

<別添>

## 小規模水道・水供給システムの維持管理に関する経営シミュレーション2

### 目次

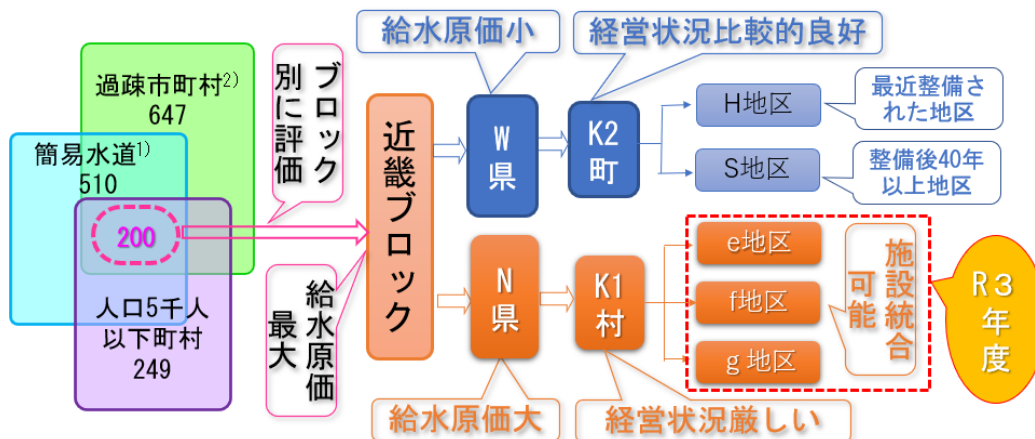
1. モデル地区での検討	
1.1 モデル地区の選定	2
1.2 モデル地区の概要	2
1.3 モデル地区での検討ケース	3
1.4 一人当たり費用負担額の計算フロー	5
1.5 モデル地区でのシミュレーション結果のまとめ	6
2. シミュレーションの一般化へ向けた検討	
2.1 シミュレーションの簡便化手法について	11
2.2 今後30年間の一人一月平均費用負担額の評価（評価2）について	14
2.3 評価2による各ケース別30年後の費用負担の優位性の比較	15
3. 今後の課題	18

<別添参考資料>

# 1. モデル地区での検討

## 1.1 モデル地区の選定

近畿ブロック 5 千以下の過疎町村の簡易水道の中でも、特に経営環境の厳しい N 県 K1 村の 3 地区を検討のモデル地区に選定した。



出典：1)H30簡易水道事業年鑑（事業単位）  
2)過疎地域のデータベース（全国過疎地域自立促進連盟）

図 1.1.1 モデル地区の選定フロー

## 1.2 モデル地区の概要

K<sub>1</sub> 村の簡易水道は事業統合により現在では 1 つの簡易水道となっているが、施設統合は行われず、現在も 12 か所の地区で独自の給水が行われている。

今回、これらの中から互いに近接し統合可能な 3 地区をモデル地区として抽出した。

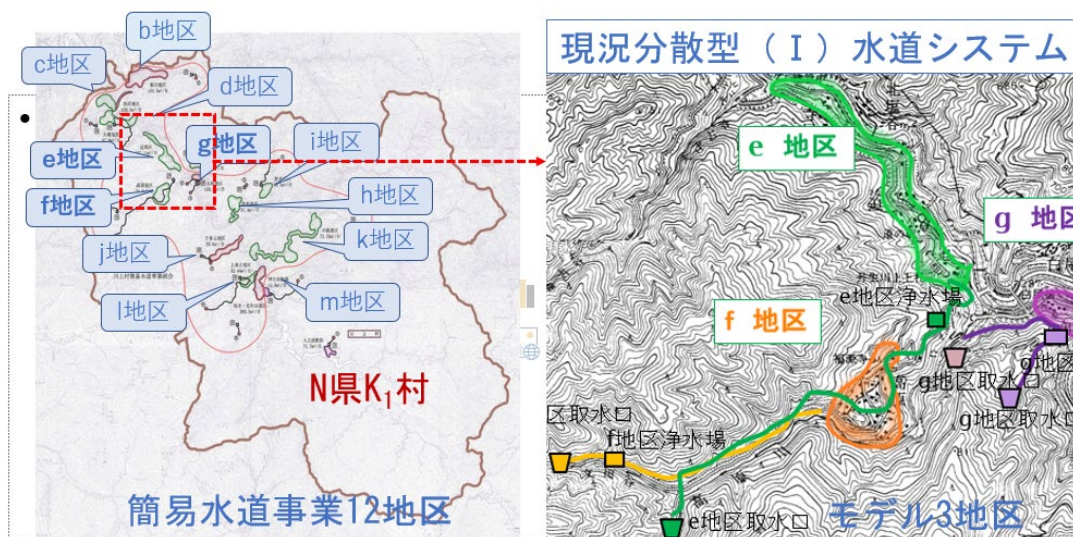


図 1.2.1 K<sub>1</sub> 村の簡易水道とモデル地区の概要

### 1.3 モデル地区での検討ケース

モデル3地区の施設統合効果や今後の望ましい給水形態等を検討するために3種の供給システムを設定し、4種の給水形態、2種の管路パターン別に、補助金ありなしの各場合について、2種類の評価基準で評価した。

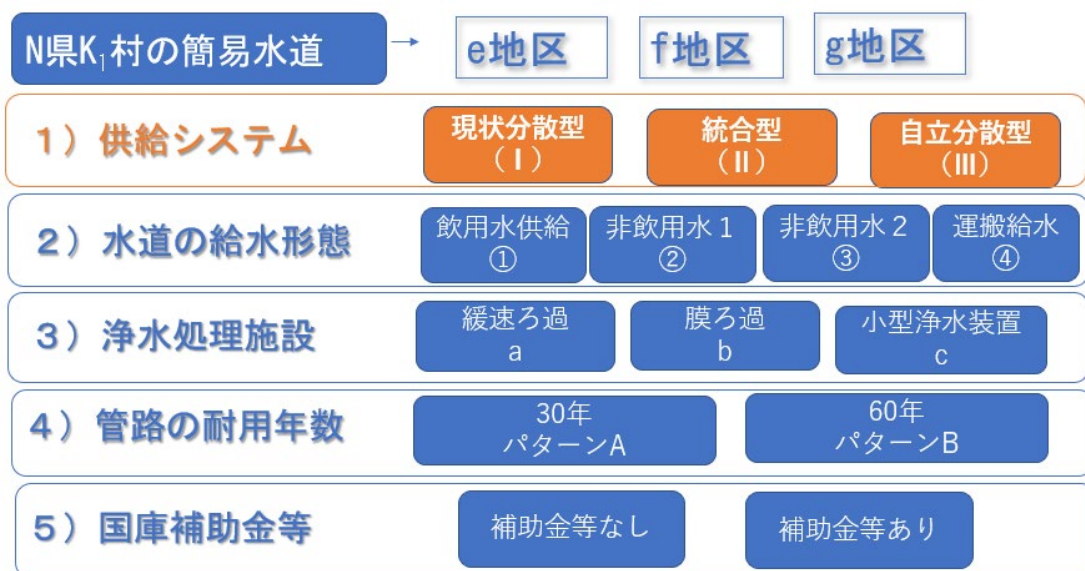


図 1.3.1 モデル地区の検討ケース一覧図

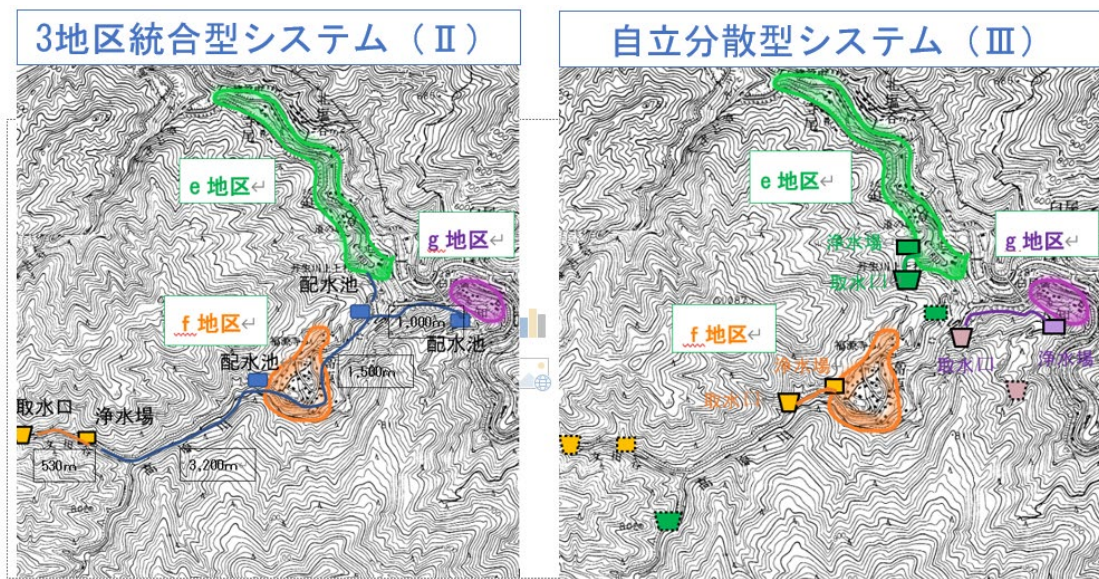


図 1.3.2 新たな供給システム

表 1.3.1 供給システムの種類

型	供給システム	システム名
I	3地区個別に分散して供給する現状のシステム	現状分散型 (I)
II	3地区の施設を統合して供給するシステム	施設統合型 (II)
III	直近の水源から個別に取水して給水するシステム	自立分散型 (III)

表 1.3.2 給水形態の種類

ケース	水道の給水形態	形態名
①	浄水処理した飲用水を供給する現在の給水形態	(飲用水道)
②	簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配	(非飲用水道1)
③	無処理水を供給し非飲用生活用水は各戸浄水装置で処理、飲用水は宅配	(非飲用水道2)
④	送配水管路を敷設せず飲用水を各戸に運搬給水	(運搬給水水道)

表 1.3.3 浄水処理施設の種類の種類

	浄水処理施設の種類の種類	耐用年数
a	緩速ろ過施設実績値 (予備池、造成費等を含む)	30年
b	小型浄水装置 (膜ろ過) 施設	20年
c	小型浄水装置 (井戸・沢水用)	20年

表 1.3.4 管路費用負担形態の種類

	耐用年数	費用負担の方法
パターンA	30年	30年間で費用 (起債) 償還 (毎年費用の1/30を負担)
パターンB	60年	費用償還 (償却) 期間30年、残期間の費用負担は0

