

(5) 広域水道圏域の規模設定に関する一考察

A STUDY ON AREA-WIDE SIZE OF WATERWORKS

坂本弘道*・○今田俊彦**

Hiromichi SAKAMOTO*, Toshihiko KONDA**

ABSTRACT; Water resources problems and stability of water supply make waterworks area-wide. Area-wide waterworks is to be planned with consideration of such as regional climate and history, that is, hydrological and socio-economical aspect and histories of water-works.

This paper gives the background information of area-wide waterworks and tries to identify its future policy making. Water-works system is classified three levels according to area-wide size. The regional characteristics are paternized. Questionnaire data analysis gives the relation between area-wide size and regional characteristics. At the result, we get the conclusion that the supply-demand gap and the scale of kernel cities affect the area-wide size of waterworks.

KEYWORDS; area-wide waterworks, master plan, regional characteristics, area-wide size, questionnaire data.

1. はじめに

水道は市町村営の水道事業や簡易水道事業のように、その行政区域内の住民を対象として水の供給を行っているものが多い。それは、水道事業の創世期に制定された水道条例（明治23年）によって、「市町村公営の原則」が定められたことに起因していると考えられ、市町村を越えた地域を給水対象とする例は極めて少なかった。近年になって、複数の市町村を給水対象とした水道事業や水道事業への用水を供給することを目的とした事業（水道用水供給事業）のような広域的な水道（以下広域水道と言う）が発足してきている。

広域水道の発足の直接的原因は、水源開発の難航や隣接する水道事業の格差等の問題点の解決があげられるが、その背景には地域活動が活発化することにより交通網や情報網の発達によって、物理的にも心理的にも隣接市町村間の一体性が高まったこともあげられる。このような社会的背景のもとで、水源開発や水の安定な供給という共通の問題と地域格差に対する不満が、広域的な水道発足に繋がったと考えられる。このような広域水道を計画する際に、まず問題となるのがその対象範囲としての圏域の設定である。この圏域の設定に関する研究は、圏域内部の構成要素（ここでは市町村）をどこまで含めるのか、すなわち圏域の規模を設定する評価方法を検討することが重要と考えられる。

このため本論では、広域水道の圏域規模と地域特性との関連を分析し、圏域規模の評価を試みる。すなわち、広域水道の圏域の規模が、地域特性（ここでは、地域内の隣接する市町村の一体性として把握する）によって設定しようと仮定し、この仮説を検証することとする。この検証のため、本論では実際の広域水道事業へのアンケートを実施し、広域水道圏域の規模とその圏域内市町村の一体性との関連を把握すると同時に、その水道事業を管理する者からの広域化の効果を把握して、圏域の規模の評価を行なうこととする。

このため、本論の構成は以下になる。まず2で圏域の規模をレベル化する。これは、地域の一体性と圏域の規模との関連を比較する際に、パターン間の関連分析（具体的にはクロス集計）を行なうためであ

* 厚生省環境衛生局 Environmental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare

** ㈱日本水道コンサルタントシステム開発室 Department of Water Resources Systems Analysis and Planning, Nihon Suido Consultants, Co., Ltd.

り、関連の解釈が容易になるためである。ここでは、レベル化の意味付けが容易なように圏域内の公共施設の数を把握し、その数より典型的な圏域の規模のレベルを設定する。次に、3で地域の一体性を類型化する。ここでは、一体性を隣接市町村の特性と水需給特性という2つの視点でとらえる。すなわち隣接市町村の特性は、その地域の核となる都市の人口規模と他の市町村の関連で表わし、水需給特性は水資源と水需要から得られる水需給バランスで表わすものとする。これは、中核都市の大きさによつて市町村の一体性が高まること、また水需給バランスの逼迫度合によつて、地域内の広域水道発足への意欲が高まると考えたためである。そして4では、地域の一体性と圏域の規模との関連をクロス集計をもとに把握する。また、広域化の効果を表わす要因を用いて圏域の規模の評価をも行なう。地域の一体性を表わす類型及び圏域の規模別に広域化の効果を定量化し、その結果より地域の一体性と望ましい圏域の規模を把握する。

