

## 5. 水需要モデル

執筆者：九州大学 工学部助教授 河村 明



## 5. 水需要モデル

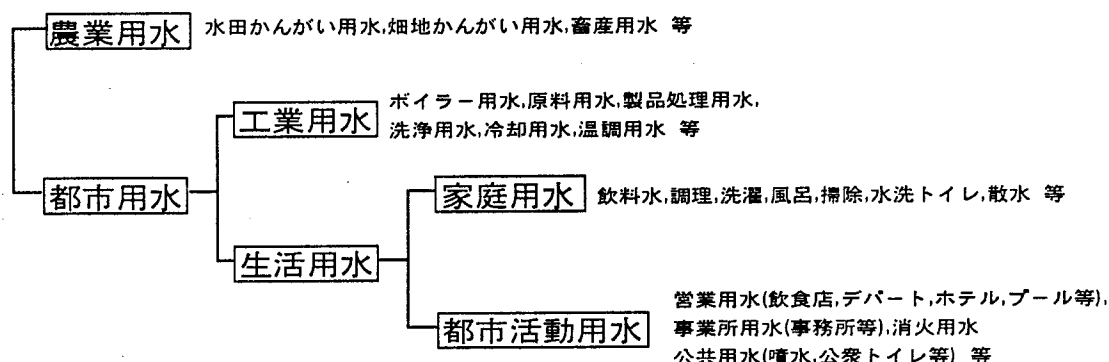
### (1) モデルの基本的考え方

#### ① 水使用形態

日本の水使用形態の区分を 図5-1 に示す。平成三年の水の総使用量は取水量ベース<sup>脚注1)</sup>で914億 $m^3$ である。そのうち農業用水が586億 $m^3$ で都市用水は327億 $m^3$ である。また、都市用水のうち工業用水が159億 $m^3$ 、生活用水は168億 $m^3$ となっている<sup>1)</sup>。

本水需要モデルは、図5-1 の生活用水の中の、水道により供給される生活用水を対象としたモデルであり、これは水道法で定義されている水道水に対応している。すなわち、水道法の第3条によれば、水道の定義は「導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体をいう」となっており、水道水は水道により供給される水である。

図5-1 水使用形態の区分



出典) 平成6年度版日本の水資源(国土庁長官官房水資源部編)

#### ② 水需要予測の推計手法

水需要予測の推計手法としては、使用水量を用途別に分類し用途毎に推計する用途別推計方法、使用水量を水道管の口径別に推計する口径別推計方法、および社会経済構造をシステムとしてとらえ、システムの構成要素の相互関連を総合的に分析し、その挙動や変化をシミュレーションすることによって予測するシステムダイナミクスによる方法などがある<sup>2)</sup>。そして、用途別推計方法、口径別推計方法の中で時系列傾向分析や回帰分析などが用いられる。この場合、原単位(1人1日当りの使用水量)を推計して積み上げる方法と総量をそのまま推計する方法がある。さらに、用途別推計方法では、要因別分析や使用目的別分析など

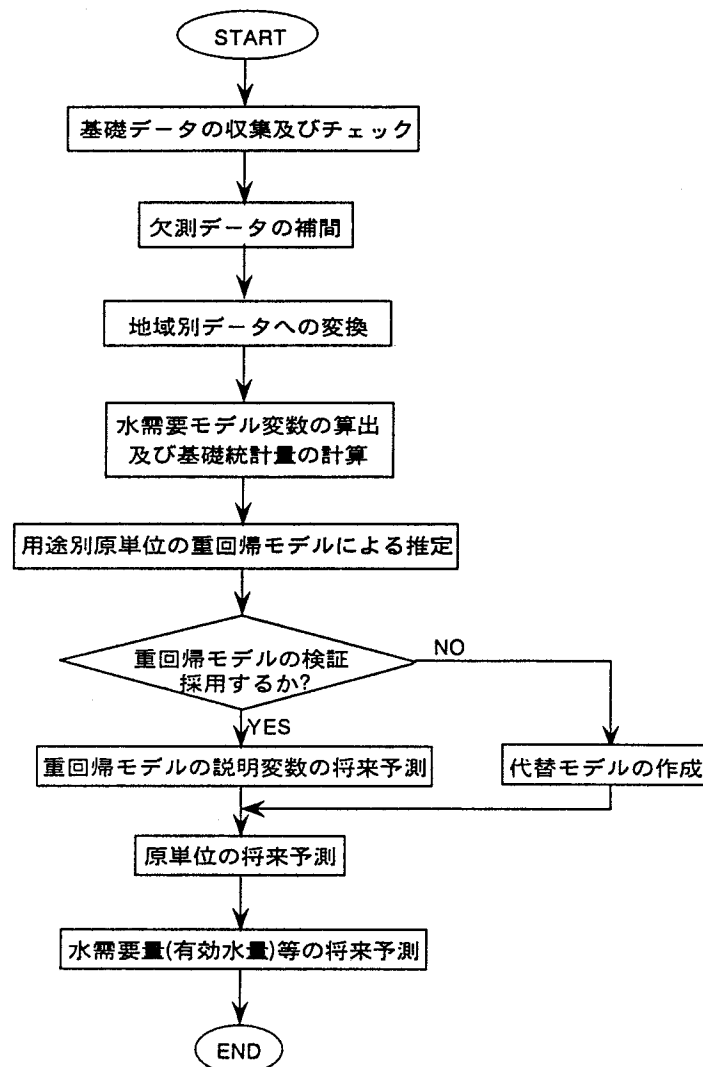
脚注1) 河川水、地下水などの水源から各種用水として取水された水量を取水量といい、この量で水量を議論する場合、取水量ベースという。

も用いられる<sup>2)</sup>。

本水需要モデルでは、福岡交流圏の基礎データの存在状況や入手可能状況などを勘案して用途別推計方法を採用した。この場合用途としては、図5-1の生活用水の内訳として示されている家庭用水と都市活動用水の2つの用途に大別し、それ以上細かい用途には分割しなかった。また、家庭用水と都市活動用水という用途別に分割されたデータが揃っていない地域については、生活用水という1つの用途でモデルを構築した。

次に、各用途別の使用水量の推計手法としては、原単位積み上げ法を採用し、原単位を重回帰分析により推定するモデルとした。なお、重回帰モデルが有意で

図5-2 水需要モデル構築のためのフロー図



ない結果が出た場合には、時系列傾向分析などを適用した。

以上の水需要モデルは、かなりマクロ的な推計方法であるので、空間的にもある程度マクロ的に適用することにした。すなわち、本モデルでは、福岡交流圏の8つの地域（福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域）毎に水需要モデルを構築した。図5-2に、本水需要予測モデル構築のためのフロー図を示している。

### ③給水量の内訳

水道により給水される水道水量（給水量）の内訳は図5-3のようになっている<sup>3)</sup>。有効水量は、給水量のうち有効に使用されたと見られる水量で、これが実際の水需要量に対応するものと考えられる。また、有効水量は有収水量と無収水量の合計であって、有収水量は当該水量について料金として或いは他会計などからの収入があるもので、無収水量は当該水量について収入が無いものである。なお、有効率、有収率は次式で定義される。

$$\text{有効率} = \text{有効水量} / \text{給水量} \quad (5-1)$$

$$\text{有収率} = \text{有収水量} / \text{給水量} \quad (5-2)$$

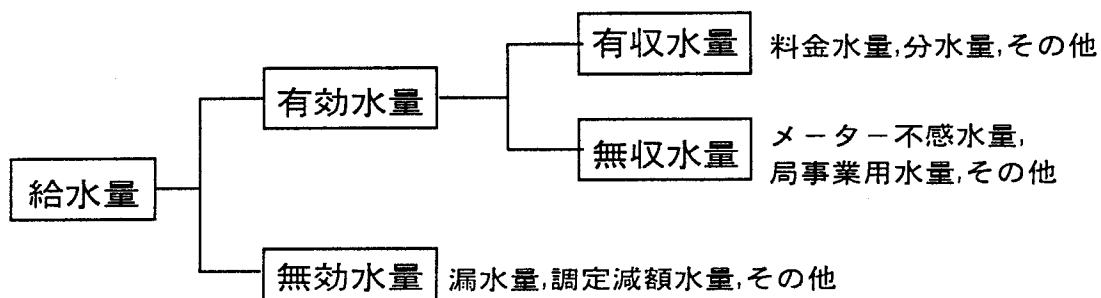
さて、前項で述べた用途別使用水量すなわち家庭用水使用量および都市活動用水使用量は、図5-3の有収水量の内訳としてデータが収集されている。よって、本水需要モデルではまず有収水量を予測することになる。次いで、式(5-1)、式(5-2)の有効率、有収率の推定値を用いて、給水量および有効水量を算出する。さらに、水道施設の規模の基礎水量となる一日最大給水量は、一日平均給水量を次式で定義される負荷率で除して算出することとなる。

$$\text{負荷率} = \text{一日平均使用水量} / \text{一日最大使用水量} \quad (5-3)$$

### ④水道の行政上の分類

水道を行政上で分類すると上水道、簡易水道および専用水道となる。上水道は計画給水人口が5、001人以上の水道であり、簡易水道は計画給水人口が101人以上5、000人以下の水道である。また、専用水道は寄宿舍や社宅などの特定の人々に給水する水道で計画給水人口が101人以上のものである。

図5-3 給水量の内訳



本モデルを構築するにあたっては、自己水源により供給されている専用水道は無視した。これは、自己水源（ほとんどが自前の地下水の汲み上げ）を用いているため、上水道に対する需要量には直接は関係しないこと、上水道に比べその量が小さいこと、及び詳しいデータが得にくいことなどを考慮したためである。また、各自治体における簡易水道についても、その量が上水道に比べ非常に小さい場合は無視した。但し、上水道がなく簡易水道のみの自治体（久山町、志摩町、夜須町、大島村）および簡易水道が上水道と同程度の自治体（二丈町）については簡易水道も考慮した。

## （２）モデルの構築

### ①基礎資料の収集およびチェック

#### ①－１ 収集対象の自治体

収集対象自治体は、以下に示す福岡交流圏８地域内の１０市２０町１村２水道企業団（１２市２３町１村）であるが、上水道も簡易水道も敷設されていない若宮町および三輪町は事実上無視した。

- ・福岡市
- ・筑紫地域（筑紫野市、春日那珂川水道企業団、大野城市、太宰府市）
- ・粕屋地域（宇美町、篠栗町、志免町、須恵町、新宮町、古賀町、久山町、粕屋町）
- ・宗像地域（宗像市、福岡市、津屋崎町、玄海町、大島村）
- ・糸島地域（前原市、二丈町、志摩町）
- ・筑豊地域（飯塚市、若宮町、穂波町、桂川町、筑穂町）
- ・朝倉地域（甘木市、夜須町、三輪町）
- ・筑後地域（三井水道企業団、久留米市、鳥栖市、基山町）

なお、上水道が無く、簡易水道のみの自治体は、久山町、志摩町、夜須町、および大島村である。また、二丈町については簡易水道の給水人口が上水道の半分以上ある。

#### ①－２ 収集対象期間

収集対象期間は１９７９年度から１９９０年度の１２年間である。

#### ①－３ 収集データ項目

収集データ項目は以下のようである。

- ・行政人口（人）
- ・全給水人口（人）（上水道、簡易水道、専用水道を含む）
- ・給水人口（人）（実際に本モデルで考慮した上水道および簡易水道給水人口）

- ・ 下水処理区域人口（人）
- ・ 第3次産業就業者数（人）
- ・ 給水世帯数（人）
- ・ 年間給水量（ $\text{km}^3$ ）
- ・ 年間有効水量（ $\text{km}^3$ ）
- ・ 年間有収水量（ $\text{km}^3$ ）
- ・ 年間家庭用水量（ $\text{km}^3$ ）
- ・ 施設能力（ $\text{m}^3$  / 日）
- ・ 日最大給水量（ $\text{m}^3$  / 日）
- ・ 総生産額（10億円）
- ・ 第3次産業生産額（10億円）

また、その計算値として、日平均給水量（年間給水量 / 年間日数）、稼働率（日最大給水量 / 施設能力）、負荷率（日平均給水量 / 日最大給水量）、有効率（年間有効水量 / 年間給水量）、有収率（年間有収水量 / 年間給水量）を求めた。

これらのデータの出典は、下水処理区域人口については『福岡県の下水道』、総生産額および第3次産業生産額については『県市町村民経済計算報告書』、第3次産業就業者数については都市科学研究所の計算値を用いた。他の項目については、『水道統計』および『福岡県の水道』を併用した。

## ②欠測データの補間

各自治体の補間した欠測データおよび補間方法は以下のものである。なお、以下の欠測データの補間は、地域毎の水需要の大勢には影響を及ぼさないと考えられるので、ここでは以下のように簡単な方法で補間した。

- ・ 篠栗町－家庭用水量（1979年～1986年）  
1987年～1990年の年間家庭用水量の有収水量に対する比率を平均し、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。
- ・ 須恵町－家庭用水量（1984年、1985年）  
1983年と1986年の家庭用水量で直線補間した。
- ・ 新宮町－家庭用水量（1979年～1990年）  
新宮町、久山町以外の粕屋地域の6自治体における、合計年間家庭用水量の合計年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。
- ・ 久山町－有効水量および家庭用水量（1979年～1990年）  
有効水量については、久山町以外の粕屋地域の7自治体における、合計年間有効水量の合計年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。家庭用水量については、新宮町の場合と同様の方法で補間した。
- ・ 粕屋町－家庭用水量（1979年、1983年）  
1984年～1990年の年間家庭用水量の有収水量に対する比率を平均し、各年

の有収水量にその比率を乗じて求めた。

- ・津屋崎町－家庭用水量（1979年～1990年）  
宗像地区の宗像市と福岡町における、合計年間家庭用水量の合計年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。
- ・玄海町－有効水量（1979年、1980年）および家庭用水量（1979年～1990年）、有効水量については、1981年の年間有効水量の年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。家庭用水量については、津屋崎町の場合と同様の方法で補間した。
- ・大島村－有効水量および家庭用水量（1979年～1990年）  
有効水量については、大島村以外の宗像地域の4自治体における、合計年間有効水量の合計年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。家庭用水量については、津屋崎町の場合と同様の方法で補間した。
- ・前原市－家庭用水量（1979年）  
1980年の年間家庭用水量の年間有収水量に対する比率を求め、有収水量にその比率を乗じて求めた。
- ・二丈町－有効水量、家庭用水量（1979年～1990年）  
上水道の有効水量のデータは1982年～1990年まで存在しているので、まず上水道における年間有効水量の年間有収水量に対する比率を求め、簡易水道の有収量にその比率を乗じて、簡易水道の有効水量を求めた。1979年～1981年までの有効水量については、上水道、簡易水道共に1982年の年間有効水量の年間有収水量に対する比を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。家庭用水量については、糸島地域の前原市の年間家庭用水量の年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。
- ・志摩町－有効水量、家庭用水量（1979年～1990年）  
有効水量については、糸島地域の前原市、二丈町における、合計年間有効水量の合計年間有収水量に対する比率を求め、各年の有収水量にその比率を乗じて求めた。家庭用水量については、二丈町の場合と同様の方法で補間した。
- ・夜須町－有効水量（1979年～1990年）  
給水量と有収水量がほぼ等しいため、有収水量と同じとした。
- ・桂川町－日最大給水量（1981年）  
1980年と1982年の日最大給水量の平均値とする。

### ③地域別データへの変換

前節で述べたように、本水需要量モデルは、福岡交流圏の8つの地域毎に構築するので、各自治体の基礎データを8つの地域（福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域）毎に集計した。その結果



を 表5-1 に示している。なお表中の、地域別の日最大水量は、各自治体の日最大水量を単純に合計したものである。よってこの値は、その地域全体の本来の日最大水量よりもやや大きめの値となっている。また、日平均給水量、稼働率、負荷率、有効率、有収率は、各地域毎の集計データより計算で求めたものである。

表5-1 地域別基礎データ

1. 福岡市										
年度	行政人口 (人)	合計給入 (人)	上水給入 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (Tm)	有効水量 (Tm)	有収水量 (Tm)	家庭水量 (Tm)
1979	1070153	1057269	1054000	427900	449094	361608	123022	104584	104277	63632
1980	1085874	1065092	1062000	471200	462082	385800	123322	105852	105709	64620
1981	1101700	1082368	1080000	516400	471925	396000	128065	111213	111035	68652
1982	1118529	1098255	1096000	567600	481978	405500	124975	114271	109688	69054
1983	1134657	1114641	1112000	623400	492245	416000	129608	118075	113410	72222
1984	1149287	1129675	1127000	684300	502730	424000	129495	119431	117733	75602
1985	1157917	1139683	1137000	760100	513440	424000	130349	119530	116782	75415
1986	1172577	1154186	1151500	825700	523921	433500	130512	120288	118462	77675
1987	1187934	1169766	1167000	890200	534617	443100	134329	123716	121358	79885
1988	1200264	1181191	1179000	947800	545532	451700	138312	128131	126098	83266
1989	1214357	1195471	1193500	1015100	556669	463400	144917	133279	130519	86236
1990	1232257	1213019	1211000	1075600	568034	482900	147639	138074	135859	89912
年度	施設能力 (m <sup>3</sup> /d)	日最大 (m <sup>3</sup> /d)	日平均 (m <sup>3</sup> /d)	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)	
1979	498000	409958	336126	82.3	82.0	85.0	84.8	2926	2566	
1980	498000	410411	337868	82.4	82.3	85.8	85.7	3081	2723	
1981	498000	433100	350863	87.0	81.0	86.8	86.7	3262	2884	
1982	503000	402800	342397	80.1	85.0	91.4	87.8	3404	3081	
1983	628400	447700	354120	71.2	79.1	91.1	87.5	3502	3171	
1984	628400	443900	354781	70.6	79.9	92.2	90.9	3699	3361	
1985	628400	432200	357121	68.8	82.6	91.7	89.6	3883	3505	
1986	628400	434600	357567	69.2	82.3	92.2	90.8	4061	3638	
1987	651500	434400	367019	66.7	84.5	92.1	90.3	4372	3865	
1988	651500	454400	378937	69.7	83.4	92.6	91.2	4686	4156	
1989	673300	473600	397033	70.3	83.8	92.0	90.1	4919	4438	
1990	673300	481000	404490	71.4	84.1	93.5	92.0	5311	4808	

2. 筑紫地域 (4市1町or3市1企業団)										
年度	行政人口 (人)	合計給入 (人)	上水給入 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (km <sup>3</sup> )	有効水量 (km <sup>3</sup> )	有収水量 (km <sup>3</sup> )	家庭水量 (km <sup>3</sup> )
1979	257236	205556	192564	17000	47133	57878	16949	14893	14293	11927
1980	265197	211256	203991	29400	50144	61126	17647	14892	14521	12065
1981	272517	220401	212657	37600	52016	64151	19600	16526	16108	13248
1982	280976	230080	222367	52600	53965	67106	20051	17306	16921	14219
1983	287586	231592	223995	65700	55988	69960	21559	18371	17815	14748
1984	293763	236265	228891	85100	58089	71525	22456	19091	18599	15817
1985	297465	240911	233519	102800	60274	73865	23158	19592	19106	16253
1986	302916	245959	238469	118400	62057	76206	23441	20103	19874	16823
1987	308430	252957	245600	140700	63900	78106	23725	21057	20690	17557
1988	316424	260603	253700	155400	65799	83295	25335	22521	21761	18519
1989	324941	271738	264633	176200	67760	87653	26920	23841	23257	19809
1990	335099	285222	277475	197300	69788	93288	27718	25106	24694	21049
年度	施設能力 (m <sup>3</sup> /d)	日最大 (m <sup>3</sup> /d)	日平均 (m <sup>3</sup> /d)	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)	
1979	56500	60150	46309	106.5	77.0	87.9	84.3	260	193	
1980	69100	65784	48348	95.2	73.5	84.4	82.3	277	208	
1981	77600	70000	53699	90.2	76.7	84.3	82.2	302	219	
1982	77600	69309	54934	89.3	79.3	86.3	84.4	331	234	
1983	97400	78889	58904	81.0	74.7	85.2	82.6	381	287	
1984	98000	84171	61523	85.9	73.1	85.0	82.8	368	290	
1985	105000	86750	63447	82.6	73.1	84.6	82.5	410	328	
1986	105100	88434	64222	84.1	72.6	85.8	84.8	507	354	
1987	109100	82557	64822	75.7	78.5	88.8	87.2	583	383	
1988	109100	89531	69411	82.1	77.5	88.9	85.9	640	410	
1989	109900	91372	73753	83.1	80.7	88.6	86.4	710	458	
1990	110100	95047	75940	86.3	79.9	90.6	89.1	777	502	

