

節水対策推進事業調査
報告書

はじめに

都市の水供給は一般市民の生活を支えることに加えて、高度な業務活動、生産活動を支える最も重要な社会基盤の1つとなっている。従って、渇水時・災害時などの非常時であっても、水供給が可能な限り維持される必要がある。

本調査では、都市域における水需要並びに必要な需要者サービス水準を整理するとともに、渇水時等の非常時においても効率的な水供給を行える施設の再構築手法の作成、配水施設の制御シミュレーションシステムの開発を行うものである。

3ヵ年調査の最終年の本年度においては、節水対策プログラムの仕様、節水対策プログラムの作成を行った。また、中小の事業者での活用に配慮し、問診形式の簡易診断も検討した。

なお、本調査は厚生労働省より受託し、(社)日本水道協会において調査委員会を設置して、各委員の協議のもと検討を行ってきたものである。

節水対策推進事業調査委員会

委員長	小泉 明	東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻教授
委員	酒井 晃	東京都水道局給水部配水課長
"	福田 裕繁	神戸市水道局技術部配水課長
"	平塚 一郎	松山市公営企業局管理部企画官
"	西澤 義彦	福岡市水道局浄水部水管理課長
事務局	石井 健睿	日本水道協会工務部長
"	渡辺 進	日本水道協会工務部次長
"	鈴木 栄一	日本水道協会工務部技術課技術専門監
"	山崎 千秋	日本水道協会工務部技術課技術専門監
"	望月 亮作	日本水道協会工務部技術課技術専門監
"	後藤 利枝	日本水道協会工務部技術課事務係長
事務局補佐	今田 俊彦	日水コン環境事業部技術第一部部長
"	山田 良作	日水コン環境事業部技術第一部課長

目 次

1	調査目的と内容	1
1 - 1	調査目的	1
1 - 2	調査内容	1
1 - 3	本報告書の活用方法	2
2	節水対策プログラムの詳細検討	3
2 - 1	節水対策プログラムの検討手順	3
2 - 2	渇水時の水源取水可能量の検討	6
1)	水源別取水能力(平常時)	6
2)	水源別取水制限率(渇水時)	8
3)	制限期間別の水源取水可能量	12
2 - 3	複数水源の系統間水融通の検討	14
1)	水融通方法	14
2)	融通水量の算定	16
3)	配水施設間での水融通の詳細検討	28
2 - 4	取水不足に応じた節水対策の検討	29
1)	渇水時における段階的な節水モデル	29
2)	需要者の節水行動による節水量	30
3)	配水圧の減圧による漏水量への影響分析	36
4)	配水圧の減圧による使用水量への影響分析	53
5)	時間給水時の節水量	55
2 - 5	節水対策の評価方法	59
1)	節水対策の評価指標	59
2)	節水対策の評価指標の算定方法	60
3	節水対策プログラムのソフト化	61
3 - 1	節水対策プログラムの目的	61
1)	「節水対策簡易診断」による事業体の渇水に対する対応の評価、方向性	62
2)	事業体の実施する節水対策メニューの設定	62
3)	節水目標および節水対策の解析	62
4)	節水対策の評価・選定	62
3 - 2	節水対策簡易診断(問診票)	63
3 - 3	節水対策プログラムの機能	76
1)	節水対策メニューの設定機能	76
2)	節水目標および節水対策の解析機能	79
3)	節水対策の評価・選定機能	80
3 - 4	節水対策プログラムの使用方法	82

3 - 5	水供給フローの作成	106
4	節水対策プログラムの活用方法の検討	107
4 - 1	活用方法の検討内容	107
4 - 2	配水幹線網の整備、配水区域の適正化	107
4 - 3	配水ブロックシステム	109
4 - 4	バルブ等の諸設備の整備	110
1)	ポンプ設備の整備	110
2)	バルブ設備の整備	110
3)	空気弁、排水弁の設置	111
4)	流量計、水圧計の設置	111
5	まとめと今後の課題	112
5 - 1	まとめ	112
5 - 2	今後の課題	113
	参考資料	115
	【参考資料 1】 節水対策簡易診断の得点化のための資料	116
	【参考資料 2】 N市水道事業によるケーススタディ	128

1 調査目的と内容

1 - 1 調査目的

水道や下水道、交通、通信施設等の都市基盤施設の再構築が求められ、その計画手法を確立することが必要となってきた。都市の水供給は一般市民の生活を支えることに加えて、高度な業務活動、生産活動を支える最も重要な社会基盤の1つとなっている。従って、渇水時・災害時などの非常時であっても、水供給が可能な限り維持される必要がある。

本調査は、中小規模を含むすべての水道事業者が、渇水時・事故時等の緊急時はもとより、平常時においても効率的かつ合理的な水運用を可能とする送配水施設の再構築計画の策定に資することを目的とする。

1 - 2 調査内容

本調査は、平成14年度より3年間にわたり行われた。

初年度においては、都市再生における渇水時対策の必要性と課題を整理した。具体的には安定した水供給を前提とした都市においては、一度渇水被害が生ずると、市民生活、産業活動を著しく阻害し、社会的な不安を助長したり、都市活動を麻痺させることもある。そのため、渇水時に備えて、水源対策を講じる必要があるが、水資源開発にも限界があることから、少ない水源水量でも著しい被害を低減させるため、水運用が容易となる管網等の整備などの節水対策が必要であることが示された。

平成15年度調査では、そのような節水対策のための配水管網の再構築手法と渇水時における効率的、効果的な節水対策を検討するための節水対策プログラムを検討してきた。節水プログラムとは、水源水量と需要水量から節水目標を設定し、どのような節水対策を実施すればよいか、すなわちそれを使っての効果と実行可能性を検討できる計画プロセスをプログラム化したものである。水道事業者は、このプログラムに従って具体的なデータを入力することにより、節水対策メニューのうち最適な対策を、評価指標に基づいて評価し、最適案を選定することが出来る。

本年度調査の内容は、以下の3項目である。

節水対策プログラムの詳細検討

節水対策プログラムのソフト化

節水対策プログラムの活用方法の検討

まず、前年度検討した節水対策プログラムについて、さらに詳細な検討を行って、節水対策の効果を把握する手順を明らかにする。

次に、節水対策プログラムのソフト化を行う。本調査では、昨年度提案した定量的なデータを用いて節水対策を検討するプログラムに加えて、入手が比較的容易なデータを用いて簡易な評価方法により節水対策の方向性を明らかにする節水対策簡易診断（問診票）を作成する。また、昨年度検討し、本年度詳細な検討を行う定量的な方法についても表計算方式によるソフト化を行う。

さらに、本節水対策プログラムを用いて、平常時においても効率的かつ合理的な水運用を行える送配水施設の効率的な整備方策を検討できるような活用手法についても検討する。

1 - 3 本報告書の活用方法

本報告書は、以下の章構成となっており、その使い方により自由に必要な箇所を読み、プログラムの理論を理解することや、実際にプログラムを使って当該事業体の節水対策を検討することが出来る。

< 章・節構成と記述内容 >

章・節	表 題	記載内容	ページ
第2章	節水対策プログラムの詳細検討	節水対策プログラムの理論編	3
2 - 1 節	節水対策プログラムの検討手順	節水対策プログラムのフロー	3
2 - 2 節	渇水時の水源取水可能量の検討	過去の渇水記録より渇水時の取水可能量を算定する手順	6
2 - 3 節	複数水源の系統間水融通の検討	水源が複数あった場合の水源系統間の水融通を行う手順	14
2 - 4 節	取水不足に応じた節水対策の検討	水源系統間水融通後の水源供給可能量に対し、具体的な節水対策の実施による節水効果、水圧不足状況を解析する手順	29
2 - 5 節	節水対策の評価方法	複数の節水対策メニューの解析結果を用いてそれら进行评估し選定する手順	59
第3章	節水対策プログラムのソフト化	節水対策のプログラム作成結果とその使い方	61
3 - 1 節	節水対策プログラムの目的	節水対策プログラムの概要	61
3 - 2 節	節水対策簡易診断（問診票）	入手が容易なデータによる問診票による簡易な節水対策診断	63
3 - 3 節	節水対策プログラムの機能	定量的な節水対策プログラムのソフト面での機能（入力、出力、処理を示す）	76
3 - 4 節	節水対策プログラムの使用方法	定量的な節水対策プログラムの具体的な使い方	82
3 - 5 節	水供給フローの作成	水源から配水地域までの水供給フローの作成	106
第4章	節水対策プログラムの活用方法の検討	渇水時以外に節水対策プログラムを用いて配水施設整備の方向性を検討する手法	107
参考資料 1	節水対策簡易診断の得点化のための資料	節水対策簡易診断で使われた指標の得点化のための補足資料	116
参考資料 2	N市水道事業によるケーススタディ	給水人口5万人規模における節水対策の評価のケーススタディ	128

< 利用目的別の使い方 >

- 節水対策の簡易な診断を行いたい 第3章 3 - 2 節
- 節水対策のメニューを知りたい 第3章 3 - 3 節及び3 - 4 節
- 定量的な節水対策プログラムを使いたい 第3章 3 - 4 節
- 定量的な節水対策プログラムの理論を知りたい 第2章
- 節水対策プログラムを平常時にも活用したい 第4章

2 節水対策プログラムの詳細検討

2 - 1 節水対策プログラムの検討手順

平成 15 年度は節水対策プログラム案を作成し、渇水時における節水対策の検討内容と、具体的なデータの整理方法を含めた計画手順を整理した。その手順である「節水対策プログラムフロー」を、図 2-1-1 に示す。

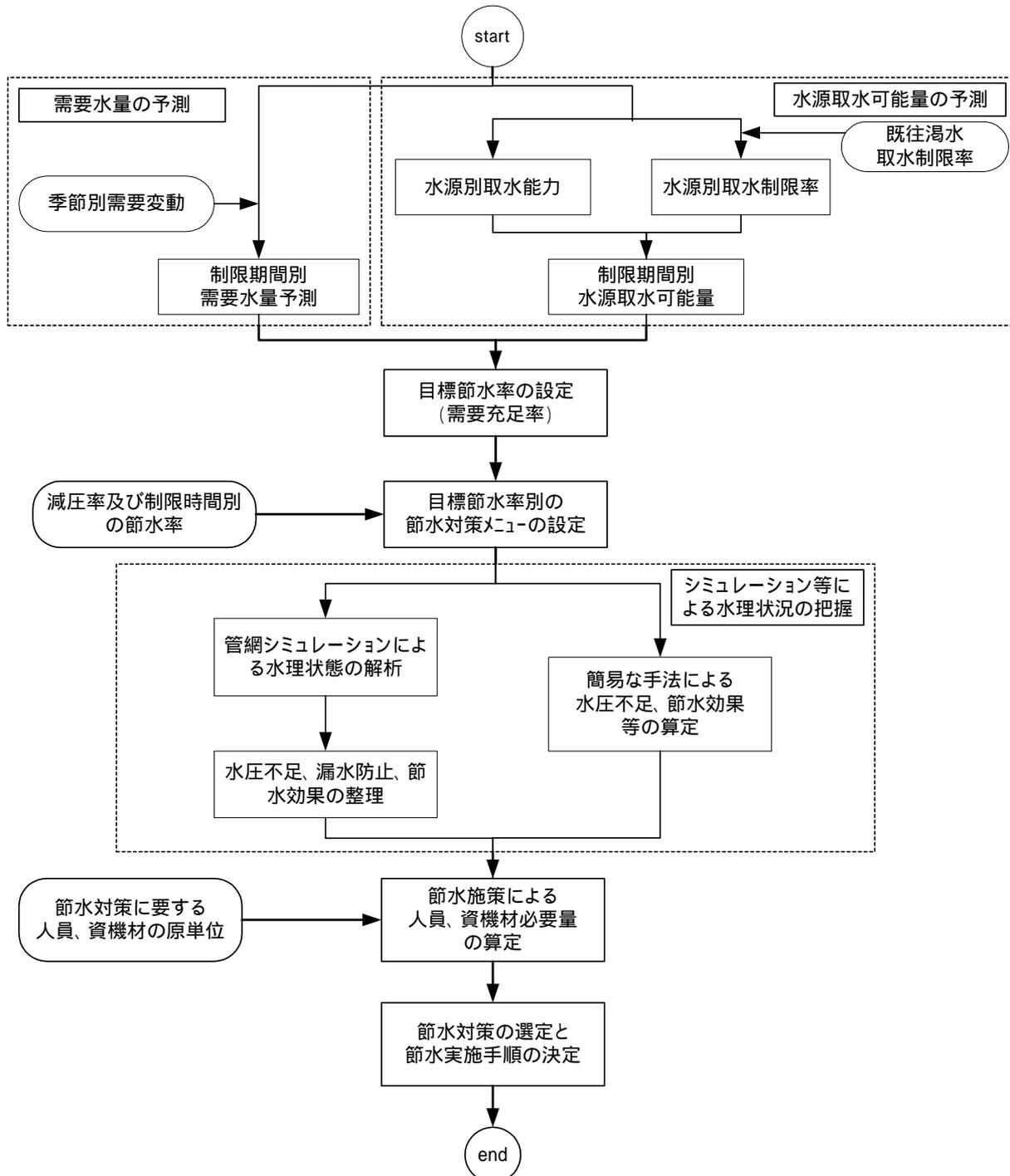


図 2-1-1 節水対策プログラムフロー

今年度は、既存の水源、浄水場、送配水施設のもとで、湯水時において水源の融通に関する検討と配水圧力制御による節水量の算定といった節水対策の評価ができる手法を検討する。

湯水時の水源取水可能量の検討

湯水時の水源の取水可能量をどのように設定するかを検討する。

複数水源の系統間水融通の検討

複数水源があった場合に、その水源系統間の水融通を前提として、目標節水率を算定する方法を検討する。

ここでは、水源系統間の水融通を、導水、送水、配水の3つのレベルでの融通として整理し、その融通方法と融通後の取水可能量、目標節水率の算定方法を整理する。

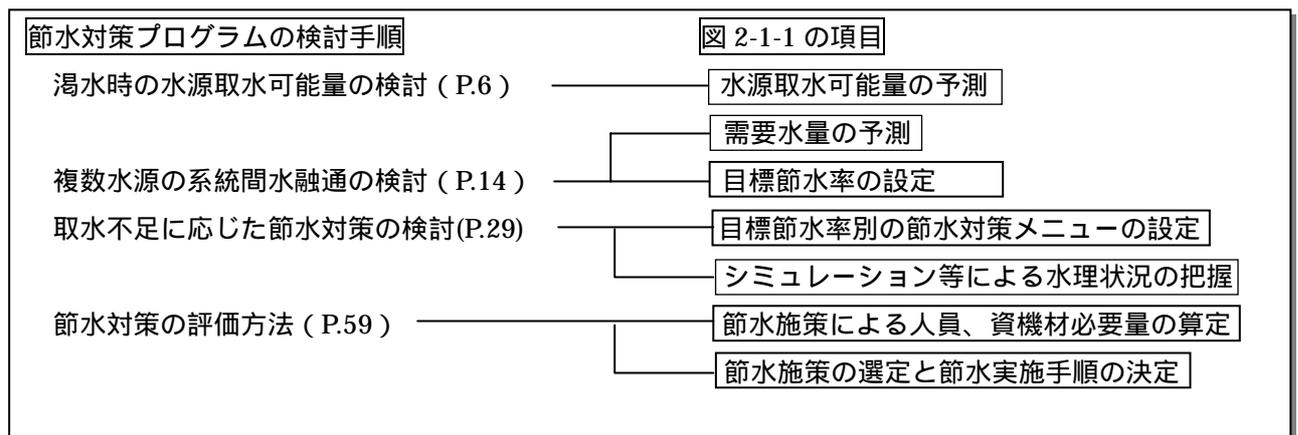
取水不足に応じた節水対策の検討

取水不足に応じた節水対策の検討手順であり、自主節水、減圧給水、時間給水のうち、どのような手段をとるべきかを検討する手順を明らかにする。

節水対策の評価方法

節水対策の評価に関する検討を行う。

なお、全体の検討手順を明確にし、図 2-1-1 と上記検討項目を対比したものを以下に示す。



【対象モデル施設】

ここでは、以降の検討内容が理解しやすいように水源、浄水場、配水池、配水管網構成を持つモデル水道施設を図 2-1-2 のとおり設定し、以下の前提条件を基に上記 ~ について具体的に説明する。

モデル水道施設の概要は以下のとおりである。

水源：ダム施設により開発された表流水水源としては、A (20,000m³/日)、B (15,000m³/日) の2水源を持ち、地下水源は、C (10,000m³/日) の1水源を持つ。

浄水場：A、B の水源ごとに水源能力に対応した浄水場 (D、E) を持ち、地下水源 C は消毒のみの浄水処理施設を有する。

配水施設：A 水系は b、c の2つの配水池でそれぞれ配水区 2、3 に配水、B 水系は d、e の2つの配水池でそれぞれ配水区 4、5 に配水している。C 水系は a 配水池から配水区 1 に配水する。

水融通施設：C水系の浄水からA水系のb配水池及びB水系のd配水池への連絡管（融通可能量各1,000m³/日）と、B水系E浄水場からA水系c配水池への連絡管（融通可能量2,000m³/日）を持つ。

なお、配水量は導水、浄水ロスがあるため水量（取水量）と異なるが、ここでは同じ値と仮定して検討する。また、各水系の需要量は、各々の取水能力と同じとし、年間を通じて変わらないものとした。

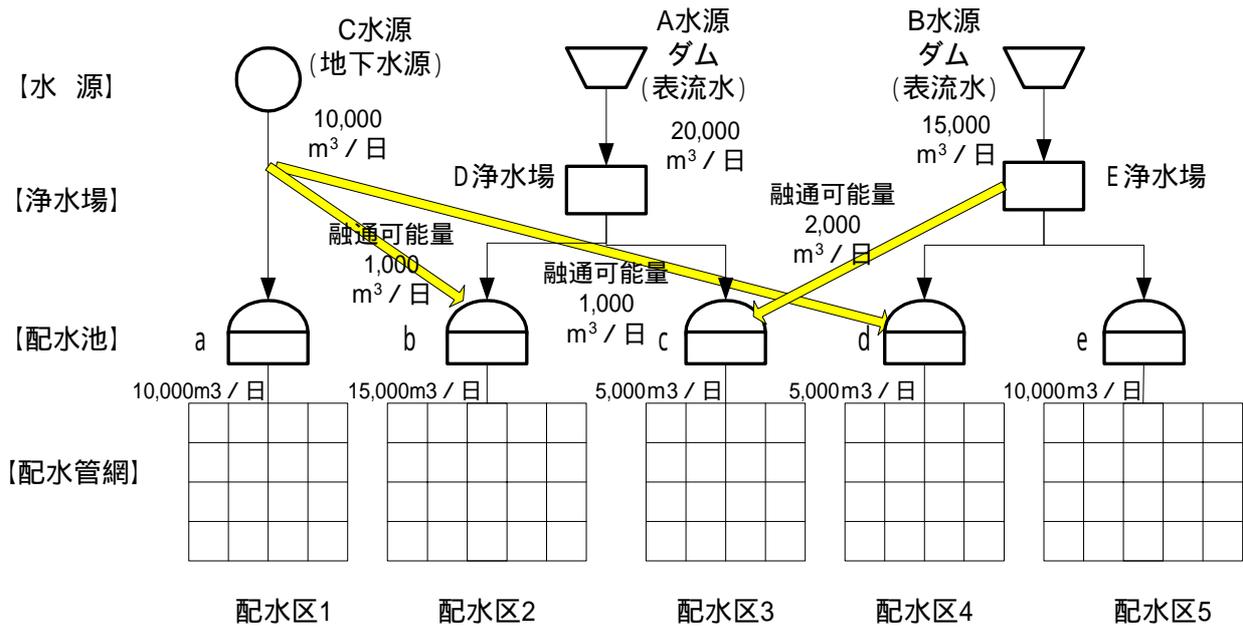


図 2-1-2 節水対策を検討するモデル水道施設

2 - 2 渇水時の水源取水可能量の検討

ここでは、既往渇水の取水制限状況等より、渇水時における取水可能量の検討方法を示す。

1) 水源別取水能力(平常時)

平常時の水源別取水能力を各期間別に整理する。表流水の場合は水利権、地下水については施設能力に基づく取水可能量を取りまとめる。

表流水はおおむね年間一定の水利権により取水が保証されている場合が多いが、季節別に変動するものもある。F都市圏を例に水利権の状況を整理したものを表2-2-1に示す。同表のZ川Zダム、N川M水源地の水利権は図2-2-3(1)、図2-2-3(2)に示すような季節変動を有しており、これをパターン取水と称している。

表 2-2-1 パターン取水の事例 (単位: m³/s)

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月			8月			9月			10月	11月	12月				
Z川	Zダム	0.12	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15			0.17			0.15			0.14	0.13	0.14				
M川	MBダム	← 0.53 →																					
	M水源池	← 0.64 →					← 0.17 →												← 0.64 →				
	計	← 1.17 →					← 0.71 →												← 1.17 →				
N川	M水源池	0.65	0.62	0.68	0.68	0.77	0.80	1.45	1.56	1.59	1.62	1.65	1.63	1.62	1.50	1.46	1.42	1.38	0.80	0.72	0.71		
	H	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	← 0.23 →												0.20	0.00	0.00	0.00
	S	← 0.16 →																					
	計	2.37	2.34	2.40	2.53	2.61	2.64	3.29	3.56	3.59	3.62	3.65	3.63	3.62	3.50	3.46	3.42	3.18	2.60	2.53	2.52		
T川	Hダム	← 0.11 →			0.11	0.12	← 0.13 →										0.12	0.11					
	T水源池	← 0.22 →			0.23	0.25	← 0.27 →										0.25	0.24					
	HSダム	← 0.29 →			0.31	0.33	← 0.37 →										0.33	0.31					
	計	← 0.62 →			0.35	0.69	← 0.77 →										0.70	0.66					
F市分のみ計		4.27	4.23	4.30	4.46	4.56	4.64	4.82	5.19	5.22	5.25	5.30	5.28	5.27	5.13	5.08	5.05	4.73	4.61	4.49	4.49		

出典)「高度水準水道事業に対応した水道水源開発方策調査報告書」(日本水道協会、平成7年3月)

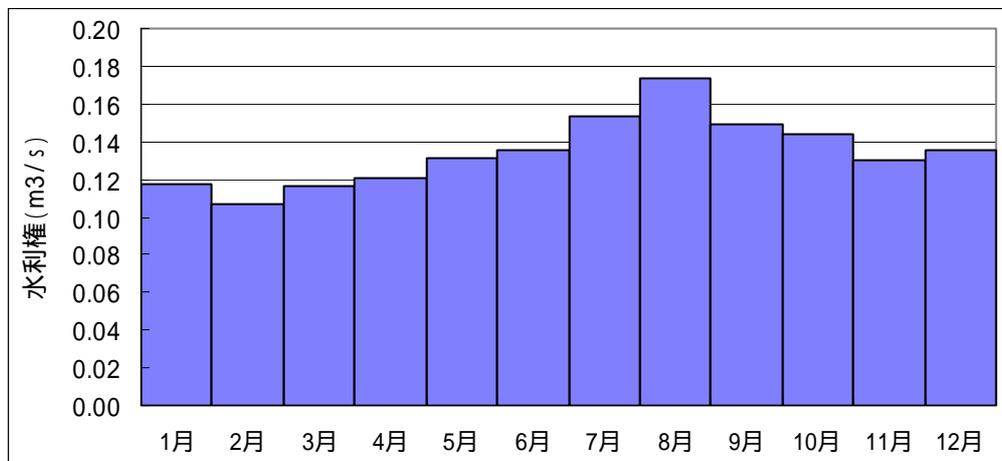


図 2-2-3 (1) パターン取水の事例 (Z川)

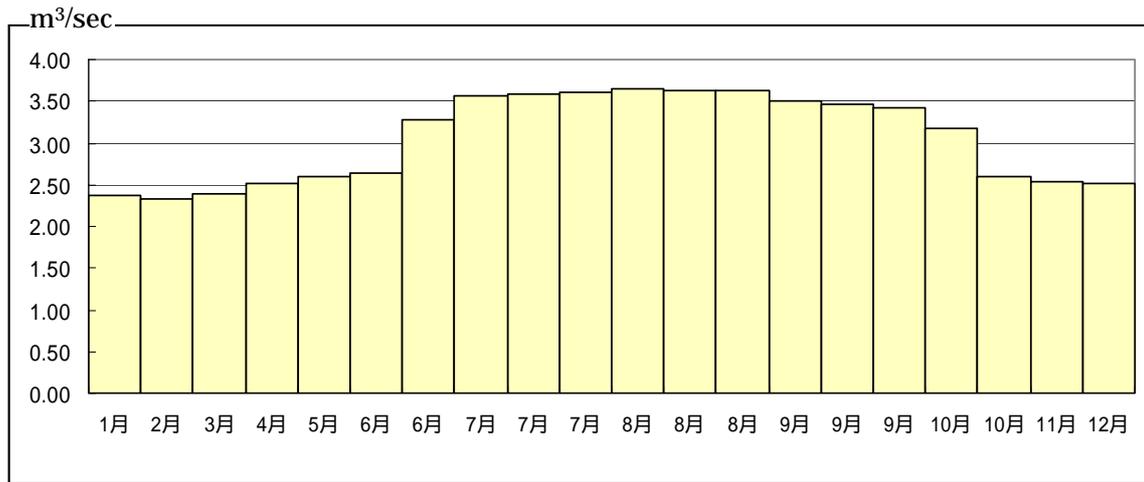


図 2-2-3 (2) パターン取水の事例 (N川)