表 1.3.5 補助金等の有無

補助金等	補助金等の割合
1) 投入なし	-
2) 投入あり	更新事業 (建設) 費の73%

表 1.3.6 評価基準の種類

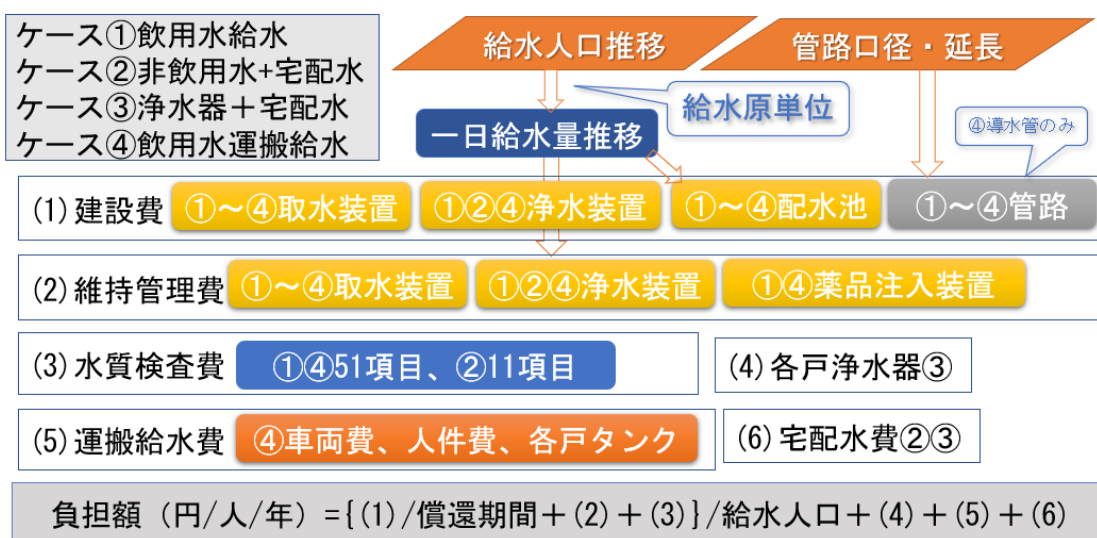
	評価の種類	算定式
評価1	各期一人当たり平均負担額 (円/人/月)	$C_{ia} = M_i / N_{ia}$
評価2	一人生涯平均負担額 (円/人/月)	$C_{ipa} = \text{AVERAGE}(C_{0a} : C_{ia})$

i: 経過年次,  $N_i$ : i年度の人口 (人),  $i \sim i+5$ : 期間,  $N_{ia}$ : 各期平均人口 (人),  $M_i$ : 各期一月平均費用 (円/月)

#### 1.4 一人当たり費用負担額の計算フロー

今回の経営シミュレーションでは、モデル地区の給水人口の推移や管路状況を踏まえて、以下のフローで一人一月当たりの費用負担額を算定した。各費用の算定は、前年度と同じく厚生労働省報告を基に実施した。

一人当たりの給水量は、K<sub>1</sub> 村の給水実績から、最大給水量 630L/人/日、有収水量 305L/人/日とした。



16

図 1.4.1 今回の経営シミュレーションのフロー

表 1.4.1 モデル地区の管路延長と給水量

	e 地区	f 地区	g 地区	合計
管路延長(km)	9.3	7.5	3.2	20.0
最大給水量(m <sup>3</sup> /日)	74	63	23	160
有収水量(m <sup>3</sup> /日)	36	30	11	77

表 1.4.2 今後の給水人口の推移と供給システム別の管路延長

	給水人口推移(人)							管路延長(km)		
	2015	2025	2035	2045	2055	2065	2075	I	II	III
e 地区	118	87	64	45	34	27	23	9.3		5.7
f 地区	100	74	54	38	29	23	20	7.5		4.4
e 地区	36	27	19	14	10	8	7	3.2		2.2
3 地区計	254	188	137	97	73	58	50	20.0	20.0	12.3

## 1.5 モデル地区でのシミュレーション結果のまとめ

### (1) 経過年別の最も費用負担が少ない給水形態

#### 1) e 地区

世代の公平性を考慮した評価2による今後の最も負担の少ない給水形態は、現況分散型（Ⅰ）、自立分散型（Ⅲ）とも、補助金のない場合は、10、30年後では通常ケース①c、60年後では管路パターンAで運搬ケース④c、Bで通常ケース①cとなった（表1.5.1～2）。一方、補助金がある場合は、10、30、60年後でいずれも通常ケース①が有利となった。

また、現況から自立分散型（Ⅲ）に移行することにより、一月当たりの個人の費用負担額は、補助金なしの場合は、60年後には4.0～2.4千円減少するが、それでも管路パターンAでの負担額は、12千円/人/月と大きなものとなる。

なお、表のセルの色は、負担額最小のケースを色分けして示している。

表 1.5.1 現況分散型（Ⅰ）e 地区（評価2）（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
補助 金 なし	10年		14.0	12.3	8.8	11.0	12.8	15.6	13.9	10.4
	30年		19.8	16.3	12.2	14.2	15.5	20.1	16.5	12.4
	60年	A	25.9	24.6	18.9	20.3	21.3	23.1	21.7	16.0
B		15.6	14.3	8.6	10.0	11.0	19.8	18.4	12.7	
補助 金 あり	10年		4.6	5.5	2.9	5.3	7.4	9.2	10.1	7.5
	30年		6.5	6.8	4.0	6.2	7.9	11.0	11.4	8.5
	60年	A	8.4	9.7	6.1	7.9	9.4	12.7	14.0	10.4
		B	5.6	6.9	3.3	5.2	6.6	11.4	12.8	9.1

表 1.5.2 自立分散型（Ⅲ）e 地区（評価2）（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
補助 金 なし	10年		11.5	9.7	6.2	8.5	10.3	13.8	12.0	8.5
	30年		16.3	12.7	8.6	10.6	11.9	17.5	14.0	9.9
	60年	A	20.1	18.8	13.1	14.5	15.5	19.1	17.7	12.0
B		13.8	12.9	6.2	7.3	8.1	20.1	19.3	12.6	
補助 金 あり	10年		3.9	4.8	2.2	4.6	6.7	8.5	9.4	6.8
	30年		5.5	5.8	3.0	5.2	6.9	10.0	10.4	7.5
	60年	A	6.8	8.2	4.5	6.4	7.9	11.1	12.4	8.8
		B	5.1	6.4	2.8	4.7	6.1	10.9	12.3	8.7

## 2) f 地区

f 地区での負担の少ない給水形態は、現況分散型（Ⅰ）では、補助金のない場合は、10 年後では通常ケース① c、30 年後では運搬ケース④ c、60 年後は管路パターン A では運搬ケース④ c、B では通常ケース① c となった（表 1.5.3）。

自立分散型（Ⅲ）では、補助金のない場合は、10、30 年後では通常ケース① c、60 年後では管路パターン A で運搬ケース④ c、B で通常ケース① c となった（表 1.5.4）。

補助金がある場合は、10、30、60 年後でいずれも通常ケース① となった。

また、現況から自立分散型（Ⅲ）に移行することにより、一人一月当たりの費用負担額は、補助金なしの場合は、60 年後には 2.9～1.1 千円減少するが、管路パターン A での負担額は、e 地区よりは少ないものの 10.7 千円/人/月と大きなものとなる。

表 1.5.3 現況分散型（Ⅰ） f 地区（評価 2）

（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	① b	① c	②	③	④a	④ b	④ c
補助 金 なし	10 年		13.5	11.8	8.2	10.6	12.3	13.9	12.2	8.6
	30 年		19.0	15.3	11.4	13.6	14.8	17.5	13.8	9.8
	60 年	A	24.7	22.7	17.7	19.4	20.4	18.7	16.7	11.8
		B	14.9	12.9	7.9	9.6	10.6	18.1	16.0	11.1
補助 金 あり	10 年		4.5	6.0	2.9	5.3	7.3	9.0	10.5	7.4
	30 年		6.4	7.4	4.0	6.1	7.7	10.6	11.6	8.1
	60 年	A	8.3	10.4	6.1	7.8	9.2	11.9	14.0	9.7
		B	5.7	7.8	3.5	5.2	6.6	11.7	13.8	9.5

表 1.5.4 自立分散型（Ⅲ） f 地区（評価 2）

（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	① b	① c	②	③	④a	④ b	④ c
補助 金 なし	10 年		11.3	8.9	5.9	8.4	10.3	13.3	11.0	8.0
	30 年		15.9	11.5	8.2	10.5	11.9	16.8	12.4	9.0
	60 年	A	19.6	16.6	12.4	14.3	15.5	17.8	14.8	10.7
		B	13.3	11.4	5.0	6.0	6.7	21.1	19.2	12.8
補助 金 あり	10 年		3.9	5.3	2.2	4.6	6.6	8.5	10.0	6.9
	30 年		5.5	6.4	3.0	5.2	6.7	10.1	11.0	7.6
	60 年	A	6.8	8.9	4.6	6.2	7.6	11.3	13.4	9.1
		B	5.2	7.3	3.0	4.7	6.1	11.2	13.3	9.0

### 3) g 地区

g 地区での負担の少ない給水形態は、現況分散型（Ⅰ）、自立分散型（Ⅲ）とも、補助金のあるなしいずれも、10 年後 30 年後で通常ケース① c、60 年後では管路パターン A、B とも簡易処理した非飲用を給水し、飲用水はボトル水で対応するケース②となった（表 1.5.5～6）。

また、現況から自立分散型（Ⅲ）に移行することにより、一月当たりの個人の費用負担額は、補助金なしの場合は、60 年後には 5.7～2.2 千円減少するが、管路パターン A での負担額は、e、f 地区を大幅に上回る 23.4 千円/人/月となる。

e、f 地区と g 地区とのこれらの差異は、表 1.4.2 に示す給水人口の違いによるものである。

表 1.5.5 現況分散型（Ⅰ）g 地区（評価 2）（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
補助 金 なし	10 年		15.9	15.9	10.9	12.4	13.8	19.5	19.5	14.5
	30 年		22.7	22.7	15.3	16.1	17.0	25.9	25.9	18.5
	60 年	A	30.8	36.9	24.0	23.4	24.0	33.3	39.3	26.4
		B	19.3	25.3	12.5	11.9	12.4	26.7	32.7	19.9
補助 金 あり	10 年		6.0	8.8	4.5	6.0	7.8	11.8	14.6	10.3
	30 年		8.6	12.6	6.3	7.1	8.4	14.9	19.0	12.6
	60 年	A	12.0	20.9	10.0	9.4	10.4	19.6	28.5	17.6
		B	8.9	17.7	6.9	6.3	7.3	17.9	26.7	16.3

表 1.5.6 自立分散型（Ⅲ）g 地区（評価 2）（単位：千円/人/月）

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	①b	①c	②	③	④a	④b	④c
補助 金 なし	10 年		13.4	13.4	8.5	10.0	11.3	17.0	17.0	12.1
	30 年		19.2	19.2	11.8	12.6	13.5	22.4	22.4	15.0
	60 年 A		25.1	31.1	18.3	17.7	18.2	27.5	33.6	20.7
	B		17.1	23.2	10.3	9.7	10.3	24.6	30.6	17.7
補助 金 あり	10 年		5.3	8.1	3.8	5.3	7.1	11.1	13.9	9.6
	30 年		7.6	11.6	5.3	6.1	7.4	13.9	17.9	11.6
	60 年	A	10.3	19.2	8.3	7.7	8.7	17.9	26.8	15.9
		B	8.2	17.0	6.1	5.5	6.6	17.1	26.0	15.1



#### 4) 3 地区統合型 (II)

3 地区を統合した場合における最も負担の少ない給水形態は、補助金のない場合は、10 年後では通常ケース① c、30 年後では、ケース④ c、60 年後では管路パターン A では、ケース④ c、B ではケース① c となった。

補助金がある場合は、10, 30, 60 年後でいずれも通常ケース① となった。

また、各システムで統合型 (II) が分散型 (III) より有利になるのは、補助金がない場合は 60 年後であるが、補助金がある場合はすべての期間であった。

表 1.5.7 統合型 (II) (評価 2)

(単位：千円/人/月)

	経過年数 管路パターン		給水形態ケース							
			①a	① b	① c	②	③	④a	④ b	④ c
補助 金 なし	10 年		12.2	9.6	6.8	9.5	11.4	13.9	11.3	8.5
	30 年		17.3	12.6	9.5	12.1	13.6	17.0	12.3	9.2
	60 年	A	21.9	18.3	14.6	16.9	18.3	17.2	12.9	9.9
		B	13.4	9.8	6.0	8.5	9.9	17.0	12.6	9.6
補助 金 あり	10 年		3.9	4.6	2.2	4.9	7.0	9.3	10.0	7.5
	30 年		5.6	5.7	3.0	5.6	7.3	10.5	10.6	7.9
	60 年	A	6.9	7.9	4.6	7.0	8.6	10.9	11.1	8.5
		B	4.7	5.6	2.2	4.7	6.3	10.8	11.0	8.4