表5-1 地域別基礎データ(続き)

3. 粕屋地域 (8町)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千 $m^3$ )	有効水量 (千 $m^3$ )	有収水量 (千 $m^3$ )	家庭水量 (千 $m^3$ )
1979	174442	150290	145410	7000	30581	40979	13552	11593	11090	8427
1980	180729	154768	150171	8600	32218	43111	14004	11612	11116	8344
1981	185741	159853	156906	10800	33187	45337	14884	12600	12055	9366
1982	189768	165181	162376	10900	34199	47451	15249	13107	12537	9565
1983	192884	169665	166789	10800	35243	48667	16164	13851	13157	9992
1984	195507	173880	171548	12400	36328	49745	16610	14411	13898	10599
1985	197793	176057	173770	12500	37455	51253	16953	14693	14163	10964
1986	199918	178889	176632	12700	38844	52328	17283	14820	14287	11251
1987	203807	182432	180186	14900	40292	54006	17695	15399	14832	11691
1988	207710	187957	185487	16300	41798	56081	18300	15958	15409	12118
1989	211040	191951	189072	17300	43363	57794	19129	16668	16187	12783
1990	214081	194654	192056	19000	44994	59380	20188	17515	16998	13459

年度	施設能力 ( $m^3/d$ )	日最大 ( $m^3/d$ )	日平均 ( $m^3/d$ )	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979	57978	48525	37029	83.7	76.3	85.5	81.8	232	116
1980	61368	52709	38368	85.9	72.8	82.9	79.4	247	120
1981	63986	53174	40778	83.1	76.7	84.7	81.0	282	142
1982	63986	54680	41777	85.5	76.4	86.0	82.2	299	150
1983	69386	58077	44164	83.7	76.0	85.7	81.4	333	170
1984	74086	58676	45506	79.2	77.6	86.8	83.7	339	180
1985	73086	60750	46447	83.1	76.5	86.7	83.5	361	200
1986	73086	61412	47351	84.0	77.1	85.7	82.7	390	217
1987	73386	61452	48347	83.7	78.7	87.0	83.8	425	237
1988	75736	64294	50136	84.9	78.0	87.2	84.2	457	255
1989	77436	66711	52408	86.1	78.6	87.1	84.6	516	292
1990	77436	69604	55310	89.9	79.5	86.8	84.2	580	320

4. 宗像地域 (1市3町1村)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千 $m^3$ )	有効水量 (千 $m^3$ )	有収水量 (千 $m^3$ )	家庭水量 (千 $m^3$ )
1979	106487	66600	65311	33100	15119	18792	5144	4311	4189	3568
1980	109776	69541	68164	34300	15946	19629	5319	4362	4233	3529
1981	112522	72080	70314	35200	16510	20518	5792	4856	4699	3818
1982	115034	75754	73917	40200	17096	21579	5999	5202	4964	4038
1983	116912	81221	79322	43400	17705	23061	6338	5582	5370	4392
1984	118195	85110	82432	45000	18335	23986	6740	5879	5674	4667
1985	119222	85281	83509	45800	18993	24977	7344	6116	5922	4871
1986	120757	88113	86323	47700	19379	25834	7538	6411	6212	5159
1987	122423	90449	88861	50500	19778	26853	7789	6709	6496	5407
1988	124744	93173	91367	53900	20187	28030	8000	7001	6782	5672
1989	126973	95580	93780	58100	20606	28954	8334	7387	7150	6043
1990	128880	98985	97226	61100	21040	30406	8836	7777	7531	6390

年度	施設能力 ( $m^3/d$ )	日最大 ( $m^3/d$ )	日平均 ( $m^3/d$ )	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979	30580	19170	14054	62.7	73.3	83.8	81.4	88	53
1980	30580	19006	14573	62.2	76.7	82.0	79.6	105	70
1981	31080	20733	15870	66.7	76.5	83.8	81.1	115	67
1982	31080	21969	16435	70.7	74.8	86.7	82.8	118	73
1983	31250	23022	17318	73.7	75.2	88.1	84.7	125	84
1984	44890	25540	18465	56.9	72.3	87.2	84.2	128	92
1985	46640	27066	20120	58.0	74.3	83.3	80.6	140	101
1986	46640	26862	20653	57.6	76.9	85.0	82.4	146	110
1987	46640	28245	21280	60.6	75.3	86.1	83.4	156	116
1988	46840	28118	21917	60.0	77.9	87.5	84.8	163	119
1989	46840	29277	22834	62.5	78.0	88.6	85.8	184	137
1990	48840	32009	24208	65.5	75.6	88.0	85.2	206	152

表5-1 地域別基礎データ(続き)

5 糸島地域 (1市2町)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千㎡)	有効水量 (千㎡)	有収水量 (千㎡)	家庭水量 (千㎡)
1979	65896	33585	28423	0	10590	7475	2089	1759	1714	1094
1980	66792	32958	29190	0	11024	7820	2112	1768	1733	1106
1981	67881	33801	32341	0	11291	8840	2273	1953	1952	1235
1982	69074	35516	34205	0	11568	9368	2175	1843	1840	1264
1983	70822	39409	38543	0	11853	10497	2637	2161	2153	1644
1984	72797	41422	40577	0	12147	11122	2767	2419	2357	1661
1985	73933	42987	42121	0	12451	11585	2875	2522	2459	1733
1986	74736	44190	43711	0	12634	11976	2941	2613	2547	1846
1987	75536	45411	44762	0	12822	12390	3067	2724	2654	1926
1988	76121	46422	45063	0	13011	12700	3206	2902	2826	2055
1989	76970	47408	46059	0	13205	13079	3410	3055	2988	2214
1990	78399	49812	48465	6300	13402	14679	3571	3250	3176	2336

年度	施設能力 (㎡/d)	日最大 (㎡/d)	日平均 (㎡/d)	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979	9720	7582	5709	78.0	75.3	84.2	82.1	64	36
1980	9720	8215	5786	84.5	70.4	83.7	82.1	72	44
1981	9765	8393	6227	85.9	74.2	86.0	85.9	81	44
1982	10965	8064	5960	73.5	73.9	84.7	84.6	82	48
1983	13561	9604	7206	70.8	75.0	81.9	81.6	91	56
1984	13558	10239	7581	75.5	74.0	87.4	85.2	85	63
1985	13561	10706	7877	78.9	73.6	87.7	85.5	95	65
1986	13941	10959	8057	78.6	73.5	88.8	86.6	102	73
1987	15571	11250	8380	72.2	74.5	88.8	86.5	109	79
1988	15818	11784	8784	74.5	74.5	90.5	88.1	115	82
1989	16457	11982	9343	72.8	78.0	89.6	87.6	129	93
1990	16457	12521	9784	76.1	78.1	91.0	88.9	153	102

6 筑豊地域 (1市4町)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千㎡)	有効水量 (千㎡)	有収水量 (千㎡)	家庭水量 (千㎡)
1979	140738	120266	119486	15300	40004	38423	12887	11006	10766	
1980	141432	121374	120471	15400	40651	39367	12915	10654	10615	
1981	142235	123256	120853	16300	40854	39968	13529	11219	11188	
1982	143051	123627	122724	16400	41062	40390	13806	11509	11472	
1983	143171	127119	124716	16600	41273	40803	13846	11743	11705	
1984	143796	128274	126317	16600	41485	42262	14025	12081	12054	
1985	144566	128536	126932	16600	41703	41270	14340	12203	12125	
1986	144789	126475	125791	18200	41985	41255	14366	12352	12276	
1987	144215	125851	125167	19700	42272	40899	14688	12590	12511	
1988	144335	126865	126181	21600	42563	40760	15354	13059	12961	
1989	144576	126170	125499	25000	42858	41546	15779	13398	13281	
1990	145635	127398	126618	27500	43159	43060	16379	13910	13805	

年度	施設能力 (㎡/d)	日最大 (㎡/d)	日平均 (㎡/d)	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979	51320	44634	35210	87.0	78.9	85.4	83.5	222	169
1980	51120	44905	35384	87.8	78.8	82.5	82.2	217	159
1981	51120	47300	37066	92.5	78.4	82.9	82.7	216	151
1982	51970	48095	37825	92.5	78.6	83.4	83.1	242	171
1983	51970	49476	37831	95.2	76.5	84.8	84.5	260	188
1984	51970	50534	38425	97.2	76.0	86.1	85.9	268	205
1985	54400	52266	39288	96.1	75.2	85.1	84.6	288	224
1986	54400	50493	39359	92.8	77.9	86.0	85.5	309	239
1987	56250	50747	40131	90.2	79.1	85.7	85.2	326	254
1988	62000	53389	42066	86.1	78.8	85.1	84.4	345	266
1989	62000	54682	43230	88.2	79.1	84.9	84.2	388	290
1990	62000	55631	44874	89.7	80.7	84.9	84.3	423	315

表5-1 地域別基礎データ(続き)

7 朝倉地域 (1市2町)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千 $\text{m}^3$ )	有効水量 (千 $\text{m}^3$ )	有収水量 (千 $\text{m}^3$ )	家庭水量 (千 $\text{m}^3$ )
1979	64593	11251	8946	0	12936	2227	594	590	539	
1980	65197	11972	9946	0	13225	2477	687	681	622	
1981	65702	12581	10626	0	13389	3021	855	775	676	
1982	66187	12771	10810	0	13555	2764	824	787	719	
1983	67318	13701	11216	0	13724	2912	920	889	832	
1984	67873	14246	12132	0	13895	3162	998	965	920	
1985	67333	14878	12490	0	14070	3275	1035	1006	973	
1986	67521	15044	12898	0	14289	3383	1040	988	948	
1987	67601	15186	13216	0	14512	3524	1107	1042	995	
1988	67781	15678	13606	0	14740	3657	1145	1038	989	
1989	67767	16331	14060	0	14974	3789	1293	1108	1056	
1990	67618	16524	14241	0	15211	3902	1248	1144	1093	

年度	施設能力 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	日最大 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	日平均 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979	7043	3735	1624	53.0	43.5	99.3	90.7	100	50
1980	7043	3205	1883	45.5	58.8	99.1	90.5	110	55
1981	7043	3735	2343	53.0	62.7	90.6	79.1	176	52
1982	7043	3545	2257	50.3	63.7	95.5	87.3	180	58
1983	7043	4795	2513	68.1	52.4	96.6	90.4	205	69
1984	7043	4800	2735	68.2	57.0	96.7	92.2	197	75
1985	7043	4955	2837	70.4	57.3	97.2	94.0	206	80
1986	7043	4645	2850	66.0	61.4	95.0	91.2	205	82
1987	7043	5235	3024	74.3	57.8	94.1	89.9	220	88
1988	7043	4805	3137	68.2	65.3	90.7	86.4	235	90
1989	7043	5513	3542	78.3	64.3	85.7	81.7	243	100
1990	7043	5143	3419	73.0	66.5	91.7	87.6	270	107

8 筑後地域 (3市3町or2市1町1企業団)

年度	行政人口 (人)	合計給人 (人)	上水給人 (人)	下水人口 (人)	第3人口 (人)	給水世帯 (世帯)	年間給水 (千 $\text{m}^3$ )	有効水量 (千 $\text{m}^3$ )	有収水量 (千 $\text{m}^3$ )	家庭水量 (千 $\text{m}^3$ )
1979	347185	263236	256216	35400	99453	75901	28514	24999	24703	
1980	351031	268625	263668	43500	102106	79521	27591	24248	23890	
1981	355392	274065	269081	57500	103607	82445	29567	26103	25224	
1982	358548	278499	274431	60300	105136	85194	30295	28142	27629	
1983	360990	284416	280355	72400	106691	87177	31454	27730	26990	
1984	362632	289132	285074	73800	108271	86471	32622	28992	27984	
1985	364116	292821	288779	82100	109882	88668	32594	29323	28291	
1986	366407	295922	292068	82900	111393	90527	32591	29339	28562	
1987	368253	300218	296388	92200	112931	92929	33881	30572	29351	
1988	370279	304145	300317	96700	114496	94849	34769	31571	30432	
1989	372410	309455	305538	116600	116085	96912	35711	32503	31292	
1990	375912	315369	311452	121900	117704	99636	36916	33899	32534	

年度	施設能力 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	日最大 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	日平均 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	稼働率 (%)	負荷率 (%)	有効率 (%)	有収率 (%)	総生産 (10億円)	3次生産 (10億円)
1979			77907			87.7	86.6	632	401
1980			75592			87.9	86.6	671	432
1981			81005			88.3	85.3	748	491
1982			83000			92.9	91.2	721	482
1983			85940			88.2	85.8	750	507
1984			89375			88.9	85.8	773	546
1985			89299			90.0	86.8	800	582
1986			89290			90.0	87.6	843	609
1987			92571			90.2	86.6	874	624
1988			95258			90.8	87.5	918	658
1989			97838			91.0	87.6	983	718
1990			101140			91.8	88.1	1066	768

#### ④水需要モデルに必要な変数の算出およびその基礎統計量の計算

##### ④-1 水需要モデルに必要な変数の算出

本水需要モデルは、生活用水（有収水量としてデータが得られている）を、用途別推計方法により推定し、そして各用途の水量を算出するのに、原単位積み上げ法を採用して、原単位を重回帰分析により推定するモデルである。そこで、各用途別水量の原単位および重回帰モデルの説明変数を算出する。すなわち、本水需要モデルに必要な変数は以下の項目である。

- ・  $y_h$  : 一人一日平均家庭用水使用量 (リットル/人・日)  
年間家庭用水量 (千 $m^3$ )  $\times$  1,000,000 / {年間日数 (日)  $\times$  給水人口 (人)}
- ・  $y_c$  : 第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 (リットル/人・日)  
{年間有収水量 (千 $m^3$ ) - 年間家庭用水量 (千 $m^3$ )}  $\times$  1,000,000 / {年間日数 (日)  $\times$  第3次就業者数 (人)}
- ・  $y_e$  : 一人一日平均有収水量 (リットル/人・日)  
年間有収水量 (千 $m^3$ )  $\times$  1,000,000 / {年間日数 (日)  $\times$  給水人口 (人)}
- ・  $x_1$  : 世帯構成人員 (人/世帯)  
給水人口 (人) / 給水世帯数 (世帯)
- ・  $x_2$  : 総生産額 (10億円)
- ・  $x_3$  : 下水道普及率 (%)  
下水処理区域人口 (人)  $\times$  100 / 行政人口 (人)
- ・  $x_4$  : 第3次産業就業者一人当たり生産額 (100万円/人)  
第3次産業生産額 (10億円)  $\times$  1,000 / 第3次産業就業者数 (人)
- ・  $x_5$  : 基準年 (1979年) からの経過年数  
各年度 - 1979

ここで、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域については、生活用水の用途が、家庭用水と都市活動用水の2用途に分類したデータが得られているので、 $y_h$ と $y_c$ の2つの原単位を用いた。一方、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域については、家庭用水と都市活動用水に分類したデータが得られなかったため、生活用水という1つの用途に対する原単位 $y_e$ のみを用いた。以上の変数の値を 表5-2 に示している。

なお、重回帰モデルの説明変数の選択にあたっては、日本水道協会発行「水道施設設計指針・解説」<sup>2)</sup>、福岡市水道局とのヒアリング、およびデータの入手可能状況などを考慮して決定した。

表5-2 本水需要モデルで用いた変数のデータ

1. 福岡市

年度	$y_c$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_h$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_e$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	270.31	164.95	247.28	2.91	2926	40.0	5.71	0
1980	272.71	166.71	243.62	2.75	3081	43.4	5.89	1
1981	281.67	174.16	246.05	2.73	3262	46.9	6.11	2
1982	274.19	172.62	230.98	2.70	3404	50.7	6.39	3
1983	278.65	177.45	228.62	2.67	3502	54.9	6.44	4
1984	286.21	183.79	229.60	2.66	3699	59.5	6.69	5
1985	281.40	181.72	220.74	2.68	3883	65.6	6.83	6
1986	281.85	184.81	213.29	2.66	4061	70.4	6.94	7
1987	284.13	187.03	211.95	2.63	4372	74.9	7.23	8
1988	293.02	193.49	215.11	2.61	4686	79.0	7.62	9
1989	299.61	197.96	217.95	2.58	4919	83.6	7.97	10
1990	307.36	203.41	221.61	2.51	5311	87.3	8.46	11

2. 筑紫地域 (4市1町or3市1企業団)

年度	$y_c$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_h$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_e$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	202.80	169.23	137.15	3.33	260	6.6	4.10	0
1980	195.03	162.04	134.19	3.34	277	11.1	4.15	1
1981	207.52	170.68	150.64	3.31	302	13.8	4.21	2
1982	208.48	175.19	137.18	3.31	331	18.7	4.34	3
1983	217.30	179.89	149.67	3.20	381	22.8	5.12	4
1984	222.62	189.32	131.21	3.20	368	29.0	5.00	5
1985	224.16	190.69	129.68	3.16	410	34.6	5.45	6
1986	228.33	193.28	134.70	3.13	507	39.1	5.70	7
1987	230.17	195.32	133.96	3.14	583	45.6	5.99	8
1988	235.00	199.99	134.99	3.05	640	49.1	6.23	9
1989	240.78	205.08	139.41	3.02	710	54.2	6.76	10
1990	243.82	207.83	143.09	2.97	777	58.9	7.20	11

3. 粕屋地域 (8町)

年度	$y_c$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_h$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_e$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	208.39	158.35	237.93	3.55	232	4.0	3.80	0
1980	202.79	152.23	235.70	3.48	247	4.8	3.72	1
1981	210.48	163.54	221.96	3.46	282	5.8	4.29	2
1982	211.54	161.39	238.14	3.42	299	5.7	4.40	3
1983	215.53	163.69	245.36	3.43	333	5.6	4.83	4
1984	221.96	169.27	248.83	3.45	339	6.3	4.96	5
1985	223.29	172.86	233.95	3.39	361	6.3	5.34	6
1986	221.60	174.52	214.11	3.38	390	6.4	5.59	7
1987	224.90	177.28	213.00	3.34	425	7.3	5.89	8
1988	227.60	178.99	215.68	3.31	457	7.8	6.09	9
1989	234.55	185.23	215.04	3.27	516	8.2	6.73	10
1990	242.48	191.99	215.51	3.23	580	8.9	7.11	11

4. 宗像地域 (1市3町1村)

年度	$y_c$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_h$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$y_e$ ( $\text{㉔}/\text{人日}$ )	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	175.24	149.28	112.15	3.48	88	31.1	3.49	0
1980	170.16	141.84	121.04	3.47	105	31.2	4.41	1
1981	183.10	148.77	146.22	3.43	115	31.3	4.03	2
1982	183.99	149.68	148.35	3.43	118	34.9	4.25	3
1983	184.98	151.28	151.01	3.44	125	37.1	4.77	4
1984	188.59	155.12	150.47	3.44	128	38.1	5.01	5
1985	194.29	159.80	151.65	3.34	140	38.4	5.33	6
1986	197.16	163.74	148.84	3.34	146	39.5	5.66	7
1987	199.74	166.25	150.49	3.31	156	41.3	5.87	8
1988	203.35	170.08	150.58	3.26	163	43.2	5.87	9
1989	208.90	176.56	147.18	3.24	184	45.8	6.67	10
1990	212.22	180.07	148.57	3.20	206	47.4	7.21	11

表5-2 本水需要モデルで用いた変数のデータ (続き)

5. 糸島地域 (1市2町)

年度	$y_c$ (%/入日)	$y_h$ (%/入日)	$y_e$ (%/入日)	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	164.81	105.19	160.00	3.80	64	0.0	3.39	0
1980	162.69	103.84	155.82	3.73	72	0.0	3.98	1
1981	165.32	104.59	173.96	3.66	81	0.0	3.90	2
1982	147.40	101.25	136.46	3.65	82	0.0	4.15	3
1983	152.62	116.55	117.29	3.67	91	0.0	4.76	4
1984	159.15	112.17	156.93	3.65	85	0.0	5.16	5
1985	159.96	112.73	159.75	3.64	95	0.0	5.23	6
1986	159.63	115.73	151.91	3.65	102	0.0	5.79	7
1987	162.00	117.57	155.11	3.61	109	0.0	6.18	8
1988	171.83	124.92	162.46	3.55	115	0.0	6.27	9
1989	177.74	131.68	160.65	3.52	129	0.0	7.04	10
1990	179.52	132.07	171.59	3.30	153	8.0	7.58	11

6. 筑豊地域 (1市4町)