2. 広域水道圏域のレベル

広域水道の圏域を社会活動上での意味付けをもとにレベル化する。レベル化の指標は、対象区域に含まれる市町村の数とする。まず、現在実施中の広域水道事業の対象地域内市町村数を図-1に示す。図-1は市町村数を階級に分割し、階級別の度数分布で表わしたものである。これを見ると、2～3市町村が最も多く、次第に指数関数的に少なくなっていく分布形を示している。5市町村以下の広域水道は60事業程度であつて全体の半分以上を占めている。逆に、20市町村以上は10数事業しかなく、全体の一割程度であることがわかる。

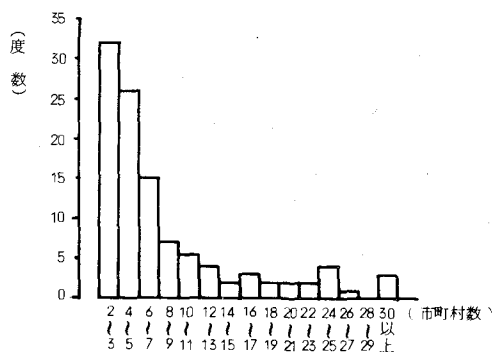


図-1 広域水道対象市町村の度数分布

次に、広域水道と同じように、単独の市町村を越えて広域的な地域を対象とした公共施設を抽出し、広域水道の圏域の規模と比較する。ここで抽出した公共施設は、「教育施設」としての高校、大学、「保安施設」としての警察署、消防署、「文化施設」としての図書館、博物館、「衛生施設」としての保健所、し尿処理場、ごみ処理場である。広域水道事業に実施したアンケートでは、広域水道の対象地域内に存在する公共施設の数を回答するようにしている。その結果の一部を図-2に示す。図-2は、公共施設のうち、文化施設と衛生施設に関して、設置箇所数の階級別構成比で表わしている。これより、保健所、し尿処理場、ごみ焼却場の設置箇所数が、広域水道の対象地域内に少なくとも1箇所ある場合が、いずれも9割以上あるのに対して、博物館、美術館のそれはそれぞれ約4割、5割となつている。このことは保健所等の衛生施設は、広域水道の対象地域内に1箇所以上は含まれることになり、これらの衛生施設の分担範囲は広域水道の圏域の規模より小さい場合が多く、逆に美術館、博物館のそれは大きい場合のほうがやや多いと考えられる。

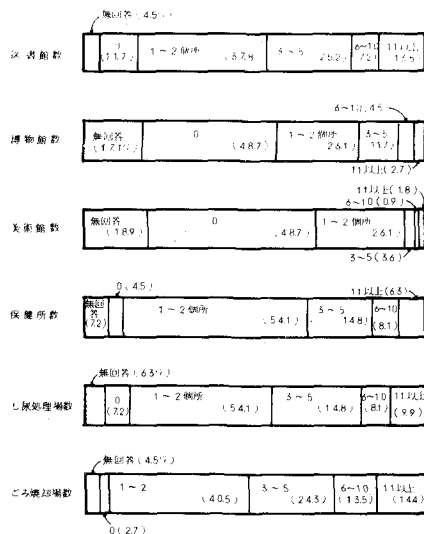
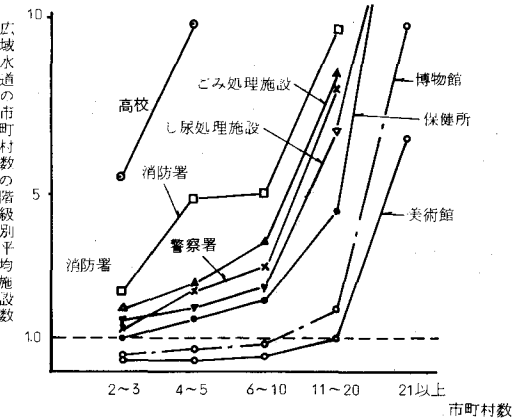