図 2-2-3(1)(2)に示すように、Z川では月別の設定となっているが、N川では更に月内を分割した設定となっている。従って、水利権の整理としては、月別毎の整理ではなく、もう少し細かな期間での整理が必要といえる。

河川管理者は利水計画を半旬単位（5日）で検討することが多いため、ここでは半旬単位で水利権等を整理することとする。なお、半旬単位とは1年を正確に5日ずつ区切るのではなく、表 2-2-2 のように1ヶ月をおおむね5日（1、3月等の31日ある月の第6半旬は6日、2月の第6半旬は3日ないし4日となり、それ以外は5日）で6半旬に区切るものとされている。水利権（後に述べるように取水制限率、需要水量も）をこの期間で平均して設定する。

表 2-2-2 月別の半旬単位の取り方

	第1半旬	第2半旬	第3半旬	第4半旬	第5半旬	第6半旬
1月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
2月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～28日
3月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
4月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～30日
5月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
6月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～30日
7月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
8月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
9月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～30日
10月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日
11月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～30日
12月	1日～5日	6日～10日	11日～15日	16日～20日	21日～25日	26日～31日

なお、需要水量については、曜日による変動（1週間を単位とした周期的変動）があるといわれており、これを考慮すると週単位での平均水量を用いることで週変動を吸収できる。参考に初年度配水量のデータを整理した東京都多摩ニュータウン水道事業の南野高区配水区の7月の配水量を図 2-2-4 に示す。同図には1日配水量と週間平均値を示しており、週平均値により週内の日

変動を吸収できることがわかる。

週平均をとる場合は、上記の半旬のように日時が固定的なものでなく、湧水開始から第1週、第2週というような単位で水量を把握することが可能である。取水制限が開始された日から7日単位で区切っておき、7日間の平均水量の把握を行うことで配水量の時系列を作成する。例えば開始日が水曜日であれば水曜日から火曜日までの1単位毎に平均水量を算定するととなる。

【まとめ】

本調査では、半旬、週のどちらを採用しても良いこととし、湧水開始からの第1番目の半旬または第1週という形態で順次、時系列的な数値を算定して行くこととする。なお、本報告書では以降の表現を半旬単位を用いているが、週単位で水量を把握する場合は、適宜週単位として読み替えていくものとする。

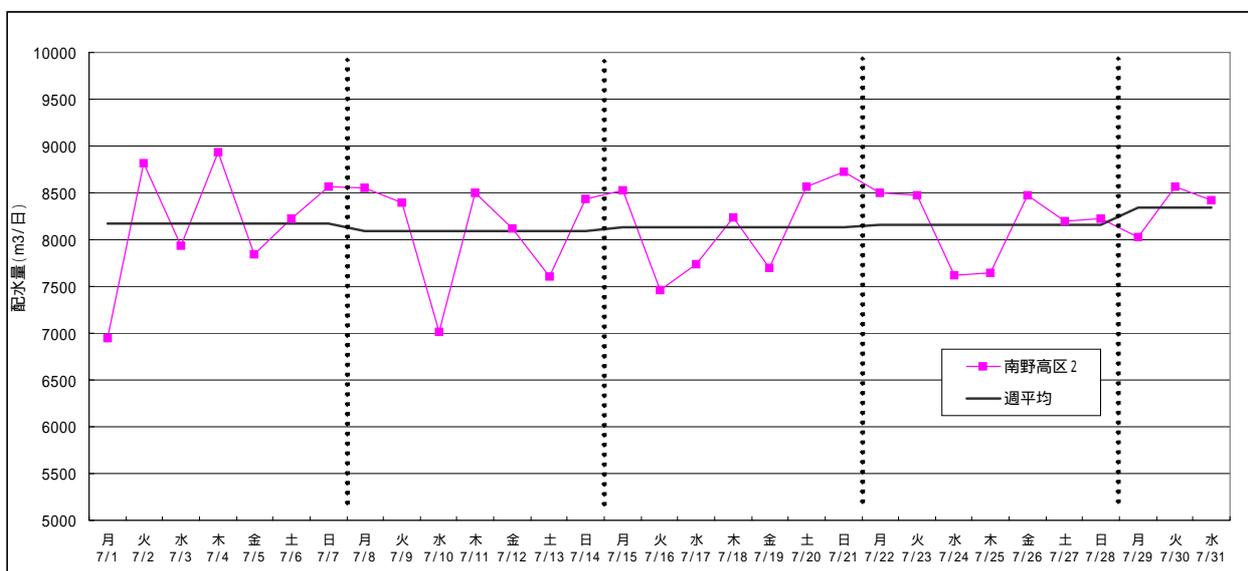


図 2-2-4 週単位の水量の設定例 (多摩ニュータウン南野高区配水区)

2) 水源別取水制限率 (湧水時)

湧水時の取水制限の状況を既往湧水における取水制限実績をもとに想定する。ここでは、その手順を示す。

実際の湧水時において節水対策を検討する場合には、数ヶ月先の降雨量を推定して取水制限(取水可能性)を予測する必要がある。そのためには、流域内での取水状況をモデル化した利水計算を行って、取水可能量を算定することが必要である。利水計算はそれぞれの地域の取水形態、ダムや貯水池の有無、ダム運用ルール(制限貯水水位の設定)等によって異なるため、一般的な計算フローで表すことはできない。本調査では、既存の報告書に基づき、一例を示すに留めることとする。

(1) 実績をもとにした取水制限率の設定

過去のどの時点の取水制限を用いるかは、水文統計による以下の確率年の把握により行う。

年降水量に基づく確率年

年総流出量に基づく確率年

(取水制限に基づく) 渇水評価指数に基づく確率年

観測されたデータを数値の少ない順に並べ、100年間で1位であれば確率年100年、100年間で5位であれば確率年20年等と求めることができる。なお、年降水量及び年総流出量は気象要因による影響が大きいですが、渇水評価指数は気象要因以外にダムなどの水資源開発施設や水道、農業用水などの需要等により影響を受ける。水資源開発施設等の影響を考慮して渇水被害を把握したい場合には渇水評価指数を用いることが有効である。

モデル水道施設 (P.5) での実績渇水評価指数をもとに渇水確率年を求めた事例を表 2-2-3 に示す。この表から、過去 30 年間で 1 位の年は 1970 年であり、この時の渇水評価指数は 2,390%日であることが分かる。この時の取水制限状況を用いて以降の節水対策を計画して行くこととする。

表 2-2-3 渇水実績による確率年の算定事例 (A 水系)

NO	渇水期間			最大取水制限率 (%)	平均取水制限率 (%)	渇水評価指数 (%日)	確率年
	西暦年	時期	期間				
1	1970	6/26 ~ 11/25	153	30.0	15.6	2,390	30.0
2	1967	6/1 ~ 9/25	117	30.0	15.7	1,840	15.0
3	1960	6/21 ~ 9/5	77	20.0	11.9	920	10.0
4	1984	12/6 ~ 3/5	90	10.0	10.0	900	7.5
5	1971	4/11 ~ 7/5	86	10.0	10.0	860	6.0
6	1973	8/1 ~ 9/10	46	10.0	10.0	460	5.0
7	1966	6/6 ~ 6/30	25	20.0	12.0	300	4.3
8	1964	7/1 ~ 8/25	30	10.0	10.0	300	3.8
9	1987	7/11 ~ 7/31	11	10.0	10.0	110	3.3
10	1965	5/21 ~ 5/31	11	10.0	10.0	110	3.0

出典) 「渇水対策手法策定調査」 (日本水道協会、平成 3 年 3 月)

注) 過去 30 年間の渇水評価指数が多い順の 10 位までを示している。

【用語の意味】

取水制限率 (%) = 取水制限量 / 水利権量または前日までの実績取水量 × 100

最大取水制限率 (%) は、当該渇水期間中の取水制限率の最大値

平均取水制限率 (%) は、当該渇水期間中の取水制限率の平均値

渇水評価指数 (%日) は、当該渇水期間中の取水制限率を総和した値 (表 2-2-5 参照)

表 2-2-4 には、取水制限の事例として、渇水確率 30 年の 1970 年における取水制限の状況 (A、B 2 つの水系における期間ごと) を示す。

この取水制限を半旬単位で設定し直したものを図 2-2-5、表 2-2-5 (P.11) に示す。

表 2-2-4 取水制限の事例

	期間	取水制限率 (%)	備 考
A水系	～6月25日	0	昨期の降雪が少なく4月以降も雨が少なかった
	6月26日～7月15日	10	灌漑期に入り農業用水の取水とともに制限
	7月16日～8月16日	20	需要、流量のバランスから取水制限強化
	8月17日～9月10日	30	ダムの水位が50%を下回り、取水制限強化
	9月11日～11月25日	10	降雨によりダム水位回復、制限の緩和後解除
B水系	～5月10日	0	例年になく降水量が少なくダムの水位が低下
	5月11日～6月30日	10	農業用水の取水とともに取水制限
	7月1日～7月25日	20	取水制限強化
	7月26日～8月31日	15	ダムの水位が回復し、取水制限緩和
	9月1日～9月30日	5	取水制限の緩和

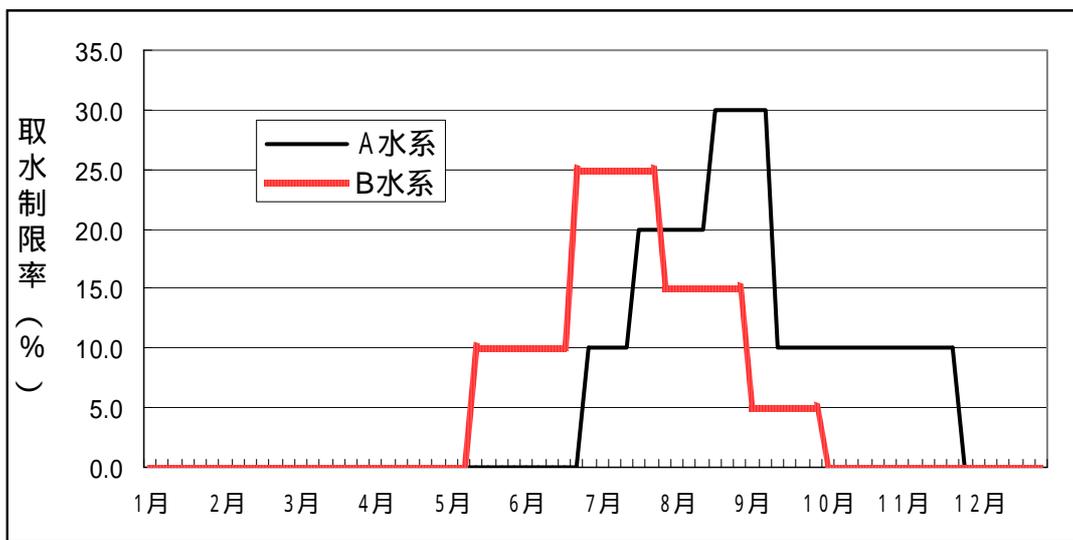


図 2-2-5 湧水実績をもとにした取水制限時系列 (制限パターン)

表 2-2-5 半旬単位での取水制限パターン

	月半旬 順位	年半旬 順位	日数	日	取水制限率 (%)		湯水評価指数 (%日)	
					A水系	B水系	A水系	B水系
1月	1	1	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	2	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	3	5	11日~15日	0.0	0.0	0	0
	4	4	5	16日~20日	0.0	0.0	0	0
	5	5	5	21日~25日	0.0	0.0	0	0
	6	6	6	26日~31日	0.0	0.0	0	0
2月	1	7	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	8	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	9	5	11日~15日	0.0	0.0	0	0
	4	10	5	16日~20日	0.0	0.0	0	0
	5	11	5	21日~25日	0.0	0.0	0	0
	6	12	3	26日~28日	0.0	0.0	0	0
3月	1	13	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	14	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	15	5	11日~15日	0.0	0.0	0	0
	4	16	5	16日~20日	0.0	0.0	0	0
	5	17	5	21日~25日	0.0	0.0	0	0
	6	18	6	26日~31日	0.0	0.0	0	0
4月	1	19	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	20	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	21	5	11日~15日	0.0	0.0	0	0
	4	22	5	16日~20日	0.0	0.0	0	0
	5	23	5	21日~25日	0.0	0.0	0	0
	6	24	5	26日~30日	0.0	0.0	0	0
5月	1	25	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	26	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	27	5	11日~15日	0.0	10.0	0	50
	4	28	5	16日~20日	0.0	10.0	0	50
	5	29	5	21日~25日	0.0	10.0	0	50
	6	30	6	26日~31日	0.0	10.0	0	60
6月	1	31	5	1日~5日	0.0	10.0	0	50
	2	32	5	6日~10日	0.0	10.0	0	50
	3	33	5	11日~15日	0.0	10.0	0	50
	4	34	5	16日~20日	0.0	10.0	0	50
	5	35	5	21日~25日	0.0	25.0	0	125
	6	36	5	26日~30日	10.0	25.0	50	125
7月	1	37	5	1日~5日	10.0	25.0	50	125
	2	38	5	6日~10日	10.0	25.0	50	125
	3	39	5	11日~15日	10.0	25.0	50	125
	4	40	5	16日~20日	20.0	25.0	100	125
	5	41	5	21日~25日	20.0	25.0	100	125
	6	42	6	26日~31日	20.0	15.0	120	90
8月	1	43	5	1日~5日	20.0	15.0	100	75
	2	44	5	6日~10日	20.0	15.0	100	75
	3	45	5	11日~15日	20.0	15.0	100	75
	4	46	5	16日~20日	30.0	15.0	150	75
	5	47	5	21日~25日	30.0	15.0	150	75
	6	48	6	26日~31日	30.0	15.0	180	90
9月	1	49	5	1日~5日	30.0	5.0	150	25
	2	50	5	6日~10日	30.0	5.0	150	25
	3	51	5	11日~15日	10.0	5.0	50	25
	4	52	5	16日~20日	10.0	5.0	50	25
	5	53	5	21日~25日	10.0	5.0	50	25
	6	54	5	26日~30日	10.0	5.0	50	25
10月	1	55	5	1日~5日	10.0	0.0	50	0
	2	56	5	6日~10日	10.0	0.0	50	0
	3	57	5	11日~15日	10.0	0.0	50	0
	4	58	5	16日~20日	10.0	0.0	50	0
	5	59	5	21日~25日	10.0	0.0	50	0
	6	60	6	26日~31日	10.0	0.0	60	0
11月	1	61	5	1日~5日	10.0	0.0	50	0
	2	62	5	6日~10日	10.0	0.0	50	0
	3	63	5	11日~15日	10.0	0.0	50	0
	4	64	5	16日~20日	10.0	0.0	50	0
	5	65	5	21日~25日	10.0	0.0	50	0
	6	66	5	26日~30日	0.0	0.0	0	0
12月	1	67	5	1日~5日	0.0	0.0	0	0
	2	68	5	6日~10日	0.0	0.0	0	0
	3	69	5	11日~15日	0.0	0.0	0	0
	4	70	5	16日~20日	0.0	0.0	0	0
	5	71	5	21日~25日	0.0	0.0	0	0
	6	72	6	26日~31日	0.0	0.0	0	0
					湯水評価指数	2,360	1,990	

(2) 利水計算による取水制限率の設定

実際の渇水時においては、過去の渇水と同様な制限が続くとは限らず、降雨の予測とそれによる河川流出量から、ダム貯水量と取水可能量を設定することが必要となる。その手順を図2-2-6に示す。

降雨から河川流出量を算定するには、河川流出解析を行う必要があり、その河川流量を用いて取水地点の流量を求め、取水の可能性を分析することが必要となる。流出解析は降水量を与えて流域の土地利用、浸透性を考慮して算定するものであり、分析の目的と流域の特性により種々のモデルが開発されている。

利水計算は、河川流量や取排水量を与えて、取水可能量を求めるものである。大規模な渇水時において取水不足が深刻にならないよう、ダムの貯水量に応じたダム補給の節水ルールが決められており、そのようなダム運用ルールのもとで利水計算を行う。

なお、ここで用いる入力データの多くは、河川管理者が把握しているもので水道事業者が入手することは困難な場合が多い。ここでは、水道専用ダムのようにデータが得られた場合を想定して事例を示した。

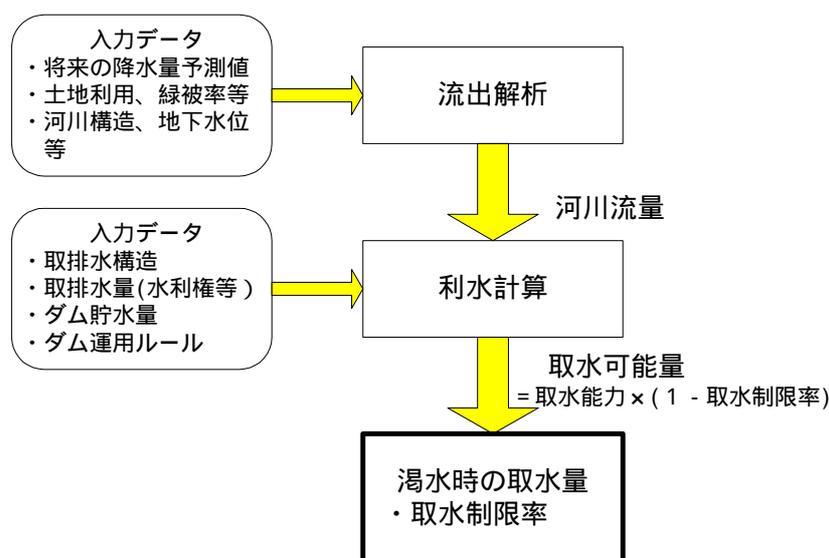


図 2-2-6 利水計算による取水制限率の設定手順

3) 制限期間別の水源取水可能量

水源別取水能力に取水制限率を乗じて取水制限量を算出し、取水能力から取水制限量を減じて水源別に取水可能量を算定する。

表 2-2-6 に取水可能量の予測を行った事例を示す。同表では半旬別の水源別取水制限率、渇水時の取水可能量を示している。

なお、地下水については、取水制限を受けないものとして算定している。さらに取水可能量の合計を取水能力の合計で除した取水充足率についても算定した。

表 2-2-6 取水制限時系列による水源取水可能量の算定例

月	月半旬 順位	年半 旬順	日数	期 間	取水制限率(%)		取水可能量 (m3/日)				全市取水 充足率
					A水系	B水系	A水系	B水系	C水系	合計	
1月	1	1	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	2	5	6日～10日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	3	5	11日～15日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	4	4	5	16日～20日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	5	5	5	21日～25日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	6	6	6	26日～31日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
2月	1	7	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	8	5	6日～10日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	9	5	11日～15日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	4	10	5	16日～20日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	5	11	5	21日～25日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	6	12	3	26日～28日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
3月	1	13	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	14	5	6日～10日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	15	5	11日～15日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	4	16	5	16日～20日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	5	17	5	21日～25日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	6	18	6	26日～31日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
4月	1	19	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	20	5	6日～10日	0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	21	5	11日～15日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	4	22	5	16日～20日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	5	23	5	21日～25日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	6	24	5	26日～30日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
5月	1	25	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	26	5	6日～10日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	27	5	11日～15日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	4	28	5	16日～20日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	5	29	5	21日～25日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	6	30	6	26日～31日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
6月	1	31	5	1日～5日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	2	32	5	6日～10日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	3	33	5	11日～15日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	4	34	5	16日～20日	0.0	10.0	20,000	13,500	10,000	43,500	96.7
	5	35	5	21日～25日	0.0	25.0	20,000	11,250	10,000	41,250	91.7
	6	36	5	26日～30日	10.0	25.0	18,000	11,250	10,000	39,250	87.2
7月	1	37	5	1日～5日	10.0	25.0	18,000	11,250	10,000	39,250	87.2
	2	38	5	6日～10日	10.0	25.0	18,000	11,250	10,000	39,250	87.2
	3	39	5	11日～15日	10.0	25.0	18,000	11,250	10,000	39,250	87.2
	4	40	5	16日～20日	20.0	25.0	16,000	11,250	10,000	37,250	82.8
	5	41	5	21日～25日	20.0	25.0	16,000	11,250	10,000	37,250	82.8
	6	42	6	26日～31日	20.0	15.0	16,000	12,750	10,000	38,750	86.1
8月	1	43	5	1日～5日	20.0	15.0	16,000	12,750	10,000	38,750	86.1
	2	44	5	6日～10日	20.0	15.0	16,000	12,750	10,000	38,750	86.1
	3	45	5	11日～15日	20.0	15.0	16,000	12,750	10,000	38,750	86.1
	4	46	5	16日～20日	30.0	15.0	14,000	12,750	10,000	36,750	81.7
	5	47	5	21日～25日	30.0	15.0	14,000	12,750	10,000	36,750	81.7
	6	48	6	26日～31日	30.0	15.0	14,000	12,750	10,000	36,750	81.7
9月	1	49	5	1日～5日	30.0	5.0	14,000	14,250	10,000	38,250	85.0
	2	50	5	6日～10日	30.0	5.0	14,000	14,250	10,000	38,250	85.0
	3	51	5	11日～15日	10.0	5.0	18,000	14,250	10,000	42,250	93.9
	4	52	5	16日～20日	10.0	5.0	18,000	14,250	10,000	42,250	93.9
	5	53	5	21日～25日	10.0	5.0	18,000	14,250	10,000	42,250	93.9
	6	54	5	26日～30日	10.0	5.0	18,000	14,250	10,000	42,250	93.9
10月	1	55	5	1日～5日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	2	56	5	6日～10日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	3	57	5	11日～15日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	4	58	5	16日～20日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	5	59	5	21日～25日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	6	60	6	26日～31日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
11月	1	61	5	1日～5日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	2	62	5	6日～10日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	3	63	5	11日～15日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	4	64	5	16日～20日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	5	65	5	21日～25日	10.0	0.0	18,000	15,000	10,000	43,000	95.6
	6	66	5	26日～30日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
12月	1	67	5	1日～5日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	2	68	5	6日～10日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	3	69	5	11日～15日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	4	70	5	16日～20日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	5	71	5	21日～25日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0
	6	72	6	26日～31日	0.0	0.0	20,000	15,000	10,000	45,000	100.0

注) 取水可能量 = 取水能力 × (1 - 取水制限率)、取水充足率 = 取水可能量 / 取水能力

2 - 3 複数水源の系統間水融通の検討

1) 水融通方法

渇水時における水源系統間での給水の公平性を確保するため、渇水特性にもとづき系統間の水融通方法を検討する。

水融通を機能面で分類すると以下のように分けられ、表 2-3-1 に示す特徴を持つ。

導水施設水融通

- ・異なる水源から導水施設での水融通
- ・浄水場間水融通

送水施設水融通

- ・異なる系統の浄水場から配水池への水融通
- ・配水池間の水融通

配水施設水融通

- ・配水管網連絡管による隣接配水区への水融通

表 2-3-1 水融通方法

	水融通方法	特 徴	留意点
導水施設 水融通	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる水源から導水施設での水融通 ・浄水場間の水融通 	<ul style="list-style-type: none"> ・水融通の対象は原水（浄水前）である。 ・浄水場以降のどの配水池へも水融通が可能 	浄水場にとっては水源が変更となるため水源水質への対応が重要となる。
送水施設 水融通	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる系統の浄水場から配水池への水融通 ・配水池間の水融通 	<ul style="list-style-type: none"> ・水融通の対象は浄水（浄水場以降）である。 ・連絡された配水系のみへの水融通が可能。 	連絡管、ポンプ能力などによる融通可能量を把握しておく必要がある。
配水施設 水融通	<ul style="list-style-type: none"> ・配水管網内の水融通 ・配水管網連絡管を通して隣接配水区域に水融通 	<ul style="list-style-type: none"> ・水融通の対象は浄水（配水池下流の浄水） ・隣接する配水区の管網能力に応じて融通可能。 	配水池の水位、管網の配水能力によって、制水弁による配水区域変更が必要な場合もある。

(1) 導水施設水融通

導水施設による水融通は、図 2-3-1 に示すように水源と浄水場を結ぶ連絡管、または浄水場間を結ぶ連絡管 によって融通するものである。水融通の対象は浄水前の『原水』である。

このレベルの水融通は、浄水場から供給している配水系統は全て融通が可能となる（例：E 浄水場から D 浄水場に水融通した場合、D 浄水場系の全ての配水区すなわち配水区 2 と配水区 3 に水融通ができる）。