年度	$y_c$ (%/入日)	$y_h$ (%/入日)	$y_e$ (%/入日)	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	246.18			3.11	222	10.9	4.21	0
1980	241.40			3.06	217	10.9	3.92	1
1981	253.63			3.02	216	11.5	3.70	2
1982	256.10			3.04	242	11.5	4.16	3
1983	256.43			3.06	260	11.6	4.55	4
1984	261.44			2.99	268	11.5	4.95	5
1985	261.71			3.08	288	11.5	5.37	6
1986	267.37			3.05	309	12.6	5.70	7
1987	273.10			3.06	326	13.7	6.01	8
1988	281.42			3.10	345	15.0	6.24	9
1989	289.93			3.02	388	17.3	6.76	10
1990	298.71			2.94	423	18.9	7.29	11

7. 朝倉地域 (1市2町)

年度	$y_c$ (%/入日)	$y_h$ (%/入日)	$y_e$ (%/入日)	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	164.72			4.02	100	0.0	3.87	0
1980	171.43			4.02	110	0.0	4.13	1
1981	174.38			3.52	176	0.0	3.92	2
1982	182.20			3.91	180	0.0	4.25	3
1983	202.66			3.85	205	0.0	5.03	4
1984	207.81			3.84	197	0.0	5.40	5
1985	213.52			3.81	206	0.0	5.68	6
1986	201.44			3.81	205	0.0	5.72	7
1987	205.64			3.75	220	0.0	6.06	8
1988	199.11			3.72	235	0.0	6.08	9
1989	205.83			3.71	243	0.0	6.65	10
1990	210.34			3.65	270	0.0	7.04	11

8. 筑後地域 (3市3町or 2市1町1企業団)

年度	$y_c$ (%/入日)	$y_h$ (%/入日)	$y_e$ (%/入日)	$x_1$ (人/世帯)	$x_2$ (10億円)	$x_3$ (%)	$x_4$ (百万円/人)	$x_5$ (年)
1979	263.43			3.38	632	10.2	4.03	0
1980	248.24			3.32	671	12.4	4.23	1
1981	256.83			3.26	748	16.2	4.74	2
1982	275.83			3.22	721	16.8	4.58	3
1983	263.03			3.22	750	20.1	4.75	4
1984	268.94			3.30	773	20.4	5.04	5
1985	268.40			3.26	800	22.5	5.29	6
1986	267.92			3.23	843	22.6	5.46	7
1987	270.57			3.19	874	25.0	5.52	8
1988	277.62			3.17	918	26.1	5.74	9
1989	280.59			3.15	983	31.3	6.18	10
1990	286.19			3.13	1066	32.4	6.53	11

#### ④-2 原単位と説明変数の相関

ここでは、④-1の各変数の基礎統計量として相関を調べてみよう。福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域については、原単位 $y_h$ と説明変数 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ の相関および原単位 $y_c$ と説明変数 $x_4$ 、 $x_5$ の相関を調べた結果を、それぞれ表5-3 (a)および表5-3 (b)に示している。また、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域については、原単位 $y_e$ と説明変数 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$ 、 $x_5$ の相関を調べた結果を表5-3 (c)に示している。

表5-3 (a)より、 $y_h$ と $x_1$ の間には、いずれの地域においても高い負の相関が見られる。また、 $y_h$ と $x_2$ の間および $y_h$ と $x_3$ の間には、いずれの地域においても高い正の相関が見られる。但し、糸島地域においては、 $x_3$ との相関が低くなっているが、これはこの地域では1989年まで下水道が普及していなかったためである。一方、各説明変数 $x_1 \sim x_3$ の間にも、全ての地域で高い相関が見られるので、各説明変数間での強い相互関係が示唆される。

次に、表5-3 (b)より、 $y_c$ と経過年数 $x_5$ の間には、福岡市、筑紫地域、粕屋地域では負の相関、逆に宗像地域、糸島地域では正の相関が見られる。これは、福岡市、筑紫地域、粕屋地域においては、原単位 $y_c$ が、年の経過と共に減少している一方で、宗像地域、糸島地域では年の経過と共に増加していることを示している。但し、筑紫地域、糸島地域では相関係数の値そのものが小さいので、相関関係は余り顕著でない。また、 $y_c$ と $x_4$ との相関についても、 $x_5$ の場合と全く同様の関係が見られる。これは、いずれの地域においても、 $x_4$ と $x_5$ の間に非常に高い正の相関があるためである。

次に、表5-3 (c)より、 $y_e$ と $x_1$ の間には、いずれの地域においても負の相関が見られる。また、 $y_e$ とその他の説明変数 $x_2 \sim x_5$ の間には、いずれの地域においても高い正の相関が見られる。但し、朝倉地域については、下水道普及率が零であるので、 $x_3$ との相関は無視している。また、説明変数 $x_2 \sim x_4$ は経過年数 $x_5$ と非常に高い相関関係にあり、その結果、これらの説明変数間には互いに高い相関が存在することが分かる。

#### ⑤用途別原単位の重回帰モデルによる推定

##### ⑤-1 重回帰式によるモデル化

福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域における、一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ および第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 $y_c$ を、前項④の説明変数 $x_1 \sim x_5$ を用いて、次式の重回帰式でモデル化する。

$$y_h = a_h + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 \quad (5-4)$$

$$y_c = a_c + a_4 x_4 + a_5 x_5 \quad (5-5)$$

ここに、 $a_h$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_c$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ ：偏回帰係数

また、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域における一人一日平均有収水量 $y_e$ は、説明変数 $x_1 \sim x_5$ を用いて次式の重回帰式でモデル化する。



表5-3 原単位と説明変数の相関係数

(a) 原単位 $y_h$ とその説明変数との相関係数

1. 福岡市

	$y_h$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y_h$	1.0	-0.914	0.984	0.976
$x_1$		1.0	-0.891	-0.888
$x_2$			1.0	0.986
$x_3$				1.0

2. 筑紫地域

	$y_h$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y_h$	1.0	-0.974	0.935	0.978
$x_1$		1.0	-0.965	-0.977
$x_2$			1.0	0.974
$x_3$				1.0

3. 粕屋地域

	$y_h$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y_h$	1.0	-0.932	0.976	0.954
$x_1$		1.0	-0.976	-0.976
$x_2$			1.0	0.974
$x_3$				1.0

4. 宗像地域

	$y_h$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y_h$	1.0	-0.972	0.958	0.965
$x_1$		1.0	-0.967	-0.938
$x_2$			1.0	0.969
$x_3$				1.0

5. 糸島地域

	$y_h$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$y_h$	1.0	-0.819	0.931	0.517
$x_1$		1.0	-0.953	-0.811
$x_2$			1.0	0.634
$x_3$				1.0

(b) 原単位 $y_c$ とその説明変数との相関係数

1. 福岡市

	$y_c$	$x_4$	$x_5$
$y_c$	1.0	-0.773	-0.872
$x_4$		1.0	0.981
$x_5$			1.0

2. 筑紫地域

	$y_c$	$x_4$	$x_5$
$y_c$	1.0	-0.053	-0.113
$x_4$		1.0	0.983
$x_5$			1.0

3. 粕屋地域

	$y_c$	$x_4$	$x_5$
$y_c$	1.0	-0.676	-0.671
$x_4$		1.0	0.991
$x_5$			1.0

4. 宗像地域

	$y_c$	$x_4$	$x_5$
$y_c$	1.0	0.556	0.652
$x_4$		1.0	0.975
$x_5$			1.0

5. 糸島地域

	$y_c$	$x_4$	$x_5$
$y_c$	1.0	0.260	0.241
$x_4$		1.0	0.989
$x_5$			1.0

表5-3 原単位と説明変数の相関係数（続き）

(c) 原単位 $y_e$ とその説明変数との相関係数

6. 筑豊地域

	$y_e$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$y_e$	1.0	-0.491	0.982	0.956	0.957	0.965
$x_1$		1.0	-0.438	-0.523	-0.355	-0.403
$x_2$			1.0	0.949	0.989	0.970
$x_3$				1.0	0.903	0.874
$x_4$					1.0	0.968
$x_5$						1.0

7. 朝倉地域

	$y_e$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$y_e$	1.0	-0.388	0.855	-	0.866	0.822
$x_1$		1.0	-0.694	-	-0.456	-0.558
$x_2$			1.0	-	0.892	0.933
$x_3$				-	-	-
$x_4$					1.0	0.980
$x_5$						1.0

8. 筑後地域

	$y_e$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
$y_e$	1.0	-0.753	0.803	0.811	0.800	0.814
$x_1$		1.0	-0.889	-0.899	-0.869	-0.875
$x_2$			1.0	0.977	0.992	0.970
$x_3$				1.0	0.986	0.985
$x_4$					1.0	0.983
$x_5$						1.0

$$y_e = a_e + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5 \quad (5-6)$$

ここに、 $a_e, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  : 偏回帰係数

⑤-2 重回帰係数の推定および代替モデルの作成

重回帰式(5-4)～(5-6)の偏回帰係数を段階的手法(stepwise method)<sup>4)</sup>、<sup>5)</sup>により算出し、最良回帰式を求めた。なお、ここでは、汎用統計パッケージSAS<sup>5)</sup>を用いて統計処理の計算を行った。

求められた $y_h$ の最良回帰式については、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域全てについて、寄与率は0.9以上で、F検定も1%の有

意水準を満足していた。しかし、糸島地域における偏回帰係数の符号は合理的ではなく、また偏回帰係数の t 検定の結果、10%の有意水準で棄却されたので、糸島地域については、次式で表される $y_h$ の経過年数 $t$ による直線回帰を採用した。

$$y_h = a + bt \quad (5-7)$$

ここに、 $a$ 、 $b$ は係数である。この直線回帰はF値、 $t$ 値共に1%の有意水準を満足した。

また、福岡市の $y_h$ に対する最良回帰式では、取り入れられた説明変数は $x_2$ の総生産額だけであった。これは、表5-3(a)の福岡市の $y_h$ に対しては、 $x_2$ に対する相関が最も高く、また説明変数間の相関も高いためと考えられる。そのため、福岡市の $y_h$ は、経済モデルから出力される総生産額（飛躍的に増加する）に強く影響されたため、ここでは、福岡市の $y_h$ に対する説明変数としては、全因子すなわち $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ を用いた。さらに、筑紫地域の $y_h$ に対する最良回帰式では、取り入れられた説明変数は $x_3$ の下水道普及率だけであった。これは、表5-3

(a)の筑紫地域の $y_h$ に対しては、 $x_3$ に対する相関が最も高く、また説明変数間の相関も高いためと考えられる。そのため、筑紫地域の $y_h$ は、1990年時点で既に60%近くに達している下水道普及率の、将来での頭打ち状態に影響され、 $y_h$ がほとんど増加しなくなったため、ここでは、筑紫地域の $y_h$ に対する説明変数として、 $x_1$ も取り込み、 $x_1$ 、 $x_3$ を用いた重回帰式とした。

次に、 $y_c$ の最良回帰式についてみると、筑紫地域、糸島地域については、 $x_4$ 、 $x_5$ いずれの説明変数を用いても、モデルの寄与率が15%に達しなかったため、これらの説明変数による重回帰式は有意ではなかった。また、粕屋地域、宗像地域については、最良回帰式のF値が1%の有意水準をクリアしなかった。よって、これら福岡市以外の4地域の $y_c$ については、過去のデータの平均値を用いることとした。なお、福岡市の $y_c$ については最良回帰式を用いる。

次に、 $y_e$ の最良回帰式についてみると、朝倉地域、筑後地域に対する最良回帰式は、F値、 $t$ 値共に1%の有意水準を満足した。しかし、筑豊地域に対しては、取り込まれた説明変数の偏回帰係数は、 $t$ 検定により10%の有意水準で棄却された。このため筑豊地域については、次式で表される $y_e$ の経過年数 $t$ による飽和値400（リットル/人・日）のロジスティック曲線を採用した。

$$y_e = 400 / \{1 + \exp(a - bt)\} \quad (5-8)$$

ここに、 $a$ 、 $b$ は係数である。このロジスティック曲線回帰は、F値、 $t$ 値共に1%の有意水準を満足した。

以上、本水需要モデルで用いたモデルをまとめて表5-4に示している。このうち、重回帰モデルによる偏回帰係数の最小二乗解を表5-5に、また重回帰モデル以外のモデルを用いた、糸島地域の $y_h$ の式(5-7)および筑豊地域の $y_e$ の式(5-8)における係数の最小二乗解を表5-6に示している。

表5-4 最終的に採用したモデル

ブロック	$y_h$	$y_c$	ブロック	$y_e$
福岡市	重回帰( $x_1, x_2, x_3$ )	重回帰*( $x_4, x_5$ )	筑豊地域	ロジスティック曲線
筑紫地域	重回帰( $x_1, x_3$ )	平均値	朝倉地域	重回帰*( $x_4$ )
粕屋地域	重回帰*( $x_2$ )	平均値	筑後地域	重回帰*( $x_5$ )
宗像地域	重回帰*( $x_1, x_3$ )	平均値	* 最良回帰	
糸島地域	直線回帰	平均値		

表5-5 採用した重回帰モデルの偏回帰係数および寄与率

ブロック	$a_h$	$a_l$	$a_2$	$a_3$	寄与率
福岡市	188.456	-20.7090	0.0108	0.1084	0.975
筑紫地域	321.744	-47.4979	-	0.4958	0.963
粕屋地域	131.450	-	0.1058	-	0.952
宗像地域	353.749	-68.9134	-	0.9802	0.968
ブロック	$a_c$	$a_4$	$a_5$	寄与率	
福岡市	59.012	33.0652	-10.6356	0.940	
ブロック	$a_e$	$a_4$	$a_5$	寄与率	
朝倉地域	122.790	13.5617	-	0.750	
筑後地域	255.992	-	2.3597	0.663	

表5-6 代替モデルのパラメータの推定結果

ブロック	モデル	a	b	寄与率
糸島地域	直線回帰	100.085	2.6862	0.854
筑豊地域	ロジスティック曲線	-0.4024	0.0516	0.919

## ⑥重回帰モデルにおける説明変数およびその他必要な変数の将来予測

### ⑥-1 重回帰モデルの説明変数の定式化

重回帰式(5-4)から(5-6)における説明変数 $x_1 \sim x_5$ のうち、説明変数 $x_2$ (総生産額)、 $x_4$ (第3次産業就業者一人当たり生産額)の将来予測値については、本報告書の経済モデルからの出力値を用いる。それ以外の説明変数 $x_1$ 、 $x_3$ 、 $x_5$ については、基準年(1979年)からの経過年数 $t$ により、以下のような時系列傾向モデルを用いて予測を行う。

まず、世帯構成人員 $x_1$ (人/世帯)については、最低値1の指数減少モデルを用い、下水道普及率 $x_3$ (%)については、飽和値100%のロジスティック曲線を用いる。基準年(1979年)からの経過年数 $x_5$ (年)については、経過年数 $t$ そのものである。すなわち、これらの説明変数は以下のように表される。

$$x_1(t) = a \cdot b^t + 1 \quad (5-9)$$

$$x_3(t) = 100 / \{1 + \exp(a - bt)\} \quad (5-10)$$

$$x_5 = t \quad (5-11)$$

ここに、 $a$ 、 $b$ は各モデルの係数である。

### ⑥-2 その他必要な変数の定式化

本水需要モデルにおいて、上記の説明変数以外に必要な変数は、給水普及率 $x_6$ 、有収率 $x_7$ 、有効率 $x_8$ 、行政人口 $x_9$ 、第3次産業就業者数 $x_{10}$ である。これらの変数のうち $x_9$ 、 $x_{10}$ の将来予測については、経済モデルからの出力値を用いる。また、変数 $x_6$ については、基準年(1979年)からの経過年数 $t$ を用いた、飽和値100%のロジスティック曲線を、変数 $x_7$ 、 $x_8$ については飽和値95%のロジスティック曲線を用いてモデル化を行う。すなわち、

$$x_6(t) = 100 / \{1 + \exp(a - bt)\} \quad (5-12)$$

$$x_i(t) = 95 / \{1 + \exp(a - bt)\} \quad (i = 7, 8) \quad (5-13)$$

ここに、 $a$ 、 $b$ は各モデルの係数である。

### ⑥-3 モデルパラメータの推定

以上のように、重回帰モデルにおける説明変数およびその他必要な変数のモデル化を行ったが、これらの変数の将来予測を行うためには、まず、これらのモデルのモデルパラメータすなわち式(5-9)、(5-10)、(5-12)、(5-13)の係数 $a$ 、 $b$ を求める必要がある。表5-7にこれらの変数の最小2乗解を示している。但し、糸島地域および朝倉地域の変数 $x_3$ (下水道普及率)に対しては、下水道普及率が1989年度もしくは1990年度まで0のため、この変数の係数は求められない。また、朝倉地域の変数 $x_7$ (有収率)および $x_8$ (有効率)に対して求められた係数の値は有意ではなかったため、これらの変数にしては、式(5-12)ではなく、過去のデータの平均値を用いた。

表5-7を見ると、寄与率の低いモデルもあるが、求められた将来予測値

に、特に不合理はなかったので、本水需要モデルでは、表5-7 の係数の値を用いた。

表5-7 モデルパラメータの推定結果

説明変数	ブロック	a	b	寄与率
X <sub>1</sub>	福岡市	1.8156	0.9851	0.832
	筑紫地域	2.3716	0.9845	0.954
	粕屋地域	2.5303	0.9898	0.930
	宗像地域	2.5077	0.9893	0.916
	糸島地域	2.7826	0.9889	0.727
	筑豊地域	2.0733	0.9974	0.162
	朝倉地域	2.9260	0.9920	0.311
	筑後地域	2.3347	0.9921	0.766
X <sub>3</sub>	福岡市	0.5263	0.2023	0.988
	筑紫地域	2.1861	0.2407	0.989
	粕屋地域	3.0514	0.0640	0.946
	宗像地域	0.8399	0.0647	0.975
	糸島地域	-	-	-
	筑豊地域	2.2455	0.0607	0.814
	朝倉地域	-	-	-
	筑後地域	1.9625	0.1121	0.964
X <sub>6</sub>	福岡市	-3.9166	0.0101	0.133
	筑紫地域	-1.1477	0.0309	0.819
	粕屋地域	-1.6006	0.0574	0.959
	宗像地域	-0.4424	0.0641	0.970
	糸島地域	0.2192	0.0706	0.918
	筑豊地域	-1.7638	0.0178	0.497
	朝倉地域	1.7613	0.0426	0.973
	筑後地域	-1.0467	0.0474	0.995
X <sub>7</sub>	福岡市	-2.1339	0.1132	0.887
	筑紫地域	-1.8379	0.0475	0.548
	粕屋地域	-1.7181	0.0352	0.735
	宗像地域	-1.7286	0.0385	0.528
	糸島地域	-1.8439	0.0655	0.723
	筑豊地域	-1.9469	0.0193	0.340
	朝倉地域	-	-	-
	筑後地域	-2.3403	0.0116	0.039
X <sub>8</sub>	福岡市	-2.1398	0.1998	0.868
	筑紫地域	-2.0974	0.0469	0.395
	粕屋地域	-2.0842	0.0326	0.576
	宗像地域	-1.9791	0.0492	0.441
	糸島地域	-1.9230	0.0918	0.723
	筑豊地域	-2.0145	0.0177	0.242
	朝倉地域	-	-	-
	筑後地域	-2.5402	0.0599	0.409

⑥-4 将来予測値の算定

重回帰モデルにおける説明変数およびその他必要な変数に対して、上述のようにモデル化およびモデルパラメータの推定を行ったので、これらおよび経済モデルからの出力を用いて、変数 $x_1 \sim x_{10}$  ( $x_5$ を除く)の将来予測値を算定した結果を図5-4表5-8に示している。但し、図においては5年毎の値を示している。また、1990年までは実績のデータを示しており、1995年～2010年が将来予測値である。これは、以下の将来予測についても同様である。

図5-4 において、朝倉地域における有効率 $x_8$ の、1990年までの急激な減少傾向が目立つが、これは、表5-1に見られるように、朝倉地域の年間給水量の急激な増加に対して、有効水量の伸びがそれに伴わなかったためである。