図-2 「文化施設」、「衛生施設」の設置数の構成比

そこで、次に公共施設の設置箇所数を広域水道の対象地域内の市町村数別に示したものが、図-3である。図-3では、市町村数を階級に分割し、その階級別の平均施設数を示している。この図から、市町村数が多くなるに従い公共施設の数も多くなること、また各公共施設の分担範囲（サービスエリア）の大きさの差異がわかる。さらに、縦軸（階級別の平均施設数）が1.0の値となる時の市町村数を見ると、これが各公共施設

設が分担する市町村数とみなすことができる。実際には、市町村の規模は大小さまざまなため厳密な値ではないが、以下の各圏域の規模を把握するための目安の数値として扱ってもさしつかえないと考えられる。この図を見ると、保健所、ごみ焼却場、し尿処理場、消防署等は、2～3市町村に1個所、博物館は6～10市町村、美術館は11～20市町村に1個所という割合で設置されていると、大まかにとらえることができる。

ここで把握された公共施設1個所が分担する平均的施設数をもとに、広域水道の圏域の規模（市町村数）をレベル化するものとすれば、保健所等の施設がほとんど1個所は含まれる2～5市町村、博物館や図書館が1個所は含まれる6～20市町、およびそれ以上に分けることができると考えられる。この市町村数による規模のレベルを解釈するとすれば、まずレベル1の2～5市町村は保健所、ごみ焼却場、し尿処理場等は地域の住民の日常生活と密接に関わっているため、『日常生活圏』と名付けるものとする。また、博物館や美術館は文化施設であることから、レベル2の6～20市町村を『文化的生活圏』と設定する。さらにレベル3の21市町村以上は公共施設の数によって名称をつけることはできない。このため実際の広域水道の圏域とその地域の流域を比較し、規模的には同等であることを確認したので、ここでは21市町村以上を『流域圏』と名付けることとする。以上をまとめると、圏域の規模は表－1に示す3レベルとなる。



図－3 広域水道の市町村別の公共施設数

表－1 圏域のレベルと市町村数

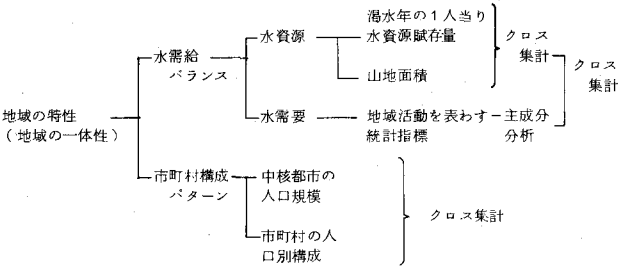
レベル	圏域の意味	市町村数
1	日常生活圏	2～5市町村
2	文化的生活圏	6～20 "
3	流域圏	21以上

3. 地域特性の類型化

ここでは、広域水道の対象範囲である地域の特性を類型化する。地域特性を把握するための視点は、地域の一体性を表わす要因であることである。このため、地域活動における一体性を表わす要因として中核都市の人口規模とその隣接市町村の構成を採用する。さらに、地域の水需給の逼迫度が水道の広域化をもたらすと考えられるため、水需給バランスを水に関する一体性を代表する要因としてとりあげる。次に、地域特性の類型化の方法は、アンケートを実施した広域水道をサンプルとして、各要因によるクロス集計をもとに類型化するものとする。

まず初めに、水需給バランスによる地域の類型化を行なう。ここで水需給バランスは、図－4のように水資源と水需要に関する要因によって表わす。

すなわち、水資源は、渇水年の1人当たり水資源賦存量及び山地面積の組み合わせによって、また水需要は地域活動を表わす統計指標（人口、産業、経済、文化等の各部門から23指標）を主成分分析を用いた総合特性値によって表わす。なおこれらの要因はデータの収集が容易なように広域水道が位置する都道府県別の値を用いている。水需要と水資源に関する要因よりいくつかの典型的な群に分類し、広域水道事業をサンプルとした2要因のクロス集計を表－2に示



