

# 講演会「見えない地下水を守る下水道」

## ～大野市の水循環都市への挑戦～

### 報告書

開催日時：令和7年9月14日（日）午後1時30分～

開催場所：結とびあ305・306号室

主催：大野市 暮らし環境部 環境・水循環課、上下水道課

作成日：令和8年3月

## 目次

1. 開催概要.....	1
1.1 開催目的.....	1
1.2 開催日時.....	1
1.3 開催場所.....	1
1.4 内容.....	1
1.5 主催.....	1
2. 発表要旨.....	2
2.1 大野市の取組.....	2
2.1.1 大野市の水循環施策（環境・水循環課）.....	2
2.1.2 大野市の汚水処理の取組（上下水道課）.....	2
2.2 水質汚濁と下水道（香川大学 教授 山田佳裕氏）.....	3
2.3 大野は下水も宝物（大野市水循環アドバイザー 中野孝教氏）.....	3
3. 講演詳細.....	5
3.1 大野市の水循環施策（大野市 環境・水循環課）.....	5
3.2 大野市の汚水処理の取組（大野市 上下水道課）.....	10
3.3 水質汚濁と下水道（香川大学 教授 山田佳裕氏）.....	17
3.4 大野は下水も宝物（大野市水循環アドバイザー 中野孝教氏）.....	24
はじめに.....	24
1 水と衛生の歴史と大野市の下水処理.....	25
2 大野の下水処理と地下水質との関係.....	28
3 大野は下水も宝物.....	37
4. 付録.....	1
4.1 開催要項.....	1
4.2 チラシ.....	2
4.3 写真.....	3

4.4 来場者アンケート.....	4
問 1-1 汚水処理の理解度 .....	4
問 1-2 汚水処理の状況 .....	4
問 2 回答者の属性（年代・居住地区） .....	5
問 3 水のがっこうの認知度 .....	6
問 4 水の授業への参加の意向 .....	6
問 4-1 受けてみたい水の授業 .....	7
問 4-2 自由意見 .....	7

## 1. 開催概要

### 1.1 開催目的

大野市では、昭和 50 年代の初めから地下水位の観測を開始し、以降、市民による観測・揭示の継続、地下水質の検査、地下水構造の解析、研究機関等との共同研究などに取り組んできました。

現在は「大野市水循環基本計画」に基づき、市民・事業者・団体・国・県などと連携しながら、流域マネジメント（流域において関係する者が連携して活動すること）を進めています。

また、公共下水道事業は平成 15 年度に供用を開始し、整備を拡大してきたものの利用されているのは全体の約 4 割にとどまっています。

こうしたなか、大野市水循環アドバイザーの研究により、下水道などの汚水処理が地下水に良い影響を与えていることが明らかになってきました。本講演会では、その関係をわかりやすく紹介し、適切な汚水処理の促進と水を大切にする意識のさらなる普及を目指します。

### 1.2 開催日時

令和 7 年 9 月 14 日（日）午後 1 時 30 分～4 時 00 分

### 1.3 開催場所

結とびあ 305・306 号室

### 1.4 内容

大野市からの話題提供（環境・水循環課、上下水道課）

香川大学からの話題提供

大野市水循環アドバイザーの講演

### 1.5 主催

大野市 暮らし環境部環境・水循環課、上下水道課

## 2. 発表要旨

### 2.1 大野市の取組

#### 2.1.1 大野市の水循環施策（環境・水循環課）

大野市は、昭和 50 年代から地下水位や地下水質の継続的な観測を行い、地下水の保全と利活用に長年取り組んできた自治体である。大野盆地は、南部で涵養された地下水が北部の湧水地帯へ流れる「地下水盆」を形成しており、一つの自治体内で地下水の循環が完結する全国的にも珍しい地域である。この特性は、市民生活や水文化の継承に大きく寄与してきた。

近年は、人口減少や土地利用の変化、気候変動に伴う豪雨・渇水の頻発など、水循環を取り巻く課題が顕在化している。こうした状況を踏まえ、大野市では令和 3 年に「大野市水循環基本計画」を策定し、「健全な水循環による住み続けたい結のまちの実現」を基本理念として施策を推進している。

具体的な取組として、市内 34 本の観測井戸による地下水位の観測及び監視、水田湛水事業による地下水涵養、41 地点での地下水質検査などを継続的に実施している。特に硝酸性窒素濃度の長期的な低下が確認されており、生活排水対策の効果が示唆されている点は重要である。

また、「本願清水イトヨの里」や「越前おおの水のがっこう」を拠点に、市民や子どもたちを対象とした環境学習や啓発活動を展開している。地域の財産として次世代へ引き継ぐことを目指し、今後も官学民連携による水循環施策を進めていく方針を示した。

#### 2.1.2 大野市の汚水処理の取組（上下水道課）

大野市では、生活排水による水環境への影響を抑え、良好な生活環境を保全するため、公共下水道、農業集落排水、合併処理浄化槽の三つの方式を組み合わせた汚水処理整備を進めてきた。市街地は公共下水道、農村部は農業集落排水、家屋が点在する地域は合併処理浄化槽とし、地形条件や費用対効果を考慮した区域設定が行われている。

公共下水道事業は平成 8 年度に着手し、令和 6 年度末時点で計画区域の約 83%の整備が完了している。一方で、水洗化率は公共下水道区域で約 42%、市全体でも約 50%にとどまっており、水洗化率の向上が大きな課題となっている。市では、合併処理浄化槽の設置や「ご近所接続奨励金」などの排水設備工事に対する助成制度の実施、職員による個別訪問を通じて水洗化率の向上に取り組んでいる。

今後の課題として、人口減少社会の進行に伴う料金収入の減少が挙げられる。これに対応するため、大野市では「汚水処理施設最適化計画」を策定し、農業集落排水施設の公共下水道への統合、処理場同士の統合、施設規模の縮小などを進め、維持管理費の縮減を図り、将来にわたり持続可能な汚水処理体制の構築を目指している。

汚水処理は水質保全だけでなく、市民の生活環境や地下水の安全性を守る基盤である。九頭竜川上流域に位置する自治体として、適切な汚水処理への理解と協力を市民に求めながら、健全な水循環の実現に貢献していく姿勢を示した。

## 2.2 水質汚濁と下水道（香川大学 教授 山田佳裕氏）

水質汚濁の本質的な原因と下水道の役割について、水環境科学の視点から解説した。水質汚濁の主因は有機物であり、その多くは人間活動に伴って排出される窒素やリンが水域で植物プランクトンを増殖させることにより発生する。有機物が分解される過程では酸素が消費され、酸素不足により生態系や水利用に深刻な影響が生じる。

湖や内湾で問題となるアオコや赤潮は、人為的に引き起こされた富栄養化の代表例である。本来の富栄養化は長い地質学的時間をかけた自然な湖沼の変遷を指すが、現在問題となっているのは人間活動による急激な栄養分の供給である。これにより、表層と深層の水が混合せず、深層で酸素欠乏が進行する。

こうした水質汚濁への対策として、日本では1970年代以降、水質総量規制が導入され、産業系・生活系・農業系の負荷削減が進められてきた。生活系負荷への対策の中核が下水道整備であり、下水処理により有機物の分解や窒素・リンの除去が行われている。

瀬戸内海や琵琶湖では、下水道整備の進展により水質が大きく改善してきた一方、水中の栄養成分の減少による水産業への影響など新たな課題も生じている。しかし、人間が意図的に水質を調整して生態系を制御することは困難であり、総合的な水質管理の重要性が強調された。

## 2.3 大野は下水も宝物（大野市水循環アドバイザー 中野孝教氏）

本講演では、講演者が約10年以上にわたり実施してきた大野市の地下水調査を基に、下水処理の進展が地下水質にどのような影響を及ぼしてきたのかを明らかにし、今後の水循環と下水の在り方について提言がなされた。結論として、市街地においては合併処理浄化槽よりも下水道への接続が地下水保全に有効であり、下水は負の遺産ではなく「宝物」として活用すべき資源であると示された。

### 1. 水と衛生の歴史と大野市の特徴

水と衛生は人類の歴史と密接に関わっており、日本でも幕末から明治にかけてのコレラ流行を契機に上下水道整備が進められてきた。現在、世界的にはSDGsの目標として「安全な水とトイレ」が掲げられているが、下水処理と水質監視はいまだ十分とは言えない。

大野市は地下水に恵まれ、1976年以降、全国的にも珍しい長期かつ継続的な地下水水質検査を実施してきた自治体である。一方で下水道普及率・接続率は全国平均より低く、浄化槽利用が多いという特徴を持つ。この蓄積された水質データを活用し、下水処理の実態と地下水質との関係を検証することが本講演の目的である。

## 2. 下水処理方式と地下水質の変化

大野市の地下水質は、下水処理の進展に応じて4つの段階に分けられる。

し尿汲み取りや単独処理浄化槽が中心だった時期には、大腸菌が継続的に検出されていた。1996年以降、合併処理浄化槽が普及すると、大腸菌は急減し、消毒効果が確認された。しかし一般細菌については、合併処理浄化槽の設置期にむしろ増加する傾向が見られ、浄化槽工事に伴う土壌攪乱や浅い地下水の影響が示唆された。

一方、硝酸性窒素や塩化物イオンといった溶存成分については、下水道整備が進み、市街地全体で接続が進んだ2010年以降に明確な減少が確認された。これらの成分は生活排水由来であることが、河川水との比較や塩化物イオンとの相関からも裏付けられた。合併処理浄化槽では処理水が地下に浸透するため、硝酸性窒素濃度の大幅な低下には限界があることが示された。

## 3. 市街地地下水の脆弱性

大野市の市街地は地下水位が高く、浅井戸が多い。このため湧水に恵まれる一方で、人為的影響を受けやすいという脆弱性を持つ。合併処理浄化槽設置期に見られた一般細菌や亜鉛濃度の上昇は、こうした地質・水文条件と密接に関係している。地下水を将来にわたって安全に利用するためには、土地利用や排水処理の在り方により慎重な配慮が必要である。

## 4. 下水と水質モニタリングの一体的推進

近年、PFASなどの新規懸念化学物質や耐性菌の問題など、水質リスクは多様化・複雑化している。すべての物質を網羅的に検査することは困難であり、地下水の流れや汚染源を把握した上で、効率的なモニタリングを行うことが重要である。そのためには、水質検査の結果を市民と共有し、下水道接続による改善効果を「見える化」する仕組みが不可欠である。

## 5. 結論—「大野は下水も宝物」

講演者は、長期水質データに基づき、市街地の地下水保全には合併処理浄化槽よりも下水道の方が優れていると結論づけた。下水道は単なる排水施設ではなく、資源回収や水循環の観点からも重要な社会基盤である。

大野市がこれまで培ってきた下水処理と水質監視の経験は、人口減少社会や途上国を含む世界にとっても価値ある知見となり得る。地下水と下水を対立的に捉えるのではなく、水循環の一部として統合的に活かすことこそが、地域の持続可能性につながるとして、講演は締めくくられた。

### 3. 講演詳細

#### 3.1 大野市の水循環施策（大野市 環境・水循環課）

大野市から「水循環施策」について話題提供しました。

近年になり、土地利用の変化、人口減少、地球温暖化など水循環を取り巻く課題が顕著となり、大野市が元々取り組んでいた「地下水保全」から「健全な水循環」の維持へと必要性が変化しました。具体的には、地域社会の変化、各地で水災害の頻発・激甚化が顕著となり、さらに、平成26年には「水循環基本法」が施行されています。

なお、右下の水循環が目指す姿とは、人の活動と環境保全に果たす水の機能が適切に保たれた状態のことを言います。

#### 近年の水循環を取り巻く状況の変化

土地利用の変化や人口減少、地球温暖化に伴う気候変動など様々な要因が水循環に変化を生じさせたことにより、洪水や水不足、生態系への影響など水環境を取り巻く様々な課題が顕著となっています。

このことから、「健全な水循環」の必要性が高まりました。

##### 地域社会の変化

都市域の拡大や人口構造の変化などが、流域の水循環に影響を与えており、地下水位や親水性の低下など様々な問題を引き起こしています。

##### 水災害の頻発・激甚化

洪水や地球温暖化の防止に寄与する貯留・涵養機能の維持・向上など、健全な水循環への取組を通じた安全・安心な社会の実現が求められます。

##### 水循環基本法の施行

水循環基本法が施行され、地方公共団体や事業者、住民等各主体の責務が明確化されています。



#### 水循環の目指す姿



令和3年2月策定の「大野市水循環基本計画」は、恵まれた水環境を守り、未来に引き継いでいくため、本市の更なる水環境の健全化に向けた水に関する総合計画です。基本理念を「健全な水循環による、住み続けたい結のまちの実現」とし、基本理念を実現させるために①流域マネジメントの推進 ②水循環に関する人材の育成と水文化の継承 ③災害や気候変動、地下水障害等への対応の3つの基本方針を定めています。現在、この計画に記載されている施策を進めているところです。（令和8年2月計画を改訂しています。）

#### 大野市水循環基本計画の策定（令和3年2月）

大野市の恵まれた水環境を守り、未来に引き継いでいくため、本市の更なる水環境の健全化に向けた水に関する計画

基本理念  
健全な水循環による、住み続けたい結のまちの実現  
～九頭竜川源流域の豊かな水環境を次世代へ～

「目指す姿」  
◆ これまでの地下水保全の取り組みを更に一歩進めて、水循環の健全化を目指します。  
◆ 恵まれた水環境の魅力高め、様々な市民ニーズやライフスタイルに対応した「健全な水循環のまち」として更なるステップアップを目指します。  
◆ 地域固有の水文化を次世代に継承することにより、豊かな社会の実現を目指します。

「健全な水循環のまち」のイメージ図

基本方針1 流域マネジメントの推進  
○ 貯留・涵養機能の維持・向上  
○ 水資源の適正かつ有効な利用の促進  
○ 健全な水循環を通じた地域活性化の推進

基本方針2 水循環に関わる人材の育成と水文化の継承  
○ 健全な水循環に関する教育、人材育成及び研究の推進  
○ 水文化の保存と継承  
○ 新たな水文化の創出に向けて

基本方針3 災害や気候変動、地下水障害等への対応  
○ 水災害等に対する防災・減災対策  
○ 気候変動が水循環に与える影響の調査研究と適応策の検討  
○ 地下水障害の防止と対策

右は、大野市の水資源の歩みです。昭和48年度には地下水対策審議会を設置し、52年度には、地下水保全条例を定め、冬季の地下水による融雪禁止を謳いました。

調査・観測においては、昭和50年度に地下水位調査を開始して以来、地下水の利用状況及び挙動の実態把握とその分析、可視化、水量と水質の保全、涵養、採取等に関する各種取組を総合的かつ継続的に実施しています。近年では、大学と連携した調査研究事業も実施し、これまでに12の大学等研究機関と連携しています。

50年近くに渡り、様々な取組を進めてきましたが、大野市では、地下水障害の予防や早期発見のために継続・定期的に観測・調査を実施してきました。この中で、地下水は流れていること、地下水位、地下水質について、説明します。

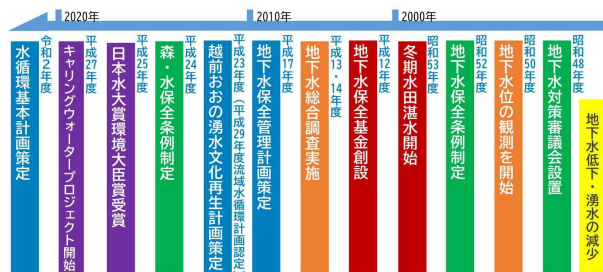
大野盆地の地形は、真名川沿いに真名川扇状地、清滝川沿いに木本扇状地が分布しており、真名川以東には岩層（がんせつ）なだれ堆積物で構成される塚原野台地が発達し、赤根川以西には湖沼性の低地が分布しています。真名川と赤根川の間は、扇状地となっており、その扇状地の南側の堆積土砂地盤で地下水が涵養され、北側の湧水地域へ流れ込む、地下ダム型（地下水盆）の地形となっています。

次ページの大野盆地の地下水断面のスライドでは、南にいくほど地下水面が高くなっていることがわかります。地下水は砂の粒の間や岩石の割れ目に蓄えられており、ゆっくりと南から北に向かって流れて行っています。（1日30m）利用可能な地下水がふんだんにあるだけでなく、一つの自治体内で地下水の流れが完結しているという極めて特異な水循環環境です。水が市民生活に深く関与し、独自の生活様式や文化を醸成しており、水循環・資源の研究フィールドとして産学官から注目されてきました。

## 大野市の水資源保全の歩み

越前おおの

1. ルール（守る）
2. 調査・観測（調べる）
3. 計画（目標）
4. 実施（動く）
5. 広報・周知（教える）



- 地下水の水質検査・・・水道水質40項目/市内41カ所
- 大学と連携した調査研究・・・12の大学等研究機関と連携

## 地下水の監視【地下水マネジメントの取組】

越前おおの

### 水循環の健康診断

病気(地下水障害)の予防や早期発見・早期治療のために、年に1回健康診断を受診しましょう。

**ポイント** マメに・詳細に・継続して

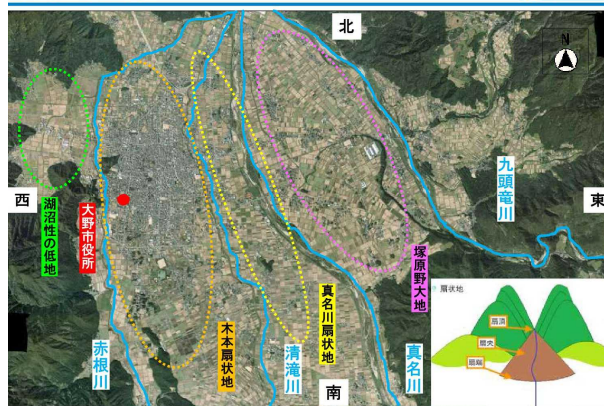
地下水の観測・調査等 健康診断

### 地下水に関する観測・調査等

現在継続中		過去に実施
①水位	井戸18本/常時,16本/毎日	1969年 貯存量調査
②水質	41カ所40項目/1回	1978年 地下水収支調査
③揚水量	用途別/年	1996年 雨水浸透実験
④湧水量	2カ所/常時	2001年 人口池涵養実験
⑤水温	井戸9本/常時	2003年 井戸実態調査
⑥地盤沈下量	1カ所/常時	2010年 水田湛水調査(米の収量・土壌成分)
		2011年 水田の減水深調査
		2013年～大学との共同研究

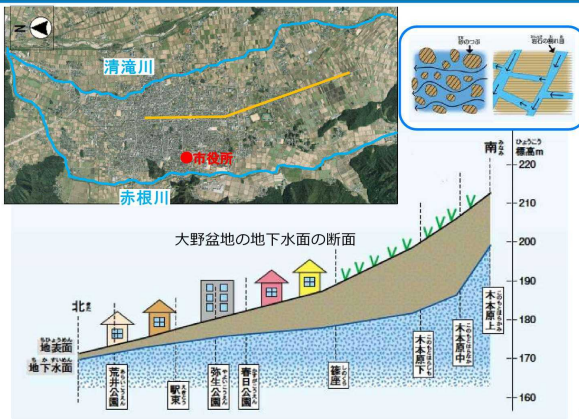
## 大野盆地の地形

越前おおの



## 大野盆地の地下断面

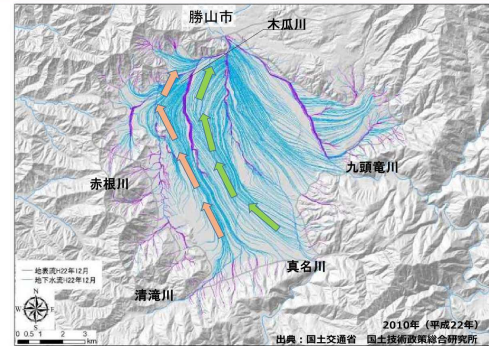
越前おの



## 大野盆地における地表水と地下水の流線図 (水の流れる向き)

越前おの

- 大野盆地の地下水は、大きく分けると2つの流れがある。
- 2つの流れはそれぞれ独立しているわけではなく、相関関係にある。
- 地表水と地下水の流向は概ね同じ

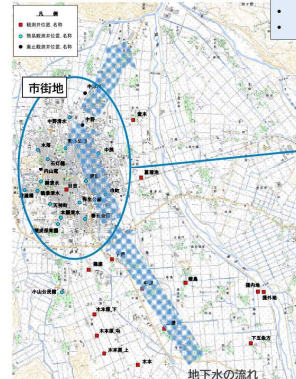


大野市の地下水位について説明します。水位は地下水域を面的に捉えて観測することが重要であり、大野市では、現在、図に示した34本の井戸で地下水位を観測しています。そのうちの、郊外の18本の井戸については1時間ごとに機械で365日観測しています。主に市街地の16か所については、市民が毎日、地下水位を手作業で計測し、その観測結果を観測井のそばにある掲示板に掲示しています。これによって、地下水位の見える化を行い、市民に情報提供を行っています。

## 地下水位の計測と監視、情報提供

越前おの

### 観測井位置図 (34本)



- 地下水域を面的に捉えて観測井を配置することが重要
- 昭和51年から市民の手による観測を継続
- ※観測は4ヶ所から開始



観測：ほぼ毎日1日1回

### 機械観測 (18本)



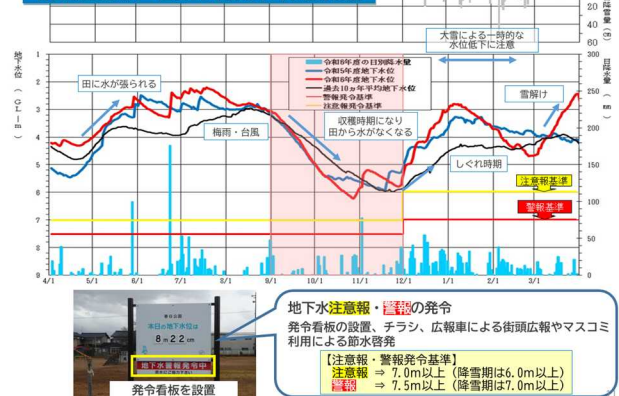
観測：1時間毎

右は、大野市の基準観測井の一つである春日公園の地下水位のグラフです。水田に水が張られる時期や降雨に応じて水位が上がり、田んぼが落水すると水位が低下します。12月頃のしぐれ時になるとまた水位が上がり、降雪によりまた水位が下がるということを繰り返しています。地下水位が著しく低下すると、写真にあるように、地下水位掲示板の下に、地下水注意報・警報の看板を取り付け、市民の皆様へ節水を呼びかけます。