図5-4 変数 $x_1 \sim x_{10}$  ( $x_5$ を除く)の予測結果

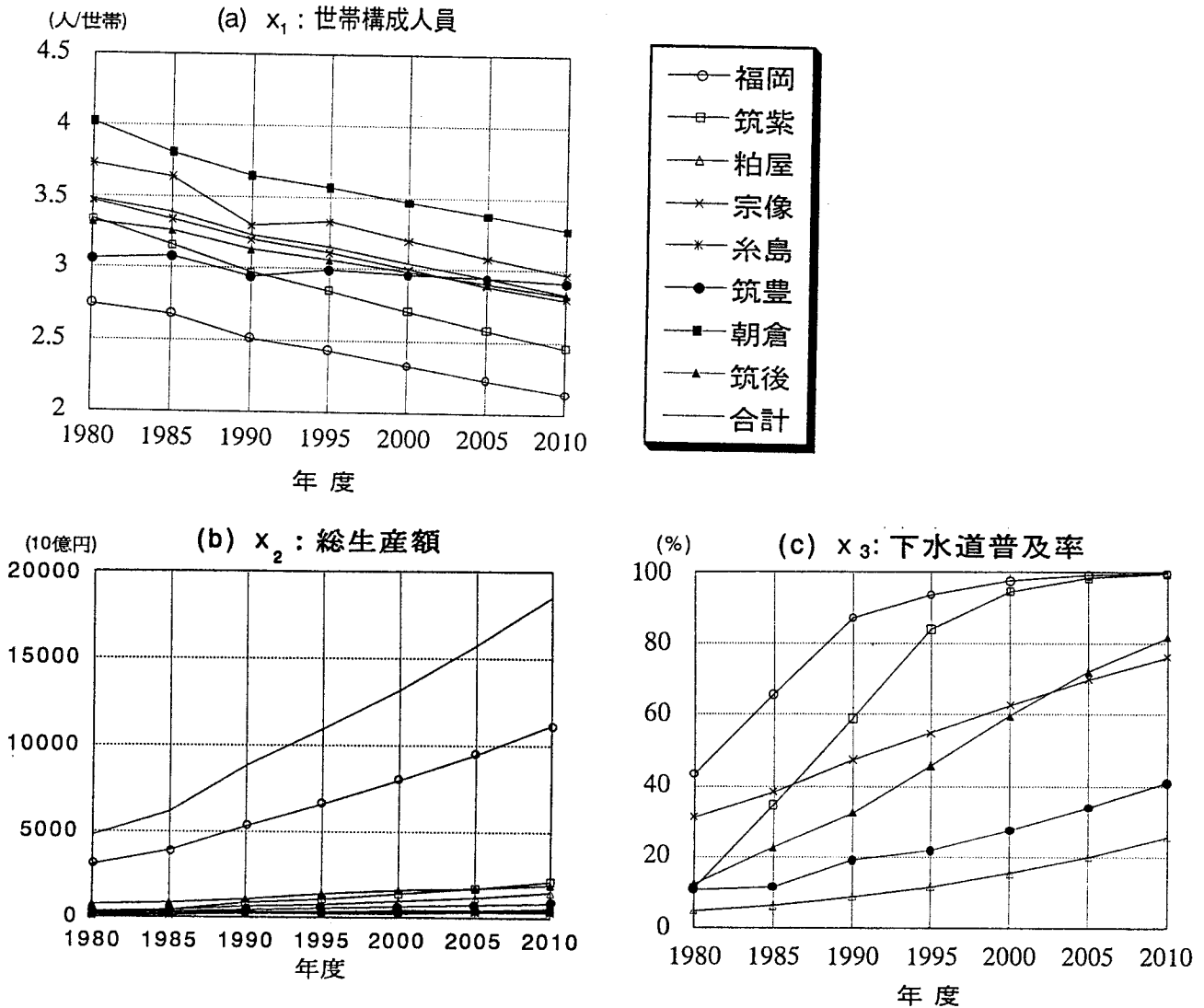
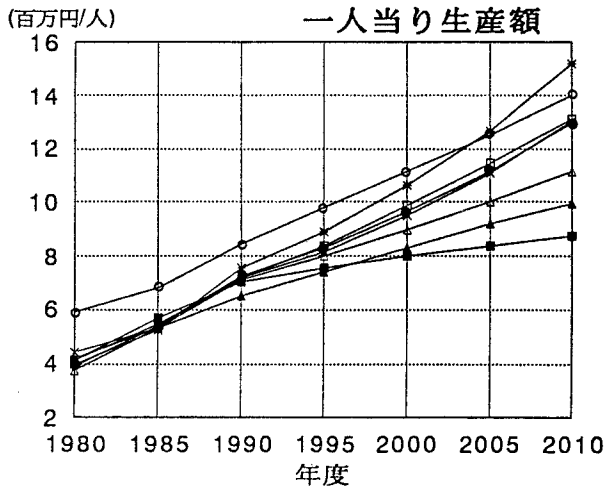
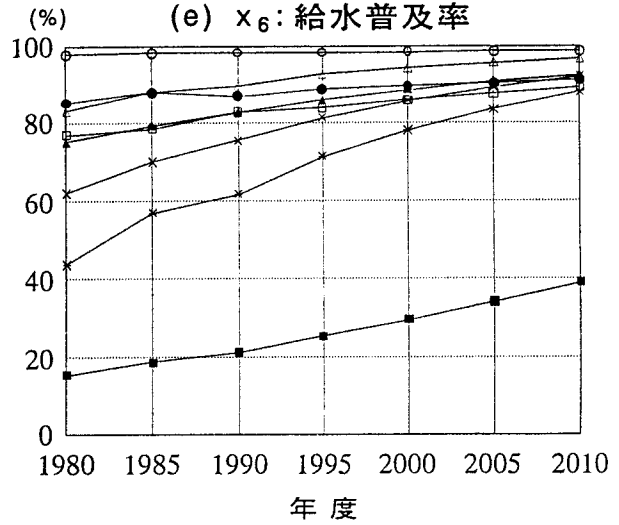


図 5-4 変数  $x_1 \sim x_{10}$  ( $x_5$ を除く) の予測結果 (続き)

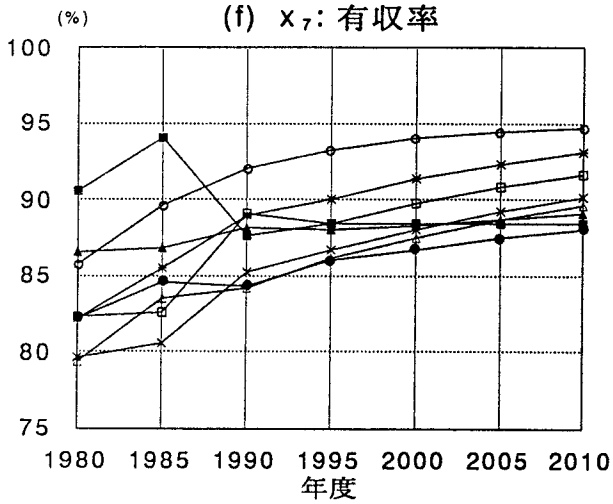
(d)  $x_4$ : 第3次産業就業者



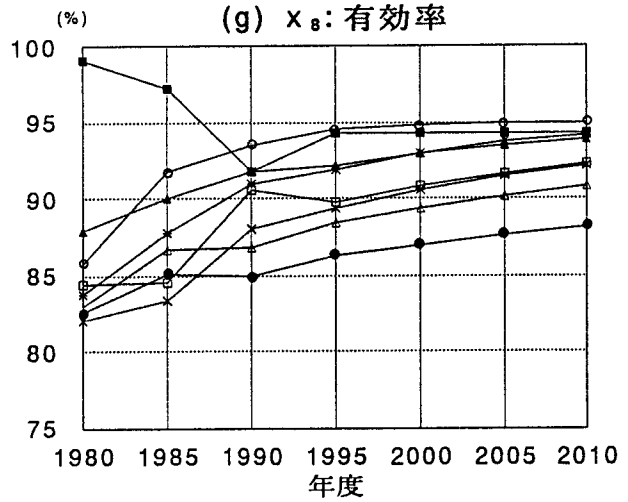
(e)  $x_6$ : 給水普及率



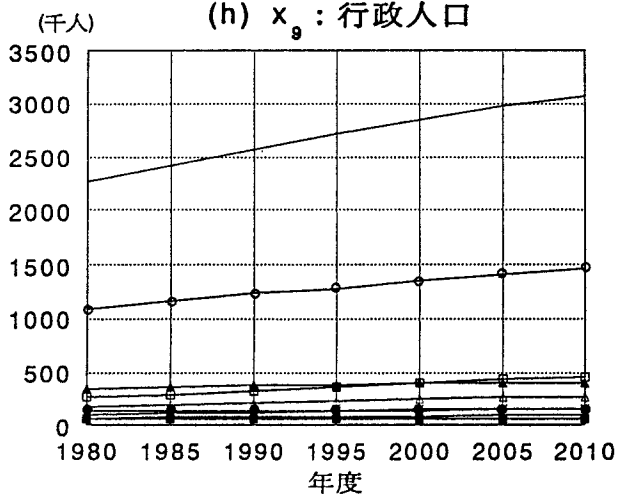
(f)  $x_7$ : 有収率



(g)  $x_8$ : 有効率



(h)  $x_9$ : 行政人口



(i)  $x_{10}$ : 第3次産業就業者人口

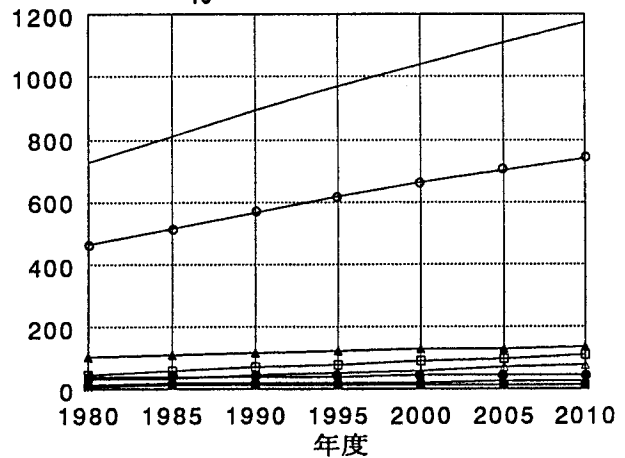




表5—8 変数x1～x10 (x5を除く) の予測結果

(a)x1：世帯構成人員

(単位：人/世帯)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	2.75	3.34	3.48	3.47	3.73	3.06	4.02	3.32
1985年度	2.68	3.16	3.39	3.34	3.64	3.08	3.81	3.26
1990年度	2.51	2.97	3.23	3.20	3.30	2.94	3.65	3.13
1995年度	2.43	2.85	3.15	3.11	3.33	2.99	3.57	3.06
2000年度	2.33	2.71	3.04	3.00	3.20	2.96	3.47	2.98
2005年度	2.23	2.58	2.94	2.89	3.08	2.94	3.38	2.90
2010年度	2.14	2.46	2.84	2.80	2.97	2.91	3.28	2.83

(b)x2：総生産額

(単位：10億円)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	3,081	277	247	105	72	217	110	671	4,780
1985年度	3,883	410	361	140	95	288	206	800	6,183
1990年度	5,311	777	580	206	153	423	270	1,066	8,786
1995年度	6,602	1,033	740	268	185	495	288	1,304	10,915
2000年度	7,981	1,318	928	330	217	588	324	1,507	13,193
2005年度	9,461	1,664	1,152	400	254	701	363	1,711	15,706
2010年度	11,120	2,079	1,423	480	298	844	412	1,923	18,579

(c)x3：下水道普及率

(単位：%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	43.40	11.10	4.80	31.20	0.00	10.90	0.00	12.40
1985年度	65.60	34.60	6.30	38.40	0.00	11.50	0.00	22.50
1990年度	87.30	58.90	8.90	47.40	8.00	18.90	0.00	32.40
1995年度	93.77	84.10	11.63	54.88	—	21.84	—	45.77
2000年度	97.64	94.63	15.34	62.71	—	27.46	—	59.64
2005年度	99.13	98.33	19.96	69.92	—	33.89	—	72.13
2010年度	99.68	99.49	25.56	76.26	—	40.97	—	81.92

(d)x4：第3次産業就業者一人当たり生産額

(単位：100万円/人)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	5.89	4.15	3.72	4.41	3.98	3.92	4.13	4.23
1985年度	6.83	5.45	5.34	5.33	5.23	5.37	5.68	5.29
1990年度	8.46	7.20	7.11	7.21	7.58	7.29	7.04	6.53
1995年度	9.80	8.42	8.05	8.16	8.93	8.29	7.59	7.43
2000年度	11.13	9.90	9.02	9.49	10.63	9.63	7.98	8.34
2005年度	12.51	11.48	10.03	11.10	12.69	11.18	8.36	9.19
2010年度	14.01	13.11	11.13	13.06	15.16	12.95	8.73	9.99

(e)x6：給水普及率

(単位：%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	97.80	76.90	83.10	62.10	43.70	85.20	15.30	75.10
1985年度	98.20	78.50	87.90	70.00	57.00	87.80	18.50	79.30
1990年度	98.30	82.80	89.70	75.40	61.80	86.90	21.10	82.90
1995年度	98.33	83.78	92.55	81.28	71.30	88.58	25.35	85.87
2000年度	98.41	85.77	94.30	85.68	77.95	89.45	29.59	88.50
2005年度	98.49	87.55	95.66	89.18	83.42	90.26	34.21	90.70
2010年度	98.56	89.14	96.71	91.91	87.74	91.02	39.15	92.52

表5—8 変数x1～x10 (x5を除く) の予測結果 (続き)

(f)x7：有収率

(単位：%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	85.70	82.30	79.40	79.60	82.10	82.20	90.50	86.60
1985年度	89.60	82.50	83.50	80.60	85.50	84.60	94.00	86.80
1990年度	92.00	89.10	84.20	85.20	88.90	84.30	87.60	88.10
1995年度	93.20	88.42	86.20	86.69	90.01	85.98	88.42	87.97
2000年度	93.97	89.74	87.51	88.04	91.35	86.74	88.42	88.34
2005年度	94.41	90.80	88.64	89.18	92.34	87.44	88.42	88.69
2010年度	94.66	91.66	89.61	90.15	93.07	88.08	88.42	89.02

(g)x8：有効率

(単位：%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	85.80	84.40	82.90	82.00	83.70	82.50	99.10	87.90
1985年度	91.70	84.60	86.70	83.30	87.70	85.10	97.20	90.00
1990年度	93.50	90.60	86.80	88.00	91.00	84.90	91.70	91.80
1995年度	94.55	89.79	88.46	89.37	91.91	86.33	94.35	92.21
2000年度	94.83	90.83	89.39	90.54	93.02	87.00	94.35	92.92
2005年度	94.94	91.67	90.19	91.48	93.74	87.63	94.35	93.45
2010年度	94.98	92.35	90.88	92.22	94.20	88.21	94.35	93.84

(h)x9：行政人口

(単位：人)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	1,085,874	265,197	180,729	109,776	66,792	141,432	65,197	351,031	2,266,028
1985年度	1,157,917	297,465	197,793	119,222	73,933	144,566	67,333	364,116	2,422,345
1990年度	1,232,257	335,099	214,081	128,880	78,399	145,635	67,618	375,912	2,577,881
1995年度	1,287,000	370,700	231,400	138,100	84,500	147,000	67,620	384,600	2,710,920
2000年度	1,352,000	405,700	252,000	149,500	89,260	147,800	67,590	391,500	2,855,350
2005年度	1,417,000	436,700	264,900	156,400	92,940	148,400	67,450	394,500	2,978,290
2010年度	1,467,000	464,300	272,100	159,800	95,600	148,900	67,200	395,100	3,070,000

(i)x10：第3次産業就業者人口

(単位：人)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	462,082	50,144	32,218	15,946	11,024	40,651	13,225	102,106	727,396
1985年度	513,440	60,274	37,455	18,993	12,451	41,703	14,070	109,882	808,268
1990年度	568,034	69,788	44,994	21,040	13,402	43,159	15,211	117,704	893,332
1995年度	617,400	79,500	53,040	22,870	14,130	44,140	16,160	123,500	970,740
2000年度	662,100	89,200	61,320	24,360	14,690	45,070	16,960	128,500	1,042,200
2005年度	702,800	98,910	70,140	25,570	15,110	46,050	17,670	132,700	1,108,950
2010年度	740,200	108,700	79,890	26,560	15,430	47,200	18,300	136,500	1,172,780

## ⑦水需要の将来予測

### ⑦-1 用途別原単位の将来予測

⑥で求められた変数 $x_1 \sim x_{10}$ の将来予測値を用いて、まず、用途別原単位である一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ （リットル/人・日）、第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 $y_c$ （リットル/人・日）、一人一日平均有収水量 $y_e$ （リットル/人・日）の将来予測を行った結果を図5-5表5-9に示す。なお、前述のように、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域については、生活用水の用途が、家庭用水と都市活動用水の2用途に分類したデータが得られているので、 $y_h$ と $y_c$ の2つの原単位を用いた予測となっている。一方、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域については、家庭用水と都市活動用水に分類したデータが得られなかったため、生活用水という1つの用途に対する原単位 $y_e$ のみを用いた予測となっている。

図5-5 用途別原単位の予測結果

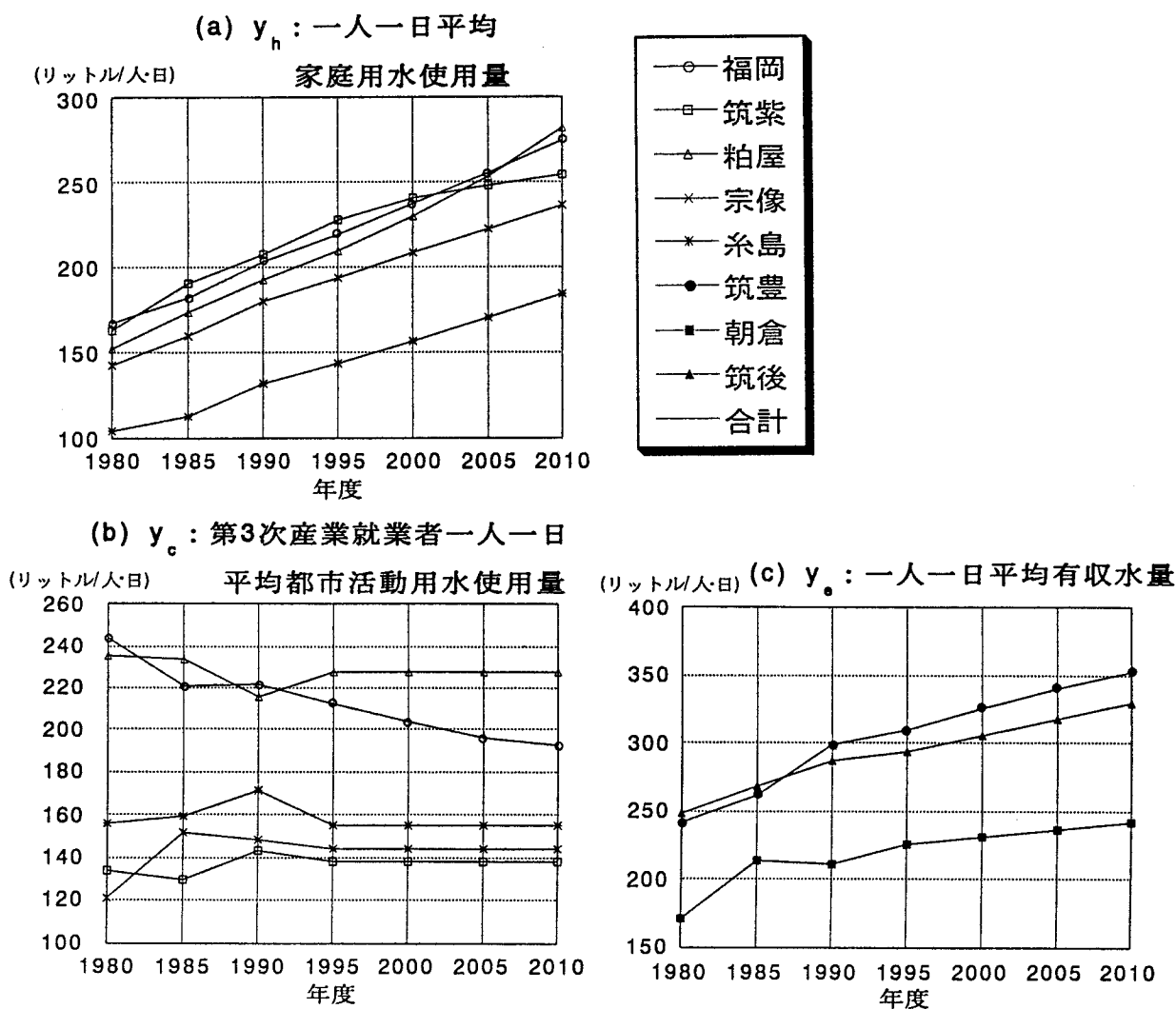


表5—9 用途別原単位の子測結果

(a)yh：1人1日平均家庭用水使用量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	166.71	162.04	152.23	141.84	103.84	—	—	—
1985年度	181.72	190.69	172.86	159.80	112.73	—	—	—
1990年度	203.41	207.83	191.99	180.07	132.07	—	—	—
1995年度	219.63	228.15	209.73	193.19	143.06	—	—	—
2000年度	237.08	239.95	229.62	208.49	156.49	—	—	—
2005年度	255.21	247.87	253.32	222.79	169.92	—	—	—
2010年度	275.02	254.08	281.99	235.86	183.36	—	—	—

