

(1) 広域的水道の圏域設定の方法論に関する考察

METHOD OF AREAL DEFINITION OF AREA-WIDE WATERWORK

坂本 弘道*・今田 俊彦**

Hiromichi SAKAMOTO*, Toshihiko KONDA**

Abstract; Area-wide waterwork is one of the strategies to resolve the water resources problems which cannot be resolved by the effort of the single municipality. If the area-wide waterwork is defined as an association of several municipalities, combination of them is a basic frame of the planning. This paper deals with the combination as the problem of areal definition of the area-wide waterwork.

The association of the municipalities is assumed to be composed by pairwise relations among them. These relations are described as matrices of some factors in geographical and socio-economical conditions. Component analysis II, referring to the actual establishments of area-wide waterworks in Japan, gives the weights of the factors to evaluate the likelihood of the association on each pair of municipalities. Cluster analysis provides the hierarchy of municipalities based on their likelihoods to make an area-wide waterwork. Areal extent of the area-wide waterwork could be determined on this hierarchy. Case studies are undertaken in two different regions to discuss the validity of this approach.

Keywords; Area-wide waterwork, areal definition, component analysis cluster analysis.

1. はじめに

水利用が高度に進むと、水利用の用途間や地域間で種々の影響を及ぼすようになる。水利用をめぐる多くの問題点はその相互影響より生じたものであり、問題点を解決するために、流域内や流域を越えた利水者間の調整を行なうことの重要性が増してきている。広域的水道は、水道事業の有するいくつかの問題点を解決することを目的としているが、特に利水の地域間の調整という課題に対して有効であると考えられる。例えば、比較的小規模な水道事業が多数あり、水資源の確保が困難となっている地域においては、水源開発や給水施設の非効率性、財政上の困難性をかかえることになり、地域の水利用の調整手段として、広域的水道が採用されるようになっていく。

しかしながら、広域的水道の対象範囲（以下、広域的水道圏と称する）が不適切な場合には、過大な施設となり建設費の増大を生じさせたり、維持管理を困難にさせる場合や、広域化前に比較して著しく水道料金が上がってしまい、不満な地域が生ずることもある。このため、広域的水道圏の設定は、広域的水道計画における重要な計画課題であり、地域の実情にあわせて圏域を設定していくことが重要であると考えられる。筆者らは、広域的水道を複数の市町村から成る水道とし、その広域的水道圏の大きさを市町村数で代表させ、地域特性と市町村数の関係を、既存の広域的水道へのアンケート調査結果を用いて分析した¹⁾。この結果、水資源の特性と地域の市町村構成が広域的水道圏の大きさを規定するという仮説を提示できた。本論では、この広域的水道圏の設定を、広域的水道に参加する市町村の選定問題に置きかえ、その市町村の選定に関するモデ

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

** 株式会社日水コン・システム開発室 Department of Water Resources System Analysis and Planning, Nihon Suido Consultants, Co., Ltd.

ル論的分析を行なう。すなわち、圏域設定という非技術的側面をも含むプロセスにおいて、技術的立場から圏域の代替案を作成し、圏域設定という意思決定過程を支援する情報策定方法を示すことが、本論の目的である。広域圏の設定方法は、その地域の特性、広域化の目的によっても変わりうる。ここでは、水利用が高度に進み水道施設整備が進んだ地域で、広域化を行なうことが市町村の目標となっている場合の方法論を提示する。なお、広域化が有効か否かという段階での、広域化の可能性を検討する場合には、別の方法で行なう必要がある²⁾。

以上のことから、本論の構成はまず、2で広域的水道圏の設定に関わる評価要因を抽出して整理する。つづいて、2で得られた代表的評価要因について、圏域設定の重要さの度合を数量化理論第Ⅱ類を用いて分析する。次に4で、この分析結果を用いて圏域の代替案を作成するためのモデルを提示する。ここでは、市町村の結びつきやすさをクラスター分析法を用いて階層化するモデルを示す。この階層図をもとに、広域圏を設定する一例を示す。さらに、このモデルの有効性を実際の広域的水道に適用して、その有効性に関する分析を行なう。