#### (2) 今後の最適なシステムの選択

今後の給水人口の減少に伴い、最適な供給システムや給水形態が変化することから、これらの手戻り等による費用増などを考慮して、最適なシステム移行を検討した(図 1.5.1~2)。

その結果、表 1.5.8 に示す通り、モデル 3 地区における費用負担面から見た最適なシステムは、補助金等が入らない場合、e 地区および f 地区においては、管路パターン A では、今後 30 年間は自立分散型 (III) で簡易な浄水装置を用いる通常給水ケース① c、それ以降は 3 地区統合型 II で運搬給水ケース④ c。パターン B では、今後 60 年間は、自立分散型 (III) で通常給水ケース① c となった。

g 地区においては、管路パターン A では、e, f 地区と同じく今後 30 年間は自立分散型 (III) ケース① c、それ以降は 3 地区統合型 (II) の運搬給水ケース④ c の費用負担が少なくなる。この場合には、統合型への移行により負担額は大きく減少するが 60 年後には、この額は 9.1 千円/人/月と大きなものとなる。一方、管路パターン B では、今後 30 年間は、自立分散型 (III) の通常給水ケース① c であるが、以降は自立分散型 (III) で非飲用水を給水し飲用水は宅配するケース② となった。また、補助金等が入った場合には、これらの地区では今後、管路パターンにかかわらず 3 地区を統合する統合型 (II) で簡易な浄水装置を用いる通常給水ケース① c が望ましいこととなった。

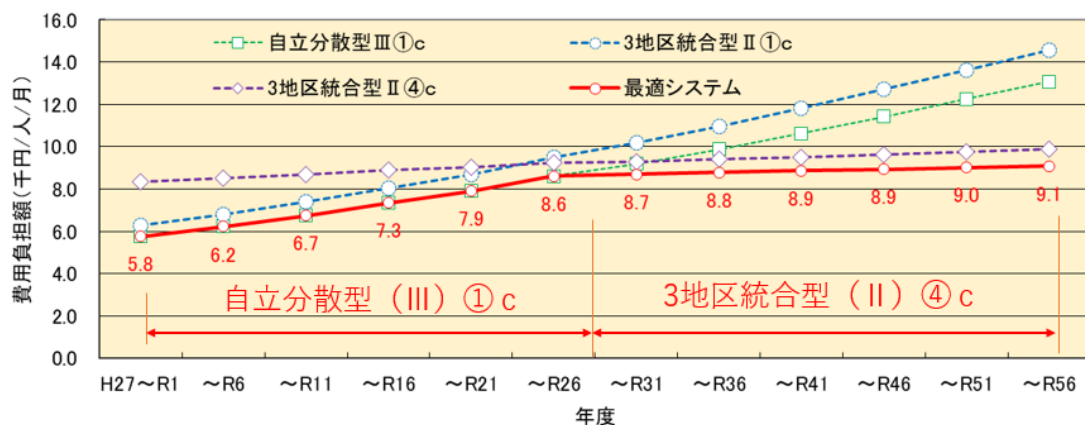


図 1.5.1 管路パターン A・補助金なしでの最適システムでの費用負担額（評価 2）の推移

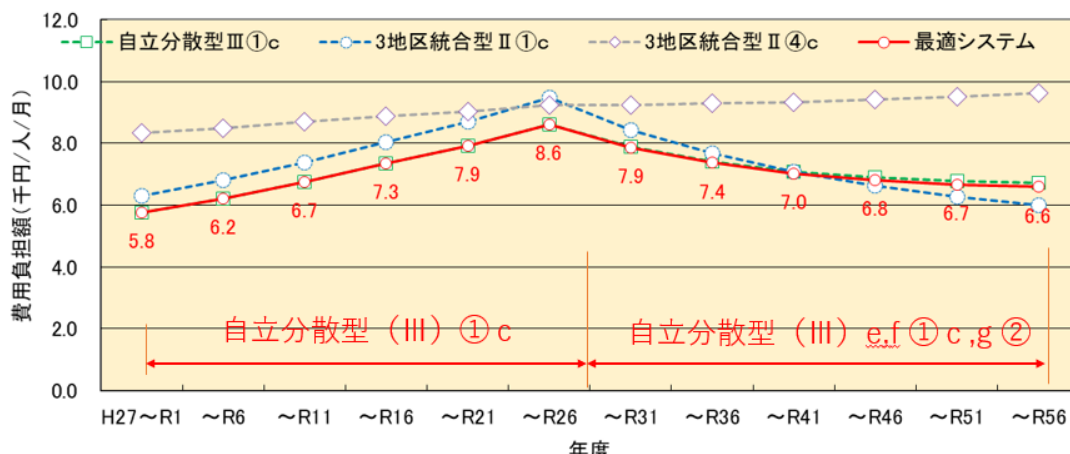


図 1.5.2 管路パターン B・補助金なしでの最適システムでの費用負担額（評価 2）の推移

表 1.5.8 地区別の最適なシステム

地区	補助金	管路	経過年数（年）											
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
e地区	なし	A	自立分散型 (III) ・ ケース①c						統合型 (II) ・ ケース④c					
		B	自立分散型 (III) ・ ケース①c											
	あり	A	統合型 (II) ・ ケース①c											
		B	統合型 (II) ・ ケース①c											
f地区	なし	A	自立分散型 (III) ・ ケース①c						統合型 (II) ・ ケース④c					
		B	自立分散型 (III) ・ ケース①c											
	あり	A	統合型 (II) ・ ケース①c											
		B	統合型 (II) ・ ケース①c											
g地区	なし	A	自立分散型 (III) ・ ケース①c						統合型 (II) ・ ケース④c					
		B	自立分散型 (III) ・ ケース①c						自立分散型 (III) ・ ケース②					
	あり	A	統合型 (II) ・ ケース①c											
		B	統合型 (II) ・ ケース①c											

## 2. シミュレーションの一般化へ向けた検討

### 2.1 シミュレーションの簡便化手法について

本研究では、これまで厚労省報告で用いられた手法を基に、2町村5地区で経営シミュレーションを実施してきたが、これらを一般化するために、より簡便で汎用的な手法について検討した。

#### (1) これまでの手法と簡便一般化手法との比較と検討フロー

簡便化では、図 2.1.1 のとおり安価な浄水装置への絞り込みと費用関数の設定、運搬給水の多様化、一人当たりの給水量の基準化等を行い、図 2.1.2 のフローで実施した。

