

D Xによる持続可能な小規模水道構築に向けた研究

(株) 日水コン 九州水道部
金田 修司

研究開発の背景

「人がいない、施設の維持・更新が大変、金がない」

ヒト、モノ、カネの問題を
解決するために



- 更新・耐震化計画
- 再構築
- 官民連携
- 広域化 などの検討

しかし、山間部・離島では・・・

主に費用対効果の観点から、これら**検討の対象外**、
または**優先順位が非常に低くなる**ことが多い。

研究開発の背景

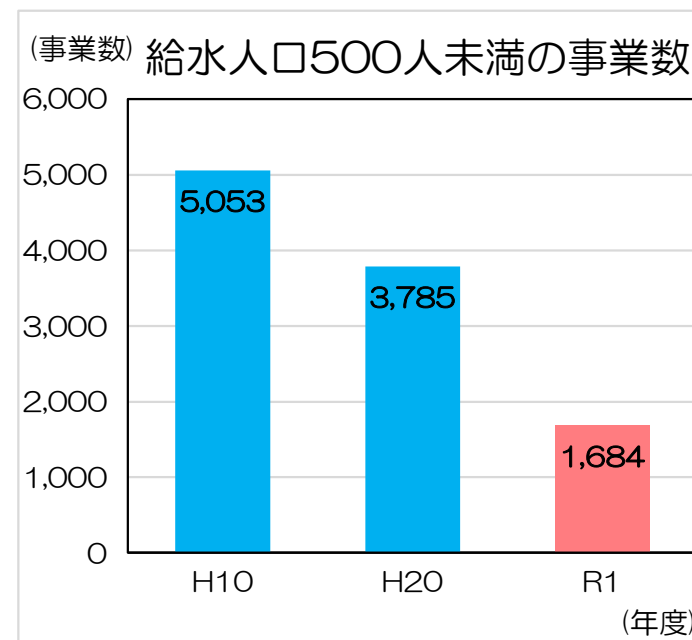
小規模水道の問題は山積み・・・

- 漏水や故障の頻発
- 再構築
- 安全な飲用水の確保等

取り残された状態

事業をいかに持続させられるかは大きな問題

例えば給水人口500人未満の事業であれば、令和元年で1,684事業と、非常に多く存在している。現在までに減少した分は上水道への経営統合が行われたと考えられ、経営は上水道であっても、**実態は小規模水道と変わらない事業も依然として非常に多く存在している**と考えられる。



参照：簡易水道統計

小規模水道供給システムのニーズ

ターゲット 1

- ・未普及地域
- ・小規模水道の給水区域

飲料供給施設のデータ整理

ターゲット 2

- ・上水道及び簡易水道の給水区域内の過疎地域

水道統計より把握できる情報

- ・市町村別の箇所数、給水人口

- 20道県で、全国の8割以上を占める。
 - ・九州、北海道、四国（渇水頻発エリアを除く）
 - ・静岡県、和歌山県、茨城県、長野県
 - ・島根県、秋田県 など

- 1箇所当りの平均給水人口は41人

飲料水供給施設

都道府県番号	都道府県名	箇所数			計画給水人口			現在給水人口		
		公営 (箇所)	その他 (箇所)	計 (箇所)	公営 (人)	その他 (人)	計 (人)	公営 (人)	その他 (人)	計 (人)
01	北海道	78	236	314	6,657	15,039	21,696	5,040	7,985	13,025
02	青森県	6	17	23	444	1,149	1,593	332	1,090	1,422
03	岩手県	16	34	50	1,323	2,559	3,882	477	1,212	1,689
04	宮城県	0	19	19	0	1,587	1,587	0	1,587	1,587
05	秋田県	15	61	76	1,105	4,589	5,694	619	3,007	3,626
06	山形県	10	24	34	633	1,781	2,414	231	1,042	1,273
07	福島県	3	37	40	248	3,327	3,575	174	2,437	2,611
08	茨城県	0	135	135	0	12,605	12,605	0	9,370	9,370
09	栃木県	4	88	92	433	7,089	7,522	168	4,851	5,019
10	群馬県	13	12	25	1,029	892	1,921	518	423	941
11	埼玉県	2	23	25	170	1,954	2,124	73	929	1,002
12	千葉県	2	70	72	174	5,392	5,566	165	4,064	4,229
13	東京都	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	神奈川県	0	14	14	0	1,035	1,035	0	791	791
15	新潟県	24	29	53	1,729	2,277	4,006	652	900	1,552
16	富山県	4	3	7	350	265	615	53	66	119
17	石川県	15	75	90	959	6,120	7,079	253	4,075	4,328
18	福井県	26	18	44	1,364	1,018	2,382	748	422	1,170
19	山梨県	24	14	38	520	251	771	390	738	1,128
20	長野県	16	84	100	1,127	5,052	6,179	470	2,819	3,289
21	岐阜県	8	28	36	427	2,360	2,787	214	1,209	1,423
22	静岡県	126	114	240	9,988	8,851	18,839	3,482	4,311	7,793
23	愛知県	0	10	10	0	391	391	0	155	155
24	三重県	4	12	16	120	662	782	73	281	354
25	滋賀県	18	0	18	842	0	842	372	0	372
26	京都府	3	2	5	267	215	482	145	37	182
27	大阪府	2	1	3	126	100	226	43	35	78
28	兵庫県	0	1	1	0	87	87	0	93	93
29	奈良県	9	2	11	695	140	835	272	42	314
30	和歌山県	20	119	139	1,436	6,242	7,678	572	2,784	3,356
31	鳥取県	9	21	30	565	1,135	1,700	404	1,222	1,626
32	島根県	15	72	87	900	3,177	4,077	466	1,888	2,354
33	岡山県	15	10	25	1,226	688	1,914	518	429	947
34	広島県	3	15	18	287	961	1,248	177	938	1,115
35	山口県	25	14	39	2,014	1,605	3,619	691	640	1,331
36	徳島県	30	72	102	2,348	4,289	6,637	738	1,701	2,439
37	香川県	6	2	8	418	144	562	243	141	384
38	愛媛県	72	71	143	5,674	3,796	9,470	2,049	2,928	4,977
39	高知県	37	116	153	2,375	7,980	10,355	1,269	3,646	4,915
40	福岡県	10	7	17	300	430	730	506	386	892
41	佐賀県	13	13	26	936	1,074	2,010	521	563	1,084
42	長崎県	5	65	70	269	2,835	3,104	126	2,857	2,983
43	熊本県	45	157	202	2,753	10,346	13,099	1,922	9,655	11,577
44	大分県	39	233	272	3,078	22,704	25,782	2,094	11,256	13,350
45	宮崎県	13	173	186	924	11,609	12,533	392	5,474	5,866
46	鹿児島県	22	53	75	1,666	3,008	4,674	840	2,305	3,145
47	沖縄県	1	0	1	55	0	55	4	0	4
計		808	2,376	3,184	57,954	168,810	226,764	28,496	102,784	131,280
20道県		594	2,057	2,651	44,918	145,559	190,477	21,794	87,088	108,882
		74%	87%	83%				76%	85%	83%
		1箇所当たり			35	43	41			