2. 広域化要因の抽出と整理

広域化要因とは、ここでは広域的水道圏(対象範囲)を設定する際に、評価すべきと考えられる要因を示すこととする。広域化要因を大別すれば、個々の水道事業(市町村とほぼ対応すると考える)が広域化を望むと考えられる要因と、それらの水道事業が1つの広域的水道圏としてまとまることが望ましいと考えられる要因の2つに分けられる。前者の要因は、広域化の直接的契機を生み出すものであり、各水道事業の問題点によって表わすことができる。一方、後者の要因は、一つの広域圏に含める望ましさを示し、地域の一体性によって表わすことができると考えられる。

まず、水道の問題点を整理し、これと水道の広域化との関連を明らかにする。この関連に基づいて、広域的水道圏の設定に重要な要因を抽出する。図-1に水道の問題点と広域化との関連を示す。水道の問題点は、水道事業内部の問題点として、①水需給の不均衡、②給水サービスの低下、③財政問題に大別され、水道事業間の問題点として、④地域格差があげられる。これらの要因は、例えば水需給の不均衡は、水源開発の調整力や実行力が大きくなることや、水源間の相互融通が容易になることから広域化を促進する。上記の①～③の要因は、個々の水道事業に関する項目であるが、④の要因は水道事業を越えた問題であることに注意する必要がある。個々の水道事業が、広域水道に参加することを望むか否かを検討する場合には、直接的には考慮する必要はなく、むしろ広域水道圏の代替案が作成され、これらを評価する際に使うべき要因と考えられる。

また、地域の一体性を表わす要因としては、図-2に示すように①地域の隣接関係、②人間活動の一体性、③自然条件の一体性をあげることができる。まず、地域の隣接関係は、水道施設は地域に配置され施設によって一体となることから、飛び離れた地域間を結んで広域的水道圏とすることは望ましくないことを示す。

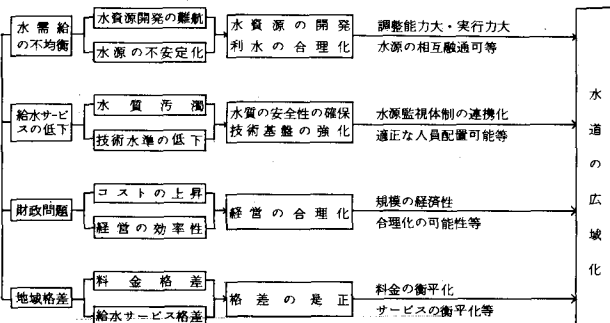


Fig. 1. Problems of waterwork to make waterwork area-wide

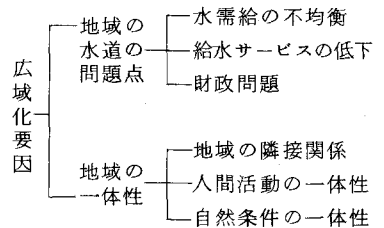


Fig. 2. Factors for areal definition of area-wide waterworks

また人間活動の一体性とは、行政圏、通勤圏、商圏等のように人間活動上深い関連を有する特性を示し、これらの要因も広域圏の設定において重要となると考えられる。また、自然条件の一体性とは、流域圏や地形の一体性が考えられる。地形の一体性については、例えば山地や大河川等によって地域が分断されている場合には、そこで自然条件上の一体性が薄くなると考えられる。

3. 広域化要因の要因分析

2.では、広域的水道圏の設定に際して評価される要因を抽出したが、ここでは4.の広域圏設定モデルを作成する準備として、広域化要因の重要度の定量化を数量化理論第Ⅱ類を用いて行なう。ここで定量化された重要度を重みとして、4.では2地域間の類似度を表わす指標を設定し、圏域設定モデルを作成する。

まず、広域化要因のうち代表的な要因をとりあげ、その指標を明確にする。表-1に代表的な要因とその指標を示している。水需給の不均衡では施設能力と一日最大給水量との差を、代表的な要因としてとりあげ、これを3段階に階級分類している。また、給水サービスでは水道普及率を、財政問題では水道料金を代表要因とし、それぞれ3段階に分類している。地域の隣接関係は、2市町村の隣接行列より、その到達ステップ数を代表指標とした。人間活動の一体性としては、行政的な範囲として郡による分類をとりあげ、個々の郡