(b)yc：第3次産業就業者1人1日平均都市活動用水使用量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	243.62	134.19	235.70	121.04	155.82	—	—	—
1985年度	220.74	129.68	233.95	151.65	159.75	—	—	—
1990年度	221.61	143.09	215.51	148.57	171.59	—	—	—
1995年度	212.74	137.99	227.93	143.88	155.16	—	—	—
2000年度	203.77	137.99	227.93	143.88	155.16	—	—	—
2005年度	196.08	137.99	227.93	143.88	155.16	—	—	—
2010年度	192.54	137.99	227.93	143.88	155.16	—	—	—

(c)ye：1人1日平均有収水量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	—	—	—	—	—	241.40	171.43	248.24
1985年度	—	—	—	—	—	261.71	213.52	268.40
1990年度	—	—	—	—	—	298.71	210.34	286.19
1995年度	—	—	—	—	—	309.39	225.68	293.75
2000年度	—	—	—	—	—	326.19	231.06	305.54
2005年度	—	—	—	—	—	340.48	236.15	317.34
2010年度	—	—	—	—	—	352.40	241.21	329.14

⑦-2 有収水量、給水量、有効水量の将来予測

⑦-1で求められた用途別原単位の将来予測値を用いて、有収水量、有効水量、給水量の将来予測値を算定してみよう。まず、行政人口 $x_9$ に給水普及率 $x_6$ を乗じて給水人口 $x_{11}$ の予測を行う。すなわち、

$$x_{11} = x_9 \times x_6 \quad (5-14)$$

次いで、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域については、給水人口 $x_{11}$ の予測値に一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ （リットル/人・日）を乗じて、一日平均家庭用水使用量 $Y_h$ （ $\text{km}^3$ /日）を求める。また、第3次産業就業者数 $x_{10}$ （人）の予測値に、第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 $y_c$ （リットル/人・日）を乗じて、一日平均都市活動用水使用量 $Y_c$ （ $\text{km}^3$ /日）を求める。そして、一日平均有収水量 $Y_e$ （ $\text{km}^3$ /日）はこれら $Y_h$ と $Y_c$ の和として求められる。すなわち、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域における $Y_e$ は以下の式で求められる（但し、リットルから $\text{km}^3$ などへの単位換算が必要である）。

$$Y_e = Y_h + Y_c = x_{11} \times y_h + x_{10} \times y_c \quad (5-15)$$

一方、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域における一日平均有収水量 $Y_e$ （ $\text{km}^3$ /日）については、給水人口 $x_{11}$ の予測値に、一人一日平均有収水量 $y_e$ （リットル/人・日）を乗じて求める。すなわち、

$$Y_e = x_{11} \times y_e \quad (5-16)$$

次に、一日平均給水量 $Y_g$ （ $\text{km}^3$ /日）は、一日平均有収水量 $Y_e$ を有収率 $x_7$ で除して求められ、一日平均有効水量 $Y_y$ （ $\text{km}^3$ /日）は $Y_g$ に有効率 $x_8$ を乗じて求められる。すなわち、

$$Y_g = Y_e / x_7 \quad (5-17)$$

$$Y_y = Y_g \times x_8 \quad (5-18)$$

以上のようにして求められた、給水人口 $x_{11}$ 、一日平均家庭用水使用量 $Y_h$ 、一日平均都市活動用水使用量 $Y_c$ 、一日平均有収水量 $Y_e$ 、一日平均給水量 $Y_g$ 、および一日平均有効水量 $Y_y$ の将来予測値を、図5-6表5-10に示している。

さらに、式(5-15)～式(5-18)の $Y_e$ 、 $Y_y$ 、 $Y_g$ を給水人口 $x_{11}$ で除して一人一日平均有収水量 $y_e$ （リットル/人・日）、一人一日平均有効水量 $y_y$ （リットル/人・日）、一人一日平均給水量 $y_g$ （リットル/人・日）を求める。すなわち、

$$y_e = Y_e / x_{11} \quad (5-19)$$

$$y_y = Y_y / x_{11} \quad (5-20)$$

$$y_g = Y_g / x_{11} \quad (5-21)$$

そして、これらの将来予測値を、図5-7表5-11に示している。なお、筑豊地域、朝倉地域、筑後地域の3地域に対する $y_e$ の値は、⑦-1で求めた用途別原単位である $y_c$ と等しくなる。

図5-6  $x_{11}$ 、 $Y_h$ 、 $Y_c$ 、 $Y_s$ および $Y_y$ の予測結果

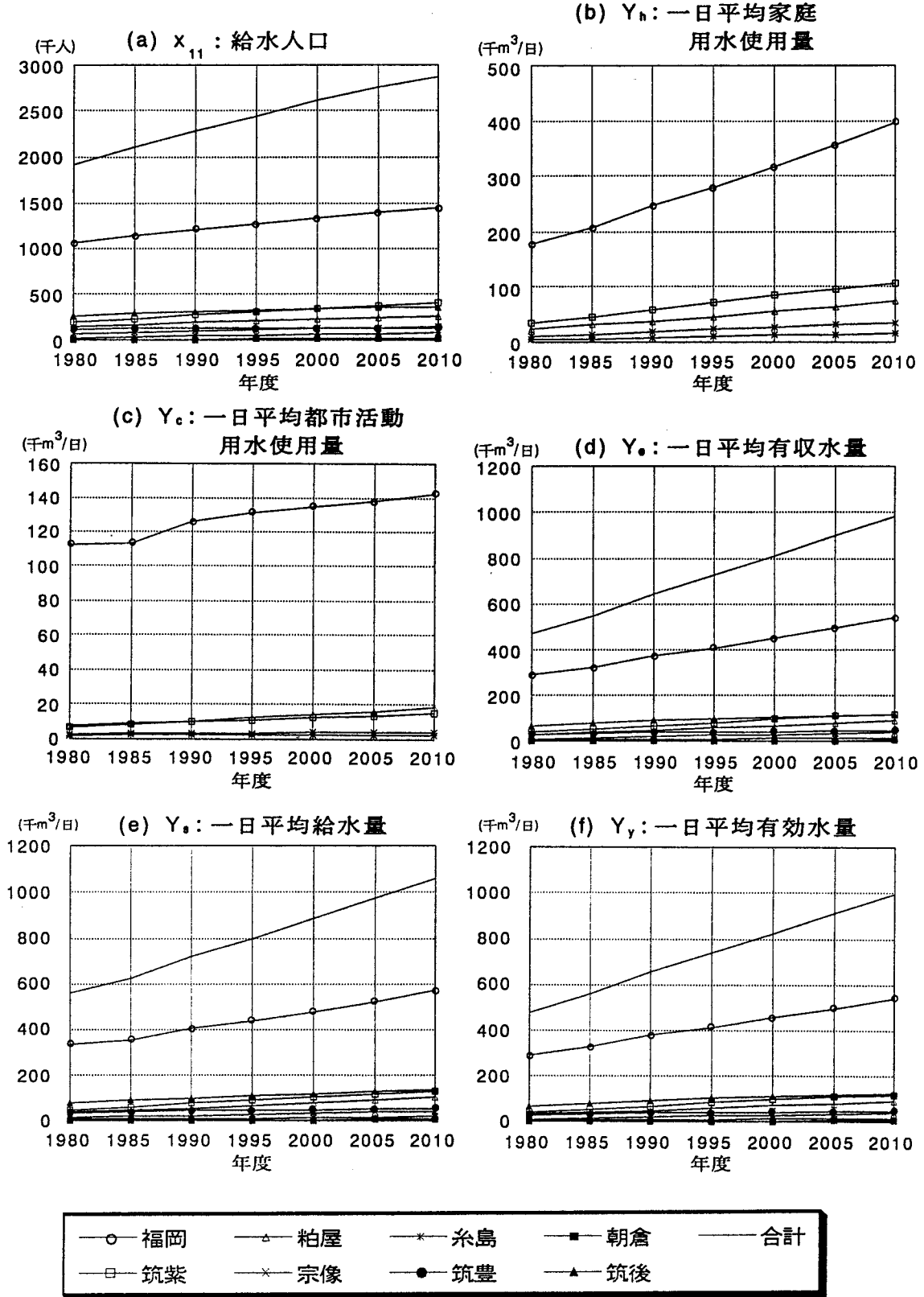


表5-10 x11、Yh、Yc、Ye、YsおよびYyの予測結果

(a)x11：給水人口

(単位：人)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	1,062,000	203,991	150,171	68,164	29,190	120,471	9,946	263,668	1,907,601
1985年度	1,137,000	233,519	173,770	83,509	42,121	126,932	12,490	288,779	2,098,120
1990年度	1,211,000	277,475	192,056	97,226	48,465	126,618	14,241	311,452	2,278,533
1995年度	1,265,550	310,573	214,163	112,250	60,248	130,216	17,144	330,246	2,440,389
2000年度	1,330,554	347,974	237,648	128,094	69,579	132,211	19,999	346,494	2,612,552
2005年度	1,395,609	382,348	253,416	139,485	77,530	133,951	23,074	357,821	2,763,234
2010年度	1,445,925	413,885	263,152	146,875	83,884	135,527	26,309	365,530	2,881,086

(b)Yh：1日平均家庭用水使用量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	177,041	33,055	22,860	9,668	3,030	—	—	—
1985年度	206,616	44,529	30,038	13,345	4,748	—	—	—
1990年度	246,334	57,668	36,874	17,507	6,400	—	—	—
1995年度	277,955	70,857	44,917	21,686	8,619	—	—	—
2000年度	315,448	83,496	54,569	26,706	10,889	—	—	—
2005年度	356,168	94,772	64,195	31,076	13,174	—	—	—
2010年度	397,661	105,158	74,206	34,641	15,381	—	—	—

(c)Yc：1日平均都市活動用水使用量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	112,573	6,729	7,595	1,929	1,718	—	—	—
1985年度	113,334	7,816	8,764	2,879	1,989	—	—	—
1990年度	125,882	9,986	9,696	3,126	2,301	—	—	—
1995年度	131,348	10,970	12,090	3,291	2,192	—	—	—
2000年度	134,916	12,309	13,977	3,505	2,279	—	—	—
2005年度	137,806	13,649	15,987	3,679	2,344	—	—	—
2010年度	142,519	14,999	18,210	3,821	2,394	—	—	—

(d)Ye：1日平均有収水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	289,614	39,784	30,455	11,597	4,748	29,082	1,704	65,452	472,436
1985年度	319,951	52,345	38,803	16,225	6,737	33,219	2,666	77,510	547,455
1990年度	372,216	67,655	46,570	20,633	8,701	37,822	2,995	89,134	645,726
1995年度	409,303	81,827	57,007	24,976	10,812	40,288	3,869	97,008	725,090
2000年度	450,363	95,805	68,546	30,211	13,168	43,126	4,621	105,869	811,710
2005年度	493,975	108,420	80,183	34,755	15,519	45,608	5,449	113,552	897,459
2010年度	540,179	120,158	92,416	38,463	17,775	47,760	6,346	120,311	983,407

(e)Ys：1日平均給水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	337,868	48,348	38,367	14,573	5,786	35,384	1,882	75,592	557,800
1985年度	357,121	63,447	46,447	20,121	7,877	39,288	2,836	89,299	626,433
1990年度	404,490	75,940	55,310	24,208	9,784	44,874	3,419	101,140	719,164
1995年度	439,185	92,542	66,133	28,811	12,012	46,855	4,376	110,278	800,192
2000年度	479,277	106,764	78,330	34,316	14,415	49,720	5,226	119,847	887,895
2005年度	523,218	119,406	90,460	38,969	16,806	52,161	6,163	128,035	975,219
2010年度	570,625	131,096	103,133	42,665	19,098	54,223	7,177	135,147	1,063,165

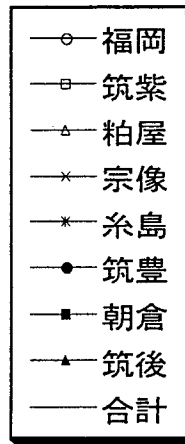
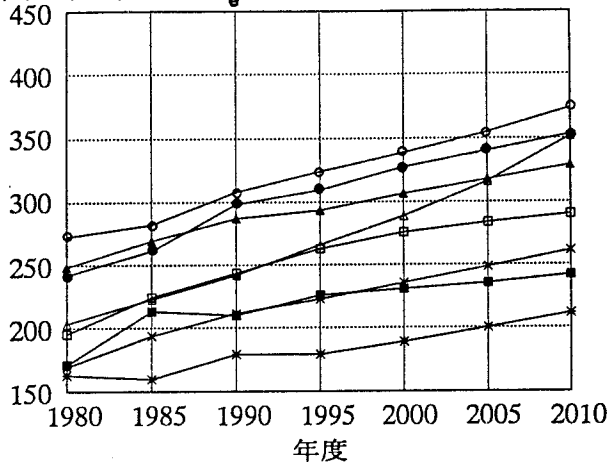
(f)Yy：1日平均有効水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

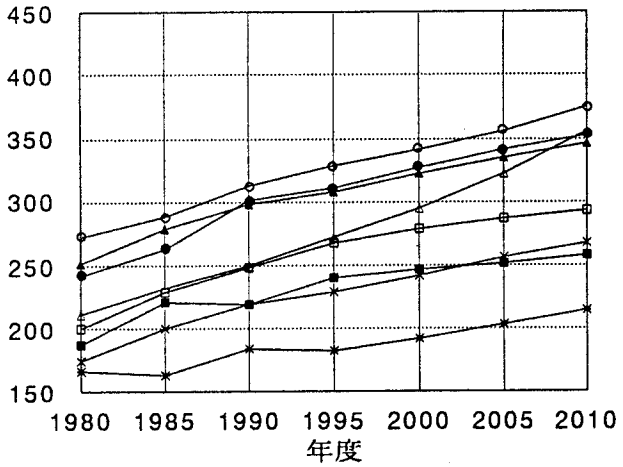
	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	290,005	40,800	31,814	11,951	4,844	29,189	1,866	66,433	476,901
1985年度	327,479	53,677	40,255	16,756	6,910	33,433	2,756	80,337	561,603
1990年度	378,285	68,784	47,986	21,307	8,904	38,110	3,134	92,874	659,384
1995年度	415,227	83,098	58,505	25,750	11,040	40,450	4,129	101,689	739,887
2000年度	454,508	96,979	70,019	31,070	13,409	43,258	4,931	111,359	825,533
2005年度	496,733	109,466	81,586	35,648	15,754	45,709	5,815	119,645	910,356
2010年度	541,964	121,068	93,729	39,347	17,991	47,831	6,772	126,828	995,529

図5-7  $y_e$ 、 $y_y$ および $y_s$ の予測結果

(リットル/人・日) (a)  $y_e$ : 一人一日平均有収水量



(リットル/人・日) (b)  $y_y$ : 一人一日平均有効水量



(リットル/人・日) (c)  $y_s$ : 一人一日平均給水量

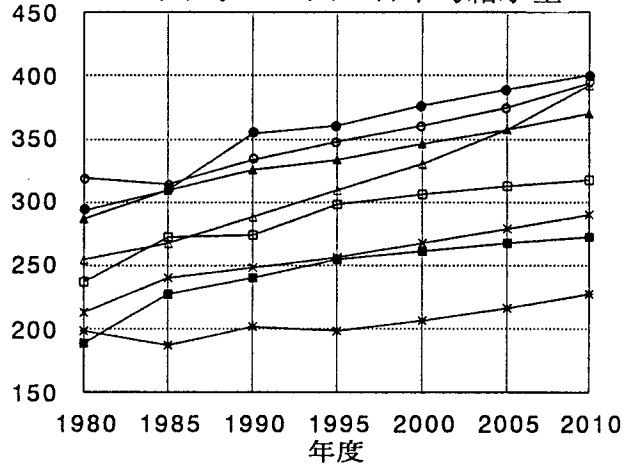




表5-11 ye、yyおよびysの予測結果

(a)ye：一人一日平均有収水量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	272.71	195.03	202.80	170.14	162.66	241.40	171.34	248.24
1985年度	281.40	224.16	223.30	194.29	159.94	261.71	213.43	268.40
1990年度	307.36	243.82	242.48	212.22	179.54	298.71	210.27	286.19
1995年度	323.42	263.47	266.19	222.51	179.45	309.39	225.68	293.75
2000年度	338.48	275.32	288.44	235.85	189.25	326.19	231.06	305.54
2005年度	353.95	283.56	316.41	249.16	200.16	340.48	236.15	317.34
2010年度	373.59	290.32	351.19	261.88	211.90	352.40	241.21	329.14

(b)yy：一人一日平均有効水量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	273.07	200.01	211.85	175.32	165.95	242.29	187.59	251.96
1985年度	288.02	229.86	231.66	200.65	164.04	263.39	220.67	278.20
1990年度	312.37	247.89	249.86	219.15	183.72	300.98	220.09	298.20
1995年度	328.10	267.56	273.18	229.40	183.24	310.64	240.82	307.92
2000年度	341.59	278.70	294.63	242.56	192.72	327.19	246.57	321.39
2005年度	355.93	286.30	321.95	255.57	203.20	341.23	252.00	334.37
2010年度	374.82	292.52	356.18	267.89	214.47	352.93	257.40	346.97

(c)ys：一人一日平均給水量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	318.14	237.01	255.49	213.79	198.23	293.71	189.24	286.69
1985年度	314.09	271.70	267.29	240.94	187.00	309.52	227.03	309.23
1990年度	334.01	273.68	287.99	248.99	201.87	354.40	240.09	324.74
1995年度	347.03	297.97	308.80	256.67	199.37	359.83	255.24	333.93
2000年度	360.21	306.82	329.61	267.89	207.17	376.06	261.33	345.89
2005年度	374.90	312.30	356.96	279.38	216.77	389.40	267.09	357.82
2010年度	394.64	316.74	391.92	290.49	227.68	400.09	272.82	369.73

最後に、上水道計画で取水、導・送水、浄水施設の設計の基となる一日最大給水量  $Y_{s,max}$  (千m<sup>3</sup>/日) を算定する必要がある。これには、式(5-3)で定義される負荷率  $x_{1,2}$  を各地域毎に設定し、一日平均給水量  $Y_s$  をこの負荷率  $x_{1,2}$  で除して算定する。すなわち、

$$Y_{s,max} = Y_s / x_{1,2} \quad (5-22)$$

ここで、各地域の計画負荷率は、都市の規模や性格により異なり、一般に事業の規模が小さくなるほど負荷率は低くなる<sup>3)</sup>。本モデルでは、過去のデータである表5-1の負荷率の変動傾向や過去の最低の負荷率、および同規模の他地域・他都市の負荷率を参考にして、将来の計画負荷率を表5-12のように設定した。そして、この計画負荷率を用いて、一日最大給水量  $Y_{s,max}$  の将来予測を行った結果を図5-8、表5-13に示している。

表5-12 計画負荷率

ブロック	計画負荷率 (%)
福岡市	80
筑紫地域	75
粕屋地域	75
宗像地域	75
糸島地域	75
筑豊地域	75
朝倉地域	60
筑後地域	70

図5-8 一日最大給水量の予測結果

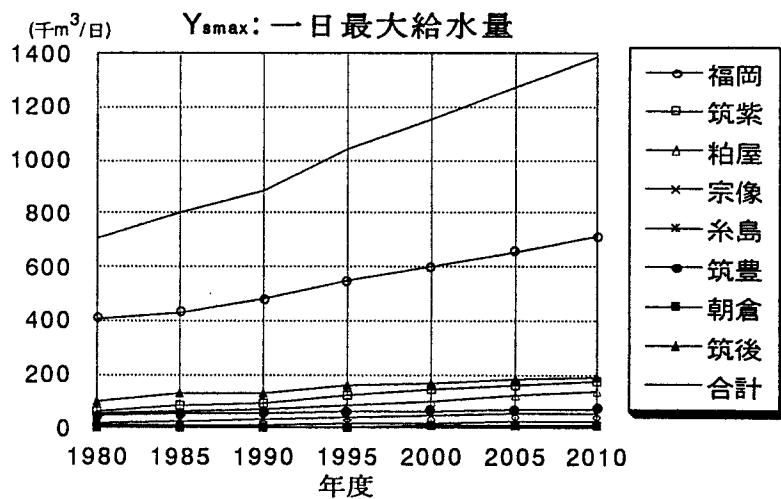


表5-13 一日最大給水量の予測結果

	(単位: m <sup>3</sup> /日)								
	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	410,411	65,784	52,709	19,006	8,215	44,905	3,205	102,632	706,867
1985年度	432,200	86,750	60,750	27,066	10,706	52,266	4,955	130,483	805,176
1990年度	481,000	95,047	69,604	32,009	12,521	55,631	5,143	133,944	884,899
1995年度	548,981	123,390	88,178	38,415	16,016	62,474	7,293	157,539	1,042,285
2000年度	599,096	142,352	104,440	45,754	19,220	66,293	8,711	171,210	1,157,076
2005年度	654,023	159,209	120,614	51,959	22,408	69,548	10,271	182,907	1,270,938
2010年度	713,281	174,794	137,511	56,887	25,465	72,298	11,962	193,067	1,385,265