秋田県の統計書

市町村名
地区名
竣工年月
経営主体（公営／非公営）
計画給水人口（人）
給水区域内現在人口（人）
現在給水人口（人）
給水戸数（戸）
計画1日最大給水量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）
計画一人一日最大給水量（ $\ell/\text{日}$ ）
原水の種別
浄水施設の種別
配水方式
実績1日最大給水量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）
実績1日平均給水量（ $\text{m}^3/\text{日}$ ）
実績年間給水量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）
実績年間有収水量（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）
料金体系
水道料金

静岡県の統計書

市町村名
地区名
竣工年月
経営主体
計画給水人口（人）

現在給水人口（人）

原水種別
浄水施設種別
配水方式種別

料金体系
水道料金

島根県の統計書

市町村名
施設名
竣工年月日
経営の種別
計画給水人口（人）
給水区域内現在人口（人）
現在給水人口（人）
給水戸数（戸）
計画1日最大給水量（ m^3 ）

原水の種別
浄水方法

データがそろっている秋田県を例に分析

人口の将来見通し【秋田県】

- ❑ 秋田県の人口は、2020年の94.2万人から、2050年には53.9万人（約43％減）に減少する。
- ❑ 上水道・簡易水道の給水区域より、給水区域外は人口減が大きい。
- ❑ 飲料水供給施設の給水区域は、2020年の4.1千人から、2050年には1.7千人（約58％減）に減少する。

（単位;人）

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
秋田県 行政区以内人口	942,190	885,285	814,295	744,014	672,617	601,649	538,656
上水+簡水 給水区域内人口	913,540	859,329	790,937	723,103	654,223	585,729	524,947
上水+簡水 給水区域外人口	28,650	25,956	23,358	20,911	18,394	15,920	13,709
うち、飲料水供給施設	4,091	3,639	3,213	2,826	2,446	2,059	1,723

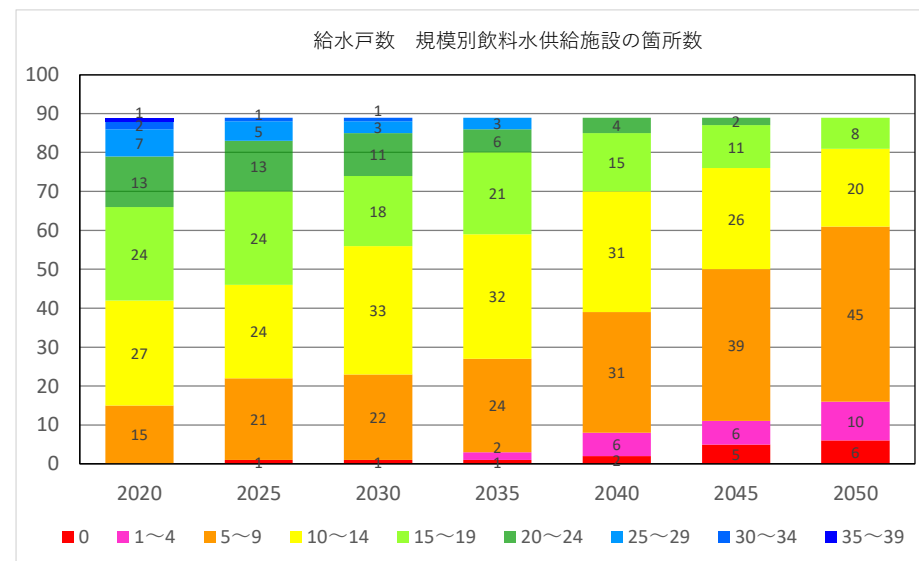
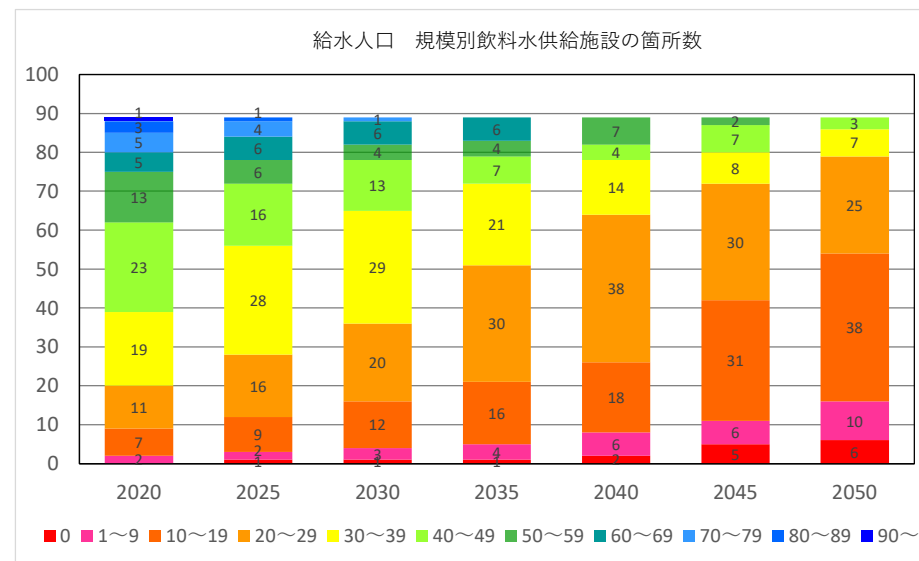
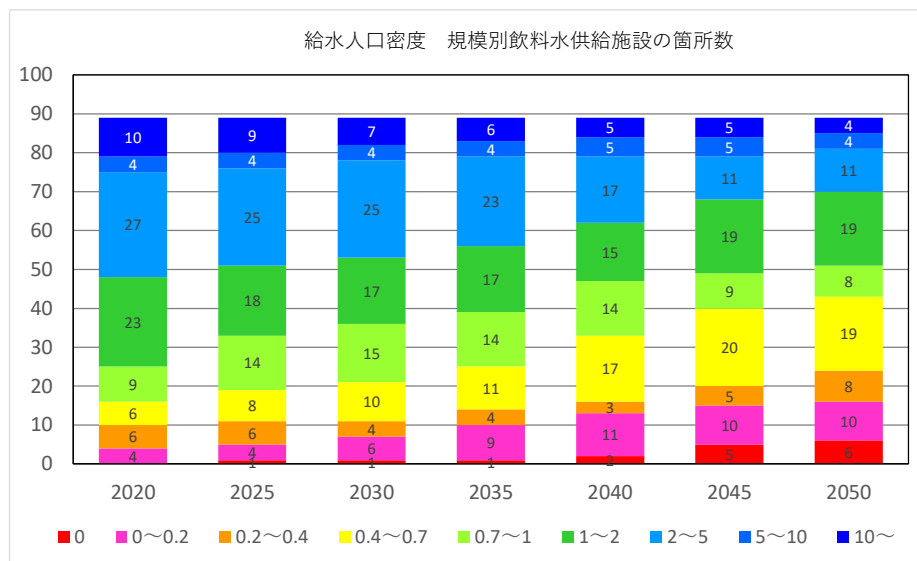
対2020年度比率