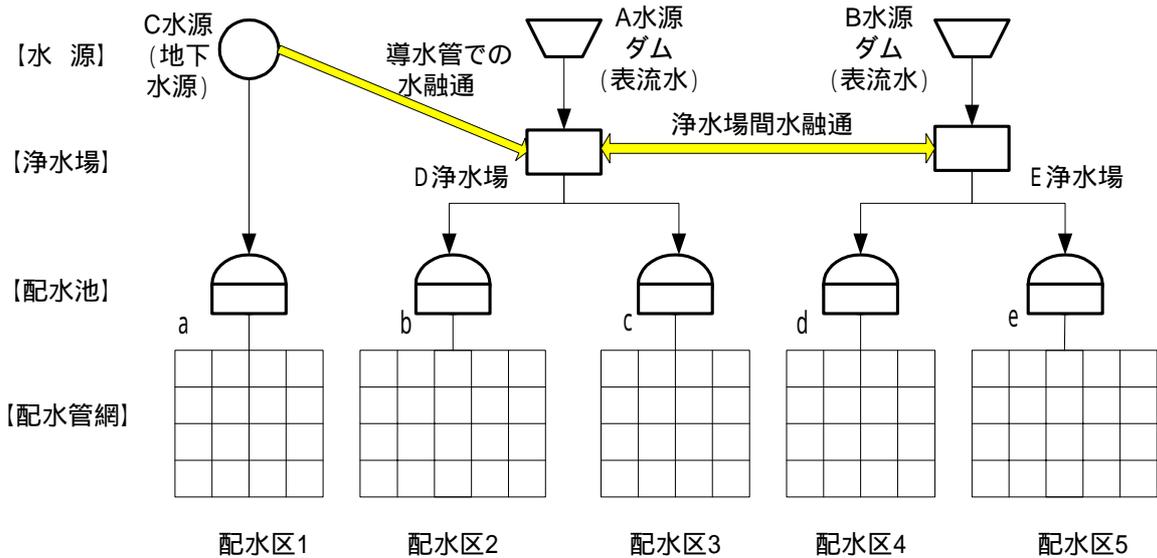


図 2-3-1 導水施設による水融通のイメージ

(2) 送水施設水融通

送水施設による水融通は、図 2-3-2 に示すように浄水場から配水池間の水融通 または配水池間の水融通 である。水融通の対象は『浄水』であり、融通可能量は浄水場と配水池との水位差や連絡管口径、ポンプ能力などにより決定される。

導水施設の水融通とは異なり、連絡された配水系統への水融通は可能であるが、他の配水系統へは融通ができない（例：E 浄水場から c 配水池への送水融通は可能であるが、b 配水池への水融通はできない）。

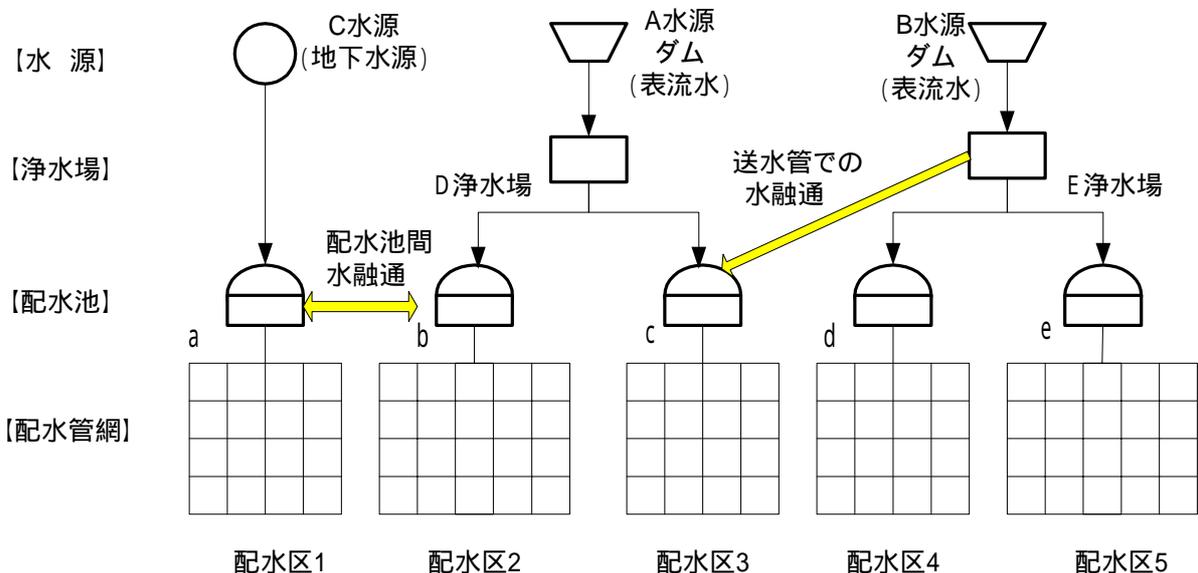


図 2-3-2 送水施設による水融通のイメージ

(3) 配水施設水融通

配水施設による水融通は、図 2-3-3 の配水管網内の系統間連絡管 による水融通がある。融通の対象は『浄水』であり、隣接する配水区域のみに対して融通が可能となる。ただし、配水

池の水位や配水管網内の管路能力によっては、所要の融通ができない場合があることに留意する必要がある。また、配水管内の流向が変化し、濁水が生じるため事前洗管に多量の浄水が必要となることも想定しておかなければならない。

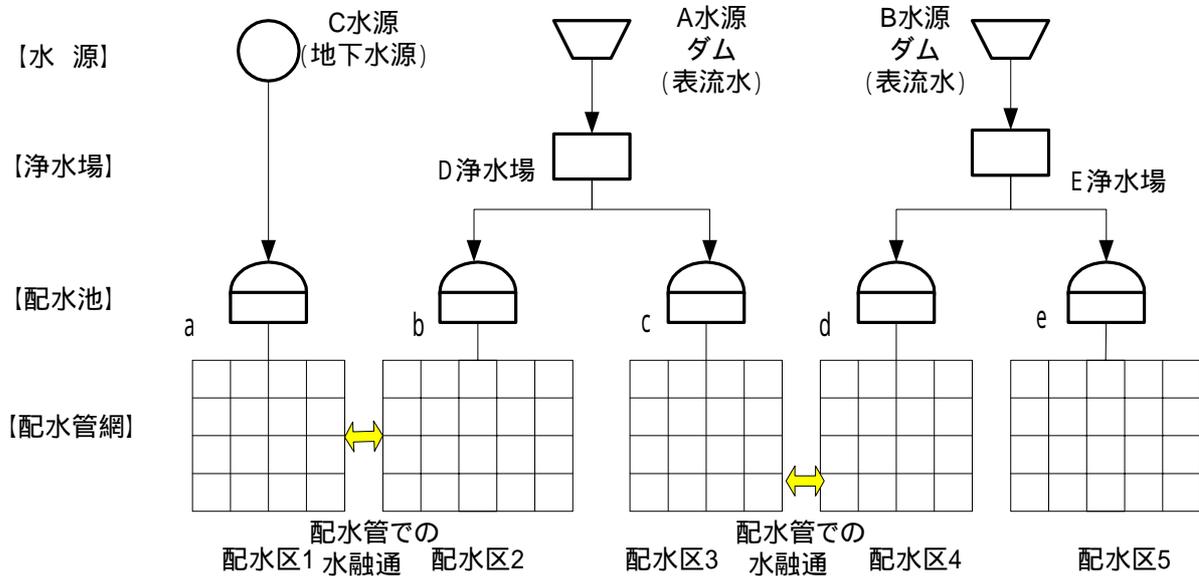


図 2-3-3 配水施設による水融通のイメージ

(4) 水融通の有効性

渇水時のように水源水量が不足する場合には、上流側で水融通施設が水融通の自由度を高めることができる（すなわち水融通によって平常時に近い配水が可能となる）。

ただし、水融通を行うためには、連絡管路（異なった系統間を結ぶ管路）を整備する必要があり、その連絡管の距離が近いほど整備の費用は安くなる。

一般的には、水源レベル、浄水場レベル、配水池レベル、配水管網レベルの下層に行くほど連絡距離が短くなる場合が多く、経済性との関連でどのレベルでの連絡が有効かを検討して整備することになる。

渇水時における水融通は、レベルが上層ほど融通可能な範囲が広がるが、配水管網内での連絡管が有効な場合は、減圧給水、時間給水時において、局所的な水圧不足が生じたときに系統の異なった配水系からの融通が有利となる場合である。

これは、水量面ではなく水圧面からの融通の有効な場合であり、高度な配水調整作業が要求される。この場合は、配水管網の通水能力と関連するので次の節（3）配水施設間での水融通の詳細検討）で説明を加える。

2) 融通水量の算定

次に、系統間で水融通を行う場合に、その融通水量について検討する。その手順は以下のようになる。

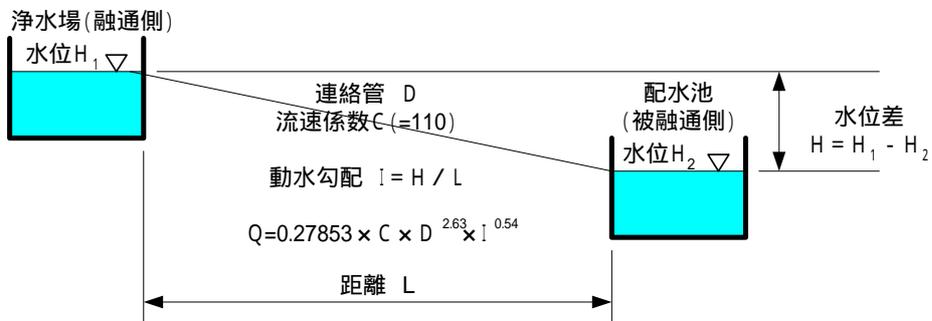
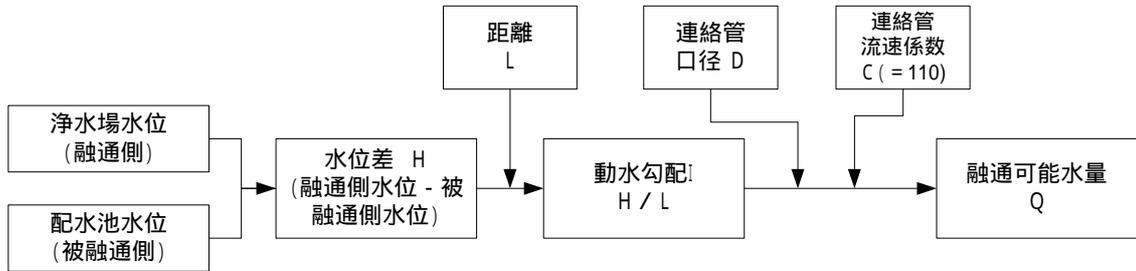
連絡管（導水管、送水管）の融通可能量の算定

公平な給水のための目標配水量の算定

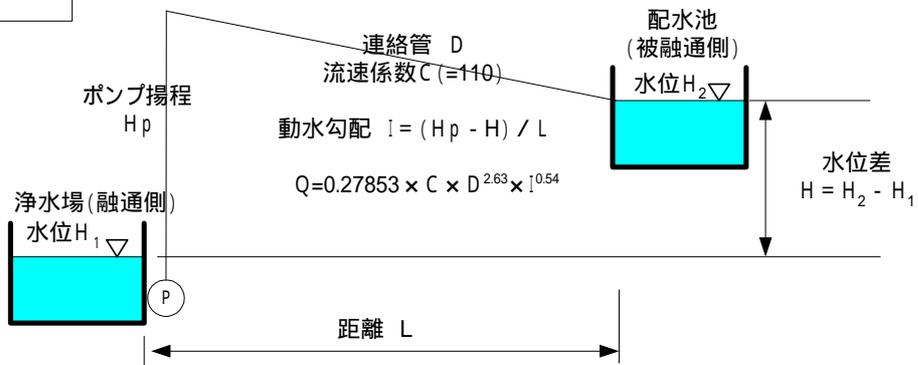
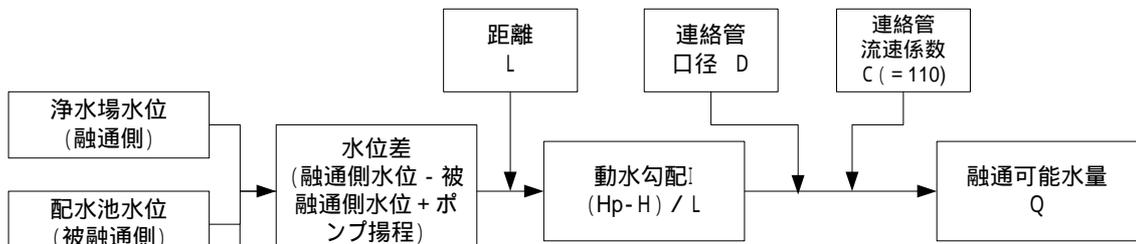
融通水量の算定

(1) 連絡管（導水管、送水管）の融通可能量の算定

図 2-3-4 に示すように水源連絡管（導水管、送水管）の諸元及びポンプ施設の能力より融通可能量を算定する。



(1) 自然流下の場合



(2) ポンプ圧送の場合

図 2-3-4 融通可能量の算定手順

図 2-3-4 のとおり、自然流下の場合には、融通側と被融通側の水位差 (H)、ポンプ圧送の場合にはポンプ揚程から水位差を差し引いた値 ($H_P - H$) を算定し、管路距離 (L) より動水勾配 (自然流下の場合 $I = H/L$ 、ポンプ圧送の場合 $I = (H_P - H)/L$) を求める。そして、これに連絡管口径 (D)、流速係数 (C: 通常は 110 程度を設定) を設定して、ヘーゼンウィリアムズ式 (式 2 - 1) より融通可能量 (Q) を算定する。

$$Q = 0.27853 \times C \times D^{2.63} \times I^{0.54} \quad (2 - 1)$$

融通可能量 (m³/s) 流速係数 (=110) 管路口径 (m) 動水勾配 (-)

また、(2 - 1) 式に基づき口径別に図表化したものを図 2-3-5(1) ~ (2) に示す。なお、図 2-3-5(3) は小口径における一部を拡大したものである。

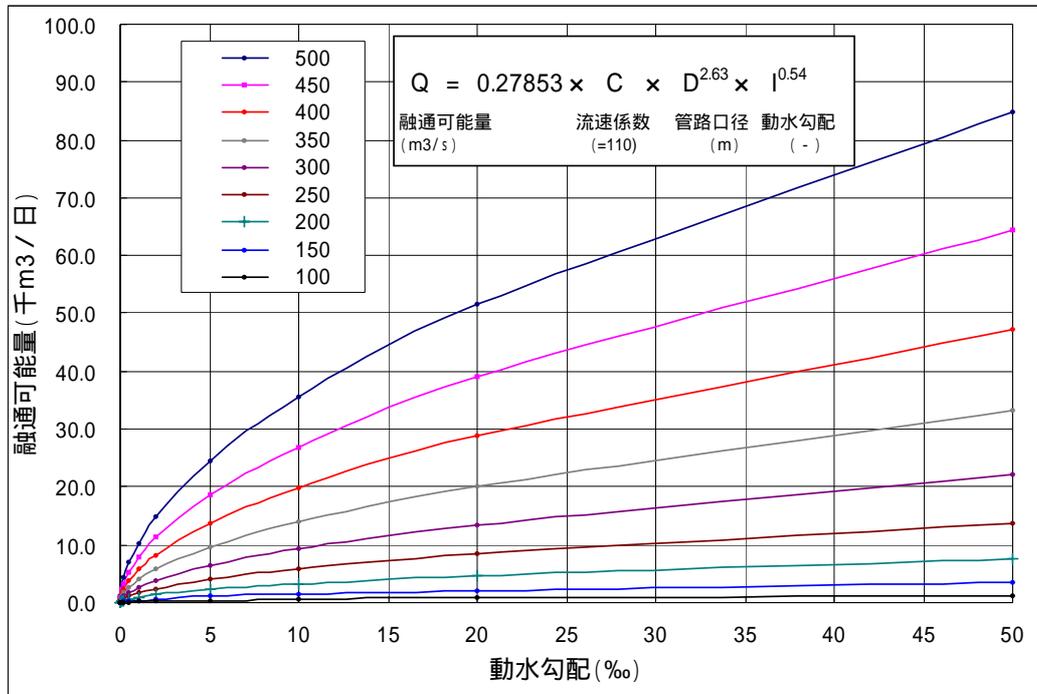


図 2-3-5(1) 融通可能量の算定図表

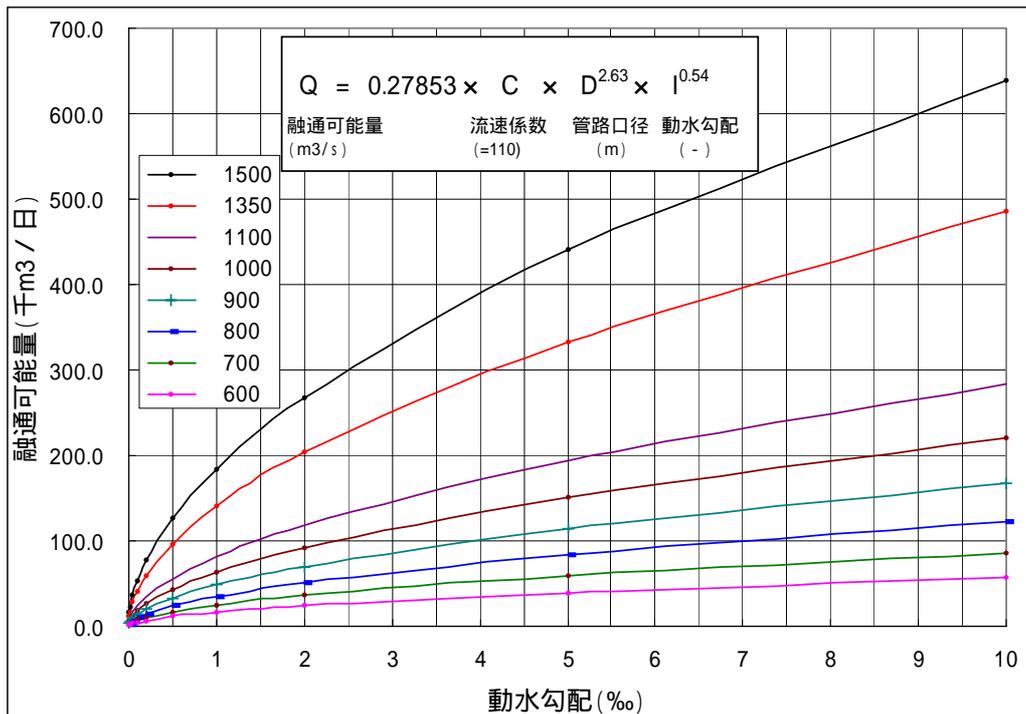


図 2-3-5(2) 融通可能量の算定図表

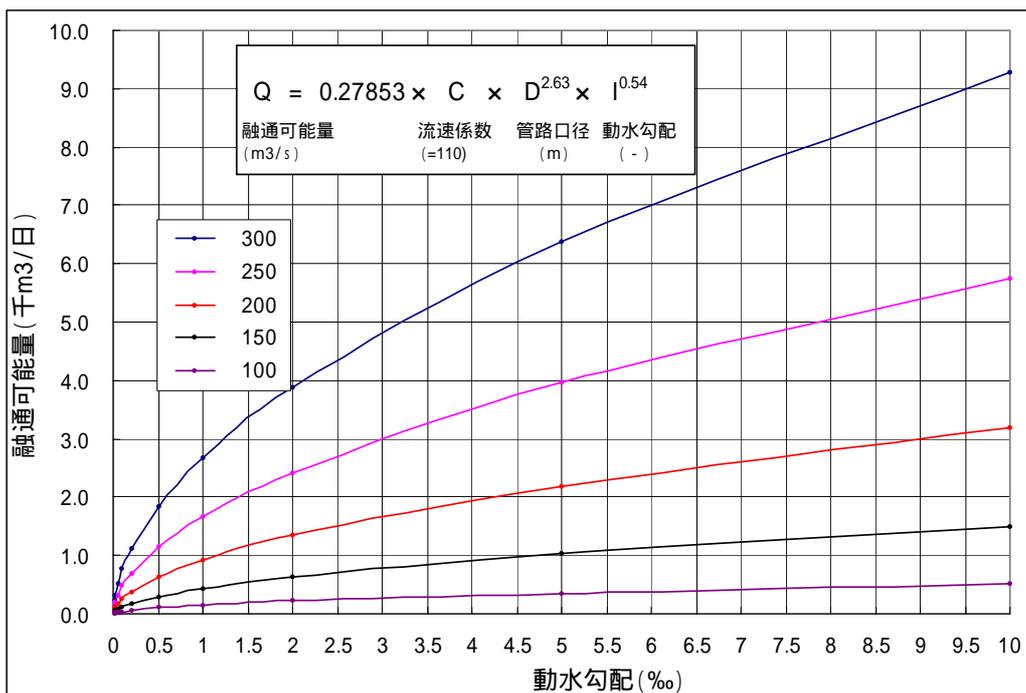


図 2-3-5(3) 融通可能量の算定図表

(2) 公平給水のための目標配水量の算定

公平給水を考える場合は、図 2-3-6 に示すようにどの配水区も等しい水不足となるように融通量を調整するのが一般的である。水系間で自由に水融通が可能とした場合には、全体の水不足が等しくなるように融通水量を決定することとなる。このときの配水量を『公平給水のための目標配水量』とする。

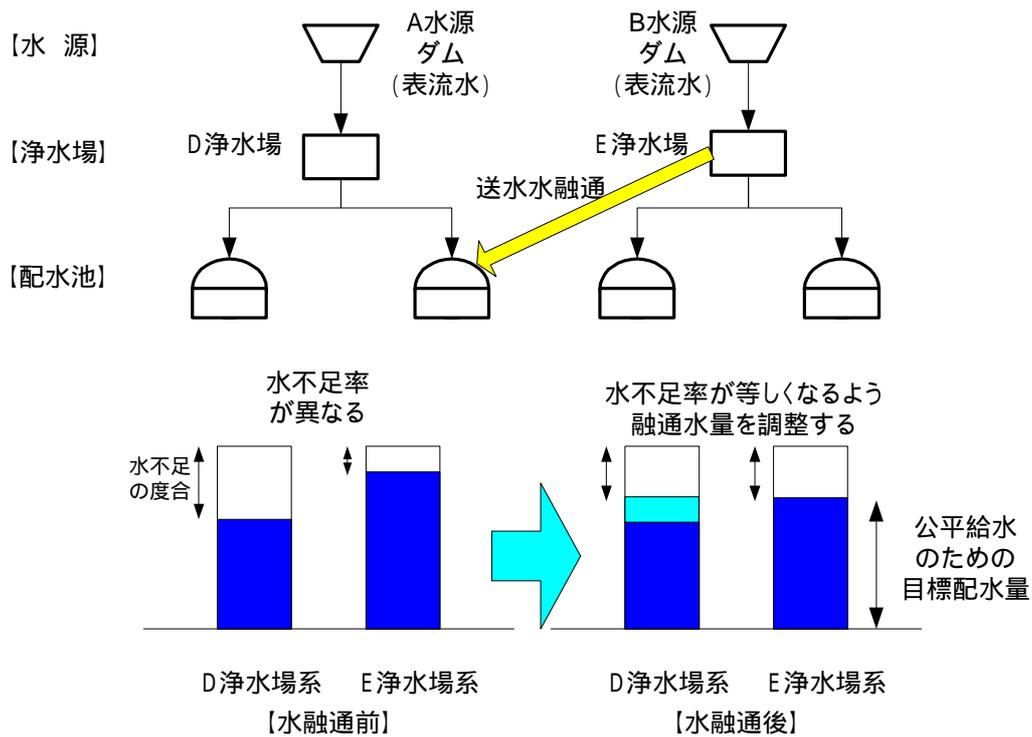


図 2-3-6 融通水量の決定の考え方 (両系統を公平にする)

この考え方に基づき表 2-2-6 (P.13) の水源水量となったときの目標配水量 (公平給水の目標配水量) を算出した結果を表 2-3-2 (左欄) に示す。

表 2-3-2 目標配水量、融通水量の算定結果

月	月半旬 順位	年半旬 順位	公平給水の目標配水量 (m ³ /日)			融通前の水源不足水量 (m ³ /日)			融通水量 (m ³ /日)		
			A水系	B水系	C水系	A水系	B水系	C水系	C	A水系	C B水系 B A水系
1月	1	1	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	2	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	3	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	4	4	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	5	5	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	6	6	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
2月	1	7	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	8	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	9	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	4	10	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	5	11	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	6	12	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
3月	1	13	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	14	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	15	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	4	16	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	5	17	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	6	18	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
4月	1	19	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	20	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	21	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	4	22	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	5	23	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	6	24	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
5月	1	25	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	26	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	27	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	4	28	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	5	29	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	6	30	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
6月	1	31	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	2	32	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	3	33	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	4	34	19,333	14,500	9,667	667	-1,000	333	0	333	0
	5	35	18,333	13,750	9,167	1,667	-2,500	833	0	833	0
	6	36	17,444	13,083	8,722	556	-1,833	1,278	0	1,000	0
7月	1	37	17,444	13,083	8,722	556	-1,833	1,278	0	1,000	0
	2	38	17,444	13,083	8,722	556	-1,833	1,278	0	1,000	0
	3	39	17,444	13,083	8,722	556	-1,833	1,278	0	1,000	0
	4	40	16,556	12,417	8,278	-556	-1,167	1,722	556	1,000	0
	5	41	16,556	12,417	8,278	-556	-1,167	1,722	556	1,000	0
	6	42	17,222	12,917	8,611	-1,222	-167	1,389	1000	389	222
8月	1	43	17,222	12,917	8,611	-1,222	-167	1,389	1000	389	222
	2	44	17,222	12,917	8,611	-1,222	-167	1,389	1000	389	222
	3	45	17,222	12,917	8,611	-1,222	-167	1,389	1000	389	222
	4	46	16,333	12,250	8,167	-2,333	500	1,833	1000	833	1333
	5	47	16,333	12,250	8,167	-2,333	500	1,833	1000	833	1333
	6	48	16,333	12,250	8,167	-2,333	500	1,833	1000	833	1333
9月	1	49	17,000	12,750	8,500	-3,000	1,500	1,500	1000	500	2000
	2	50	17,000	12,750	8,500	-3,000	1,500	1,500	1000	500	2000
	3	51	18,778	14,083	9,389	-778	167	611	611	0	167
	4	52	18,778	14,083	9,389	-778	167	611	611	0	167
	5	53	18,778	14,083	9,389	-778	167	611	611	0	167
	6	54	18,778	14,083	9,389	-778	167	611	611	0	167
10月	1	55	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	2	56	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	3	57	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	4	58	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	5	59	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	6	60	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
11月	1	61	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	2	62	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	3	63	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	4	64	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	5	65	19,111	14,333	9,556	-1,111	667	444	444	0	667
	6	66	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
12月	1	67	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	2	68	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	3	69	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	4	70	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	5	71	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0
	6	72	20,000	15,000	10,000	0	0	0	0	0	0

