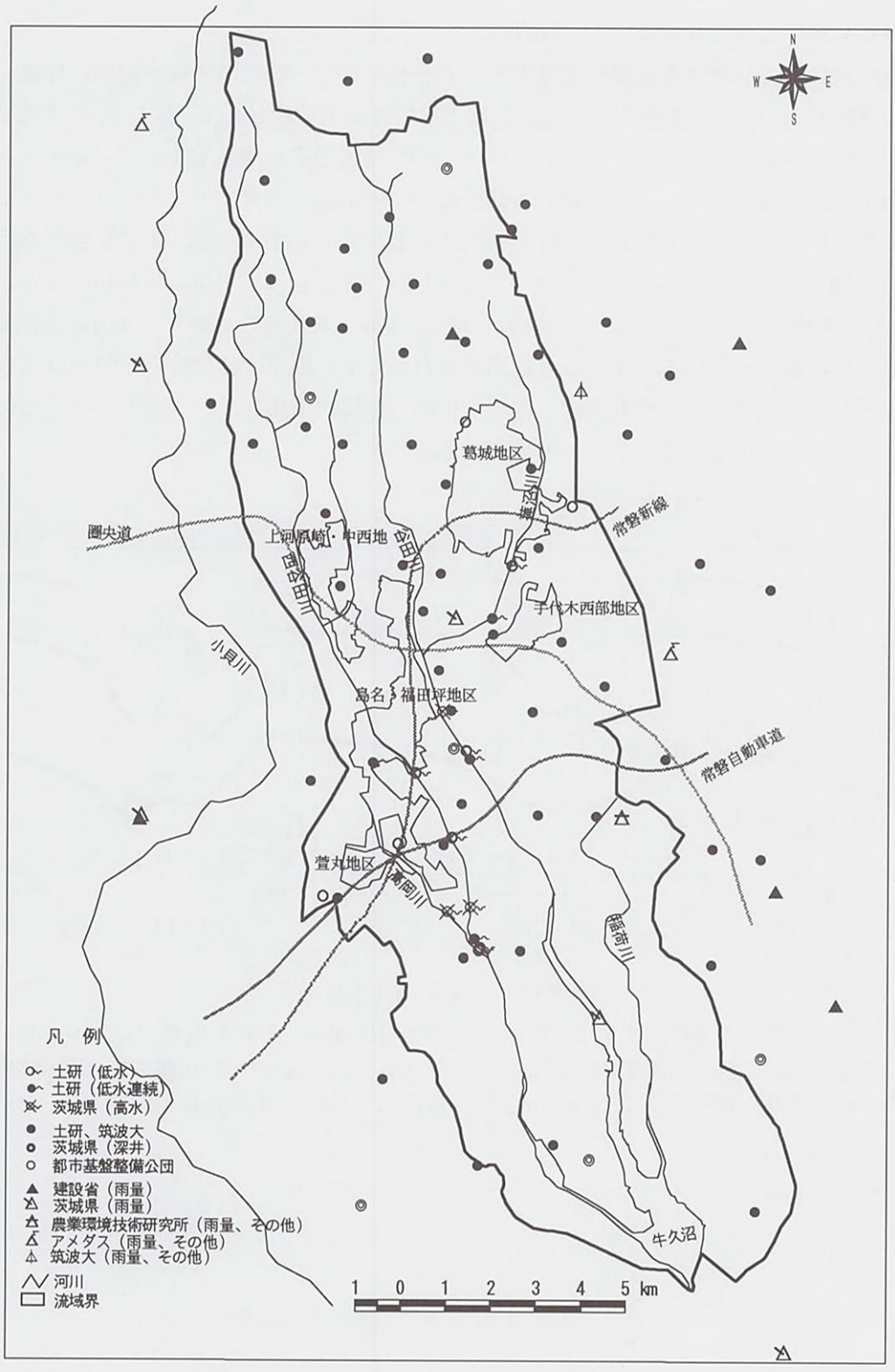


図 3.11　河川流量・地下水位観測地点位置図

３．２．８　都市用水

都市用水は住民の生活用水、研究機関等の業務用水として利用される。現在、谷田川流域では、都市用水は主に筑南水道企業団により供給されている。流域に給水する上水道の水源は霞ヶ浦からの表流水と地下水である。上水道のほか、深層地下水を水源とする簡易水道、専用水道、小規模水道が流域内にはまだ数多く存在する。筑南水道企業団、簡易水道等のそれぞれの給水区域を整理しデータ化した。

上水道により給水される区域では、上水道の有収水量と給水域の人口から算出される水使用量の原単位は 523lit/人（1993 年度～1997 年度の平均値）であった。これに対して簡易水道等を利用している区域では、計画給水量と計画給水人口から、水使用量の原単位は約 300lit/人と推算された。また、1993 年度～1997 年度上水道の実績給水量と配水量のデータから、上水道の漏水率の平均値は 7.8%と算出された。簡易水道等の漏水率については、データがないため、上水道の漏水率と同じと仮定した。

各時期における筑南水道企業団、簡易水道、専用水道、小規模水道の給水区域を 100m メッシュに投影し、メッシュ毎の給水源種類を決めた。流域の人口分布から各メッシュの人口を集計し、給水源種類別の水使用量の原単位を乗じて各メッシュ内の水使用量を求め、さらにメッシュ毎に水道の漏水量を算出した。水道からの漏水は、表層土壌に漏れ出るとした。

３．２．９　農業用水

農業用水は水田への灌漑水量とし、灌漑用水は降雨を除いて全て河川取水であると仮定した。灌漑用水量を求めるには、まず水稲生育期別の減水深から純用水量を算出し、それに水路ロス等を見込んだ係数を乗じて粗用水量とする。水田の減水深は土壌の種類よって異なる。ここでは、流域の中部に位置する岩崎揚水場の所要水量データを用いて、灌漑期間における平均灌漑用水量を求めた。灌漑期間を 4/26～9/10 の 138 日とすると、平均灌漑用水量は 0.002m^3/s/ha と算出された。水循環モデル上では灌漑期間において、常にこの平均灌漑用水量で水田近傍の河川から取水し、水田に給水すると仮定した。また、土地利用分布から各メッシュ内の水田面積を算出し、この量を乗じてそのメッシュ内の灌漑用水量を求めた。

流域外から導入する農業用水として、小貝川からの取水と桜川からの取水がある。小貝川からは、吉沼用水機場で取水し主に西谷田川に配水する。小貝川からの取水量は、吉沼用水機場のポンプ揚水能力及びポンプ運用時間データにより算出した。桜川からの取水は、データ未入手のため、水循環モデル上では無視した。

３．２．１０　工業用水

流域内にある工場や事務所の工業用水データを収集した。取水量については、深層井戸、工業用水道、上水道の水源別に、排水量については、排水先別にそれぞれ整理した。なお、谷田川流域は、県西広域工業用水道事業及び県南広域工業事業の対象地域に含まれる。

３．２．１１　排水

図 3.12 には下水道整備区域を示す。現況では流域内の下水道整備率は約 40%である。モデル上、下水道の整備されている区域と整備されていない区域に分けた。下水道は分流式であるため、下

水道の整備されている区域において、各処理区から集められた汚水は、終末処理場である利根浄化センターに運ばれ、そこで処理された後利根川に放流される。下水道の整備されていない区域では、排水は直接または浄化槽等で処理された後河川へ排水される。また、雨水排水については、近くの河川へ排出すると仮定した。

３．２．１２　GIS による流域情報のデータベース化

分布型水循環モデルの適用にあたり、地形・地質、土地利用、人口、人工系給水・排水等を面的な情報として整理し、GIS 上でデータベース化した。表 3.9 に GIS により整理した面的な流域情報を示す。

表 3.9　GIS により整理した面的な流域情報

分　類		GIS データ	元データ
地形	地形図	同右	画像データ、1/25,000
	標高データ	100m メッシュ 窪地処理	50m メッシュ
土地利用	細密数値情報	10m メッシュ	1994 年調査、10m メッシュ
	国土数値情報	100m メッシュ	1976 年調査、100m メッシュ
地質	表層土壌	Polygon データ	1/25,000 図面
	柱状図	Point データ	ボーリングデータ
河川	位置	Line データ	1/25,000 図面
井戸		Point データ	位置図
気象観測		Point データ	位置図
人口・行政界	人口	100m メッシュ	2 分メッシュ
	行政界	Polygon データ	数値地図 25000(行政界・海岸線)
上水道	筑南水道企業団給水域	Polygon データ	1/25,000 図面
	簡易水道給水域	Polygon データ	1/25,000 図面
農業用水	揚水機場位置図	Point データ	図面
工業用水・排水	位置図	Point データ（水源、排水先は属性データ）	図面
下水道	処理区域	Polygon データ	1/25,000 図面

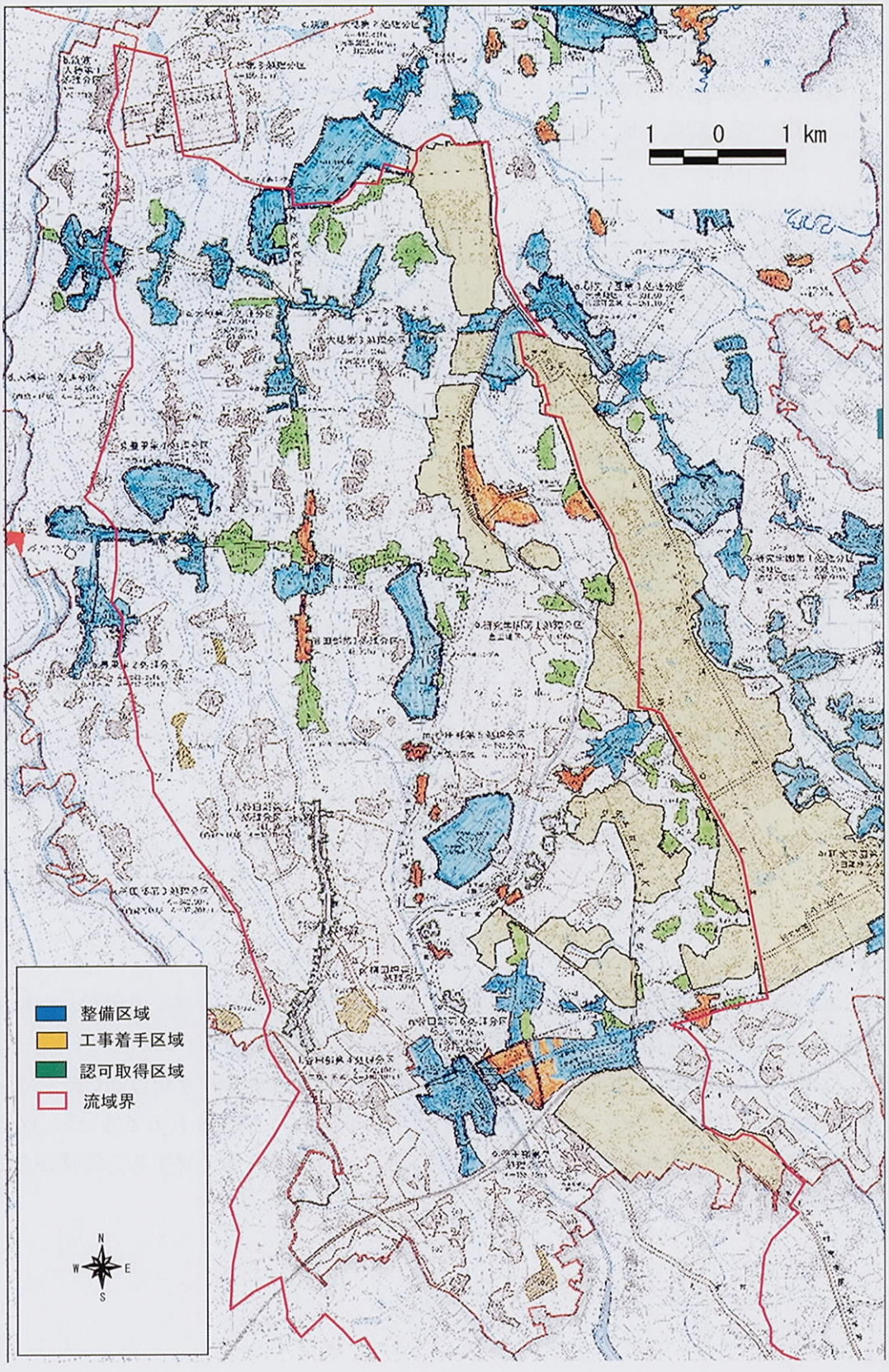


図 3.12　下水道整備区域図

３．３　解析結果

３．３．１　地下水位と河川低水流量によるモデルの検証

現況の土地利用、水利用及び河川断面データを用いて、1999 年 1 月～2000 年 5 月までの再現計算を行い、河川の低水流量と地下水位について解析結果と実測結果の比較を行った。

（１）河川の低水流量

図 3.13 には蓮沼川新井橋における河川流量の計算結果と観測結果の比較を示す。計算結果は実測値に追随することが分かった。しかし、河川流量の実測値は月に 3 回の定期観測結果であり、さらに連続的な流量観測データにより灌漑期・非灌漑期の両方におけるモデル検証が必要である。また、灌漑期において、数多くある取水堰の稼動による河川流量への影響が大きいと考えられ、取水堰の影響を水循環モデルに取り込み検討する余地がある。