Table 1. Representative factors and indices for areal definition

広	広域化要因	代 表 要 因	指 標
1	水需給の不均衡	水需給ギャップ率 (計画一日最大給水量-施設能力) 計画一日最大給水量	ギャップ率を3段階に階級分割 1:小 2:中 3:大
2	給水サービス	普及率	3段階に階級分割 1:60~70%、2:70~80% 3:80%~
3	財政問題	水道料金(20㎡当り料金)	3段階に階級分割 1:小 2:中 3:大
4	地域の隣接関係	隣接状態	2市町村間の到達ステップ数
5	人間活動の一体性	郡による分類(行政区域)	1:A郡 2:B郡 3:C郡
6	自然条件の一体性	山地・河川を境界とする分類	1:a地域 2:b地域 3:c地域

に序数をあてて区別する。さらに自然的条件の一体性についても、山地・河川を境界とする分類とし、それに序数を与える。以上の指標を用いて、広域化要因が圏域の設定に与える影響を分析する。分析データは、実際の広域的水道の構成市町村の指標である。まず、全国の広域的水道事業のうち、水資源が不足がちな地域と十分な地域の両タイプから2事業を選択し、それぞれについて表-1の指標を説明要因とし、広域的水道圏域内か否かを外的基準として、数量化理論Ⅱ類を用いた判別分析を行なった。その結果を表-2に示す。

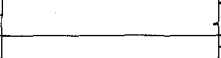
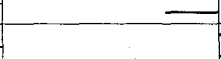
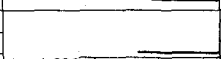
表-2において、水資源が十分にあり、財政的基盤の確立を目的とする広域的水道事業(A)では、水道料金、行政区域(郡)、地形、隣接関係、の4要因のレンジ(カテゴリースコアの最小値と最大値の差で、判別に寄与する度合を表わす)が大きいことがわかる。一方、水資源が不足がちで、水源対策を広域化の目的とする水道事業(B)では、水需給ギャップ、行政区域(郡)、地形、隣接関係の4要因のレンジが大きい。

ここで、水資源が不足がちな地域(B事業)におけるカテゴリースコア(2群の判別のために、各要因のカテゴリーに与えられる数値)を示したものが、表-3である。判別の傾向より、値が大きくなるほど広域化を望む(広域圏に含まれる)傾向があることから、まず水需給ギャップの大きい市町村ほど、広域圏内に含まれる傾向があることがわかる。同様にして、行政区域ではA郡にあるほど、地形上ではa地域内にあるほど、広域圏内に含まれる傾向があると言える。また、隣接関係では、広域的水道に含まれる中核都市からのステップ数(隣接している場合をステップ1、1市町村隔てている場合はステップ2、以下3、4……とする)が小さいほどその傾向がある。

Table 2. Item range factors for areal definition (by component analysis Ⅱ)

		水資源が十分な地域 (A事業)	水資源が不足がちな地域 (B事業)
広域化の主な目的		財政的基盤の確立	水資源対策
サンプル数		26	40
相 関 比		0.945	0.942
レ ン ジ	水需給ギャップ	0.463	0.979
	普及率	0.906	0.342
	水道料金	1.193	0.821
	行政区域(郡)	1.382	1.305
	地 形	1.011	1.631
隣 接 関 係		1.608	1.711

Table 3. Category Score of factors for areal definition
(by component analysis II) (case B)

	広域化要因	要因のカテゴリー	カテゴリースコア	
			スコア	スコアのグラフ
1	水需給ギャップ	1 ギャップ 小	-0.623	
		2 " 中	-0.014	
		3 " 大	0.356	
2	普及率	1 70%未満	-0.011	
		2 70~80%	-0.260	
		3 80%以上	0.082	
3	水道料金	1 料金 小	-0.424	
		2 " 中	0.397	
		3 " 大	-0.015	
4	行政区域 (郡)	1 A 郡	0.816	
		2 B 郡	0.137	
		3 C 郡	-0.489	
5	地形による分類	1 a 地域	1.081	
		2 b 地域	0.048	
		3 c 地域	-0.550	
6	隣接関係	1 中核都市から1ステップ	1.034	
		2 " 2ステップ	0.134	
		3 " 3ステップ	-0.677	