## 地下水位の変動と障害の防止、市民への周知

越前おの

### 春日公園観測井 過去10年間の平均水位の変動



発令看板を設置

### 地下水注意報・警報の発令

発令看板の設置、チラシ、広報車による街頭広報やマスコミ利用による節水啓発

- 【注意報・警報発令基準】
- 注意報 ⇒ 7.0m以上 (降雪期は6.0m以上)
- 警報 ⇒ 7.5m以上 (降雪期は7.0m以上)

大野市では、地下水が下がる期間と冬の間、市街地の<sup>上流</sup>の田んぼに5か月間水を入れて、地下にたくさん水がしみこむようにする水田湛水事業を昭和53年度から実施し、令和2年度からは約40haで実施しています。

次に、地下水の水質ですが、大野市では、年に1回、41か所で採水して水質調査を実施しています。調査場所の選定につきましては、水位と同様に、地下水域全体を面的に捉えることが重要だと考えており、メッシュ毎に調査地点を設定して実施しています。

調査項目は水道法に定める水道水質基準51項目のうち、水道処理施設を介さない場合、検査が不要となる項目、例えば、塩素濃度などの11項目を除いた40項目を実施しています。令和6年度、7年度とも、地質由来で鉄やマンガンが出る地域を除き、全ての項目で水道水質基準に合致しています。令和6年度には、PFASの検査も行っており、問題がないことを確認しています。

地下水質の検査では、飲用に適していることを確認していますが、ある物質に注目をして検査を実施しています。一番下のグラフは、硝酸態窒素濃度の経年変化を示しています。窒素は、肥料分にも含まれていますが、生活雑排水にも含まれています。

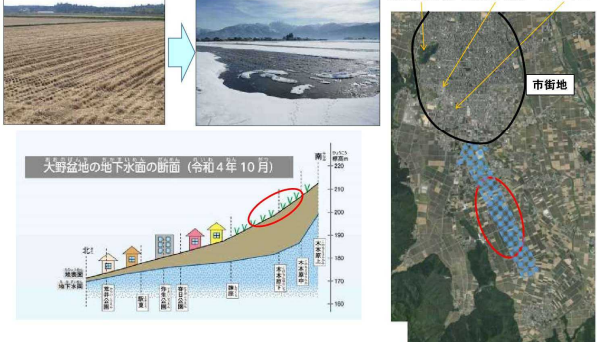
琵琶湖が生活排水により、富栄養化し、赤潮が発生するって、今は聞きませんが、昔はよくニュースで流れていました。水域を富栄養化させる、原因物質の一つが窒素です。

大野市内6箇所の経年変化を見ますと、平成20年代前半を境に下がってきているのが分かります。これが、本日の中野先生の講演につながります。

### 地下水の涵養

越前おの

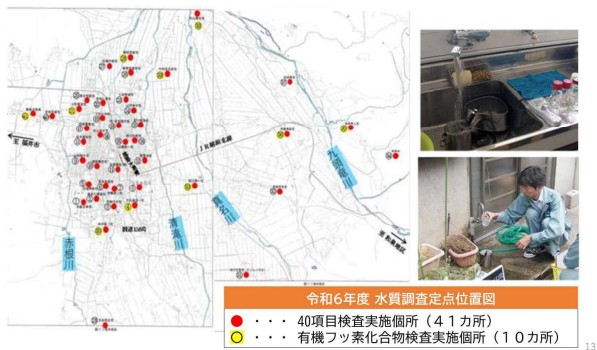
○ 冬期水田湛水事業(1978(昭和53)年度から実施)  
10月から2月の間、田に水を張って、地下にしみこませています。



### 地下水質の観測

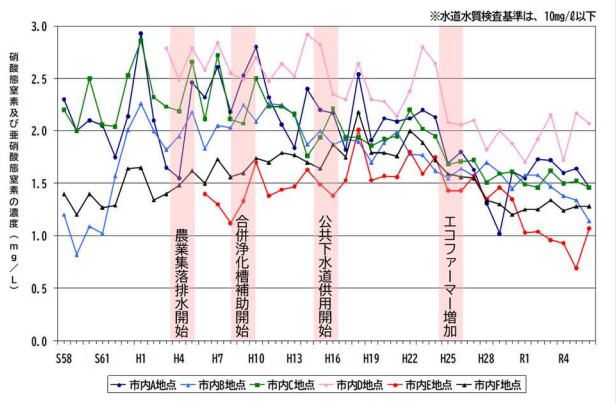
越前おの

- ・調査箇所は、水位と同様、地下水域全体を面的に捉えて設定することが重要。
- ・調査項目は、水道法による水道水質基準(51項目)より11項目少ない40項目。



### 硝酸態窒素濃度及び亜硝酸態窒素濃度の経年変化

越前おの



最後に、環境・水循環課から2つの施設をご紹介します。

1つ目は、本願清水イトヨの里です。人の手によって守られてきたのが本願清水とそこに住むイトヨは、一時、絶滅の危機にありました。現在は、4~5千匹の生息が確認できています。

市民や団体の活動により、市の魚である「イトヨ」保護の機運が高まり、天然記念物「本願清水イトヨ生息地」の抜本的な環境改善と「生息地」を地域の貴重な財産として保護し、生涯学習や環境学習の場として、平成13年に「本願清水イトヨの里」を開館しました。開館以降、大野市の水環境保全とイトヨ保護、市内小学生などの環境学習を実施しています。

2つ目は、水循環に関する人材の育成と水文化の継承を目的に、「水」について学べる施設「越前おおの水のがっこう」を令和2年3月22日の「世界水の日」に開設しました。水に関する資料が見られたり、本の貸し出しをしていたり、講座を開いたり、子ども向けのイベントを実施したり、水に関する学びを提供しています。

本日は、水循環の取組の一端をご紹介します。今後も、大野の水環境を守るため、市民の皆様のご理解とご協力をお願いします。ご清聴ありがとうございました。

本願清水と本願清水イトヨの里の整備



15

水の学習施設「越前おおの水のがっこう」の取組み



お盆の籠まつりに合わせて、水まつりを開催 水循環の学習、水に親しむ仕掛けを展開

水の精 みずのめくみん

16

### 3.2 大野市の汚水処理の取組（大野市 上下水道課）

大野市から「汚水処理の取組」に話題提供しました。

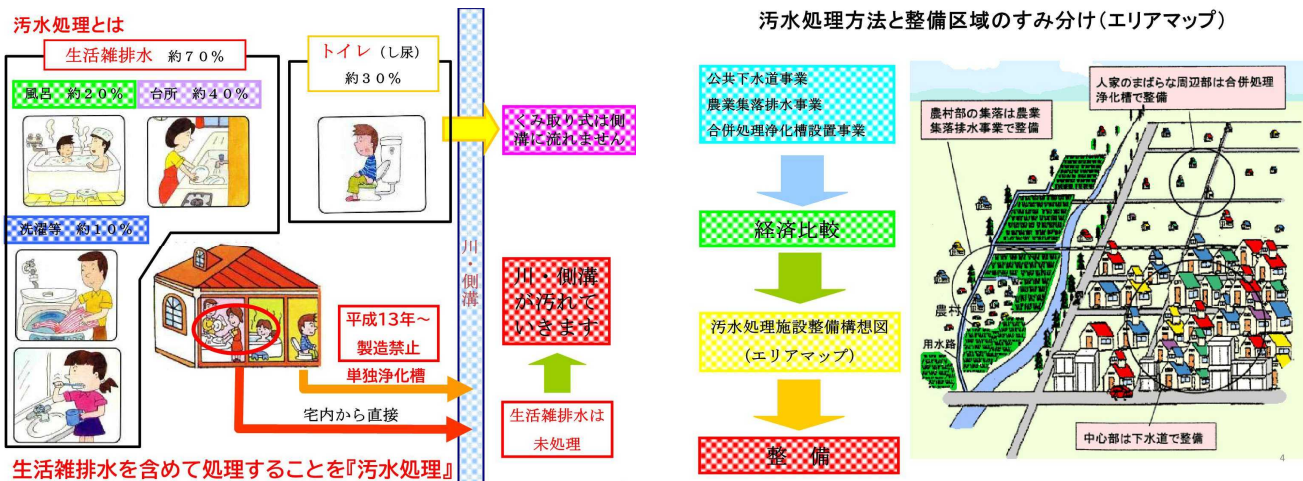
#### 大野市の汚水処理整備構想

人々が生活するうえで水を使いその汚れた水を、綺麗に処理することを汚水処理と言います。汚水の種類としては、お風呂や台所、洗濯などから流れる生活雑排水とトイレから出るし尿があります。台所などの生活雑排水は全体の約7割、し尿は約3割を占めると言われています。し尿については、くみ取りや単独浄化槽での処理により、直接川や側溝へ排水されていませんが、台所などの生活雑排水は川や側溝へ排水されているという状況です。

し尿のみを処理する単独処理浄化槽は、平成13年度までに製造が禁止となっています。公共下水道や農業集落排水を利用されていない方や、合併処理浄化槽が設置されていない方は、お風呂や台所などから排水される生活雑排水は、そのまま川や側溝に流しているということになります。

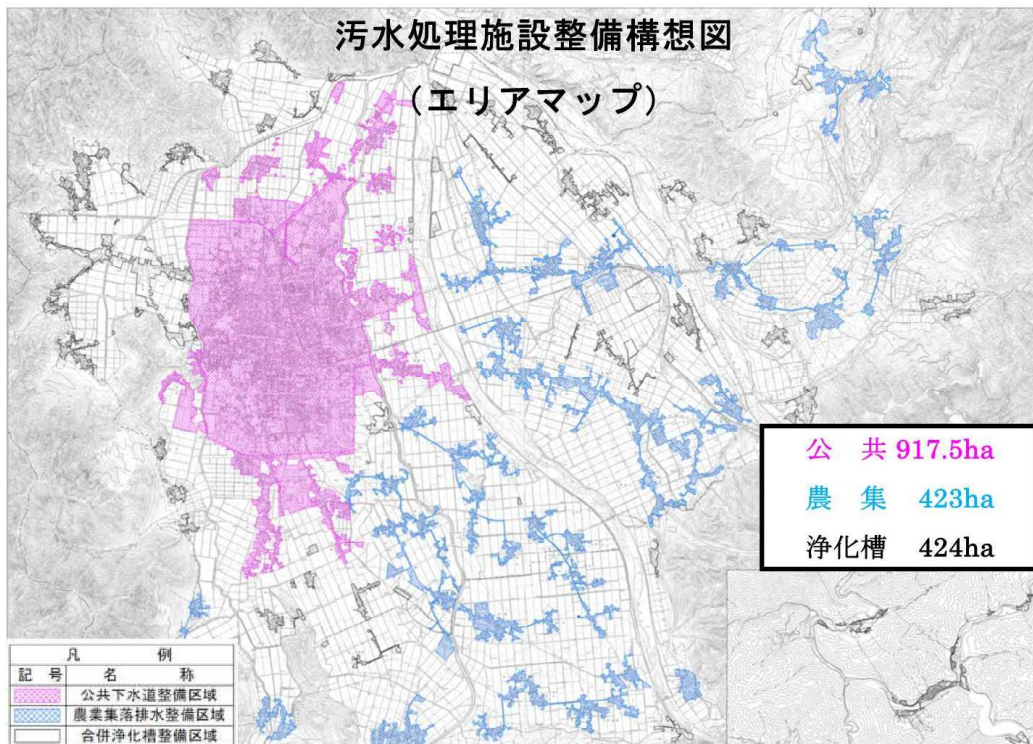
生活雑排水を川や側溝に流さず、し尿を含めて処理することを汚水処理と言いますが、大野市の汚水処理の方法は、公共下水道、農業集落排水、合併処理浄化槽の3つの処理方法で進めています。

公共下水道と農業集落排水は、道路の地下に下水管を敷設しまして、流末にある終末処理場で処理するため集合処理と言います。各家庭で、敷地内に合併処理浄化槽を設置して処理することを、個別処理と言います。



これらを区域選定するには、地形状況による建設費や、整備後の維持管理費の支出と、使用料などの収入を算出し、経済比較を行った上で、最適な整備方法を選定しています。一般的に、住宅地や商業施設が密集している市街地は『公共下水道』として整備し、まとまった集落が形成されている農村部は『農業集落排水』として整備しています。また、それ以外の人家がまばらな地域は『合併処理浄化槽』を整備する区域に設定しています。

先ほどの考え方にに基づき、本市における3つの処理方法の整備区域を示したものがこちらになります。



5

青色の区域が農業集落排水での整備区域で、主に、上庄地区、阪谷地区、富田地区、小山地区で整備されています。大野市の農業集落排水は、全部で15処理区ありますが、平成21年度までにすべての処理区で整備が終わり、皆様にご利用いただいています。

黒色の点在している区域が合併処理浄化槽での整備区域です。

市街地のほとんどを占めるピンク色の区域が『公共下水道』での整備区域となります。平成8年度より、事業に着手し、下流域から順次整備を進め、令和6年度末時点で、全体の約83%の整備が完了しています。今年度は、西里や泉町などの地区を整備しています。

令和6年度末の水洗化率、3つの処理方法を利用されているそれぞれの割合は農業集落排水区域で約96%、公共下水道区域で約42%、合併浄化槽区域で約30%となっており、大野市全体で約50%で、県内でも大野市は低い値となっています。

## 公共下水道事業について

次に現在の公共下水道整備事業についてご説明をさせていただきます。

### 事業化以降の公共下水道計画の経緯

年 度	汚水処理整備構想		都市計画決定	大野市公共下水道事業	
	福井県	大野市		基本計画(全体計画)	事業計画(下法の認可・変更認可)
平成7年度			平成7年12月 644ha		
平成8年度	●	●		平成8年6月 計画区域面積 760ha	平成8年7月 当初事業計画認可(施工期間：H8～H15) 計画区域面積 95ha
平成12年度					平成12年11月 第1期事業計画変更認可(施工期間：H8～H18) 計画区域面積 123ha
平成13年度		● 空本・友江・中保・高岡地区 を農業事業に変更			平成13年10月 事業計画の変更 計画区域面積 123haから126haに拡大
平成15年度				平成15年6月 計画区域面積 829ha	平成15年19月 第2期事業計画変更認可(施工期間：H8～H21) 計画区域面積 285ha
平成16年度					平成16年5月 事業計画の変更 計画区域面積 285ha
平成19年度	●	● 空本・友江・中保・高岡地区 を公共下水道事業に変更		平成19年12月 計画区域面積 899ha	平成20年1月 第3期事業計画変更認可(施工期間：H8～H25) 計画区域面積 485ha
平成22年度	●	● 変更なし		平成22年10月 計画区域面積 899ha	
平成25年度			平成25年9月 899ha		平成25年9月 第4期事業認可(施工期間：H8～H31) 計画区域面積 747.3ha
平成29年度				平成29年9月 計画区域面積 917.5ha	平成30年3月 第5期事業認可(施工期間：H8～R7) 計画区域面積 902.8ha

本市は昔から、市内各所に用水路が張り巡らされており、その水量も豊富な土地柄でありました。しかしながら、高度経済成長期を迎え、都市化の進展や、生活様式の変化や生活水準の向上により、家庭や経済活動などで消費する水量が増大し、未処理のまま、農業用水路や河川へ排水されたため、水質悪化が見られるようになりました。

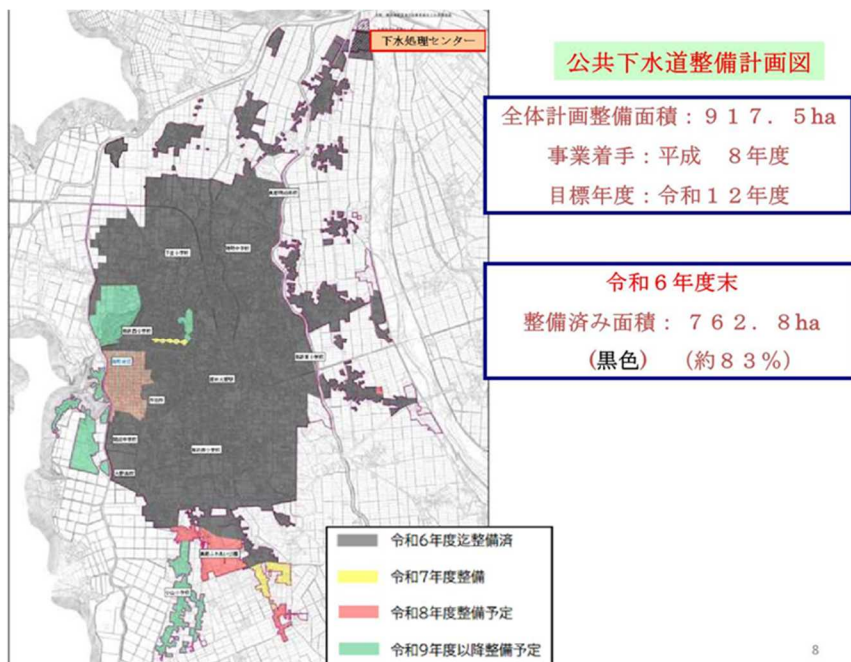
このような状況を受け、昭和46年に都市部を中心とした公共下水道基本計画を策定しましたが、生活用水として利用している地下水の工事による影響が懸念されたことや、汚水処理に関する認識も薄く見送られた経緯があります。

しかし、市民の生活スタイルやニーズも変わり、また、市街地を流れる河川等の水質悪化が進んでいる状況から、改めて、平成6年度に公共下水道基本計画を策定し、平成8年度には下水道事業に着手しました。その後、順次整備区域を拡大し、平成29年度に策定した現在の計画では、計画区域面積を917.5haとしています。なお、今年度が事業計画の最終年となっており、現在、新たな計画の策定に取り組んでいるところです。

現事業計画では、902.8ha 約98%の整備完了を目標としていましたが、実際の整備状況は、昨年度末時点で762.8ha、約83%となっています。

目標を下回った主な要因としましては、下水道整備には、多額の費用が必要であり、国の財政支援を含めた予算確保が厳しいことや、近年の人件費・物価上昇による工事費用の増加により、整備面積が縮小したことが挙げられます。今後も物価上昇などの不確定要素はありますが、令和12年度までに事業の概成を目指して取り組んでいるところです。

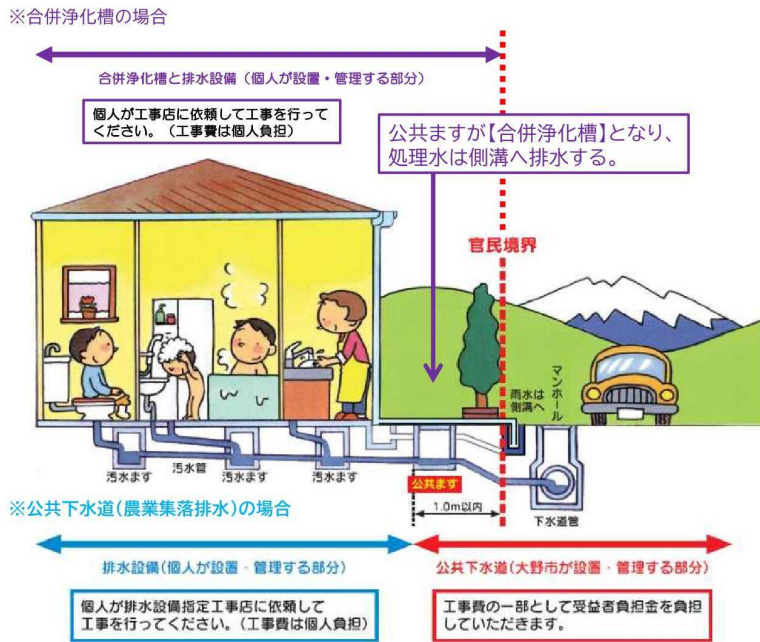
次に、具体的な公共下水道の進捗状況と今後の整備予定について、説明します。画面上の地図において、紫色の線で囲っているのが公共下水道の全体計画区域で、着色されているところが事業計画区域を表しています。図面の黒色で示した部分が昨年度末までに下水道管の整備が終わっている区域で、全体の約83%が完了しています。黄色は今年度整備している地域で、赤色が次年度（令和8年度）に実施予定の区域、緑色は、令和9年度以降の整備を予定している地域です。泉町付近が赤色と緑色が混じった地域となっていますが、この地域は地下水位が高いことや、道路も狭く工事中の道路規制等を考慮し工事が複数年要することになり、このような表現としています。



公共下水道への接続や、合併浄化槽の普及による水洗化率の向上を図るため、毎年広報おへの汚水処理に関する記事の掲載や、市職員による個別訪問などの加入促進に取り組んでいるところですが、個々の家庭の事情や、経済的な負担などから、水洗化率の大幅な上昇には至っていない状況です。

集合処理方式である公共下水道と農業集落排水の場合は、道路内に埋設する下水道管と一緒に、個人の敷地内に『公共ます』を設置します。下水道工事後に、汚水を処理する処理場や下水道管理設工事費用の一部を、その区域の方に負担していただくことになります。この負担金のことを、公共下水道整備区域では、受益者負担金といいます。また、下水道管や公共ますの整備後に、その公共ますに向かって、台所などの生活雑排水も含めた汚水を流す管を個人で整備していただくことになります。この設備を排水設備といいます。一方、個別処理方式である合併浄化槽の場合は、公共ますの箇所が、合併浄化槽となるイメージです。排水設備と合併浄化槽を含め、個人で設置していただくことになります。これらの工事を行うことにより、台所などの汚水も含め処理することとなり、水洗化率の向上につながります。なお、個人で設置した設備の適正な維持管理もお願いいたします。