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
秋田県 行政区以内人口	100%	94.0%	86.4%	79.0%	71.4%	63.9%	57.2%
上水+簡水 給水区域内人口	100%	94.1%	86.6%	79.2%	71.6%	64.1%	57.5%
上水+簡水 給水区域外人口	100%	90.6%	81.5%	73.0%	64.2%	55.6%	47.8%
うち、飲料水供給施設	100%	89.0%	78.5%	69.1%	59.8%	50.3%	42.1%

秋田県の小規模水道（飲料水供給施設）

給水人口、給水戸数の将来見通し【秋田県】

- 人口減に伴い、小規模水道の給水人口、給水戸数は更に小さくなる。
- 秋田県内89箇所のうち、
2050年には6箇所が給水人口0人
2030年には16箇所が給水人口20人未満
2050年には54箇所が給水人口20人未満



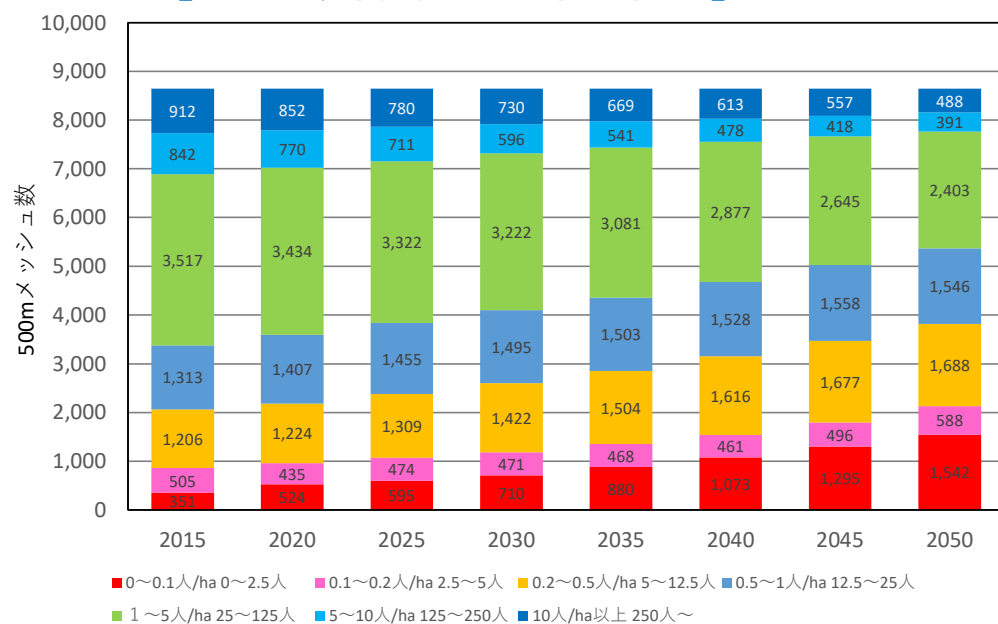
秋田県の500mメッシュ将来人口

□ 上水道と簡易水道の給水区域内にも、小規模供給システムに転換するニーズがある。

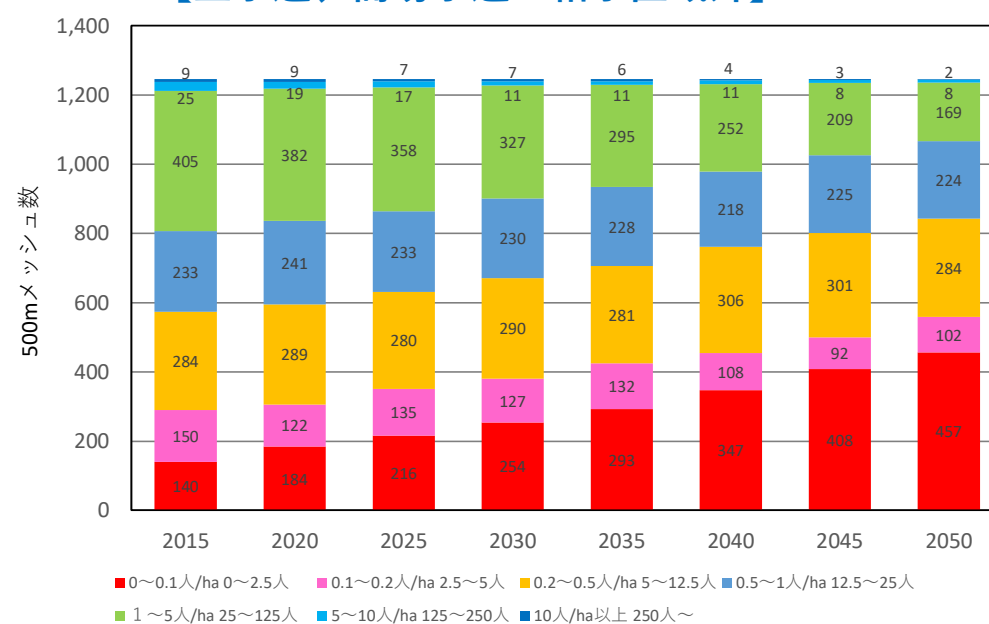
■ 0～0.1人/ha、500mメッシュ人口0～2.5人【人口0の箇所を含む】

■ 0.1～0.2人/ha、500mメッシュ人口2.5～5人

【上水道、簡易水道の給水区域】



【上水道、簡易水道の給水区域外】



研究開発の目的

数が多く、問題が大きく、かつ取り残されている小規模な水道を維持する方策を検討する。

→省力化や自動化の検討にてヒトやモノに代わる技術と、従来の手法によらない資金調達の方策を研究することでカネの問題にもアプローチし、小規模水道を取り残さないための手法を検討する。

省力化や自動化の検討

ヒトやモノに代わる技術

**従来の手法によらない
資金調達の方策の研究**

カネの問題にアプローチ

小規模水道を取り残さないためのDX活用方法を検討する。

小規模水道の課題（既存調査）

分類	課題	顕在化している問題
ヒト	人口減少、過疎化、高齢化、給水量の減少の進行	集落にとって負担が重い維持管理作業（設備の点検、清掃、薬液補充、検針、集金等）
	上水道事業への統合、現況把握が十分にできていない等の要因により、状況把握が難しい。	行政側・自らが、何が問題なのかが把握できない、問題であることも分からない
モノ	漏水、高濁度時等、非常時の対応	飲用水の安全性に関するリスク 断水リスク
	施設の老朽化が進んでいるの、資金不足（組合営等）、優先順位が低い（公営）等の理由により、計画的な更新は行われない。	故障してから対応する等の事後対応であることが多い。 上水や簡水の基準で整備を考えると過大設備にならないか？
	安定的、衛生的な水供給が行われていない（適切な維持管理が行われていない、水質が良好で無消毒等）	飲用水の安全性に対するリスク 非常時対応が脆弱
カネ	料金が無料、定額等（本来必要な料金収入がない）	更新費が確保されない さらに人口減少が進んだらどうなるか？
	上水道への統合等今後の方針が決まっていないために放置状態	いつまでも状況が改善しない

【対策の方向性】

- ①人手不足に起因する問題（ヒトに代わる技術、デジタル化）
- ②従来とは異なる方法（法的な問題は別として）で対応できる可能性がある（簡略化）
- ③根本的な問題（必要なものがどうか？、資金調達）