4. 広域圏設定のモデル分析

3.では、選定された広域化要因が、地域の特性別にどのように広域圏の設定に影響を及ぼすかを明らかにした。ここでは、3.で判別の寄与の度合いが大きかった要因を用いて、広域圏の代替案を作成するモデルを提案し、その適用性を考察する。

4-1 モデルの作成と検証

広域圏の設定モデルとして重要なことは、広域圏の設定の過程が意思決定者にわかりやすく、入力の変更に対しても容易に対応できるマン・マシン系の導入が容易なモデルとすることである。

モデルは、以下の通りである。まず任意の2市町村間の距離指標を算定し、それをもとにクラスター分析を用いて類似度を示す階層図(デンドログラム)を作成する。なおここでの距離指標とは、物理的な距離でなく、2市町村を同一の広域圏とすることの望ましさを表わす指標のことを意味している。得られた階層図より、クラスターの統合されていく過程や参考文献1)の、市町村数のレベル化等より、広域圏の設定を行なうものである。モデルの手順を図-4に示す。

初めに、与えられた対象地域の市町村の隣接性に注目して、隣接行列を作成する。隣接行列は、行と列の要素に市町村をとり、隣接している場合を1、そうでない場合を0とする行列であり、以下で表わせる。隣接行列の i 、 j 要素を a_{ij} とすれば、

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ と } j \text{ が隣接している} \\ 0 & i \text{ と } j \text{ が隣接していない} \end{cases} \quad (1)$$

$$a_{ii} = 1$$

続いて、隣接行列の乗算により、到達行列を求める。1回の乗算によって得られる到達行列から隣接行列を引いたものが、ある市町村から、2ステップで到達可能なノードである。以下、乗算をくり返し、そのつど前の到達行列を引いたものが各ステップで行けるノードを表わす。以上の手順により、任意のノードより他のノードへ行くときのステップ数を算定することができる。

また、他の広域化要因については任意の2市町村間のカテゴリーが異なるか同一かの判断より、異なる場合をその要因に付けた重みを用いて一種の距離指標とすることができる。この時に用いる重みは、ワーキンググループによるデルファイ法で

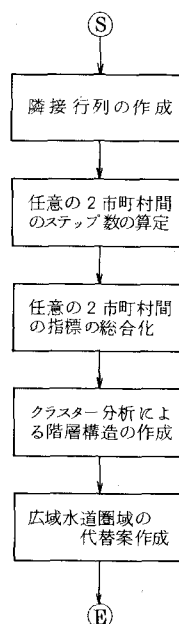


Table 4. Process of areal definition of area-wide water-work

得ることもできるが、より客観的な評価を持たせる上で3で分析した広域化要因のレンジを用いることは実際のと考えられる(ただし、3で分析した地域と広域化の目的や地域特性が類似した地域に限る必要がある)。

以上の種々の距離指標の総和を総合的な距離指標とし、クラスター分析による階層図(デンドログラム)を作成することにより、市町村(ノード)間の関連を明らかにする。

最後に、作成されたデンドログラムをもとに、クラスター間の距離や参考文献1)で行なった地域特性別の市町村数のレベルを設定することにより、広域圏の設定を行なう。

ここで、3.の要因分析で用いられたB事業体のデータを基にして、以上の手順で広域圏の設定を行なった例を示す(なお、ここでは簡単のためデータ数を半分に減らしている)。市町村間の隣接状態と地形、郡の境界を、それぞれ図-5(1)、図-5(2)、図-5(3)に示している。この例の隣接行列とステップ数を示す距離行列を示したものが表-4、表-5である。