図－4 地域特性を表わす要因と類型化の方法

す。このクロス集計をもとに、その要素をまとめることによって水需給バランスの傾向を表わすいくつかの類型を作成することとする。まず表-2を見ると水需要の分類がⅠ群からⅢ群までのグループは消費活動が盛んで都市化が進んでいる地域であり、水需要は比較的多いと考えられる。Ⅳ群からⅥ群までは逆に消費活動が弱く水需要は比較的小さいと考えられる。一方、水資源に示されるⅠ群からⅤ群は1人当りの水資源賦存量(渇水年)を2.5(千 m^3 /年人)、5.0(千 m^3 /年人)で分割し、また山地面積率を50%で分割してできた群であり、Ⅴ群からⅠ群に移るほど水資源が不足がちになる傾向がある。表-2によると、水需要が比較的多い分類Ⅰ群からⅢ群は水資源も比較的小さいと偏っているため、これらをまとめて1つの類型とする。この類型をクラス1とすれば、その特徴は水需要が多く水資源が不足がちで水需給バランスが逼迫する傾向を持っていると考えられる。

一方、地域活動分類がⅣからⅥまでを見ると、自然特性がⅠからⅡと、ⅣからⅤに偏っていることがわかる。このことから、これを半分に分け、生産活動が比較的活発(または都市化が比較的遅れている)で水資源が少ない地域(クラス2)と、逆に豊富な地域(クラス3)に分類する。分類された新しい地域パターンの特徴と、それに含まれる広域水道の事業数を表-3に示す。

これまで、広域水道の位置する地域の特性を分析してきたが、次に広域水道の圏域の内部に注目し、広域水道対象地域内に含まれる市町村の構成を類型化することとする。市町村の構成として、その中の中核となる都市の人口規模と、全体を構成する市町村の組み合わせをいくつか分類し、次にこれらを組み合わせで市町村構成パターンを作成することとする。

まず、中核となる都市(地域活動の中心地または人口の1番多い都市)の人口規模を、5万人未満、5～10万人、10～50万人、50万人以上の階級に分類する。階級を分割する人口の基準は、まず5万人は市制を許可される基準値であり、また50万人は地方中核都市として考えられ、次に10万人は地方の産業等の拠点都市として設定しようものと考えた。

次に広域水道の対象地域内の市町村の組合せは、図-5に示すような3つの階層構造に分類する。市町村の組合せのタイプ1は、同じ人口規模の市町村による単層構造、タイプ2は中核都市の周囲に別の人口規模の市町村が隣接した階層構造、タイプ3はタイプ2が幾つも組み合わせられた重層構造として位置付けられる。なお、ここでの人口規模は、中核となる都市の人口規模を階級分類したものと

表-2 水資源と水需要要因によるクロス集計

水資源賦存量 山地面積	水資源賦存量 山地面積					計
	Ⅰ 2.5(1人/年) 以下 50%以下	Ⅱ 2.5～5.0 50%以下	Ⅲ 2.5以下 50%以上	Ⅳ 2.5～5.0 50%以上	Ⅴ 5.0以上	
Ⅰ 都市化、消費活動活発	① 3	7	2	5	0	17
Ⅱ 都市化と住宅地共存	2	5	3	0	0	10
Ⅲ 住宅地化が卓越	14	0	1	0	0	15
Ⅳ 都市化、産業化の中間	5	4	1	15	3	30
Ⅴ 産業化が卓越	9	0	0	2	10	21
Ⅵ 消費活動弱い	8	2	0	4	4	18
計	41	20	7	26	17	111