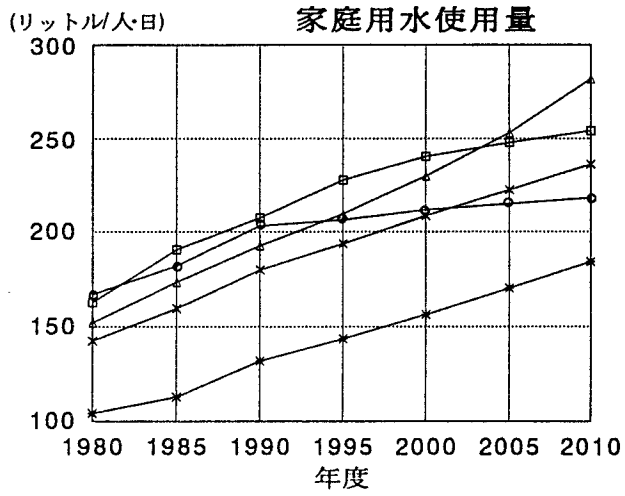
### ⑧福岡市に対して節水型水需要予測を行う場合の一例

前項において、福岡交流圏8地域の2010年までの水需要予測結果を示したが、ここでは福岡市に対して節水型水需要予測を行った場合の一例を示してみよう。これは、福岡市が節水型都市づくりを目指しており、節水意識の高揚や節水機器の普及そして雑用水道の普及等を積極的に推し進めていることなどを考慮したものである。具体的には、用途別原単位である式(5-4)の一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ の説明変数として、前項では表5-4に示すように、全因子すなわち $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ を取り込み、総生産額 $x_2$ の増加が $y_h$ の増加に線形的に加わるモデルであったが、ここでは、説明変数として $x_2$ を除き、世帯構成人員 $x_1$ と下水道普及率 $x_3$ を説明変数として $y_h$ をモデル化する。すなわち、図5-4(b)に示される総生産額が急激に伸びても、一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ には影響を及ぼさないモデルとした。この場合の偏回帰係数 $a_h$ 、 $a_1$ 、 $a_3$ の最小二乗解は、それぞれ217.634、-26.7888、0.5766であり、モデルの寄与率は0.963であった。

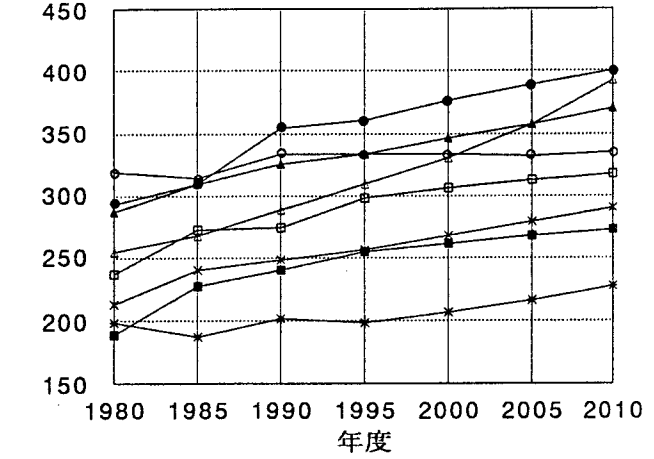
以上のようにモデル化を行い、前項と同様の計算手順に従い一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ 、一人一日平均給水量 $y_s$ 、一日平均給水量 $Y_s$ 、一日最大給水量 $Y_{s,max}$ を算定した結果を図5-9、表5-14に示す。なお図中、福岡市以外の地域は前項の水需要予測をそのまま用いている。

図5-9 節水型水需要予測を行った場合の予測結果

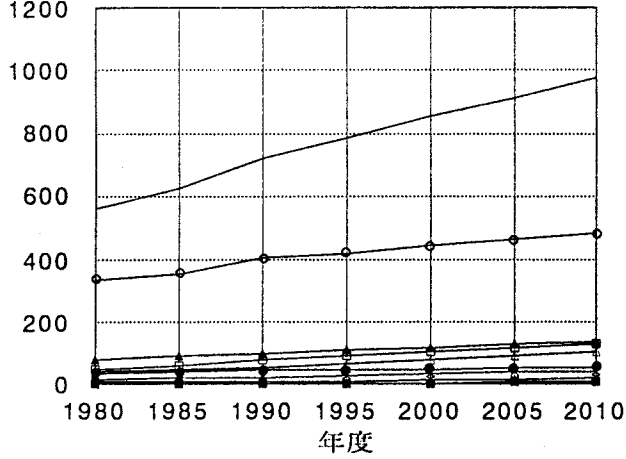
(a)  $y_h$ : 一人一日平均



(b)  $y_s$ : 一人一日平均給水量



(c)  $Y_s$ : 一日平均給水量



(d)  $Y_{smax}$ : 一日最大給水量

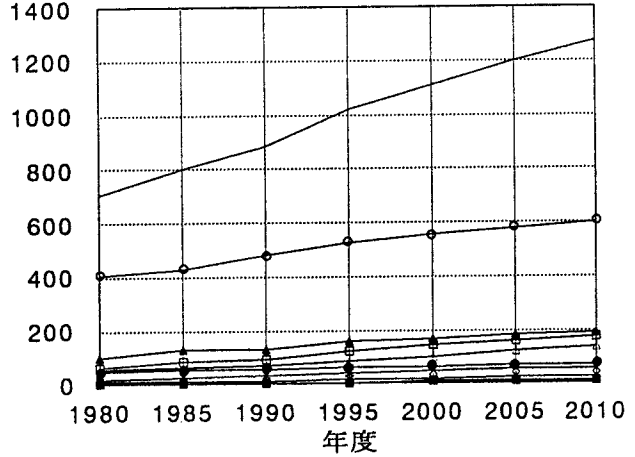


表5-14 節水型水需要予測を行った場合の予測結果

(a)yh：1人1日平均家庭用水使用量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	166.71	162.04	152.23	141.84	103.84	—	—	—
1985年度	181.72	190.69	172.86	159.80	112.73	—	—	—
1990年度	203.41	207.83	191.99	180.07	132.07	—	—	—
1995年度	206.66	228.15	209.73	193.19	143.06	—	—	—
2000年度	211.65	239.95	229.62	208.49	156.49	—	—	—
2005年度	215.07	247.87	253.32	222.79	169.92	—	—	—
2010年度	217.77	254.08	281.99	235.86	183.36	—	—	—

(b)ys：1人1日平均給水量

(単位：リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域
1980年度	318.14	237.01	255.49	213.79	198.23	293.71	189.24	286.69
1985年度	314.09	271.70	267.29	240.94	187.00	309.52	227.03	309.23
1990年度	334.01	273.68	287.99	248.99	201.87	354.40	240.09	324.74
1995年度	333.11	297.97	308.80	256.67	199.37	359.83	255.24	333.93
2000年度	333.15	306.82	329.61	267.89	207.17	376.06	261.33	345.89
2005年度	332.39	312.30	356.96	279.38	216.77	389.40	267.09	357.82
2010年度	334.16	316.74	391.92	290.49	227.68	400.09	272.82	369.73

(c)Ys：1日平均給水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	337,868	48,348	38,367	14,573	5,786	35,384	1,882	75,592	557,800
1985年度	357,121	63,447	46,447	20,121	7,877	39,288	2,836	89,299	626,433
1990年度	404,490	75,940	55,310	24,208	9,784	44,874	3,419	101,140	719,164
1995年度	421,564	92,542	66,133	28,811	12,012	46,855	4,376	110,278	782,571
2000年度	443,271	106,764	78,330	34,316	14,415	49,720	5,226	119,847	851,888
2005年度	463,891	119,406	90,460	38,969	16,806	52,161	6,163	128,035	915,892
2010年度	483,176	131,096	103,133	42,665	19,098	54,223	7,177	135,147	975,716

(d)Ysmax：1日最大給水量

(単位：m<sup>3</sup>/日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	合計
1980年度	410,411	65,784	52,709	19,006	8,215	44,905	3,205	102,632	706,867
1985年度	432,200	86,750	60,750	27,066	10,706	52,266	4,955	130,483	805,176
1990年度	481,000	95,047	69,604	32,009	12,521	55,631	5,143	133,944	884,899
1995年度	526,955	123,390	88,178	38,415	16,016	62,474	7,293	157,539	1,020,259
2000年度	554,088	142,352	104,440	45,754	19,220	66,293	8,711	171,210	1,112,068
2005年度	579,864	159,209	120,614	51,959	22,408	69,548	10,271	182,907	1,196,779
2010年度	603,970	174,794	137,511	56,887	25,465	72,298	11,962	193,067	1,275,954

## ⑨ 考察

### ⑨-1 用途別原単位の予測結果に対する考察

まず、前述したように、1990年までは毎年の実測データがあり、これらのデータは年毎にかなり変動しているが、図5-4～図5-9においては、1980年、1985年、1990年の5年毎の実測値のみをプロットし、それらを直線で結んで表している事に注意する必要がある。

さて、図5-5の用途別原単位の予測結果をみると、(a)図より、糸島地域の一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ は、表5-4に示したように直線回帰モデルであるので直線的に増加している。しかし、将来的には下水道普及率の増加に伴い、 $y_h$ は直線的増加以上に増加することも予想されよう。次に、宗像地域の $y_h$ についてもほぼ直線的に増加している。これは、説明変数である世帯構成人員 $x_1$ 、下水道普及率 $x_3$ が、図5-4に見られるように、ほぼ直線的に減少もしくは増加しているためである。また、筑紫地域については、2000年以降 $y_h$ の伸びが鈍化している。これは、説明変数の一つである下水道普及率 $x_3$ が、

図5-4(c)に示すように、2000年以降ほぼ飽和状態に達するためである。一方、粕屋地域は2005年以降 $y_h$ の伸びが著しくなっている。これは、説明変数である総生産額 $x_2$ が、図5-4(b)に示すように(やや見にくい)が、2005年以降かなり伸びているためであるが、粕屋地域では、今後下水道普及率の増加も予想されるので、このような $y_h$ の伸びもあながちおかしくはないと考えられる。次に、福岡市については、 $y_h$ はほぼ直線的に増加している。これは、説明変数である総生産額 $x_2$ の急激な伸びによる $y_h$ の増加と、下水道普及率 $x_3$ が飽和状態に達することによる $y_h$ の伸びの鈍化が相殺しているためと考えられる。事実、福岡市の最良回帰式による説明変数は $x_2$ だけであったが、この最良回帰式を用いた場合の2010年における $y_h$ の予測値は294(リットル/人・日)となり、図5-5(a)の275(リットル/人・日)よりも19(リットル/人・日)程度大きくなった。

次に、図5-5(b)より、第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 $y_c$ の予測結果をみってみる。福岡市については、1995年以降減少している。これは、表I-6-4に示す福岡市の最良重回帰モデルの説明変数である第3次産業就業者一人当たり生産額 $x_4$ が、図5-4(d)に示すように1995年以降急激に増加することによる効果よりも、もう一つの説明変数である基準年からの経過年数 $x_5$ により、 $y_c$ が減少する効果の方が大きいためと考えられる。しかし、第3次産業就業者人口 $x_{10}$ は図5-4(i)に示すように増加するので、総使用量としての一日平均都市活動用水使用量 $Y_c$ は、図5-6(c)に示すように直線的に増加することになる。一方、福岡市以外の4地域については、⑤-2で述べたように、1990年までのデータの平均値を用いているので、図に示すように1995年以降一定値を予測している。

最後に、図5-5(c)より、一人一日平均有収水量 $y_e$ (リットル/人・日)の予測結果をみみると、筑後地域は説明変数 $x_5$ の経過年数と共に直線的に増加している。朝倉地域は、説明変数 $x_4$ の第3次産業就業者一人当たり生産額の伸びが、図5-4(d)のように1995年以降鈍化していることに対応して、 $y_e$ の伸びも緩やかとなっている。筑豊地域については、ロジスティック曲線を採用しているので、1990年までの急激な増加傾向よりも、ある程度抑さえた予測となっている。

#### ⑨-2 一日平均水使用量の予測結果に対する考察

図5-6 より、一日平均水使用量の予測結果をみても、まず図(a)より、基礎となる給水人口 $x_{11}$ の伸びをみると、1990年現在では、福岡市の給水人口は121万人で、福岡交流圏全体の給水人口228万人の53%を占めている。しかし、2010年では、福岡市の給水人口は145万に増加するものの、交流圏全体の給水人口288万人に占める割合は約50%に減少している。すなわち、福岡市以外の交流圏の給水人口の増加が著しくなっている。

さて、一日平均家庭用水使用量 $Y_h$ をみると、福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域全域において、一人一日平均家庭用水使用量 $y_h$ の伸びと給水人口 $x_{11}$ の伸びの相乗効果により、かなり急激に $Y_h$ が増加している。また、一日平均都市活動用水使用量 $Y_c$ については、いずれの地域においてもほぼ直線的に増加している。特に福岡市については前述のように、原単位である第3次産業就業者一人一日平均都市活動用水使用量 $y_c$ は減少しているものの第3次産業就業者人口 $x_{10}$ の増加により、 $Y_c$ はほぼ直線的に増加している。それ以外の地域については、 $y_c$ が 図5-5 (b)のように一定値となっているので、図5-4

(i) に示す $x_{10}$ の値に比例してほぼ直線的に増加している。

次に、一日平均有収水量 $Y_e$ 、一日平均給水量 $Y_s$ 、一日平均有効水量 $Y_y$ の予測結果をみると、これらは3つ共同じような傾向を示しており、また、その定義より明かなように、 $Y_s$ 、 $Y_y$ 、 $Y_e$ の順にその値は小さくなってゆく。ここで、一日平均給水量 $Y_s$ を、上水道に対して要求される一日平均水需要量とすると、西暦2010年における福岡交流圏全体の一日平均水需要量は106.3万 $m^3$ /日、福岡都市圏(福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域)に対するそれは86.7万 $m^3$ /日、また福岡市の一日平均水需要量は57.1万 $m^3$ /日となっている。

福岡市の第6次マスタープランによると、目標年である2001年度の福岡市の給水人口は141.1万人で、一日平均水需要量は48.8万 $m^3$ /日となっている。本水需要モデルによると、2001年度の福岡市の給水人口は134.4万人で、一日平均水需要量は48.8万 $m^3$ /日となっており、福岡市の第6次マスタープランに比べ、給水人口で約6万7千人少なくなっているものの、一日平均水需要量は同じ値となっている。

#### ⑨-3 一人一日平均水使用量の予測結果に対する考察

図5-7 より、一人一日平均水使用量の予測結果をみると、一人一日平均有収水量 $y_e$ 、一人一日平均有効水量 $y_y$ は共に、福岡市が最も大きく、糸島地域が最も小さくなっている。また、その変動傾向もほぼ同じで、どの地域においても増加傾向を示している。但し、増加の程度は地域毎にかなり異なっており、筑紫地域、朝倉地域では緩やかに増加しているのに対し、福岡市、粕屋地域、宗像地域、糸島地域においては2000年以降かなり急激に増加している。特に、粕屋地域においてはその伸びが著しい。これは、 図5-5 (a)の $y_h$ の影響

(すなわちその説明変数である  $x_2$  の影響)を受けているためであるが、図5-7を見る限りにおいては、他の地域に比べその伸びがやや大きすぎるようではある。

次に、一人一日平均給水量  $y_s$  をみると、その傾向は  $y_y$  とほぼ同様であるが、図5-4 (g) に示される各地域の有効率の差により、 $y_s$  の大きさが異なっている。例えば、筑豊地域においては、有効率が低いため、1990年以降の  $y_s$  の値が福岡市のそれを上回っている。なお、2010年における福岡市の一人一日平均給水量は395 (リットル/人・日) となっている。

#### ⑨-4 一日最大給水量の予測結果に対する考察

図5-8 より、一日最大給水量  $Y_{max}$  の予測結果をみると、これは当然のことながら、図5-6 (e) の一日平均給水量  $Y_s$  に表5-8 の計画負荷率分を上乘せした値となっているので、 $Y_s$  と同様の変動傾向を示している。なお、1990年度までの筑後地域における実績一日最大給水量については、基山町の日最大給水量のデータが入手できなかったため、基山町の日最大給水量としては、一日平均給水量に表5-8 の筑紫地域の計画負荷率で除した値を用いた。

さて、一日最大給水量  $Y_{max}$  を上水道に対して要求される一日最大水需要量とすると、西暦2010年における福岡交流圏全体の日最大水需要量は138.5万  $m^3$  /日、福岡都市圏(福岡市、筑紫地域、粕屋地域、宗像地域、糸島地域の5地域)に対するそれは110.8万  $m^3$  /日、福岡市の一日最大水需要量は71.3万  $m^3$  /日となっている。

福岡市の第6次マスタープランによると、2001年度の福岡市の一日最大水需要量は61.0万  $m^3$  /日となっている。本水需要モデルによると、2001年度の福岡市の一日最大水需要量は61.0万  $m^3$  /日となっており、偶然にも福岡市の第6次マスタープランと同様の結果が出ている。

また、ある水資源総合開発利用計画によると、福岡都市圏における2010年の給水人口は235.6万人で、一日最大給水量は103.0万  $m^3$  /日となっている。本水需要モデルによると、2010年度の福岡都市圏の給水人口は235.4万人とほぼ同様であるが、一日最大給水量は7.8万  $m^3$  /日程大きめの値を予測している。

#### ⑨-5 福岡市に対して節水型水需要予測を行った場合の予測結果に対する考察

図5-9 に、福岡市に対して節水型水需要予測を行った場合の一例を示しているが、(a) 図の福岡市の一人一日平均家庭用水使用量  $y_h$  を、図5-5 (a) のそれと比べると、直線的に増加していた  $y_h$  が、かなり緩やかな伸びとなっていることが分かる。その結果、(b) 図の福岡市の2010年における一人一日平均給水量  $y_s$  は334 (リットル/人・日) となっていて、図5-7 (c) の395 (リットル/人・日) に比べ、約61 (リットル/人・日) も少なく、ほぼ



横這い状態となっている。

次に、(c) 図の福岡市の2010年における一日平均給水量 $Y_t$ （一日平均水需要量）は、48.3万 $m^3$  / 日となっており、図5-6 (e) の57.1万 $m^3$  / 日に比べ、およそ9万 $m^3$  / 日減少している。それに伴い、福岡交流圏および福岡都市圏の2010年における一日平均水需要量も、それぞれ97.6万 $m^3$  / 日、78.0万 $m^3$  / 日とおよそ9万 $m^3$  / 日ずつ減少していて、かなり増加の勾配が緩やかとなっている。また、(d) 図の福岡市の2010年における一日最大給水量 $Y_{max}$ （一日最大水需要量）も、60.4万 $m^3$  / 日となっており、図5-8 の71.3万 $m^3$  / 日に比べ、およそ11万 $m^3$  / 日減少している。それに伴い、福岡交流圏および福岡都市圏の2010年における一日最大水需要量も、それぞれ127.6万 $m^3$  / 日、99.9万 $m^3$  / 日とおよそ11万 $m^3$  / 日ずつ減少する結果となっている。

さて、ここでの節水型水需要予測は、飽くまでも一例として示したものであることに注意する必要がある。福岡市においては、昭和53年の福岡大渇水以後現在まで、福岡市の人口は増加し続けているにもかかわらず、福岡市の一日平均給水量は、およそ310～335（リットル/人・日）程度で推移している<sup>6)</sup>。本例の節水型水需要予測では、この傾向が2010年まで継続すると想定した場合を例示したものに相当している。