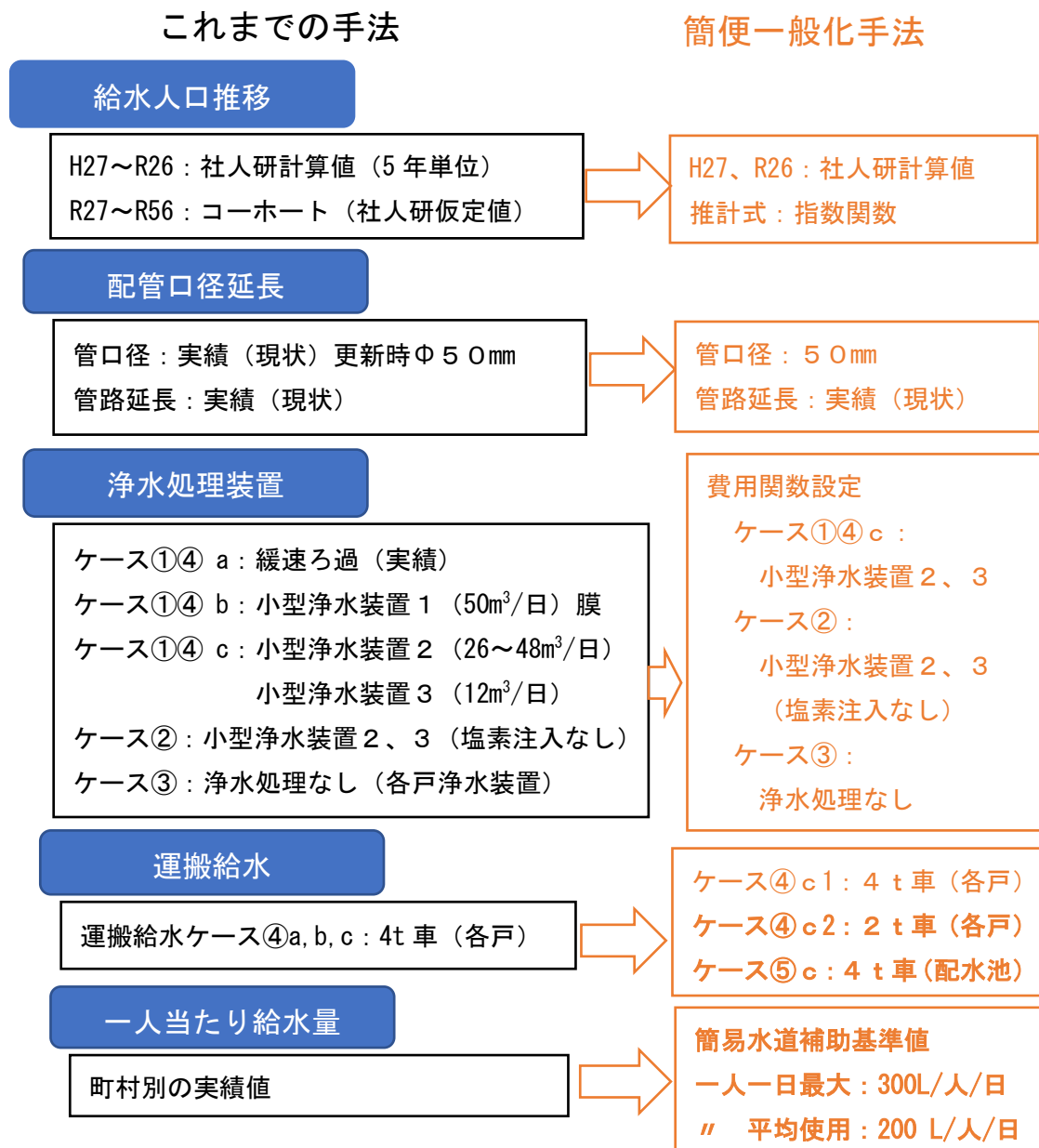


図 2.1.1 これまでの手法と簡便一般化手法の比較表

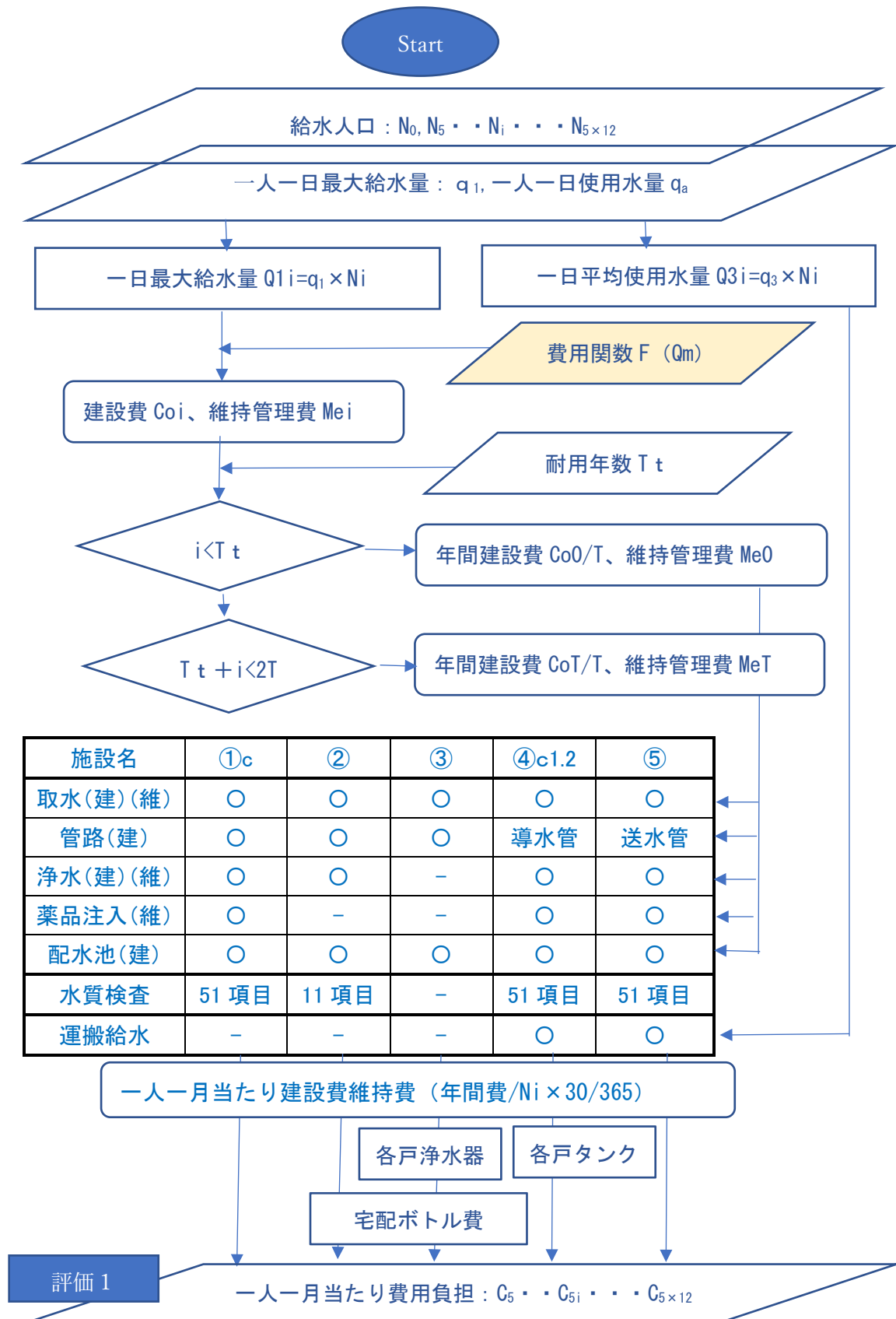


図 2.1.2 簡易一般化手法によるシミュレーションのフロー  
2-1-12

## (2) 簡便一般化手法の内容

評価の基本となる一人当たりの費用算定に当たっては、それぞれの変数を単純化するとともに、給水システムも図 2.1.3 に示す通りシンプル化して簡易な算定式を設定し、各条件間の比較検討を行いやすくした。

まず、今後の人口推計値は、これまでの事例を基に指数関数で近似した。また、管路口径は 50mm に、一人当たりの給水量は簡易水道の補助基準値に固定し、浄水処理も最も安価な装置 c に限定した。

一方、運搬給水はより実現性を考慮して小型のタンク車と新たな運搬方法を追加した。

なお、各ケース別の推計式と各ケースの優位性を評価する関係式の算出方法は巻末の別添参考資料に記載した。

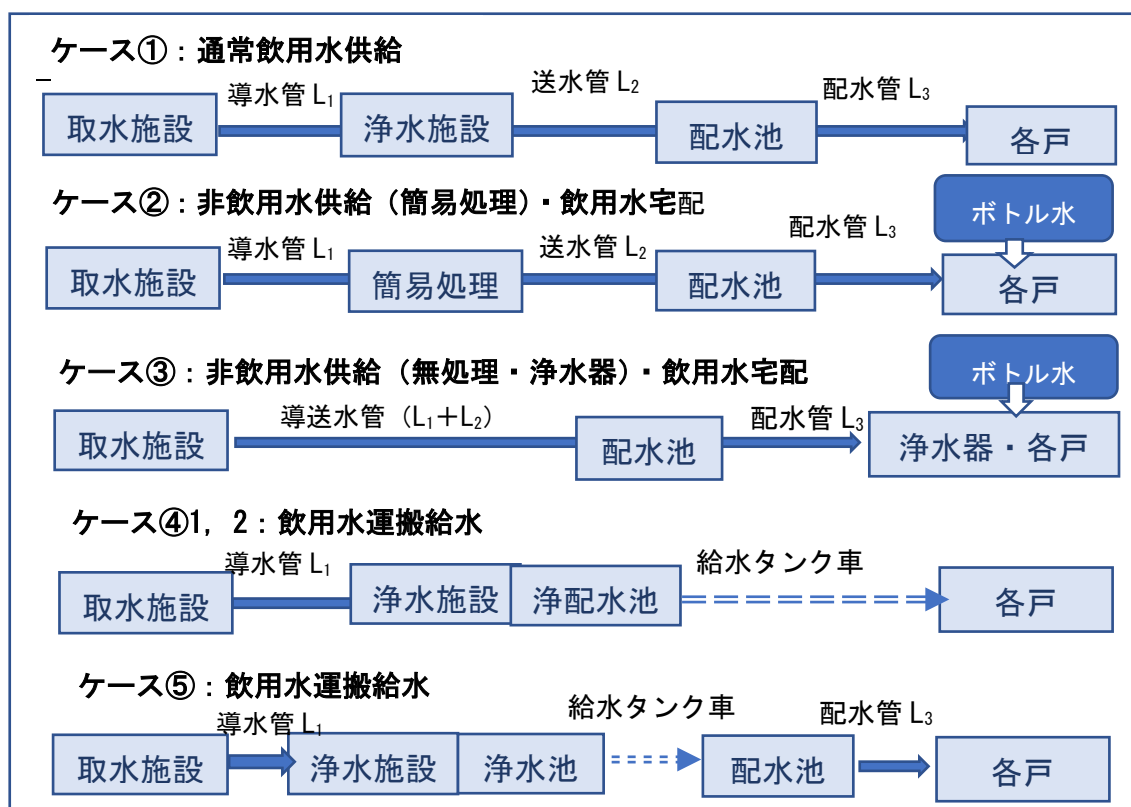


図 2.1.3 簡便化した各給水形態のケース別概要図

## 2.2 今後30年間の一人一月平均費用負担額の評価（評価2）について

### (1) 当初人口100人の場合の今後の費用負担額（評価2）の推移

当初の給水人口が100人の場合の今後30年間の平均費用負担額（評価2）は、図2.2.1となる。この図から、単位配管延長が10m/人の場合は、ケース①cが2.4千円/人/月と最も費用負担が少なく、これが100m/人になるとケース④c1が7.1千円/人/月と最も少なくなる。また、通常ケース①cより費用的に有利となる運搬給水は、4tタンク車を用いるケース④c1では単位配管延長が50以上（管路延長5km以上）、小型の2tタンク車を用いるケース④c2では75人以上（管路延長7.5km以上）の場合となる。

なお、ここでは過疎町村簡水の実績を踏まえ導水管率を12%、送水管率を11%とした。

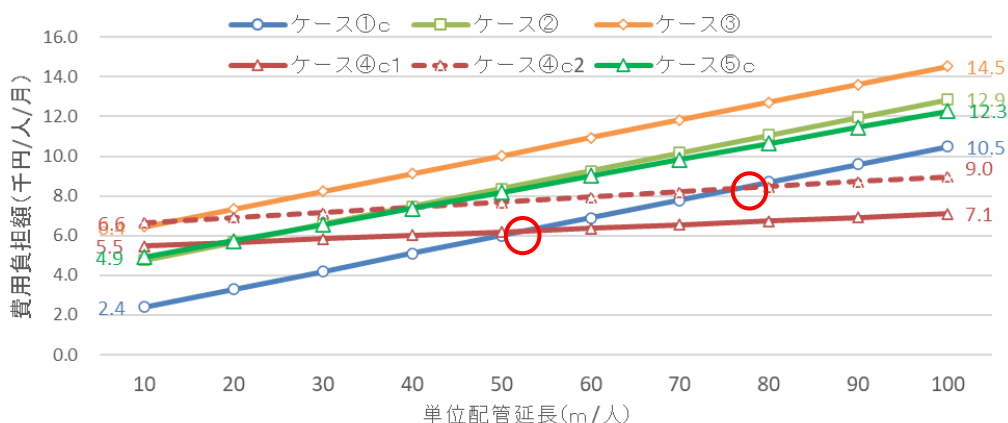


図2.2.1 当初人口100人の場合の30年後の評価2による各ケースの負担額の比較

### (2) 総管路延長が5,000mの場合

総管路延長を5.0kmとすると、給水人口がケース④c1では95人、ケース④c2では65人より少ない場合に、通常のケース①cより運搬給水が有利となる（図2.2.2）。

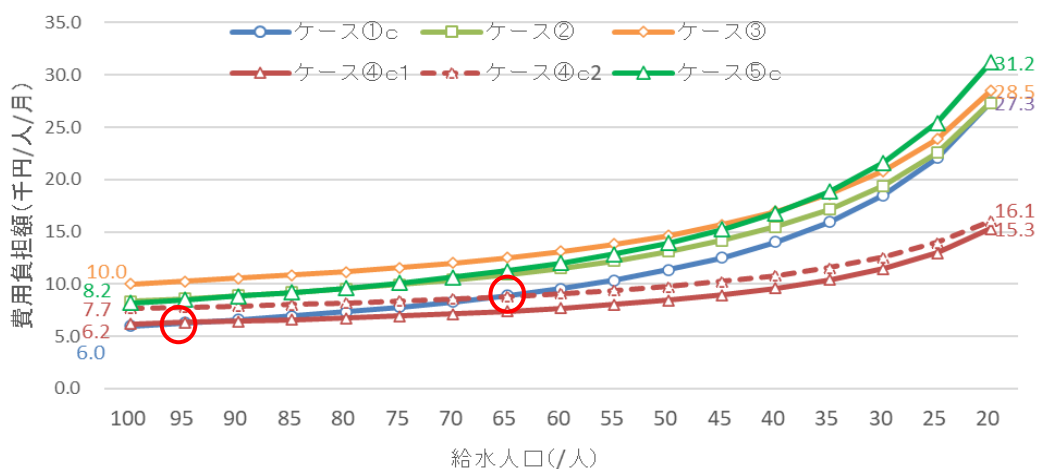


図2.2.2 管路延長5千kmの場合の30年後の評価2による各ケースの負担額の比較

### 2.3 評価2による各ケース別30年後の費用負担の優位性の比較

各ケース別の費用負担額（評価2）の給水人口や管路延長による優位性は、各評価値の比較により求められ、以下の通りとなった。

#### （1）通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③の場合

これらのケースでは、管路の建設費は同じであるため、それらを除く費用を給水人口との関係で比較すると、図2.3.1の通り、給水人口が24人を下回ると通常供給ケース①cより簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配するケース②が優位となり、2人以下ならケース②より、無処理の水を供給し各戸浄水器と宅配水で対応するケース③が優位となる。

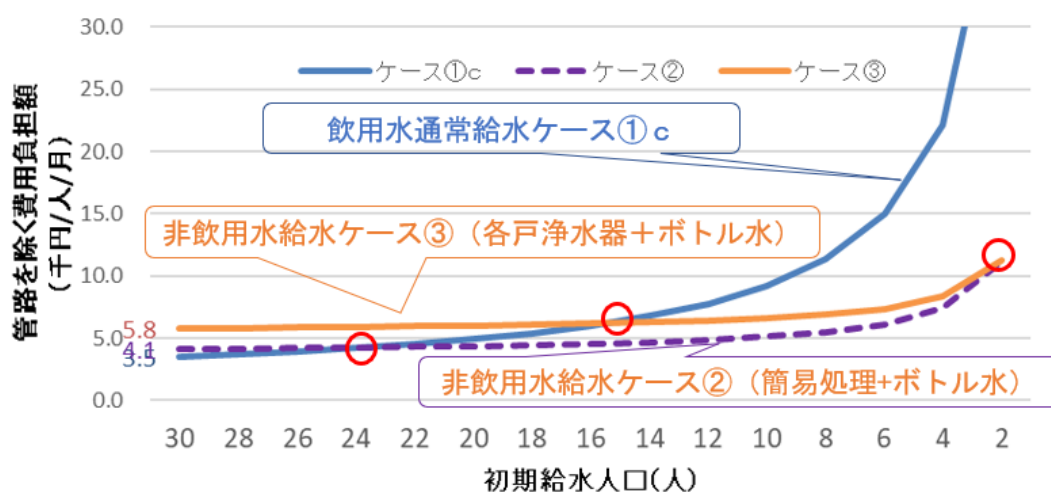


図 2.3.1 通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③との関係

#### （2）通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合

運搬給水は管路による給水をタンク車による運搬で代替えるものであり、管路建設費が減少する一方で運搬費が増加する。このため費用的な優位性は代替える管路延長と給水人口の関係で決定されることになる。