どんな対策が有効なのか？

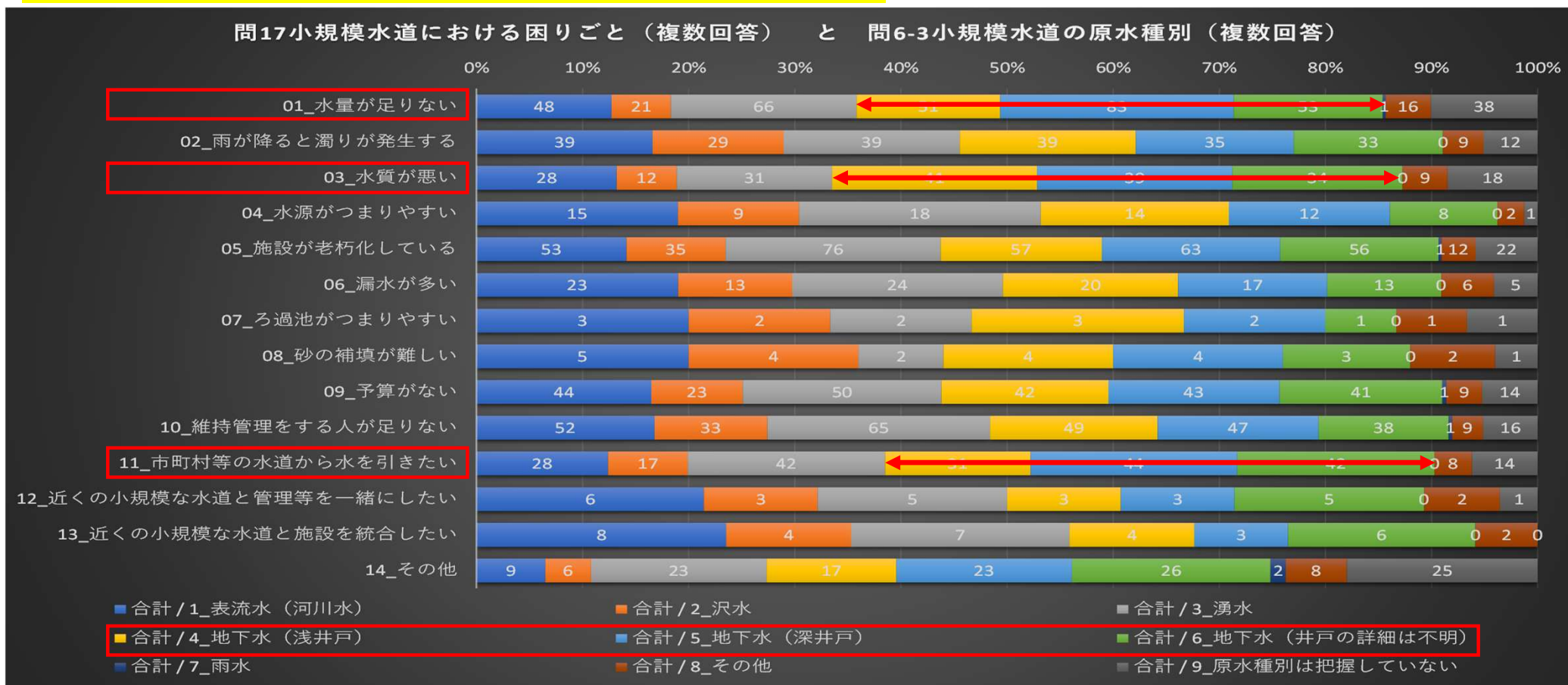
実際の困りごとから考察

【アンケート調査結果】クロス集計分析に選定した質問内容

No	質問内容	回答形式	選択項目
6-2	小規模な水道の状況 (経営種別)	複数回答	1_公営 2_民営 3_組合営 4_地元管理 5_非公営 6_民間委託 7_経営種別は把握していない
6-3	小規模な水道の状況 (原水種別)	複数回答	1_表流水(河川水) 2_沢水 3_湧水 4_地下水(浅井戸) 5_地下水(深井戸) 6_地下水(井戸の詳細は不明) 7_雨水 8_その他 9_原水種別は把握していない
6-4	小規模な水道の状況 (処理方法)	複数回答	1_消毒のみ 2_簡易ろ過 3_緩速ろ過 4_急速ろ過 5_除マンガン・除鉄 6_膜ろ過 7_紫外線処理 8_その他 9_処理方法は把握していない
16	小規模な水道を持続させる ために 他機関からの協力 (相談、助言等も含む)を 得たいと思いますか？	複数回答	1_国からの情報を得たい 2_都道府県や近隣市町村と協力したい 3_同一自治体の他部署と協力したい 4_地元のNPO等の民間団体と協力したい 5_大学や研究機関等の専門家と協力したい 6_他からの協力は必要ない 7_協力を得たいかどうかわからない(判断がつかない) 8_管内に施設がないためわからない 9_その他
17	小規模な水道に関する事項 で 困りごと を聞いたことは ありますか？	複数回答	1_水量が足りない 2_雨が降ると濁りが発生する 3_水質が悪い 4_水源がつまりやすい 5_施設が老朽化している 6_漏水が多い 7_ろ過池がつまりやすい 8_砂の補填が難しい 9_予算がない 10_維持管理をする人が足りない 11_市町村等の水道から水を引きたい 12_近くの小規模な水道と管理等を一緒にしたい 13_近くの小規模な水道と施設を統合したい 14_その他
20	情報提供を受けるのであれば、どのような内容に関心 がありますか？	複数回答	1_水道行政制度の活用に関する情報 2_衛生確保対策に関する情報 3_施設の維持管理方法等の技術的な情報 4_水質検査に関する情報 5_他の小規模な水道についての情報 6_その他