注) 公平給水のための目標配水量 = 取水可能量 × 全市取水充足率

また、表 2-3-2 で示した公平給水の目標配水量を図示したものが図 2-3-7 である。

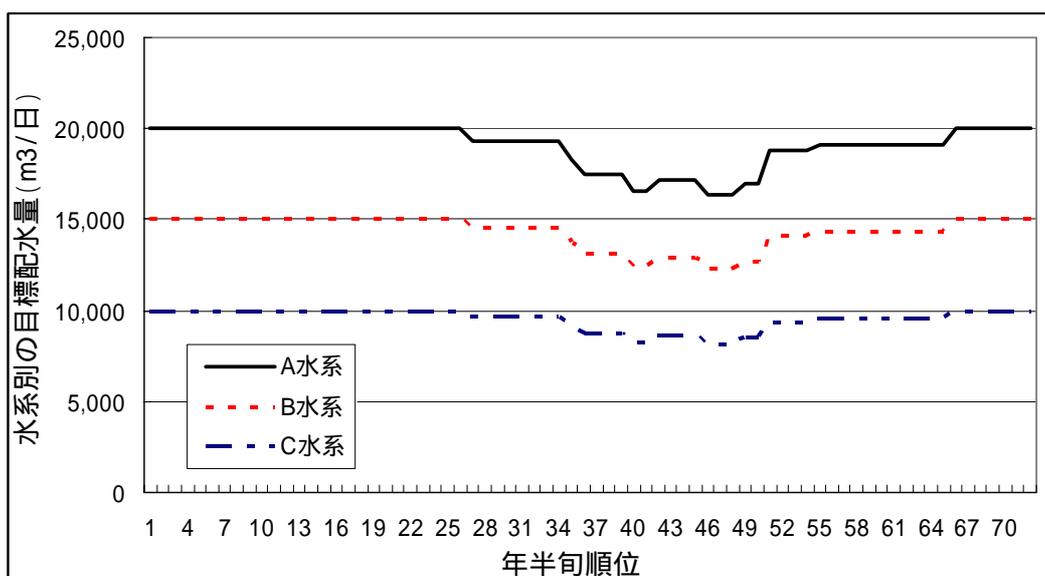


図 2-3-7 水融通後の水源系統別の配水量

この目標配水量は、全ての水源系統で水融通が可能であったとした場合の配水量であり、実際には、水融通できる水量には限界があるため、それを考慮して配水量を算定する必要がある。

これを検討するため、表 2-3-2 の中央の欄（融通する前の水源不足水量）を用いて、図 2-3-8 に水源供給可能量と公平給水の目標配水量の差（不足量）を算定したものを示す。

これは、公平給水の目標配水量を配水するために渇水時の水源からの供給可能量ではどの程度不足するかを示したものである。

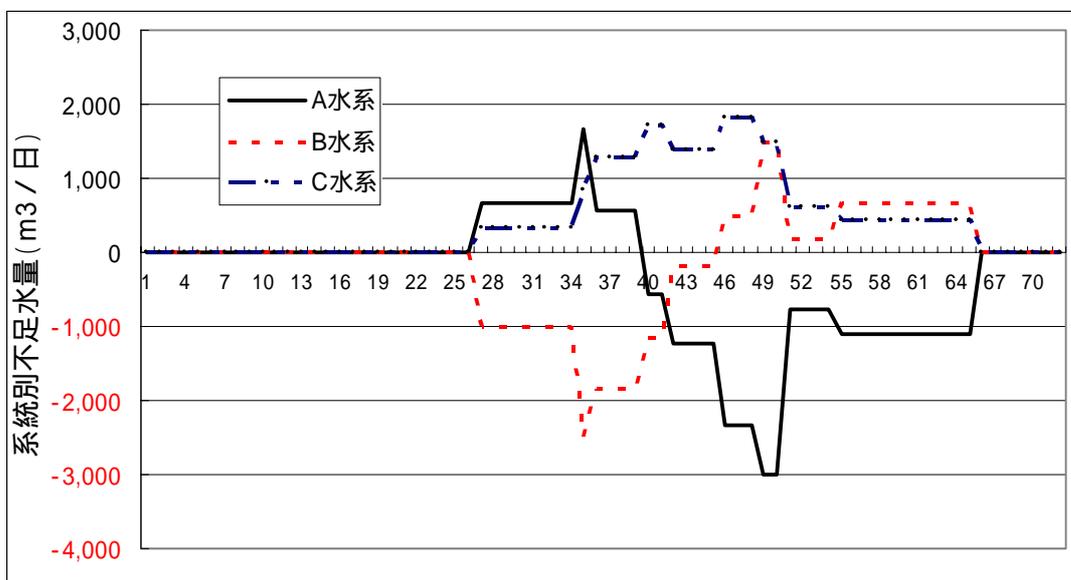


図 2-3-8 水源系統別の不足水量

【算定例】

- 8月第1旬（第43半旬）の場合 -

取水可能量(表 2-2-6 (P.13)より、A水系 16,000m³/日、B水系 12,750m³/日、C水系 10,000m³/日)の合計 38,750 m³/日は、需要量(取水能力)の合計 45,000m³/日の 86.1%であり、これ

が取水充足率である。

従って、公平給水の目標配水量は、各取水能力に取水充足率を乗じて表 2-3-2 のように A 水系 17,222m³/日、B 水系 12,917m³/日、C 水系 8,611m³/日となる。

融通する前の水源不足量は、取水可能量から公平給水の目標配水量を減じたものであり、表 2-3-2 から A 水系 1,222m³/日、B 水系 167m³/日となるが、C 水系 1,389m³/日が見かけ上余剰水となる。

融通水量は、C 水系から A 水系へは融通可能量最大の 1,000m³/日を、C 水系から B 水系へは余剰水の残り 389m³/日を送水するが、B 水系では不足量 167m³/日をまかなった残りの 222m³/日を B 水系から A 水系に融通することになる。

上記の融通水量により、各水系とも公平な目標配水量となったが、水融通後の需要量に対する充足率は、表 2-3-3 (p.27) のとおり各水系とも 86.1%である。

(3) 融通水量の算定

ここでは、算定された水系ごとの不足水量を水融通により充足させることを検討する。

融通水量は各連絡管での融通可能量の範囲内であり、なるべく公平に配水できるように融通水量を決定する。図 2-3-9(1) ~ (9)に各半旬期間別の融通水量と水源系統別の不足量 (不足率) を示し、以下にそれぞれの計算過程を説明する。

なお、ここでの不足量 (不足率) は、前項で示した水源全体の不足量に対して水源系統別に均等に配水 (均等に不足) するものとして設定した目標配水量に対する不足量を示すものであり、需要水量に対する不足量とは異なることに留意する必要がある。

5 月第 3 半旬 ~ 6 月第 4 半旬

B 水系で 1,000m³/日の不足が生じており、A 水系では 667m³/日、C 水系では 333m³/日の融通可能性がある。

B 水系へは C 水源からしか融通できないので、C 水系から融通可能な 333m³/日を融通する。その結果、B 水系の不足率は 7% から 4% に改善できた (需要水量に対する不足率は表 2-3-3 に示すように 7.8% である) もの、目標となる配水量を配水することはできず、全配水区では不公平が生じていることが分かる。

6 月第 5 半旬

B 水系で 2,500m³/日の大幅な不足が生じており、A 水系では 1,667m³/日、C 水系では 833m³/日の融通可能性がある。 の場合と同様に、C 水系から B 水系へ融通可能な 833m³/日を融通する。その結果、B 水系の不足率は 17% から 11% に改善できたことが分かる。各水系での不公平性は変わらない。

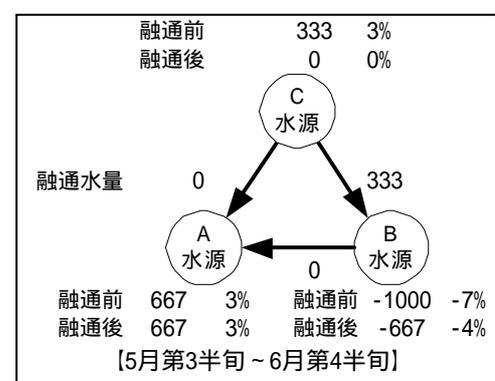


図 2-3-9(1) 各旬別の水融通結果

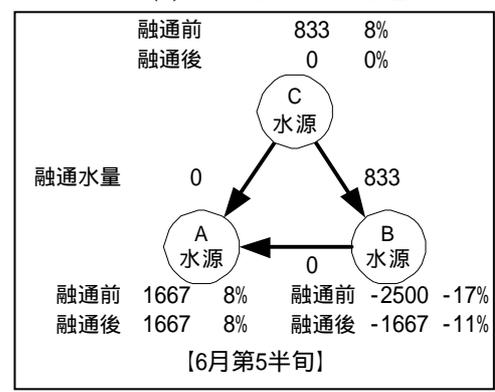


図 2-3-9(2) 各旬別の水融通結果

6月第6半旬～7月第3半旬

B水系で1,833m³/日の不足が生じており、A水系では556m³/日、C水系では1,278m³/日の融通可能性がある。C水系からB水系へ融通可能な最大量1,000m³/日を融通する。その結果、B水系の不足率は12%から6%に改善できたことが分かる。各水系での不公平性は変わらない。

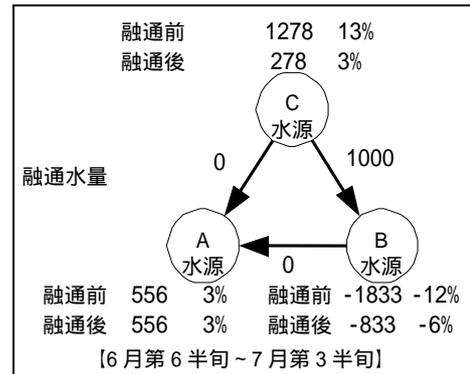


図 2-3-9(3) 各旬別の水融通結

7月第4半旬～7月第5半旬

A水系で556m³/日、B水系で1,167m³/日の不足が生じており、C水系では1,722m³/日の融通可能性がある。C水系からB水系へ融通可能な最大量1,000m³/日を、C水系からA水系へ722 m³/日を融通する。その結果、A水系の不足率は3%から不足はなくなり、B水系の不足率は8%から1%に改善できたことが分かる。各水系での不公平性は依然として変わらない。

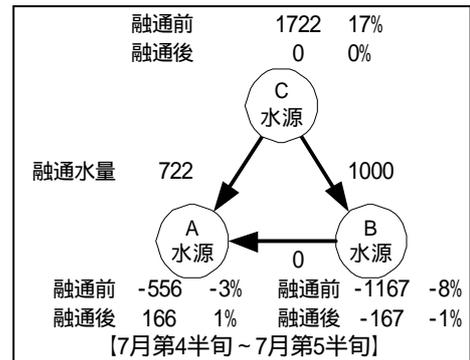


図 2-3-9(4) 各旬別の水融通結

7月第6半旬～8月第3半旬

A水系で1,222m³/日、B水系で167m³/日の不足が生じており、C水系では1,389m³/日の融通可能性がある。C水系からA水系へ融通可能な最大量1,000m³/日を、C水系からB水系へ389m³/日を融通する。B水系では、不足している167m³/日を差し引いた222m³/日をA水系へ水融通する。

その結果、A、B、C水系ともに不足はなくなり(「公平給水のための目標配水量」に対する不足であり、実際には不足は生じている)各水系で公平な給水ができることが分かる。

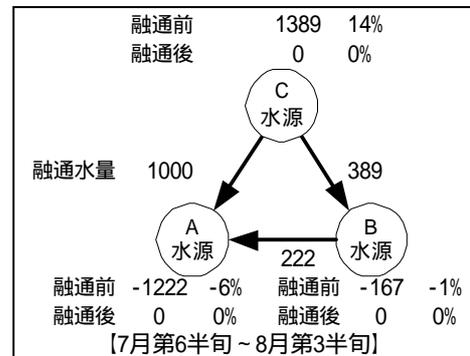


図 2-3-9(5) 各旬別の水融通結

8月第4半旬～8月第6半旬

A水系で2,333m³/日の不足が生じており、B水系では500m³/日、C水系では1,833m³/日の融通可能性がある。C水系からA水系へ融通可能な最大量1,000m³/日を、C水系からB水系へ833m³/日を、さらにB水系からA水系へ1,333m³/日融通する。その結果、A、B、C水系ともに「公平給水のための目標配水量」に対する不足はなくなり、各水系で公平な給水ができる。

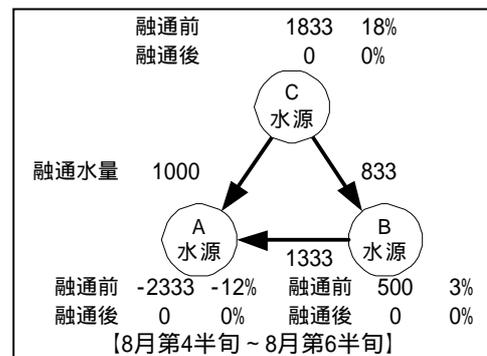


図 2-3-9(6) 各旬別の水融通結果

9月第1半旬～9月第2半旬

A水系で3,000m³/日の不足が生じており、B水系では1,500m³/日、C水系では1,500m³/日の融通可能性がある。C水系からA水系へ融通可能な最大量1,000m³/日を、C水系からB水系へ500m³/日を、さらにB水系からA水系へ2,000m³/日融通する。その結果、A、B、C水系ともに「公平給水のための目標配水量」に対する不足はなくなり、各水系で公平な給水ができることが分かる。

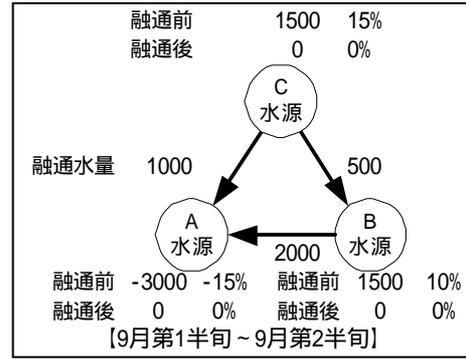


図 2-3-9(7) 各旬別の水融通結果

9月第3半旬～9月第6半旬

A水系で778m³/日の不足が生じており、B水系では167m³/日、C水系では611m³/日の融通可能性がある。C水系からA水系へ611m³/日を、B水系からA水系へ167m³/日融通する。その結果、A、B、C水系ともに「公平給水のための目標配水量」に対する不足はなくなり、各水系で公平な給水ができることが分かる。

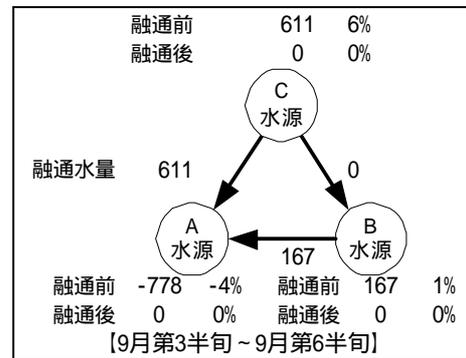


図 2-3-9(8) 各旬別の水融通結果

10月第1半旬～11月第5半旬

A水系で1,111m³/日の不足が生じており、B水系では667m³/日、C水系では444m³/日の融通可能性がある。C水系からA水系へ444m³/日を、B水系からA水系へ667m³/日融通する。その結果、A、B、C水系ともに「公平給水のための目標配水量」に対する不足はなくなり、公平な給水ができることが分かる。

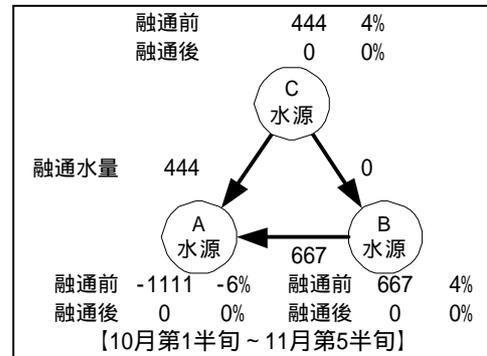


図 2-3-9(9) 各旬別の水融通結果

以上の結果より、算定された融通水量を表 2-3-2 (P.21) の右欄に、また図 2-3-10 に示す。

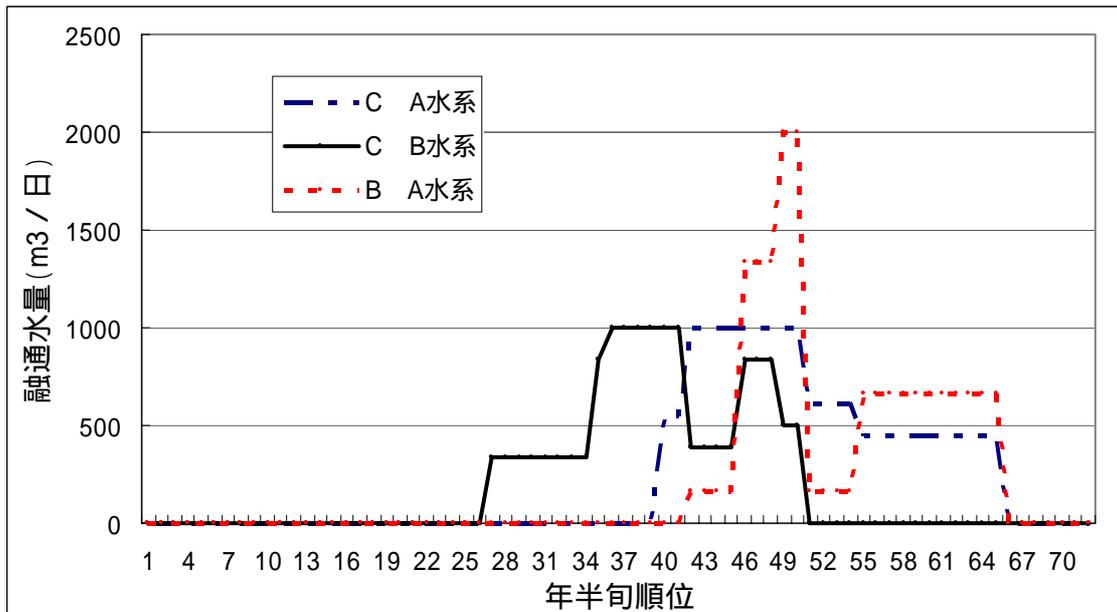


図 2-3-10 系統連絡管の水融通量の算定結果

このように融通水量を設定し、各水系の配水量、不足量を算定した結果が表 2-3-3 (P.27) である。また、各水系統別の不足率を示すと図 2-3-11 のとおりである。

図 2-3-11 から、5 月第 3 半旬(第 27 半旬)から 7 月第 5 半旬(第 41 半旬)までは B 水系での水不足が大きく、他水系との不公平性が見られる。これは、B 水系への水融通が C 水系からのみであり、C 水系での融通可能量が 1000 m³/日しかないために生じたものである。

しかし、7 月第 4 半旬(第 40 半旬)以降は A 水系での水不足が顕著であるが、B 水系、C 水系からの融通を行うことで、公平な給水が行えていることが分かる。

連絡管の整備においては、このような渇水特性を踏まえて検討することが重要である。

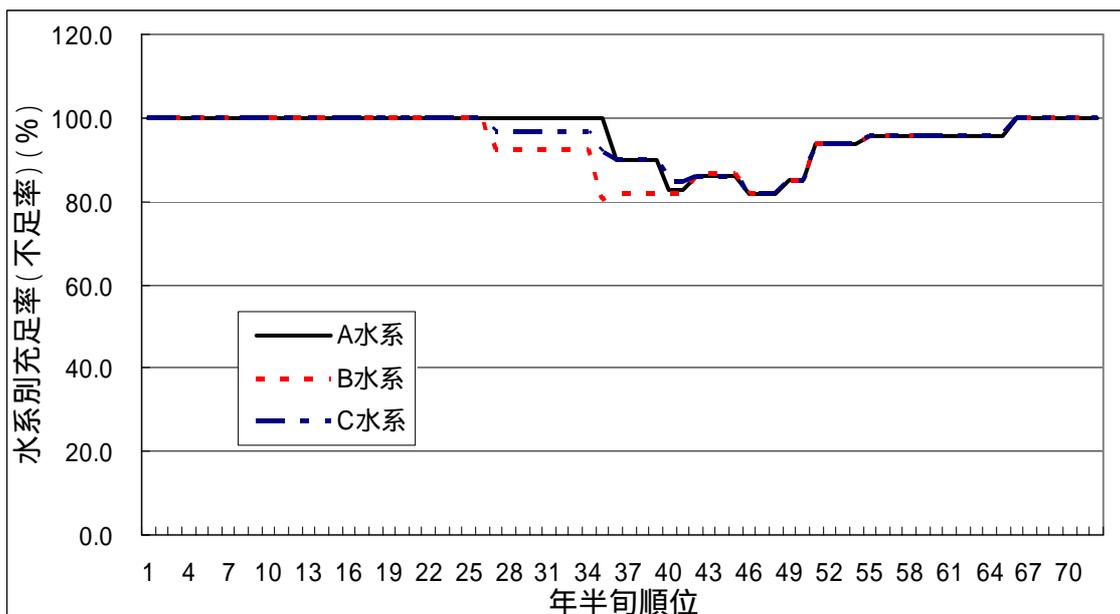


図 2-3-11 水融通後の水系別の不足率

表 2-3-3 水融通後の配水量、充足率の算定結果

月	月半旬 順位	年半旬 順位	融通後の配水量 (m ³ /日)			融通後の充足率 (%)		
			A水系	B水系	C水系	A水系	B水系	C水系
1月	1	1	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	2	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	3	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	4	4	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	5	5	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	6	6	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
2月	1	7	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	8	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	9	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	4	10	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	5	11	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	6	12	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
3月	1	13	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	14	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	15	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	4	16	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	5	17	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	6	18	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
4月	1	19	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	20	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	21	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	4	22	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	5	23	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	6	24	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
5月	1	25	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	26	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	27	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	4	28	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	5	29	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	6	30	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
6月	1	31	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	2	32	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	3	33	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	4	34	20,000	13,833	9,667	100.0	92.2	96.7
	5	35	20,000	12,083	9,167	100.0	80.6	91.7
	6	36	18,000	12,250	9,000	90.0	81.7	90.0
7月	1	37	18,000	12,250	9,000	90.0	81.7	90.0
	2	38	18,000	12,250	9,000	90.0	81.7	90.0
	3	39	18,000	12,250	9,000	90.0	81.7	90.0
	4	40	16,556	12,250	8,444	82.8	81.7	84.4
	5	41	16,556	12,250	8,444	82.8	81.7	84.4
	6	42	17,222	12,917	8,611	86.1	86.1	86.1
8月	1	43	17,222	12,917	8,611	86.1	86.1	86.1
	2	44	17,222	12,917	8,611	86.1	86.1	86.1
	3	45	17,222	12,917	8,611	86.1	86.1	86.1
	4	46	16,333	12,250	8,167	81.7	81.7	81.7
	5	47	16,333	12,250	8,167	81.7	81.7	81.7
	6	48	16,333	12,250	8,167	81.7	81.7	81.7
9月	1	49	17,000	12,750	8,500	85.0	85.0	85.0
	2	50	17,000	12,750	8,500	85.0	85.0	85.0
	3	51	18,778	14,083	9,389	93.9	93.9	93.9
	4	52	18,778	14,083	9,389	93.9	93.9	93.9
	5	53	18,778	14,083	9,389	93.9	93.9	93.9
	6	54	18,778	14,083	9,389	93.9	93.9	93.9
10月	1	55	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	2	56	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	3	57	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	4	58	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	5	59	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	6	60	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
11月	1	61	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	2	62	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	3	63	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	4	64	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	5	65	19,111	14,333	9,556	95.6	95.6	95.6
	6	66	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
12月	1	67	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	2	68	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	3	69	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	4	70	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	5	71	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0
	6	72	20,000	15,000	10,000	100.0	100.0	100.0

注) ハッチングは公平性が確保されていないものを示す。

3) 配水施設間での水融通の詳細検討

渇水時の配水区間での公平性を確保するため、水圧、流量等を十分考慮した配水施設による水融通方法を検討する。

前述したように、配水施設間での水融通は、配水池間の連絡管の場合（送水管を含む）と、配水管網内での水融通がある。

配水池間の水融通の場合は、水源間の水融通と同様に融通する系統で同様の不足率となるよう調整することとなり、同様の配分ルールを設定して融通量を決定し、その水量を送水可能かどうかを水理計算により検討すればよい。不可能な場合には、送水ポンプや送水管路の整備が必要となり、渇水時に対して必要な施設整備の検討を行って、整備施設を決定することが必要である。