### (3) 簡便な評価手法による優位性比較のまとめ

以上の結果をまとめたのが図 3.3.2～図 3.3.3 である。

#### 1) 4 t タンク車を用いて各戸に運搬給水する場合 (ケース④c1)

図 2.3.2 に示す運搬給水に 4t 車を用いる場合は、初期の給水人口が 100 人では、送配水管延長が約 4.6km より短いと、通常給水ケース①c が有利であるが、それ以上長くなると (右上のエリア) 運搬給水が有利となる。また、給水人口が 24 人では、送配水管延長が約 1.8km より長いと運搬給水が有利であるが、それより短いと簡易処理した非飲用水を給水し飲用水は宅配水を用いるケース②が有利となる。更に 2 人以下では、無処理水を既存管路で各戸に給水し、非飲用水は小型浄水装置で処理した水を、飲用水は宅配水を利用するケース③が有利となる。

また、図 2.3.2 の赤点線の右側は導水管路割合  $\alpha_1$  を 12% と設定して、一人一月当たりの負担額がそれぞれ 10 千円、7.5 千円、5 千円を超える区域を示している。

この場合、給水人口が 30 人の場合は送配水管延長が 1.9km (総管路延長では 2.2 km) より長い場合は、個人の負担額は 1 万円/人/月を超えることになる。

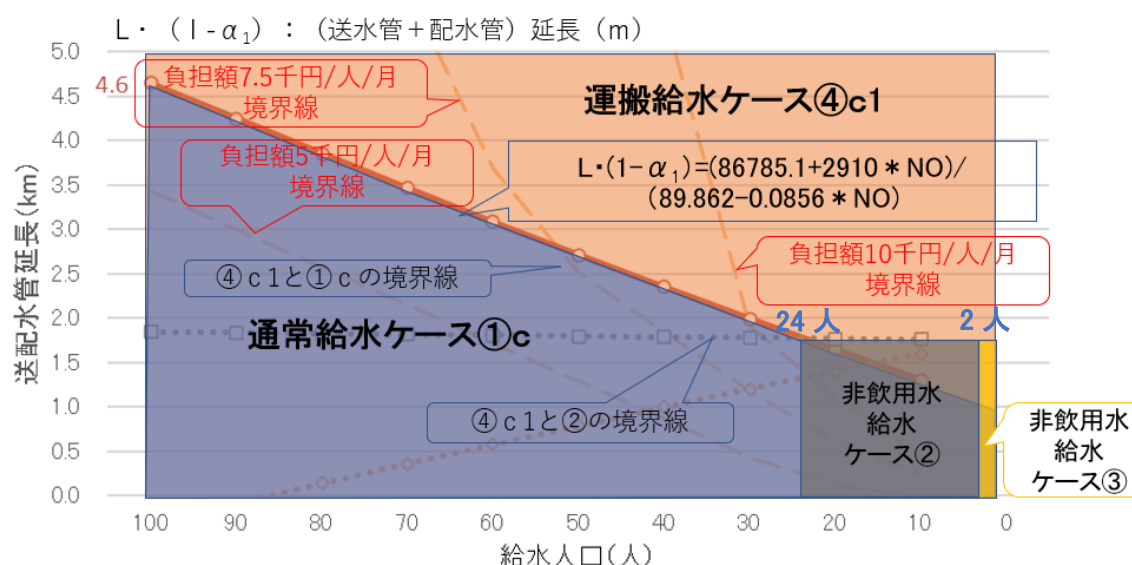


図 2.3.2 給水人口と送配水管延長 (ケース④c1) による優位な給水ケースの分類



## 2) 2 t タンク車を用いて各戸に運搬給水する場合 (ケース④c2)

今回のモデル地区のような中山間部等では、大きな車両では、各戸への進入路の確保が困難な場合も生じる。図 2.3.3 は、その対策としてより小型の 2 t タンク車を用いる場合である。この場合には、初期の給水人口が 100 人では、送配水管延長が約 6.7km、24 人では 2.0km となり、ケース④c1 と比べるとより送配水管延長の長いところに分岐点がある。これは 4t 車に比べ運搬の回数が増え、人件費等が増加するためである。

この場合、給水人口が 40 人の場合は送配水管延長が 2.8km (総管路延長では 3.2 km) より長い場合は、個人の負担額は 1 万円/人/月を超えることになる。

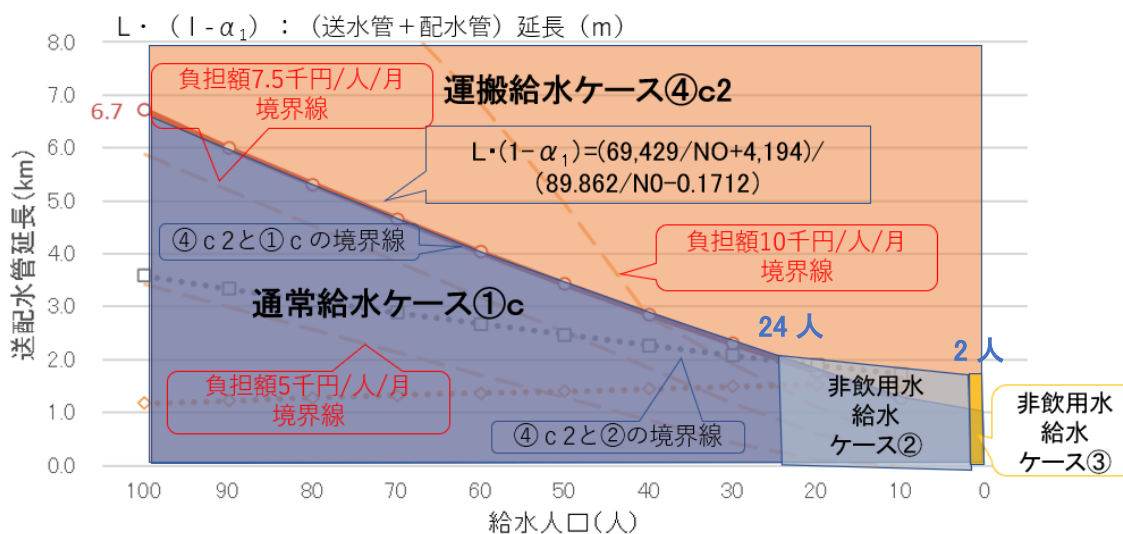


図 2.3.3 給水人口と送配水管路延長 (ケース④c2) による優位な給水ケースの分類

### 3) 4 t タンク車で運搬給水を配水池までとする場合 (ケース⑤c)

今回モデルとしたK村でも地形的に各戸へ直接運搬給水が困難な地域もあるが、ここでは過去に豪雨災害で破損した送水管の代替えとして給水車で配水池への給水が実施され断水が回避された実績がある。

図 2.3.4 は、こうした実態を踏まえ、浄水処理した水道水を、地区内に点在する各戸ではなく配水池に運搬給水する場合である。

この場合には、運搬給水とその他の給水形態との優位性の境界線は給水人口と送水管延長で決定され、初期の給水人口が 100 人では、送水管延長が約 3.6km、24 人では約 1.50km となる。地区周辺に水源がなく、遠方から送水管で配水池まで給水する必要がある場合に、この運搬給水方式は優位になる可能性がある。

この場合、給水人口が 100 人の場合、送水管延長が 0.8km で総管路延長が 7.2 km より長い場合は、個人の負担額は 1 万円/人/月を超えることになる。

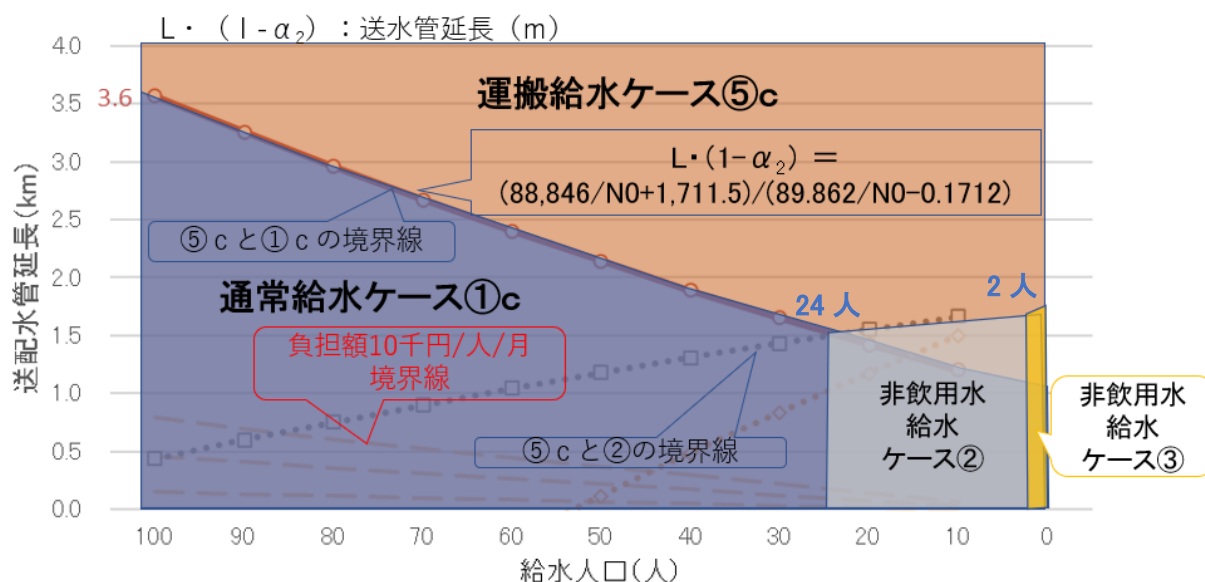


図 2.3.4 給水人口と送水管延長 (ケース⑤c) による優位な給水ケースの分類

### 3. 今後の課題

今回の検討で、小規模水道の課題解決に向けては、施設の統合や補助金の確保だけでなく、近くに水源を確保する自立分散型システムや運搬給水や非飲用水の給水など多様な給水形態の導入が有効となることが明らかとなった。また、今後の望ましいシステムの汎用的な評価手法についても検討したが、今回の検討では金利や人件費などの維持管理費は考慮しておらず、これらが評価結果に及ぼす影響の検討を行う必要がある。さらに、支払い限度額などを設定し、適正な費用負担額となるよう制度面や技術面での対応案を検討していく必要がある。