# 水洗化率向上の取組



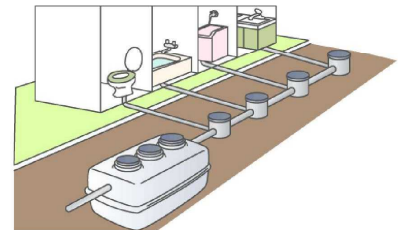
## 公共下水道接続（排水設備）に伴う助成制度

- ご近所接続奨励金  
ご近所同士でグループを作り、一斉に公共下水道への接続工事を行ったとき  
奨励金対象外  
新築や改築、合併浄化槽からの接続
- 合併処理浄化槽から下水道への切替補助金  
合併処理浄化槽設置時に、市の補助を受けていない方  
補助額上限 30万円 3年以内
- 水洗便所等改造資金の利子補給制度
- 水洗化促進奨励金  
行政区単位での下水道接続率が5年以内に70%を超えた行政区に対し、5,000円/件を行政区に交付

同一町内		距離概ね200m以内	
奨励金対象	奨励金対象	奨励金対象	奨励金対象
単独処理浄化槽	くみ取式	くみ取式	単独処理浄化槽
3カ月以内に申請受付		3カ月以内に申請受付	
グループ構成		奨励金額(1種別あたり)	
2棟		30,000円	
3棟		40,000円	
4棟		50,000円	
5棟以上		100,000円	

## 合併浄化槽設置に伴う助成制度

- 合併浄化槽設置に係る補助  
補助上限額 5人槽 39万円  
8人槽 66万円  
(50人槽以下が対象)
- 単独浄化槽及び汲み取り槽からの転換に伴う宅内配管工事費補助  
補助上限額 30万円
- 単独浄化槽撤去費補助  
補助上限額 12万円
- 汲み取り槽撤去費補助  
補助上限額 9万円



公共下水道区域の水洗化率を向上するため、排水設備にかかる工事費用の一部を助成する制度を設けています。

「ご近所接続奨励金」について、紹介させていただきます。現在、単独浄化槽や汲み取り式のトイレを使用されている方が、公共下水道に接続する排水設備工事を検討しているときに同じ町内の方と一緒に、排水設備工事を行うと、その件数に応じた奨励金を交付しています。2では、1件当たりの奨励金が3万円ですが、5件以上、一緒に排水設備工事を行うと、1件当たり10万円の奨励金額となります。ただし、排水設備工事を行う業者が同じであることや、新築や合併浄化槽からの接続は対象外になるなど、ご利用には条件があります。また、他の助成制度も、ご利用には一定の条件がありますので、事前に上下水道課までご相談していただくようお願いします。

合併浄化槽設置にかかる助成制度は、合併浄化槽本体の大きさにより、補助上限額が定められています。一般家庭の標準的な人槽の、5人槽なら39万円、8人槽なら66万円が上限額となっています。合併浄化槽の設置以外にも、宅内配管工事である排水設備や今まで、使用していた単独浄化槽、または汲み取り槽の撤去にかかる工事費についても補助を行っています。こちらの助成制度の利用に際しても、一定の条件がありますので、事前にご相談いただくようお願いいたします。公共下水道の接続や、合併処理浄化槽設置に係る助成制度を有効にご活用いただきまして、水洗化率の向上に繋がるよう、皆様のご理解、ご協力をお願いします。

## 今後の方針

今年度事業計画が最終年度となっておりまして、基本計画を含めた見直しを行っています。

青色が、公共下水道の管きよが未整備の区域で、この区域の見直しを行っています。

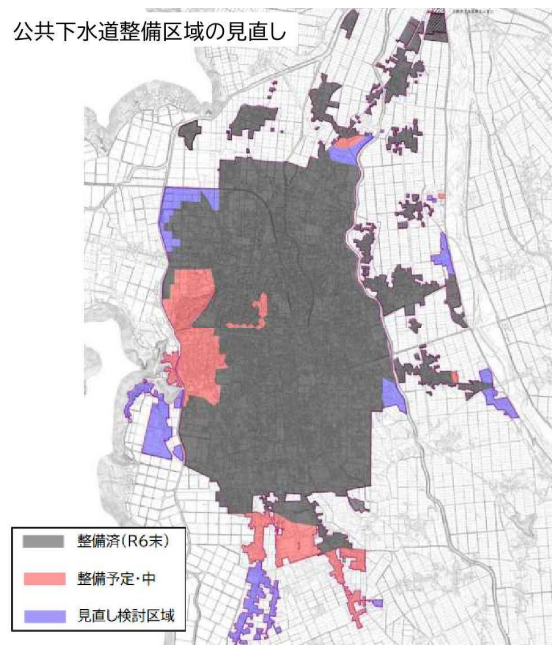
その方針としては

- ・人口減少社会を迎え、農地から宅地などへの新たな都市化が見込めないこと
- ・国道や河川横断など地形上、管きよ整備にかかる費用が高額になると見込まれること
- ・家屋が連続していないため、下水道利用者が見込めない空地などを經由しなければならない。など、費用対効果の検証や地元の意見などを聞きながら、見直しを進めているところです。

もう一点は、汚水処理施設の最適化に向けた取組についてです。これから、ますます人口減少が進んでいく社会となります。人口が減少すると、下水道利用者が減り、下水道使用料も減り、料金収入が少なくなっていくということになります。

一方で、整備された汚水処理施設は、時間とともに老朽化が進み、その修繕や更新費などは増加していきます。このような状況から、良質な汚水処理を将来にわたって持続させるため、市が管理する、公共下水道施設と15ある農業集落排水処理施設、し尿処理施設である浄化センターを含めた汚水処理施設を今後、どのようにしていくかを検討し、【大野市汚水処理施設最適化計画】を策定しました。

公共下水道整備区域の見直し



現全体計画 917.5ha



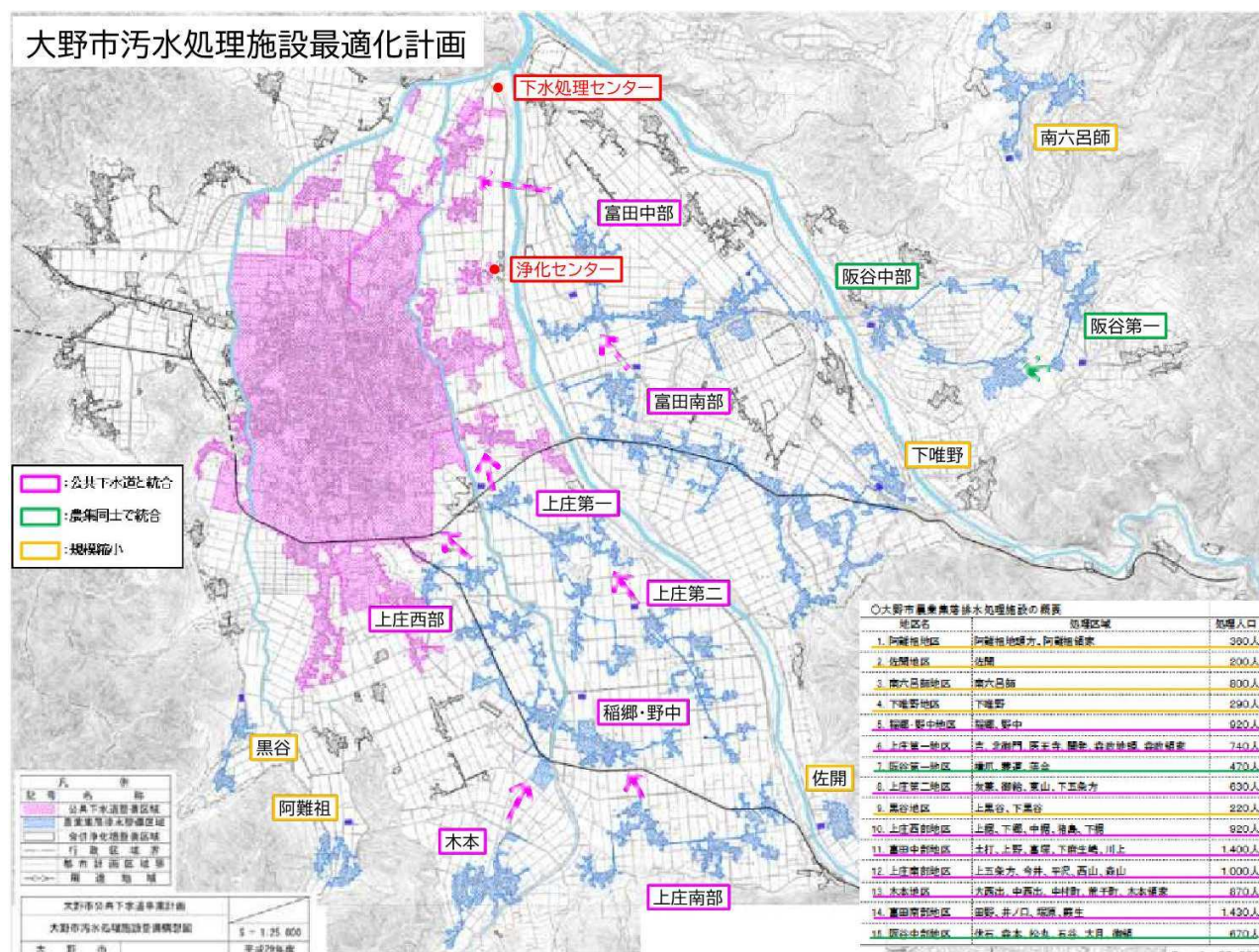
見直し検討区域



合併浄化槽区域に変更

この計画では、料金収入が減少することを前提とし、支出をどのように減らすかが重要になります。支出の中で主に着目したものとして、点在している農業集落排水処理場の汚水処理にかかる維持管理費が大きく、併せて、処理場施設の設備修繕や更新なども今後必要となってくることから、処理場数を減らすことが可能かを検討した結果、

- ① 公共下水道区域に近く、処理区域が近接している上庄地区・富田地区の8農業集落排水処理場を廃止し、下水処理センターで一括処理する【公共下水道との統合】を進めることとしています。
- ② 阪谷地区の2処理区は、農業集落排水処理施設同士で統合する計画としています。
- ③ 残りの5つの農業集落排水処理施設は、処理区域が離れていることや、地形上の制約から統合が難しいことから、今後の流入する汚水量を見ながら適正な処理規模に改修する【規模縮小】としています。



この汚水処理施設最適化計画は、令和19年度の完了を目指し進めてまいります。

最後に九頭竜川の上流に住み、地下水を利用する、皆様に改めまして汚水処理へのご理解とご協力をお願いしまして、私からの説明を終わらせていただきます。

### 3.3 水質汚濁と下水道（香川大学 教授 山田佳裕氏）

#### 【山田氏の経歴】

1997年京都大学理学研究科博士後期課程修了、日本学術振興会、科学技術振興事業団（水産庁）の特別研究員を経て、2000年に香川大学に就任

2025 現在香川大学農学部応用生物科学科教授、内閣官房水環境アドバイザー  
専門は水環境科学

#### 演題「水質汚濁と下水道」（20分）

#### 【講演】

自身は、水環境科学でも水質汚濁とか生態系を専門にしています。今日は、下水道がどう関係しているかについてお話しします。

水質汚濁として、何が原因かというとは有機物です。この有機物による汚濁は、大きく分けて2つに分けられます。

1つは、人が有機物を直接または間接的に供給することで起こる汚濁です。例えば、製紙工場から出てくるパルプなどはそのまま有機物汚濁の原因になっています。しかし、大概是、人が窒素やリンを供給することで、水の中で、生成された植物プランクトンとか微生物が、有機物として水質汚濁の原因となるものです。

もう1つが酸素です。酸素は、有機物の分解で消費されます。水質汚濁の過程で酸素がなくなることになる。酸素がなくなるといろんな生物が住めなくなります、それは人間に跳ね返ってきてまた水利用が十分にできなくなるということになります。酸素がない状態で有機物が分解されると、アンモニア、リンなどが水に溜まってきます。これがたまって、水が循環することによって、植物プランクトンや微生物が増えることになります。これが、続くと富栄養化ということになります。

これは、アオコです。これは植物プランクトンが大量に集まって、水の華と呼ばれ、水質汚濁の象徴的なものとして取り上げられます。植物プランクトンの塊ですから、どんなものがあるかという、アオコを作るのはラン藻（らんそう）の仲間で、琵琶湖ではミクロキスティスやオシラトリアなどが出てきます。

水質汚濁

有機物 人が供給、水の中で生産されたもの（植物プランクトン、微生物）

酸素 有機物の分解で酸素が消費

酸素が無い状態で有機物が分解されると → 溶けた窒素やリンが溜まる。

植物プランクトンや微生物が増える。

#### 富栄養化

アオコ

ラン藻という植物プランクトンが大量発生した状態



このプランクトンの仲間というのは、地球上で最も古い生物の一つです。30億年ぐらい生きています。昔、地球は暖かく、暑いところが好きな生物が爆発的に増えました。水中にたくさん存在する窒素やリンを使っていたのが、ラン藻です。ラン藻のマイクロキスティスは夏に、窒素やリンが豊富なところで発生します。体の中に気泡を持ち、浮くことでほかの生物よりも光を浴びることができる。湖面にマイクロキスティスが浮いた状態がアオコになる。これは、湖面に浮いた状態で、この下は光が当たらず真っ暗です。これらは、リンが大好きです。ネンジュモなども、大気中の窒素で生きることができ、硝酸がなくてもリンがたくさんあれば生きられる。よって、リンを出すとアオコは増殖することになります。

湖に比べて窒素やリンの少ない海でメインになるのは、珪藻（けいそう）です。珪素の非常に硬い殻に覆われたプランクトンで、これは動物が好きで良く食べられます。淡水で、窒素とリンが少なく、寒い時期には珪藻が育ちます。雪解け水などで、窒素やリンの供給があると大増殖することがあり、淡水赤潮の元になります。形が多彩で、教科書によく出てくるのは緑藻（りょくそう）です。琵琶湖でよく出るのが鞭毛藻（べんもうそう）による赤潮です。鞭毛藻は1つずつに毛が生えていて、毛を動かすことによって光に近づいていきます。自分が過ごしやすいところに固まり、固まることによって、赤潮を発生させます。

断っておきたいのが、富栄養化という言葉です。実は、水質汚濁に富栄養化という言葉は適切ではありません。富栄養化は、湖の水が生まれてから死ぬまでの、遷移を表す言葉です。地震などで深い亀裂ができるとそこに水がたまり湖になる。最初は窒素もリンもなく、有機物もほとんどない何の栄養もない状態です。そこへ土砂が運ばれます。土砂の中には当然陸上で生産される有機物がたくさん入っているので、湖に土砂が堆積して浅くなると窒素もリンもたくさんあるため、水草やプランクトンが増えます。これを富栄養化といいます。浅くて、生物生産、光合成が富む湖、貧しい湖が豊かな湖に変化することを富栄養化という。富栄養化になるときは、湖は埋まってしまって水がなくなる寸前であるということです。ちなみに、琵琶湖で100メートルの土砂が堆積するには10万年かかると計算できます。

今、問題になっている富栄養化というのは、本来の富栄養化ではなくて、湖などであれば、深いにも関わらず人間が窒素やリンを出すことによって光合成が増えて有機物生産が増える。正式には、人間が起こした富栄養化です。

### 湖沼の遷移

#### 富栄養化

深くて、生物生産に乏しい湖が、流入物によって、浅くて、生物生産に富む湖に変化すること

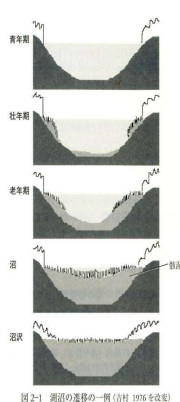


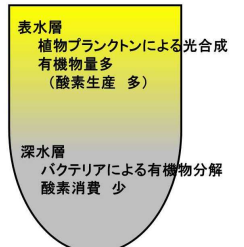
図2-1 湖沼の遷移の一例 (自村 1976年改訂)

### 問題となっている富栄養化

人間によって窒素やリン等の栄養塩が負荷されることにより、**深いにもかかわらず**、生物生産が増加する。

#### 人為的富栄養化

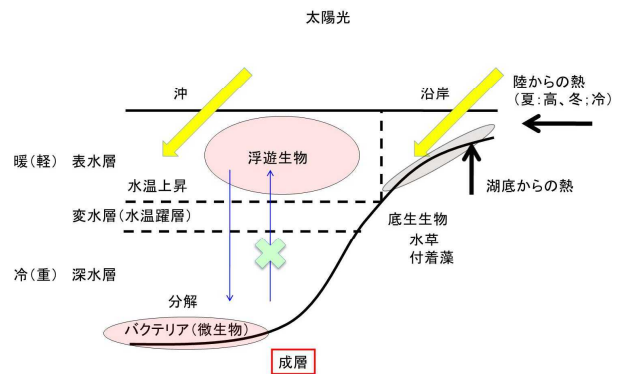
- ・植物プランクトン(浮遊生物)の増大
- ・深水層における酸素の減少



吉村信吉 1976 湖沼学 (増補版) を引用

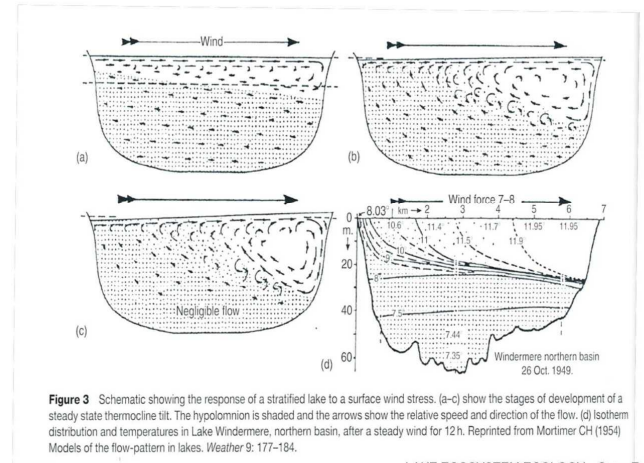
深いのに生物生産が増えたらどうなるか  
 というと、水中に懸濁している植物プラン  
 クトンに邪魔されると、沖合の深いところ  
 には、光が届かなくなります。そうする  
 と、深い層では、光合成が出来なく、分解  
 だけになり、どんどん酸素がなくなります。  
 この現象は、湖や海、川でも起こります。  
 これが、人によって起こされる富栄養  
 化で、水質汚濁の原因です。明るくて光合  
 成出来る層と暗くて光合成が出来ない層  
 は混じり合いません。お風呂で例えると上  
 の方は熱くて下の方は冷たいですね。人間  
 がかき回さない限り、温かなお湯が冷たい  
 方へ動くことはない。なぜかということ、  
 密度が軽いからです。湖や内湾でも、上  
 の層の水と下の層の水は交換しないので  
 下層に上から新しい水が供給されないの  
 で、そこではどんどん酸素がなくなってい  
 きます。このようになると、水質汚濁が  
 深刻になり、水利用に大きい障害が出る  
 ことになります。春から秋にかけて、その  
 状態が続きます。一方で、浅い沿岸は光  
 が底まで届き、水草が生えます。そして、  
 多様な生態系が生まれています。沿岸を  
 大事にしないといけない理由です。

### 湖の生産と分解



もう1つ、内湾や湖でよく起こる現象として、  
 青潮があります。上の方が温かいプランク  
 トンがたくさんいる水、下の方が冷たくて  
 プランクトンがない水、風が吹くと上の水  
 が風下に動きます。そうすると、風下に上  
 の水が固まってしまって、風上が空いた  
 状態になり下の水が上がってくる。よく  
 東京湾などで見られる青潮が白いのは、  
 下にある酸素がない水の中には硫化水素  
 がたくさんあり、水面で酸素と触れて硫黄  
 になるからです。酸素が無い水が表層に  
 供給されるのですから、酸素が必要な魚  
 などは死んでしまうことになります。水質  
 汚濁の典型的な現象である青潮は、海や  
 河口域の深い川などでよく見られます。

### 静振(セイシュ)



そういうのを無くしていこうということで、水質総量規制というのが1970年代ぐらいから行われるようになりました。汚濁負荷を総合的に削減しましょうということで、有機物、窒素、リンなど産業系、生活系、その他系と分かれて規制がされるようになりました。

産業系では、事業者に対して水質基準以上の物質は出さないよう厳しい規制がされているため、守られています。生活系の規制は、市民生活に関わることになり、個人では対処できないため、手段として下水道や合併浄化槽など整備をしていきましょう、処理の高度化をしていましょうということになります。その他は農業系になりますが、なかなか難しいのが現状です。それでも、家畜の糞尿の野ざらしはダメですよというような規制がされるようになっていきます。国が総量規制を定め、自治体が条例を作って対応しています。大きな湖や海があるところなどは、そこを綺麗にするために基準を決めて実施してきました。場所によっては綺麗になってきており、瀬戸内海や琵琶湖などは劇的に水質が改善されてきた歴史があります。

## 水質総量規制

汚濁負荷を総合的に削減する制度  
指定項目：有機物、窒素、リン

産業系  
→総量規制基準の遵守、  
未規制事業場に対する削減指導

生活系  
→下水道等の整備、処理の高度化等

その他系  
→施肥の適正化、家畜排泄物の管理の適正化

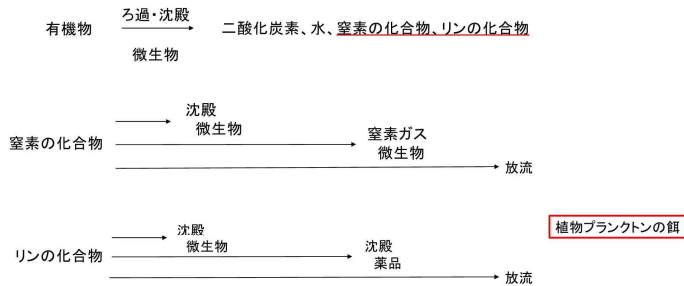
## 湖沼

窒素及びリンに係る排水基準  
リン規制対象湖沼は1,200、窒素規制対象湖沼は201。

琵琶湖や霞ヶ浦等の10指定湖沼では、湖沼水質保全特別措置法に基づき窒素・リンに係る汚濁負荷量規制が実施。

海域  
瀬戸内海、東京湾など。

## 下水道の役割 → 有機物の分解と窒素・リンの除去



生活系での取組は下水道になりますが、下水道は、有機物の分解と窒素・リンの除去を目的としています。下水道で採用されている活性汚泥法は、微生物の力を借りて、有機物を分解することにより、水を透明にします。しかし、残った水には、非常に濃い濃度で窒素の化合物、リンの化合物が含まれています。それらを除かないといけないため、窒素の場合は、微生物の力で、窒素ガスに変えて