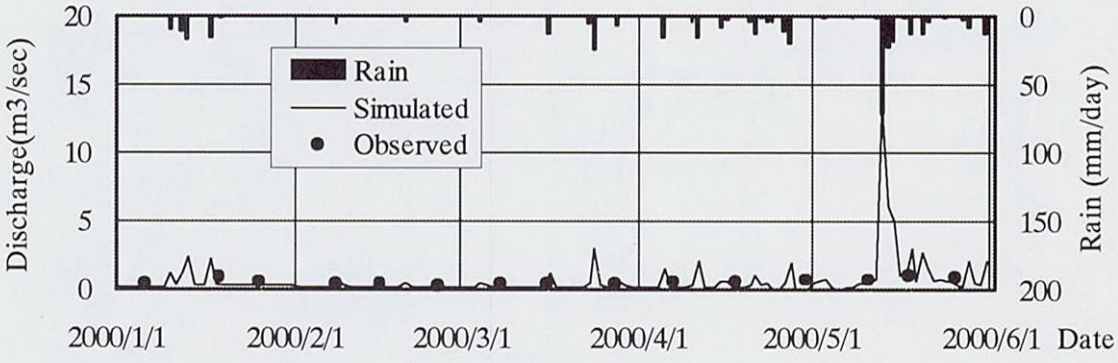


図 3.13　観測値と計算値との比較（河川低水流量の場合）

（２）地下水位

図 3.14 には、第 1 帯水層（不圧）における地下水位の分布を示す。一斉測水で得られた結果と同じように、地下水はほぼ地形に沿って流れていることがわかる。

図 3.15 には地下水位の連続観測結果と計算結果の比較を示す。観測井戸水位は点のデータに対して、計算結果はメッシュの平均値であるので、地下水位が完全に一致するものではない。図 3.15 により、計算結果と実測の逓減傾向は同じであるが、計算と観測で降雨に対する応答性が若干異なることがわかる。



図 3.14　解析結果に基づく地下水位等高線（2000 年 5 月）

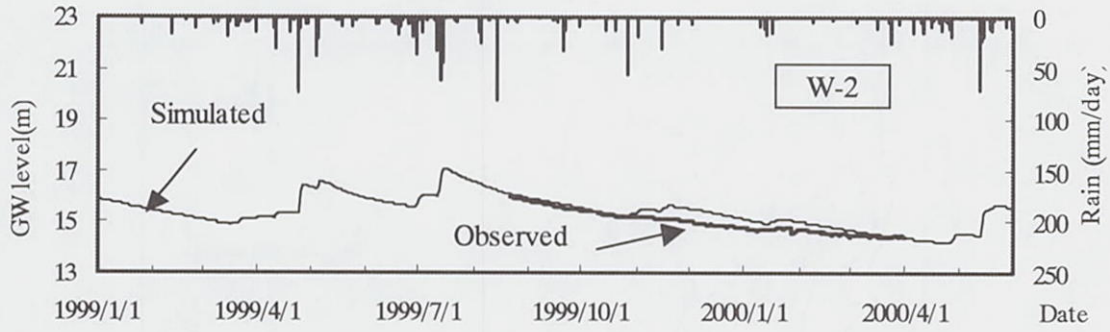


図 3.15　浅層地下水の連続観測結果と計算値との比較

また、地下水の一斉測水による地下水位と、それぞれの実施日の地下水位計算結果との比較を行った。図 3.16 には 1999 年 10 月、1999 年 12 月及び 2000 年 5 月に実施した地下水の一斉測水結果と同じ日の地下水位の計算結果（第一帯水層）との比較を示す。流域全体としての再現性は確保されているものの、灌漑期における地下水位の解析結果の精度が落ちることが分かった。

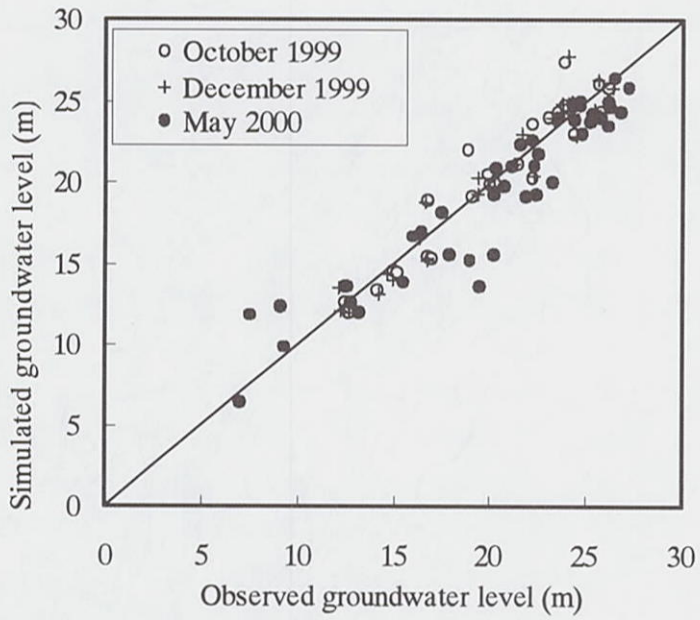


図 3.16　浅層地下水位の一斉測定結果と計算値の比較

地下水位について、観測値と計算値に差が生じるのは、井戸測定地点の空間代表性、計算上の地質条件と実際とのずれ、下流域においては常磐高速道路により 10m 以上の掘割があるがこれを計算上考慮していないこと、農業用水データの不確実性等が考えられる。

以上の河川流量及び地下水位の観測値と計算値との比較により、現況に対してモデルの再現性が確認された。水循環モデルを適用して得られた河川流量や地下水位は当該流域の水文・地質特性を反映したものとなっていると考えられる。

3．3．2　現況の水循環系の特徴

解析結果から現況における年間の水収支を算出した。ここでは、降水量の年平均値（1197mm）に近い 1999 年（1154mm）の水収支について検討した結果を図 3.17 に示す。谷田川流域において、1999 年では、蒸発散、浸透、表面流出（水田からの排水を含む）が年間降雨量のそれぞれ 60%、24%、41%であった。河川への雑排水量、中間流出と地下水流出の合計となる河川の低水流量は、河川流量の 43%を占め、谷田川流域では河川流量に占める平常流量の割合が高いことがわかる。また、河川への雑排水量は低水流量の 43%を占めている。水田灌漑用水としての河川からの取水量は河川流量の 36%となっており、水田は面積が多く、表面流出及び蒸発散への影響も大きいと推定される。

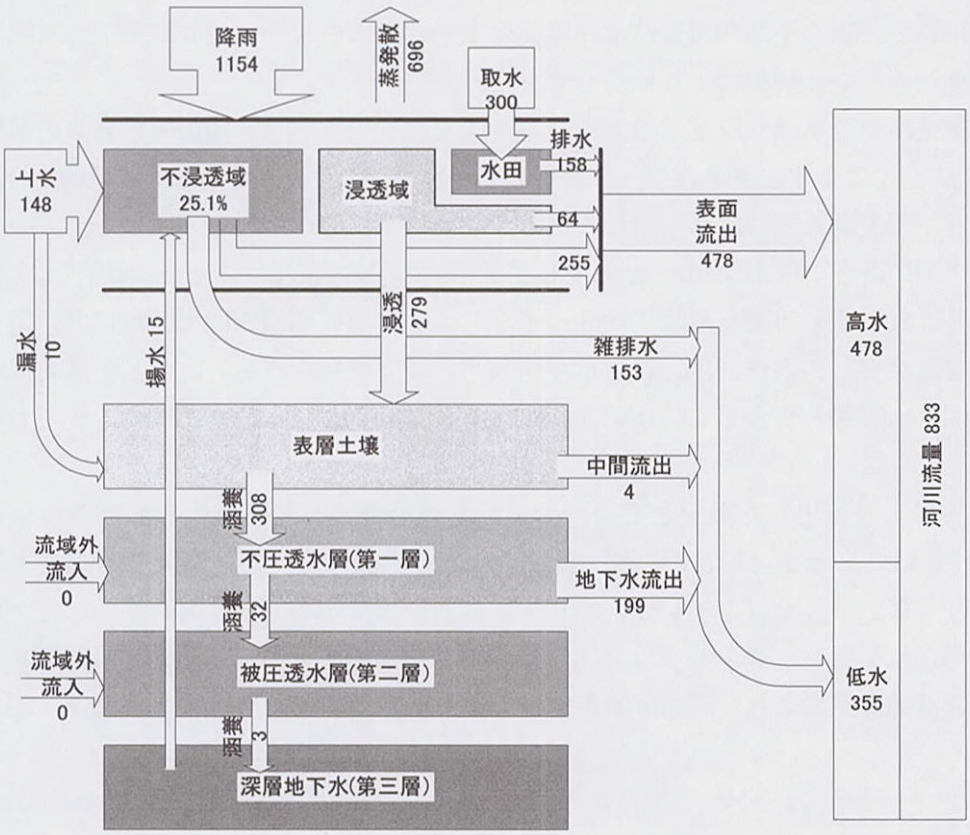


図 3.17　現況における年間水収支（単位：mm）

3．3．3　河川改修が水循環に与える影響

常磐新線沿線開発に伴う河川改修が水循環へ及ぼす影響を分析するため、現況土地利用の条件で、河川改修前後の河道断面データを用いて、水循環解析を行った。河川改修前後の地下水位（第一帯水層）の差を解析結果により算出し、図 3.18 に示す。河川改修区間においては、河川改修後河川周辺の地下水位が最大 3m 低くなる結果が得られた。ただし、河川改修による地下水位への

影響は河川の周辺に限られ、河川から遠く離れている所では、この影響が少なくなっている。現況の土地利用、気象条件が 1999 年の場合で、河川改修が水収支に及ぼす影響を表 3.10 に示す。河川改修により表面流出が減少すると共に、浅層地下水涵養量が増加し、河川への地下水流出量も増加する傾向にあることがわかった。なお、計算上、河川改修前後の地下水の境界条件および河川改修前後の河床材料を同じと仮定した。

３．３．４　土地利用の変化が水循環に与える影響

谷田川流域では、1970 年代から学園都市の建設に伴い人口が急激に増加し、住宅地・工業団地・道路の建設により土地利用も大きく変化してきた。上水道・下水道の普及につれ、用水量が増加し、用水・排水方式も変わってきた。また、2005 年開通予定である常磐新線の沿線開発に伴い、面積約 13km^2 の開発区域は都市化され、水循環に影響を及ぼすと予測される。ここでは、現況気象条件を用いて、過去土地利用及び水利用条件下で水循環の状況、及び将来常磐新線沿線開発後水循環の変化をモデル解析により検討してみた。

現況気象条件での年間水収支（1999 年の場合）について、過去、現況及び将来の解析結果を表 3.10 及び表 3.11 に示す。表中のケースは表 3.1 の各ケースを表している。土地利用、水利用等の変化により、現況は過去に比べ、蒸発散量と榛東量がそれぞれ 87mm と 28mm 減少し、水田灌漑のための河川からの取水は 40mm 減少した。一方で、表面流出は 75mm 増加、雑排水は 98mm 増加した。これにより河川流量は 142mm 増加した。常磐新線沿線開発区域においても、蒸発散量や浸透量は減少し、表面流出、雑排水が増大する傾向が見られる。ただし、開発区域の過去の人口は必ずしも実態と整合していない可能性もあり、表 3.11 に示した値はあくまでも参考値である。

解析結果により算出した現況と過去、および常磐沿線開発前後の地下水位の差をそれぞれ図 3.19 及び図 3.20 に示す。現在の西部工業団地のある地域において、現況の第 1 層不圧地下水位は過去よりも最大 4m 低下していた。他にも、研究学園都市の一部や農水団地などで地下水位の低下が計算されている。図 3.20 によると、雨水貯留浸透施設や洪水調節池等の対策を実施しない場合、常磐沿線開発により、開発区域を中心に地下水位が現況より最大 3m 低下することがわかる。

表 3.10　全流域における水収支の比較　　（単位：mm/年）

ケース	①	②	③	④
降雨（mm）	1153.6	1153.6	1153.6	1153.6
蒸発散	695.8	782.6	694.8	663.3
浸透	279.3	307.7	290.9	270.7
表面流出	478.1	403	467.5	501.6
中間流出	3.7	5	2.7	2.6
地下水流出	198.7	228.8	219	210.6
上水道給水	148.3	34	148.3	256.1
上水道漏水	10.2	2.3	10.2	17.7
雑排水	152.6	54.7	152.6	251.8
灌漑用河川引水	299.6	339.7	299.6	282
深層地下水取水(上水用)	14.5	23	14.5	13.4
浅層地下水涵養	308.2	365.5	321.6	300.2
地下水貯留量	72.6	53.2	64.9	61.8
河川流出	833.2	691.5	841.8	966.6

表 3.11　開発区域における水収支の比較　　（単位：mm/年）

ケース	①	②	③	④
降雨（mm）	1153.9	1153.9	1153.9	1153.9
蒸発散	723.0	799.9	719.9	340.7
浸透	285.7	326.5	312.5	45.4
表面流出	360.1	307.9	336.4	767.8
中間流出	6.3	7.2	1.3	0.1
地下水流出	121.4	149.0	161.8	82.9
上水道給水	60.3	34.5	60.3	1371.6
上水道漏水	4.2	2.4	4.2	94.6
雑排水	69.9	42.8	69.9	1277.0
灌漑用河川引水	214.9	280.4	214.9	0.0
深層地下水取水(上水用)	13.8	10.7	13.8	0.0
浅層地下水涵養	315.6	369.8	349.0	67.8
地下水貯留量	148.4	162.0	139.8	57.0
河川流出	557.7	506.9	569.4	2127.8