表中の○印内番号は、クロス集計の要素をまとめたパターン番号を示す

表-3 地域パターンの特徴と事業体数

地域 パターン	特 徴	広域水道 事業体数
クラス1	大都市の周辺で住宅地化も進み水資源が非常に不足がちな地域	42
クラス2	産業化や生産活動が比較的活発で、水資源が不足がちな地域	31
クラス3	産業化や生産活動が比較的活発で、水資源が比較的豊富な地域	38

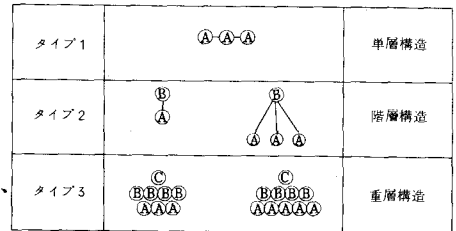


図-5 市町村の組合せによる分類

表-4 「中核都市の人口」と「市町村組合せ」

のクロス集計

市町村の 構造 中核都市の 人口	タイプ 1	タイプ 2	タイプ 3	計
	1	2	3	
5万人未満	29 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	29 (100.0)
5万人以上 10万人未満	1 (3.1)	30 (93.8)	1 (3.1)	32 (100.0)
10万人以上 50万人未満	0 (0.0)	20 (51.5)	19 (48.7)	39 (100.0)
50万人以上	0 (0.0)	1 (9.1)	10 (90.9)	11 (100.0)
計	28 (25.2)	53 (47.8)	30 (27.0)	111 (100.0)

表-5 市町村構成パターンの特徴

	特 徴	事業体数
パターン1	市町村の組合せが単層構造	30
" 2	市町村の組合せが階層構造で中核都市の人口が10万人未満	30
" 3	市町村の組合せが階層構造で中核都市の人口が10万人以上	21
" 4	市町村の組合せが重層構造	30

同じ分類を用いている。

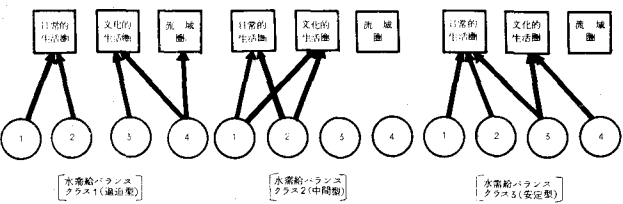
以上の中核となる都市の人口規模の階級分類と、市町村の階層構造の分類との関連をクロス集計によって把握したものが表－４である。表－４を見ると、両者の関連は極めて高い（属性関連を仮説検定で検定すると、危険率１％で有意）。ここでは、市町村の階層構造のタイプ１とタイプ３は、それぞれ５万人未満と１０万人以上の中核都市の人口に偏っているため１つのパターンとし、タイプ２を１０万人未満と１０万人以上の２分割として、４パターンとする。作成された市町村構成パターンの特徴とそのパターンに属する広域水道事業数を表－５に示す。この４つの類型は、パターン１からパターン４に移行するほど、中核都市の人口規模も大きく、隣接市町村の組合せも複雑となっている。中核都市の人口規模が大きいほど隣接市町村との交通網、情報網が発達し、隣接市町村の構成が複雑なほど市町村相互の関連が強いと考えれば、パターン１からパターン４に移行するほど、地域の一体性が強いと考えられる。

4. 圏域の規模の評価

まず、３で把握した地域の一体性を表わす要因と圏域の規模との関連を把握する。表－６は、水需給バランス並びに市町村構成パターンと圏域の規模との関連をクロス集計によって把握したものである。表中の上段は、それに該当する広域水道の数であり、下段のカッコ内数値は圏域規模別の構成比（横パーセント）を示している。この構成比によって、圏域の規模と水需給バランス、市町村構成パターンとの関連の傾向を見る。まず、流域圏をとる広域水道は水需給バランスの逼迫する傾向にあるクラス１に多いのに対し、日常生活圏、文化的生活圏をとるものは水需給バランスが安定な傾向にあるクラス３に多いことがわかる。また、流域圏をとるものは市町村の構成が重層構造で中核都市の人口も多い（パターン４）であるのに対し、日常生活圏では逆に、単層構造で中核都市の人口も少ないことがわかる。次に、これを水需給バランス、市町村構成パターン、圏域規模の三重クロス集計を取り、そのうち構成比率の高いものを矢線で示したものが、図－６である。これを見ると水需給バランスがクラス１で流域圏に矢線があり、クラス３で日常生活圏に矢線が集中しているのが特徴的である。