水から取り除きます。一般的な下水道だったら大体50%くらい、最近の高度に制御された下水道であれば70%くらいは除くことができますが、それでも残ったものは放流されることになります。リンは、高度処理を行う場合は薬品により沈殿され、90%以上が取り除かれます。

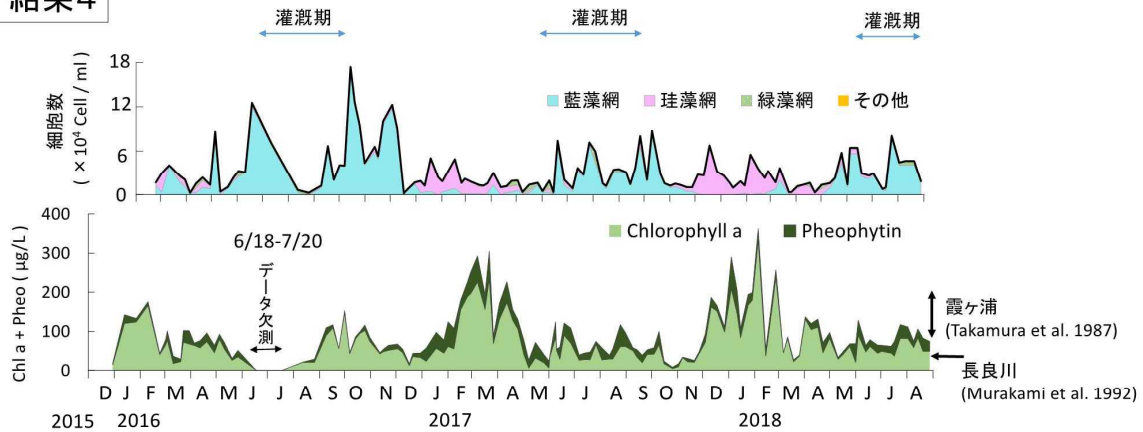
合併浄化槽の場合、最近では機能も上がっていると聞きますが、微生物に処理してもらうには、微生物が働きやすいように環境を制御し続けなければいけない。それが大規模な下水処理場と合併浄化槽では異なっており、環境の最適化については下水道に長があると言えるので、下水道で処理する方が放流水中の窒素・リンは多く減ることになります。放流された窒素・リンはどうなるかというと、植物プランクトンの餌になります。

下水道のない河川の下流の例をお示しします。特に西日本の河川は堰がたくさんあります。九頭竜川ほどの河川でも、ダムや堰がなければ、山に降った雨は1日もしないうちに海に行きます。プランクトンの分裂に2日くらいかかるので、1日で海に行ってしまうとプランクトンは生産されないことになります。日本が諸外国に比べて水質が良いと言われる理由は川が短いからです。例えば、日本に近いアムール川は上流から下流まで4000km以上の長い河川で、下流では有機物汚染が深刻になっています。しかしながら、堰がたくさんあると、短い河川でも滞留時間が長くなり、プランクトンが分裂して増殖します。



中流域に下水道のない河川の例

結果4



藍藻網	珪藻網
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Cyclotella dubius</i>
<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Stephanodiscus hantzschii tenuis</i>

図 クロロフィルa+フェオフィチン量と種組成の経時変化

結果4は、葉緑素の量のグラフです。富栄養化で有名な霞ヶ浦や大規模な堰の建設により植物プランクトンが増えた長良川と堰が多く存在する香川県の新川のクロロフィル量（葉緑素）を比較したものです。新川は全長30kmほどの短い河川です。これを見ると、新川は河川であるにもかかわらず、霞ヶ浦に相当するプランクトンのクロロフィル量が河川の中に存在していることが分かります。ラン藻や珪藻が存在しており、夏は流量が豊富であるためプランクトンが少なく、冬場、川に水が少なくなるとプランクトンが増えていることが分かります。

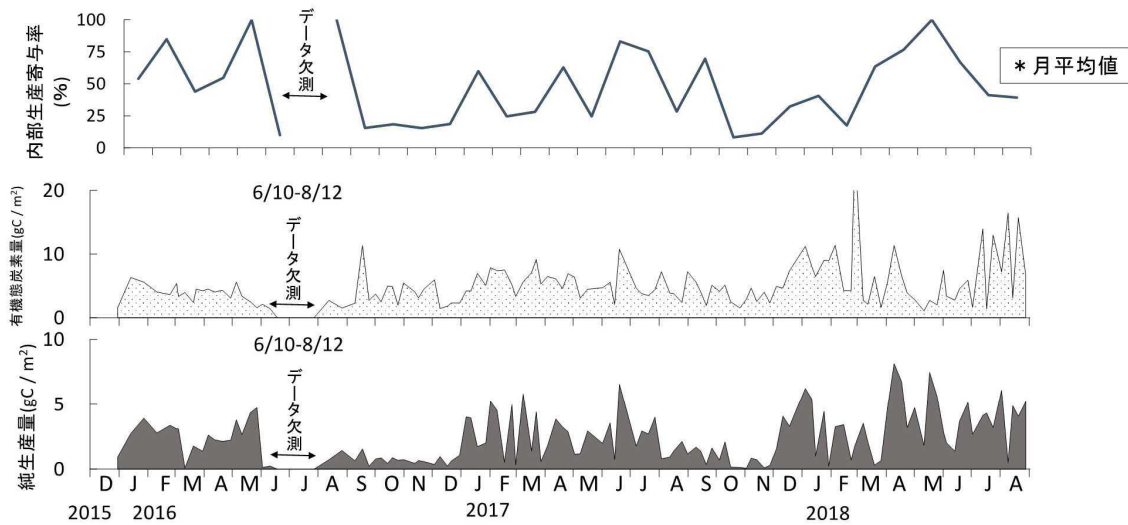
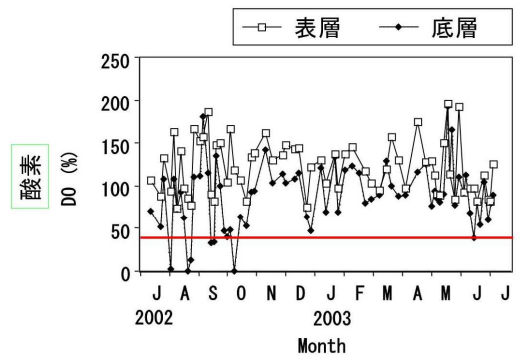


図 河口堰における有機態炭素と純生産量の経時変化と内部生産の寄与率

このプランクトンはどこから来たのか。これは、プランクトンの光合成の量を示したグラフです。冬に比べて夏はたくさん光合成をしていることがわかります。一番上は、生産量を有機物の量で割ったもので、どれだけの有機物が川の中で生産されたかを示しています。夏場はほぼ100%に近い。ということは、川の中の有機物のほとんどは川で生産された植物プランクトンであると言えます。中流域で流した窒素やリンは、川の水が停滞した中で植物プランクトンの餌になって、そこで植物プランクトンが増えていることになります。よって、窒素やリンの排出量を少なくすれば、水の中のプランクトン量が減り、結果的に有機物量が減ることになるでしょう。

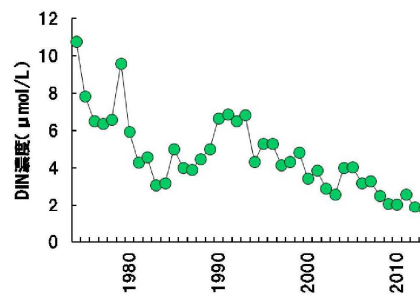
有機物の量が増えるとうどうなるかという、右のグラフは水の中に溶けている酸素の量を示しており、赤いラインを下回ると魚が住めなくなることを表しています。表層に多量にプランクトンがいると、光が底層に届かず、光合成が出来ません。温度が高い夏は、分解が卓越し、酸素が少なくなります。そうすると、魚が住めなくなります。大きな魚は逃げることができますが、移動力がない魚は死んでしまいます。これが水質汚濁です。原因としては窒素やリンが川に排出されることが大きいです。



新川における溶存酸素の変化

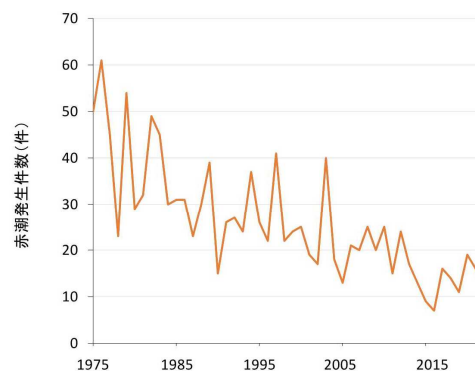
湖や内湾などでは、下水道を整備することによって水質改善が期待されます。瀬戸内海や琵琶湖などが例で、水質が改善しており、このように窒素は年々減っています。赤潮の発生件数も年々減少していますが、減ったら減ったで、いろいろまた課題が出てくるようです。特に水産業では、70年代の水が汚れているときには、窒素やリンがたくさん供給され、例えば、わかめやノリの養殖などはたくさん採れたり、いいノリが採れたりしていました。窒素やリンが減ることによる負の面として、ノリが色落ちして褐色になったり、プランクトンが減るとそれを餌にする動物や魚が減少したりすることが挙げられています。昔はよかった、海は少々汚れていた方が良かったという話もあります。

しかし、下水処理しない水を放流したらどうなるかというと、増えた有機物や窒素、リンがそのまま魚に行くわけではありません。大部分は、別のところに行くので、結果として水質汚濁が深刻になります。魚やノリが必要な分だけ下水処理しない水を放流すればよいのかというと、なかなか人類は生態系を制御できない。



播磨灘表層の窒素(DIN)濃度の推移

兵庫県立農林水産技術総合センターHP



播磨灘における赤潮発生件数の推移

データ：環境省せとうちねっと

#### 水質汚濁が改善したことによる新たな問題

・養殖ワカメ、ノリの色落ち → 水産：昔が良かった。海は少々汚れていた方が良い。  
 ・漁獲量の減少等の

増えた有機物や窒素・リンのすべてが水産魚介類にまわるわけではない。

**人類は生態系を制御できない。**

例えば、琵琶湖でアオコの研究者が、隔離した水界でアオコを発生させようとしても、なかなか思うようにいかない。人間が生態系を制御して魚を捕るために計算して窒素・リンを流したところで、計算通りにはいかず、生態系は制御できません。それが、現在の人間の技術レベルであることを理解しないとイケません。これを、締めとして、私からの話題提供を終わらせていただきます。(終)

### 3.4 大野は下水も宝物（大野市水循環アドバイザー 中野孝教氏）

#### 【中野氏の経歴】

筑波大学大学院地球科学研究科修了後、筑波大学に在籍し、産業技術総合研究所や国立環境研究所の客員研究員を兼任。

2004年から総合地球環境学研究所、2018年から大野市水循環アドバイザー、  
2025年現在 総合地球環境学研究所名誉教授、香川大学客員教授、徳島大学専門研究員、  
専門は資源地質学、同位体環境学

演題「大野は下水も宝物」（60分）

見えない地下水を守る下水道 ～大野市の水循環と市への挑戦～

#### 【講演】

#### はじめに

大野市で10年余り水の調査研究を行ってきました。この2年は地下水質が下水処理でどう変化したのかを調べてきたので、その結果を紹介します。私の結論は「市街地の生活排水は下水道に接続した方が良い」ということですが、「接続すれば済む」という問題でもありません。それで最後に「大野は下水も宝物」といった話をし終わりたいと思います。水と衛生は皆さんにとって重要な問題なのでよろしくお願いします。

見えない地下水を守る下水道  
～大野市の水循環都市への挑戦～

## 大野は下水も宝物

### 水と衛生

1. 水と衛生の歴史
2. 大野の下水処理と地下水質の関係
3. 大野は下水も宝物

2025年9月14日

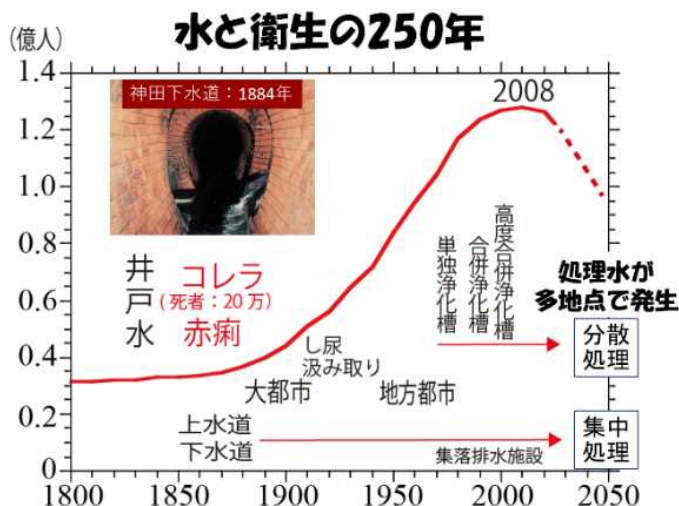
中野孝教

（大野市水循環アドバイザー）

## 1 水と衛生の歴史と大野市の下水処理

最初に「水と衛生の歴史」について紹介します。図の茶色の太線は日本の人口の250年の変化を示したものです。現在のよう上下水道になったきっかけは、幕末に発生した井戸水のコレラ汚染です。当時の人口は3000万ぐらいでしたが、20万人が亡くなりました。明治になってもコレラや赤痢などの水系感染症が発生し、それで横浜そして東京などの大都市で下水道が整備されました。

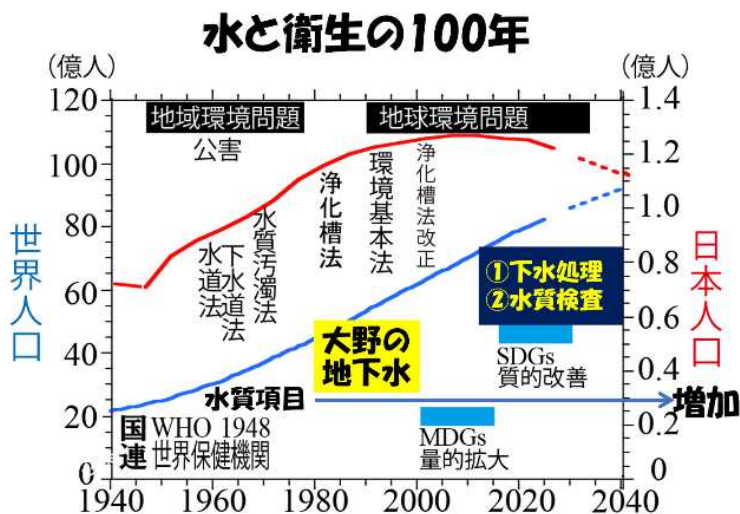
戦後になると地方都市でも下水道が整備され、農村や漁村では集落排水施設が整備されました。これらは生活排水を一か所にまとめて処理するので集中処理方式と呼ばれます。一方、下水道のない家庭ではし尿汲み取り方式でしたが、その後、し尿のみを処理する単独処理浄化槽、そして生活排水全てを処理する合併処理浄化槽へと変化してきました。浄化槽は家庭で下水を処理するので分散処理方式と言われますが、処理水が多く発生する点で集中処理方式と大きな違いがあります。



この図は「水と衛生の100年」を示したもので、青線は世界の人口、茶線は日本の人口で、この間に水道に関する法制度が整備されました。日本の人口は2008年から減少していますが、世界の人口は今後も増え今世紀末に100億人をこえると予測されています。健康な生活を送る上で欠かせない水や衛生の中心は、戦後、国連が作った世界保健機関

(WHO : World Health

Organization) です。WHOは世界の研究結果をまとめ、安全な水の水質項目のガイドラインを示しています。各国はそれに基づいて、国の事情に応じて水質基準値を定め、水質検査を実施しています。この水質項目は世界人口と同じように増え続けています。

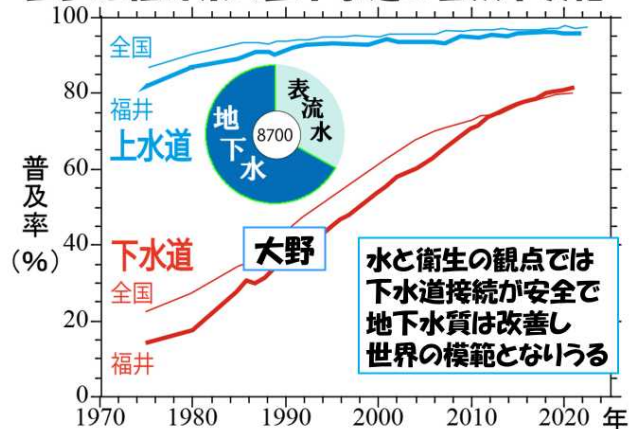


1991年の地球サミット以降、環境問題は世界共通の問題と認識されるようになりました。問題解決に向けて、国連は今世紀に入ると世界共通の目標を掲げ、各国は目標達成に向けて取り組んでいます。2000年から2015年まではMDGsと呼ばれるミレニアム開発目標、そして

2015年から2030年までは持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）です。SDGsにおける水と衛生に対するキャッチフレーズは「世界中に安全な水とトイレ」というもので、①下水処理と②水質検査が最重要課題になっています。大野では様々な下水処理が実施されてきましたが、地下水についても1976年から水質検査を行っています。そのような自治体はたいへん珍しく、そこで得られた知見を活かしたら良い、というのが私の今日の話になります。

地下水は世界の飲用水供給量の約50%を占める重要な水資源です。日本の上水道普及率は97%に達していますが、全国8700の浄水場のうち、地方都市の多くは地下水を水源としています。福井県の下水道普及率は上水道と同様、全国平均とほぼ同じですが、大野市は30年前の40%程度に過ぎません。浄化槽利用者が多いことだけでなく、下水道への接続率が低いからです。ですが長期にわたる水質検査の結果を調べて見ると、市街地では全国並みに下水道を接続した方が安全で、それにより地下水質も改善する可能性が高く、そしてそれが世界の模範となりうることを示したいと思います。

全国と福井県の上下水道の普及率変化



大野市では、下水処理はし尿汲み取りや単独処理浄化槽が中心でした。市街地周辺の非市街地では農業集落排水施設が1988年から整備され、合併処理浄化槽の本格的設置は1996年、下水道の整備は2003年から始まります。市街地上流域の農業集落排水施設は、下水道の敷設前に整備されています。このため市街地の地下水には、合併処理浄化槽と下水道の整備による影響が考えられます。これに対して周囲の非市街地、特に真名川の東部は農業集落排水施設が遅れて整備されました。この地域の地下水には、集落排水施設や合併処理浄化槽の整備による影響があると考えられます。

## 2. 大野の下水処理と地下水質の関係

### ① 下水処理

1. し尿汲み取り+単独浄化槽
2. 農業集落排水 (1988～)
3. 合併浄化槽 (1996～)
4. 公共下水道 (2003～)



2003年以後の地下水の水質に対して

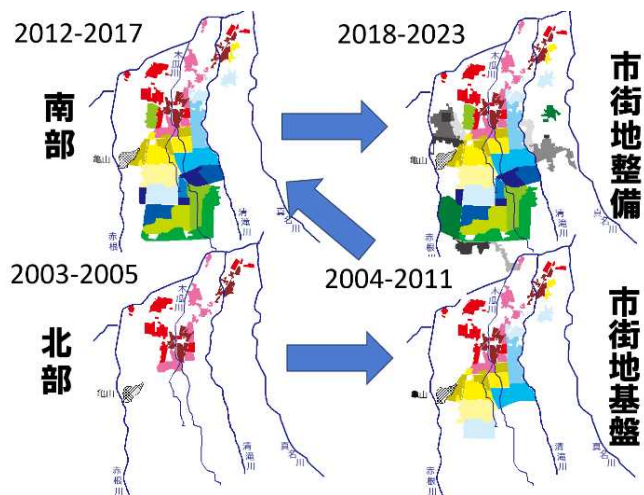
#### 1. 市街地では

農業集落排水の影響は無視できる  
合併浄化槽+下水道 地域

#### 2. 非市街地では

農業集落排水施設集落と合併浄化槽

市街地の公共下水道の整備地域の変化を示した図です。2003年に市の北部から始まり、最初の3年で市街地北部、その後、市街地の中心に向かって整備が進みました。2011年までに中心地域、その後さらに南部に向かって整備が進み 2018年からは赤根川沿いと清滝川の東部が対象となりました。2023年には市街地の全域にわたって整備されています。



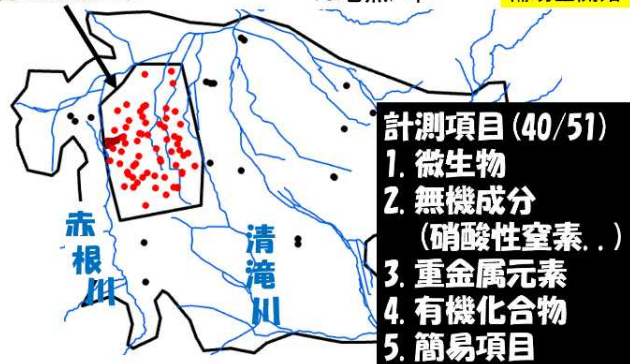
市では50年前から、市民の井戸30地点で水質検査を実施してきました。最初に対象になったのは大腸菌と一般細菌という微生物だけでしたが、1986年から硝酸性窒素などの無機成分や鉛や銅などの重金属元素や有機化合物の計測も始まりました。現在は水質基準項目51のうち40の項目を年に1回検査しており、今日は主要な項目について紹介します。