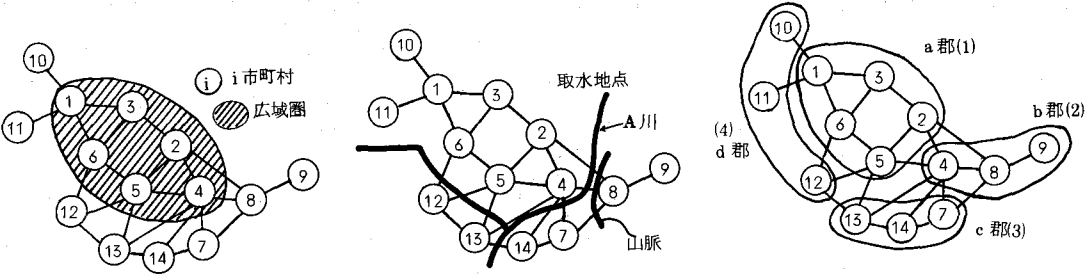


Fig. 5(1) Adjacent relation of municipalities Fig. 5(2) Geographical features of region Fig. 5(3) Administrative area

次に、任意の2市町村間の類似度を、3で分析した各カテゴリーのレンジの比率(最大を1とする)を重みとして以下のように表わす。

$$D_{ij} = \sum_{k=1}^4 w^k \cdot \ell_{ij}^k \quad (2)$$

ただし

D_{ij} : i, j 市町村間の総合距離指標
 w^k : 第 k 番目の広域化要因の重み
 ℓ_{ij}^k : i, j 市町村間の k 番目の要因の距離指標

k	要 因	w	ℓ
1	隣接関係	1.0	ステップ数
2	地 形	1.0	分類が同一の場合は0、それ以外は1
3	行政圏(郡)	0.8	"
4	水需給ギャップ	0.6	"

Table 4. Adjacency matrix of municipalities

郡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
2	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
6	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
8	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
13	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
14	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1

Table 5. Distance matrix of municipalities

郡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	2	1	3	2	1	4	3	4	1	1	2	3	4
2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	3	3	2	2	2
3	1	1	1	2	2	1	3	2	3	2	2	2	3	3
4	3	1	2	1	1	2	1	2	4	4	2	1	1	1
5	2	1	2	1	1	1	2	2	3	3	3	1	1	2
6	1	2	1	2	1	1	3	3	4	2	2	1	2	3
7	4	2	3	1	2	3	1	1	2	5	5	3	2	1
8	3	1	2	1	2	3	1	1	4	4	4	3	2	2
9	4	2	3	2	3	4	2	1	1	5	5	4	3	3
10	1	3	2	4	3	2	5	4	5	2	1	3	4	5
11	2	2	2	2	1	1	3	3	4	3	3	1	1	2
12	3	2	3	1	1	2	2	3	4	4	1	1	1	1
13	4	2	3	1	2	3	1	2	3	5	5	2	1	1
14	4	2	3	1	2	3	1	2	3	5	5	2	1	1

Table 6. Synthetic distance matrix of municipalities

郡	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1.0	2.0	1.0	3.8	2.6	1.6	5.4	4.4	5.4	2.4	2.4	3.4	4.4	5.4
2	2.0	1.0	1.0	1.8	1.6	2.6	3.4	2.4	3.4	4.4	4.4	3.4	3.4	3.4
3	1.0	1.0	1.0	2.8	2.6	1.6	4.4	3.4	4.4	3.4	3.4	3.4	4.4	4.4
4	3.0	1.8	2.8	1.0	2.4	3.4	2.4	1.6	2.6	5.4	4.6	2.6	2.4	2.4
5	2.6	1.6	2.6	2.4	1.0	1.6	2.8	2.8	3.8	4.4	4.4	1.8	1.8	3.4
6	1.6	2.6	1.6	3.4	1.6	1.0	4.4	4.4	5.4	2.8	2.8	2.4	3.4	3.8
7	5.4	3.4	4.4	2.4	2.8	4.4	1.0	1.8	2.8	5.6	6.4	3.8	2.8	1.6
8	4.4	2.4	3.4	1.6	2.8	4.4	1.8	1.0	1.0	5.4	4.6	3.0	2.8	3.4
9	5.4	3.4	4.4	2.6	3.8	5.4	2.8	1.0	1.0	6.4	5.6	4.0	3.8	4.4
10	2.4	4.4	3.4	5.4	4.4	2.8	5.6	5.4	6.4	1.0	2.8	4.4	4.6	5.0
11	2.4	4.4	3.4	4.6	4.4	2.8	6.4	4.6	5.6	2.8	1.0	3.6	5.4	5.8
12	3.4	3.4	3.4	2.6	1.8	2.4	3.8	3.0	4.0	4.4	3.6	1.0	1.8	3.4
13	4.4	3.4	4.4	2.4	1.8	3.4	2.0	2.8	3.8	4.6	5.4	1.8	1.0	1.6
14	5.4	3.4	4.4	2.4	3.4	3.8	1.6	3.4	4.4	5.0	5.8	3.4	1.6	1.0