一方、配水施設内部での水融通においては、以下のようなケースが考えられる。

ある配水系での水量不足のため、隣接する配水系から水量の融通をする場合。

図 2-3-12 に示すように減圧給水時や時間給水時に水圧が不足する地域へ他の配水系統からの水融通をする場合

このような場合は、水融通する地区を元の配水区から制水弁で分離する場合と分離しない場合があるが、それは管網の形態や配水圧条件などによりどちらを採用するか検討する必要がある。

なお、これは配水管網の状況が変わるため、配水管網解析を用いて検討する必要がある。よって、今回の節水対策プログラムにおける簡易プログラムでは、水圧の不足を検討するにとどまる。

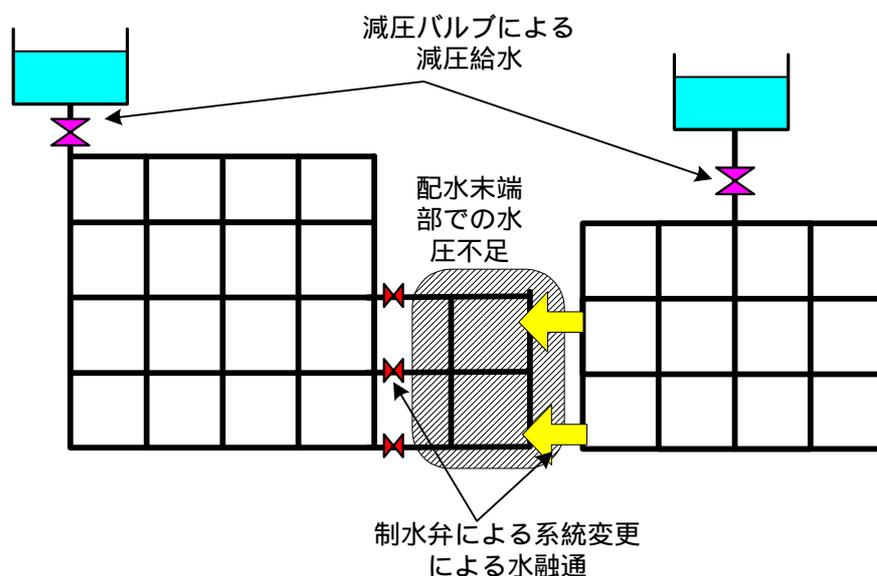


図 2-3-12 配水施設間の水融通（系統変更）

2 - 4 取水不足に応じた節水対策の検討

節水対策プログラムによる配水施設の水圧、流量等の水理特性の把握と節水対策を検討する。検討結果は、後述する節水対策プログラムの作成のための基礎資料とする。

ここでは、取水不足を解決するため、自主節水、配水圧の減圧による漏水量と使用水量の低減、時間給水時の節水量の定量化方法を検討する。

湯水時においては、段階的に節水が行われていく。第1段階では自主節水、第2段階は減圧給水、第3段階は時間給水というように次第に厳しい制限となる。

- 需要者の節水行動による節水量（自主節水）
- 配水圧の減圧による漏水量低減（減圧給水）
- 配水圧の減圧による使用水量低減（減圧給水）
- 水使用機会の喪失（時間給水）

1) 湯水時における段階的な節水モデル

ここでは、各段階別に実際に水道事業が行う節水施策と需要者の節水行動とを明確にすることとする。表 2-4-1 に節水段階別の水道事業における節水施策と需要者での節水行動、管網制御による強制的な節水という節水メカニズムを整理した。

表 2-4-1 節水施策と具体的な節水メカニズム

段階	内容	水道事業の節水施策	節水メカニズム			
			需要者の節水行動	減圧による漏水量低減	減圧による使用水量低減	水使用機会の喪失
第1段階	自主節水	節水 PR、指導				
第2段階	減圧給水	節水 PR、指導 減圧による配水制御と配水調整作業	強化された節水行動			
第3段階	時間給水	節水 PR、指導 時間給水による配水調整作業	強化された節水行動			

(1) 第1段階：自主節水レベル

ここでの水道事業の節水施策は主として節水 PR であり、需要者の節水メカニズムは生活に負担がかからない程度で簡単にできる節水行動となっている。

(2) 第2段階：減圧給水

水道事業では減圧を行う配水制御と局所的に水圧が不足しないような配水調整作業（バルブ開閉作業等）を行い、節水メカニズムとして減圧による漏水量の低減と、使用水量の低減（蛇口から出る水の減少による節水）となる。

ただし、この時点でも需要者は節水行動を行っており、水道事業や一般行政からの節水 PR の強化により、さらに進んだ節水行動（生活の不便さを甘受して）を行っている。

(3) 第3段階：時間給水

水道事業では時間給水のための配水調整作業を行い、節水メカニズムは断水時の水使用機会

が失われることにより節水が行われる。第 2 段階と同様に需要者での節水行動もさらに強化された節水行動になっており、風呂回数の減少や炊事に水を使わない、さらには炊事をしないなどの節水行動も行われている。

以上の節水メカニズムを図 2-4-1 に示す。同図の上段に示すように平常時の配水量は、漏水量と使用水量に分類される。各段階別に需要者は異なった節水行動を行い、また減圧給水及び時間給水によって漏水量低減、使用水量低減、使用機会の喪失により節水量が加算され、増大していく。

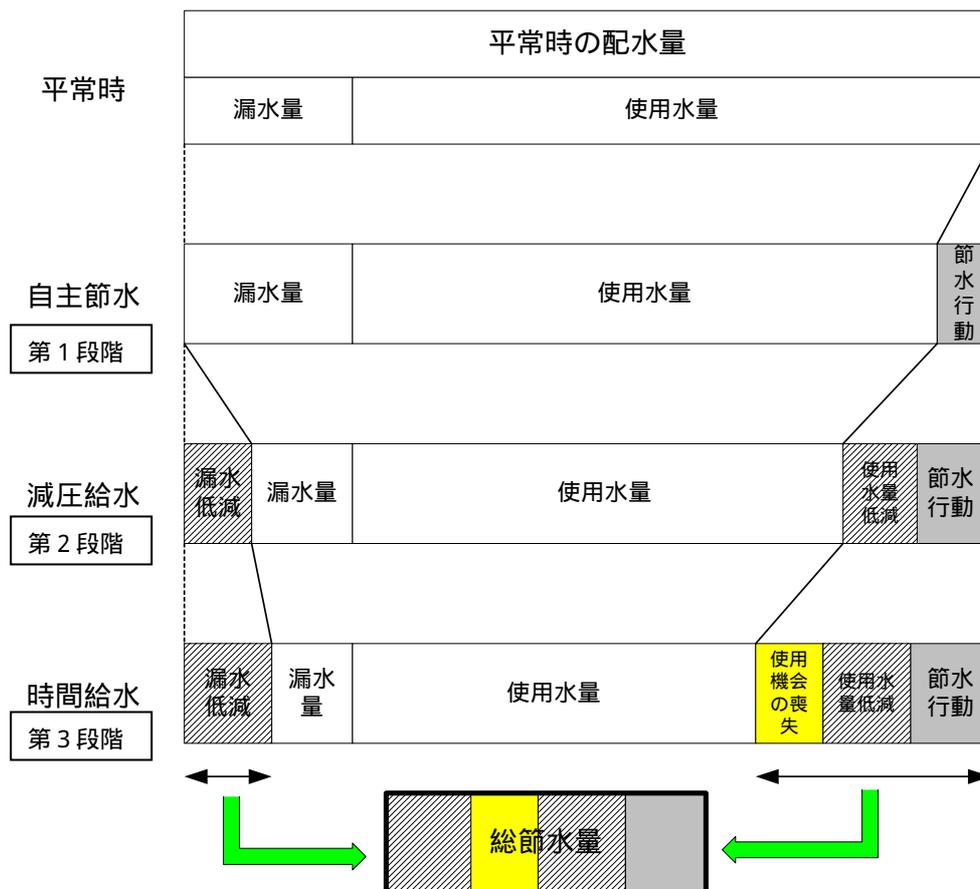


図 2-4-1 段階的な節水施策による節水メカニズム

2) 需要者の節水行動による節水量

(1) 需要者による節水行動の分類

使用用途ごとの水量原単位（一回使用当りの水量）を少なくする。

使用用途ごとの原単位の減少については、風呂用水においてバスタブに水を溜めずにシャワーのみにするなどや洗濯用水においてすすぎ回数を少なくするなど、1 回当りの使用水量を減らす工夫によりもたらされる。

使用用途ごとの使用回数を減少する。

使用回数を減らすのは銭湯にあって自宅での風呂回数を減らすことや、ため洗いなどで洗濯回数を減らすなどがある。

使用用途間でのカスケード利用

風呂用水を洗濯に利用して洗濯用水を減らすなど、同じ水で他用途に使う場合である。

使用用途の放棄（中止）

洗車、散水などのように、湯水期間にその水使用を止めてしまうことである。

どのような節水行動をすればどの程度の節水量となるかは、当該地域の現状の水使用状況を調査してこれに上記 から までの節水行動を想定して、節水量を推計することとなる。

参考として、水道施設設計指針 2000 (P.34、 P.35) に掲載されている「使用目的別基礎水量」、「水使用行動回数」、「水使用機器の普及率」、「世帯構成人員別一人一日使用水量」について、表 2-4-2(1)から表 2-4-2(4)に示す。

表 2-4-2(1)より使用目的別水量が把握可能であるので、これに使用行動回数の変化を設定することで用途別の節水量が推計可能である。

また、散水などの使用を中止してもらった場合の節水量なども推計可能である。

これらのデータを用いて、具体的な節水行動による節水量を予め推計し、節水 PR による実施率を設定することにより湯水時の節水量を算定することができる。

表 2-4-2(1) 使用目的別基礎水量（参考表-1.2.7）

	個人目的			世帯目的					備考
	入浴	水洗便所	手洗洗面	風呂(注水)	洗濯	台所	散水	その他	
単位	L/人日	L/人日	L/人日	L/世・日	L/世・日	L/世・日	L/世・日	L/世・日	
K市	28	50	7.7	115	147	157	17	19	1997年度
KW市	85	43	-	259	208	170	29	19	1998年度
KM市	42	52.7	27	136.6	163.8	-	33	-	1988年度
KT市	40	31	30	160	180	129	-	54	1995年度
YK市	39	36	20	194	160	76	-	80	1993年度

出典)水道施設設計指針2000

表 2-4-2(2) 水使用行動回数（参考表-1.2.8）（単位：回/日）

	入浴	洗濯	掃除	散水	洗車	備考
K市	0.7	1.2	0.3	0.3	0.03	1997年度
S市夏	0.6	0.7	-	0.15	0.03	1998年度
S市冬	0.5	0.6	-			
KW市	0.86	0.96	-	0.84	0.16	1998年度
KM市	0.89	1	0.47	0.54	0.043	1988年度

出典)水道施設設計指針2000

表 2-4-2(3) 水使用機器の普及率 (参考表-1.2.9)

(単位: %)

都市別	機器	温水器	ガス瞬間湯沸器	洗濯機	洗濯機(全自動)	温水洗浄便座	洗髪洗面化粧台	食器洗器	乗用車	水洗化率
5万人未満市町村		41.2	44.7	98.8	73.8	33.5	50.3	-	91.3	-
5万人以上都市		30.0	54.1	99.1	75.7	37.3	37.5	-	80.1	-
大都市		23.7	58.6	98.9	77.2	38.5	34.0	-	69.4	-
平均		32.5	52.0	99.0	75.3	36.5	40.3	-	82.5	77.2
備考	1998年度 平成10年度(注1)	"	"	"	"	"	"	"	"	1996年度 平成8年度(注2)

出典) 水道施設設計指針2000

注1) 経済企画庁調査局編「家計消費動向(平成11年版)」

注2) 厚生省「全国のし尿処理状況、8年度実績の概要」

表 2-4-2(4) 世帯構成人員別一人一日使用水量 (参考表-1.2.6)

(単位: L/人日)

	1	2	3	4	5	6	平均
K市	270	242	220	204	181	164	222
N市	329	272	242	220	196	203	175 (7人以上)
S市	235	226	209	191	172	176	214

出典) 水道施設設計指針2000

(2) 使用用途別の節水を試算した事例

福岡市の節水関連資料から、使用用途別の節水を試算した事例を表 2-4-2(5)から表 2-4-2(8)に示す。

表 2-4-2(5)に家庭用水の用途別の節水対策を示している。ここでは、節水を「上手な水の使い方をする場合」(ケース1)と「かなりの節水をする場合」(ケース2)の2つに分けており、それぞれの節水方法を節水広報の標語の形態で表現している。

このケース別の節水量を表 2-4-2(6)に示し、用途別使用回数、節水実施率等に乗じて、ケース別の節水率を算定したものが表 2-4-2(7)である。

予測値のケース1は、表 2-4-2(5)のケース1の節水行動を市民の66.2%が実施した場合の節水率である。また、ケース2は市民の94.8%が節水を実施した場合の節水率となっている。

また、湧水時の節水広報に応じて節水量の実施状況を推計した一例を表 2-4-2(8)に示す。

同表では、ケース1からケース4までの4段階で、実施が容易な順に節水が行われていくこと、さらに節水の実施率もレベルに応じて高まって行く事を前提に試算したものである。

表 2-4-2(5) 節水対策一覧（家庭用水）

用途	上手な水の使い方をする場合 (ケース1)	かなりの節水をする場合 (ケース2)
1 飲食用水	節水コマを取り付けましょう ため洗いを心掛けましょう 蛇口をこまめに閉めましょう 食事の献立を工夫しましょう	～ 調理器具の油分は紙で拭き取り、食器は紙皿、紙コップを使いましょう
2 水洗便所用水	大小切換えレバーを徹底しましょう 1回の使用で必要以上にレバーを使うのは止めましょう バルブ調整を行いましょう 節水型の水洗便所でないところはピン、レンガを挿入しましょう	～
3 手洗用水	節水コマを取り付けましょう 蛇口をこまめに閉めましょう	蛇口を細目にし、すばやく手を洗いましょう
4 洗濯用水	洗濯をするときは、まとめ洗いを使いましょう 風呂の残り湯を利用しましょう。 ためすぎをしましょう 洗剤液1回で2回洗いましょう	～ 洗濯は、次のような手順で行いましょう (1)注水（風呂の残り湯使用） (2)泡きり脱水（中間脱水） (3)ためすぎ（風呂の残り湯使用） (4)ためすぎ（新水使用）
5 風呂・シャワー用水	水は必要なだけ入れるように注意しましょう 湯を沸かしすぎないように注意しましょう シャワーの蛇口をこまめに閉めましょう 風呂の残り湯を有効に利用しましょう (風呂のつぎたし、洗濯、掃除、散水)	シャワーを使用しないようにしましょう 必要以上に湯を汲み出さないようにしましょう 風呂の残り湯を有効に利用しましょう (風呂のつぎたし、洗濯、掃除、散水等)
6 洗面用水	節水コマを取り付けましょう 蛇口をこまめに閉めましょう 洗面、歯磨きは洗面器やコップに溜めて使いましょう 流し洗いは、流量を少なくすばやく洗いましょう	歯磨き時は蛇口をとめましょう 口すすぎはコップを使いましょう なるべくため洗いをしましょう
7 洗車用水	車を洗うときは、バケツを使いましょう 風呂の残り湯を利用しましょう	全て風呂の残り湯を利用し、バケツ洗いをしましょう
8 掃除用水	風呂の残り湯を利用しましょう	風呂掃除、拭き掃除には、風呂の残り湯を利用しましょう
9 散水用水	散水には、ジョーロ、バケツなどの容器を使いましょう 風呂の残り湯を使いましょう	風呂の残り湯、炊事の排水etcを利用しましょう
10 子供の水遊び	子供の水遊びはなるべく避けるようにしましょう	子供の水遊びはやめましょう

出典)「節水の手引き」(福岡市)

表 2-4-2(6) 使用用途別ケース別節水可能量（家庭用水）

NO	用途	単位	ケース1		ケース2	
			3人世帯	4人世帯	3人世帯	4人世帯
1	飲食用水	L/世帯	81	85	101	108
2	水洗便所用水	L/世帯・回	2.1	2.8	2.1	2.8
3	手洗用水	L/世帯・回	-	-	0.45	0.6
4	洗濯用水	L/世帯・回	58	46	106	97
5	風呂・シャワー用水	L/世帯・回	85	114	148	192
6	洗面用水	L/世帯・回	-	-	1.5	2.0
7	洗車用水	L/世帯・回	82	82	133	133
8	掃除用水	L/世帯・回	32	32	32	32
9	散水用水	L/世帯・回	42	42	102	102
10	子供の水遊び	L/世帯・回	-	-	40.2	40.2

表 2-4-2(7) 節水量の予測例（家庭用水）（単位：％）

NO	用途	水量 構成比	ケース1		ケース2	
			用途節水率	全体節水率	用途節水率	全体節水率
1	飲食用水	22.0	35.4	7.8	58.4	12.9
2	水洗便所用水	8.3	6.0	0.5	8.6	0.7
3	手洗用水	1.0	0.0	0.0	18.5	0.2
4	洗濯用水	27.6	23.1	6.4	45.3	12.5
5	風呂・シャワー用水	29.2	8.7	2.5	22.0	6.4
6	洗面用水	3.5	0.0	0.0	11.1	0.4
7	洗車用水	0.2	50.0	0.1	83.3	0.2
8	掃除用水	2.5	60.2	1.5	95.8	2.4
9	散水用水	5.0	29.5	1.5	79.1	3.9
10	子供の水遊び	0.6	0.0	0.0	66.6	0.4
計		100.0		20.3		40.1

注) ケース1では節水に心掛けている人が66%として算定。ケース2では94.8%の人が節水と想定。

表 2-4-2(8) 節水対策による節水量の試算例（単位：％）

	使用目的	節水率	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
1	飲食用水	7.8			3.9	7.8
2	水洗便所用水	0.5		0.5	0.5	0.5
3	手洗用水	0.0				0.0
4	洗濯用水	6.4		3.2	3.2	6.4
5	風呂・シャワー用水	2.5				2.5
6	洗面用水	0.0				0.0
7	洗車用水	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
8	掃除用水	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
9	散水用水	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
10	子供の水遊び	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
計		20.3	3.1	6.8	10.7	20.3

注) 節水が容易なものをケース1で実施。ケース2は、ケース1に加えて水洗便所用水の節水と洗濯用水での節水を50%の世帯で実施、ケース3はケース2に加えて飲食用水の50%を、節水ケース4は全てを節水とした。

3) 配水圧の減圧による漏水量への影響分析

(1) 配水圧の変化による漏水量の変動モデル

配水量が多いとき（午前7時から10時頃と夜18時から22時頃まで）は管路損失が大きいために配水圧は小さく、配水量が少ない夜間は管路損失が小さいため配水圧はあがる。このように、一日の配水量が変動すると、配水圧（有効水圧）も変動している。

従って1つの地域において時間変動による配水圧の分布は図2-4-2のようになる。

このような配水圧の変動は地域によって異なっており、図2-4-3のように配水圧が小さく狭い範囲で分布している地域や、配水圧が大きく幅広く分布している地域など、さまざまな水圧の時間変化の分布形がある。これらの特性の異なる地域での全体の配水圧分布は、これら地域を総合化して求めることが出来る。

漏水量は配水圧により変化し、実験によれば図2-4-4に示すように配水圧の1.15乗に比例すると報告されている。地域全体の漏水量を推定するには、地域別の配水圧分布を図2-4-4の関数で算定することが出来る。

なお、漏水を配水量全体に対する漏水率としても、同じ関数形で求めることが出来、図2-4-4は漏水率として記述している。

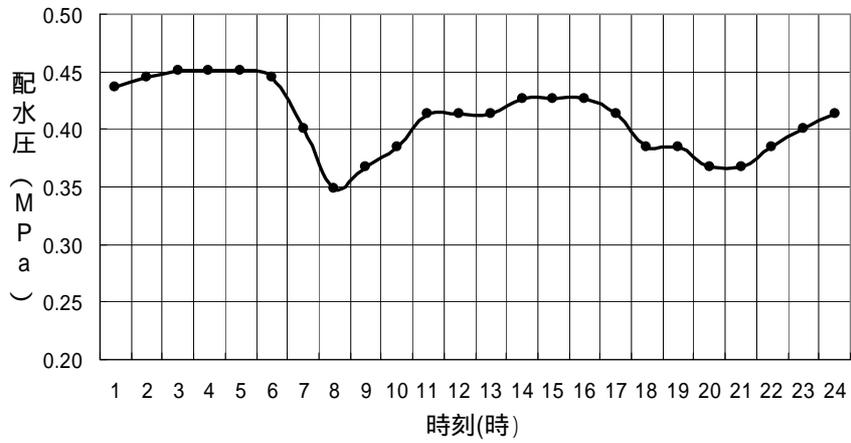
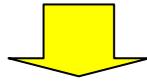
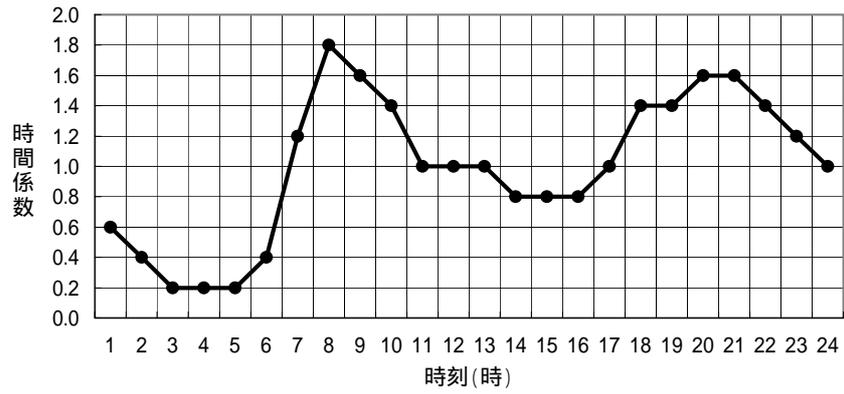


図 2-4-2 配水量と配水圧の時間変動

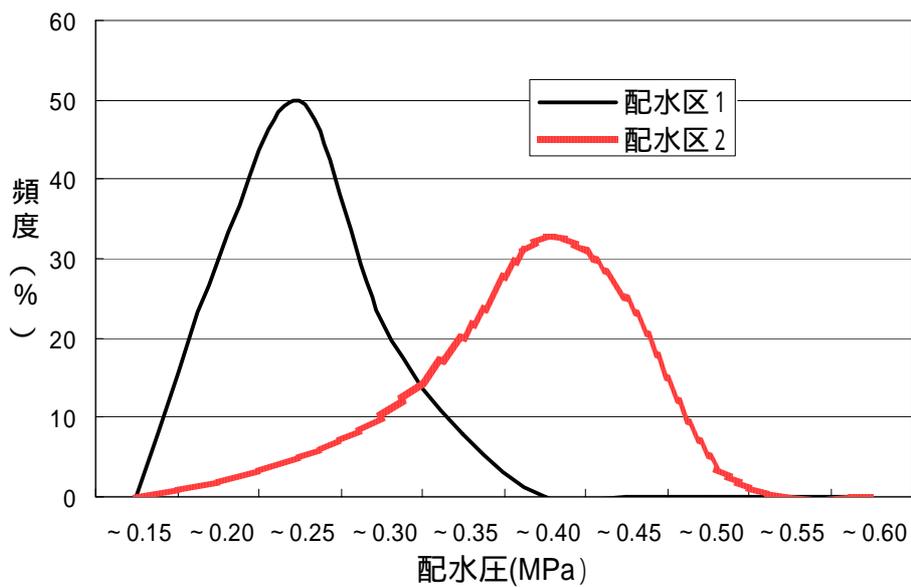


図 2-4-3 配水圧の時間変動分布

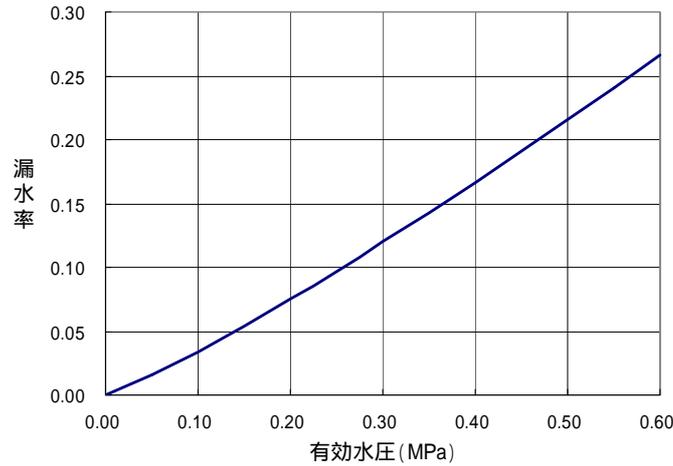


図 2-4-4 配水圧と漏水量（漏水率）との関係（実験式による）

(2) 地域特特別の漏水量の算定

地域特性として、管網の状況、地形条件、時間変動、全体漏水率、配水圧条件等がある。

そこで、時間変動は1つのパターンとして固定して管網、地形条件、配水圧条件を以下の4つの条件に置き換えて漏水量を算定する方法を検討する。

管網内の末端点（最下流点）における損失水圧

末端点における時間最大時有効水圧

地域全体の漏水率（漏水量）

地域的な水圧分布

以上の検討にあたり、単純化した配水管網のモデルを使用して配水圧の変動による漏水量を算定することとし、図 2-4-5 にモデル配水管網を示す。

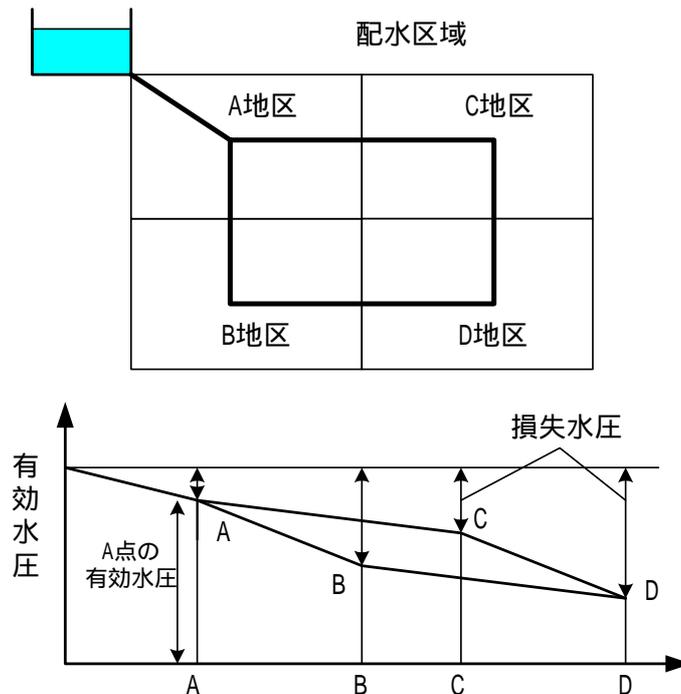


図 2-4-5 モデル配水管網と動水勾配

同図には、各地点別の平常時の時間最大時における動水勾配を示している（単純化した管網のため本配水区では地盤高は一定とした）。A地点では損失水圧が少ない結果、有効水圧が大きくなり、D地点では逆に損失水圧が大きく有効水圧は小さくなっている。