## ② 水質検査(モニタリング)地下水の水質計測地点

市街地 1976～  
約30地点/年

非市街地 1996～  
13地点/年

合併浄化槽  
補助金開始



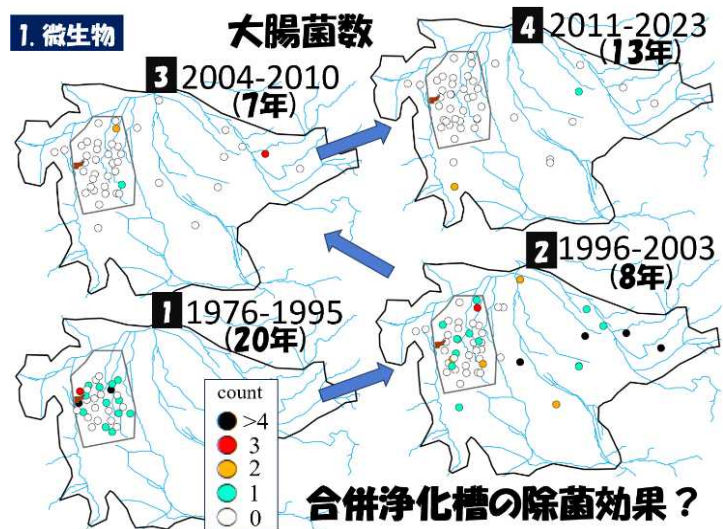
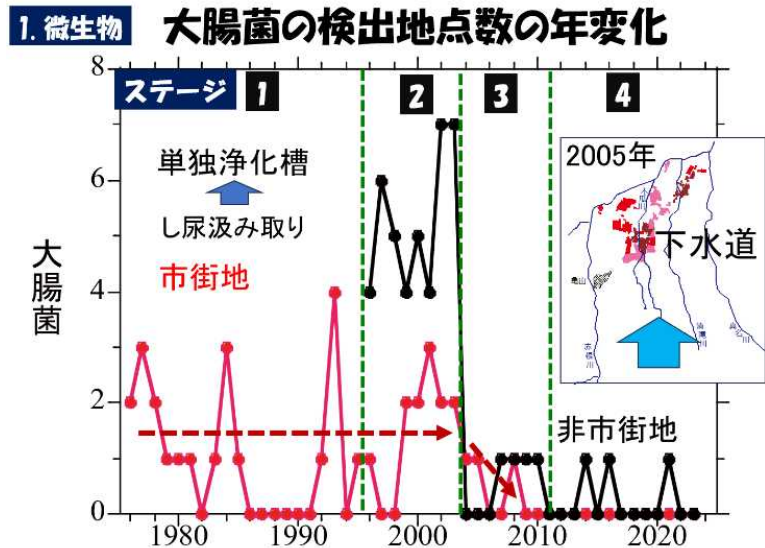
## 2 大野の下水処理と地下水質との関係

### 2-1 微生物（大腸菌と一般細菌）と合併処理浄化槽

地下水の水質は浄化槽や下水道の普及と共に変化しており、大きく4つのステージに分けられます。図は大腸菌の検出地点数を示したもので、赤は市街地、黒は非市街地の地下水です。し尿汲み取りや単独処理浄化槽で下水処理していた1995年までのステージ1では、大腸菌が検出されない年もありますが、毎年数地点で検出されていました。合併処理浄化槽が普及し始めた1996年から2003年のステージ2の期間でも、大腸菌は検出されていました。非市街地で

水質検査が始まったのはステージ2の1996年からですが、市街地に比べて検査地点が少ないにもかかわらず、約半数の地点で大腸菌が検出されました。しかし下水道整備が始まった2004年以降、市街地でも非市街地でも大腸菌の検出は激減しました。2011年以降のステージ4では、市街地の地下水で大腸菌は検出されていません。2004年からの急激な減少は下水道の整備が始まった年と一致します。ですが、下水道の整備は2005年までは市の北部に限られていますから、市全体で見られる大腸菌の激減は下水道によるとは考えにくいです。

この図は大腸菌の分布で、大腸菌が検出されなかった地点は白、1回検出された地点は青、2回はオレンジ、3回は赤、4回以上は黒で示してあります。ステージ1は20年という長い期間で、多くの井戸で1回は大腸菌が検出されています。合併処理浄化槽の設置が始まった1996年からのステージ2では、8年という短期間でも市街地のあちこちで大腸菌が検出されました。非市街地ではほとんどの地点で大腸菌が検出され、多くの地点で4回以上検出されました。ステージ3では、先ほど述べたように劇的に減少しました。この結果は、し尿だけ処理する単独処理浄化槽と異なり、合併処理浄化槽では生活排水全てを塩素消毒しており、その効果が表れたことを示唆しています。



(注：大腸菌が検査対象になったのは2004年からで、ステージ2までは大腸菌以外の微生物も含む大腸菌群として検査されていたため、大腸菌の激減は検査法の変更によるもので、地下水質が改善された訳ではない可能性もあります。個々の地点の大腸菌群の変化や次の一般細菌と一緒に考えると、検査法改正に加えて浄化槽の除菌効果があったということです。)

野田佳江さんらの水の会が出版した「生命の水」では、合併処理浄化槽による下水処理が主張されています。この図は合併処理浄化槽が設置された地点を示したもので、市街地でも非市街地でも、これまでに970および602の合併処理浄化槽が設置されています。

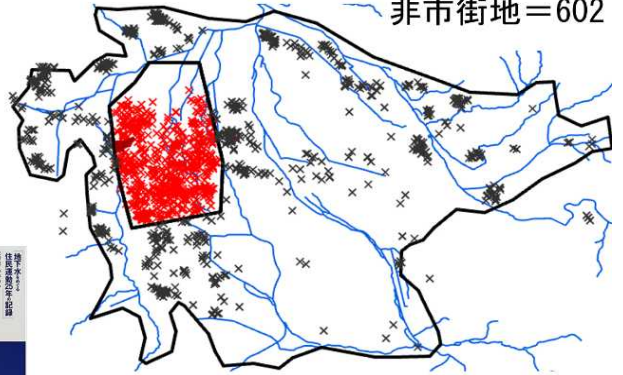
合併処理浄化槽の設置数の年変化を示したもので、市街地でも非市街地でもステージ2でたくさん設置されました。市街地では現在の合併処理浄化槽の60%が設置され、ステージ3の終わりには90%が設置されました。下水道が整備されるとともに合併処理浄化槽の設置は徐々に減少し、現在は市全体でも数件に過ぎません。

この図は、合併処理浄化槽が設置された地点を示したもので、ステージ2では市街地の広い部分で設置されました。2004年から合併処理浄化槽が設置された地域は、市街地の中心ではなく、下水道整備が遅れた市街地南部や赤根川沿いの地域であり、2011年以降の設置はごくわずかです。

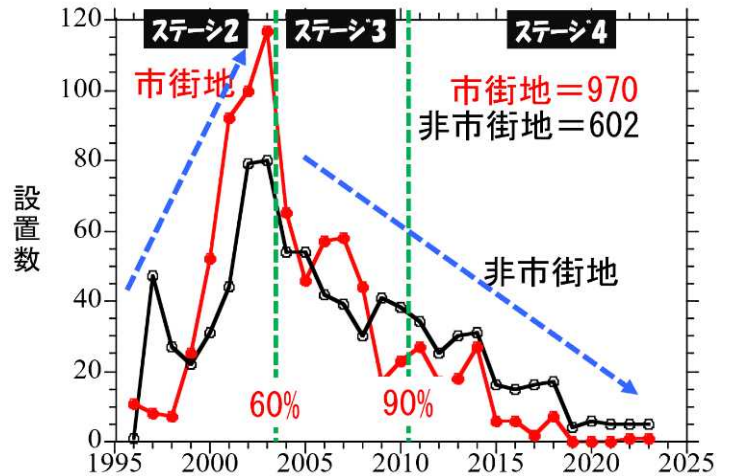
この図も合わせて考えると、2004年以降に見られた大腸菌の激減は、合併処理浄化槽の普及に伴う生活排水の除菌効果による、といえそうです。

### 合併浄化槽設置地点

市街地=970  
非市街地=602

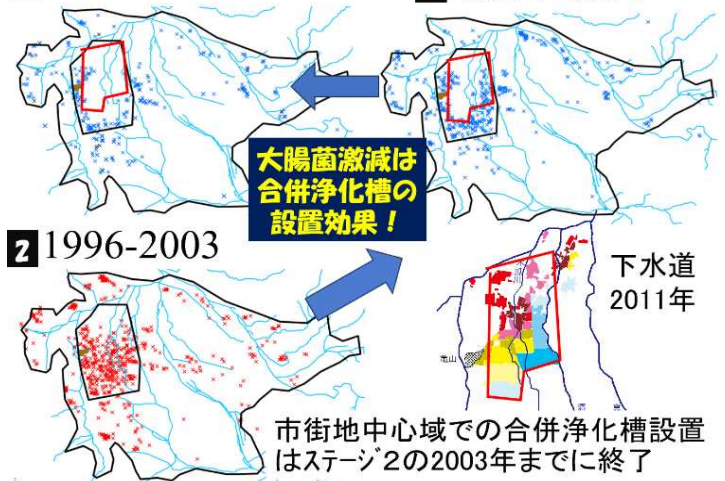


### 合併浄化槽設置数の年変化



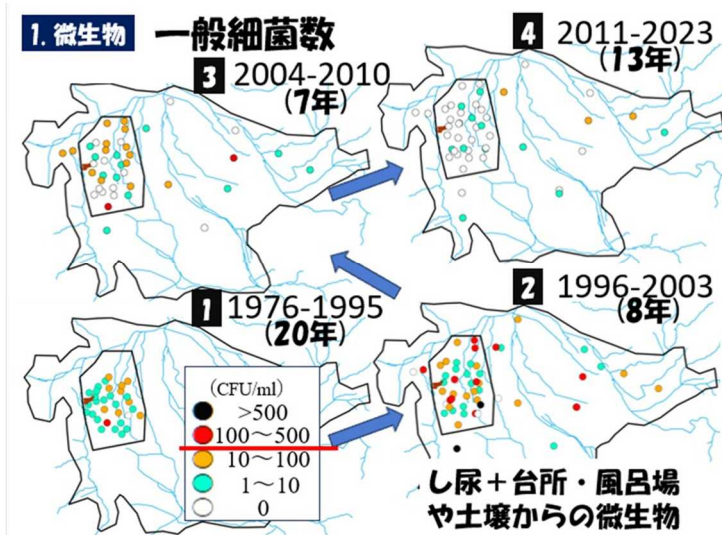
#### 4 2011-2023

#### 3 2004-2010

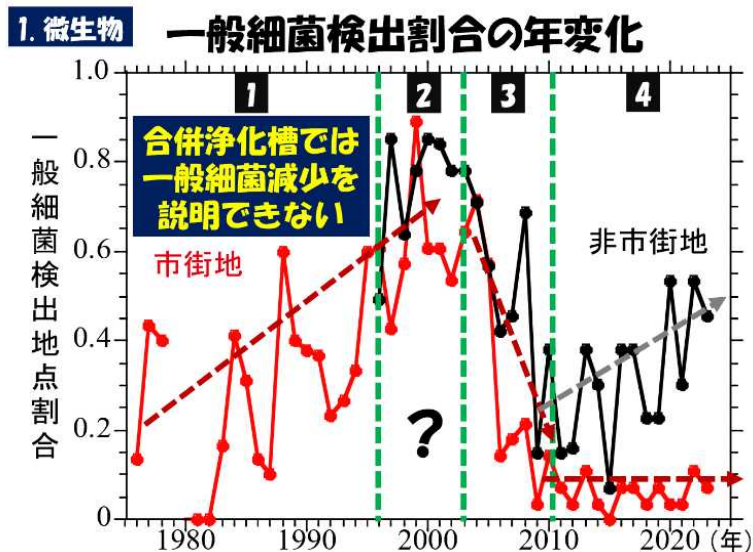


しかし一般細菌はそれほど単純ではありません。この図は一般細菌の検出数を5段階に色分けして示したものです。白丸は検出されなかった地点、青丸は1ml当たり10個以下、オレンジ丸は100個以下、赤丸は100個以上、黒丸は500個以上です。水質基準値は100個ですから、赤丸や黒丸の地点の地下水は飲用不可になります。

合併処理浄化槽が普及する前の1995年までは、ほぼすべての地点で一般細菌が検出されましたが、平均検出数は100以下でした。ところが合併処理浄化槽が設置された1996年から赤丸や黒丸が多くなり、多くの地点で飲用不可になるほどの一般細菌が検出されました。次の2004年からの7年間で黒丸はなくなり赤丸も1地点になりましたが、一般細菌は市街地の多くの地点で検出されています。2011年以降は減少していますが、それでもゼロではありません。



この図は、計測地点のなかで一般細菌が検出された地点の割合を市街地（赤線）と非市街地（黒線）に分けて示したものです。年変化が大きいですが、全体としてステージ1からステージ2にかけて増加しています。ステージ2の検出割合は0.6、つまり6割以上の地点で一般細菌が検出され、多い年は9割の地点で検出されました。一般細菌はステージ3で減少しましたが、大腸菌のような激減ではありません。一般細菌は合併処理浄化槽が設置された後も頻繁に検出されており、市街地での減少は合併処理浄化槽だけでは説明できません。



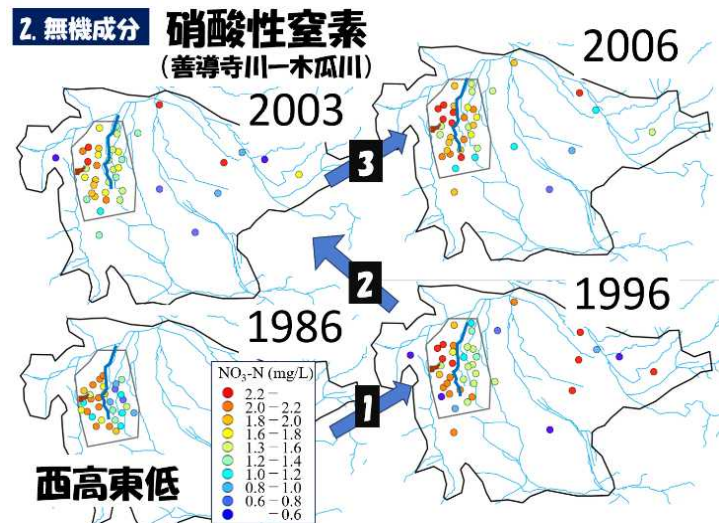
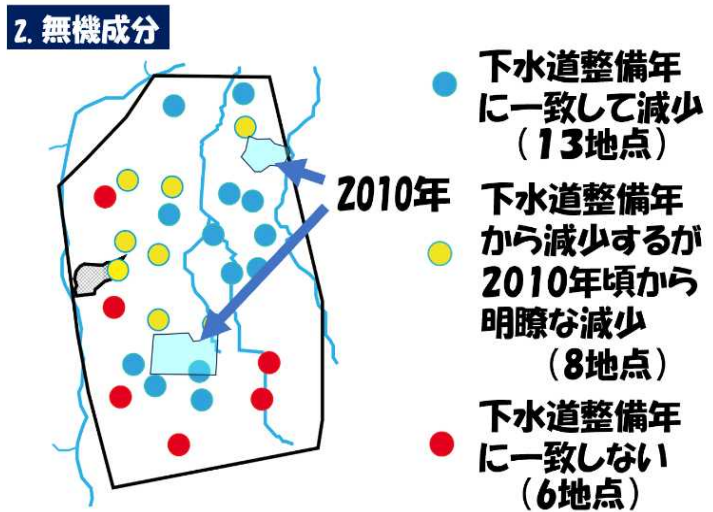
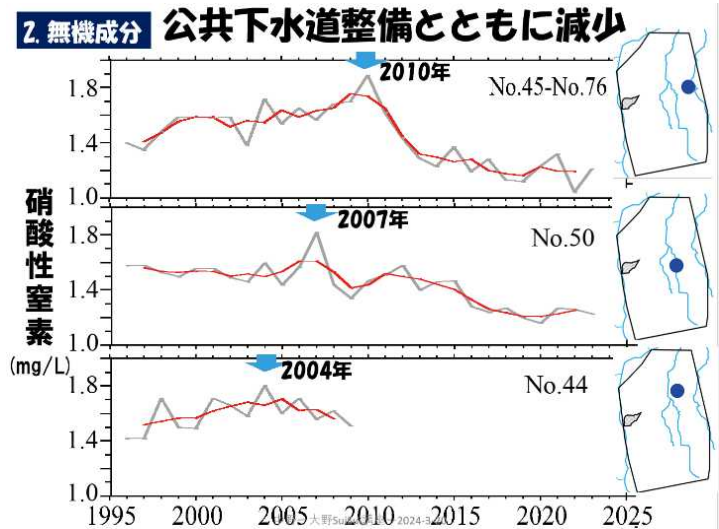
非市街地では、ステージ4で増加傾向が見られます。不思議なのは、合併処理浄化槽の大半が設置されたステージ2で一般細菌が最も多いことです。後で述べますが、これが市街地の地下水の将来を考える上で重要な鍵になります。いずれにしても、地下水質に対する下水処理効果の評価には、微生物に加えて他の水質項目も含めた検討が必要になります。

## 2.2 主要無機成分 1：硝酸性窒素減少に見られる下水道効果

この図は市街地 3 地点において、無機成分の一つである硝酸性窒素の濃度変化を示したものです。年度によって濃度が大きく変化するので、3年ごとの平均（3年移動平均）を赤線で示してあります。この 3 地点では、2004 年、2007 年、2010 年と下水道が設置された年から硝酸性窒素が減少する傾向が見られます。

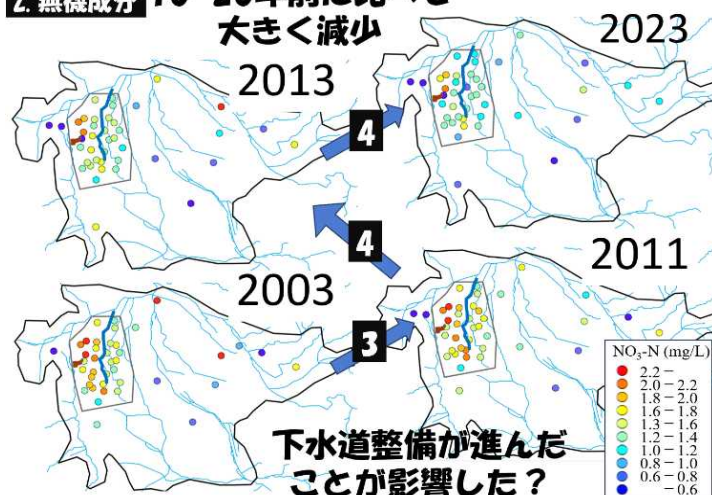
市街地の 13 地点の硝酸性窒素濃度は、下水道整備と共に減少傾向が見られます。しかし赤根川沿いや市街地の南部などでは、濃度減少が下水道の整備年と一致しません。市街地全体では、市街地中心域まで下水道整備が進んだ 2010 年頃から濃度が減少している地点が多く見られます。大腸菌はヒトの腸内で生息していますが、自然環境下では温度や紫外線、他の微生物による捕食などの影響を受けやすく比較的短期間で死滅します。そのため発生源から遠く離れた場所まで生存し続けるのは困難ですが、水に溶けている化学成分は環境中での分解や沈殿が起こりにくく、発生源から離れても安定に存在し続けます。硝酸性窒素は下水道がある程度整備されないとその効果は現れません。

地下水の硝酸性窒素濃度が低い地点を紺色、濃度が高くなると緑、黄色、赤色と 10 段階で示し、計測が始まった 1986 年、その 10 年後の 1996 年、下水道整備が始まった 2003 年、その 3 年後の 2006 年の分布です。市街地の地下水の硝酸性窒素濃度は木瓜川-善導寺川を境に西で高く、東で低い西高東低の特徴が見られます。しかし 1986 年から 2006 年までの 21 年で、大きな変化は見られません。



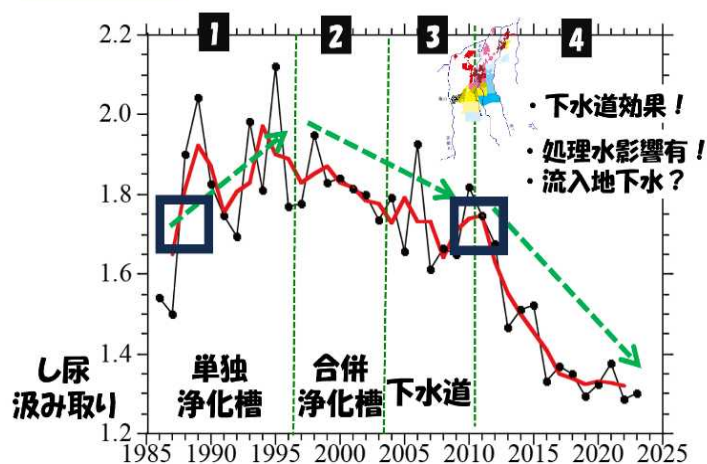
## 2. 無機成分 10-20年前に比べて大きく減少

硝酸性窒素濃度の2011年の分布も、2003年と同じ様に西高東低の特徴が見られます。しかし2013年になると赤色が明らかに少なく、青色系が多くなっています。2023年には青色の地点がさらに多くなっており、地下水の硝酸性窒素濃度は市街地でも非市街地でも減少していることがわかります。



この図は市街地全体、つまり約30地点の硝酸性窒素濃度の平均値の年変化で、赤色は3年移動平均を示したものです。濃度が高くなったり低くなったりしていますが、ステージ1は全体として硝酸性窒素濃度が増加しています。このことは、この期間に普及した単独処理浄化槽では、生活雑排水由来する硝酸性窒素を取り除けなかったことを示唆しています。硝酸性窒素はステージ2から減少傾向が見られ、それがステージ3まで続いています。この減少は、下水道整備が進んだ2011年からのステージ4で顕著です。下水道は生活排水をすべて南新在家の下水処理センターまで運んで一括処理しますから、その効果がこの頃から現れてきたのだと思います。合併処理浄化槽は現在の9割以上が2010年までに設置されましたが、2010年頃の濃度は合併処理浄化槽の設置前とあまり変わりません。合併処理浄化槽でも処理水は発生しますから、それが地下水に入っているのではないかと思います。もしこの考えが正しいとすると、浄化槽がすべて合併処理浄化槽になっても、硝酸性窒素濃度はそれほど下がらないかも知れません。一方で、ステージ4の濃度減少は、市街地に流入する地下水、例えばエコファーム農業などで上流の農業地域で硝酸性窒素が減少したからではないか、という可能性もあるかも知れません。その検証には、地下水の水質成分の起源を明らかにすること、また他の様々な水質項目の分布や経年変化から何が言えるのかについて理解を深める必要があります。