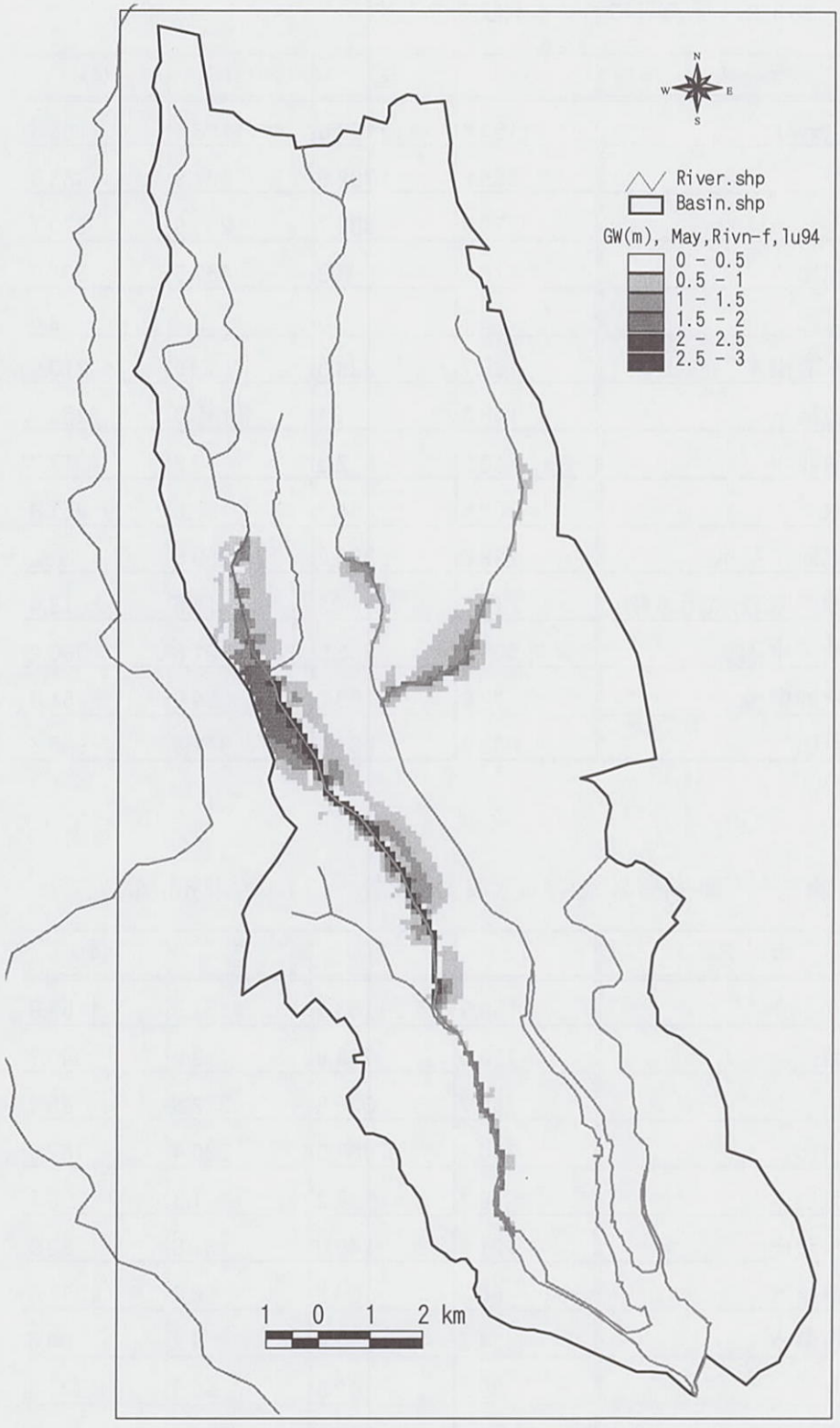


図 3.18　河川改修前後の地下水位差（ケース①とケース③の差）

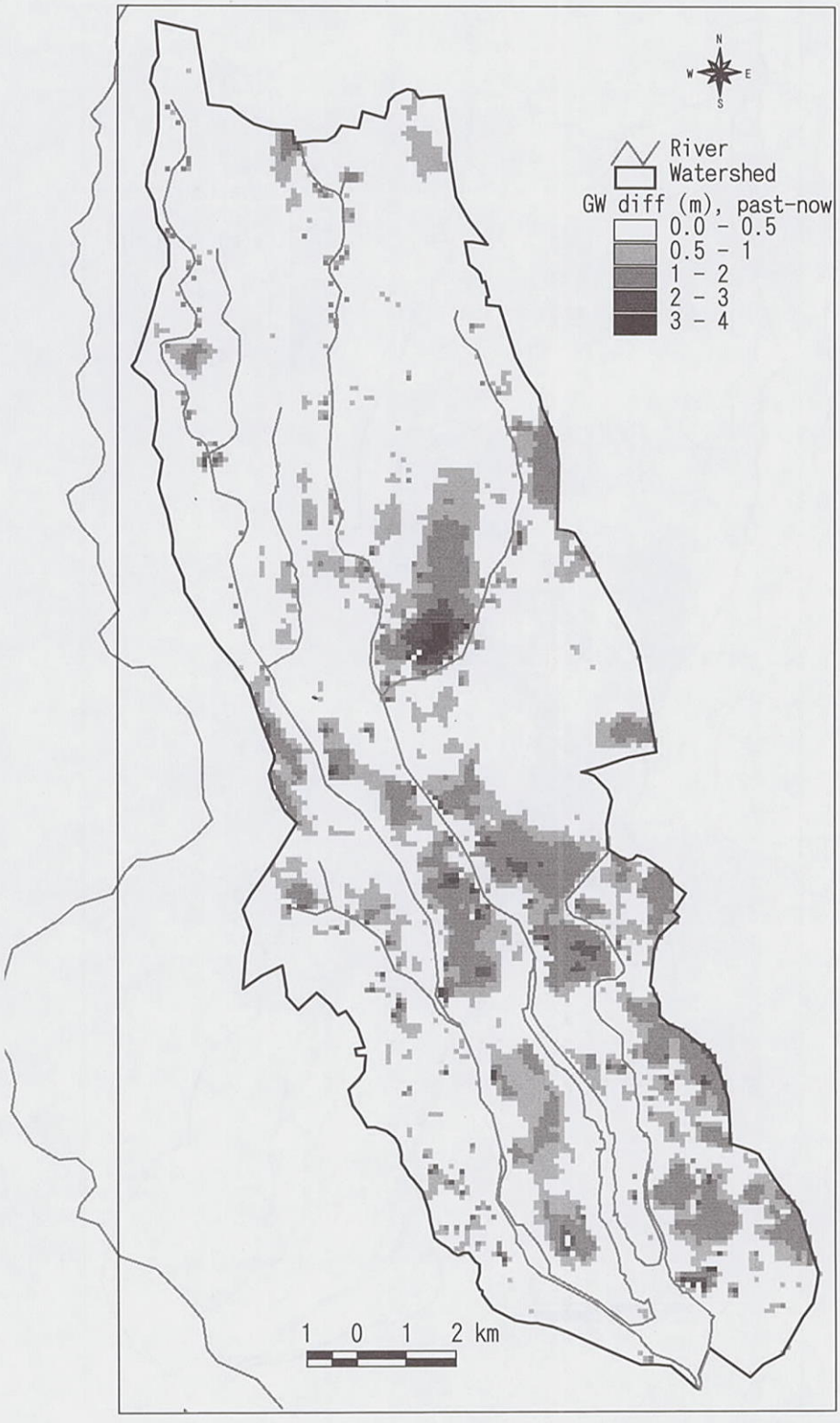


図 3.19　現況と過去の地下水位差（ケース①とケース②の差）



図 3.20　沿線開発前後の地下水位差（ケース①とケース④の差）

３．４　第３章のまとめ及び今後の課題

分布型水循環モデルを用いて谷田川流域の水循環系を定量化するにあたり、過去（1970 年代、つくば学園都市開発前と相当）、現況（1998～2000 年）、将来（2020 年ごろ、常磐新線沿線開発完了時）における水循環構成要素に関わる基礎情報の収集・整理を行い、水循環解析に必要なデータを作成した。

次に、分布型水循環モデルを谷田川流域に適用し、地下水位及び河川の低水流量の観測値との比較により解析結果の妥当性を確認した。さらに、水循環モデルを用いて、谷田川流域水収支の特徴、これから実施する河川改修及び常磐新線沿線開発が流域水循環へ及ぼす影響等について検討した。

土地利用、水利用等の変化により、現況は過去に比べ、水収支が大きく変わり、第一帯水層の地下水位が一部地域で 4m 低下している。また、常磐新線沿線開発に伴う河川改修により、河川周辺の地下水位が低下する一方、洪水時の流出量が減少し、平常時地下水の河川への流出量が増加する。沿線開発後、開発区域を中心に、第一帯水層の地下水位は現況よりさらに最大 3m 低下し、開発区域において、表面流出が 431mm 増加、蒸発散量が 379mm 減少、表層から地下水への涵養量が 281mm 減少することが推定された。表面流出を抑制し、地下水の状況を維持するために、雨水貯留浸透施設の設置等の対策が必要であると考えられる。

現段階では、必ずしも十分な量と質で各種の流域データが収集されているわけではないことや、解析モデルにも修正の余地があるため、今後これらの見直し今後を行うことにより、解析結果自体も変わり得るものである。今後は、下記のような課題を解決し、より信頼性の高い水循環の定量化を図り、将来の水循環系の予測及び各対策案の効果の評価に利用していく。

（１）　水循環モデルに農業用取水堰の影響を取り入れる。
（２）　河川の連続流量（低水・高水）による水循環モデルの検証を進める。
（３）　地下水流域界の修正（下流部牛久沼水位とする）を検討する。
（４）　深層地下水の挙動をより詳細に表現する。
（５）　土壌 pF 試験等の結果により水循環モデルパラメータの妥当性を検証する。
（６）　地下水計算に掘り込み式道路の影響を取り込む。
（７）　雨水貯留・浸透、調節池等の対策の効果を検討する。
（８）　河川と地下水の水質解析を進める。

謝　辞

筑波大学の田中教授には、既往調査結果を提供して頂き、また今回の地下水調査方法及びその結果について、貴重なアドバイスを頂いた。また、同大学４年生の長坂さんには、地下水水質の分析をして頂いた。

地下水調査にあたっては、井戸所有者の皆様に度重なるご協力を頂いた。ここに記して厚くお礼申し上げます。

茨城県河川課・環境保全課・つくば保健所・農業センター、茨城県土地改良事業団連合会県南事務所、土浦市外 15 ヶ村土地改良区、茎崎村外５ヶ村土地改良区、南筑波土地改良区、つくば市農業課・下水道整備課、都市基盤整備公団及び筑南水道企業団からは貴重な流域データを提供して頂いた。これら機関の担当者に深く感謝を申し上げます。

参考文献

1) 市川正巳、高山茂美、田中　正、田口雄作・佐倉保夫：水文環境、1976
2) 茨城県：筑波研究学園都市工業団地地下水涵養影響調査報告書、1985
3) 茨城県：公共用水域及び地下水の水質測定結果、1972~1998 年度
4) 茨城県企画部：地下水位観測調査報告書、2000.3
5) 茨城県企画部統計課：平成 10 年茨城の農業
6) 筑波大学：筑波の環境研究 1 、1976
7) 筑波大学地球科学系水文学分野：筑波研究学園都市付近の水文資料集 No1、1976
8) 筑波大学地球科学系水文学分野：筑波研究学園都市付近の水文資料集 No2、1977
9) 筑波大学地球科学系水文学分野：筑波研究学園都市付近の水文資料集 No3、1978
10) 財団法人建築保全センター：筑波研究学園都市地盤図、1981
11) 財団法人日本地図センター：地図で見るつくば市の変遷、1996
12) 桜本勇治：地下水の水質調査、地下水技術第 33 巻第 8 号、1991
13) 賈仰文、倪広恒、木内豪、吉谷純一、河原能久、末次忠司：分布型モデルを用いた都市河川流域における流出抑制施設の効果の比較、水工学論文集、Vol.45、109-114、2001.2
14) 末次忠司、河原能久、賈仰文、倪広恒：都市河川流域における水・熱循環の統合モデルの開発、土木研究所資料第 3713 号、2000.3
15) 筑南水道企業団：平成 9 年度水道事業年報、1998.9
16) 地質調査所：筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図、1988
17) つくば市：統計つくば（1993、1995、1997、1998）
18) 倪広恒、賈仰文、河原能久、末次忠司：谷田川流域における地下水位・地下水水質調査、土木学会第 55 回年次学術講演会概要集、2000.9
19) 倪広恒、賈仰文、末次忠司、木内豪、河原能久：谷田川流域における低水時の河川流量・水質特性、水文・水資源学会 2000 年研究発表会要旨集、2000.8
20) 半谷高久、小倉紀雄：第 3 版水質調査法、丸善株式会社、1995
21) 吉谷純一、忌部正博、木内豪、倪広恒、戸嶋光映：全国のモデル流域における水循環のモニタリング及びモデリング、土木技術資料、20-25、42(11)、2000