表－６ 地域特性と圏域の規模との関連

圏域規模	水需給バランス			市町村構成パターン			
	クラス1	クラス2	クラス3	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
レベル1 日常生活圏	23 (57.1)	16 (25.8)	23 (37.1)	24 (38.8)	21 (33.9)	15 (21.0)	4 (6.5)
レベル2 文化的生活圏	10 (27.0)	12 (32.4)	15 (40.6)	6 (14.2)	8 (21.6)	8 (21.6)	15 (40.6)
レベル3 流域圏	9 (17.5)	5 (25.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (8.3)	0 (0.0)	11 (9.17)



図－６ 市町村構成パターンに効果的な圏域規模
（３重クロス集計）（矢線は全体構成比率が１割以上のもの）

次に圏域の規模を評価するため、まずその評価要因を選定する。評価要因の候補として、広域水道実施による効用と問題点に関する項目を抽出したものが、表－７である。表－７では、広域化の効用として、①水資源の有効利用、②格差の是正、③コストの削減、④事業基盤の強化、⑤給水機能の向上の５つの中項目を上げ、これよりそれぞれ４つずつの細項目を抽出している。また、広域化の問題点または今後の課題として、①水源、②施設、③維持管理、④経営の４つの中項目をあげ、これも同様に４つずつの細項目を抽出している。この細項目は、広域水道事業へのアンケート調査によって、効用の度合を４段階に（㉑大いに効果ある、㉒比較的效果ある、㉓比較的效果ない、㉔無関係）、また問題点の度合を３段階に（㉕特に問題がある、㉖問題がある、㉗無回答）、回答されている。このため、このアンケートによる属性データを用いて３で設定した３レベルの広域水道圏域の規模との関連を分析したものが、表－７である。２つの属性間の関連の有無は統計的仮説検定によって検討している。この結果、表－７に示した○印のつけられた項目が圏域の規模と

関連しており、これを評価要因として用いることとする。

圏域の規模を評価するために、ここでは評価要因の定量化を試みる。定量化の方法は、評価要因の回答項目に評点を与え、これらの全要因の合計値のサンプル平均をとるものとする。この結果を図に表わしたものが、図-7である。なお、評点とその算定方法は図-7の右側に示している。

図-7(1)は、圏域の規模別に、水需給バランスの違いによる効果をみたものである。日常生活圏をとる広域水道は、水不足がちな地域ほど効果がないことがわかる。また、文化的生活圏をとる広域水道は市町村構成によって異なった傾向があり、流域圏をとる広域水道は逆に、水不足がちな地域ほど効果がある傾向があると言える。

別の視点から、圏域の規模別に、市町村構成の違いによる広域化の効果を見たものが図-7(2)である。

表-7 広域化の効用、問題点と圏域の規模との関連

項 目		関連の有無 (仮説検定)	項 目		関連の有無 (仮説検定)
広域水道事業による効用	水需給の有効利用	○	広域水道事業の問題点・課題	1 漏水等の不安定化	○
	2 水質確保が容易			2 水質汚濁	
	3 水需の相互融通			3 水需調整	
	4 地域部需要調整			4 地下水停止	
都市圏の発展	1 普及率	○	都市圏の発展	1 施設の使用・増強	○
	2 水道料金			2 整備レベルの均等化	
	3 水需給バランス			3 浄水施設	
	4 給水安定性			4 監視・制御施設	
事業の発展	1 水需開発費	○	事業の発展	1 専門職員の確保	○
	2 建設費(スケールメリット)			2 施設の保全・管理	
	3 人件費			3 事故対応体制	
	4 電力化・自動化			4 水質管理体制	
給水標準の向上	1 建設投資容易	○	給水標準の向上	1 広域化の促進	
	2 水需及び地の集約			2 料金単価の低下	
	3 施設の安定化			3 事故対応の効率化	
	4 技術水準向上			4 給水事業の統一	