## 2. 無機成分 市街地の平均硝酸性窒素変化

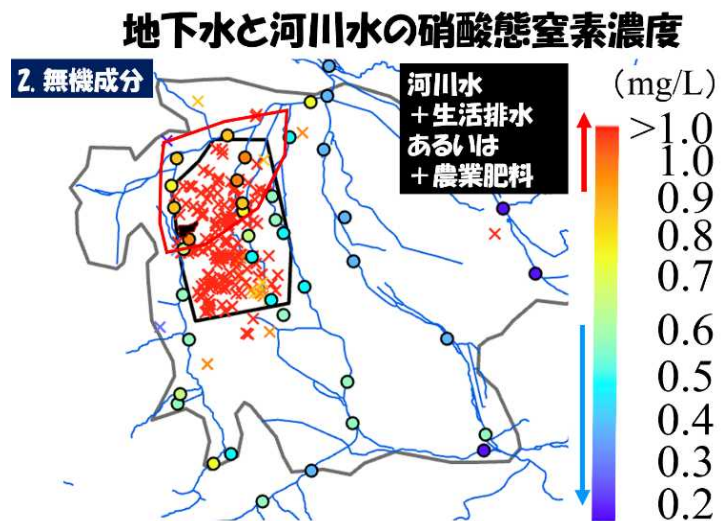


## 2-3 主要無機成分 2：塩化物イオンと水循環

この図は大野市の地下水を中心とする水循環を模式的に示したものです。市内の地下水は、基本的に南部の山地からの河川水を起源としています。大野盆地に入るところ、清滝川でいえば木本原で河川水が地下に潜って地下水になります。そして盆地を地下水が流れる間に、盆地に降った雨や雪、あるいは農業用水が水田で地下に浸透し、河川の伏流水に加わります。さらに市街地でも降水のほか、家庭や事業所などからの浄化槽の処理水が加わります。大野の地下水質を理解するためには、まずは河川水との水質の関係を知ることが大事になります。



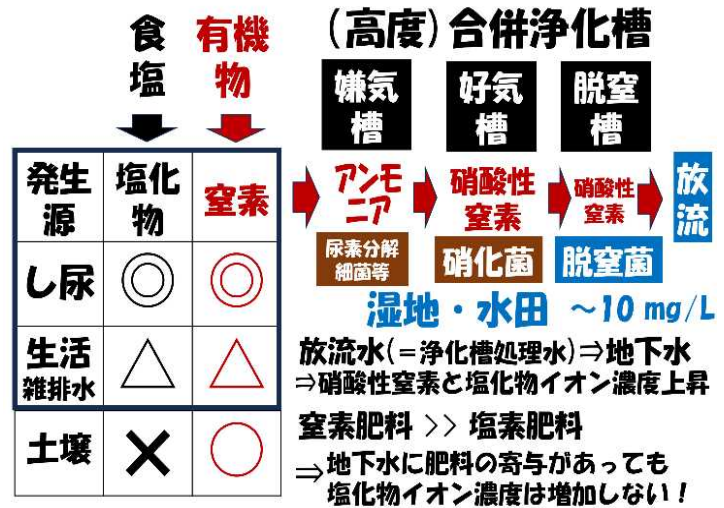
この図は 2016 年に調べた地下水の硝酸性窒素濃度を示したものです。凡例のような 10 段階で色分けをすると、地下水は 1 mg/L より濃度が高いため、ほとんどが赤色になります。現在の市街地地下水の硝酸性窒素濃度は、当時に比べては少なくなっていますが、このスケールでは同じ色になります。一方、河川水の硝酸性窒素濃度の分布をみると、ほとんどは緑色や青色で低い濃度を示します。木瓜川や赤根川の下流では暖色系の地点が見られますが、これは硝酸性窒素が高い地下水などが河川に流出しているためです。



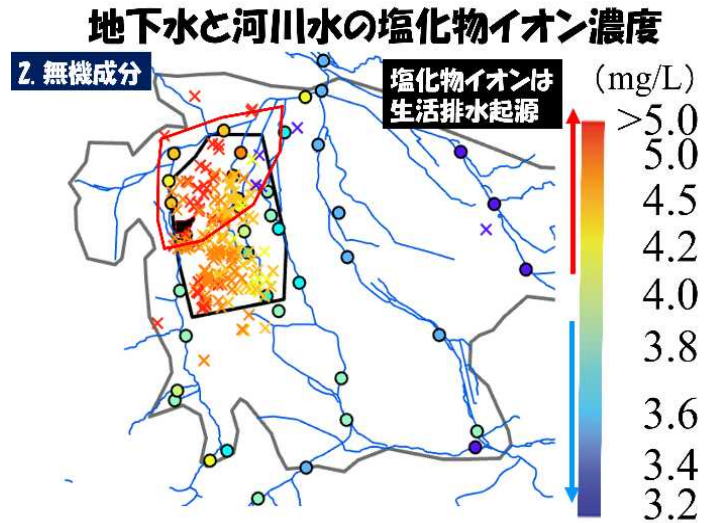
地下水の硝酸性窒素が河川水より高いことは、生活排水の窒素が市街地で加わったからだというのが私の見解です。ですが農業肥料の窒素が地下水に加わったとしても説明できなくもありません。そのように考える人もおられると思います。

市街地の地下水の硝酸性窒素が生活排水に由来するかどうかは、別の水質指標を利用することで検討できます。し尿や生活雑排水には窒素だけでなく、塩化物イオンが多いという特徴があります。塩化物イオンが多いのは、私たちが毎日、食塩（塩化ナトリウム）を摂取するからです。日本人は一日に 10 g ほど摂取し、海水の 5 分の 1 程度の塩分の尿を排出します。尿は塩化物イオンも窒素も多く含んでいますが、浄化槽では塩化物イオンは処理されません。

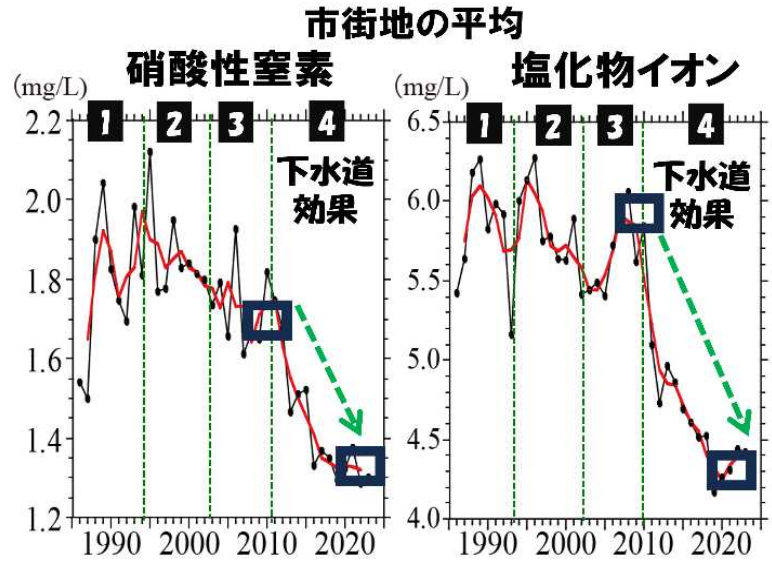
合併処理浄化槽は、嫌気槽、好気槽、脱窒槽という3つのタンクできていて、し尿などに含まれている有機物の窒素の多くは、まず嫌気層で尿素分解細菌などの微生物の力を借りてアンモニアになります。それが次の好気槽で硝化菌によって硝酸性窒素になります。硝酸性窒素は、次の脱窒槽で窒素ガスに変え窒素濃度を少なくして放流しますが、濃度（数 mg/L～20 mg/L）は河川水に比べれば高いのが一般的です。合併処理浄化槽は、自然界の様々な微生物を使って有機物を処理しており、脱窒菌は湿地や水田のように水が停滞する環境で多い菌です。このように、合併処理浄化槽の処理水が地下水に入ると、硝酸性窒素と共に塩化物イオンも高くなります。一方、肥料の代表は窒素肥料で、塩素肥料は稲作には使用しません。このため、地下水に農業肥料の影響があったら、硝酸性窒素は増加しますが、塩化物イオンは増加しません。



この図は、市街地の地下水と河川水の塩化物イオン濃度を10段階で色分けして示したものです。地下水のほとんどは暖色系で、塩化物イオン濃度は4.2 mg/L以上、木瓜川の西部では4.5 mg/L以上と高いことがわかります。これに対して河川水の塩化物イオン濃度は、硝酸性窒素と同じで、地下水が湧出している木瓜川や赤根川下流は濃度が高くなっています。しかし他は緑色や青色で、ほとんど4 mg/L以下の濃度です。重要な点は、大野盆地の南部で伏流する河川水は緑色や青色であり、塩化物イオン濃度が低いことです。農業肥料に塩素は含まれませんから、河川水に上乘せされた塩化物イオンは生活排水起源でしか説明できません。したがって、河川水より濃度が高い市街地地下水の硝酸性窒素の起源は、肥料ではなく主に生活排水であると言えます。

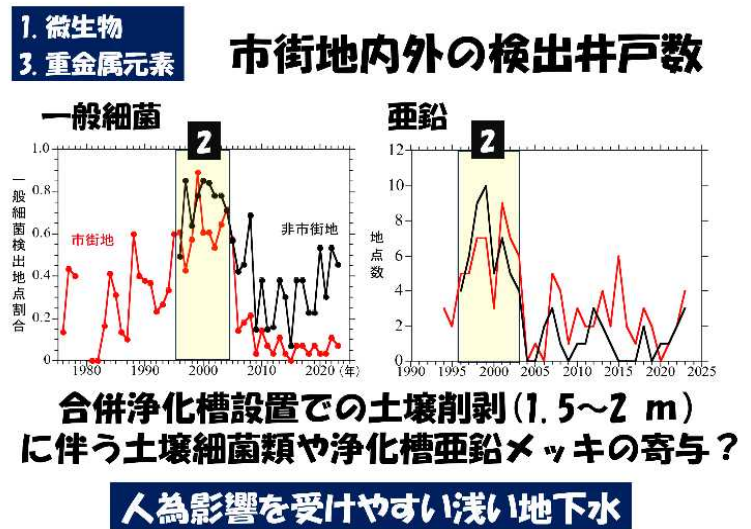


この図は、市街地地下水の硝酸性窒素と塩化物イオンの平均値の経年変化を示したものです。両水質成分は、全体的に似た経年変化を示しており、ともにステージ4で激減しています。この結果も、地下水は生活排水に由来する窒素や塩素を含んでいるという考えを支持します。しかし濃度が大きく減少しているとはいえ、硝酸性窒素の平均値は現在でも1 mg/L、塩化物イオンも4 mg/Lを超えています。この濃度は、河川水に比べると高い濃度です。下水道が整備されても、それに接続しなければ濃度は下がりません。現在でも下水道への接続率は40%程度です。硝酸性窒素濃度は水質基準値の10分の1程度であり、飲用に問題はありませんが、河川との水質比較からは、市街地地下水には浄化槽の処理水の影響があることを示唆しています。

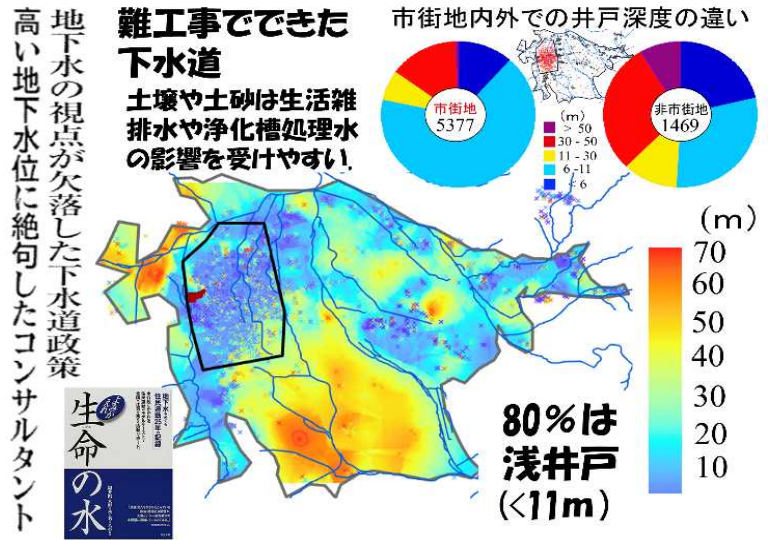


## 2-4 市街地は土地改変の影響を受けやすい浅い地下水

一般細菌が市街地でも非市街地でもステージ2で多いことを紹介しましたが、ステージ2の地下水には、亜鉛が多く地点で検出されました。市街地の地下水には、重金属元素のなかで亜鉛だけが、他のステージに比べてステージ2で5倍ほど濃度が高くなっています。一般細菌は生活排水だけでなく、土壌に非常に多いことが知られています。合併処理浄化槽が多く整備されたステージ2で一般細菌が多いのは、浄化槽工事に伴い土壌の細菌が加わったと考えれば説明できます。環境中の人為由来の亜鉛は、工場排水などを除くと、亜鉛メッキ製品の腐食・溶出が主要な供給源の一つとされています。合併処理浄化槽の配管や金具などに亜鉛メッキが施されています。浄化槽工事は1週間ほどかかり、土砂を2 m位掘り起こしますから、浄化槽の亜鉛メッキが溶出した可能性があります。



この図は、市の井戸の深度を示したものです。市街地の80%は、井戸深が11m以下の浅井戸です。「生命の水」には、「高い地下水位に絶句したコンサルタントの意見を引用して、地下水の視点が欠落した下水道政策」と批判していますが、市街地は地下水位がとくに高いのが特徴です。地下水位が高いので、市街地はきれいな湧水に恵まれています。浅いこと、そして水を通しにくい粘土層が少ないことは、地表での人間活動の影響を受けやすい地下水であるということです。浄化槽設置工事では土砂を掘削します。一般細菌や亜鉛に見られるように、土壌を介した地下水影響があったことも、地下水位が高いためと言えそうです。市街地の地下水を保全し利用し続けるには、土地利用にとくに注意を払う必要があります。浄化槽も耐用年数があり、いずれ交換が必要になります。下水道は新しくしかも難工事で完成したものです。この点を考えると、市街地の地下水利用だけでなく、市のシンボルである湧水の水質を保全する上でも、下水道が整備された以上は利用した方が良く思います。



水質検査と下水処理の関係をまとめたものです。市街地では塩素消毒機能のある合併処理浄化槽によって大腸菌検出数は激減しました。しかし一般細菌や硝酸性窒素などは緩やかな減少であり、浄化槽の処理水による地下水影響が認められます。一方、集中処理方式である下水道整備によって、硝酸性窒素や塩化物イオンなどの溶存性の水質成分は顕著に減少しており、「水と衛生」という点では、合併処理浄化槽よりも下水道の方が優れています。とくに市街地は水位が浅く、浄化槽設置に伴う一般細菌や亜鉛の地下水汚染もあつたようです。下水道が完成したからには、それに接続した方が安全な地下水を得られる、というのが私の意見ですが、大野で井戸枯れが起こったのも地下水が浅いからです。地下水位低下も、消雪のために地下水を大量に揚水した冬期よりも、従来にも増して秋の水位低下が深刻になっており、地球温暖化に起因する気候変動の影響を受けてきているのかも知れません。温暖化が進めば、気温の上昇や降雪量の減少の一方で、豪雨や豪雪が多くなると予測されています。市街地の地下水においても、今後はそのようなグローバルな観点で下水に目を向け、流域の健全な水循環の実現に向けた取り組みが必要になってきたと思います。水循環に目を向けるとともに下水を活かす試みが必要ではないか、ということで「大野は下水も宝物」という話に移りたいと思います。

**難工事でできた下水道**  
 土壌や土砂は生活雑排水や浄化槽処理水の影響を受けやすい!

市街地内外での井戸深度の違い

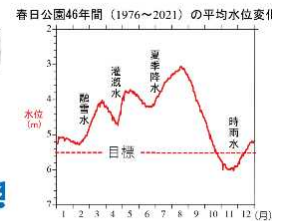
市街地 5377  
 非市街地 1469

80%は浅井戸 (<11m)

地下水位が高いためと言えそうです。市街地の地下水を保全し利用し続けるには、土地利用にとくに注意を払う必要があります。浄化槽も耐用年数があり、いずれ交換が必要になります。下水道は新しくしかも難工事で完成したものです。この点を考えると、市街地の地下水利用だけでなく、市のシンボルである湧水の水質を保全する上でも、下水道が整備された以上は利用した方が良く思います。

## 大野は下水も宝物

見えない地下水を守る下水道  
 ~大野市の水循環都市への挑戦~



1. 水と衛生の歴史
  2. 大野の下水処理と地下水質の関係
- 市街地では

- ・合併浄化槽 (分散処理)  
 大腸菌未検出、一般細菌や硝酸性窒素の緩やかな減少  
 処理水の地下水影響有
  - ・下水道 (集中処理)  
 硝酸性窒素、一般細菌、塩化物イオン等の顕著な減少  
 地下水保全の点では浄化槽より優れている  
 完成したからには、下水道を利用した方が良い
3. 大野は下水も宝物:水質調査を活かす

水と衛生

### 3 大野は下水も宝物

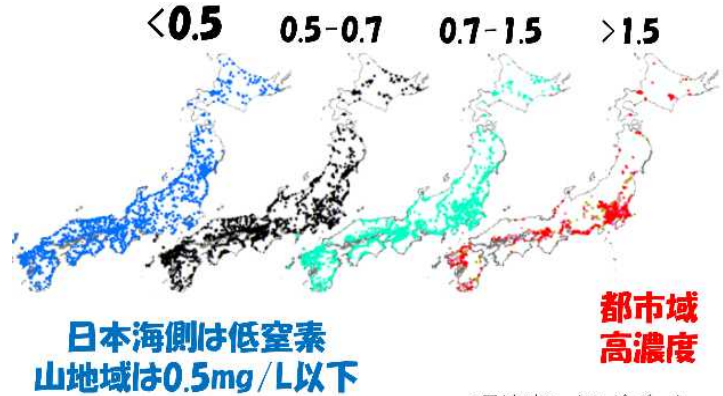
#### 3.1 水質汚染と水質モニタリング

環境省は、水源の水質汚染を監視するため、日本の約 8000 地点の河川で毎年水質検査を実施しています。硝酸性窒素濃度が 1.5 mg/L 以上と高い地域は大都市に限られます。濃度が 0.7~1.5 mg/L、0.5~0.7mg/L と少ないほど、他の地域が増えています。山地の河川や日本海側の河川の多くは、0.5 mg/L と低い値を示します。大野市の山地からの河川水も 0.5 mg/L 以下です。

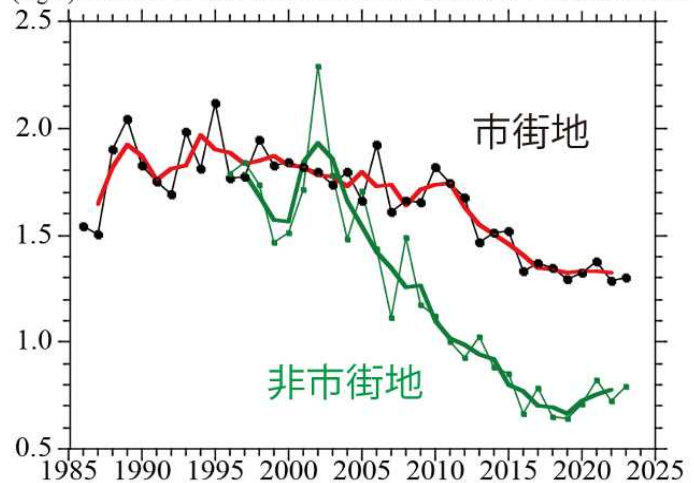
市街地の地下水の硝酸性窒素は減少していますが、それでも平均濃度は 1.3 mg/L です。非市街地では乾川地域のように、鉄やマンガンの濃度や濁度が高く、硝酸性窒素濃度がゼロで飲用に不適な地下水があります。このため、非市街地の地下水の平均窒素濃度は、緑線で示すように市街地比べて低く現在は 0.5 mg/L に近づいています。しかし合併処理浄化槽が整備された頃は市街地と同じように高く、非市街地でも窒素が減少したのは下水処理が進んだためです。

非市街地の例を 1 つ示します。これは九頭竜川左岸の新田集落の地下水質の変化を示したものです。この集落では、農業集落排水施設が設置される前は大腸菌や一般細菌が検出されていましたが、施設の供用が始まった 2008 年からはゼロになりました。硝酸性窒素は 6 mg/L と市街地の 2 倍を超えるような高濃度で、高い時は塩化物イオンも高い値を示していました。しかし排水施設が完成した 2008 年から減少し、現在は九頭竜川とほぼ同じ濃度までに低下しています。集落排水施設は下水道と同じ集中排水処理方式ですから、市街地でも、下水道への接続率が高くなれば、清滝川と同じ様な硝酸性窒素の低い地下水に近づくのではないかと思います。

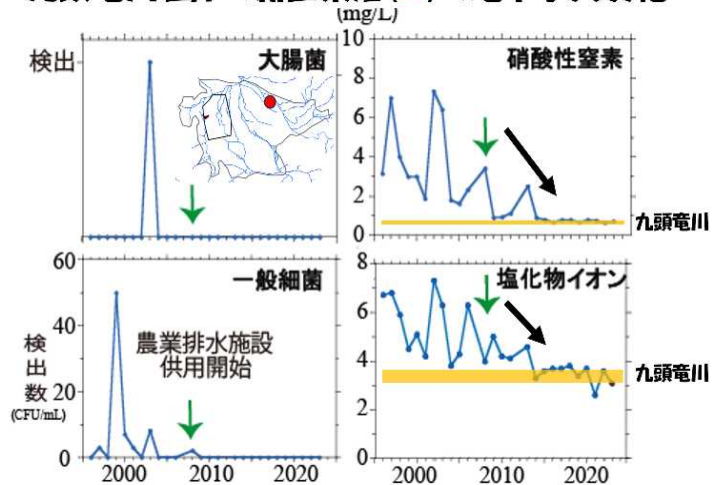
### 河川水の硝酸性窒素イオン濃度(mg/L) (2022年)