参考資料

地下水位及び地下水水質の現地測定結果一覧表

① 1999 年調査（10 月 6 ～8 日及び 12 月 9～11 日）

② 2000 年調査（5 月 26～27 日、7 月 28～29 日、11 月 10～11 日）

地下水水質分析結果表

① 1999 年 10 月 6～8 日

② 2000 年 5 月 26～27 日

③ 2000 年 7 月 28～29 日

④ 2000 年 11 月 10～11 日

1999年地下水調査結果一覧表

No	井戸番号	井戸諸元					地下水位測定結果						水質測定結果											備考
							平成11年10月6～8日測定			平成11年12月9～11日測定			平成11年10月測定								平成11年12月測定			
		井戸高 (m)	井戸深度 (m)	井戸天端高 (TPm)	地盤高 (TPm)	井戸底標高 (TPm)	井戸天端から (m)	(GL-m)	(TPm)	井戸天端から (m)	(GL-m)	(TPm)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (ms/m)	溶存酸素 (mg/l)	NH_4-N (mg/l)	NO_3-N (mg/l)	NO_2-N (mg/l)	T-N (mg/l)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (ms/m)	
1	2	0.25	10.10	29.57	29.32	19.47	3.441	3.19	26.13	3.240	2.99	26.33	18.4	6.06	39.9	4.50	0.01	10.60	0.00	10.61	16.5	6.18	44.1	
2	151	0.14	7.01	27.41	27.27	20.40	5.233	5.09	22.18	4.960	4.82	22.45	17.9	5.91	19.5	1.05	0.02	3.28	0.00	3.30	15.8	6.14	18.6	
3	5	0.36	7.73	30.36	30.00	22.63	—	—	—	6.390	6.03	23.97	—	—	—	—	—	—	—	—	15.5	6.65	28.3	
4	10	0.66	8.36	28.56	27.90	20.20	2.939	2.28	25.62	2.980	2.32	25.58	21.0	5.69	39.6	2.15	0.01	12.90	0.00	12.91	19.3	5.85	37.8	
5	152	0.33	7.01	28.19	27.86	21.18	4.390	4.06	23.80	4.130	3.80	24.06	18.1	7.19	30.4	6.28	0.01	11.00	0.00	11.01	17.0	5.92	32.5	
6	13	0.44	8.15	26.17	25.73	18.02	3.610	3.17	22.56	3.640	3.20	22.53	19.7	7.21	41.3	3.05	0.05	2.45	0.00	2.50	18.1	6.39	32.8	
7	15	0.64	3.52	26.38	25.74	22.86	1.974	1.33	24.41	1.900	1.26	24.48	18.1	5.94	49.0	5.15	0.01	0.08	0.00	0.09	15.5	6.06	50.4	
8	18	0.50	4.56	26.69	26.19	22.13	4.560	4.06	22.13	3.390	2.89	23.30	18.3	7.09	23.0	7.49	0.03	10.20	0.00	10.23	16.1	6.27	17.8	
9	20	0.72	4.01	26.55	25.83	22.54	2.699	1.98	23.85	2.500	1.78	24.05	20.9	5.79	28.1	7.26	0.01	7.65	0.00	7.66	17.0	6.03	28.8	
10	22	0.60	7.14	26.67	26.07	19.53	2.664	2.06	24.01	2.370	1.77	24.30	20.7	5.84	19.7	2.73	0.05	2.99	0.00	3.04	17.1	6.18	20.8	
11	24	0.40	6.27	26.15	25.75	19.88	3.980	3.58	22.17	4.100	3.70	22.05	19.6	7.19	31.6	7.05	0.01	10.00	0.00	10.01	18.0	6.01	32.9	
12	25	0.45	6.14	29.18	28.73	23.04	3.514	3.06	25.67	3.810	3.36	25.37	18.2	6.41	23.7	5.05	0.01	9.28	0.00	9.29	16.7	5.96	22.2	
13	26	0.47	4.80	26.00	25.53	21.20	3.020	2.55	22.98	2.810	2.34	23.19	18.0	6.38	26.2	2.17	0.03	0.81	0.00	0.84	15.1	5.90	36.2	
14	153	0.66	6.29	27.16	26.50	20.87	3.592	2.93	23.57	3.480	2.82	23.68	16.3	6.72	52.4	3.30	0.02	28.80	0.00	28.82	14.9	6.28	27.8	畑地内
15	31	0.60	4.75	27.24	26.64	22.49	—	—	—	3.020	2.42	24.22	—	—	—	—	—	—	—	—	12.9	6.63	25.1	
16	32	0.52	8.10	26.77	26.25	18.67	7.390	6.87	19.38	7.510	6.99	19.26	19.2	6.12	25.6	6.39	0.01	2.26	0.00	2.27	16.5	7.13	29.6	
17	33	0.20	7.80	25.36	25.16	17.56	3.870	3.67	21.49	3.350	3.15	22.01	16.4	5.96	22.1	4.22	0.00	11.10	0.00	11.10	15.5	6.02	27.7	
18	35	-0.08	8.00	24.57	24.65	16.57	2.410	2.49	22.16	2.260	2.34	22.31	16.8	5.58	13.4	2.63	0.01	5.32	0.00	5.33	16.3	5.56	14.1	
19	39	0.21	7.95	25.70	25.49	17.75	5.690	5.48	20.01	5.510	5.30	20.19	17.5	7.04	28.5	8.06	0.01	18.50	0.00	18.51	15.8	6.17	32.9	
20	44	0.45	6.90	25.27	24.83	18.37	5.400	4.96	19.87	5.610	5.17	19.66	16.6	8.04	30.6	4.93	0.01	2.00	0.00	2.01	15.3	6.67	27.5	
21	52	0.43	4.26	22.19	21.77	17.93	2.270	1.85	19.92	2.040	1.62	20.15	21.0	6.88	22.3	3.30	0.01	5.73	0.00	5.74	15.0	6.78	21.4	
22	56	0.36	7.49	23.24	22.88	15.75	6.790	6.43	16.45	6.970	6.61	16.27	18.0	6.26	23.1	8.90	0.02	11.90	0.00	11.92	—	—	—	
23	59	0.57	6.25	21.65	21.08	15.40	4.990	4.42	16.66	5.020	4.45	16.63	16.9	7.68	11.7	4.35	0.00	0.94	0.00	0.94	15.4	6.18	11.4	
24	60	0.60	7.35	24.32	23.72	16.97	5.490	4.89	18.83	5.530	4.93	18.79	17.9	7.98	14.3	8.76	0.02	6.33	0.00	6.35	16.2	6.78	16.2	
25	61	0.51	8.27	24.96	24.45	16.69	4.760	4.25	20.20	4.990	4.48	19.97	18.4	7.56	24.2	7.14	0.01	9.82	0.00	9.83	16.8	6.36	24.3	
26	64	0.45	5.44	24.81	24.36	19.37	—	—	—	3.180	2.73	21.63	—	—	—	—	—	—	—	—	14.4	6.40	25.9	
27	67	0.54	7.03	24.44	23.90	17.41	2.960	2.42	21.48	3.170	2.63	21.27	18.1	7.32	17.5	8.84	0.04	11.20	0.00	11.24	17.3	6.03	16.4	
28	71	0.24	7.36	24.32	24.08	16.96	4.460	4.22	19.86	5.000	4.76	19.32	16.3	6.73	26.0	8.00	0.01	13.00	0.00	13.01	13.5	6.38	27.3	
29	73	0.59	17.75	24.89	24.31	7.14	5.850	5.27	19.04	5.570	4.99	19.32	16.6	6.00	13.4	5.74	0.00	10.20	0.00	10.20	14.7	6.28	21.8	
30	75	0.52	60.00	25.37	24.85	-34.64	16.130	15.62	9.24	14.930	14.42	10.44	17.3	7.96	11.5	3.24	0.58	0.02	0.00	0.60	15.3	7.98	13.7	
31	77	0.48	3.98	18.52	18.04	14.54	1.780	1.30	16.74	1.900	1.42	16.62	20.7	7.80	19.8	4.69	0.03	5.52	0.00	5.55	15.9	6.74	17.4	
32	79	0.49	7.76	22.36	21.87	14.60	5.410	4.92	16.95	5.600	5.11	16.76	18.0	7.50	31.8	6.38	0.04	19.60	0.00	19.64	15.9	6.19	36.4	
33	80	0.43	3.66	14.14	13.71	10.48	1.720	1.29	12.42	2.020	1.59	12.12	21.3	8.09	29.3	5.40	0.03	10.70	0.00	10.73	16.6	6.66	49.3	
34	85	0.00	6.03	17.04	17.04	11.01	4.610	4.61	12.43	4.810	4.81	12.23	19.4	7.10	10.0	9.01	0.02	2.43	0.00	2.45	15.9	7.00	12.7	
35	89	0.30	5.80	19.60	19.30	13.80	4.400	4.10	15.20	4.600	4.30	15.00	15.5	6.17	13.9	6.57	0.01	4.91	0.00	4.92	16.2	6.58	16.2	
36	154	0.74	9.60	22.33	21.59	12.73	7.340	6.60	14.99	7.690	6.95	14.64	17.1	6.73	13.6	8.78	0.00	0.81	0.00	0.81	14.8	6.91	19.7	
37	94	0.59	3.32	9.91	14.00	11.27	1.910	1.32	12.68	1.900	1.31	12.69	17.9	6.72	25.1	2.42	0.01	10.30	0.00	10.31	13.6	7.13	31.5	
38	96	0.12	40.00	21.12	21.00	-18.88	13.300	13.18	7.82	13.030	12.91	8.09	16.9	7.95	13.8	1.55	0.02	0.03	0.00	0.05	12.7	7.97	13.9	
39	100	0.37	8.36	22.10	21.73	13.74	6.970	6.60	15.13	7.160	6.79	14.94	16.0	7.95	36.4	5.97	0.01	5.82	0.00	5.83	13.9	7.20	54.3	
40	101	0.80	10.24	23.15	22.35	12.91	9.030	8.23	14.12	8.960	8.16	14.19	15.6	7.59	21.3	8.82	0.01	10.60	0.00	10.61	13.2	7.06	21.0	
41	102	0.11	7.92	22.99	22.88	15.07	6.310	6.20	16.68	6.280	6.17	16.71	16.4	7.71	12.8	6.55	0.07	5.35	0.00	5.42	14.7	6.30	15.7	
42	21	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	19.1	6.01	18.6	3.50	0.02	12.30	0.00	12.32	16.4	6.01	22.9	
43	30-①	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	19.4	5.95	19.4	4.20	0.01	11.20	0.00	11.21	17.1	5.69	22.0	
44	30-②	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	20.9	7.55	24.3	0.86	—	—	—	—	15.5	7.63	24.3	深井戸、深さ50m程度
45	37	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	18.4	7.71	41.8	5.88	0.01	10.10	0.00	10.11	17.2	6.39	38.0	
46	42	-0.14	5.57	24.42	24.56	18.85	4.790	4.93	19.63	4.750	4.89	19.67	20.6	7.94	44.6	6.87	0.02	21.70	0.00	21.72	10.5	7.07	31.3	
47	86	—	35.00	—	20.00	-	—	—	—	—	—	—	17.4	8.75	16.5	0.80	0.38	0.02	0.00	0.40	15.8	7.98	17.8	
48	98	—	45.00	—	—	-	—	—	—	—	—	—	16.9	8.22	20.2	5.62	0.02	2.06	0.00	2.08	15.9	8.25	15.2	