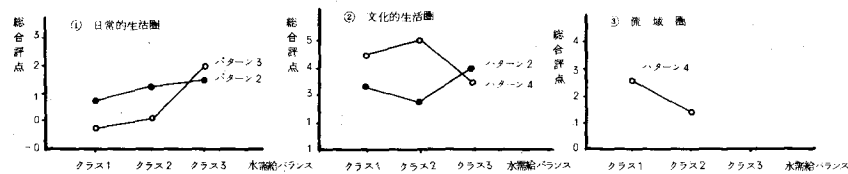


図-7(1) 地域特性別の広域化の効果(水需給バランス)

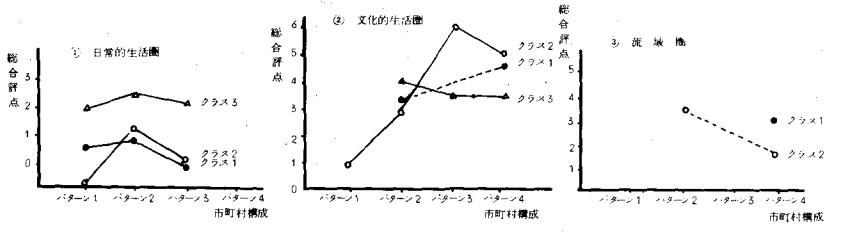


図-7(2) 地域特性別の広域化の効果(市町村構成)

「圏域規模の評価の定量化方法」
$$p^k = a^k \cdot \delta^k$$

$$p^k$$
: グループkの総合得点
$$a^k$$
: " の効用を示す得点
$$\delta^k$$
: " の問題点(逆効果)を示す得点
$$a^k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_{kj}$$

$$\delta^k = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{kj}$$

$$n$$
: グループkのサンプル数
$$p_{kj}$$
: (サンプルk)の項目jの効用を表わす得点(1~4)
$$p_{kj}$$
: 大きい効果ある 2
比較的小さい 1
比較的效果少ない 0
無関係 0
$$q_{kj}$$
: (サンプルk)の項目jの問題点を表わす得点(1~3)
$$q_{kj}$$
: 大きい問題がある 2
問題がある 1
無回答 0

これを見ると日常生活圏では、水需給バランスに関係なく市町村構成パターン2が最も効果的であることがわかる。文化的生活圏では水需給バランスの傾向によって異なるが、水不足がちな地域では市町村構成が複雑なほど効果が高く、逆に水が豊富な地域では市町村構成が単純なほど効果が高いことがわかる。この結果、地域の一体性の強さを、水需給バランスの逼迫度と地域活動上の関連の強さで表わしたとき、アンケートデータからは地域の一体性が強いほど広域水道の圏域の規模を大きくすることが効果的であると評価されていることがわかる。このことから、広域水道の基本計画において圏域の規模設定に関して地域の一体性を

考慮することが重要であることが示唆される。

6. おわりに

本論は、広域水道の圏域の規模が地域の一体性に応じて設定しうると仮定し、これを実際の広域水道事業からのアンケートデータをもとに実証した。ここでは、地域パターンの作成過程や評価方法にいくつかの問題点が見られるが、この種の分析は初められたばかりであり、今後の水道の圏域設定に関する研究の第一段階となると考えられる。

なお、本論の作成に当り有益な助言をいただいた(株)日本水道コンサルタント、システム開発室の萩原良巳、蔵重俊夫、渡辺晴彦の各氏に感謝いたします。