なお、実際の水需要量は、⑦ので示した予測値と⑧の節水型水需要予測モデルによる予測値との中間の値を取るのではないかと推察される。

### (3) 水需給バランス

#### ①計画施設能力の算定

福岡交流圏の各水道事業体に対してヒアリング等を行うとともに既存資料を基に計画施設能力を(財)福岡都市科学研究所にて設定した。そして、これを8地域ごとに集計した結果を表5-15に示している。なお、データの得られなかった一部の水道事業体については、当研究所にて補間した。以下、計画施設能力を計画給水能力とする。

対象年度は1990年度から2010年度までとして5年ごとにまとめているが、1990年度のデータは実績値であり、1995年度から2010年度までの値は現時点(1994年度末)での計画値である。

表5-15 福岡交流圏の地域別施設能力

	(m <sup>3</sup> /日)				
	1990	1995	2000	2005	2010
1. 福岡市	673300	704800	748100	765600	765600
2. 筑紫地域	110100	120500	137000	142100	142100
3. 粕屋地域	72457	76957	94560	104400	104400
4. 宗像地域	59340	59340	59340	59340	59340
5. 糸島地域	16973	19973	22723	24223	24223
6. 筑豊地域	62000	63300	65700	65700	65700
7. 朝倉地域	7310	7310	7310	10910	10910
8. 筑後地域	178700	190800	190800	206300	206300
福岡交流圏全体	1180180	1242980	1325533	1378573	1378573

表5-15 より、何れの地域においても2005年以降降水資源開発の計画は、現在のところ予定されておらず、2005年以降施設能力の増加は見られない。特に、宗像地域においては、1990年以降降水資源開発が予定されてい~~る~~。

#### ②一日最大需要量と計画給水能力との比較

##### ②-1 結果

本水需要モデルにより推定された地域毎の一日最大給水量 $Y_{smax}$  (千m<sup>3</sup>/日)を、その地域の日最大需要量として、これを表5-15の計画施設能力と比較したものを図5-10 (a)~(h)に示している。図中、計画給水能力は5年毎の階段状で示していて、5年以内の給水能力の増加は、その期間最後の年度に加算している。

次いで、各地域毎の計画給水能力の一日最大需要量に対する過不足量を 図5-12

(a)、(b)に示す。図(a)には、福岡市に対して通常の水需要予測を行った場合を、また図(b)には、福岡市に対して節水型水需要予測を行った場合を示している。

図 5-10 地域別一日最大需要量と計画給水能力との比較

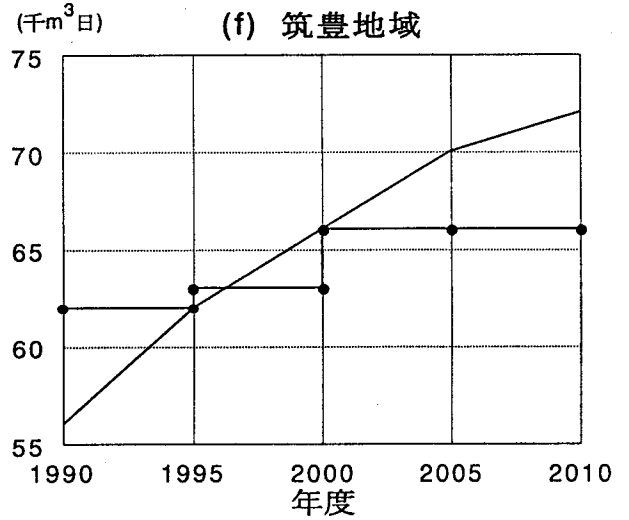
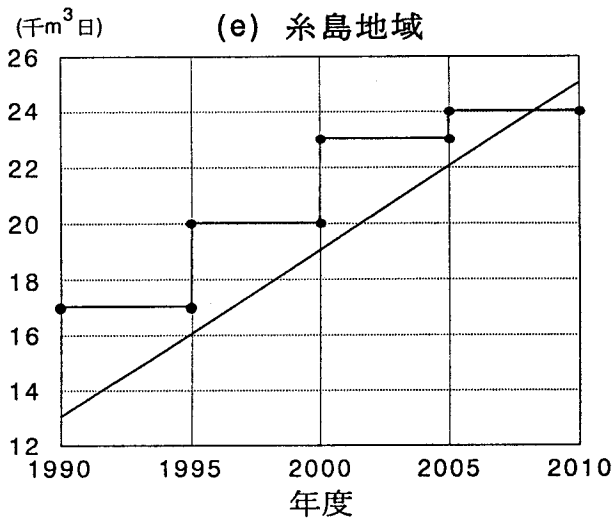
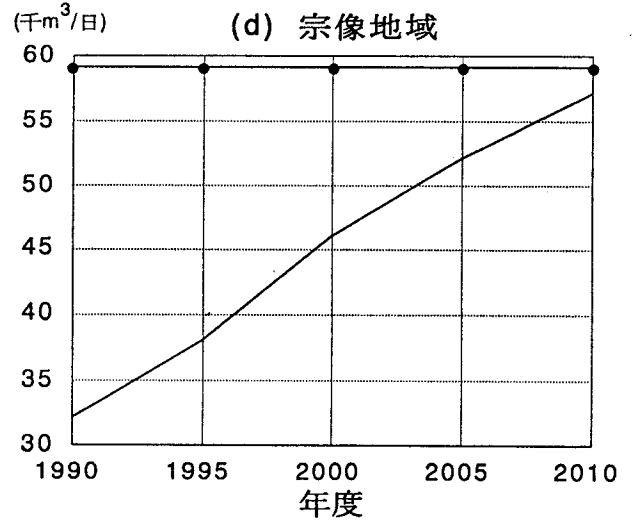
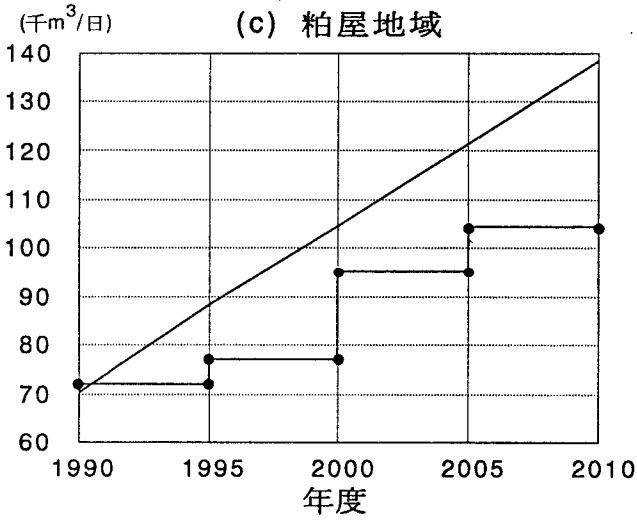
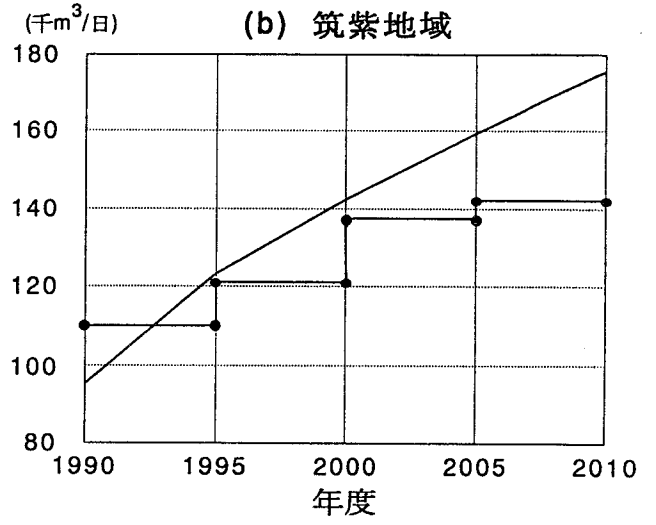
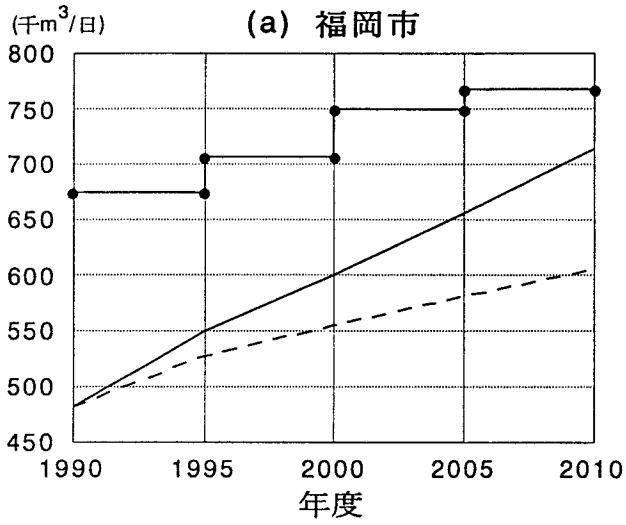
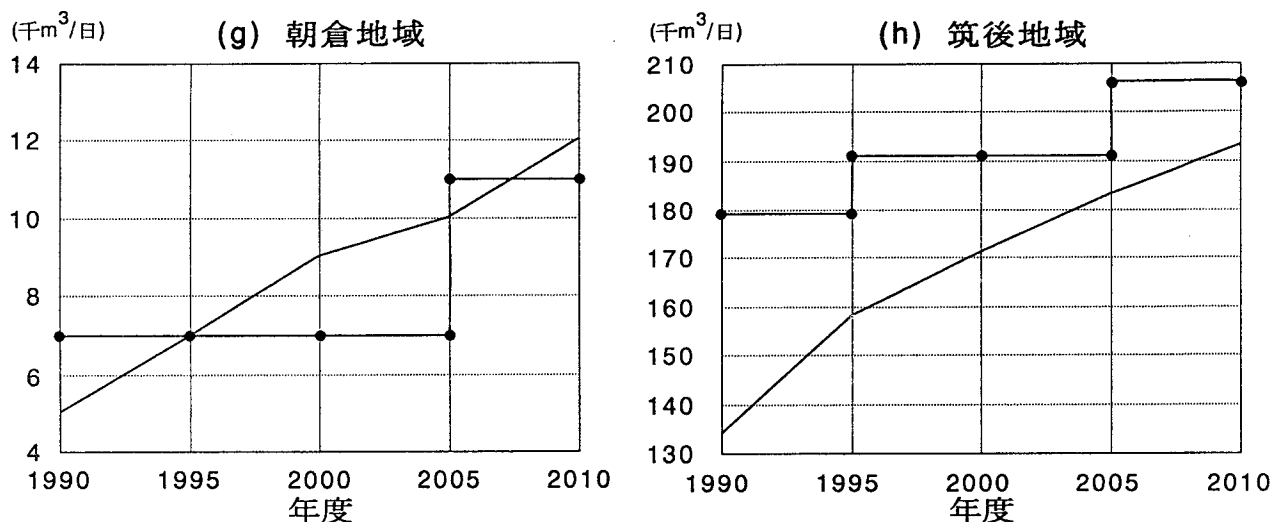


図 5-10 地域別一日最大需要量と計画給水能力との比較 (続き)



②-2 考察

福岡市については、通常予測の場合、図 5-11 (a)より、1990年に約19万m³/日あった余裕が2010年には約5万m³/日にまで激減している。これは、図 5-10 (a)より、水需要量の伸びが給水能力のそれを上回っているためである。一方、節水型のケースで推移する場合は、水需要量と給水能力の増加量がほぼ等しく、その結果2010年においても十数万m³/日程度の余裕を保つことが可能であると考えられる。

筑紫地域・粕屋地域においては、現在の計画では、1995年以降の水需要増には対応できない結果となっていて、特に、2010年には大幅な水不足が予想される。

宗像地域は給水能力の変化はないが、現在のままでも2010年までの需要増を賄うことができる結果となっている。ただし、余裕量は激減する結果となっている。

糸島地域・朝倉地域では、過不足量が常時ほぼゼロであり、水需給の逼迫が予想される。そして、2010年には若干千m³/日少々ではあるが水不足が予想されている。

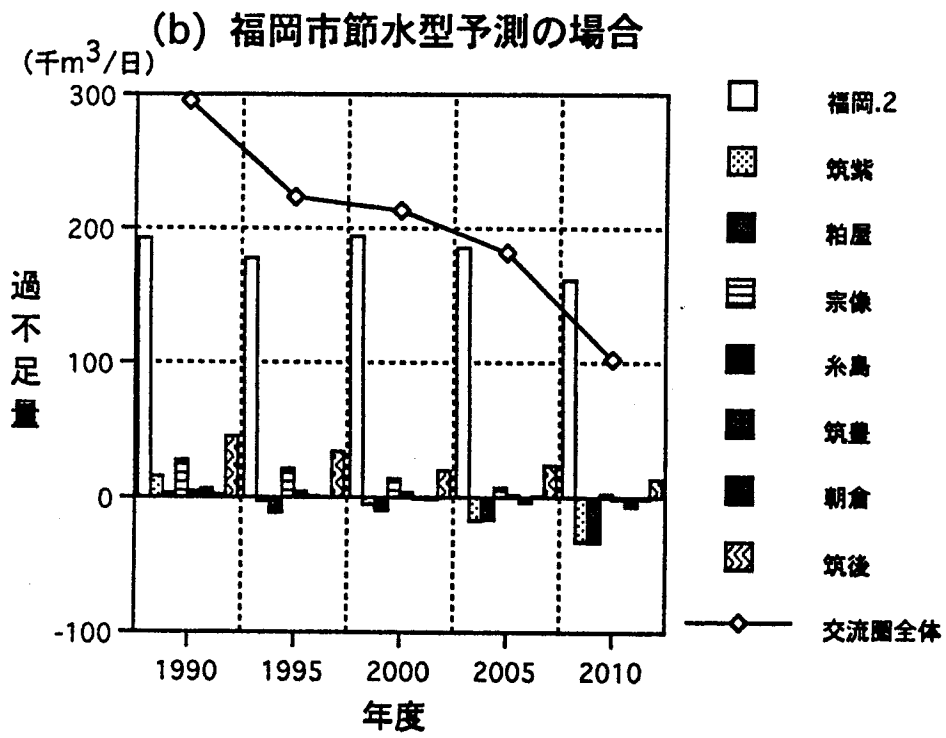
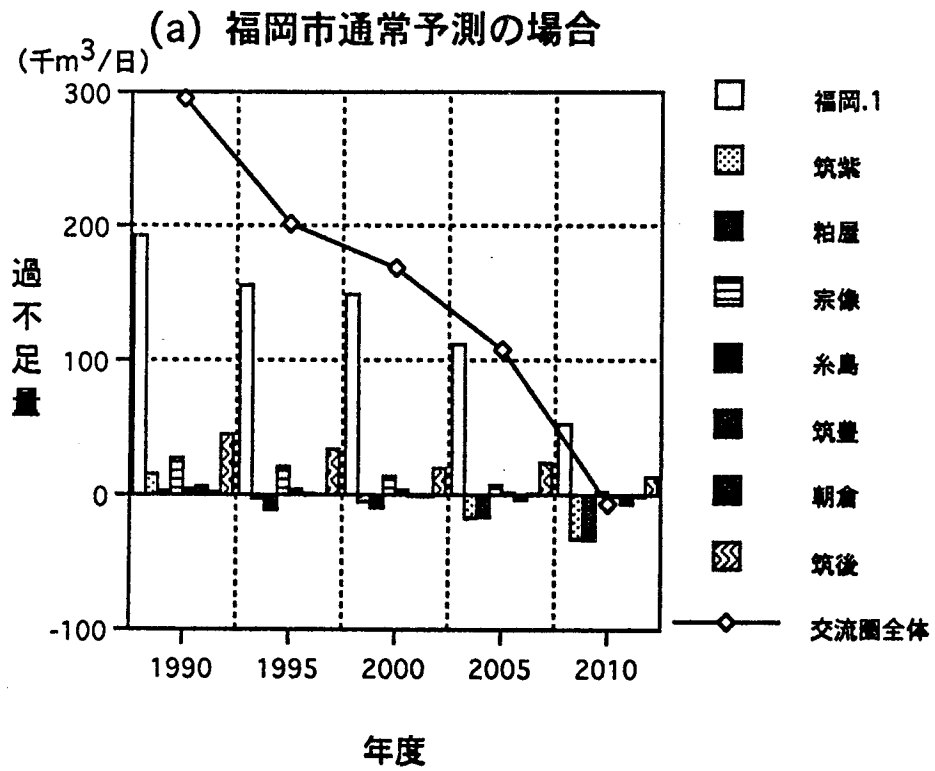
筑豊地方については、2000年過ぎより水不足が生じ、2010年には約6千m³/日の水不足結果となっている。

筑後地域は、給水能力の増加により、2010年でも1万3千m³/日程度の余裕を保つことが可能であるとの結果となっている。

以上より、年の経過とともに水不足量が生じる地域が増加し、2010年には8地域のうち5地域で水不足量が生じる結果となっている。この場合、その地域全体として水不足量が生じていなくても、その地域の各市町村レベルでは水不足が生じる自治体が存在する可能性があり、図 5-10、図 5-11 での各地域の水不足は、各地域内で水を融通したとしても全体として水不足が生じることを意味していることに注意する必要がある。

次に、図 5-11 の折れ線グラフより、福岡交流圏全体の水の過不足量をみると、福岡市が通常の水需要で推移した場合、2010年には福岡交流圏全体で水を融通し合ったとしても水不足が生じる結果となっている。一方、福岡市が節水型で推移し

図 5-11 福岡交流圏における計画給水能力と一日最大需要量の過不足量



た場合、福岡市の給水能力の余裕が2010年でほぼ16万<sup>3</sup>/日以上あるため、交流圏全体で水を融通すれば全体として余裕量は10万<sup>3</sup>/日程度保持される見込みである。

以上の結果は、計画渇水年即ち10年に1度程度の少雨を対象とし、また建設中・計画中のダムなど新規水源開発が計画どおりに進んだ場合の結果である。現実として最近の少雨化傾向や渇水の頻発、ダム建設の遅れなどを考慮すると現状の水需給バランスはもっと厳しいと考えられる。

### ③稼働率・余裕率・一人当たり余裕量からの考察

②では福岡交流圏全体および各地域における一日最大需要量（水需要モデルにおける一日最大給水量）と計画給水能力（水需要モデルにおける計画施設能力）との比較即ち余裕量の検討を行ったが、ここでは稼働率、余裕率、一人当たり余裕量の検討を行ってみよう。

まず、稼働率、余裕率、一人当たり余裕量の定義式を以下に示す。

$$\text{稼働率} = (\text{一日最大需要量} / \text{給水能力}) \times 100 \quad (\%) \quad (5-23)$$

$$\text{余裕率} = (\text{給水能力} - \text{一日最大給水量}) / \text{給水能力} \times 100 \quad (\%) \quad (5-24)$$

$$\text{一人当たり余裕量} = (\text{給水能力} - \text{一日最大給水量}) / \text{給水人口} \quad (5-25)$$

式(5-23)～(5-25)による稼働率、余裕率、一人当たり余裕量をそれぞれ表5-16～表5-18に示す。

表5-16 福岡交流圏の稼働率

(a) 福岡市通常予測の場合

(%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	71.4	86.3	96.0	54.0	73.7	89.7	70.5	75.0	75.0
1995	77.9	102.4	114.5	64.9	80.1	98.7	99.9	82.6	83.9
2000	80.1	103.9	110.4	77.3	84.7	100.9	119.3	89.7	87.3
2005	85.1	112.0	115.5	87.8	92.6	105.9	94.2	88.7	92.2
2010	93.2	123.0	131.7	96.1	105.2	110.0	109.7	93.6	100.5

(b) 福岡市節水型予測の場合

(%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	71.4	86.3	96.0	54.0	73.7	89.7	70.5	75.0	75.0
1995	74.8	102.4	114.5	64.9	80.1	98.7	99.9	82.6	82.1
2000	74.1	103.9	110.4	77.3	84.7	100.9	119.3	89.7	83.9
2005	75.7	112.0	115.5	87.8	92.6	105.9	94.2	88.7	86.8
2010	78.9	123.0	131.7	96.1	105.2	110.0	109.7	93.6	92.6

表 5-17 福岡交流圏の余裕率

(a)福岡市通常予測の場合 (%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	40.0	15.9	4.2	85.3	36.0	11.5	41.2	33.5	33.8
1995	28.4	-2.4	-12.7	54.4	25.0	1.3	0.0	21.5	19.3
2000	24.9	-3.8	-9.4	29.5	18.2	-0.9	-16.1	11.4	14.6
2005	17.1	-10.7	-13.4	14.0	8.0	-5.5	5.8	12.9	8.5
2010	7.3	-18.7	-24.1	4.2	-5.1	-9.1	-9.2	6.8	-0.5