## <別添参考資料>

### 2.1 シミュレーションの簡便化手法について

#### (1) 給水人口推計式

将来人口の推計は、簡便一般化を図るため、次の指数式で近似することとした。

$$y = a \cdot \exp(-b \cdot i)$$

ここに、 $y$ : 町村人口 (人)、 $i$ : 経過年 (年) であり、ここで

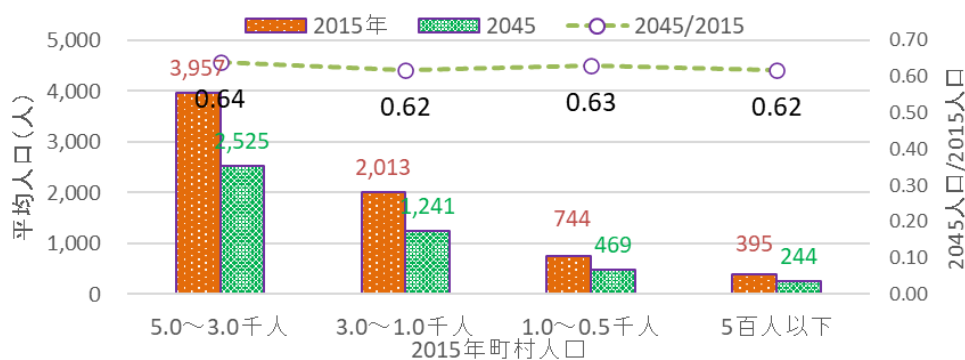
$N0$ : 2015 年人口 ( $x=0$ )、 $N30$ : 2045 年人口 ( $x=30$ )、 $\Delta = N30/N0$

とすると  $b = \text{Log}(30\sqrt{\Delta})$ 、 $a = N0$  となり、簡水のある過疎町村の平均的な人口の減少比

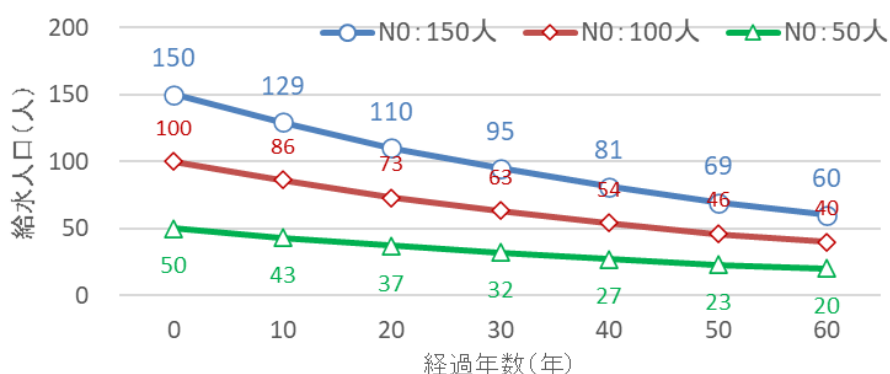
(別添図 2.1.1) から、 $\Delta$  (2045 人口/2015 人口) を 0.63 としして次式を得た。

$$N_i = N0 \cdot \exp(-0.01593 \cdot i)$$

これによれば、現在の給水人口が 150 人であっても、30 年後には、95 人と 100 人を下回ることになる (別添図 2.1.2)。



別添図 2.1.1 2015年から2045年の人口減少比



別添図 2.1.2 現時点の給水人口の今後の推移

#### (2) 一人一日当たりの水使用量

これまでのモデル地区の検討での使用水量は、実績値を用いていたが、一般化に当たっては簡易水道の補助基準等を基に、一人一日最大給水量を 300L/人/日、一人一日使用水量を 200L/人/日とした。

## 2.2 今後30年間の一人一月平均費用負担額の評価（評価2）について

### (1) 費用関数と給水形態ケース別の費用負担の算定式

浄水装置等について処理能力と費用の関係から、別添表 2.2.1~2.2.7 の費用関数を作成し、各給水形態ケース別に費用負担額の算定式を作成した（別添表 2.2.8）。

#### 別添表 2.2.1 建設費

		費用関数	適用
ア)	取水口 <sup>2)</sup>	$Y=1,147/20$ $y=4,713.7/N_i$	Tt, Ts : 20 年 $y=Y*1000 \times 30/365/N_i$
イ)	管路 <sup>3)</sup>	$Y=(0.0415 \cdot d+22.52) \cdot L/T_s$ $y=(3.41 \cdot d \times +1850.7) \cdot L/N_i/T_s$ $=67.374 \cdot L/N_i$	Tt : 30 年, 60 年、Ts:30 年 d : 50mm
ウ)	浄水施設 <sup>3)</sup>	$Y=(100.2 \cdot Q_1+411.9) / 20$ $y=(411.8 \cdot Q_1+1,693) / N_i$	Tt, Ts : 20 年
エ)	配水池 <sup>1)</sup>	$Y=(422.3 \cdot V_1+563.9) / 30$ $y=(1,157.1 \cdot Q_1+1,545) / N_i$	V1:Q1 × 1 (24h分)

Y : 年間費用 (千円/年)、y : 一人一月当たり費用 (円/人/月)、d : 管径 (mm)、L : 管路延長 (m) Q<sub>1</sub> : 処理能力 (m<sup>3</sup>/日)、N<sub>i</sub> : i 年の給水人口 (人)、

V<sub>1</sub> : 貯水容量 (m<sup>3</sup>) T<sub>t</sub> : 耐用年数 (年)、T<sub>s</sub> : 起債償還期間 (年)

#### 別添表 2.2.2 維持管理費

		費用関数	
オ)	取水口 <sup>2)</sup>	$Y=156/5$ 、 $y=2,564/N_i$	5 年に 1 回取水網交換
カ)	浄水施設 <sup>3)</sup>	$Y=2.36 \cdot Q_1$ 、 $y=194 \cdot Q_1/N_i$	
キ)	薬品注入装置 <sup>3)</sup>	$Y=0.5514 \cdot Q_1+57.6$ $y=(45.3 \cdot Q_1+4,734) / N_i$	

Y : 年間費用 (千円/年)、y : 一人一月当たり費用 (円/人/月)、Q<sub>1</sub> : 処理能力 (m<sup>3</sup>/日)

#### 別添表 2.2.3 水質検査費

		費用関数	
ク)	飲用水 52 項目 <sup>2)</sup>	$Y=598$ 、 $y=49,151/N_i$	$y = Y \cdot 1000 \cdot 30/365/N_i$
ケ)	非飲用水 11 項目 <sup>3)</sup>	$Y=9.4$ 、 $y=772.6/N_i$	"

Y : 年間費用 (千円/年)、y : 一人一月当たり費用 (円/人/月)、N<sub>i</sub> : i 年の給水人口

別添表 2.2.4 その他費用

		費用関数	
キ)	各戸型膜ろ過装置 <sup>3)</sup>	$Y=48.4$ $y=1,989$	48,400 円/年/2 × 30/365 世帯人口 : 2 人/世帯
ク)	宅配水費 <sup>3)</sup>	$y=3,000$	50 円/L × 2 × 30、飲用水量 : 一人一日 2 L
ケ)	各戸配水タンク <sup>2)</sup>	$y=342$	250,000 円/30/2 × 30/365

y : 一人一月当たり費用 (円/人/月)

別添表 2.2.5 運搬費ケース④c1

④c1	運搬の費用関数	算定式
車両費 <sup>2)</sup>	$z1=65,068/N$	$(10,000/20+10,000 \times 0.35/12) / Ni \times 30/365 \times 1000$
人件費 <sup>3)</sup>	$z2=(12.84+0.000428 \cdot L \cdot (1-\alpha_1)) \cdot q_3$	$((0.25+0.25 \times 3+ (L_2+L_3) / 30/1000) \times 1712/4 \times q_3 \cdot Ni/1000 \times 365) / Ni \times 30/365$

z : 一人一月当たり運搬費用 (円/人/月)、Ni : i 年の給水人口 (人)、

L: 総管路延長 (m)、L<sub>1</sub>: 導水管延長 (m)、L<sub>2</sub>: 送水管延長 (m)、L<sub>3</sub>: 配水管延長 (m)、

q<sub>3</sub>: 一人一日使用水量 (L/日)、 $\alpha_1 = L_1 / L$

4 t タンク車購入費 : 10 百万円、運転手人件費 : 1,712 円/h、一回給水件数 : 3 件

別添表 2.2.6 運搬費ケース④c2

④c2	運搬の費用関数	算定式
車両費 <sup>2)</sup>	$z1=52,055/N$	$(8,000/20+8,000 \times 0.35/12) / Ni \times 30/365 \times 1000$
人件費 <sup>3)</sup>	$z2=(19.26+0.000856 \cdot L \cdot (1-\alpha_1)) \cdot q_3$	$((0.25+0.25 \times 2+ (L_2+L_3) / 30/1000) \times 1712/2 \cdot q_3 \cdot Ni/1000 \times 365) / Ni \times 30/365$

2 t タンク車購入費 : 8 百万円、一回給水件数 : 2 件

別添表 2.2.7 運搬費ケース⑤c

⑤c	運搬の費用関数	算定式
車両費 <sup>2)</sup>	$z1=65,068/N$	$(10000/20+10000 \times 0.35/12) / Ni \times 30/365 \times 1000$
人件費 <sup>3)</sup>	$z2=(6.42+0.000856 \cdot L_2) \cdot q_3$	$((0.25+0.25) + L_2 \times 2/30/1000) \times 1712/4 \cdot Ni \cdot q_3/1000 \times 365) / Ni \times 30/365$

平均 1 回運搬距離 (m) : L<sub>2</sub> × 2

別添表 2.2.8 一人一月当たり費用負担額（評価1）算定式の一覧表

ケース	i 年後の費用負担額（評価1）算定式
①c	$y_{i1} = 67.374 \cdot L / Ni + (651.1 \cdot Qi(20) + 1,157.1 \cdot Qi(30)) / Ni + 64,401 / Nii$
②	$y_{i2} = 67.374 \cdot L / Ni + (605.8 \cdot Qi(20) + 1,157.1 \cdot Qi(30)) / Ni + 11,288 / Ni + 3000$
③	$y_{i3} = 67.374 \cdot L / Ni + 1,157.1 \cdot Qi(30) / Ni + 8,822.7 / Ni + 4,989$
④c1	$y_{i41} = 67.374 \cdot L \cdot \alpha_1 / Ni + (651.1 Qi \cdot (20) + 1157.1 \cdot Qi(30)) / Ni + 129,469 / Ni + (12.84 + 0.000428 \cdot L \cdot (1 - \alpha_1)) \cdot q_3$
④c1	$y_{i42} = 67.374 \cdot L \cdot \alpha_1 / Ni + (651.1 \cdot Qi(20) + 1,157.1 \cdot Qi(30)) / Ni + 116,456 / Ni + 342 + (19.26 + 0.000856 \cdot L \cdot (1 - \alpha_1)) \cdot q_3$
⑤	$y_{i5} = 67.374 \cdot L \cdot \alpha_2 / Ni + (651.1 \cdot Qi(20) + 1,157.1 \cdot Qi(30) * 2) / Ni + 131,014 / Ni + (6.42 + 0.000856 \cdot L \cdot (1 - \alpha_2)) \cdot q_3$

Ni: 給水人口(人), L: 総管路延長(m)

Qi(20)、Qi(30): 耐用年数 20、30 年の施設の i 年後の施設能力(m<sup>3</sup>/日)

L<sub>1</sub>: 導水管路延長(m)、L<sub>2</sub>: 送水管路(m)、L<sub>3</sub>: 配水管路延長(m)、

$\alpha_1 = L_1 / L$ 、 $\alpha_2 = (L_1 + L_3) / L$ ,

(2) 今後 30 年間の一人一月平均費用負担額の評価 (評価 2)

今後の人口減少を考慮し、ここでは今後 30 年間の一人一月平均費用負担額 (評価 2) を評価指標として、導入すべき最適な給水形態を検討した。

1) 30 年間の平均費用負担額 (評価 2) の算定式

各ケースの今後の  $i$  年次の費用負担額  $y_{i1} \sim y_{i5}$  (別添表 2.2.8) の式において、施設能力  $Q_i(20)$   $Q_i(30)$  に関しては、今後 30 年間で当初整備された各施設は、耐用年数経過後に更新されることから、人口推移の指数関数を用いて、

$$i: 5 \sim 20 \text{ 年 } Q_i(20) = Q_i(30) = N_0 \cdot \exp(-0.01593 \times 30) \cdot q_1/1000 = 0.2770 \cdot N_0$$

$$i: 25 \sim 30 \text{ 年 } Q_i(20) = N_0 \cdot \exp(-0.01593 \times 25) \cdot q_1/1000 = 0.20145 \cdot N_0$$

$$Q_i(30) = N_0 \cdot \exp(-0.01593 \times 30) \cdot q_1/1000 = 0.2770 \cdot N_0$$