「厚生労働科学研究 小規模水供給システムの持続可能な維持管理に関する統合的研究(20LA0501)」の研究協力の一環として分析を実施

【クロス集計】問17 & 問6-3（原水種別） ※複数回答同士

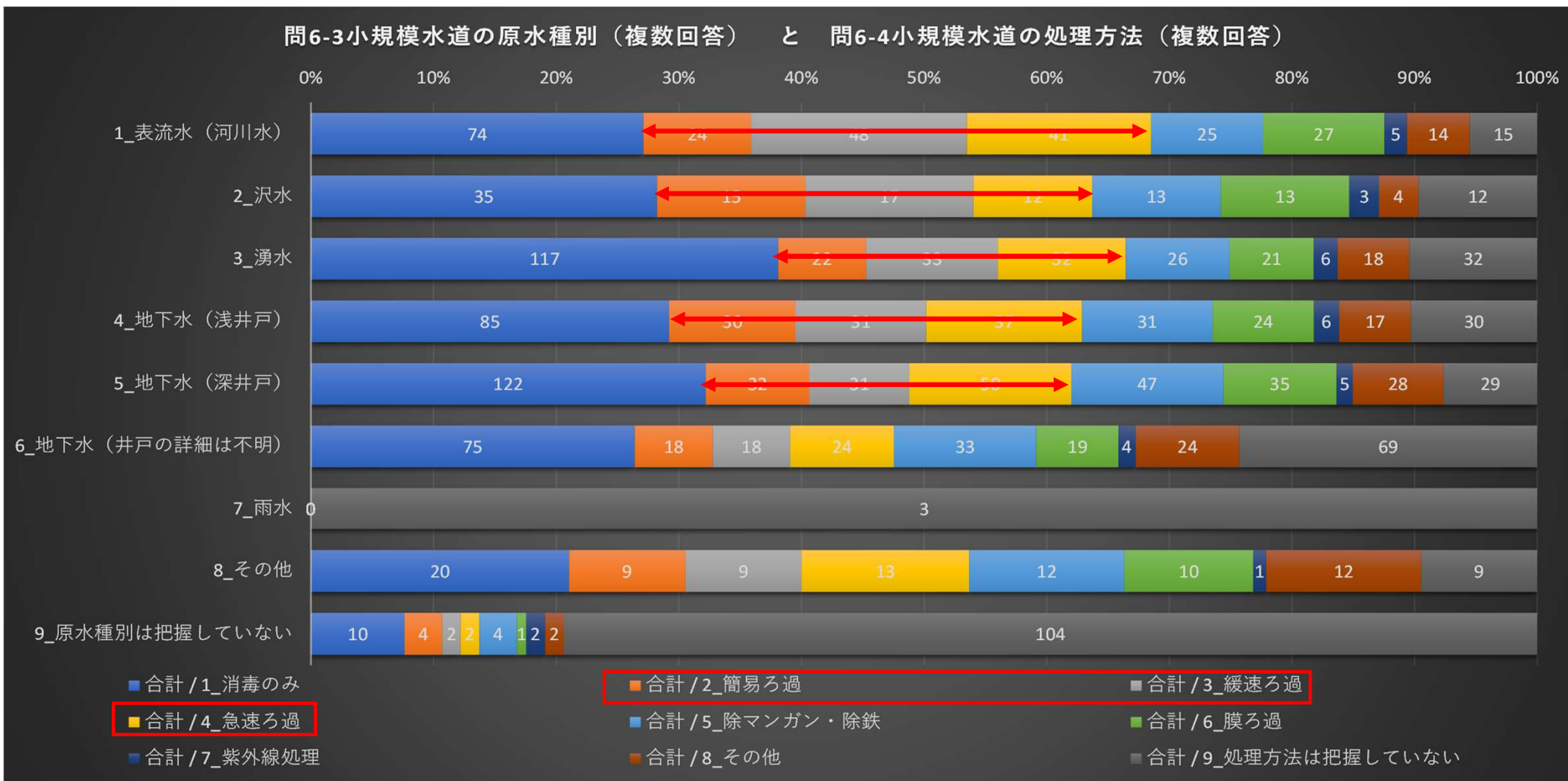


地下水の比率が大きい

- 水量が足りない
- 水質が悪い
- 市町村等の水道から水を引きたい

だいたひ困ってる可能性？
→処理方法は？

【クロス集計】問6-3（原水種別） & 問6-4（処理方法） ※複数回答同士

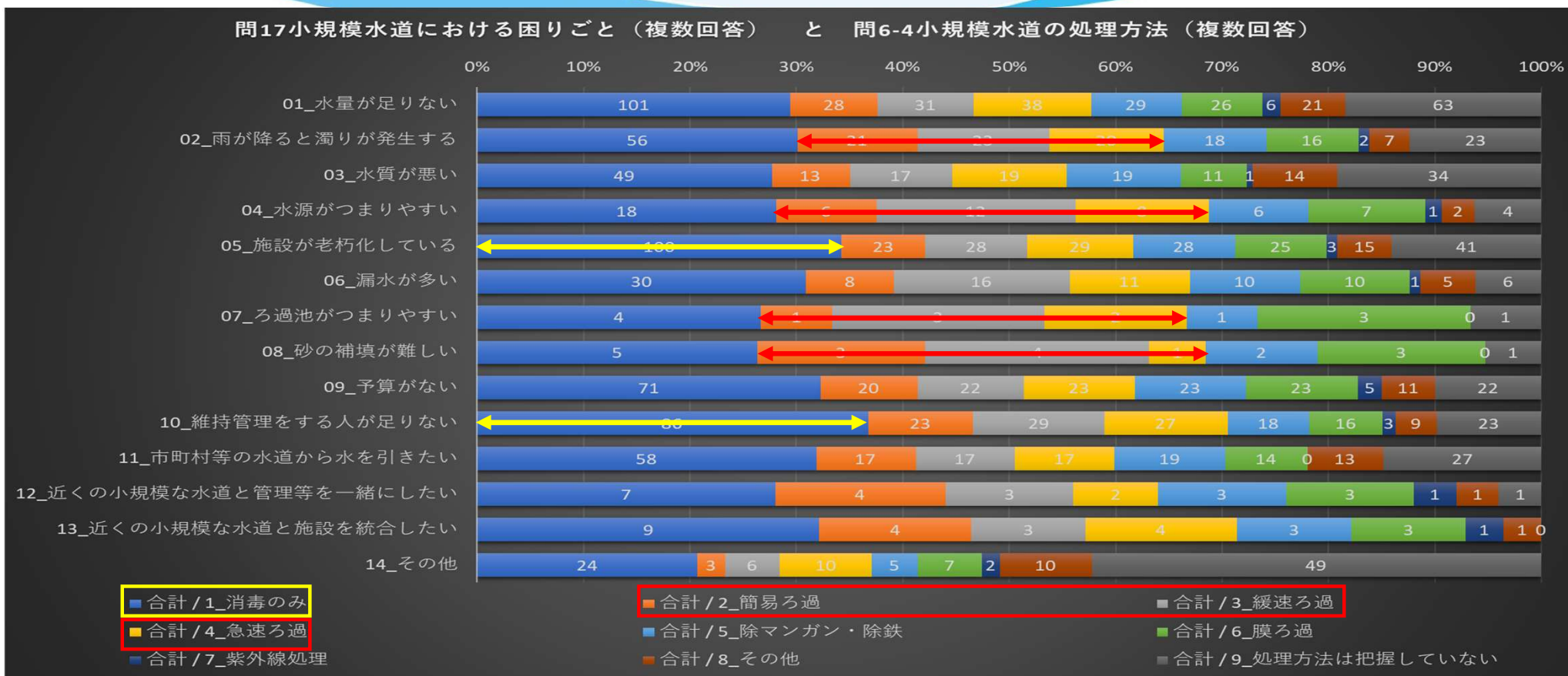


処理方法と水源種別

- 一番多いのは消毒のみだが、ろ過処理等を行う場合も多い
- 地下水水源でも、ろ過処理等行っている場合が多い

困りごとは処理方法による？

【クロス集計】問17 & 問6-4（処理方法） ※複数回答同士



「消毒のみ」で特に多い回答

- 施設が老朽化している
- 維持管理する人が足りない

維持管理（故障対応？）、次亜補給等の負担が大きい？

簡易ろ過、緩速ろ過、急速ろ過で特に多い

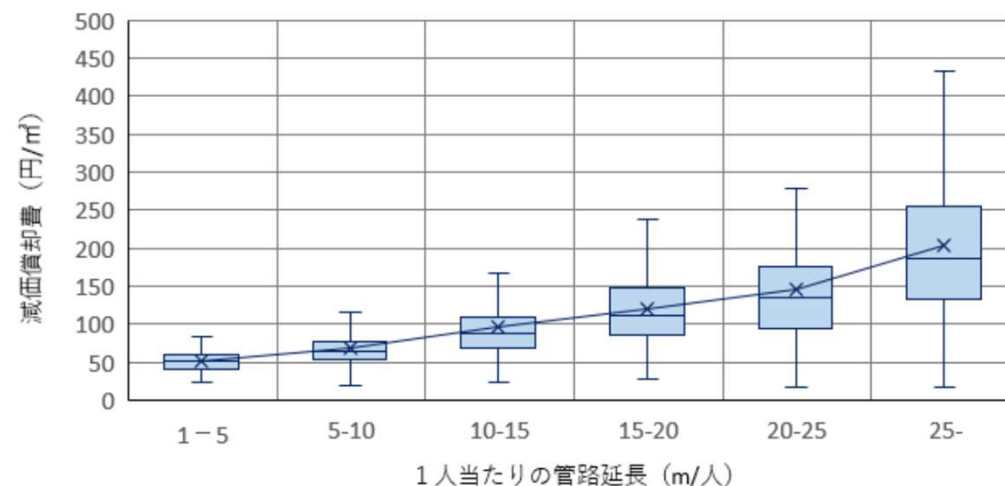
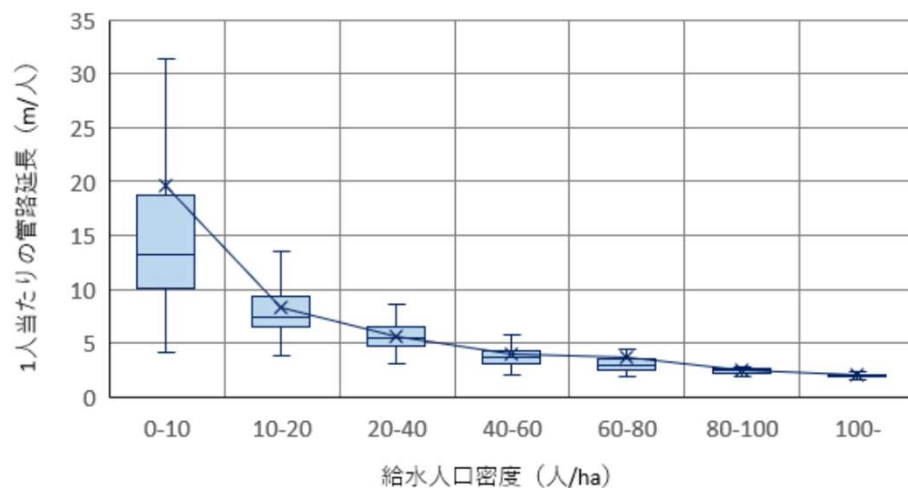
- 雨が降ると濁りが発生する
- 水源が詰まりやすい
- ろ過池が詰まりやすい
- 砂の補填が難しい

維持管理が大変そう
水処理がうまくいってない可能性？