2000年地下水調査結果一覧表

No	井戸番号	井戸諸元					地下水位測定結果									水質測定結果																				備考
							平成12年5月26、27日測定			平成12年7月28、29日測定			平成12年11月10、11日測定			平成12年5月26、27日測定									平成12年7月28、29日測定									平成12年11月10、11日測定								
		井戸高 (m)	井戸深度 (m)	井戸天端高 (TPm)	地盤高 (TPm)	井戸底標高 (TPm)	井戸天端から (m)	(GL−m)	(TPm)	井戸天端から (m)	(GL−m)	(TPm)	井戸天端から (m)	(GL−m)	(TPm)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (mS/m)	溶存酸素 (mg/l)	NH_4−N (mg/l)	NO_3−N (mg/l)	NO_2−N (mg/l)	T−N (mg/l)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (mS/m)	溶存酸素 (mg/l)	NH_4−N (mg/l)	NO_3−N (mg/l)	NO_2−N (mg/l)	T−N (mg/l)	水温 (℃)	pH	電気伝導度 (mS/m)	溶存酸素 (mg/l)	NH_4−N (mg/l)	NO_3−N (mg/l)	NO_2−N (mg/l)	T−N (mg/l)	
1	2	0.25	10.10	29.57	29.32	19.47	2.680	2.43	26.89	2.410	2.16	27.16	2.690	2.44	26.88	17.9	6.00	38.3	6.45	0.00	10.89	0.00	10.89	18.3	6.02	37.1	5.94	0.01	13.31	0.00	13.32	16.4	6.08	37.4	5.05	0.00	9.99	0.00	9.99	ポンプ採水
2	151	0.14	7.01	27.41	27.27	20.40	4.200	4.06	23.21	3.090	2.95	24.32	3.550	3.41	23.86	16.3	5.94	15.6	6.08	0.00	7.50	0.00	7.50	18.6	5.78	17.2	5.89	0.02	9.38	0.00	9.40	15.6	5.87	20.7	5.89	0.00	9.58	0.00	9.58	ポンプ採水
3	5	0.36	7.73	30.36	30.00	22.63	6.780	6.42	23.58	–	–	–	–	–	–	16.1	6.60	23.8	5.69	0.00	5.71	0.00	5.72	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
4	10	0.66	8.36	28.56	27.90	20.20	3.000	2.34	25.56	2.080	1.42	26.48	2.260	1.60	26.30	16.1	5.85	33.4	5.05	0.01	11.09	0.00	11.10	21.1	5.75	35.0	3.87	0.01	10.26	0.00	10.27	21.0	5.76	32.5	2.80	0.00	7.11	0.00	7.11	
5	13	0.44	8.15	26.17	25.73	18.02	3.070	2.63	23.10	2.920	2.48	23.25	3.110	2.67	23.06	15.9	6.43	22.6	5.08	0.00	3.57	0.00	3.58	18.3	6.38	21.1	4.85	0.00	4.03	0.00	4.03	18.7	6.50	30.0	3.92	0.00	2.96	0.00	2.96	
6	15	0.64	3.52	26.38	25.74	22.86	1.720	1.08	24.66	1.620	0.98	24.76	1.660	1.02	24.72	15.3	5.96	35.6	1.88	0.00	0.04	0.00	0.04	17.1	6.03	44.7	2.49	0.02	1.01	0.00	1.03	16.3	6.06	45.9	2.55	0.00	0.11	0.00	0.11	
7	18	0.50	4.56	26.69	26.19	22.13	2.600	2.10	24.09	2.320	1.82	24.37	2.590	2.09	24.10	15.5	5.96	18.8	8.85	0.01	9.58	0.00	9.59	18.0	5.97	20.8	6.50	0.03	10.77	0.00	10.80	17.7	5.90	20.6	5.58	0.00	11.45	0.00	11.45	
8	20	0.72	4.01	26.55	25.83	22.54	–	–	–	2.300	1.58	24.25	2.210	1.49	24.34	–	–	–	–	–	–	–	–	18.3	5.95	22.9	8.51	0.03	5.16	0.00	5.19	18.3	5.84	24.6	5.90	0.00	6.10	0.00	6.10	
9	22	0.60	7.14	26.67	26.07	19.53	1.900	1.30	24.77	1.960	1.36	24.71	1.960	1.36	24.71	15.8	6.06	17.0	5.50	0.01	4.50	0.00	4.50	19.7	5.90	18.0	4.24	0.01	4.92	0.00	4.93	18.5	6.07	20.8	4.27	0.00	4.45	0.00	4.45	
10	24	0.40	6.27	26.15	25.75	19.88	3.040	2.64	23.11	2.130	1.73	24.02	2.620	2.22	23.53	16.2	6.04	23.9	6.17	0.04	8.20	0.00	8.24	18.6	6.15	31.3	8.20	0.05	9.18	0.00	9.23	19.7	6.09	31.0	4.85	0.00	8.92	0.00	8.92	
11	25	0.45	6.14	29.18	28.73	23.04	2.850	2.40	26.33	2.390	1.94	26.79	2.900	2.45	26.28	14.7	6.15	15.6	6.92	0.01	6.13	0.00	6.14	17.0	6.28	15.1	6.30	0.01	6.39	0.00	6.40	17.9	5.92	20.4	5.42	0.01	8.82	0.00	8.83	
12	26	0.47	4.80	26.00	25.53	21.20	2.500	2.03	23.50	2.430	1.96	23.57	2.430	1.96	23.57	16.4	5.92	30.6	8.70	0.01	0.22	0.00	0.23	17.4	5.98	17.7	5.47	0.01	3.88	0.00	3.89	16.5	5.97	37.7	3.30	0.02	0.09	0.00	0.10	
13	153	0.66	6.29	27.16	26.50	20.87	2.960	2.30	24.20	2.470	1.81	24.69	2.980	2.32	24.18	15.7	6.26	32.6	5.34	0.00	22.22	0.00	22.22	17.7	5.58	22.9	5.41	0.00	18.60	0.00	18.60	16.3	5.69	36.3	5.36	0.00	31.90	0.00	31.90	畑地内
14	31	0.60	4.75	27.24	26.64	22.49	2.170	1.57	25.07	2.080	1.48	25.16	2.180	1.58	25.06	14.3	5.88	11.6	6.36	0.01	2.02	0.00	2.02	17.9	5.65	18.7	3.76	0.00	1.81	0.00	1.81	16.8	5.66	31.8	4.88	0.01	1.18	0.00	1.18	
15	32	0.52	8.10	26.77	26.25	18.67	6.450	5.93	20.32	5.180	4.66	21.59	5.890	5.37	20.88	16.2	6.15	26.6	7.15	0.01	8.07	0.00	8.08	19.2	5.77	25.0	5.95	0.01	2.45	0.00	2.46	20.4	6.71	29.4	5.78	0.00	3.33	0.00	3.33	
16	33	0.20	7.80	25.36	25.16	17.56	2.520	2.32	22.84	2.800	2.60	22.56	2.890	2.69	22.47	16.1	6.18	28.5	9.03	0.01	10.75	0.00	10.76	16.1	6.06	26.8	5.00	0.00	13.10	0.00	13.10	16.3	5.90	33.2	5.02	0.00	15.75	0.00	15.75	
17	35	−0.08	8.51	24.57	24.65	16.06	1.522	1.60	23.05	1.400	1.48	23.17	1.600	1.68	22.97	16.5	5.67	17.3	8.49	0.01	4.43	0.00	4.45	18.2	5.62	17.7	8.00	0.00	5.38	0.00	5.38	17.4	5.47	17.3	4.90	0.00	5.40	0.00	5.40	ポンプ採水
18	39	0.21	7.95	25.70	25.49	17.75	3.840	3.63	21.86	3.360	3.15	22.34	3.750	3.54	21.95	16.6	5.84	28.8	8.38	0.02	13.65	0.00	13.67	17.2	6.08	34.8	8.30	0.00	18.13	0.00	18.13	17.1	6.14	28.7	7.85	0.00	13.13	0.00	13.13	
19	44	0.45	6.90	25.27	24.83	18.37	4.830	4.39	20.44	5.050	4.61	20.22	5.000	4.56	20.27	16.3	6.64	26.0	7.17	0.02	3.23	0.00	3.24	17.2	6.66	25.5	9.65	0.00	5.21	0.00	5.21	16.2	6.98	22.6	8.76	0.01	4.09	0.00	4.09	
20	52	0.43	4.26	22.19	21.77	17.93	1.750	1.33	20.44	1.920	1.50	20.27	1.810	1.39	20.38	15.8	6.83	19.5	7.95	0.01	4.45	0.00	4.46	20.7	6.89	20.2	5.40	0.00	4.28	0.00	4.28	17.0	7.32	21.6	5.63	0.00	6.93	0.00	6.93	
21	56	0.36	7.49	23.24	22.88	15.75	4.500	4.14	18.74	3.090	2.73	20.15	4.560	4.20	18.68	17.5	5.93	24.0	9.60	0.01	11.89	0.00	11.90	18.7	6.44	14.1	8.43	0.02	4.02	0.00	4.04	15.9	6.78	21.4	7.57	0.01	12.43	0.00	12.43	
22	59	0.57	6.25	21.65	21.08	15.40	4.482	3.91	17.17	3.840	3.27	17.81	4.300	3.73	17.35	15.7	6.05	15.2	3.42	0.01	0.28	0.00	0.29	16.5	5.82	20.1	2.46	0.03	1.84	0.00	1.87	16.1	6.33	13.1	3.02	0.00	0.14	0.00	0.14	
23	60	0.60	7.35	24.32	23.72	16.97	3.380	2.78	20.94	2.480	1.88	21.84	2.880	2.28	21.44	16.2	6.20	20.5	8.76	0.01	8.19	0.00	8.20	19.3	6.31	27.4	7.90	0.00	13.09	0.00	13.09	18.5	6.61	22.5	6.81	0.00	8.81	0.00	8.81	
24	61	0.51	8.27	24.96	24.45	16.69	3.990	3.48	20.97	2.670	2.16	22.29	2.980	2.47	21.98	15.9	5.96	21.3	6.43	0.01	8.27	0.00	8.28	18.2	6.16	20.0	6.12	0.00	9.24	0.00	9.24	19.5	5.92	27.1	5.20	0.00	9.56	0.00	9.56	
25	64	0.45	5.44	24.81	24.36	19.37	2.660	2.21	22.15	2.600	2.15	22.21	2.560	2.11	22.25	15.4	5.77	26.2	6.93	0.00	18.17	0.00	18.17	17.7	5.87	29.0	6.23	0.02	17.70	0.00	17.72	16.6	5.57	32.0	4.84	0.00	22.81	0.00	22.81	畑地が隣接
26	67	0.54	7.03	24.44	23.90	17.41	2.730	2.19	21.71	2.160	1.62	22.28	2.250	1.71	22.19	15.7	5.68	16.4	6.66	0.01	9.68	0.00	9.69	18.0	5.70	17.8	6.14	0.00	9.36	0.00	9.36	19.2	5.57	19.0	4.80	0.00	8.97	0.00	8.97	
27	71	0.24	7.36	24.32	24.08	16.96	3.670	3.43	20.65	2.510	2.27	21.81	3.230	2.99	21.09	15.1	6.02	26.3	6.71	0.00	12.29	0.00	12.29	16.2	5.73	32.1	6.17	0.00	13.52	0.00	13.52	15.9	5.73	28.6	5.48	0.00	13.98	0.00	13.98	
28	73	0.59	17.75	24.89	24.31	7.14	4.680	4.10	20.21	4.690	4.11	20.20	4.880	4.30	20.01	16.2	5.78	21.0	6.40	0.00	12.07	0.00	12.07	17.2	6.01	24.5	9.15	0.00	12.05	0.00	12.05	16.4	5.63	22.0	8.50	0.00	11.98	0.00	11.98	
29	75	0.52	60.00	25.37	24.85	−34.64	18.970	18.46	6.40	19.200	18.69	6.17	14.520	14.01	10.85	18.4	7.84	15.2	0.63	1.31	0.05	0.00	1.36	19.8	8.04	15.7	0.53	0.86	0.02	0.00	0.87	15.0	7.77	15.0	1.76	0.57	0.04	0.00	0.60	ポンプ採水,深井戸
30	77	0.48	3.98	18.52	18.04	14.54	1.802	1.32	16.72	1.070	0.59	17.45	1.320	0.84	17.20	14.9	6.64	18.6	8.70	0.01	3.71	0.00	3.71	21.2	6.90	17.4	5.45	0.00	3.06	0.00	3.06	17.4	6.40	23.2	6.73	0.00	9.69	0.00	9.69	
31	79	0.49	7.76	22.36	21.87	14.60	4.800	4.31	17.56	4.480	3.99	17.88	5.000	4.51	17.36	17.3	5.99	34.5	6.43	0.01	16.82	0.00	16.83	17.8	6.14	25.4	6.70	0.00	7.22	0.00	7.22	17.2	6.09	26.1	6.36	0.00	6.09	0.00	6.09	
32	80	0.43	3.66	14.14	13.71	10.48	2.000	1.57	12.14	1.580	1.15	12.56	1.700	1.27	12.44	16.8	6.58	35.0	7.42	0.01	8.34	0.00	8.34	22.0	6.59	36.2	5.30	0.01	10.95	0.00	10.96	17.5	6.44	51.8	8.17	0.00	34.28	0.00	34.28	
33	85	0.00	6.03	17.04	17.04	11.01	4.580	4.58	12.46	4.250	4.25	12.79	4.470	4.47	12.57	15.9	6.70	15.7	9.50	0.01	6.82	0.00	6.82	17.9	7.18	9.0	9.50	0.01	4.17	0.00	4.17	16.8	7.26	9.6	9.10	0.00	3.15	0.00	3.15	
34	89	0.30	5.80	19.60	19.30	13.80	4.520	4.22	15.08	3.360	3.06	16.24	4.020	3.72	15.58	15.7	6.39	13.4	9.02	0.00	2.89	0.00	2.89	16.6	6.73	15.5	7.70	0.00	2.65	0.00	2.65	16.5	6.21	18.8	8.00	0.01	4.86	0.00	4.87	
35	90	0.46	2.83	15.91	15.45	13.08	1.755	1.30	14.15	1.140	0.69	14.77	1.430	0.98	14.48	14.5	7.09	21.7	8.04	0.01	2.43	0.00	2.43	17.4	6.92	32.3	8.30	0.01	14.52	0.00	14.53	16.4	6.78	29.6	8.30	0.00	13.79	0.00	13.79	
36	154	0.74	9.60	22.33	21.59	12.73	8.040	7.30	14.29	6.850	6.11	15.48	7.320	6.58	15.01	17.3	6.51	20.0	8.27	0.01	2.33	0.00	2.34	16.9	6.63	17.4	8.44	0.00	1.10	0.00	1.10	15.4	7.31	11.1	8.34	0.00	1.17	0.00	1.17	
37	94	0.59	3.32	9.91	14.00	11.27	1.600	1.01	12.99	1.450	0.86	13.14	1.670	1.08	12.92	16.5	6.87	33.9	3.44	0.01	6.81	0.00	6.82	19.7	7.22	37.1	3.80	0.00	12.16	0.00	12.16	15.9	7.15	36.0	4.74	0.00	12.84	0.00	12.84	
38	96	0.12	40.00	21.12	21.00	−18.88	13.460	13.34	7.66	–	–	–	–	–	–	18.2	7.91	15.6	0.71	0.02	0.05	0.00	0.06	18.2	8.07	14.9	2.50	0.01	0.04	0.00	0.05	15.8	7.80	14.5	2.80	0.01	0.02	0.00	0.02	水位測定不能、ポンプ採水
39	101	0.80	10.24	23.15	22.35	12.91	7.360	6.56	15.79	3.700	2.90	19.45	6.950	6.15	16.20	16.8	6.05	24.3	8.70	0.01	11.40	0.00	11.41	17.5	6.05	25.4	8.30	0.02	16.15	0.00	16.18	16.0	6.15	22.6	8.32	0.00	10.20	0.00	10.20	
40	102	0.11	7.92	22.99	22.88	15.07	4.700	4.59	18.29	4.030	3.92	18.96	4.750	4.64	18.24	16.6	5.94	22.2	6.83	0.01	4.04	0.00	4.04	17.1	6.02	27.0	6.60	0.02	7.04	0.00	7.06	15.8	5.83	23.4	6.34	0.00	7.09	0.00	7.09	
41	156	0.17	4.50	27.42	27.25	22.92	1.900	1.73	25.52	1.300	1.13	26.12	1.310	1.14	26.11	16.8	5.90	24.6	7.21	0.01	11.63	0.00	11.64	20.0	5.83	22.3	4.60	0.00	12.15	0.00	12.15	18.7	5.75	23.7	4.82	0.00	12.91	0.00	12.91	
42	157	0.085	4.45	26.47	26.38	22.02	1.463	1.38	25.00	1.130	1.05	25.34	1.140	1.06	25.33	15.6	6.15	8.2	8.76	0.00	2.18	0.00	2.19	19.8	5.87	10.7	3.54	0.00	3.41	0.00	3.41	18.5	5.63	12.3	3.68	0.00	2.86	0.00	2.86	
43	158	0.28	6.27	27.53	27.25	21.26	2.010	1.73	25.52	1.800	1.52	25.73	1.860	1.58	25.67	15.4	6.21	36.4	9.69	0.00	13.91	0.00	13.91	17.8	5.90	34.1	5.89	0.01	14.20	0.00	14.21	18.1	5.86	55.9	5.08	0.00	23.28	0.00	23.28	芝畑、除草剤年2〜3回
44	160	0.13	4.90	28.42	28.29	23.52	2.510	2.38	25.91	2.300	2.17	26.12	2.390	2.26	26.03	16.7	5.98	25.3	7.74	0.00	10.40	0.00	10.40	17.6	5.71	28.5	3.95	0.01	17.24	0.00	17.25	18.1	5.58	30.3	2.98	0.00	17.73	0.00	17.73	
45	161	0.01	15.00	25.55	25.54	10.55	4.650	4.64	20.90	4.060	4.05	21.49	4.010	4.00	21.54	17.5	7.10	17.9	0.18	0.00	0.43	0.00	0.44	17.3	6.49	29.0	2.12	0.00	10.05	0.00	10.05	14.9	6.32	27.7	1.15	0.00	0.80	0.00	0.80	ポンプ採水
46	302	0.275	4.57	27.50	27.22	22.93	1.600	1.33	25.90	1.230	0.96	26.27	1.250	0.98	26.25	17.6	5.95	23.1	7.86	0.01	4.10	0.00	4.11	21.6	6.37	24.8	6.62	0.01	6.02	0.00	6.03	18.4	5.72	23.1	5.19	0.00	4.99	0.00	4.99	
47	311	0.20	5.20	24.17	23.97	18.97	1.520	1.32	22.65	1.710	1.51	22.46	1.670	1.47	22.50	15.4	5.95	29.2	8.12	0.01	5.15	0.00	5.16	18.2	5.84	28.3	6.20	0.01	5.32	0.00	5.33	18.7	5.68	26.8	5.08	0.00	4.26	0.00	4.26	
48	162	0.65	7.55	22.80	22.15	15.25	5.400	4.75	17.40	5.520	4.87	17.28	5.570	4.92	17.23	16.6	6.17	15.2	8.10	0.02	1.99	0.00	2.01	17.3	5.85	10.9	5.30	0.01	1.58	0.00	1.59	16.3	6.28	9.5	6.52	0.00	1.32	0.00	1.32	
49	163	0.44	5.67	22.91	22.47	17.24	1.770	1.33	21.14	1.810	1.37	21.10	1.820	1.38	21.09	16.0	6.14	20.5	7.99	0.01	6.59	0.00	6.61	18.8	5.83	26.1	3.40	0.01	7.52	0.00	7.53	16.6	6.52	22.1	4.09	0.00	7.60	0.00	7.60	
50	164	0.215	–	23.59	23.37	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19.0	8.05	17.5	0.73	0.71	0.10	0.00	0.80	20.7	8.25	16.7	0.70	0.55	0.05	0.00	0.61	15.1	8.00	16.5	4.80	0.40	0.12	0.00	0.52	水位測定不能。ポンプ採水
51	165	0.39	4.41	20.63	20.24	16.22	2.060	1.67	18.57	1.900	1.51	18.73	2.150	1.76	18.48	15.8	6.32	27.3	9.65	0.01	9.96	0.00	9.97	19.3	5.97	31.2	7.97	0.00	12.80	0.00	12.80	19.1	6.70	25.8	6.17	0.00	9.91	0.00	9.91	
52	166	0.14	4.80	21.92	21.78	17.12	1.606	1.47	20.31	1.730	1.59	20.19	1.820	1.68	20.10	15.3	6.68	8.0	8.93	0.01	1.55	0.00	1.55	18.5	6.63	10.6	5.32	0.01	3.04	0.00	3.05	17.6	6.52	14.0	4.71	0.00	8.49	0.00	8.49	
53	207	0.24	6.03	18.34	18.10	12.31	3.520	3.28	14.82	2.350	2.11	15.99	3.050	2.81	15.29	15.9	6.46	17.0	8.98	0.01	5.07	0.00	5.08	19.2	6.75	21.7	7.20	0.01	10.21	0.00	10.22	18.3	6.13	17.8	6.72	0.00	5.71	0.00	5.71	
54	211	0.00	4.22	22.36	22.36	18.14	2.010	2.01	20.35	1.650	1.65	20.71	2.300	2.30	20.06	15.5	6.31	23.8	10.23	0.01	19.19	0.00	19.19	17.8	6.12	13.6	7.80	0.00	10.23	0.00	10.23	16.6	5.44	36.6	6.12	0.00	33.14	0.00	33.14	
55	167①	0.95	3.00	22.40	21.45	19.40	0.990	0.04	21.41	1.000	0.05	21.40	1.570	0.62	20.83	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	採水なし
56	167②	0.70	15.45	22.18	21.48	6.73	6.460	5.76	15.72	5.740	5.04	16.44	6.200	5.50	15.98	19.8	7.11	21.7	1.05	0.09	0.23	0.00	0.32	18.0	7.04	21.9	1.36	0.44	0.00	0.00	0.44	15.7	7.79	19.6	3.98	0.06	0.03	0.00	0.10	標高8mの帯水層
57	167③	1.01	43.50	22.49	21.48	−21.01	8.910	7.90	13.58	8.450	7.44	14.04	7.600	6.59	14.89	18.6	8.06	17.9	1.97	0.91	0.07	0.00	0.98	17.5	7.89	18.7	2.13	0.67	0.05	0.00	0.72	15.4	8.90	16.7	1.28	0.49	0.14	0.00	0.63	標高29.5mと39mにスクリーン、採水は30m
58	169	0.45	5.83	22.97	22.52	17.14	2.706	2.26	20.26	2.270	1.82	20.70	2.650	2.20	20.32	15.7	6.01	10.3	10.40	0.00	4.08	0.00	4.09	18.2	5.94	8.6	7.48	0.00	3.42	0.00	3.42	17.5	6.35	8.5	5.77	0.00	3.17	0.00	3.17	
59	170	0.76	17.30	22.83	22.07	5.53	15.600	14.84	7.23	15.300	14.54	7.53	15.040	14.28	7.79	16.3	8.14	38.9	9.37	0.01	13.37	0.00	13.38	16.8	8.13	44.8	8.10	0.01	13.84	0.00	13.84	14.9	8.07	43.9	9.46	0.00	17.02	0.00	17.02	
60	171①	0.26	45.00	12.82	12.56	−32.18	6.710	6.45	6.11	6.700	6.44	6.12	5.700	5.44	7.12	16.4	6.02	7.8	6.52	0.02	3.11	0.00	3.13	–	–	–	–	–	–	–	–	15.7	5.98	7.8	7.90	0.00	3.53	0.00	3.53	
61	171②	0.25	4.97	12.89	12.64	7.92	–	–	–	3.610	3.36	9.28	3.800	3.55	9.09	–	–	–	–	–	–	–	–	17.7	6.39	51.3	4.62	0.02	18.69	0.00	18.71	16.1	6.10	46.6	3.87	0.00	19.96	0.00	19.96	
62	173	0.38	4.00	8.35	7.97	4.35	1.350	0.97	7.00	1.320	0.94	7.03	1.340	0.96	7.01	15.2	6.73	24.0	6.38	0.01	0.44	0.00	0.45	18.8	6.57	26.7	7.30	0.01	0.36	0.00	0.36	16.2	6.85	27.0	6.52	0.00	0.37	0.00	0.37	
63	174	0.51	14.90	22.72	22.21	7.82	14.300	13.79	8.42	13.580	13.07	9.14	13.650	13.14	9.07	16.2	7.03	23.7	8.33	0.01	4.70	0.00	4.70	16.2	6.41	12.4	10.84	0.01	3.18	0.00	3.18	14.6	6.82	11.3	7.78	0.00	2.88	0.00	2.88	
64	175	0.43	5.10	9.54	9.11	4.44	1.700	1.27	7.84	1.330	0.90	8.21	1.340	0.91	8.20	16.3	7.06	25.5	6.43	0.01	2.44	0.00	2.45	20.7	7.07	23.5	5.50	0.01	2.37	0.00	2.37	16.4	6.85	24.6	6.45	0.00	2.23	0.00	2.23	
65	176	0.54	6.17	15.14	14.60	8.97	5.400	4.86	9.74	4.110	3.57	11.03	–	–	–	15.4	6.69	28.7	8.19	0.01	1.06	0.00	1.07	16.9	6.93	39.0	7.30	0.01	0.63	0.00	0.64	–	–	–	–	–	–	–	–	
66	蓮沼