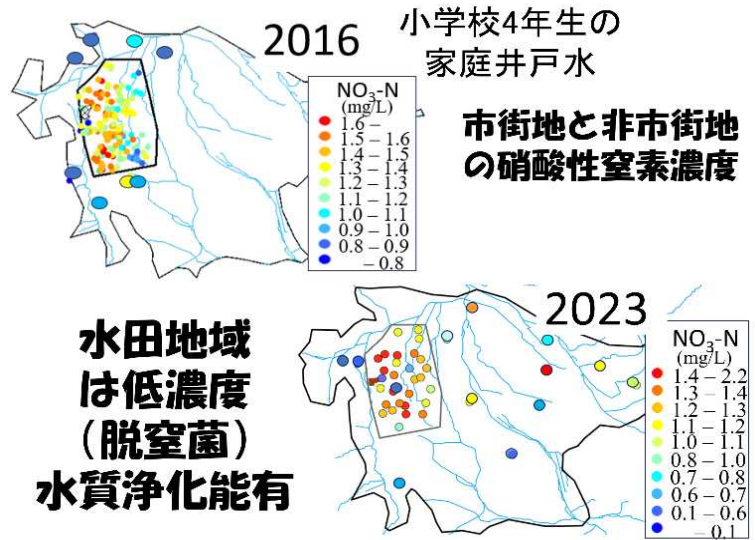
### 市街地内外の硝酸性窒素の平均濃度変化



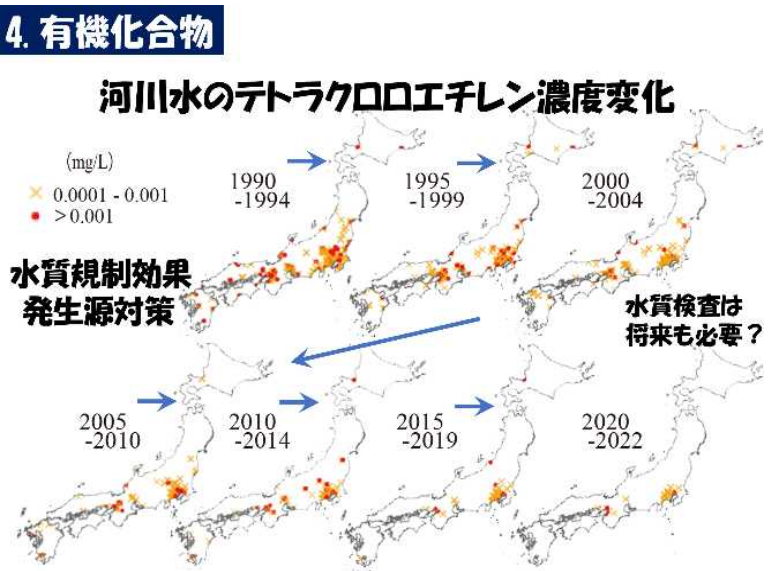
### 九頭竜川左岸の新田集落(●)の地下水質変化



左上の図は、小学校の総合学習のなかで2016年に4年生に家庭の井戸約200か所で採取してもらい、その水質を調べた結果を10段階で示したものです。市街地の地下水の硝酸性窒素濃度は木瓜川を介して明らかな西高東低の特徴が見られますが、周辺の非市街地は青色ばかりで、1 mg/Lを超える地下水はありません。右下は2023年度の市の水質検査結果ですが、市街地は1 mg/Lを超える黄色や赤色の地点が多い一方で、非市街地では2地点を除き寒色系の地点が多いです。市街地周辺は農地、特に水田が大半を占めています。水田の地下には脱窒菌が多いことを話しました。畑地と異なり水田では窒素肥料を使っても、地下は水はけが悪く脱窒菌があるので、地下水の窒素濃度も全体的に低くなるのです。肥料を使用しても、その地下水影響は畑地と水田では大きな違いがあります。



大野市の水質検査では14の有機性有害化学物質を対象としていますが、検出されたのは、ドライクリーニングの溶剤や金属部品の洗浄剤として広く使用されたテトラクロロエチレンのみです。環境省は河川水のテトラクロロエチレンを1989年からモニタリングしています。その分布を見ると、現在でも大都市の河川で検出されています。しかし水質規制効果や発生源対策を実施したことにより、テトラクロロエチレンの検出地点や濃度は年度と共に減少しています。テトラクロロエチレンは比重が水より重いので、地下水の底まで沈み込み長期間地下水を汚染すると考えられていますが、日本の河川水で今後増加する可能性は少ないと考えられます。



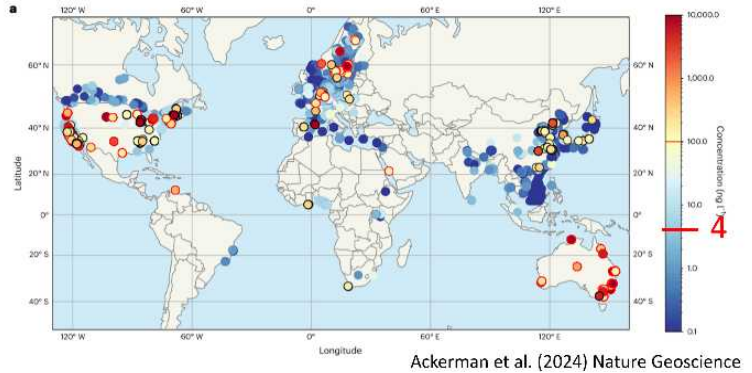
では、有機化合物汚染は大丈夫かというと、テトラクロロエチレンと同じ安定で残留性のあるPFAS（Per- and Polyfluoroalkyl Substances）と呼ばれる有機フッ素化合物汚染が世界に広がっています。PFASは発がん性や肝疾患、ホルモンバランス、動脈硬化をもたらすとされ、欧米やオーストラリアでは高濃度のPFAS汚染が報告されています。日本でも報道されるようになってきましたが、PFASによる直接的な因果関係を特定した事例の確定は難しいのが現状のようです。

## 4. 有機化合物 世界に広がるPFAS汚染

ペルフルオロアルキル物質：有機フッ素化合物

高い安定性と残留性

→発がん性, 肝疾患, ホルモンバランス, 動脈硬化, 心臓病・・・



高濃度のPFASは日本でも大都市や沖縄の河川水や地下水で報告されています。福井の地下水でもPFASが検出されており、2026年から水質基準項目に加わるとされています。しかし国によって基準値は異なり、日本では50 ng/Lですが、EUは500 ng/Lの一方で、アメリカでは4 ng/Lと100倍もの違いがあります。PFASは最近では使用禁止になってきていますが、消火剤だけでなく食品包装材、医薬品、化粧品、衣類など日常生活でも使用されています。

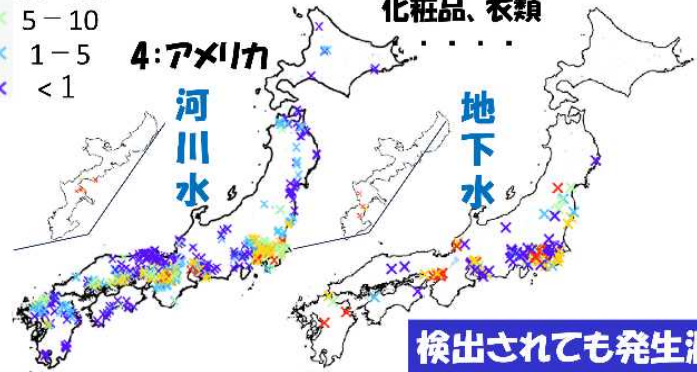
生活質⇒排水質の変化

消火剤  
撥水加工品  
食品包装材  
医薬品  
化粧品、衣類  
・・・

新規懸念物質

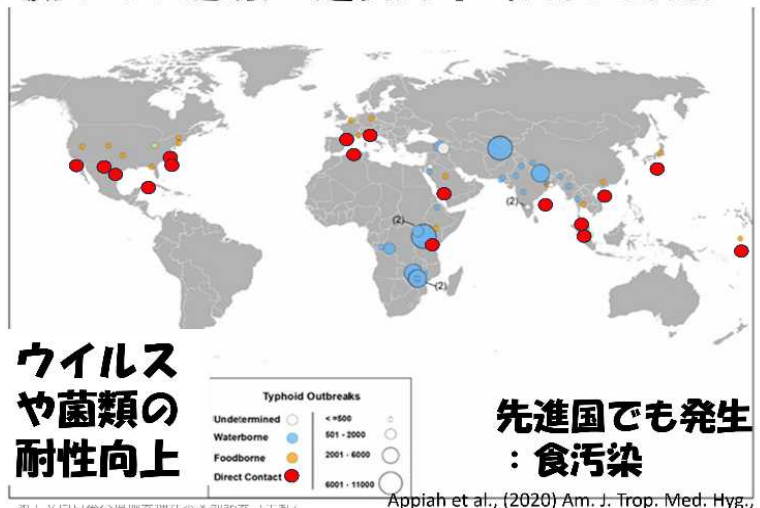
- × > 50
- × 10 - 50
- × 5 - 10
- × 1 - 5
- × < 1

500 EU  
50 日本



古くから知られている水系感染症である腸チフス感染は、過去30年（1989-2018）でも、アフリカやインドなどで発生しています。食を介した病原体による汚染は、日本を含む先進国でも報告されています。O157のような強い病原性をもつ大腸菌は、食生活の変化などによって、ヒトに感染しやすくなったと考えられています。また、抗菌薬や抗ウイルス薬の使用などに伴い、耐性をもつさまざまな病原性微生物も確認されています。

## 腸チフス感染：過去30年（1989-2018）



日用品にも健康リスクがあるさまざまな物質の存在が報告されており、新規懸念化学物質として毒性評価の研究が盛んに行われています。生活の質の向上に伴い下水の質も変化しています。しかし発生源が多いので、検出されても対策が難しいことが大きな問題です。地下水汚染に対処するには、発生源の特定が不可欠です。そのためには、地下水の流れを明らかにすることが重要になります。

この図は市内地下水のモデル研究、つまり地下水の流れを予測した結果です。テトラクロロエチレン汚染は発生から30年以上になりますが、市の検査では、検出されるのは3地点だけです。実際の地下水流向は南から北と考えられます。水の会の人たちが市民の協力を得て50地点で調べた結果からも地下水の流れは南から北です。しかも流れの幅が50m程度に過ぎないことや、汚染が地下深部に及んでいないことを明らかにしており、素晴らしい成果です。このような汚染の経験で得られた知見を次につなげることが重要です。

#### 4. 有機化合物



テトラクロロエチレンの検出地点

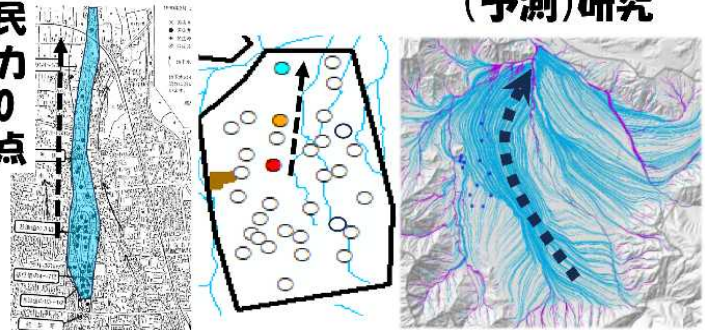
地下水流向⇒発生源特定

汚染経験を将来に活かす

実証研究

モデル(予測)研究

市民協力50地点



### 3-2. 水質検査と下水処理の一体的推進

水質検査にも課題はたくさんあります。大野市では飲用水の水質基準項目51のうち40項目を検査していますが、その他にも、水質管理目標設定項目は26、要監視項目は47あります。これらすべての項目の水質検査は、財源に限られる地方自治体では経費的にも技術的にも難しい問題です。水質検査対象になっていない新規懸念物質は40を超えています。その検査や対応はさらに困難です。AIの進展もあり、将来技術的に可能になったとしてもリスクは常にあります。飲用の可否だけでなく、リスク対策を視野に入れ、地下水が生まれ地下を流れる水循環の姿を明らかにする検査が望まれます。下水道に接続した方が安全・安心ですが、接続に伴う水質改善効果を評価し、伝え、得られた知見を「市民の共有財産」として生かす仕組み(学習)が必要です。

### 水質検査の課題

水質基準項目(40項目/51項目)

水質管理目標設定項目(26)

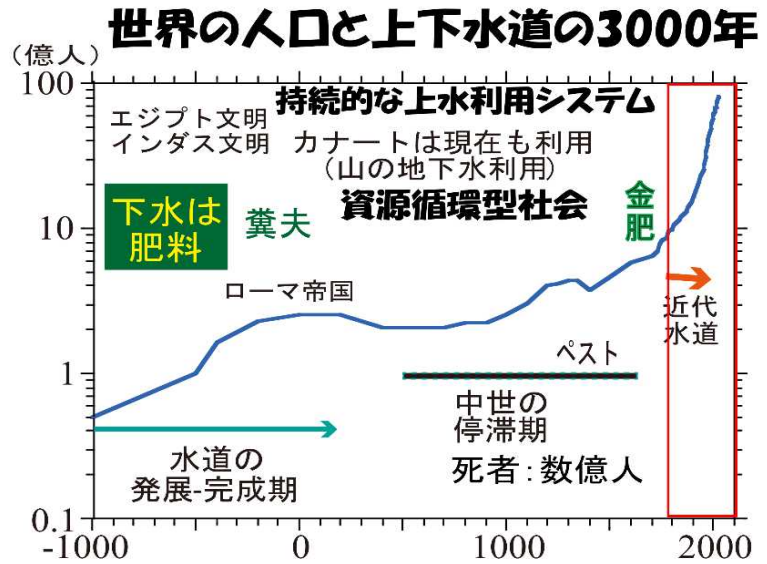
要監視項目(47)があり

新規懸念物質(>40)も含めた

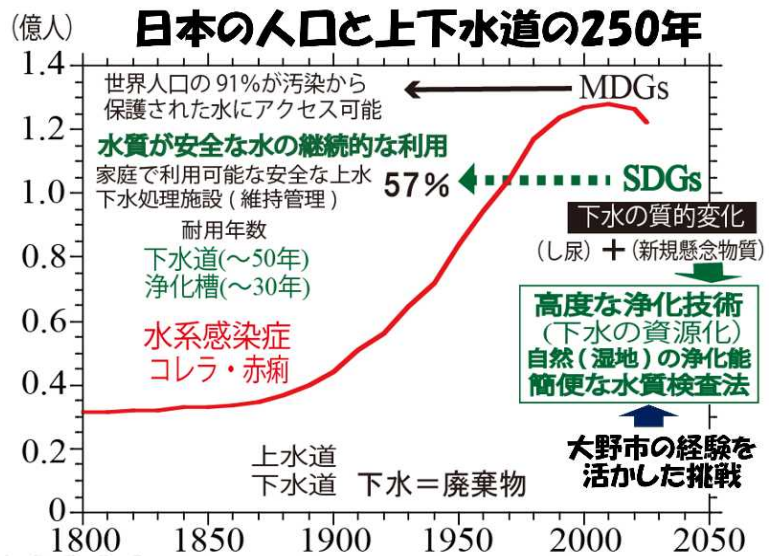
水質検査は経費的にも技術的にも不可能!

- 計測が技術的に可能になってもリスクは常に存在。
- 飲用の可否だけでなく、リスク対策を視野に入れ、地下水が生まれ流れる仕組み(水循環)の理解向上に資する地方自治体でも可能な検査が望まれる。
- 下水道に接続した方が安全・安心だが、接続に伴う水質改善効果を評価し、伝え、得られた知見を「市民の共有財産」として生かす仕組み(学習)が必要。

大野の地下水の水質検査と下水処理について、水と衛生の観点から私見を述べたいと思います。この図は、世界の人口と上下水道の3000年を示したものです。古代のエジプト文明やインダス文明の時代から、水と衛生は文明を支える柱でした。カナートと呼ばれる山の地下水を水源とする水道技術は、現在もイランなどで使われています。ローマでは当時の水道が今でも利用されており、ローマ帝国の時代までは水道の発展、完成期でした。下水も肥料とされ黄河文明ではし尿を扱う糞夫と言われる職業もあり、日本でも江戸時代から金肥と言われ昭和初期まで続きました。下水を資源とする循環型社会が成立していましたが、ローマ帝国の衰退に伴い中世の停滞期に入り、1600年代にはペストで当時の人口4億の半数の死者が出たと言われています。ペストは水系感染症ではありませんが、衛生環境の悪化がもたらした感染症です。そして近代に入りました。



最初に示した日本の人口と上下水道の250年です。冒頭に述べたように、国連が2000年に定めた、世界の人々が水にアクセスできることを目標にしたMDGsでは、91%の人々がアクセスできるようになりました。それを受けて現在のSDGsでは、安全な上水とトイレが課題になりました。家庭で安全な上水を利用できことと適正な下水処理を目標にしましたが、ともに達成率は57%にとどまっています。下水処理は維持管理が難しいことが原因の一つです。下水道の耐用年数は50年とされていますが、それより早い劣化が進み、日本では道路の陥没事故が八潮市で2025年の1月に発生しました。ですが浄化槽の耐用年数はそれより短く30年とされています。下水道もできたら使わないと損ですが、下水も貴重です。日本はリン資源がないこともあって、神戸市は下水のリン資源化に成功し、富山市などの各地の自治体で取り入れられています。エチオピアでは下水から発生するメタンを利用した家庭での発電も試みられています。大野市でも下水処理センターでし尿を資源化していますが、下水の資源化は今後進むと思います。一方で下水処理には経費がかかり、途上国では湿地など自然の浄化システムも取り入れられています。大野では、市街地の拡張とともに湿地がなくなりましたが、水田は人工的な

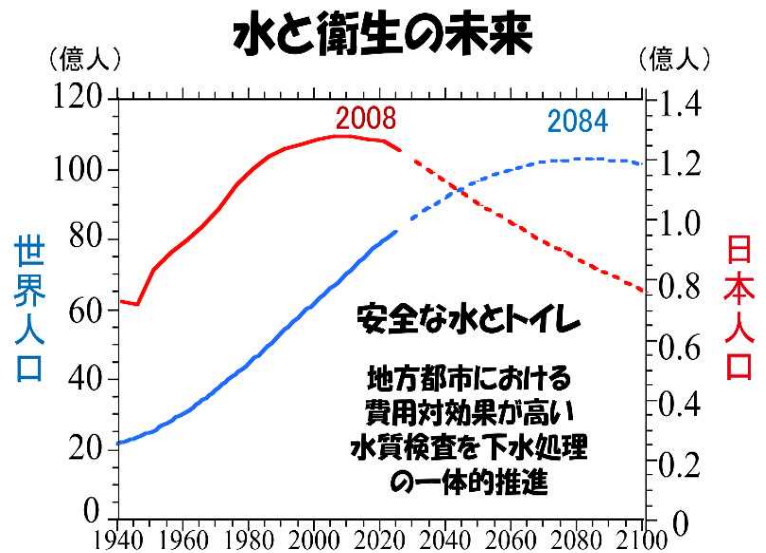


湿地のようなものです。冬季水田涵養が実施されていますが、水田は脱窒菌による水質浄化機能もあります。農業振興と一体となった取り組みも期待できそうで、そこに大野の経験を活かした挑戦があるかと思います。水質項目も多くなるばかりですが、水質検査法にも新たな挑戦が求められています。

世界の人口も 2084 年がピークで、それ以降は減少すると予測されています。少子高齢化が進む大野市で実施してきた下水処理と水質検査の経験を活かすことは、途上国だけでなく先進国でも求められています。大野のきれいな湧水だけでなく、下水にも向き合い、水循環として生かすことが大事なことだと思えます。

最後の図になります。ポスト SDGs を見据えた水質検査法への挑戦への一歩は、下水道に接続したら地下水質が本当に改善するかを明らかにすることです。そのために現在このような黄色で示した項目に対して費用対効果の高い分析法を検討しています。現在、山地の湧水を調べていますが、非市街地の地下水、下水や処理水、深い井戸水の実態解明も重要で挑戦できればと思っています。しかし今日話したように、下水道も含めどの事業も事業の効果を評価し、理解を深めないと、問題が生じた時の適切な対処は難しいです。

「生命の水」では、下水道敷設に対して批判的見解が示されています。今回の結果は、地下水保全には合併処理浄化槽よりも下水道の方が優れているという意味で、反対意見になります。しかし野田さんの見解は、当時の状況を考えればもっともな点もあり、水質成分の起源や動態に対する情報の違いが誤解を生じた要因のように思います。野田さんは亡くなられたと伺いましたが、テトラクロロエチレンなど将来対策につながる貴重な結果も示され、なにより自分で調査をしながら知識を深め、学習をしっかりとされた方なので、水質検査に基にした今回の私の見解にご理解頂けるのではないかと思います。私も残り期間が少なくどこまでできるかわかりませんが、市民の方には難しい水質への理解を深め、下水に目を向けて頂くことは市の発展につながると考え、「大野は下水も宝物」とさせて頂きます。



### ポストSDGsを見据えた水質検査法 下水道接続率向上に伴う地下水質改善の実証

水循環の解明と理解向上につながる費用対効果の高い水質計測法の開発と学習

#### 水質基準項目 (51項目)

- 1. 微生物：2項目
- 2. 無機成分：6項目 (硝酸性窒素...)
- 3. 重金属元素：14項目
- 4. 有機化合物：24項目
- 5. 簡易 (pH, 濁度)：5項目



#### 老人の挑戦

- ① 山地の湧水
- ② 非市街地地下水
- ③ 下水と処理水
- ④ 深い井戸水

## 4. 付録

### 4.1 開催要項

#### 見えない地下水を守る下水道～大野市の水循環都市への挑戦～

令和7年9月14日（日）：結とぴあ 305・306号室

大野市では、昭和50年代の初めから地下水位の観測を開始し、以降、市民による観測や掲示の継続、地下水質の検査、地下水構造の解析、研究機関等との共同研究などに取り組んできました。現在は「大野市水循環基本計画」に基づき、市民・事業者・団体・国・県などと連携しながら、流域マネジメント（流域において関係する者が連携して活動すること）を進めています。