となる。

これらの関係式を用いて各ケースの世代間の公平性を考慮した今後 30 年間の一人一月平均費用負担額の評価 (評価 2) は、5 年単位で平均して

$$\text{AVERAGE}(y(5):y(30)) = 1/6 (\sum_{i=5}^{20} y(i) + \sum_{i=25}^{30} y(i))$$

で算定される。

別添表 2.2.8 の各式に、これらの関係式を用い、 $q_1: 300 \text{ L/人/日}$  として各ケース別の評価 2 の費用負担額を求めると別添表 2.2.9 に示す式となる。

別添表 2.2.9 一人一月当たり 30 年平均費用負担額 (評価 2) 算定式一覧表

ケース	30 年後の費用負担額(評価 2)算定式
①c	$y_{301} = 89.862 \cdot L/N_0 + 642.7 + 85,896/N_0$
②	$y_{302} = 89.862 \cdot L/N_0 + 627.7 + 15,056/N_0 + 3,000$
③	$y_{303} = 89.862 \cdot L/N_0 + 427.5 + 11,767/N_0 + 4,989$
④c1	$y_{3041} = 89.862 \cdot \alpha_1 \cdot L/N_0 + 172,681/N_0 + 3,552.7 + 0.0856 \cdot L \cdot (1 - \alpha_1)$
④c2	$y_{3042} = 89.862 \cdot \alpha_1 \cdot L/N_0 + 155,325/N_0 + 4,836.7 + 0.1712 \cdot L \cdot (1 - \alpha_1)$
⑤	$y_{305} = 89.862 \cdot \alpha_2 \cdot L/N_0 + 174,742/N_0 + 2,349.6 + 0.1712 \cdot L \cdot (1 - \alpha_2)$

$N_0$ : 初期の給水人口 (人)  $L$ : 配管延長 (m)、 $\alpha_1 = L_1/L$ 、 $\alpha_2 = (L_1 + L_3)/L$

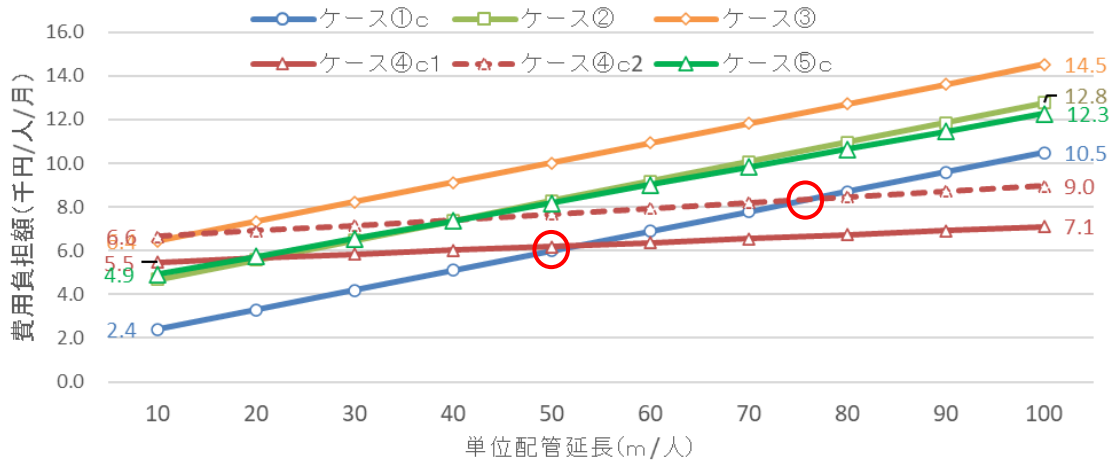
2) 当初人口 100 人の場合の今後の費用負担額 (評価 2) の推移

表 2.2.9 において、表 2.2.10 から  $\alpha_1$  を 12%、 $\alpha_2$  を 89% とすれば、当初の給水人口が 100 人の場合の今後 30 年間の平均費用負担額 (評価 2) は、別添図 2.2.1 となる。この図から、単位配管延長が 10m/人 の場合は、ケース①c が 2.4 千円/人/月と最も費用負担が少なく、これが 100m/人 になるとケース④c1 が 7.1 千円/人/月と最も少なくなる。また、通常ケース①c より費用的に有利となる運搬給水は、4 t タンク車を用いるケース④c1 では単位配管延長が 50 以上 (管路延長 5 km 以上)、小型の 2 t タンク車を用いるケース④c2 では 75 人以上 (管路延長 7.5 km 以上) の場合となる。

別添表 2.2.10 全国の簡易水道の管路等の状況

	事業数	単位配管延長 (m/人)	導水管率 (%)	送水管率 (%)	配水管率 (%)
過疎簡易水道	340	32.3	8.7%	10.0%	81.3%
5千人以下過疎簡水	200	33.3	9.1%	10.7%	80.2%
3千人以下過疎簡水	122	35.2	12.3%	11.0%	76.7%

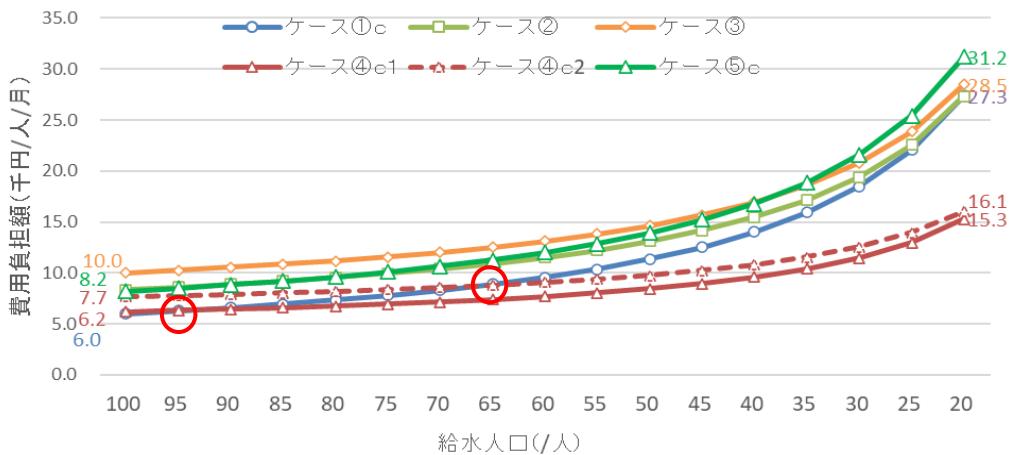
出典：簡易水道事業年鑑第42集（R2.3 総務省）



別添図 2.2.1 当初人口 100 人の場合の 30 年後の評価2による各ケースの負担額の比較

### 3) 総管路延長が 5,000m の場合

総管路延長を 5.0 km とすると、給水人口がケース④c1 では 95 人、ケース④c2 では 65 人より少ない場合に、通常のケース①c より運搬給水が有利となる（別添図 2.2.2）。



別添図 2.2.2 管路延長 5 千 km の場合の 30 年後の評価2による各ケースの負担額の比較



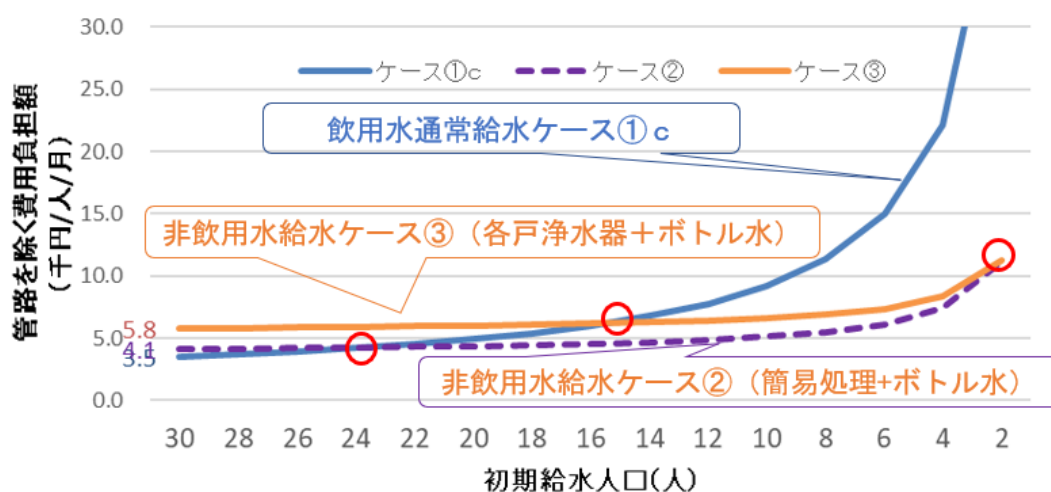
## 2.3 評価2による各ケース別30年後の費用負担の優位性の比較

各ケース別の費用負担額（評価2）の給水人口や管路延長による優位性は、各評価値の比較により求められ、以下の通りとなった。

### （1）通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③の場合

これらのケースでは、管路の建設費は同じであるため、それらを除く費用を給水人口との関係で比較すると、別添図2.3.1の通りとなり、以下の結果が得られる。

- 1) 当初の給水人口が24人以下なら通常供給ケース①cより簡易処理した非飲用水を供給し飲用水は宅配するケース②が優位となる。
- 2) 当初の給水人口が15人以下なら通常供給ケース①cより無処理の水を供給し各戸浄水器と宅配水で対応するケース③が優位となる。
- 3) 当初の給水人口が2人以下ならケース②よりケース③が優位となる。



別添図 2.3.1 通常給水ケース①cと非飲用水給水ケース②、③との関係

### （2）通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合

運搬給水は管路による給水をタンク車による運搬で代替えるものであり、管路建設費が減少する一方で運搬費が増加する。このため費用的な優位性は代替える管路延長と給水人口の関係で決定されることになる。

- 1) 通常給水ケース①と運搬給水ケース④c1の場合は表2.2.9の $y_{301}$ と $y_{3041}$ の比較から

$$L \cdot (1 - \alpha_1) = (86,785 / NO + 2910) / (89.862 / NO - 0.0856)$$

が得られる。

ここで $\alpha_1$ は総管路延長に対する導水管の割合であるから、 $L \times (1 - \alpha_1)$ は送水・配水管延長となる。

2) 通常給水ケース①と運搬給水ケース④c2の場合は同様に

$$L \cdot (1 - \alpha_1) = (69,429 / NO + 4,194) / (89.862 / NO - 0.1712)$$

となる。

3) 通常給水ケース①cと運搬給水ケース⑤cの場合は、同様に

$$L \cdot (1 - \alpha_2) = (1,706.9 \cdot NO + 88,846) / (89.862 - 0.1712 \cdot NO)$$

が得られる。

ここで $\alpha_2$ は総管路延長に対する導水管と配水管の割合であり $L \times (1 - \alpha_2)$ は、送水管延長となる。

(3) 非飲用水給水ケース②と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合  
同様に

ケース②とこれらの境界線は

$$\text{ケース④c1: } L \cdot (1 - \alpha_1) = (157,625 / NO - 75.02) / (89.862 / NO - 0.0856)$$

$$\text{ケース④c2: } L \cdot (1 - \alpha_1) = (140,269 / NO + 1208.98) / (89.862 / NO - 0.1712)$$

$$\text{ケース⑤c: } L \cdot (1 - \alpha_2) = (159,686 / NO - 1,278) / (89.862 / NO - 0.1712)$$