(b)福岡市節水型予測の場合 (%)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	40.0	15.9	4.2	85.3	36.0	11.5	41.2	33.5	33.8
1995	32.4	-2.4	-12.7	54.4	25.0	1.3	0.0	21.5	21.9
2000	32.4	-3.8	-9.4	29.5	18.2	-0.9	-16.1	11.4	19.2
2005	28.4	-10.7	-13.4	14.0	8.0	-5.5	5.8	12.9	15.2
2010	22.7	-18.7	-24.1	4.2	-5.1	-9.1	-9.2	6.8	8.0

表 5-18 福岡交流圏の一人当り余裕量

(a)福岡市通常予測の場合 (リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	158.8	54.4	15.1	280.8	92.9	50.5	147.5	143.8	129.6
1995	123.1	-9.3	-52.3	186.2	66.4	6.1	0.0	102.3	82.4
2000	112.0	-15.5	-41.2	105.4	50.3	-4.5	-70.0	56.6	64.5
2005	80.0	-44.7	-63.9	52.3	23.2	-28.4	26.0	66.0	39.0
2010	36.2	-79.0	-125.8	16.3	-15.5	-48.9	-41.8	36.1	-2.4

(a)福岡市節水型予測の場合 (リットル/人・日)

	福岡市	筑紫地域	粕屋地域	宗像地域	糸島地域	筑豊地域	朝倉地域	筑後地域	交流圏全体
1990	158.8	54.4	15.1	280.8	92.9	50.5	147.5	143.8	129.6
1995	140.5	-9.3	-52.3	186.2	66.4	6.1	0.0	102.3	91.4
2000	145.8	-15.5	-41.2	105.4	50.3	-4.5	-70.0	56.6	81.7
2005	133.8	-44.7	-63.9	52.3	23.2	-28.4	26.0	66.0	65.8
2010	111.8	-79.0	-125.8	16.3	-15.5	-48.9	-41.8	36.1	35.6

稼働率は値が低いほど給水能力に余裕があることを示し、100%を越えると給水能力以上の水需要があることを示している。表5-16 (a)より、2010年で福岡市、筑後地域、宗像地域の稼働率は90%台であるが、それ以外の5地域では稼働率が100%を越えていて、特に粕屋地域では130%を越え、筑紫地域では120%を越えている。その結果、交流圏全体でも100%を越える結果となっている。一方、福岡市が節水型で推移した場合は、表5-16 (b)のように、交流圏全体で水を融通すれば90%台の稼働率を保持できる結果となっている。表5-17の余裕率の面からみても当然のことながら同様の結果となっている。即ち、2010年で粕屋地域、筑紫地域の余裕率は負の大きな値となっていて、糸島、筑豊、朝倉の各地域も負の余裕率となっている。交流圏全体では、福岡市が節水型で推移すれば、余裕率は負の値から8%の正の値に増加する。

上記の余裕量、稼働率、余裕率は総量で評価する指標であるが、表5-18の一人当たり余裕量は、余裕量を一人当りに換算することにより、その量を実感できるレベルで評価することができるであろう。例えば、2010年には、10年に1度の少雨である計画渇水年において、粕屋地域においては、一人一日当りおよそ126リットルもの水不足が予想される。同じく、筑紫地域では約80リットル、筑豊地域約50リットル、朝倉約40リットル、糸島約15リットルの水不足が予想されている。一方、福岡市（通常予測の場合）、筑後地域は共に、2010年で一人一日当り約40リットル近くの余裕があることになるが、交流圏全体としてみれば一人一日約2リットル程度の水不足量となり、ほぼ水需給のバランスはとれていると言えよう。また、福岡市が節水型で推移した場合は、交流圏全体としては、2010年で一人一日約36リットルの余裕を保持できる結果となっている。

#### (4) 水資源問題解決のための方策と課題

##### ①概略

本水需要モデルにより予測されるように、福岡市とその周辺地域の水需要は、九州の中核都市としての急速な発展に伴い、福岡交流圏への人口集中、商業・業務などの集積、生活レベルの向上などによって年々増加していくと考えられる。しかし、当地域は、地理的条件によって、近郊にこれらの需要を満たし得る河川や地下水に恵まれていない。このため、より安定的な給水を目指し、昭和58年より流域外からの築後川よりの導水を行っている。築後川水系への依存度は、福岡市で給水能力の約1/3を占めており、周辺自治体の中には約60%に及ぶ自治体もある。しかしながら、築後川の流況が悪化した場合には十分な取水が保証されておらず、必ずしも安定した供給源とは言い難い。また、異常渇水時のために、豊水時に水を貯留しておく渇水対策用ダムなどの建設も計画されているが、新たなダム建設による水資源開発は、ダム適地の不足といった地理的、環境上の制約から、表5-15に示したように、2005年以降の具体的な水資源開発として挙げられていない。



## ②これからの水源と耐渇水性

ここ何十年、水資源開発と言えばダム建設と言われるほどであったが、現在、ダム建設適地は著しく減少し、計画から完成まで20年以上、経費も1000億円を超えるものもあり、ダム建設の効率は非常に悪くなってきている。それにもまして水没補償や自然環境破壊の問題もあり、そろそろダム建設以外の水資源開発も積極的に推し進める時期に来ている。

また、地下水にしても、井戸からの安易な取水により、地下水位の低下による井戸の枯渇、地盤沈下、地下水の塩水化、そして近年では地下水汚染の問題も顕在化してきている。

以上の背景のもとで、今後の水需要の増大に対処するため、また平成6年の大渇水により渇水時の緊急水源とするため、河川からの取水や通常の地下水取水以外の水資源確保として、海水淡水化、水の地域間融通、下水処理水再利用、雨水利用、既得水利権の合理化、地下ダム、そして水需要抑制策などがこれからの水資源方策として注目されよう。そして、これらの水源を既存の水源と融合して複数水源を持つことにより、利水安全度・耐渇水性の向上が期待できる。

ここで、河川・ダム取水、地下水（地下ダムを含む）、海水淡水化、下水処理水再利用、雨水利用の水源別の耐渇水性に注目すると、渇水（少雨）の影響を受け易さという点では、第一に雨水利用、次いで河川・ダム取水、それから地下水、そしてほとんど影響を受けない下水処理水および海水淡水化の順となろう。特に最近では、流域の都市化の進展、水源地域の森林の減少、1991年の台風による水源地域の風倒木の影響などで河川・ダム取水の耐渇水性が著しく低下している。

## ③利水安全度

利水安全度とは、今利用している水がどの程度安定的に利用できるかを表す概念であり、水需給関係の安定性の観点から評価される。現在、日本の水資源計画は、十年に一度程度の少雨の年（渇水年）を想定し、その十年に一度の渇水年に対しても水の需要を満足しうるようにしか立てられていない。逆に言えば、十年に一度は水不足になるように計画されている。すなわち、水道事業は自治体毎の独立採算制を基本としているので、住民も現在自分達が払っている水道料金で達成できるのは、十年に一度の渇水までであるという認識を持たねばならないが、この事実を知っている人は余りいない。さらに、水道事業の運用面から言えば、将来の雨量予測が困難なため安全を見越して減圧給水や制限給水をするので、実際の水不足はもっと頻繁に起こることになる。

しかし現在、生活様式の変化や経済社会の高度化などにより、給水停止による渇水被害は特に都市部において甚大なものとなっているので、水道料金がある程度高くなっても、諸外国のように既往最大渇水や50年に一度の渇水を対象とするまでではいかなくても、せめて30年に一度の渇水までは耐えられるように、利水安全度を見直すことも必要ではないかと考えられる。

なお、近年の少雨化傾向や不安定取水（数年に一度程度の渇水でも取水できなくなるような川からの取水）のため、利根川ではおよそ三年に一度水不足が生じている状態であり、福岡市周辺の自治体でも、数年に一度程度水不足が生じているところもあるのが

現状である。

#### ④水道事業の一元化

図5-10、図5-11、表5-9～表5-11に示したように、福岡市については、2010年においても、十年に一度の確率で発生する渇水に十分耐えられるよう水需給がバランスしていると考えられる。これは、福岡市が昭和53年の福岡大渇水を教訓に節水型都市づくり推し進め、種々の渇水対応を行ってきたためと評価されよう。一方、福岡市のベッドタウンとして急激に人口が増加している筑紫地域・粕屋地域では、水需要抑制策として、要項などにより大型集合住宅への給水拒否などを実施し、人口流入を抑制しているものもあるが、それでも給水人口は増加し、また下水道の普及や生活洋式の変化などにより、水需要は増加している。その結果前述のように、1995年以降降水かなりの不足が予想されている。事実、これらの地域の自治体の中には、十年に一度という利水安全度は達成されておらず、頻繁に水不足が発生する自治体もある。しかし、これは周辺の各自治体の対応が不十分であったというよりも、もはや周辺自治体個別の水道事業に限界があるのではないかと考えられる。

なお、水不足が懸念される地域の中のいくつかの自治体では、確率的におよそ百年に一度の平成6年の大渇水に対しても、水不足は全く生じなかった自治体もある。また、水道料金の格差は福岡交流圏の中でおよそ3倍あり、同じ交流圏の中であって、水道事情にかなりの格差がある。

以上のように、福岡交流圏内で利水安全度の不均衡がある状況の中で、福岡市だけが水需給の逼迫状態から抜け出すことに対して、交流圏の構成自治体として受け入れがたいと言われている。従って、福岡市は、福岡市の利水安全度は、周辺自治体の利水安全度抜きでは考えられないという、運命共同体としての認識を前提に水資源対策を考える必要がある。福岡市の節水施策は必ずしも周辺自治体では取り入れられていない。また、種々の用水がどのように利用されているか十分に把握されていないため、実体を把握した上で、交流圏でより効率的な使用方法を検討する必要がある。効率的な水資源の運用や水道事業の経費削減のためには、交流圏の水道事業をさらに全般的に展望したシステムの構築や運用が不可欠となる。

「地域住民が等しく水道サービスを受ける」のが水道法の趣旨とすれば、水道事業の一元化は交流圏として取り組まねばならない今後の課題と思われる。これまでの自治体の水道事業に対する投資や歴史的経緯から、一気に実現することは困難と考えられるが、常に渇水の危機にさらされている自治体を放置している状況は改善されるべきであろう。せめて緊急用に水道配水管を連結しておくことは可能であろう。

こうした一元化のためには、新規水源の開発が不可欠であるし、また、自治体を取り纏める福岡県と、最も影響力の大きい福岡市のリーダーシップが必要と考えられる。

#### ⑤海水淡水化

海水淡水化は、平成六年の渇水で、にわかに脚光を浴びたように思われているが、実は福岡市では既にこれまでに何度も調査研究を行ってきた。また、海水淡水化は世界中で実用化され、この分野における日本の技術開発は世界のトップレベルにあり、技

術的にはなんら問題はない。淡水化事業の工期も三年程度と短く、建設費も昨今のダムに比べると割安となる。さらに、海水淡水化は、少雨には全く影響されず、耐渴水性が最も高いので、これにより極めて強力な総合的水運用システムが構築できる。

海水淡水化の最大のネックとして、運転費が高いことによるコスト高ということがよく言われている。例えば福岡市の場合、日量三万～十万 $m^3$ の施設で $1m^3$ 当たりの水の開発費が600円～900円という数字が出ているが、これは国庫補助がなく、施設の稼働率が50%の試算である。建設費の半分が国庫補助され、稼働率を100%にすると、昨今のダムによる水資源開発費と余り変わらない。また海水淡水化による水は、今までの河川やダムなどの水に上乘せして使用するので、水道料金への跳ね返りとしては、一割から二割程度の上昇で済むと考えられる。しかも福岡市の場合、家庭用水道料金が福岡交流圏の中でもかなり低い方なので、海水淡水化による料金上昇分を加えても、福岡交流圏における $1m^3$ 当たりの家庭用水道料金の平均値である約160円よりも低く抑さえられると考えられる。

海水淡水化による水質の問題として、逆浸透法の場合、ミネラル分を通さない水ができるのでおいしくないとか、海水が汚れている場合は、海水を塩素で滅菌するときに、発癌性物質であるトリハロメタンが生成することなどもあるが、これらは技術的に解決できる。また、塩分濃度の高くなった排水を海に戻すとき、周辺の生態系に影響を及ぼすことが考えられるが、これも例えば、ほとんどそのまま海に流れていく下水処理水と混ぜて排水れば問題はないであろう。あと、海水淡水化プラントは、特に海の油汚染に対して脆弱な性質を有しているため、原水の汚染対策は必要である。

さて、1992年の地球サミットでのリオ宣言に見られるように、現在、地球環境問題の重要性が叫ばれ、「地球的な視野に立って足元から行動しよう」という機運がかつてないほど高まっている。そして、水道事業にも地球環境への十分な配慮を行うことが求められている。水道が関係する地球環境問題としては、特に二酸化炭素などの温室効果ガスの増加による地球温暖化の問題がある。既に、「地球温暖化防止行動計画」が決定され、二酸化炭素排出総量が西暦2000年以降1990年レベルで安定化させる目標がある。地球温暖化の進行は、今後五十年程度のスパンでじわじわ顕在化してくるものであり、次世代の為に今行動することが求められている。

海水淡水化施設の運用に当たっても、コスト面のみがクローズアップされているが、上記の地球温暖化への配慮が必要である。日量5万 $m^3$ 程度の海水淡水化施設を一日フル稼働させた場合、およそ35万キロワット時の電力量を必要とするが、これは、現在福岡市が水道事業全体で一日に消費している電力量の五倍以上に相当している。そしてこれは年間およそ13,000トンもの二酸化炭素を排出することに相当する。

よって、海水淡水化は基本的には異常渇水時の緊急用として運用し、降雨が平年並にある場合は極力使用しない方策が望まれる。海水淡水化施設は、全く使用しなくても、基本電力料金などで相当額のお金がかかるが、これを、使わないと投資効果がないから損と考えるのではなく、いざというとき（異常渇水時）のための保険料と考え、使わずに済むものならばそれに越したことはないと考えべきであろう。

## ⑥下水処理水の再生利用

雑用水利用とは、生活用水の中で、低水質でもよい用途（主に水洗トイレ用水）に、下水処理水や雨水などを利用することであるが、福岡市の雑用水利用は、五十三年の大渇水を契機として積極的に取り入れられ、現在は東京都に次いで導入件数が多い。

雑用水道の利用方法は、大きなビル単独でそのビル内の下水を処理して再利用する方法（個別循環方式）と下水処理場から送られてくる処理水を直接利用する方法（広域循環方式）に大別される。個別循環方式の場合、下水道料金およびトイレ用に使用する水道料金が節約できるが、水処理費用や配管工事費の方が高くつくため、東京新宿副都心のような相当大きなビルでない限り、通常経済的なメリットは期待できない。広域循環方式の場合、処理費用はかからないが、まず広域循環区域内に入っていることが前提となる。そして新たな配管工事費がかかる上に、下水処理水はただではなく、水道料金とほぼ同額の値段で買わなければならない。福岡市の場合、新しい大きなビルでは雑用水道の利用が半ば義務づけられているが、現況では一般家庭までへの普及は難しい。今後、雑用水道を強力に推進してゆくためには、財政援助の他に、なんらかの法的手段が必要となってくるであろう。

なお、雑用水利用の効果としては、水資源の有効利用促進、水道水の使用量の減少による水需要抑制効果、下水処理水の公共用水域への放流量減少に伴う汚濁負荷の減少、そして異常渇水時でも雑用水道の断水の心配がないこと（特に広域循環の場合）などが挙げられる。

さて、平成三年の福岡市の下水処理場における日平均処理水量は44万 $m^3$ にも及び、水道の日平均給水量41万 $m^3$ よりも多いが、このうち現在利用されているのは、最大でも1%弱で、残りの大部分はそのまま海へ流れていっている。ここで、福岡市の家庭用水使用量のうち、トイレ用水に使用されるのは、節水型便器などの普及の結果、12%程度と、全国平均の18%に比べかなり低い。よって、仮に全世帯がトイレ用水に下水処理水を使用したとしても、80%以上の下水処理水は利用されないままとなる。この下水処理水は、今後工業用水や農業用水として、もっと積極的に活用することが望まれる。

さらに最近注目されているものに、下水処理水の飲用化、すなわち下水処理水を川やダムに還元して上水道に利用するものがある。大阪市では地理的に京都市の下水道処理水がブレンドされた淀川の水を水道水源として用いらざるを得ない状況にある。

飲用化の問題では、市民感情、市のイメージの問題、そして特に、かび臭などの異臭味などを始めとする水道水質の問題などが懸念されるので、その導入にあたってはこれらの点を十分調査検討する必要がある。

特に最近では、水道の水質に対する関心の高まりを背景として、ミネラルウォーター、家庭用浄水器の売り上げは急増しており、安全でおいしい水への指向が一段と強くなってきている。この傾向は今後さらに高まるもと考えられるので、飲用化の問題は、これからの水道の果たすべき役割についても問題を投げかけている。

## ⑦雨水利用

雨水利用は耐渇水性が低く、渇水時には余り役に立たない（逆に雨水で賄っていた分を他の水源に求めることになる）が、平常時の未利用の水源として、水資源の有効利用

の観点から積極的に推進してもよいと思われる。福岡ドームのように大規模な雨水利用の場合、トイレ用水や植木の散水用として、下水処理水よりも経済的ということでメリットはあるが、一般家庭の場合、通常、トイレ用水の分だけ（それ以外の用途にも使用する場合はその分も）水道代が安くなるだけなので、雨水利用施設を設置する場合（特に新築の場合に導入し易い）に強力な財政的支援ない限り、普及は難しそうである。

#### ⑧地下ダム

地下ダムは、地中にセメントを注入して壁を造り、地下水をせき止めて貯水するもので、通常の河川ダムに比べ構造が簡単で、建設費もかなり低く抑さえられる。また、水没地域はなく環境への影響も小さい。難点は、事前の地質調査のためのボーリング費や電気探査費などが結構かかる上に、かなりの専門知識を必要とする複雑な解析の結果、結局地下ダムは無理ということもある。特に福岡都市圏の場合、地下水を溜め込む地層が薄く、地下ダムを造っても取水量が少なく採算に合わないことが多い上に、地下ダム建設に対して国からの補助が余り大きくないこと（県下で唯一の宇美町の地下ダムでは補助なし）が、地下ダム建設のネックになっている。また、地下ダムには、地下水位の上昇や地下水汚染物質を溜め込む特性も有している。只将来的には、渇水時の水源として、また地下水のかん養、水資源の有効利用の観点などから、小規模な水源開発でそれ程魅力はなくとも今後推進してゆくべきであろう。

#### ⑨むすび

今後、以上述べた複数の水源を確保することは、水需給の逼迫した地域では必須と考えられる。特に、水道事業を一元化し、交流圏全体の利水安全度を高め、渇水被害を最小にする体制や、渇水時でも確実に水が手に入る方策を確立することが望まれる。また、既存利水施設の有効かつ合理的な運用管理や、総合的水管理システムの確立も不可欠である。そして、降雨が豊富な年の利水方法や、渇水時において可能な限り渇水被害を低く抑さえるための水源運用シミュレーションなどを、平常時から実施することが大切であろう。

しかし、特に福岡交流圏だけ見れば、一人当たりの降水量はエジプトやクウェートよりも少ない（但し、蒸発量を差し引いた水資源賦存量で見ればかなり多くなる）ので、福岡交流圏に住むなら、ある程度の水不足を覚悟しなければならない。それにもまして、都市での水問題の根底として、今までの水需要追従型水資源対策をもう一度見つめ直し、水資源に余裕のある他圏域への人口分散などの政策も考慮されてもよい時期にきていると考える。地球環境問題の観点からもそう考える。

## 参考文献

- 1) 国土庁長官官房水資源部編集：日本の水資源（平成6年度版）、大蔵省印刷局、1994年。
- 2) 厚生省監修：水道施設設計指針・解説、日本水道協会、1990年。
- 3) 遠藤士郎監修：上水道工学＜第2版＞、森北出版、1993年。
- 4) 河口至商：多変量解析入門Ⅰ、森北出版、1973年。
- 5) 竹内啓監修：SASによるデータ解析入門〔第2版〕、東京大学出版会、1993年。
- 6) Kawamura, A., Jinno, K., Ogata C., and Oka, I. : Integrated Water Resources Development And Management in Fukuoka Metropolitan Area, Proceedings of the International Workshop on Integrated Water Resources Management in Urban and Surrounding Areas, IHP of UNESCO, Gelsenkirchen, Germany, 1994.