老朽化への対応～管路整備

R2水道統計（上水道）

- 給水人口密度が小さいほど、1人当たりの管路延長は長くなる。
 - 1人当たりの管路延長が長いほど、減価償却費は高くなる。
- ⇒管路整備の効率性が給水原価を引き上げることが確認できる。



- 規模の小さな水道にとって、管路整備費の負担は非常に重たい

必要な対策

- 現状の問題

浄水設備(ろ過設備) があると維持管理が大変
ろ過設備があっても安全な水が供給できているか？
消毒のみでも、人は足りないし維持管理は大変
老朽化しても補修・更新が困難



- 浄水処理に係る維持管理手間の軽減と安全な水の供給
- 設備を維持するための費用の確保
- その他維持管理手間を軽減させるための対応策

小規模水道の類型分類

◆ 経営の健全性に関する指標				
①	C102	経常収支比率		(営業収益 + 営業外収益) / (営業費用 + 営業外費用)
②	C113	料金回収率		供給単価 / 給水原価
③	C112	企業債残高対給水収益比率		給水収益 / 企業債残高
④	C119	自己資本構成比率		(資本金 + 剰余金 + 評価差額など + 繰延収益) / 負債・資本合計
⑤	C104	累積欠損金比率		累積欠損金 / (営業収益 - 受託工事収益)
◆ 繰入金への依存度に関する指標				
①	C105	繰入金比率 (収益的収入分)		損益勘定繰入金 / 収益的収入
②	C106	繰入金比率 (資本的収入分)		資本勘定繰入金 / 資本的収入