【各時刻別の損失水圧の算定】

ここで、時間最大時の損失水圧を 0.05MPa から 0.40MPa まで 0.05MPa きざみで 8 ケース設定し、その時間変動による損失水圧分布を算定する。

時刻別の時間係数は、図 2-4-2 (P.37) を使用し、表 2-4-3 に示すとおりで、時間最大時は午前 8 時で時間係数 1.8 である。

各時刻別の損失水圧は、時間最大時に対する時間係数の比率を用いて、(2-1) 式 (P.18) を変形した (2-1)' 式より算定した。

$$I = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \quad (2-1)'$$

動水勾配 (-) 流速係数 (=110) 管路口径 (m) 流量 (m³/s)

表 2-4-3 時間変動時の損失水圧変化（時間最大時の損失水圧条件のもとで）

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.007	0.013	0.020	0.026	0.033	0.039	0.046	0.052
2	0.4	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015	0.019	0.022	0.025
3	0.2	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007
4	0.2	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007
5	0.2	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007
6	0.4	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015	0.019	0.022	0.025
7	1.2	0.024	0.047	0.071	0.094	0.118	0.142	0.165	0.189
8	1.8	0.050	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.350	0.400
9	1.6	0.040	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322
10	1.4	0.031	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251
11	1.0	0.017	0.034	0.051	0.067	0.084	0.101	0.118	0.135
12	1.0	0.017	0.034	0.051	0.067	0.084	0.101	0.118	0.135
13	1.0	0.017	0.034	0.051	0.067	0.084	0.101	0.118	0.135
14	0.8	0.011	0.022	0.033	0.045	0.056	0.067	0.078	0.089
15	0.8	0.011	0.022	0.033	0.045	0.056	0.067	0.078	0.089
16	0.8	0.011	0.022	0.033	0.045	0.056	0.067	0.078	0.089
17	1.0	0.017	0.034	0.051	0.067	0.084	0.101	0.118	0.135
18	1.4	0.031	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251
19	1.4	0.031	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251
20	1.6	0.040	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322
21	1.6	0.040	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322
22	1.4	0.031	0.063	0.094	0.126	0.157	0.188	0.220	0.251
23	1.2	0.024	0.047	0.071	0.094	0.118	0.142	0.165	0.189
24	1.0	0.017	0.034	0.051	0.067	0.084	0.101	0.118	0.135

注) 時間最大時の損失水圧 (0.05 ~ 0.40 まで) の条件のもとでの時間係数別の損失水圧を算定
 時間係数 1.8 の時 (8 時) の損失水圧が与えられているので、(2-1)' 式より他の時間係数時 (例えば 1.2) の損失水圧は、その比 (1.2 / 1.8) の 1.85 乗に比例する。

【算出例】

7 時における時間最大損失水圧 0.05MPa 時の損失水圧
 $0.05\text{MPa} \times (1.2 / 1.8)^{1.85} = 0.024\text{MPa}$

【各時刻別の有効水圧の算定】

各時刻別の有効水圧は、時間最大時の有効水圧により変わってくるため、これを 0.2MPa から 0.4MPa まで 0.05MPa 刻みの 5 ケース設定して算定したものが表 2-4-4(1)～(5)である。

表 2-4-4(1)は、時間最大時の有効水圧が 0.2MPa の場合の結果を示しており、時間最大時の損失水圧を 0.05 MPa から 0.4MPa まで 8 ケース設定した場合の各時刻別の有効水圧を示す。

同様に、表 2-4-4(2)は時間最大時の有効水圧が 0.25MPa の場合、さらに表 2-4-4(3)、表 2-4-4(4)、表 2-4-4(5)はそれぞれ 0.3 MPa、0.35 MPa、0.4MPa の場合である。

表 2-4-4 (1) 時刻別有効水圧 (時間最大時の有効水圧 : 0.2MPa)

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.243	0.287	0.330	0.374	0.417	0.461	0.504	0.548
2	0.4	0.247	0.294	0.341	0.388	0.435	0.481	0.528	0.575
3	0.2	0.249	0.298	0.347	0.397	0.446	0.495	0.544	0.593
4	0.2	0.249	0.298	0.347	0.397	0.446	0.495	0.544	0.593
5	0.2	0.249	0.298	0.347	0.397	0.446	0.495	0.544	0.593
6	0.4	0.247	0.294	0.341	0.388	0.435	0.481	0.528	0.575
7	1.2	0.226	0.253	0.279	0.306	0.332	0.358	0.385	0.411
8	1.8	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
9	1.6	0.210	0.220	0.229	0.239	0.249	0.259	0.269	0.278
10	1.4	0.219	0.237	0.256	0.274	0.293	0.312	0.330	0.349
11	1.0	0.233	0.266	0.299	0.333	0.366	0.399	0.432	0.465
12	1.0	0.233	0.266	0.299	0.333	0.366	0.399	0.432	0.465
13	1.0	0.233	0.266	0.299	0.333	0.366	0.399	0.432	0.465
14	0.8	0.239	0.278	0.317	0.355	0.394	0.433	0.472	0.511
15	0.8	0.239	0.278	0.317	0.355	0.394	0.433	0.472	0.511
16	0.8	0.239	0.278	0.317	0.355	0.394	0.433	0.472	0.511
17	1.0	0.233	0.266	0.299	0.333	0.366	0.399	0.432	0.465
18	1.4	0.219	0.237	0.256	0.274	0.293	0.312	0.330	0.349
19	1.4	0.219	0.237	0.256	0.274	0.293	0.312	0.330	0.349
20	1.6	0.210	0.220	0.229	0.239	0.249	0.259	0.269	0.278
21	1.6	0.210	0.220	0.229	0.239	0.249	0.259	0.269	0.278
22	1.4	0.219	0.237	0.256	0.274	0.293	0.312	0.330	0.349
23	1.2	0.226	0.253	0.279	0.306	0.332	0.358	0.385	0.411
24	1.0	0.233	0.266	0.299	0.333	0.366	0.399	0.432	0.465

注) 時間最大時の有効水圧 0.2MPa のときの、最大損失水圧が 0.05～0.4 まで 8 ケース別の時刻別有効水圧を算定

表 2-4-4 (2) 時刻別有効水圧 (時間最大時の有効水圧: 0.25MPa)

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.293	0.337	0.380	0.424	0.467	0.511	0.554	0.598
2	0.4	0.297	0.344	0.391	0.438	0.485	0.531	0.578	0.625
3	0.2	0.299	0.348	0.397	0.447	0.496	0.545	0.594	0.643
4	0.2	0.299	0.348	0.397	0.447	0.496	0.545	0.594	0.643
5	0.2	0.299	0.348	0.397	0.447	0.496	0.545	0.594	0.643
6	0.4	0.297	0.344	0.391	0.438	0.485	0.531	0.578	0.625
7	1.2	0.276	0.303	0.329	0.356	0.382	0.408	0.435	0.461
8	1.8	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
9	1.6	0.260	0.270	0.279	0.289	0.299	0.309	0.319	0.328
10	1.4	0.269	0.287	0.306	0.324	0.343	0.362	0.380	0.399
11	1.0	0.283	0.316	0.349	0.383	0.416	0.449	0.482	0.515
12	1.0	0.283	0.316	0.349	0.383	0.416	0.449	0.482	0.515
13	1.0	0.283	0.316	0.349	0.383	0.416	0.449	0.482	0.515
14	0.8	0.289	0.328	0.367	0.405	0.444	0.483	0.522	0.561
15	0.8	0.289	0.328	0.367	0.405	0.444	0.483	0.522	0.561
16	0.8	0.289	0.328	0.367	0.405	0.444	0.483	0.522	0.561
17	1.0	0.283	0.316	0.349	0.383	0.416	0.449	0.482	0.515
18	1.4	0.269	0.287	0.306	0.324	0.343	0.362	0.380	0.399
19	1.4	0.269	0.287	0.306	0.324	0.343	0.362	0.380	0.399
20	1.6	0.260	0.270	0.279	0.289	0.299	0.309	0.319	0.328
21	1.6	0.260	0.270	0.279	0.289	0.299	0.309	0.319	0.328
22	1.4	0.269	0.287	0.306	0.324	0.343	0.362	0.380	0.399
23	1.2	0.276	0.303	0.329	0.356	0.382	0.408	0.435	0.461
24	1.0	0.283	0.316	0.349	0.383	0.416	0.449	0.482	0.515

注) 時間最大時の有効水圧 0.25MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の時刻別有効水圧を算定

表 2-4-4 (3) 時刻別有効水圧 (時間最大時の有効水圧: 0.30MPa)

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.343	0.387	0.430	0.474	0.517	0.561	0.604	0.648
2	0.4	0.347	0.394	0.441	0.488	0.535	0.581	0.628	0.675
3	0.2	0.349	0.398	0.447	0.497	0.546	0.595	0.644	0.693
4	0.2	0.349	0.398	0.447	0.497	0.546	0.595	0.644	0.693
5	0.2	0.349	0.398	0.447	0.497	0.546	0.595	0.644	0.693
6	0.4	0.347	0.394	0.441	0.488	0.535	0.581	0.628	0.675
7	1.2	0.326	0.353	0.379	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511
8	1.8	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
9	1.6	0.310	0.320	0.329	0.339	0.349	0.359	0.369	0.378
10	1.4	0.319	0.337	0.356	0.374	0.393	0.412	0.430	0.449
11	1.0	0.333	0.366	0.399	0.433	0.466	0.499	0.532	0.565
12	1.0	0.333	0.366	0.399	0.433	0.466	0.499	0.532	0.565
13	1.0	0.333	0.366	0.399	0.433	0.466	0.499	0.532	0.565
14	0.8	0.339	0.378	0.417	0.455	0.494	0.533	0.572	0.611
15	0.8	0.339	0.378	0.417	0.455	0.494	0.533	0.572	0.611
16	0.8	0.339	0.378	0.417	0.455	0.494	0.533	0.572	0.611
17	1.0	0.333	0.366	0.399	0.433	0.466	0.499	0.532	0.565
18	1.4	0.319	0.337	0.356	0.374	0.393	0.412	0.430	0.449
19	1.4	0.319	0.337	0.356	0.374	0.393	0.412	0.430	0.449
20	1.6	0.310	0.320	0.329	0.339	0.349	0.359	0.369	0.378
21	1.6	0.310	0.320	0.329	0.339	0.349	0.359	0.369	0.378
22	1.4	0.319	0.337	0.356	0.374	0.393	0.412	0.430	0.449
23	1.2	0.326	0.353	0.379	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511
24	1.0	0.333	0.366	0.399	0.433	0.466	0.499	0.532	0.565

注) 時間最大時の有効水圧 0.30MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の時刻別有効水圧を算定

表 2-4-4 (4) 時刻別有効水圧 (時間最大時の有効水圧: 0.35MPa)

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.393	0.437	0.480	0.524	0.567	0.611	0.654	0.698
2	0.4	0.397	0.444	0.491	0.538	0.585	0.631	0.678	0.725
3	0.2	0.399	0.448	0.497	0.547	0.596	0.645	0.694	0.743
4	0.2	0.399	0.448	0.497	0.547	0.596	0.645	0.694	0.743
5	0.2	0.399	0.448	0.497	0.547	0.596	0.645	0.694	0.743
6	0.4	0.397	0.444	0.491	0.538	0.585	0.631	0.678	0.725
7	1.2	0.376	0.403	0.429	0.456	0.482	0.508	0.535	0.561
8	1.8	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
9	1.6	0.360	0.370	0.379	0.389	0.399	0.409	0.419	0.428
10	1.4	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.462	0.480	0.499
11	1.0	0.383	0.416	0.449	0.483	0.516	0.549	0.582	0.615
12	1.0	0.383	0.416	0.449	0.483	0.516	0.549	0.582	0.615
13	1.0	0.383	0.416	0.449	0.483	0.516	0.549	0.582	0.615
14	0.8	0.389	0.428	0.467	0.505	0.544	0.583	0.622	0.661
15	0.8	0.389	0.428	0.467	0.505	0.544	0.583	0.622	0.661
16	0.8	0.389	0.428	0.467	0.505	0.544	0.583	0.622	0.661
17	1.0	0.383	0.416	0.449	0.483	0.516	0.549	0.582	0.615
18	1.4	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.462	0.480	0.499
19	1.4	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.462	0.480	0.499
20	1.6	0.360	0.370	0.379	0.389	0.399	0.409	0.419	0.428
21	1.6	0.360	0.370	0.379	0.389	0.399	0.409	0.419	0.428
22	1.4	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.462	0.480	0.499
23	1.2	0.376	0.403	0.429	0.456	0.482	0.508	0.535	0.561
24	1.0	0.383	0.416	0.449	0.483	0.516	0.549	0.582	0.615

注) 時間最大時の有効水圧 0.35MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の時刻別有効水圧を算定

表 2-4-4 (5) 時刻別有効水圧 (時間最大時の有効水圧: 0.40MPa)

時刻	時間係数	時間最大時の損失水圧(MPa)							
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
1	0.6	0.443	0.487	0.530	0.574	0.617	0.661	0.704	0.748
2	0.4	0.447	0.494	0.541	0.588	0.635	0.681	0.728	0.775
3	0.2	0.449	0.498	0.547	0.597	0.646	0.695	0.744	0.793
4	0.2	0.449	0.498	0.547	0.597	0.646	0.695	0.744	0.793
5	0.2	0.449	0.498	0.547	0.597	0.646	0.695	0.744	0.793
6	0.4	0.447	0.494	0.541	0.588	0.635	0.681	0.728	0.775
7	1.2	0.426	0.453	0.479	0.506	0.532	0.558	0.585	0.611
8	1.8	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
9	1.6	0.410	0.420	0.429	0.439	0.449	0.459	0.469	0.478
10	1.4	0.419	0.437	0.456	0.474	0.493	0.512	0.530	0.549
11	1.0	0.433	0.466	0.499	0.533	0.566	0.599	0.632	0.665
12	1.0	0.433	0.466	0.499	0.533	0.566	0.599	0.632	0.665
13	1.0	0.433	0.466	0.499	0.533	0.566	0.599	0.632	0.665
14	0.8	0.439	0.478	0.517	0.555	0.594	0.633	0.672	0.711
15	0.8	0.439	0.478	0.517	0.555	0.594	0.633	0.672	0.711
16	0.8	0.439	0.478	0.517	0.555	0.594	0.633	0.672	0.711
17	1.0	0.433	0.466	0.499	0.533	0.566	0.599	0.632	0.665
18	1.4	0.419	0.437	0.456	0.474	0.493	0.512	0.530	0.549
19	1.4	0.419	0.437	0.456	0.474	0.493	0.512	0.530	0.549
20	1.6	0.410	0.420	0.429	0.439	0.449	0.459	0.469	0.478
21	1.6	0.410	0.420	0.429	0.439	0.449	0.459	0.469	0.478
22	1.4	0.419	0.437	0.456	0.474	0.493	0.512	0.530	0.549
23	1.2	0.426	0.453	0.479	0.506	0.532	0.558	0.585	0.611
24	1.0	0.433	0.466	0.499	0.533	0.566	0.599	0.632	0.665

注) 時間最大時の有効水圧 0.40MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の時刻別有効水圧を算定

【算出例】

表 2-4-4(5)：時間最大時の有効水圧 0.4MPa 時の 7 時における有効水圧（損失水圧 0.4MPa の場合）
 （時間最大時の損失水圧 - 7 時の損失水圧） 表 2-4-3（P.39）使用 + 時間最大時の有効水圧
 （0.4MPa - 0.189 MPa） + 0.4MPa = 0.611MPa

以上の結果より、与えられた配水管網において、 時間最大時の損失水圧、 時間最大時の有効水圧、 時刻別の時間係数がわかった場合の時刻別の有効水圧が算定された。

算定された値より、有効水圧の時間変動による分布を 0.025MPa 刻みの階級に分け、各階級の頻度を % 単位で表したものの表 2-4-5(1) ~ (5) に示す。

これは、時間最大時の有効水圧とその時の損失水圧を条件として与えるとき、その時間的な水圧分布が得られる（配水量の時間変動は既知とした）というものであり、平均流速公式（ヘーゼンウィリアムズ式）の特性を利用して、詳細な管網計算をしなくても時間最大時の水圧実績値と配水量の時間変動より、水圧変動（水圧分布形）を把握できることを示している。

ただし、配水管網内の空間的な需要分布がどの時刻でも一定であること、配水池水位が一定であること、管網内でのバルブ操作など、管網の接続条件などが一定であることが条件となる。実際の管網においては、これらは一定ではないが、おおむねの分布形を把握するには十分なものである。

表 2-4-5（1） 最大損失水圧別の有効水圧分布（時間最大時の有効水圧：0.2MPa）

有効水圧 (MPa)		時間最大時の損失水圧 (MPa)							
以上	未満	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.200	0.225	33.3	16.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
0.225	0.250	66.7	16.7	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
0.250	0.275	0.0	29.2	16.7	16.7	0.0	12.5	12.5	0.0
0.275	0.300	0.0	37.5	29.2	0.0	16.7	0.0	0.0	12.5
0.300	0.325	0.0	0.0	12.5	8.3	0.0	16.7	0.0	0.0
0.325	0.350	0.0	0.0	25.0	20.8	8.3	0.0	16.7	16.7
0.350	0.375	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	8.3	0.0	0.0
0.375	0.400	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	8.3	0.0
0.400	0.425	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.3
0.425	0.450	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	0.0
0.450	0.475	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5	20.8
0.475	0.500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0
0.500	0.525	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5
0.525	0.550	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	4.2
0.550	0.575	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.575	0.600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
0.600	~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 単位は%、時間最大時の有効水圧 0.2MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の有効水圧ランク別の割合を示す。

表 2-4-5 (2) 最大損失水圧別の有効水圧分布 (時間最大時の有効水圧 : 0.25MPa)

有効水圧 (MPa)		時間最大時の損失水圧 (MPa)							
以上	未満	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.250	0.275	33.3	16.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
0.275	0.300	66.7	16.7	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
0.300	0.325	0.0	29.2	16.7	16.7	0.0	12.5	12.5	0.0
0.325	0.350	0.0	37.5	29.2	0.0	16.7	0.0	0.0	12.5
0.350	0.375	0.0	0.0	12.5	8.3	0.0	16.7	0.0	0.0
0.375	0.400	0.0	0.0	25.0	20.8	8.3	0.0	16.7	16.7
0.400	0.425	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	8.3	0.0	0.0
0.425	0.450	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	8.3	0.0
0.450	0.475	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.3
0.475	0.500	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	0.0
0.500	0.525	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5	20.8
0.525	0.550	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0
0.550	0.575	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5
0.575	0.600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	4.2
0.600	0.625	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.625	0.650	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
0.650	~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 単位は%、時間最大時の有効水圧 0.25MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の有効水圧ランク別の割合を示す。

表 2-4-5 (3) 最大損失水圧別の有効水圧分布 (時間最大時の有効水圧 : 0.30MPa)

有効水圧 (MPa)		時間最大時の損失水圧 (MPa)							
以上	未満	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.300	0.325	33.3	16.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
0.325	0.350	66.7	16.7	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
0.350	0.375	0.0	29.2	16.7	16.7	0.0	12.5	12.5	0.0
0.375	0.400	0.0	37.5	29.2	0.0	16.7	0.0	0.0	12.5
0.400	0.425	0.0	0.0	12.5	8.3	0.0	16.7	0.0	0.0
0.425	0.450	0.0	0.0	25.0	20.8	8.3	0.0	16.7	16.7
0.450	0.475	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	8.3	0.0	0.0
0.475	0.500	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	8.3	0.0
0.500	0.525	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.3
0.525	0.550	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	0.0
0.550	0.575	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5	20.8
0.575	0.600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0
0.600	0.625	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5
0.625	0.650	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	4.2
0.650	0.675	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.675	0.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
0.700	~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 単位は%、時間最大時の有効水圧 0.30MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の有効水圧ランク別の割合を示す。

表 2-4-5 (4) 最大損失水圧別の有効水圧分布 (時間最大時の有効水圧 : 0.35MPa)

有効水圧 (MPa)		時間最大時の損失水圧 (MPa)							
以上	未満	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.350	0.375	33.3	16.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
0.375	0.400	66.7	16.7	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
0.400	0.425	0.0	29.2	16.7	16.7	0.0	12.5	12.5	0.0
0.425	0.450	0.0	37.5	29.2	0.0	16.7	0.0	0.0	12.5
0.450	0.475	0.0	0.0	12.5	8.3	0.0	16.7	0.0	0.0
0.475	0.500	0.0	0.0	25.0	20.8	8.3	0.0	16.7	16.7
0.500	0.525	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	8.3	0.0	0.0
0.525	0.550	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	8.3	0.0
0.550	0.575	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.3
0.575	0.600	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	0.0
0.600	0.625	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5	20.8
0.625	0.650	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0
0.650	0.675	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5
0.675	0.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	4.2
0.700	0.725	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.725	0.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
0.750	~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 単位は%、時間最大時の有効水圧 0.35MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の有効水圧ランク別の割合を示す。

表 2-4-5 (5) 最大損失水圧別の有効水圧分布 (時間最大時の有効水圧 : 0.40MPa)

有効水圧 (MPa)		時間最大時の損失水圧 (MPa)							
以上	未満	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.400	0.425	33.3	16.7	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
0.425	0.450	66.7	16.7	12.5	12.5	12.5	0.0	0.0	0.0
0.450	0.475	0.0	29.2	16.7	16.7	0.0	12.5	12.5	0.0
0.475	0.500	0.0	37.5	29.2	0.0	16.7	0.0	0.0	12.5
0.500	0.525	0.0	0.0	12.5	8.3	0.0	16.7	0.0	0.0
0.525	0.550	0.0	0.0	25.0	20.8	8.3	0.0	16.7	16.7
0.550	0.575	0.0	0.0	0.0	16.7	20.8	8.3	0.0	0.0
0.575	0.600	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	8.3	0.0
0.600	0.625	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	8.3
0.625	0.650	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	12.5	20.8	0.0
0.650	0.675	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5	20.8
0.675	0.700	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	0.0	0.0
0.700	0.725	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	12.5
0.725	0.750	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	4.2
0.750	0.775	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.775	0.800	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8
0.800	~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

注) 単位は%、時間最大時の有効水圧 0.40MPa のときの、最大損失水圧が 0.05 ~ 0.4 まで 8 ケース別の有効水圧ランク別の割合を示す。

表 2-4-5(1)のデータを使用し、時間最大時の損失水圧が種々の場合における有効水圧ランク別の頻度を図 2-4-6(1)、(2)に示す。図 2-4-6(1)は損失水圧が 0.05MPa から 0.2MPa までの場合であり、図 2-4-6(2)は損失水圧が 0.25MPa から 0.4MPa までの場合である (図の有効水圧ランクは図 2-4-6(1)は 0.025MPa 刻み、図 2-4-6(2)は 0.05MPa 刻みで示している)。

同図に示すように有効水圧は時間最大時の損失水圧が小さいほど、時間最大時の有効水圧を下限値にして狭い幅に分布する。逆に時間最大時の損失水圧が大きいほど、水圧分布幅は大きく、有効水圧の大きいほうに頻度が高く分布する。図 2-4-5 (P.38) 地区 B のように損失水圧が大きいと図 2-4-6(2)のように有効水圧は広く分布することになる。