また、公共下水道事業は平成15年度に供用を開始し、整備を拡大してきたものの利用されているのは全体の約4割にとどまっています。

こうしたなか、大野市水循環アドバイザーの研究により、下水道などの汚水処理が地下水に良い影響を与えていることが明らかになってきました。

本講演会では、その関係をわかりやすく紹介し、適切な汚水処理の促進と水を大切にす意識のさらなる普及を目指します。

#### 【内容】

1：30～ 開会あいさつ

1：35～ 大野市の取組発表

(1) 大野市の水循環施策

(2) 大野市の汚水処理の取り組み

2：05～ 共同研究機関香川大学から話題提供「水質汚濁と下水道」

講師 山田 佳裕（やまだ よしひろ）氏

2：25～ 休憩（10分）

2：35～ 講演 「大野は下水も宝物」

講師 中野 孝教（なかの たかのり）氏

3：45～ 終了

主催：大野市 暮らし環境部 環境・水循環課／上下水道課

## 4.2 チラシ

下水道の日 講演会

見えない**地下水**を守る下水道  
〜大野市の水循環都市への挑戦〜

令和7年  
**9/14**  
日曜日

私たち大野市民のかけがえのない財産、地下水。この地下水を守っているのが下水道です。なぜ下水道が地下水を守ることになるのか。水のスペシャリストから貴重なお話を聞くことができます。

会場

結びびあ 305・306号室  
(多田記念大野有終会館)

講師紹介

大野市水循環アドバイザー 中野 孝教氏

筑波大学大学院地球科学研究科修了後、筑波大学に在籍し、産業技術総合研究所や国立環境研究所の客員研究員を兼任。  
2018年から大野市水循環アドバイザー  
2025年現在  
香川大学客員教授  
総合地球環境学研究所名誉教授  
徳島大学専門研究員


問合せ先


大野市 環境・水循環課  
上下水道課  
0779・66・1111


**プログラム**

13:30〜 話題提供  
・大野市の取組  
・山田 佳裕氏「水質汚濁と下水道」  
香川大学農学部応用生物科学科 教授  
内閣官房 水環境アドバイザー

14:35〜 講演  
・中野 孝教氏「大野は下水も宝物」








定員  
100名

申込はこちら



※電話申込も可  
環境・水循環課まで

2/7

### 4.3 写真



開会（大野市くらし環境部長）



ロビー展示



大野市水循環アドバイザー 中野 孝教 氏



香川大学 山田 佳裕 氏



大野市 上下水道課

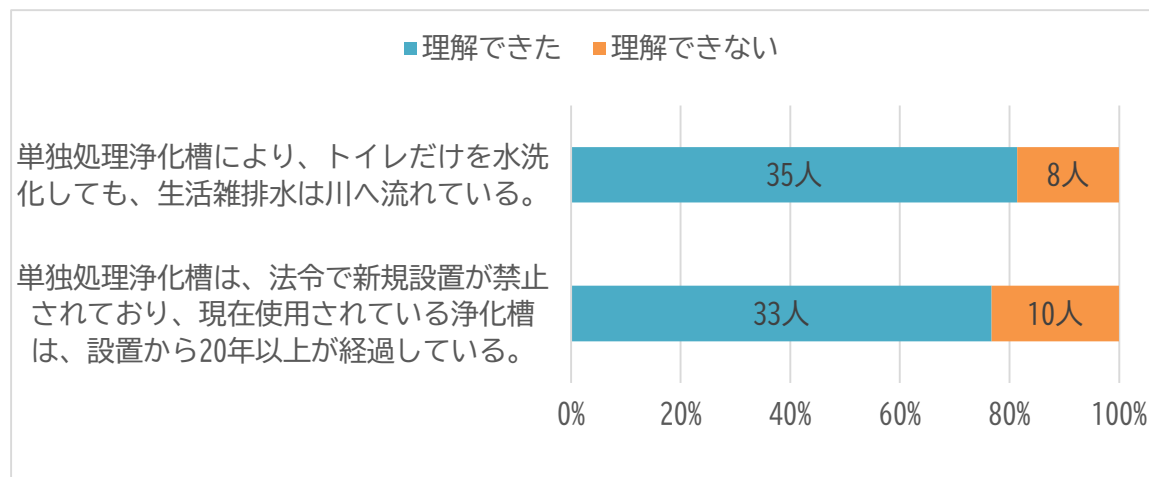


大野市 環境・水循環課

## 4.4 来場者アンケート

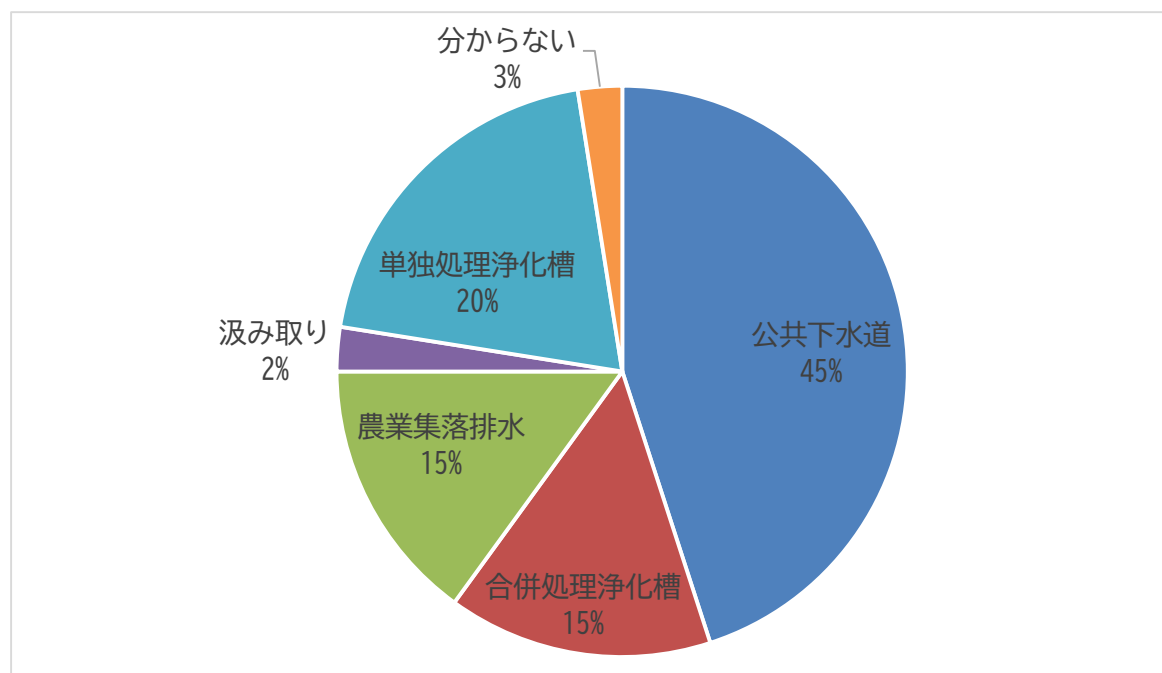
### 問 1-1 汚水処理の理解度

「水洗化」の本来の意味は、トイレだけでなく、生活雑排水も適切に処理を行うことです。トイレだけを水洗化している単独処理浄化槽と、下水道や合併浄化槽など、正しい汚水処理について理解できましたか？

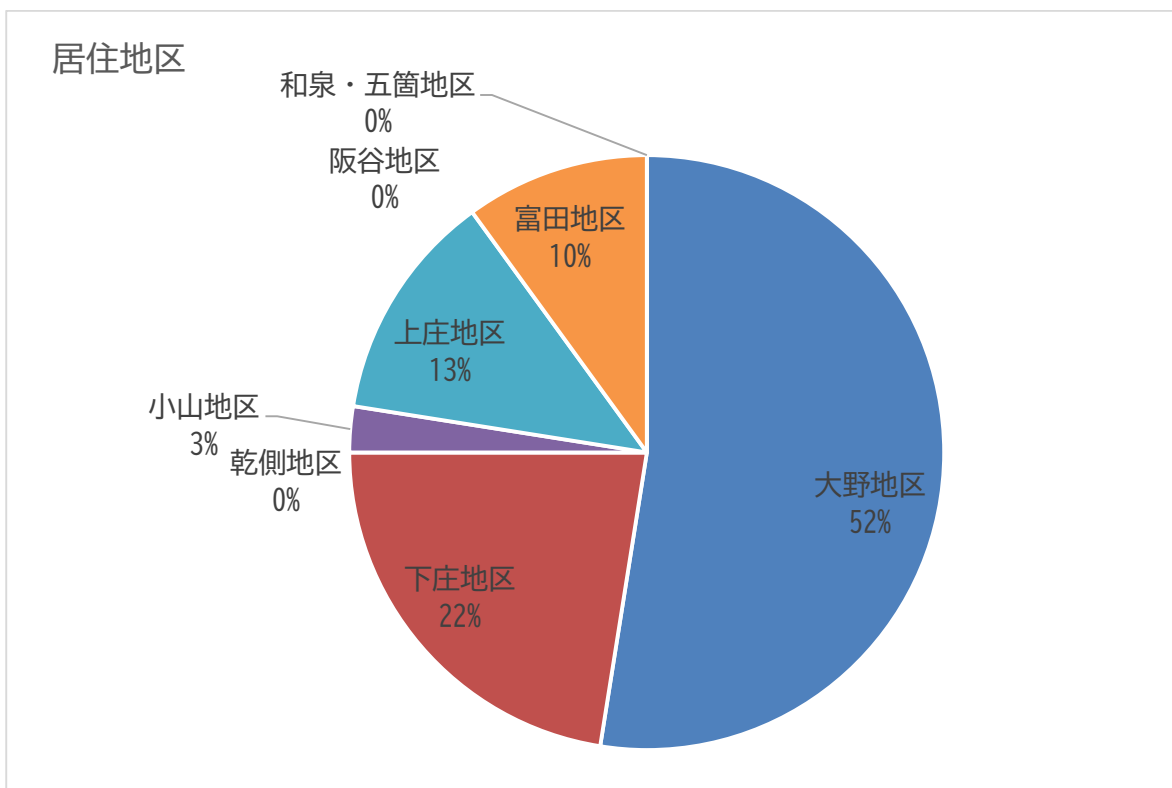
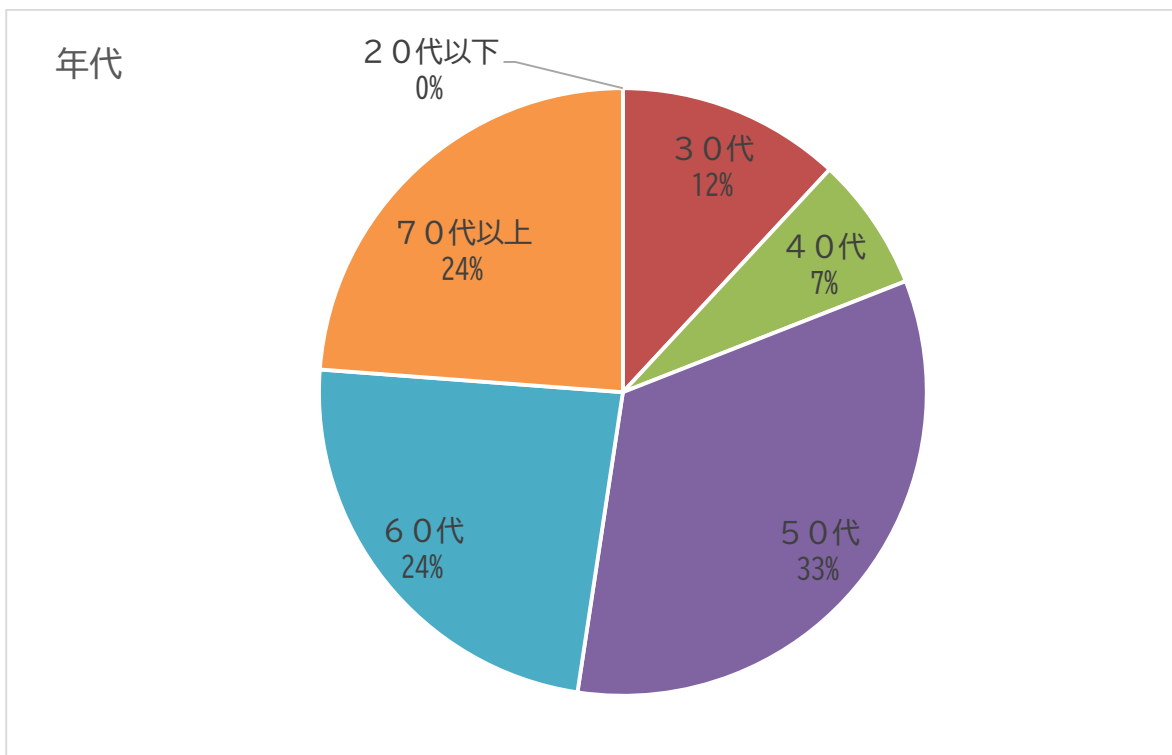


### 問 1-2 汚水処理の状況

ご自宅の汚水処理の種類を教えてください。

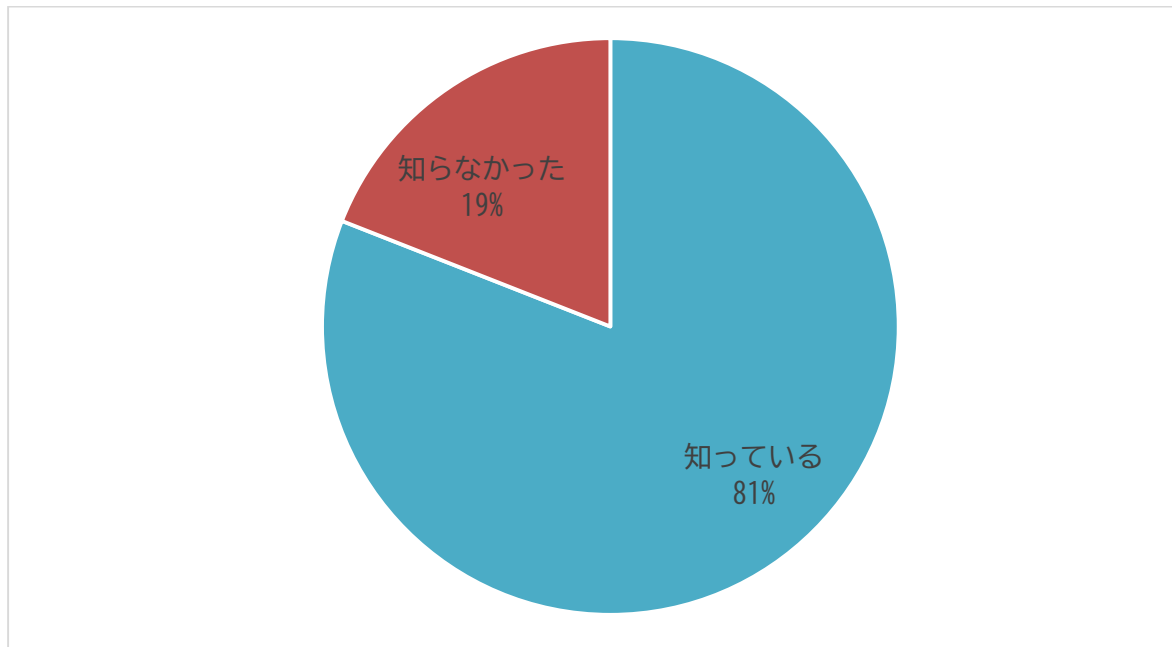


## 問2 回答者の属性（年代・居住地区）



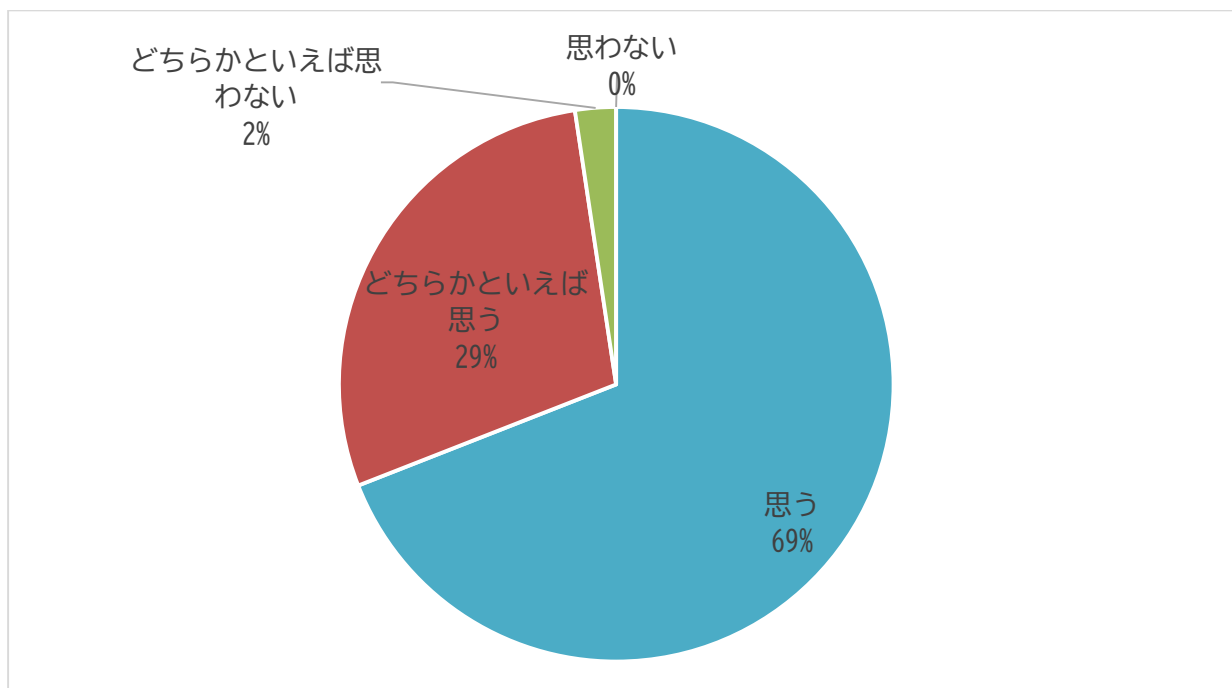
### 問3 水のがっこの認知度

越前おおの水のがっこうを知っていますか？



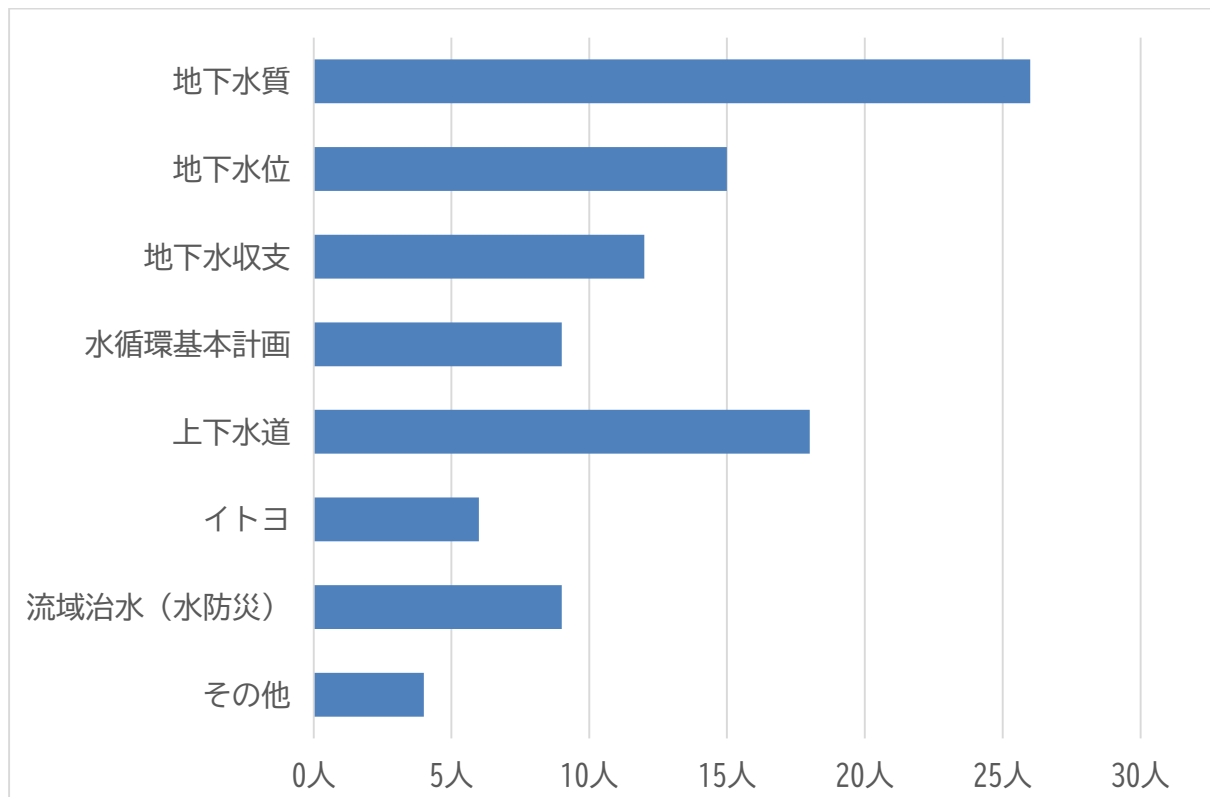
### 問4 水の授業への参加の意向

今後も水に関する授業や講演会に参加したいと思いますか？



#### 問 4-1 受けてみたい水の授業

どのような水の授業があると良いと思いますか？



#### 問 4-2 自由意見

- ✓ 湧水の仕組み・歴史
- ✓ 水環境・生態系
- ✓ 水を活かしたまちづくり、水を見せる景観づくり
- ✓ 大野の地下水は本当においしいが、今後水量が少なくなるのでは？飲み水のみを使用するように。他の水は川などから使用する。

令和8年3月  
大野市 暮らし環境部 環境・水循環課  
TEL0779-64-4828