◆ 施設の更新及び耐震化の取組状況に関する指標				
①	B501	法定耐用年数超過浄水施設率		法定耐用年数を超えている浄水施設能力 / 全浄水施設能力
②	B602	浄水施設の耐震化率		耐震対策の施された浄水施設能力 / 全浄水施設能力
③	B603	ポンプ所の耐震化率		耐震対策の施されたポンプ所能力 / 耐震化対象ポンプ所能力
④	B604	配水池の耐震化率		耐震対策の施された配水池有効容量 / 配水池等有効容量
⑤	B503	法定耐用年数超過管路率		法定耐用年数を超えている管路延長 / 管路延長
⑥	B605	管路の耐震管率		耐震管延長 / 管路延長
⑦	B504	管路更新率		更新された管路延長 / 管路延長
◆ 施設の効率性に関する指標				
①	B107	配水管延長密度		配水管延長 / 現在給水面積
◆ 職員の余裕度・過負荷状況に関する指標				
①	-	職員一人当たりの給水人口		現在給水人口 / 職員数
②	-	職員一人当たりの管路延長		管路延長 / 職員数
③	C124	職員一人当たり有収水量		年間総有収水量 / 職員数
④	B101	自己保有水源率		自己保有水源水量 / 全水源水量
⑤		職員一人当りの年間浄水量		

1. 指標の選択
ヒト、モノ、カネの
視点から赤い番号の指標を選択
12要因で分析する
2. サンプルの選択
まずは第一段階として上水道事業のみを
対象とする。
選択指標のデータが全てそろっている
サンプル数は219 (500人以下の簡易水道)