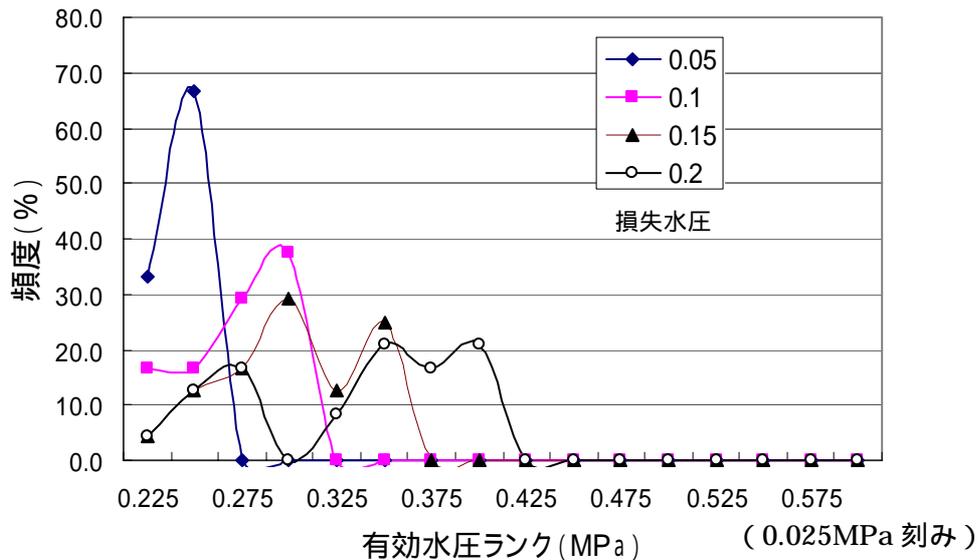


図 2-4-6(1) 有効水圧ランク別の頻度 (時間最大時損失水圧 0.05 MPa ~ 0.2MPa)

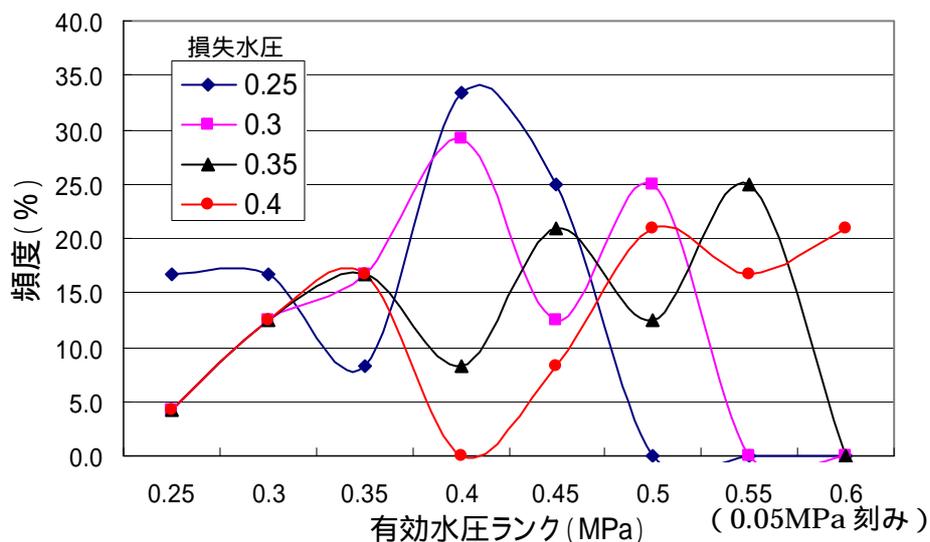


図 2-4-6(2) 有効水圧ランク別の頻度 (時間最大時損失水圧 0.25 MPa ~ 0.4MPa)

【配水区全域の有効水圧分布の算定】

図 2-4-6(1)(2)に示す水圧分布は、1つの地域における水圧分布であるので、配水区全体を求める必要がある。図 2-4-5 (P.38) に示した A から D の地域が均等な水量比をもち、時間最大時の

有効水圧と最大損失水圧が表 2-4-6 であると仮定すると、水圧分布は、表 2-4-7 となる。

- 計算手順 -

A 地区の時間最大時有効水圧は 0.35 MPa であり、最大損失水圧は 0.25MPa であるので、表 2-4-5 (4) の 0.25MPa の欄から有効水圧ランク別の水圧分布を表 2-4-7 の A 地区欄に記入する。

B 地区の時間最大時有効水圧は 0.25 MPa であり、最大損失水圧は 0.35MPa であるので、表 2-4-5 (2) の 0.25MPa の欄から有効水圧ランク別の水圧分布を表 2-4-7 の B 地区欄に記入する。

同様に、C 地区は表 2-4-5 (3) から、D 地区は表 2-4-5 (2) から該当する有効水圧の割合を表 2-4-7 に記入する。

配水区全体の有効水圧分布は、水圧分布の割合に地区の構成比を乗じて総和をとることで算定される (表 2-4-7 では全地区 25% であるので総和をとって 4 で序して算定)。

以上の計算手順により算出した配水区全体の有効水圧分布は、表 2-4-7 の最右欄であり、これを図示したのが図 2-4-7 である。

表 2-4-6 地区別の最大損失水圧、時間最大時有効水圧

地区	単位	A地区	B地区	C地区	D地区
最大損失水圧	MPa	0.25	0.35	0.30	0.40
時間最大時有効水圧	MPa	0.35	0.25	0.30	0.20
夜間時有効水圧	MPa	0.60	0.60	0.60	0.60
水量比	%	25.0	25.0	25.0	25.0

注) 図 2-4-4 に示すように、地盤高は全地区 0 m とし、配水池低水位を 60m とした。各地区別の時間最大時の損失水圧、有効水圧を示す。夜間時は損失を 0 とし 0.6MPa とした。

表 2-4-7 配水区全域の有効水圧分布 (単位: %)

有効水圧 (MPa)		A地区	B地区	C地区	D地区	全地区 水圧頻度	全地区 累積頻度
以上	未満						
0.200	0.225	0.0	0.0	0.0	4.2	1.0	1.0
0.225	0.250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.250	0.275	0.0	4.2	0.0	0.0	1.0	2.1
0.275	0.300	0.0	0.0	0.0	12.5	3.1	5.2
0.300	0.325	0.0	12.5	4.2	0.0	4.2	9.4
0.325	0.350	0.0	0.0	0.0	16.7	4.2	13.5
0.350	0.375	4.2	0.0	12.5	0.0	4.2	17.7
0.375	0.400	12.5	16.7	0.0	0.0	7.3	25.0
0.400	0.425	0.0	0.0	16.7	8.3	6.3	31.3
0.425	0.450	16.7	8.3	0.0	0.0	6.3	37.5
0.450	0.475	0.0	0.0	8.3	20.8	7.3	44.8
0.475	0.500	8.3	20.8	20.8	0.0	12.5	57.3
0.500	0.525	20.8	12.5	0.0	12.5	11.5	68.8
0.525	0.550	12.5	0.0	12.5	4.2	7.3	76.0
0.550	0.575	4.2	4.2	4.2	0.0	3.1	79.2
0.575	~	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	100.0
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	-

注) 図 2-4-5 に示した配水区全域の有効水圧を表 2-4-4 及び表 2-4-5 より算出

以上より、本例題の場合は、有効水圧の 0.40MPa 以上が 70%以上あり、かなり過大な水圧がかかっていることから、減圧による有効水圧減少により漏水量の抑制が可能であることがわかる。

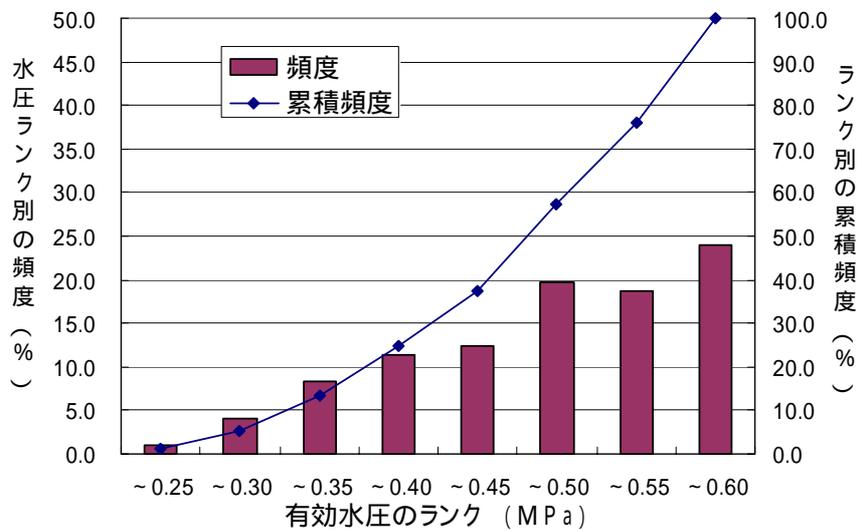


図 2-4-7 配水区域全域の有効水圧分布

【減圧による漏水防止効果】

表 2-4-7 の有効水圧分布を減圧により低下させた場合にどの程度漏水を、防止できるかを算定する。

漏水量は有効水圧の関数で表される ((2-2) 式)

$$L = c (E - G)^a \quad (2-2)$$

L : 漏水量 (m^3 / s)

c : 配水管及び給水管の延長や漏水孔の形状、面積に依存する係数

E : 管網節点のエネルギー位 (m)

G : 管路中心高さ (m) または地盤高 (m)

a : 実験定数で末石・雄倉の実験では、1.15 をとる。

(平成 15 年度 節水対策推進事業調査報告書より)

実際の配水管網において、漏水量 L は実際の配水管網では、一般に全体の配水量と有収水量から間接的に把握される。これは絶対量よりも配水量との比すなわち漏水率として表したほうが、地区別で表しやすい。

そこで、(2-2) 式を漏水率の式に変換して (2-3) 式とする。このとき c は c' となる。

$$L / Q = c' (E - G)^a \quad (2-3)$$

Q : 配水量 (m^3 / s)

c' : c と同様に漏水の程度を表す係数であるが、漏水率に変換するもの

(2-2) 式の c を求めるには、全体配水区で把握された漏水率と各地区での漏水率の総和と

で比較することが必要である。すなわち(2-4)式で表される。

$$R = (L/Q) = W \cdot \{c (E - G)^a\} \quad (2-4)$$

R: 配水区全体の漏水率(%)

W: 各地区の水量構成割合

c を求めるには、配水区全体の漏水率と地区別に推計された有効水圧(E-G)を入れ、逆算することで求めることができる。Rを0.2としたときのc を求めると0.478と算定された。

このc (0.478)を用いて(2-3)式により各地区別の漏水率を求めることができる。

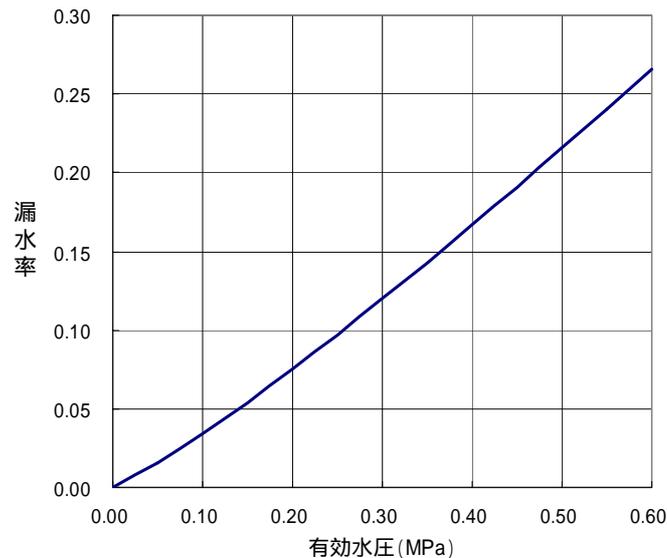
(2-3)式より、有効水圧と漏水率の関係を表したものが図2-4-8である。これより、節水のために配水圧を制御し、有効水圧を低下させた場合の漏水率の変化を求めることが可能となった。

表2-4-8 配水区漏水率Rよりcの算定

有効水圧ランク (MPa)	有効水圧 (MPa)	W (構成比%)	$p^{1.15}$	$W \times p^{1.15}$
0.2 ~ 0.25	0.225	1.0	0.180	0.187
0.25 ~ 0.30	0.275	4.2	0.227	0.944
0.3 ~ 0.35	0.325	8.3	0.275	2.288
0.35 ~ 0.40	0.375	11.5	0.324	3.709
0.4 ~ 0.45	0.425	12.5	0.374	4.673
0.45 ~ 0.50	0.475	19.8	0.425	8.408
0.5 ~ 0.55	0.525	18.8	0.477	8.937
0.55 ~ 0.60	0.575	24.0	0.529	12.679
		100.0		41.825
配水区漏水率(%) =				20.00
c' =				0.478

注) 水量構成比Wは表2-4-7の有効水圧より設定。

Pは有効水圧で、(2-2)式におけるE-G



注) $L/Q = c (E - G)^a$ で $c = 0.478$ 、 $a = 1.15$

図2-4-8 有効水圧と漏水率の関係

(3) 減圧による漏水低減量の算定

前項で算定した有効水圧と漏水率の関係式を用いて、各時刻(1時から24時)および各地区(A地区からD地区)における減圧後の有効水圧を求め、漏水量を予測することにより、減圧後の漏水量を求めることができる。

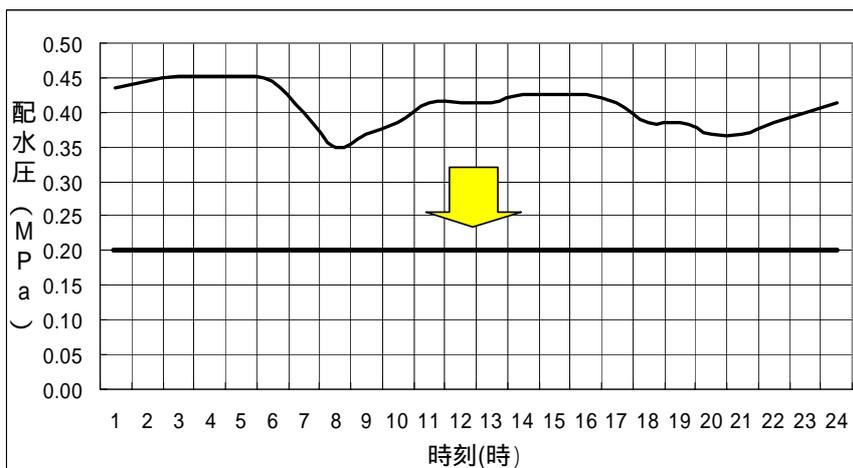
渇水時における減圧給水時の減圧の方法は幾つかの方法が考えられるが、ここでは以下のような減圧の場合について算定する。

全ての時間帯および全ての地区で有効水圧を 0.2MPa まで低下できたとした場合(図 2-4-9(1))

各地区において配水末端で水圧を計測し、その圧力を見ながら減圧していくという方法である。また、地区の損失水圧が小さい場合は、2次圧一定方式の機械的な制御バルブを用いることで実現可能である。各時刻、各地区で有効水圧が 0.2MPa となるため、図 2-4-8(P.49)より、漏水率は 7.5%程度まで低下できることが分かる。

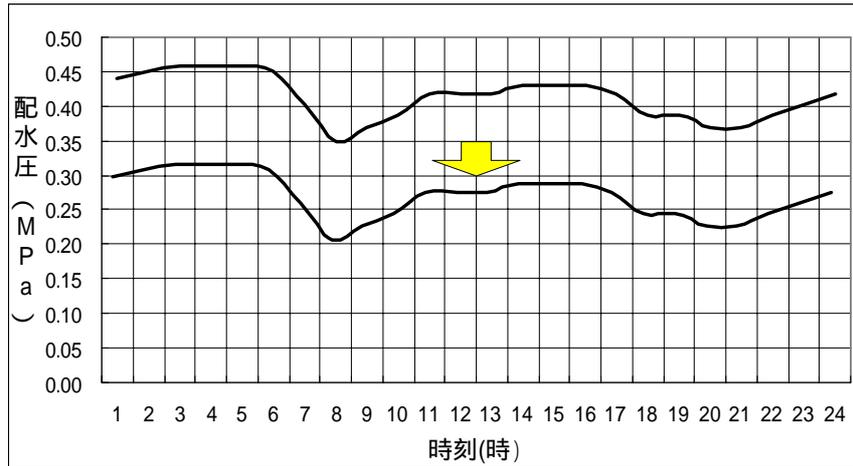
各時刻、各地区で有効水圧を一律 0.2MPa 低下するとした場合(図 2-4-9(2))

配水管の上流側に減圧バルブを設置し、減圧量を一定にして制御する方法である。実際には水量変動に応じてバルブ開度を変える必要があるため、制御は難しいが、二次圧を一定とした場合の方が分かりやすいのでこの場合の漏水量を検討する。



(1) 有効水圧を全時間帯 0.20MPa に減圧

図 2-4-9(1) 配水区での減圧方法



(2) 有効水圧を全時間帯 0.15MPa だけ減圧

図 2-4-9(2) 配水区での減圧方法

上記の考え方に基づき、表 2-4-7(P.48)に示した水圧分布が減圧分だけ平行移動した分布形を示したのが表 2-4-9 であり、算定条件は以下のとおりである。

A 地区では、時間最大時の有効水圧が 0.35MPa (表 2-4-6(P.47)) であるので、各時刻で 0.15MPa 減圧しても 0.20MPa は確保される。そこで、一律 0.15MPa の減圧を行うこととして、水圧分布形を 0.15MPa 分だけ平行移動した。

B 地区では、時間最大時の有効水圧が 0.25MPa (表 2-4-6(P.47)) であるので、一律 0.05MPa 減圧する。

C 地区では、時間最大時の有効水圧が 0.30MPa であるので、各時刻で 0.10MPa 減圧する。

D 地区では、時間最大時の有効水圧が 0.20MPa であるので減圧はしない。

この時、漏水量の式を用いて漏水率を算定すると、同表の右下欄に示すとおり約 16% となり、減圧しない場合の 20% に比して約 4% の漏水を軽減できたことになる。

表 2-4-9 減圧（一定減圧）による漏水率の推計結果

有効水圧 (MPa)		A	B	C	D	計	p ^{1.15}	W × p ^{1.15}
以上	未満	V=-0.15	V=-0.05	V=-0.1	V=0			
0.200	0.225	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	0.157	0.007
0.225	0.250	12.5	0.0	0.0	0.0	3.1	0.180	0.006
0.250	0.275	0.0	12.5	12.5	0.0	6.3	0.203	0.013
0.275	0.300	16.7	0.0	0.0	12.5	7.3	0.227	0.017
0.300	0.325	0.0	0.0	16.7	0.0	4.2	0.250	0.010
0.325	0.350	8.3	16.7	0.0	16.7	10.4	0.275	0.029
0.350	0.375	20.8	0.0	8.3	0.0	7.3	0.299	0.022
0.375	0.400	12.5	8.3	20.8	0.0	10.4	0.324	0.034
0.400	0.425	4.2	0.0	0.0	8.3	3.1	0.349	0.011
0.425	0.450	20.8	20.8	12.5	0.0	13.5	0.374	0.051
0.450	0.475	0.0	12.5	4.2	20.8	9.4	0.399	0.037
0.475	0.500	0.0	0.0	20.8	0.0	5.2	0.425	0.022
0.500	0.525	0.0	4.2	0.0	12.5	4.2	0.451	0.019
0.525	0.550	0.0	20.8	0.0	4.2	6.3	0.477	0.030
0.550	0.575	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.503	0.000
0.575	0.600	0.0	0	0.0	20.8	5.2	0.529	0.028
		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		0.333
							漏水率	0.159

注) V=-0.15 は減圧量が 0.15MPa を示す。

$L/Q = c (E - G)^a$ で $c = 0.478$ 、 $a = 1.15$ を用いて算定

4) 配水圧の減圧による使用水量への影響分析

配水圧と使用水量との関連は昨年度報告書より(2-5)式のとおりである。

$$\frac{Q}{Q_0} = 0.6 + 0.4 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0.54} \quad (2-5)$$

Q : 減圧後の使用水量 (m³/日)

Q_0 : 減圧前の使用水量 (m³/日)

P : 減圧後の平均水圧 (MPa)

P_0 : 減圧前の平均水圧 (MPa)

ここで、(2-5)式中の定数 0.6 および係数 0.4 は、圧力により使用水量の節水ができるものとできないものの割合を表したものである(表 2-4-10)。この値は、地域の現状における水使用機器などの普及状況や平常時の節水の熟度によっても変わっているものと考えられ、(2-6)式のように k および $(1-k)$ で表されるのが一般的である。

例えば福岡市や松山市のように、湯水経験があり、節水施策により普段から節水をしている場合ではこの k の値は小さくなる。参考までに表 2-4-11 に生活用水使用目的別構成比を示す。

なお、 k 値については、当該地域の住民に対するアンケート調査や水量の実態調査などで、算定しておくことが望ましい。ただし、これらが不明の場合は $k=0.4$ と設定することとする。

$$\frac{Q}{Q_0} = (1-k) + k \cdot \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0.54} \quad (2-6)$$

k : 減圧により節水できる用途の水量の割合

表 2-4-10 減圧により使用水量の変動する水の用途

節水可能性		水の用途	水量比
節水できる量	炊事用水、シャワー用水等の流しながら使う水	使用水量のうち水圧低下により減少可能な水	40%
非節水量	飲料、水洗用水、風呂用水、洗濯用水等の溜めて使う水	使用水量のうち水圧低下により減少不可能な水	60%

出典)「節水対策推進事業調査報告書」(日本水道協会、平成 15 年度)

表 2-4-11 生活用水使用目的別構成比(参考表-1.2.7)

	台所	洗濯	風呂	手洗洗面	水洗便所	掃除	その他	計	備考
K市	24	25	23	3	19	1	4	100	1997年度
KT市	15	22	34	11	12	-	6	100	1995年度
YK市	9	20	39	8	14	-	10	100	1993年度
T市	22	20	26	-	24	-	8	100	1997年度

出典)「水道施設設計指針 2000」(日本水道協会)

平常時の有効水圧の分布は、モデル配水管網では表 2-4-7(P.47)および図 2-4-7(P.48)のように分かっているので、これに減圧したときの有効水圧を算定して上式を用いることで節水量が算定できる。減圧方法は、前項で示した 2 つの方法を設定し、その時の節水量を算定する。

の全ての時間帯および全ての地区で有効水圧を 0.2MPa まで低下できたとすると、配水圧の減圧により節水できる使用水量の割合は表 2-4-12 のように算定され、減圧前の使用水量を 1 として減圧後の給水量は 0.86 となり、これらを差し引いた 0.14 が節水量であることから、14%まで節水できることがわかる。

表 2-4-12 減圧により節水される使用水量の算定結果 (0.2MPa)

有効水圧ランク	有効水圧	W	$S = P/P_0$	$S^{0.54}$	$k \cdot S^{0.54}$	Q/Q_0	$W \cdot Q/Q_0$
0.2 ~ 0.25	0.225	1.0	0.889	0.938	0.38	0.98	0.01
0.25 ~ 0.30	0.275	4.2	0.727	0.842	0.34	0.94	0.04
0.3 ~ 0.35	0.325	8.3	0.615	0.769	0.31	0.91	0.08
0.35 ~ 0.40	0.375	11.5	0.533	0.712	0.28	0.88	0.10
0.4 ~ 0.45	0.425	12.5	0.471	0.666	0.27	0.87	0.11
0.45 ~ 0.50	0.475	19.8	0.421	0.627	0.25	0.85	0.17
0.5 ~ 0.55	0.525	18.8	0.381	0.594	0.24	0.84	0.16
0.55 ~ 0.60	0.575	24.0	0.348	0.565	0.23	0.83	0.20
		100.0					0.86

注) (2-6) 式を用い、 $P=0.2\text{MPa}$ とし、 P_0 が表 2-4-5 の有効水圧の分布をもつとして算定
W は構成割合 (%)

の一定量減圧については、A、B、C、D それぞれの地区で減圧可能性が異なることより、表 2-4-13 に示すようになる。この結果、減圧後の供給割合は減圧前の 1 に対して 0.97 となり、これらを差し引いた 0.03 が節水量であることから、使用水量の減少量は 3%程度である。

表 2-4-13 減圧により節水される使用水量の算定結果 (減圧量一定)

有効水圧 (MPa)		A $V=-0.15$				B $V=-0.05$				C $V=-0.1$				D		計
以上	未満	W	P/P_0	Q/Q_0	WQ/Q_0	W	P/P_0	Q/Q_0	WQ/Q_0	W	P/P_0	Q/Q_0	WQ/Q_0	W	WQ/Q_0	
0.200	0.225	0.0				0.0				0.0				4.2	0.042	0.010
0.225	0.250	0.0				0.0				0.0				0.0	0.000	0.000
0.250	0.275	0.0				4.2	0.83	0.962	0.040	0.0				0.0	0.000	0.010
0.275	0.300	0.0				0.0	0.85	0.965	0.000	0.0				12.5	0.125	0.031
0.300	0.325	0.0				12.5	0.86	0.968	0.121	4.2	0.75	0.942	0.039	0.0	0.000	0.040
0.325	0.350	0.0				0.0	0.87	0.970	0.000	0.0	0.76	0.946	0.000	16.7	0.167	0.042
0.350	0.375	4.2	0.70	0.930	0.039	0.0	0.88	0.972	0.000	12.5	0.78	0.949	0.119	0.0	0.000	0.039
0.375	0.400	12.5	0.71	0.934	0.117	16.7	0.88	0.974	0.162	0.0	0.79	0.952	0.000	0.0	0.000	0.070
0.400	0.425	0.0	0.73	0.937	0.000	0.0	0.89	0.975	0.000	16.7	0.80	0.955	0.159	8.3	0.083	0.061
0.425	0.450	16.7	0.74	0.940	0.157	8.3	0.89	0.977	0.081	0.0	0.81	0.957	0.000	0.0	0.000	0.060
0.450	0.475	0.0	0.75	0.942	0.000	0.0	0.90	0.978	0.000	8.3	0.82	0.959	0.080	20.8	0.208	0.072
0.475	0.500	8.3	0.76	0.945	0.079	20.8	0.90	0.979	0.204	20.8	0.83	0.961	0.200	0.0	0.000	0.121
0.500	0.525	20.8	0.77	0.947	0.197	12.5	0.91	0.980	0.122	0.0	0.83	0.962	0.000	12.5	0.125	0.111
0.525	0.550	12.5	0.78	0.949	0.119	0.0	0.91	0.981	0.000	12.5	0.84	0.964	0.121	4.2	0.042	0.070
0.550	0.575	4.2	0.79	0.951	0.040	4.2	0.92	0.982	0.041	4.2	0.85	0.965	0.040	0.0	0.000	0.030
0.575	0.600	20.8	0.79	0.953	0.199	20.8	0.92	0.982	0.205	20.8	0.85	0.967	0.201	20.8	0.208	0.203
		100.0			0.945	100.0			0.977	100.0			0.959	100.0	1.000	0.970