となる。

(4) 非飲用水給水ケース③と運搬給水ケース④c1、④c2、⑤cの場合  
同様に

ケース③とこれらの境界線は

$$\text{ケース④c1: } L \cdot (1 - \alpha_1) = (160,914 / NO - 1,864) / (89.862 / NO - 0.0856)$$

$$\text{ケース④c2: } L \cdot (1 - \alpha_1) = (143,557 / NO - 579.9) / (89.862 / NO - 0.1712)$$

$$\text{ケース⑤c: } L \cdot (1 - \alpha_2) = (162,974 / NO - 3,067) / (89.862 / NO - 0.1712)$$

となる。

### (5) 費用負担額による給水人口と管路延長の関係

別添表 2.2.9 の各ケース別の評価 2 による 30 年間の平均負担額の関係式から、負担額に対して給水人口と管路延長がどのような関係にあるかを求めた。

ケース①c では、負担額が  $y$  (円/人/月) の場合の管路延長  $L$  (m) は、初期の給水人口を  $N_0$  (人) として

ケース①c では

$$L = (y - 642.68 - 85,896 / N_0) \cdot N_0 / 89.862$$

と表せる。

ここで、

$$L = (L_1 + L_2) / (1 - \alpha_1) = L_2 / (1 - \alpha_2)$$

から、

$$\alpha_1 : 0.12, \alpha_2 : 0.89 \text{ とすれば、}$$

ケース①c :

$$(L_1 + L_2) = (y - 642.7) \times 0.009793 \cdot N_0 - 841.2$$

$$L_2 = (y - 642.7) \times 0.001224 \cdot N_0 - 1051.5$$

となる

同様に

$$(L_1 + L_2) = (y - 3,627.7) \times 0.009793 \cdot N_0 - 147.44$$

$$L_2 = (y - 3,627.7) \times 0.001224 \cdot N_0 - 18.43$$

ケース③:

$$(L_1 + L_2) = (y - 5416.5) \times 0.009793 \cdot N_0 - 115.2$$

$$L_2 = (y - 5,416.5) \times 0.001224 \cdot N_0 - 14.4045$$

運搬給水に関しては

ケース④c1:

$$(L_1 + L_2) = (y - 172,681 / N_0 - 3,552.7) / (0.0856 + 12.254 / N_0)$$

ケース④c2:

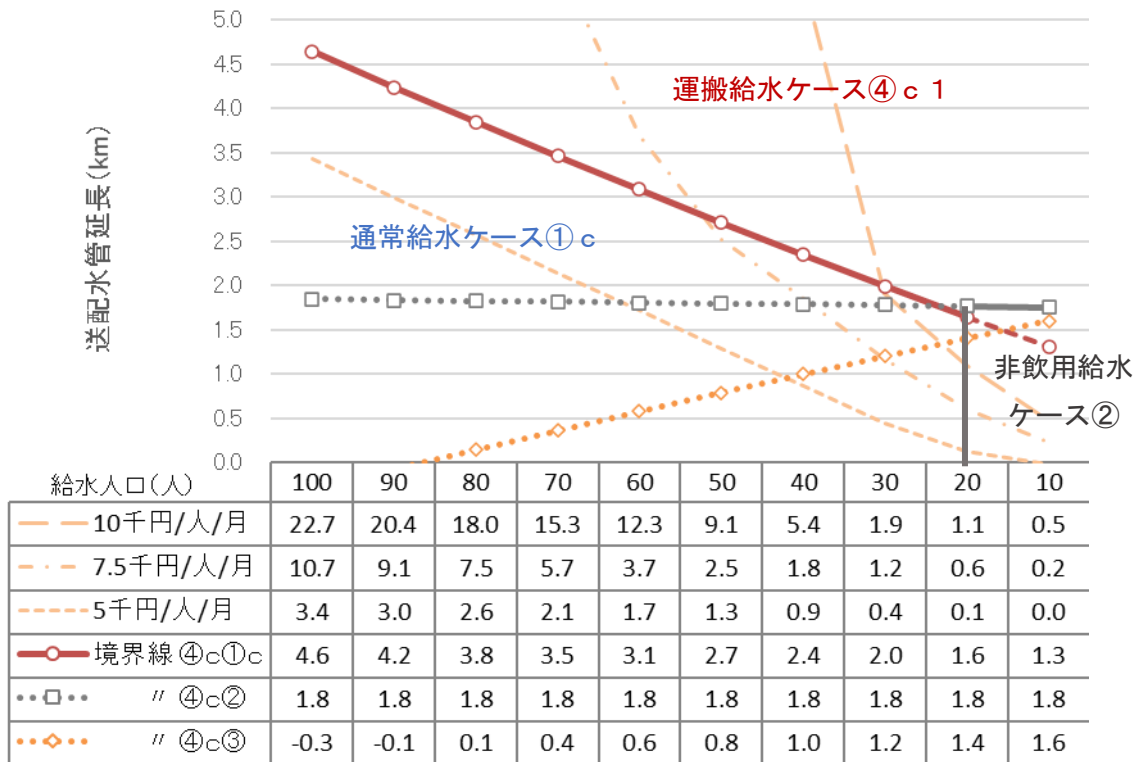
$$(L_1 + L_2) = (y - 155,325 / N_0 - 4,836.7) / (0.1712 + 12.254 / N_0)$$

ケース⑤c:

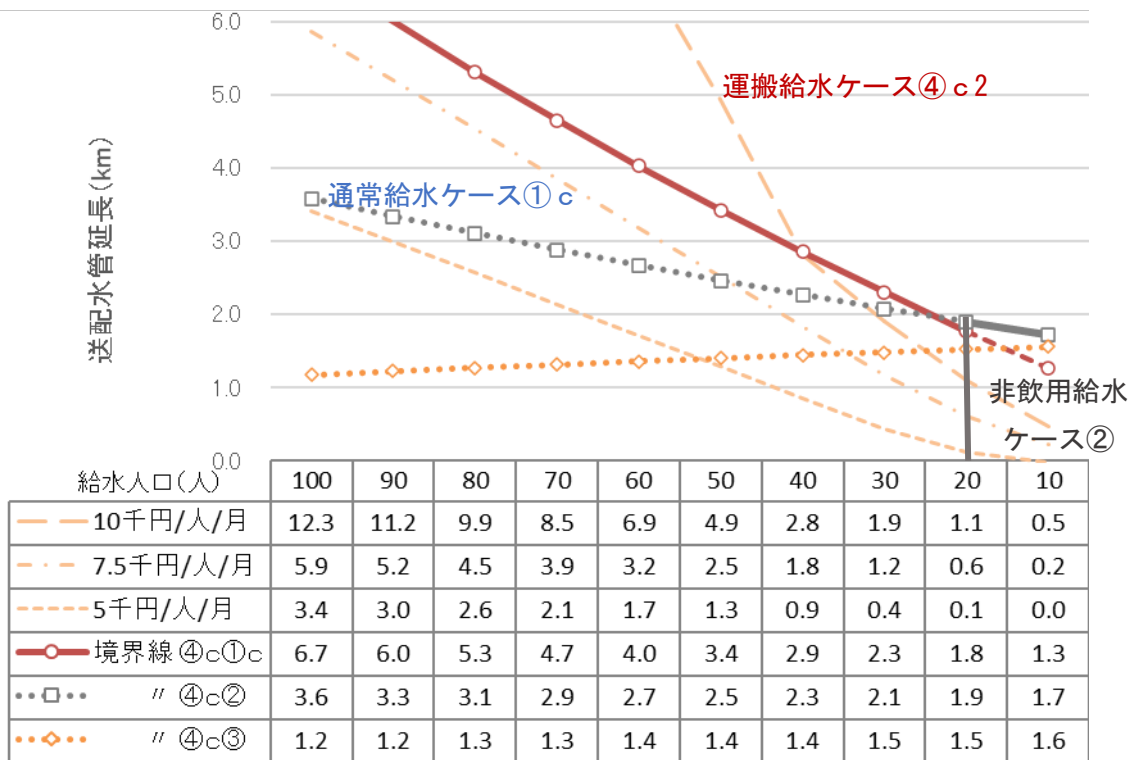
$$L_2 = (y - 174,742 / N_0 - 2,349.6) / (0.1712 + 727.07 / N_0)$$

となる。

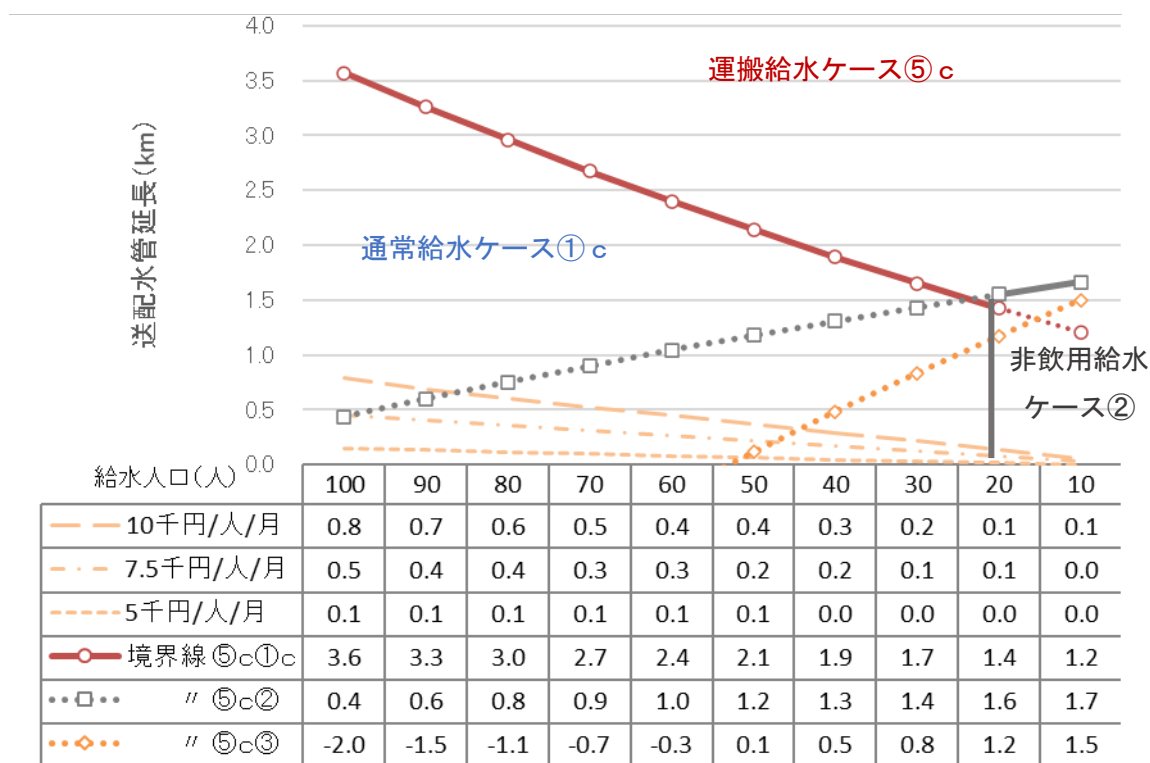
別添図 2.3.2~2.3.4 は、負担額 10 千円、7.5 千円、5 千円に対する管路延長と給水人口と関係を各給水形態ケース別の優位性の境界線とを同じグラフで示したものである。



別添図 2.3.2 送・配水管延長と給水人口に対する給水ケース④c1の境界線と負担額との関係



別添図 2.3.3 送・配水管延長と給水人口に対する給水ケース④c2の境界線と負担額との関係



別添図 2.3.4 送水管延長と給水人口に対する給水ケース⑤cの境界線と負担額との関係

<参考文献>

- 1) 厚生労働省, 小規模集落における給水手法に関する調査報告書 (H25. 2)
- 2) 厚生労働省, 人口減少地域における料金収入を踏まえた多様な給水方法に関する調査報告書 (H29. 3)
- 3) 厚生労働省, 人口減少地域における多様な給水方法の検討に関する調査 (H30. 3)
- 4) 厚生労働省, 人口減少地域における多様な給水方法の検討に関する調査 (R2. 3)