1999.10.6～8　0.0499　0.0822　0.0435　0.0256　0.0282　0.0161　0.0208　0.0164

Cation:ICP[meq/l]　Anion:Ion Chromatography[meq/l]　[mg/l]　[mg/l]　測定値(25℃値)　18℃に換算

地点	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	Cl-	NO3-	SO42-	HCO3-	NH4-N	NO3-N	T	pH	EC(ms/m)	EC(ms/m)
2	1.048	1.419	0.832	0.135	0.504	0.728	1.971	0.396	0.0100	10.6000	18.4	6.1	39.9	34.3
151	0.376	0.547	0.375	0.207	0.452	0.213	0.637	0.198	0.0200	3.2800	17.9	5.9	19.5	16.8
10	0.559	0.658	1.820	0.327	1.504	0.919	0.406	0.436	0.0100	12.9000	21.0	5.7	39.6	34.1
152	1.162	0.709	0.445	0.012	0.540	0.833	0.853	0.178	0.0100	11.0000	18.1	7.2	30.4	26.1
13	0.689	0.750	1.775	0.956	1.005	0.327	1.060	1.783	0.0500	2.4500	19.7	7.2	41.3	35.5
15	0.891	1.711	1.550	0.490	0.854	0.006	2.455	1.288	0.0100	0.0800	18.1	5.9	49.0	42.1
18	0.280	0.446	0.494	0.233	0.520	0.752	0.031	0.159	0.0300	10.2000	18.3	7.1	23.0	19.8
20	0.734	0.984	0.421	0.192	0.644	0.504	1.008	0.178	0.0100	7.6500	20.9	5.8	28.1	24.2
21	0.273	0.503	0.643	0.604	0.543	0.841	0.268	0.343	0.0200	12.3000	19.1	6.0	18.6	16.0
22	0.366	0.338	0.768	0.191	0.400	0.204	0.672	0.317	0.0500	2.9900	20.7	5.8	19.7	16.9
24	0.521	0.543	1.308	0.261	0.990	0.725	0.402	0.436	0.0100	10.0000	19.6	7.2	31.6	27.2
25	0.368	0.441	0.884	0.276	0.788	0.665	0.068	0.436	0.0100	9.2800	18.2	6.4	23.7	20.4
26	1.250	0.875	0.998	0.070	0.743	0.059	2.118	0.172	0.0300	0.8100	18.0	6.4	26.2	22.5
30	0.443	0.577	0.676	0.025	0.398	0.762	0.239	0.317	0.0100	11.2000	19.4	6.0	19.4	16.7
30-②	1.343	0.363	0.384	0.105	0.122	0.001	0.002	2.120			20.9	7.6	24.3	20.9
153	2.375	1.648	0.749	0.037	0.731	2.241	0.021	1.902	0.0200	28.8000	16.3	6.7	52.4	45.1
32	0.865	0.903	0.603	0.032	0.494	0.135	1.481	0.238	0.0100	2.2600	19.2	6.1	25.6	22.0
33	0.542	0.679	0.744	0.043	0.511	0.727	0.419	0.337	0.0000	11.1000	16.4	6.0	22.1	19.0
35	0.265	0.331	0.561	0.018	0.443	0.336	0.273	0.106	0.0100	5.3200	16.8	5.6	13.4	11.5
37	1.680	1.286	0.821	0.057	1.027	0.667	1.301	1.011	0.0100	10.1000	18.4	7.7	41.8	35.9
39	0.722	0.990	0.872	0.059	0.565	1.385	0.378	0.396	0.0100	18.5000	17.5	7.0	28.5	24.5
42	1.400	1.634	1.258	0.050	0.821	1.594	0.738	0.991	0.0200	21.7000	20.6	7.9	44.6	38.4
44	1.264	0.916	0.688	0.080	0.425	0.125	0.040	2.338	0.0100	2.0000	16.6	8.0	30.6	26.3
52	0.974	0.375	0.366	0.215	0.233	0.383	0.281	1.011	0.0100	5.7300	21.0	6.9	22.3	19.2
56	0.562	0.644	0.661	0.039	0.670	0.821	0.032	0.396	0.0200	11.9000	18.0	6.3	23.1	19.9
59	0.120	0.192	0.519	0.088	0.346	0.056	0.061	0.456	0.0000	0.9400	16.9	7.7	11.7	10.1
60	0.284	0.304	0.770	0.175	0.403	0.409	0.322	0.357	0.0200	6.3300	17.9	8.0	14.3	12.3
61	0.402	0.450	0.815	0.328	0.568	0.663	0.417	0.277	0.0100	9.8200	18.4	7.6	24.2	20.8
67	0.280	0.423	0.512	0.216	0.357	0.769	0.099	0.198	0.0400	11.2000	18.1	7.3	17.5	15.1
71	0.340	0.354	0.898	0.667	0.561	0.947	0.282	0.317	0.0100	13.0000	16.3	6.7	26.0	22.4
73	0.322	0.549	0.595	0.046	0.586	0.714	0.044	0.178	0.0000	10.2000	16.6	6.0	13.4	11.5
75	0.763	0.291	0.291	0.074	0.076	0.002	0.002	1.347	0.5800	0.0200	17.3	8.0	11.5	9.9
77	0.263	0.285	0.701	0.480	0.194	0.326	0.394	0.713	0.0300	5.5200	20.7	7.8	19.8	17.0
79	0.781	0.940	0.616	0.350	0.404	1.383	0.400	0.614	0.0400	19.6000	18.0	7.5	31.8	27.3
80	0.992	0.727	1.042	0.236	0.421	0.748	0.477	1.347	0.0300	10.7000	21.3	8.1	29.3	25.2
85	0.185	0.207	0.419	0.016	0.254	0.153	0.136	0.277	0.0200	2.4300	19.4	7.1	10.0	8.6
86	1.011	0.280	0.271	0.054	0.121	0.002	0.003	1.486	0.3800	0.0200	17.4	8.8	16.5	14.2
89	0.246	0.294	0.419	0.178	0.206	0.275	0.126	0.515	0.0100	4.9100	15.5	6.2	13.9	12.0
154	0.360	0.437	0.349	0.036	0.166	0.052	0.293	0.674	0.0000	0.8100	17.1	6.7	13.6	11.7
94	1.548	0.979	0.553	0.049	0.650	0.818	0.237	1.367	0.0100	10.3000	17.9	6.7	25.1	21.6
96	0.795	0.210	0.340	0.060	0.098	0.000	0.008	1.308	0.0200	0.0300	16.9	8.0	13.8	11.9
98	1.172	0.315	0.297	0.044	0.259	0.121	0.052	1.387	0.0200	2.0600	16.9	8.2	20.2	17.4
100	2.027	0.405	2.092	0.167	1.570	0.391	0.176	2.378	0.0100	5.8200	16.0	8.0	36.4	31.3
101	0.537	0.393	0.682	0.072	0.587	0.699	0.036	0.396	0.0100	10.6000	15.6	7.6	21.3	18.3
102	0.321	0.387	0.662	0.065	0.574	0.335	0.048	0.476	0.0700	5.3500	16.4	7.7	12.8	11.0