(2)式で表わした任意の2市町村の総合距離行列の算定結果を表-6に示している。表-6の指標を用いてクラスター分析を行なった結果を図-6に示す。ここで用いたクラスター分析法は、階層的手法であり、距離の測度はワード法によった。ワード法における距離の定義は、「2つのクラスター(C_i, C_h)を融合して新しいクラスター(C_j)とするときの偏差平方和(1)

の増加量 (ΔI)

$$\Delta I = I_j - I_i - I_{\text{集}}$$

を、クラスター間の距離とする」ことである。

ここで、ワード法を適用したのは、広域圏に含まれる市町村の同質性が、望ましい広域圏を設定すると考えたためである。

図-6の結果を見ると、クラスターが2分類される時点は、図-5(2)の地形によって分割されるものと類似している。すなわちA川の北側と南側に分割されている。次に、クラスターが4分類される時点では、図-5(3)の郡の境界とほぼ一致している。このようなクラスターの階層において、水需給ギャップの大きいのが①～⑥の市町村であり、これが直接の契機となって広域化が実施されたものと考えられる。また、広域的水道圏域の今後の拡張を考えれば、⑩、⑪の市町村も含まれてくると考えられる。さらに、現在広域的水道が実施されていない地域においても、水道水の安定供給のためには、第一段階として、⑦、⑫、⑬、⑭の市町村と、⑧、⑨の市町村間での相互融通が、さらに第二段階としては、これらを合わせた市町村間との相互融通が必要と考えられる。

4-2 モデルの他地域における適用性の考察

4-1で作成されたモデルを用いて、他の2つの地域への広域圏設定を試みた。表-7に示すようにケース1は、水資源に比較的余裕がある地域(クラス3)であり、ケース2は不足がちな地域(クラス1)である。また市町村構成についても、ケース1は中核都市の人口も5万人未満であるのに対し、ケース2は100万人以上の大都市で、市町村の構成もそれぞれ、単層構造、重層構造という相違がある。

ケース別の市町村の隣接状況と創設時の広域的水道圏を図-7(1)、図-8(1)に示している。また、ケース別の市町村の類似度に基づくデンドログラムを図-7(2)と図-8(2)に示す。ケース1は、まず①～⑥、⑫と、それ以外とに2分され、さらに①～⑤(グループ1)、⑫(グループ

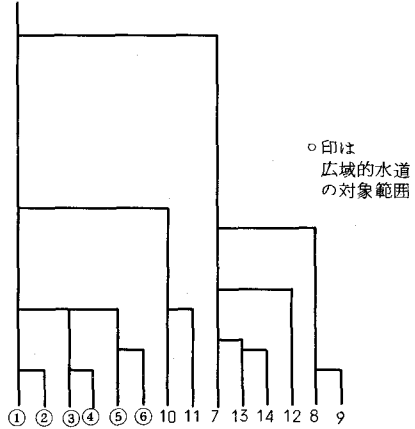


Fig.6 Relations between municipalities with synthetic distance matrix(by cluster analysis)

Table 7. Regional characteristics of case studies

地域 の 特 性		ケース 1	ケース 2
		クラス 3	クラス 1
市町村 構 成	中核都市	5 万人未満	100 万人以上
	構 造	単 層 構 造	重 層 構 造
広設 域時 水の 道特 創性	広域水道創設年	昭和 47 年	昭和 47 年
	広域化の目的	水需給不均衡の解消 給水機能の向上 地域格差の是正	水需給不均衡の解消
	市 町 村 数	5	13
事 業 の 形 態		末 端 供 給	用 水 供 給

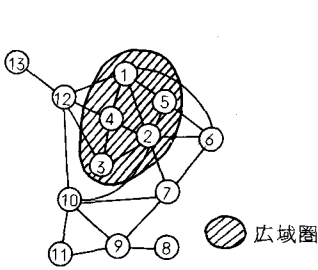


Fig.7(1) Adjacency relations among municipalities (case 1)