小規模水道の類型分類～主成分分析

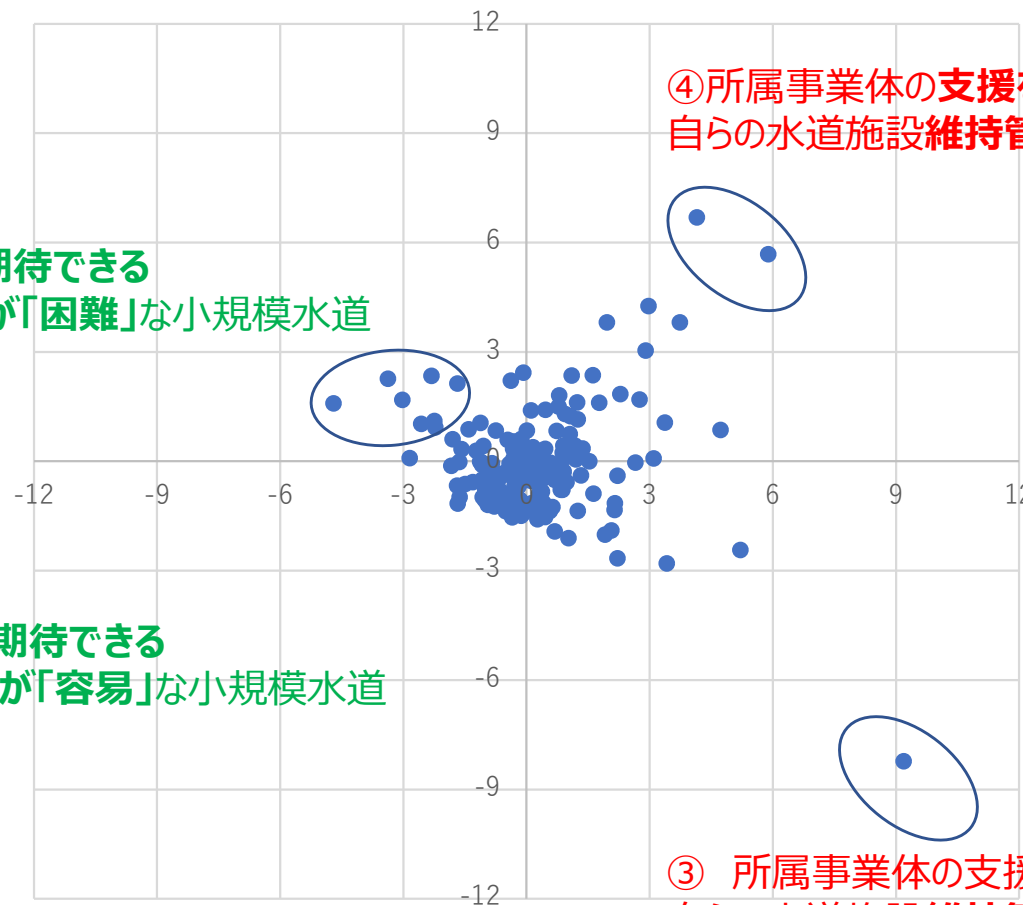
第二主成分：

簡易水道の維持管理手間等を表す指標

→高いほど簡易水道自身の維持管理が大変、非効率
(将来の事業の持続に向けた不安が大きい…?)

② 所属事業体の支援を期待できる
自らの水道施設維持管理が「困難」な小規模水道

① 所属事業体の支援を期待できる
自らの水道施設維持管理が「容易」な小規模水道



④ 所属事業体の支援を期待できない
自らの水道施設維持管理が「困難」な小規模水道

第一主成分：
所属している事業体の上水道事業の経営状況、維持管理手間等
を表す指標
→高いほど経営状況に余裕がなく
維持管理に手間がかかる
(小規模水道にかまてられない
い…?)

③ 所属事業体の支援を期待できない
自らの水道施設維持管理が「容易」な小規模水道

今後の検討の方向性

- ろ過処理等への適切な対応や、維持管理のための人の確保が、今後ますます困難になる状況が予想され、水道水の安定供給、安全性の確保に対する懸念が大きい。
- 浄水場をはじめとする水道施設の維持管理、更新に関しては、地理的条件や投資効果、事業数（箇所数）の多さ等により、行政の関与には限界があり、小規模な水道事業者自らが対応せざるを得ない状況が見受けられる。
- 特に管路整備は非常に大きな負担となるため、これに対する投資財源確保は大きな課題。



より小規模な単位での飲用水供給システム

小規模水道の課題と対策（例）

本研究でのテーマ		実際の課題	使えるもの	実現に向けた課題
ヒト	①	検針手間	スマートメーター等による自動検針システム	費用負担
		集金手間	スマートフォン決済等	費用負担・普及
			サブスク	周知・普及
	ヒトに代わる	漏水対応	AIで水道管路の劣化診断	費用負担・必要性
			衛星画像データとAIを活用した漏水検知システム	費用負担・必要性
		③	ウェアラブルカメラによる現場と遠隔地映像のリアルタイム共有	費用負担・必要性
			点検業務でのドローン活用	費用負担・必要性
		設備点検、維持管理	異業種コラボ、外部団体等の連携（ヒトの確保）	実施主体
維持管理手間を改善するツール （簡易な取水改善装置、ラジコン草刈り、等）			探索・周知・普及	
モノ	②	浄水施設の維持管理・安全な水	小規模浄水施設（膜、UV）（ユニット型）	費用負担、維持管理
		無消毒	家庭用浄水装置（浄水場、消毒設備の代替）	費用負担、メンテナンス、法との関連
		上水道、簡易水道の施設基準では過剰投資となる	従来とは異なる給水方法（運搬給水、拠点給水）	適用条件の制約
			安価で簡便な製品の採用（簡易な監視装置等）	周知・普及・製品開発
		設備投資の抑制	簡易監視装置	周知・普及・製品開発
		カネ	③ 新たな資金調達	老朽化施設の更新費用がない
初期投資が大きい				
維持管理費の負担が大きい				