2000年5月地下水調査結果

2000.5.26～27	0.0499	0.0822	0.0435	0.0256	0.0282	0.0161	0.0208	0.0164						
	Cation:ICP[meq/l]				Anion:Ion Chromatography[meq/l]				[mg/l]	[mg/l]			測定値(25℃値)	18℃に換算
地点	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	Cl-	NO3-	SO42-	HCO3-	NH4-N	NO3-N	T	pH	EC(ms/m)	EC(ms/m)
2	1.098	1.510	0.708	0.118	0.428	0.778	1.836	0.250	0.004	10.890	17.9	6.0	38.3	32.9
5	0.493	0.460	0.649	0.479	0.277	0.408	0.582	0.410	0.004	5.715	16.1	6.6	23.8	20.5
10	0.609	0.684	1.286	0.204	0.913	0.792	0.442	0.250	0.006	11.091	16.1	5.9	33.4	28.7
13	0.412	0.343	0.764	0.586	0.269	0.255	0.573	0.480	0.003	3.574	15.9	6.4	22.6	19.4
15	0.909	1.777	1.357	0.461	0.570	0.003	2.489	0.840	0.004	0.038	15.3	6.0	35.6	30.6
18	0.289	0.487	0.444	0.217	0.438	0.684	0.042	0.120	0.008	9.581	15.5	6.0	18.8	16.2
22	0.361	0.332	0.475	0.161	0.202	0.321	0.549	0.130	0.006	4.496	15.8	6.1	17.0	14.6
24	0.446	0.468	1.001	0.264	0.544	0.586	0.479	0.220	0.038	8.201	16.2	6.0	23.9	20.6
25	0.226	0.307	0.448	0.213	0.347	0.438	0.075	0.130	0.008	6.135	14.7	6.2	15.6	13.4
26	1.181	0.966	0.615	0.057	0.578	0.016	2.010	0.200	0.008	0.219	16.4	5.9	30.6	26.3
31	0.459	0.362	0.131	0.010	0.142	0.144	0.520	0.060	0.006	2.019	14.3	5.9	11.6	10.0
32	0.852	0.864	0.549	0.042	0.243	0.576	1.296	0.130	0.009	8.070	16.2	6.2	26.6	22.9
33	0.703	0.802	0.590	0.086	0.438	0.768	0.498	0.270	0.012	10.750	16.1	6.2	28.5	24.5
35	0.354	0.399	0.488	0.022	0.325	0.317	0.276	0.160	0.012	4.435	16.5	5.7	17.3	14.9
39	0.559	0.732	0.710	0.066	0.406	0.975	0.307	0.240	0.016	13.650	16.6	5.8	28.8	24.8
44	0.765	0.635	0.687	0.073	0.527	0.231	0.069	0.750	0.015	3.229	16.3	6.6	26.0	22.4
52	0.749	0.357	0.240	0.133	0.141	0.318	0.260	0.450	0.006	4.451	15.8	6.8	19.5	16.8
56	0.356	0.688	0.617	0.058	0.529	0.849	0.034	0.190	0.010	11.888	17.5	5.9	24.0	20.6
59	0.169	0.278	0.560	0.086	0.449	0.020	0.061	0.320	0.007	0.285	15.7	6.1	15.2	13.1
60	0.326	0.365	0.670	0.136	0.295	0.585	0.265	0.200	0.013	8.190	16.2	6.2	20.5	17.6
61	0.410	0.435	0.632	0.309	0.338	0.591	0.462	0.180	0.007	8.271	15.9	6.0	21.3	18.3
64	0.562	0.971	0.431	0.130	0.573	1.298	0.053	0.090	0.004	18.170	15.4	5.8	26.2	22.5
67	0.258	0.428	0.447	0.198	0.301	0.692	0.108	0.140	0.006	9.685	15.7	5.7	16.4	14.1
71	0.310	0.337	0.942	0.613	0.424	0.877	0.320	0.230	0.004	12.286	15.1	6.0	26.3	22.6
73	0.414	0.763	0.564	0.052	0.594	0.862	0.032	0.110	0.005	12.069	16.2	5.8	21.0	18.1
75	0.751	0.281	0.250	0.067	0.059	0.004	0.000	0.790	1.312	0.050	18.4	7.8	15.2	13.1
77	0.275	0.235	0.456	0.358	0.164	0.265	0.280	0.300	0.005	3.705	14.9	6.6	18.6	16.0
79	0.868	1.031	0.514	0.366	0.343	1.201	0.386	0.600	0.008	16.822	17.3	6.0	34.5	29.7
80	0.910	0.864	0.736	0.234	0.611	0.595	0.444	0.510	0.005	8.337	16.8	6.6	35.0	30.1
85	0.337	0.411	0.367	0.024	0.198	0.487	0.112	0.200	0.006	6.817	15.9	6.7	15.7	13.5
89	0.216	0.320	0.394	0.110	0.153	0.206	0.126	0.340	0.004	2.890	15.7	6.4	13.4	11.5
90	0.596	0.421	0.233	0.035	0.107	0.173	0.283	0.440	0.009	2.425	14.5	7.1	21.7	18.7
94	1.351	0.789	0.607	0.066	0.444	0.487	0.359	0.870	0.007	6.815	16.5	6.9	33.9	29.2
96	0.761	0.199	0.291	0.053	0.076	0.003	0.008	0.760	0.016	0.047	18.2	7.9	15.6	13.4
101	0.503	0.437	0.641	0.157	0.417	0.814	0.093	0.190	0.007	11.403	16.8	6.1	24.3	20.9
102	0.319	0.388	0.746	0.177	0.521	0.288	0.138	0.330	0.005	4.035	16.6	5.9	22.2	19.1
151	0.317	0.486	0.299	0.148	0.253	0.535	0.244	0.180	0.002	7.497	16.3	5.9	15.6	13.4
153	1.076	1.186	0.520	0.022	0.433	1.587	0.010	0.490	0.004	22.219	15.7	6.3	32.6	28.0
154	0.486	0.695	0.427	0.029	0.275	0.166	0.408	0.450	0.008	2.330	17.3	6.5	20.0	17.2
156	0.500	0.399	0.429	0.407	0.275	0.831	0.347	0.100	0.008	11.629	16.8	5.9	24.6	21.2
157	0.188	0.202	0.220	0.086	0.209	0.156	0.072	0.180	0.005	2.181	15.6	6.2	8.2	7.1
158	1.077	0.919	0.399	0.067	0.563	0.993	0.543	0.160	0.004	13.909	15.4	6.2	36.4	31.3
160	0.265	0.574	0.731	0.217	0.613	0.743	0.061	0.140	0.003	10.398	16.7	6.0	25.3	21.8
161	0.610	0.575	0.281	0.042	0.335	0.031	0.170	0.500	0.005	0.431	17.5	7.1	17.9	15.4
162	0.147	0.263	0.494	0.134	0.263	0.142	0.223	0.280	0.016	1.989	16.6	6.2	15.2	13.1
163	0.323	0.498	0.514	0.220	0.351	0.471	0.472	0.140	0.014	6.593	16.0	6.1	20.5	17.6
164	0.880	0.262	0.247	0.052	0.121	0.007	0.083	0.770	0.706	0.097	19.0	8.1	17.5	15.1
165	0.697	0.595	0.672	0.043	0.355	0.711	0.510	0.230	0.005	9.960	15.8	6.3	27.3	23.5
166	0.343	0.129	0.074	0.013	0.082	0.110	0.061	0.280	0.007	1.547	15.3	6.7	8.0	6.9
169	0.220	0.264	0.197	0.028	0.144	0.292	0.042	0.170	0.005	4.082	15.7	6.0	10.3	8.9
170	1.828	1.068	0.452	0.028	0.546	0.955	0.045	0.980	0.006	13.372	16.3	8.1	38.9	33.5
171	0.212	0.114	0.069	0.089	0.113	0.222	0.077	0.140	0.016	3.109	16.4	6.0	7.8	6.7
173	0.773	0.835	0.483	0.045	0.420	0.031	0.363	0.740	0.010	0.436	15.2	6.7	24.0	20.6
174	0.372	0.313	0.992	0.033	0.451	0.335	0.093	0.470	0.007	4.697	16.2	7.0	23.7	20.4
175	0.911	0.565	0.426	0.066	0.412	0.174	0.317	0.600	0.011	2.439	16.3	7.1	25.5	21.9
176	0.831	0.574	0.943	0.056	0.524	0.076	0.300	0.800	0.007	1.064	15.4	6.7	28.7	24.7
207	0.419	0.446	0.300	0.092	0.107	0.362	0.421	0.210	0.006	5.071	15.9	6.5	17.0	14.6
211	0.656	0.782	0.216	0.112	0.298	1.370	0.005	0.080	0.006	19.188	15.5	6.3	23.8	20.5
302	0.832	0.493	0.352	0.018	0.448	0.293	0.501	0.160	0.007	4.103	17.6	6.0	23.1	19.9
311	0.936	0.545	0.669	0.058	0.360	0.368	1.062	0.200	0.010	5.148	15.4	6.0	29.2	25.1