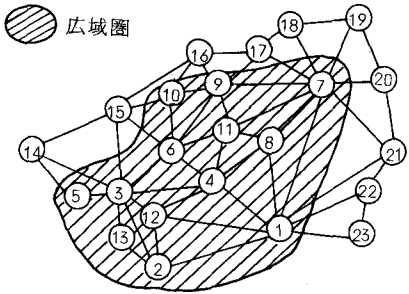


Fig.8(1) Adjacency relations among municipalities (case 2)

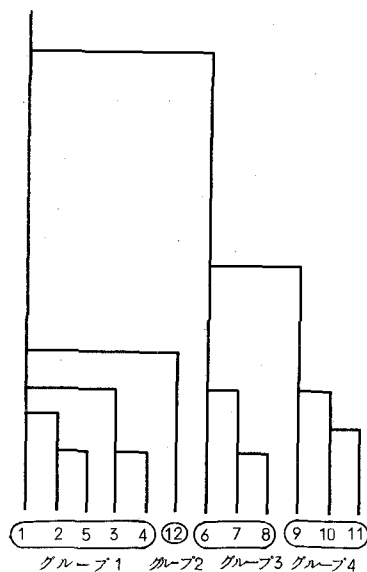


Fig.7(2) Relations between municipalities with synthetic distance matrix (case 1)

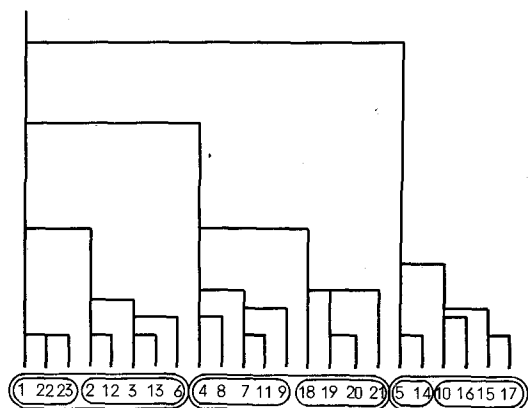


Fig.8(2) Relations between municipalities with synthetic distance matrix (case 2)

2)、⑥～⑧(グループ3)、⑨～⑪(グループ4)に4分類される。地域特性と圏域規模との関係からは、参考文献1)に示すように、2～5市町村が多いことから、4分類された時点を見れば、グループ1が現行の広域的水道圏と全く一致することがわかる。

一方、ケース2のクラスター分析結果を見れば、2分類、3分類と細かく分割することができるが、現在の広域的水道圏の範囲とは一致しない。これは、ケース2が用水供給事業という水源開発から送水過程までを分担する広域的水道の一形態であり、独立した水道事業が残っていること等から、一体性の低い地域においても圏域に含まれてきているのではないかと考えられる。従って、用水供給事業に関しては、ここで設定した要因の重みの適用性は低いと考えられ、重みの再検討を行なう必要がある。

5. おわりに

本論では、広域的水道圏域の境界設定に関する方法論を提示した。この方法論は、圏域設定という意味決定過程において、技術的な立場からの圏域代替案を提示するという位置付けにある。従って、圏域設定の情報が、意思決定者に解りやすい形態で示されること(ここでは階層図)、また指標の変更によっても対応が容易なマン・マシン系の情報システムを有することを前提とした方法論を展開した。本論で示した方法では市町村の一体性を表す要因を序数化した指標で表わしているが、その要因の選定、序数化の基準、指標の重みの決定等問題点を残しており、これらの考察が今後の課題である。最後に、本論の作成に当り、助言をいただいた㈸日水コン・システム開発室の萩原良巳氏、ならびに渡辺晴彦、西澤常彦、蔵重俊夫の各氏に深謝する。

参考文献

- 1) 坂本弘道、今田俊彦：広域的水道圏域の規模設定に関する一考察、第19回衛生工学研究討論会、1983.
- 2) 萩原良巳、渡辺晴彦：広域的水利用における市町村提携に関する一考察、第6回土木計画学研究発表会、投稿中
- 3) 脇本和昌他：多変量グラフ解析法、朝倉書店、1979.