注) W は構成割合 (%)
計は WQ/Q_0 の合計

5) 時間給水時の節水量

時間給水時には、需要者の節水行動、減圧による漏水量及び使用水量の減少量に加えて使用機会の喪失による節水が加わる。

節水量は、(2-7)式のように給水制限時間と節水率の式を作成して求め、図に示したものが図 2-4-10 である。この図は、時間給水時の制限時間を設定し、グラフからその節水率を求めることができる。

具体的には 12 時間の制限時間で 20%の節水、18 時間の制限(給水時間は 6 時間)で約 30%である。これは、いままでの節水行動のみの節水率に比較しても小さな値となっている。

$$Y = 1.9964 \times X^{0.9449} \quad (2-7)$$

Y: 全需要水量に対する節水率 (%)

X: 給水制限時間 (hr)

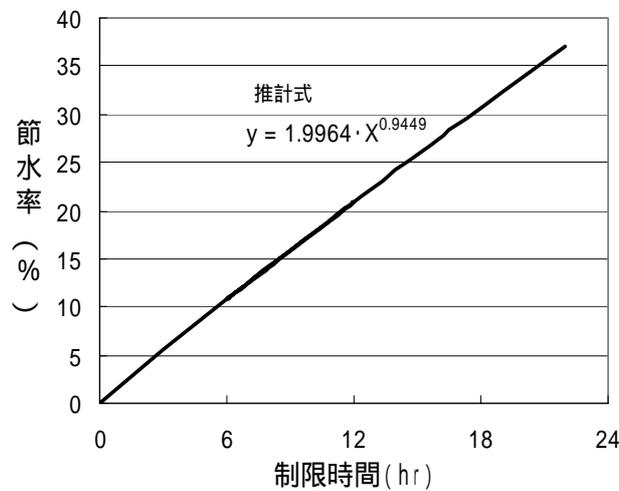


図 2-4-10 時間給水時の制限時間と節水率の関係 (松山市)

(2-7)式は松山市の事例をもとに算出したものであり、既に節水行動が進んでいる地域であることから、配水管網の高度な制御を行える地域において採用すべきと思われる。

渇水時の被害を受けていない地域においては、時間給水時には時間係数が大きくなって、配水できないという地域も想定され、実際にはより大きな節水率になると想定される。

従って、時間給水時の配水量を積算して総配水量を算出し、これより節水量を算定する方が正確に算定できると思われる。

時間給水時の時間係数の実績を表 2-4-12 に示し、その時間変動の状況を図 2-4-11 に示す。同図は、断水時間帯から給水が開始してすぐにピークとなり、その後水量は減少するが、給水時間の終了間近になると再び水量が増加し、開始時点と同じかそれ以上の水量になることが分かる。

表 2-4-12 の時間係数はそのピークの値を示すものであるが、「時間係数 1」は時間給水時の時間平均配水量に対する比率を、「時間係数 2」は平常時の時間平均配水量に対する比率を示している。

表 2-4-12 時間給水時の時間係数

	日配水量 (m ³ /日)	時間最大配水量 (m ³ /hr)	時間係数 1 注1)	時間係数 2 注2)
平常時(日最大配水量)	179,180	12,500	1.67	1.67
12時間給水時	126,230	10,690	2.03	1.43
8時間給水時	114,170	15,790	3.32	2.11
5時間給水時	106,340	16,790	3.79	2.25

出典) 平成 15 年度 節水対策推進事業調査報告書

注1) 時間最大配水量 / 日配水量の時間平均配水量

注2) 時間最大配水量 / 平常時日最大配水量の時間平均配水量 (7,470)

注3) 松山市では、受水槽への流入のために時間給水の開始前にバルブを開けているため、このような操作をしない場合は時間係数はさらに大きくなる可能性がある。

時間給水時最大配水量発生日変動パターン

- (12時間給水・・・平成6年11月19日, 給水量 = 126,230m³/日)
- (8時間給水・・・平成6年 8月 8日, 給水量 = 114,170m³/日)
- (5時間給水・・・平成6年 9月 9日, 給水量 = 106,340m³/日)

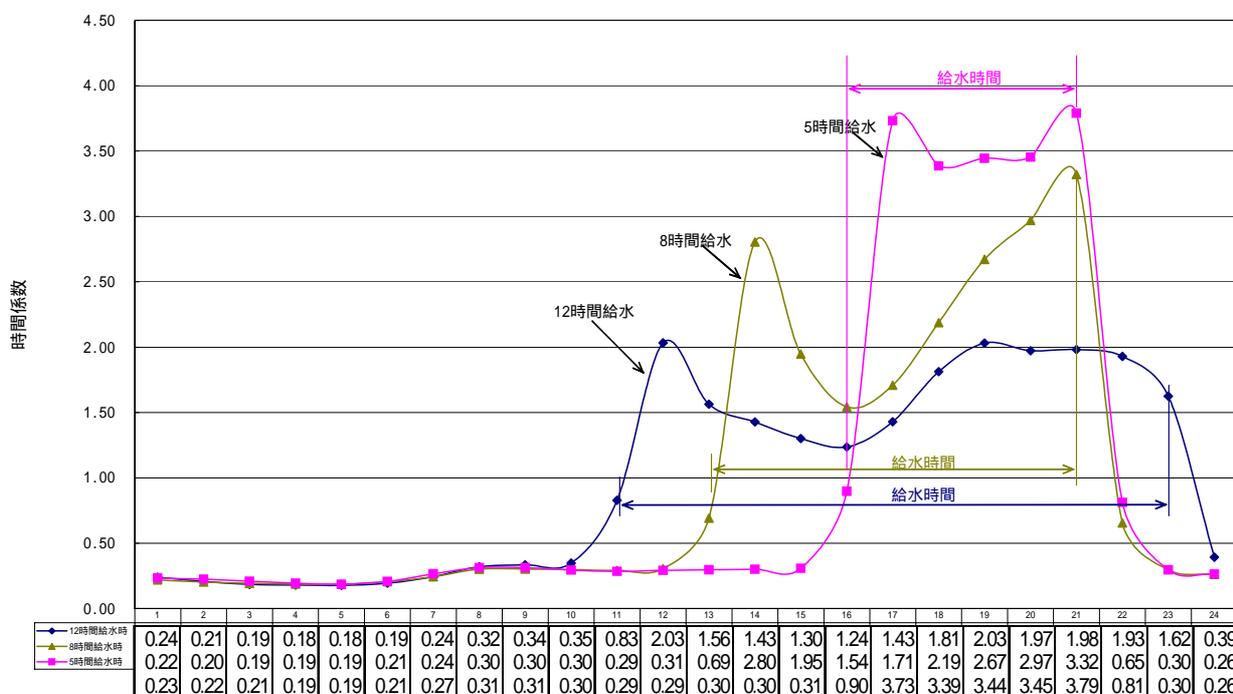


図 2-4-11 時間給水時の配水量変動 (平成 6 年松山市の湯水記録)

「時間係数 2」すなわち平常時の配水量に対する比率を用いて、この時間係数が給水時間に続くと想定して総配水量を求め、平常時の配水量との比較から節水量を算定したものが表 2-4-13 である (図 2-4-12 参照)。

同表に示すように 12 時間並びに 8 時間給水で約 30%、5 時間給水で約 50%の節水が可能となることが分かる。

この算定結果は、断水時間帯には全く使用水量はないものとして計算した結果であるが、実際には消火用水量などの保安水量の確保のため、完全に断水状態とすることできず、公表された断水時間帯においても水使用が発生することとなる。これを考慮して算定すると表 2-4-13 の下欄の

数値となる。

保安水量を平常時の時間平均水量の5%、10%、20%と設定したケースについて算定した。これを見ると、保安水量が5%のケースでは、12時間給水でも節水率は26%しかなく（保安水量なしに比べて2.5%減少）8時間給水の場合で26.3%（同3.4%の減少）5時間給水の場合で49.2%（同3.9%の減少）となる。

さらに、保安用水が平常時平均水量の10%、20%となる場合も同様に計算され、保安用水を多く取るほど節水効果は減少することとなる。

松山市の保安水量の実績は、図2-4-11に示すように湯水時の時間平均配水量に対して0.2～0.3の範囲にあり、平常時の時間平均配水量に対しては0.13～0.19となる。

同表の節水率も目安の数値であるが、実際の節水率の推計においては、当該地域の管網状況や現状の節水の普及度などを勘案して設定することが必要である。

表 2-4-13 時間給水時の配水量及び節水率

		時間係数	給水時間 (hr)	給水量 ^{注)}	配水量比 (%)	節水率 (%)	備考
平常時（日最大配水量）		1.67	24	24			
保安用水 0	12時間給水時	1.43	12	17.2	71.5	28.5	
	8時間給水時	2.11	8	16.9	70.3	29.7	
	5時間給水時	2.25	5	11.3	46.9	53.1	
保安用水 0.05	12時間給水時	1.43	12	17.8	74.0	26.0	
	8時間給水時	2.11	8	17.7	73.7	26.3	
	5時間給水時	2.25	5	12.2	50.8	49.2	
保安用水 0.1	12時間給水時	1.43	12	18.4	76.5	23.5	
	8時間給水時	2.11	8	18.5	77.0	23.0	
	5時間給水時	2.25	5	13.2	54.8	45.2	
保安用水 0.2	12時間給水時	1.43	12	19.6	81.5	18.5	
	8時間給水時	2.11	8	20.1	83.7	16.3	
	5時間給水時	2.25	5	15.1	62.7	37.3	

注) 給水量は、時間係数を24時間積算したもの（図2-4-11参照）

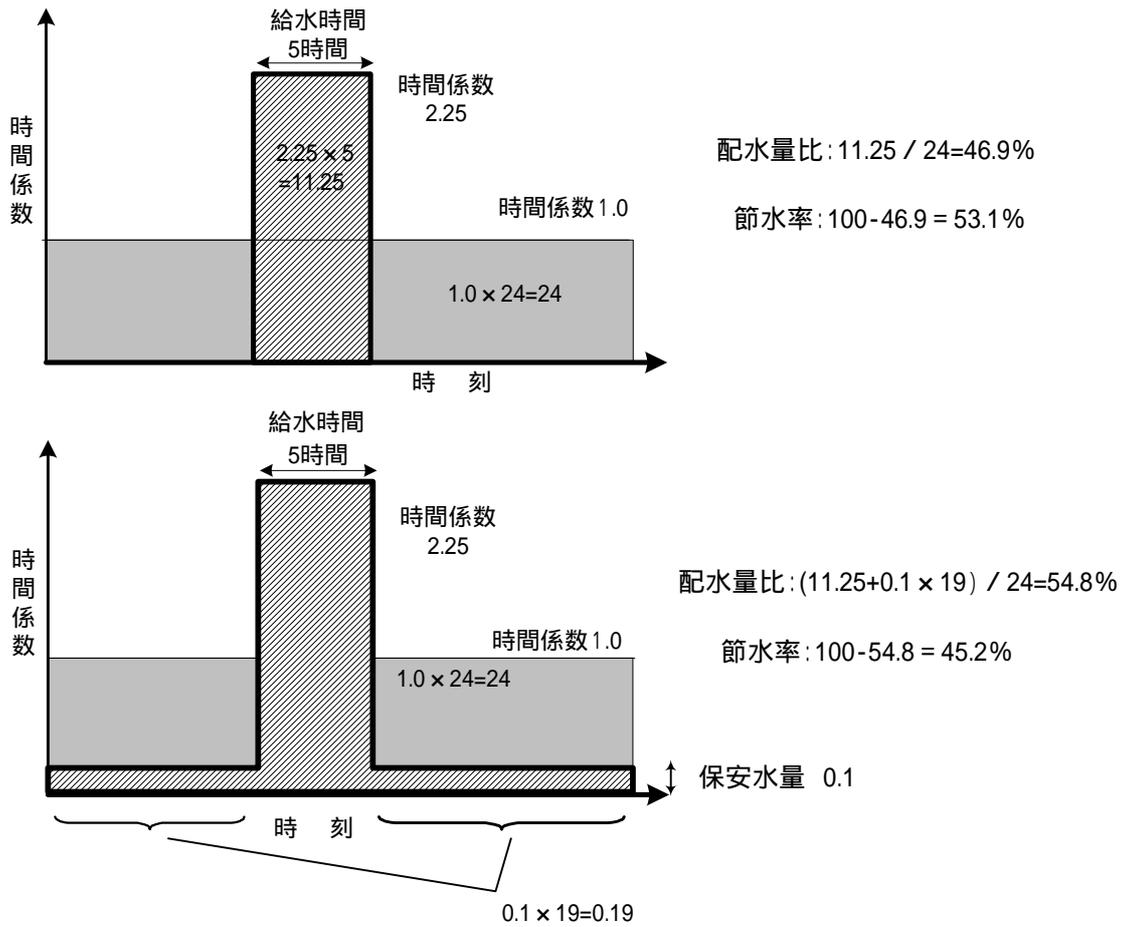


図 2-4-12 時間給水時の節水率の算定イメージ

2 - 5 節水対策の評価方法

1) 節水対策の評価指標

節水対策は、渇水時の水源不足に応じた節水目標を満たすような対策を選択するものであるが、幾つかの代替案のうちで望ましい対策案を選択する必要がある。節水対策のうち、需要者の節水行動（大口使用者への節水指導を含む）については、節水 PR により実施されるもので、先に示したような節水目標に応じた節水 PR の方法が考えられ、他の節水対策との比較を行って決定されるというものではない。

一方、減圧給水と時間給水については、節水目標に対してどちらを選択するかという余地があり、需要者の負担の公平性や水道事業の配水調整作業の実施可能性などにより決定される。従って、節水対策の望ましさと以下のものが考えられる。

節水を求められる需要者への負担が受け入れやすいこと（需要者への負担）

節水を実現するために配水調整作業などを行う水道事業者への負担が受け入れやすいこと（水道事業の負担）

需要者への負担の大きさを表すものとして、断水や水圧不足によりもたらされる生活の不便さ、不快感といったものと、その地域的な公平性があげられる。断水、水圧不足が地域的に著しく公平性を欠くと、社会的な問題が発生する可能性があるためである。

また、水道事業体の負担の大きさを表すものとして、配水調整作業（バルブ開閉作業等）並びに水圧不足地域への応急給水作業に必要な人員数、その期間（時間）があげられる。

以上のことから、節水対策の評価指標を表 2-5-1 に示す。

まず、需要者での評価項目としては、断水や水圧不足による不便さの大きさを表す指標として、その影響人口に影響期間を乗じた「断水・水圧不足影響度」を設定する。また、「断水・水圧不足

表 2-5-1 節水対策の評価指標

	評価項目	評価指標	備考
需要者	断水、水圧不足による不便さ、不快感	断水・水圧不足影響度 = 断水、水圧不足の影響人口（人）× 影響期間（日）	
	断水、水圧不足の公平性	断水・水圧不足公平度 = 断水時間（hr）の地域的な偏差（地域別最大断水時間 - 平均断水時間） または = 水圧不足量（MPa）の地域的な偏差（地域別最大水圧不足量 - 平均水圧不足）	時間給水時は断水時間、減圧給水時は水圧不足量で評価
水道事業	減圧作業に要する人員数	減圧作業必要人員数 = 水圧不足地域（ha）× 必要人員数（人/ha）	減圧による赤水防止対策のための配水調整作業を含む
	応急給水作業に必要な人員数	応急給水必要人員数 = 断水区域面積（ha）× 必要人員数（人/ha）	時間断水時以外の断水区域に対して
	応急給水に必要な給水車数	応急給水必要車両数 = 断水区域人口（人）× 1 人当り必要給水量（L/人日） / 給水車積載容量（L/車）	必要給水量 100 L / 人日と仮定

公平度」を表す指標として、地域別の最大断水時間（または水圧不足量）と全地域の平均断水時間（平均水圧不足量）を設定する。

さらに、水道事業の負担状況を表す指標として、「減圧給水必要人員数」と「応急給水必要人員数」、「応急給水必要車両数」を設定する。

2) 節水対策の評価指標の算定方法

これらの評価指標値の算定に当たっては、2-3の(3)(P.50)に示した水圧分布を用いて水圧不足地域の面積や断水時間、水圧不足量を算定することとする。また、断水時や水圧不足時の必要人員数については、地域の実情にあった人員数を設定することが必要であるが、ここでは参考として湯水被害のあった水道事業体での実績より算定することとする。

過去の湯水時における配水調整作業に従事した人員の実績を表 2-5-2 に示す。給水区域面積当りの平均値を算定すると同表の最下欄の数値となる。

表 2-5-2 配水調整作業に係る人員数の設定

	給水区域 面積(ha)	給水人口 (人)	配水調整 作業人員(人)	配水調整作業 原単位(人/km ²)	備 考
那覇市	3,836	305,564	31	0.8	
名護市	5,351	56,332	18	0.3	
松山市	10,057	457,007	70	0.7	
福岡市	23,516	1,352,400	87	0.4	
平均	10,690	542,826	52	0.6	

出典) 那覇市、名護市は「沖縄における湯水時水道安定給水方策調査報告書」(厚生省、平成 5,6 年度版)

松山市は、「平成 6 年松山の湯水記録」(松山市公営企業局)

福岡市は、「平成 6 年湯水と対策の記録」(福岡市水道局)

3 節水対策プログラムのソフト化

節水対策プログラムをソフト化するにあたり、節水対策プログラムの目的を整理し、目的に応じた機能の構築と、その機能に対して必要となるデータ、データ処理、出力情報を整理する。

また、データの格納形式について整理し、表計算ソフトによるソフト化を行うこととする。

3 - 1 節水対策プログラムの目的

節水対策プログラムをソフト化し、事業者が活用することで、渇水に対する事前対応、渇水時対策の計画作成、節水対策の評価を効率的に行えることを目的とする。

節水対策プログラムは、図 3-1-1 に示すように、小規模事業者および過去に渇水を経験したことのない事業者が利用する「節水対策簡易診断」と、渇水を想定し水源状況および配水施設の水利状況を把握し定量的に節水対策を評価・選定する「定量的な節水対策プログラム」の2つのプログラムで構成するものとする。

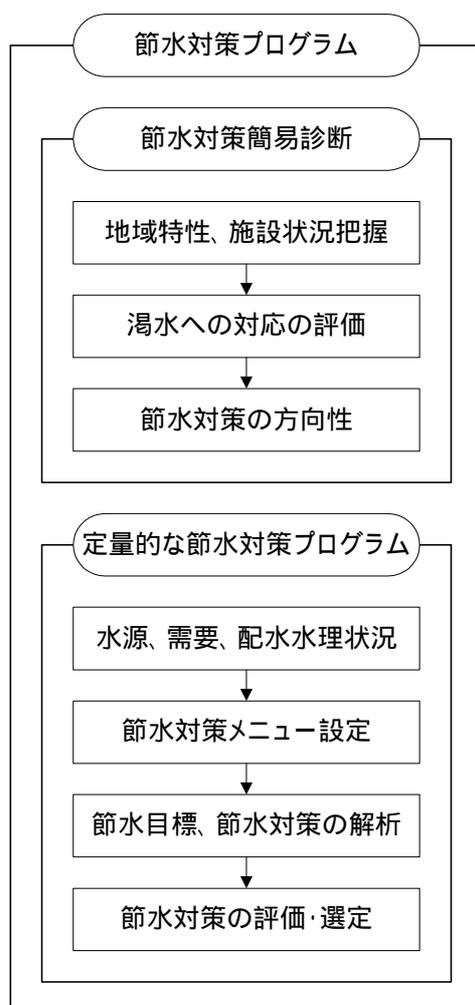


図 3-1-1 節水対策プログラムの目的

1) 「節水対策簡易診断」による事業体の湧水に対する対応の評価、方向性

「節水対策簡易診断」は、事業体の地域特性、施設状況に関する定性的または定量的な情報をもとに簡易的に評価し、節水対策の方向性を出力するものである。これにより、事業体の湧水への対応性について事前検討を行うことを目的とする。

2) 事業体の実施する節水対策メニューの設定

「定量的な節水対策プログラム」は、想定した湧水の水源、需要の状況、配水水理の状況をもとに節水対策メニューを設定し、節水目標および節水対策を解析することにより、節水対策の評価・選定を行うことを目的とする。

「定量的な節水対策プログラム」の中の節水対策メニュー設定は、湧水に対する事前検討として水道事業における節水対策メニューによる節水率を算定するものである。

3) 節水目標および節水対策の解析

節水目標および節水対策の解析は、湧水時対策の計画作成するものとして、湧水に直面した際に、時々刻々と変化する水源の状況に対して水源融通の実施と節水対策の実施により、湧水を乗り切るための見通しを計画的に決めるものである。ここでは、水源の水融通実施による節水目標の設定とこれに対する節水対策メニューの節水量の対応、減圧給水時、時間給水時の配水水理の状況を再現することで、断減水となる水量を算定する。

なお、節水対策プログラムでは、水源状況については既往の湧水データ等をもとにシナリオとして与え、節水対策メニューによる需給バランスの確保について検討することとする。

4) 節水対策の評価・選定

節水対策の評価・選定は、節水対策に関する配水水理状況以外の配水調整作業に要する人員、資材、断減水対応のための給水車等の必要量を算定し、配水水理状況、節水対策メニューの内容と合わせて節水対策を選定するものとする。

3 - 2 節水対策簡易診断（問診票）

節水対策簡易診断（問診票）は、先に示したように節水対策を簡便な指標を用いて検討するものである。

以下に節水対策簡易診断のための問診票とその結果より節水対策の基本的な方向性を示唆する方法を示す。ここでは、診断項目として、1.水源の安定性、2.配水施設の安定性、3.需要地域の特性、4.配水管理の容易性（情報整備、管理体制等）を設定し、それぞれ以下に示す項目を選定した。

1.水源の安定性

(1)水源概要

水源種別（表流水割合）

水源構成

(2)水源数

(3)湧水頻度

(4)最大取水制限率

2.配水施設の安定性

(1)有効率

(2)最大静水圧

(3)経年管比率

(4)配水池容量（貯留時間）

3.需要地域の特性

(1)地形条件

給水区域面積

標高差

(2)直結給水

直結給水階高

高層建物の割合

(3)大口使用者の割合

(4)受水槽の設置割合

4.配水管理の容易性

(1)配水管網の制御施設

配水小ブロック化

減圧弁等の設置

(2)配水監視施設、体制

水圧・流量監視装置

水運用センター

(3)配水調整方法、情報整備

配水調整方法、体制の確立

配水調整のための情報整備

(4)節水手法

節水マニュアルの整備と実施

節水広報の整備

これらの項目を総合的に評価するためには、項目を指標化し、それぞれの項目の重要度を加味して総合的な指標を算定することが有効となる。したがって、以下のような重要度の重みを設定して指標値の総和を算定することで、総合的な評価を行う。

$$\text{個別評価値} = \text{重み} \times \text{得点}$$

$$\text{分野別評価} = \{ \text{分野毎の個別評価値} \}$$

$$\text{総合評価値} = \{ \text{分野別評価値} (1 \sim 4) \}$$

この個別評価において、得点の設定方法を示すと表 3-2-1 (P.65) となる。同表には、評価項目別の評価の内容と、評価指標値(得点)の設定内容を示している。得点は、標準的なレベルを 3 点とし、最も優れているものを 5 点、劣っているものを 1 点として設定している。各項目別の得点の設定においては現状の全国の水道事業体の施設状況を参考にしており、その際に用いたデータを参考資料として巻末に示している。

【評価項目の重みに関する留意事項】

節水対策に関する評価項目の重みは、表 3-2-2 に示すように、水源の安定性、配水施設の安定性、需要地域の特性および配水管理の容易性のそれぞれについて設定している。ここでは、簡易診断ということもあり、どの重みも均等のものとして算定することを基本とする。

したがって、重みに地域間の特性の違いを考慮していないことから異なる事業体間での比較評価には適さない。簡易診断では、当該事業体における節水対策に関する施策の方向性、進め方(改善点、効果)等を確認することを目的とする。

なお、当該事業体において節水対策の方向性等を明確化するため、評価の際、重みを任意に変更する工夫も可能である。

表 3-2-2 評価項目の重みの設定

評価項目	重み	備考
1. 水源の安定性	5	個別の評価点が100点となるように設定。項目間の重みは一定とした。
2. 配水施設の安定性	5	
3. 需要地域の特性	5	
4. 配水管理の容易性	(1) 制御施設等	
	(2) 配水監視体制	5
	(3) 配水調整方法	5
	(4) 節水対策手法	5