2000年7月地下水調査結果

2000.7.28～29

井戸番号	陽イオン当量(meq/l)					陰イオン当量(meq/l)						測定値(25℃値)	18℃に換算
	Na^+	K^+	$Ca2^+$	$Mg2^+$	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	T(℃)	PH	EC (ms/m)	EC (ms/m)
2	0.799	0.172	0.929	1.270	0.001	0.920	0.951	1.176	0.346	18.3	6.02	37.1	31.9
151	0.300	0.199	0.317	0.499	0.002	0.403	0.670	0.201	0.106	18.6	5.78	17.2	14.8
10	1.425	0.242	0.701	0.537	0.001	1.324	0.733	0.574	0.448	21.1	5.75	35.0	30.1
13	0.778	0.610	0.414	0.309	0.000	0.464	0.288	0.523	0.812	18.3	6.38	21.1	18.1
15	1.237	0.441	0.897	1.663	0.002	1.182	0.072	2.275	1.082	17.1	6.03	44.7	38.4
18	0.534	0.263	0.325	0.460	0.002	0.752	0.769	0.124	0.100	18.0	5.97	20.8	17.9
20	0.328	0.170	0.585	0.805	0.002	0.349	0.368	1.057	0.186	18.3	5.95	22.9	19.7
22	0.509	0.199	0.412	0.369	0.001	0.355	0.351	0.565	0.200	19.7	5.90	18.0	15.5
24	1.085	0.579	0.436	0.380	0.004	0.920	0.655	0.472	0.446	18.6	6.15	31.3	26.9
25	0.352	0.188	0.334	0.272	0.001	0.403	0.457	0.157	0.186	17.0	6.28	15.1	13.0
26	0.309	0.102	0.642	0.452	0.001	0.322	0.277	0.846	0.100	17.4	5.98	17.7	15.2
153	0.616	0.008	0.338	0.787	0.000	0.512	1.329	0.010	0.156	17.7	5.58	22.9	19.7
31	0.202	0.012	0.766	0.601	0.000	0.505	0.129	0.907	0.090	17.9	5.65	18.7	16.1
32	0.435	0.054	0.877	0.807	0.001	0.214	0.175	1.721	0.170	19.2	5.77	25.0	21.5
33	0.612	0.143	0.639	0.797	0.000	0.725	0.936	0.442	0.272	16.1	6.06	26.8	23.0
35	0.465	0.019	0.305	0.475	0.000	0.557	0.384	0.305	0.092	18.2	5.62	17.7	15.2
39	0.826	0.104	0.825	0.888	0.000	0.785	1.295	0.375	0.352	17.2	6.08	34.8	29.9
44	0.731	0.072	0.664	0.595	0.000	0.906	0.372	0.074	0.872	17.2	6.66	25.5	21.9
52	0.216	0.162	0.984	0.395	0.000	0.175	0.306	0.378	0.934	20.7	6.89	20.2	17.4
56	0.384	0.090	0.138	0.273	0.001	0.409	0.287	0.099	0.188	18.7	6.44	14.1	12.1
59	0.790	0.128	0.178	0.357	0.002	1.125	0.131	0.096	0.320	16.5	5.82	20.1	17.3
60	1.046	0.179	0.409	0.410	0.000	0.531	0.935	0.413	0.294	19.3	6.31	27.4	23.6
61	0.508	0.291	0.604	0.406	0.000	0.445	0.660	0.427	0.284	18.2	6.16	20.0	17.2
64	0.488	0.179	0.509	0.866	0.002	0.907	1.264	0.043	0.080	17.7	5.87	29.0	24.9
67	0.447	0.206	0.253	0.349	0.000	0.459	0.669	0.147	0.128	18.0	5.70	17.8	15.3
71	1.208	0.531	0.438	0.426	0.000	1.261	0.965	0.225	0.254	16.2	5.73	32.1	27.6
73	0.598	0.059	0.360	0.714	0.000	0.920	0.860	0.041	0.120	17.2	6.01	24.5	21.1
75	0.252	0.066	0.731	0.280	0.061	0.096	0.001	0.000	1.270	19.8	8.04	15.7	13.5
77	0.446	0.268	0.390	0.183	0.000	0.240	0.219	0.316	0.516	21.2	6.90	17.4	15.0
79	0.753	0.461	0.400	0.376	0.000	0.470	0.515	0.368	0.586	17.8	6.14	25.4	21.8
80	0.753	0.326	1.024	0.819	0.001	0.646	0.782	0.625	0.838	22.0	6.59	36.2	31.1
85	0.341	0.021	0.185	0.099	0.001	0.075	0.298	0.070	0.232	17.9	7.18	9.0	7.7
89	0.180	0.310	0.254	0.345	0.000	0.158	0.189	0.208	0.500	16.6	6.73	15.5	13.3
90	0.501	0.038	1.116	1.035	0.001	0.363	1.037	0.543	0.790	17.4	6.92	32.3	27.8
154	0.369	0.037	0.452	0.532	0.000	0.294	0.079	0.410	0.630	16.9	6.63	17.4	15.0
94	0.598	0.060	1.554	0.926	0.000	0.749	0.868	0.258	1.290	19.7	7.22	37.1	31.9
96	0.292	0.050	0.747	0.196	0.001	0.117	0.003	0.008	1.210	18.2	8.07	14.9	12.8
101	0.548	0.410	0.440	0.412	0.002	0.669	1.154	0.037	0.112	17.5	6.05	25.4	21.8
102	0.943	0.242	0.362	0.463	0.001	1.204	0.503	0.140	0.402	17.1	6.02	27.0	23.2
156	0.317	0.366	0.752	0.352	0.000	0.357	0.868	0.413	0.182	20.0	5.83	22.3	19.2
157	0.249	0.105	0.266	0.225	0.000	0.288	0.244	0.077	0.248	19.8	5.87	10.7	9.2
158	0.454	0.070	1.422	1.130	0.001	0.999	1.014	0.917	0.210	17.8	5.90	34.1	29.3
160	0.795	0.353	0.337	0.754	0.001	0.959	1.231	0.078	0.164	17.6	5.71	28.5	24.5
161	0.435	0.062	0.993	0.938	0.000	0.927	0.718	0.552	0.450	17.3	6.49	29.0	24.9
302	0.453	0.038	1.041	0.340	0.001	0.562	0.430	0.495	0.402	21.6	6.37	24.8	21.3
311	0.744	0.067	0.913	0.538	0.001	0.475	0.380	1.067	0.334	18.2	5.84	28.3	24.3
162	0.321	0.113	0.121	0.213	0.001	0.257	0.113	0.173	0.280	17.3	5.85	10.9	9.4
163	0.752	0.265	0.326	0.502	0.001	0.702	0.537	0.506	0.156	18.8	5.83	26.1	22.4
164	0.249	0.049	0.882	0.256	0.039	0.189	0.004	0.074	1.164	20.7	8.25	16.7	14.4
165	0.954	0.066	0.764	0.634	0.000	0.703	0.914	0.521	0.352	19.3	5.97	31.2	26.8
166	0.110	0.018	0.546	0.155	0.001	0.158	0.217	0.071	0.426	18.5	6.63	10.6	9.1
207	0.341	0.161	0.562	0.544	0.001	0.267	0.729	0.343	0.322	19.2	6.75	21.7	18.7
211	0.113	0.110	0.318	0.395	0.000	0.230	0.731	0.005	0.028	17.8	6.12	13.6	11.7
167②	0.379	0.050	0.796	0.409	0.032	0.778	0.000	0.250	0.800	18.0	7.04	21.9	18.8
167③	0.309	0.049	1.115	0.201	0.048	0.113	0.004	0.007	1.538	17.5	7.89	18.7	16.1
169	0.185	0.047	0.161	0.190	0.000	0.210	0.244	0.059	0.150	18.2	5.94	8.6	7.4
170	0.750	0.032	1.890	1.109	0.001	0.984	0.988	0.154	1.760	16.8	8.13	44.8	38.5
171②	1.544	0.149	1.005	1.409	0.002	1.642	1.335	0.649	0.880	17.7	6.39	51.3	44.1
173	0.496	0.066	0.763	0.836	0.001	0.749	0.025	0.395	1.082	18.8	6.57	26.7	23.0
174	0.571	0.017	0.155	0.127	0.001	0.248	0.227	0.120	0.400	16.2	6.41	12.4	10.7
175	0.443	0.087	0.904	0.500	0.001	0.472	0.169	0.399	0.948	20.7	7.07	23.5	20.2
176	1.957	0.065	0.797	0.432	0.001	1.094	0.045	0.317	1.966	16.9	6.93	39.0	33.5

2000年11月地下水調査結果

2000.11.10～11

井戸番号	陽イオン当量(meq/l)					陰イオン当量(meq/l)						測定値(15°C換算)	18°Cに換算
	Na^+	K^+	$Ca2^+$	$Mg2^+$	NH_4^+	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	T(°C)	PH	EC (ms/m)	EC (ms/m)
2	0.710	0.150	0.994	1.325	0.000	0.634	0.714	1.539	0.440	16.4	6.08	37.4	32.2
151	0.341	0.207	0.381	0.601	0.000	0.433	0.684	0.311	0.140	15.6	5.87	20.7	17.8
10	1.436	0.187	0.619	0.619	0.000	1.161	0.507	0.834	0.500	21.0	5.76	32.5	28.0
13	1.111	0.821	0.492	0.462	0.000	0.576	0.211	0.789	1.100	18.7	6.50	30.0	25.8
15	1.251	0.453	0.875	1.627	0.000	0.638	0.008	2.696	1.120	16.3	6.06	45.9	39.5
18	0.496	0.266	0.303	0.494	0.000	0.693	0.818	0.045	0.120	17.7	5.90	20.6	17.7
20	0.338	0.166	0.629	0.865	0.000	0.424	0.436	1.101	0.160	18.3	5.84	24.6	21.2
22	0.605	0.200	0.411	0.377	0.000	0.412	0.318	0.602	0.300	18.5	6.07	20.8	17.9
24	1.149	0.386	0.446	0.488	0.000	0.891	0.637	0.562	0.480	19.7	6.09	31.0	26.7
25	0.565	0.299	0.260	0.319	0.001	0.747	0.630	0.069	0.120	17.9	5.92	20.4	17.5
26	0.630	0.048	1.212	0.995	0.001	0.879	0.006	2.114	0.200	16.5	5.97	37.7	32.4
153	0.614	0.008	0.695	1.506	0.000	0.785	2.278	0.012	0.200	16.3	5.69	36.3	31.2
31	0.288	0.009	1.236	0.888	0.001	0.657	0.084	1.799	0.100	16.8	5.66	31.8	27.3
32	0.438	0.049	0.945	0.863	0.000	0.220	0.238	1.759	0.200	20.4	6.71	29.4	25.3
33	0.636	0.138	0.730	0.998	0.000	0.713	1.125	0.515	0.260	16.3	5.90	33.2	28.6
35	0.495	0.018	0.274	0.438	0.000	0.564	0.386	0.296	0.100	17.4	5.47	17.3	14.9
39	0.768	0.087	0.670	0.681	0.000	0.754	0.938	0.290	0.420	17.1	6.14	28.7	24.7
44	0.916	0.100	0.450	0.487	0.001	0.921	0.292	0.132	0.860	16.2	6.98	22.6	19.4
52	0.291	0.175	0.955	0.525	0.000	0.270	0.495	0.321	0.780	17.0	7.32	21.6	18.6
56	0.640	0.067	0.334	0.667	0.001	0.810	0.887	0.030	0.180	15.9	6.78	21.4	18.4
59	0.551	0.076	0.135	0.240	0.000	0.721	0.010	0.062	0.340	16.1	6.33	13.1	11.3
60	0.993	0.144	0.344	0.370	0.000	0.521	0.629	0.408	0.340	18.5	6.61	22.5	19.4
61	0.657	0.359	0.518	0.479	0.000	0.581	0.683	0.476	0.300	19.5	5.92	27.1	23.3
64	0.480	0.167	0.611	1.090	0.000	0.925	1.629	0.034	0.080	16.6	5.57	32.0	27.5
67	0.437	0.319	0.251	0.379	0.000	0.435	0.641	0.147	0.160	19.2	5.57	19.0	16.3
71	0.790	0.536	0.390	0.383	0.000	0.693	0.999	0.205	0.260	15.9	5.73	28.6	24.6
73	0.553	0.052	0.366	0.655	0.000	0.768	0.856	0.039	0.140	16.4	5.63	22.0	18.9
75	0.254	0.065	0.748	0.280	0.040	0.085	0.003	0.003	1.240	15.0	7.77	15.0	12.9
77	0.662	0.537	0.279	0.348	0.000	0.325	0.692	0.320	0.420	17.4	6.40	23.2	20.0
79	0.684	0.498	0.452	0.451	0.000	0.406	0.435	0.407	0.760	17.2	6.09	26.1	22.4
80	0.775	0.177	1.449	2.088	0.000	0.750	2.448	1.043	0.560	17.5	6.44	51.8	44.5
85	0.304	0.016	0.189	0.169	0.000	0.095	0.225	0.140	0.260	16.8	7.26	9.6	8.3
89	0.333	0.297	0.476	0.395	0.001	0.380	0.347	0.154	0.540	16.5	6.21	18.8	16.2
90	0.503	0.036	1.010	0.917	0.000	0.306	0.985	0.510	0.720	16.4	6.78	29.6	25.5
154	0.251	0.035	0.318	0.384	0.000	0.137	0.084	0.228	0.580	15.4	7.31	11.1	9.5
94	0.478	0.043	1.575	0.978	0.000	0.737	0.917	0.204	1.260	15.9	7.15	36.0	31.0
96	0.300	0.054	0.792	0.200	0.001	0.106	0.001	0.007	1.180	15.8	7.80	14.5	12.5
101	0.642	0.128	0.468	0.395	0.000	0.576	0.728	0.125	0.280	16.0	6.15	22.6	19.4
102	0.789	0.219	0.314	0.438	0.000	0.858	0.506	0.117	0.380	15.8	5.83	23.4	20.1
156	0.381	0.459	0.627	0.372	0.000	0.357	0.922	0.364	0.200	18.7	5.75	23.7	20.4
157	0.272	0.119	0.223	0.256	0.000	0.308	0.204	0.084	0.280	18.5	5.63	12.3	10.6
158	0.544	0.091	2.087	1.592	0.000	1.844	1.663	1.086	0.320	18.1	5.86	55.9	48.1
160	0.740	0.341	0.364	0.756	0.000	0.904	1.266	0.083	0.180	18.1	5.58	30.3	26.1
161	0.386	0.061	0.866	0.839	0.000	0.896	0.057	0.773	0.520	14.9	6.32	27.7	23.8
302	0.428	0.014	0.841	0.527	0.000	0.616	0.356	0.548	0.280	18.4	5.72	23.1	19.9
311	0.742	0.056	0.796	0.489	0.000	0.398	0.304	1.091	0.380	18.7	5.68	26.8	23.0
162	0.281	0.118	0.125	0.205	0.000	0.227	0.095	0.174	0.280	16.3	6.28	9.5	8.2
163	0.617	0.315	0.379	0.487	0.000	0.616	0.542	0.506	0.160	16.6	6.52	22.1	19.0
164	0.248	0.050	0.877	0.259	0.029	0.163	0.008	0.040	1.200	15.1	8.00	16.5	14.2
165	0.770	0.052	0.723	0.630	0.000	0.669	0.708	0.558	0.300	19.1	6.70	25.8	22.2
166	0.233	0.026	0.253	0.596	0.000	0.364	0.606	0.019	0.220	17.6	6.52	14.0	12.0
207	0.348	0.139	0.430	0.436	0.000	0.176	0.408	0.461	0.300	18.3	6.13	17.8	15.3
211	0.330	0.155	1.083	1.161	0.000	0.758	2.367	0.005	0.030	16.6	5.44	36.6	31.5
167②	0.382	0.053	0.788	0.405	0.004	0.703	0.002	0.241	0.780	15.7	7.79	19.6	16.9
167③	0.286	0.044	1.102	0.196	0.035	0.091	0.010	0.001	1.500	15.4	8.90	16.7	14.4
169	0.196	0.031	0.185	0.217	0.000	0.213	0.226	0.046	0.180	17.5	6.35	8.5	7.3
170	0.802	0.032	1.814	1.036	0.000	1.086	1.216	0.131	1.480	14.9	8.07	43.9	37.8
171①	0.069	0.087	0.228	0.117	0.000	0.168	0.252	0.079	0.040	15.7	5.98	7.8	6.7
171②	1.013	0.097	1.084	1.412	0.000	1.221	1.425	0.633	0.660	16.1	6.10	46.6	40.1
173	0.507	0.044	0.895	0.850	0.000	0.526	0.026	0.665	1.080	16.2	6.85	27.0	23.2
174	0.581	0.018	0.161	0.122	0.000	0.252	0.206	0.108	0.380	14.6	6.82	11.3	9.7
175	0.513	0.091	0.870	0.557	0.000	0.507	0.159	0.535	0.840	16.4	6.85	24.6	21.2