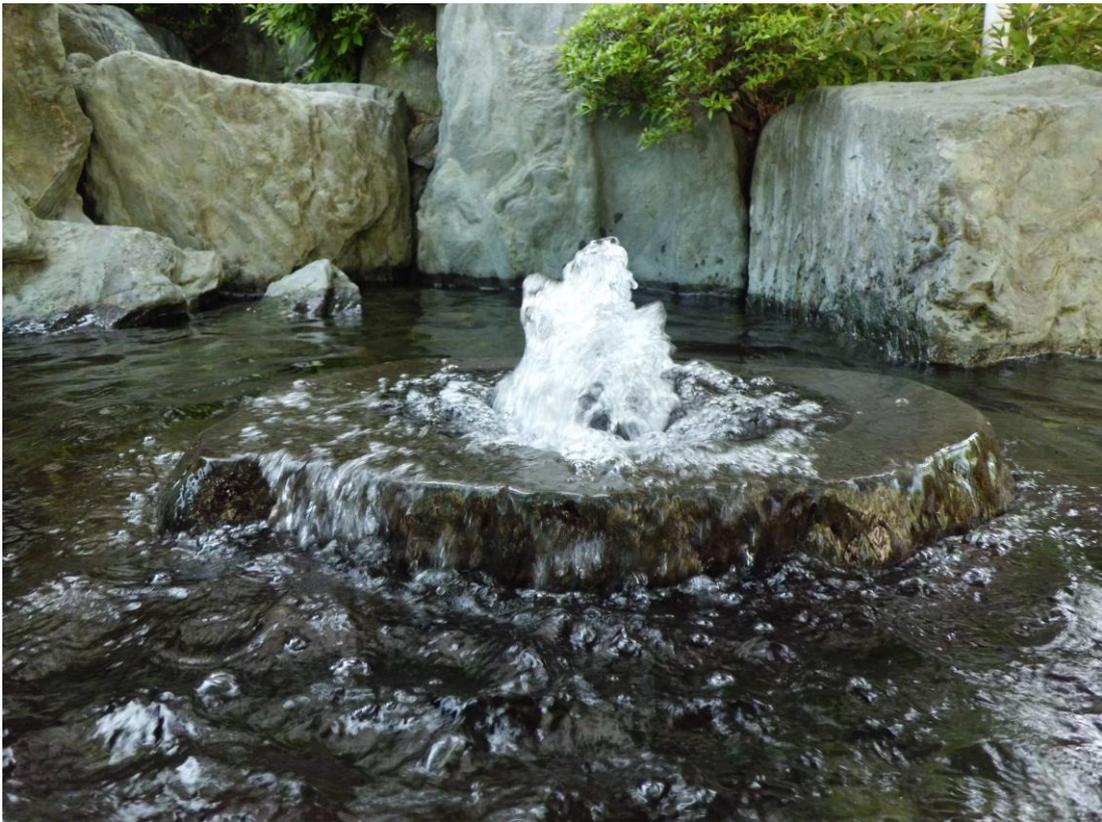


# 西条市地下水保全管理計画 (案)



西条市

平成 28 年 月



## はじめに



～「うちぬき文化」の継承に向けて～

瀬戸内海に面し、降水量が少ない本市が「水の都」と言われる由縁は、石鎚山系や高縄山系の山々に多量に降った雨が、長い年月をかけて地下で浄化され、「うちぬき」と呼ばれる自噴水や平野のあちらこちらから湧き出す泉となり、その清く透きとおった水が、市内の水路を縦横無尽に流れているためです。

その「うちぬき」は、昭和の名水百選に選ばれ、さらに岐阜県揖斐川で開かれた、「いびがわ”ミズみずフェスタ「全国利き水大会」で2年連続全国1位に選ばれた“おいしい水”です。

しかし、本市の地下水資源も近年の気候変動や森林荒廃などの社会状況の変化により、いくつかの問題が顕在化し、早々に対策をとる必要が生じてきました。

折しも、平成26年7月に水循環基本法が施行され、地下水を含む「水が国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いもの」とされ、地下水がいわば「公共水」として位置付けられました。本市では一歩踏み込んだ「地域公水」という概念を本計画に盛り込みました。

地下水の諸問題に対する保全策や施策の方向性を示し、本市の地下水を未来へつなぐ本計画は、本市にとって、かけがえのない地下水という宝物を保全するツールです。

「うちぬき文化」を未来へつなぐ。それが私たちの使命です。

市民の皆様には、この計画の推進にご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

結びに、本計画の策定にご尽力いただいた地下水法システム研究会と道前平野地下水資源調査研究委員会の委員の皆様にご心から感謝を申し上げます。

平成28年 月

西条市長 青野 勝

# 目次

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 前文                              | 1  |
| 第1章 育まれてきた「うちぬき文化」              |    |
| 1 環境と水                          | 3  |
| (1) 地形と土地利用                     | 5  |
| (2) 地質                          | 5  |
| (3) 気象・気候                       | 6  |
| (4) 河川                          | 8  |
| (5) 生物と生態系                      | 9  |
| 2 人と水                           | 9  |
| (1) 西条市の沿革と人口                   | 9  |
| (2) 地下水の家庭利用                    | 10 |
| (3) 上水道等の利用                     | 10 |
| (4) 人が集う水環境                     | 11 |
| (5) 名水百選と水の郷                    | 11 |
| (6) 市民の活動                       | 12 |
| 3 産業と水                          | 12 |
| (1) 農業                          | 12 |
| (2) 工業                          | 12 |
| (3) 観光業                         | 12 |
| (4) その他                         | 13 |
| (5) 水資源の開発                      | 13 |
| ア 加茂川総合開発事業（加茂川及び黒瀬ダム）          | 13 |
| イ 道前道後平野農業水利事業（中山川、面河ダム及び志河川ダム） | 13 |
| ウ ため池                           | 14 |
| 第2章 地下水の現状                      |    |
| 1 西条平野                          | 15 |
| (1) 西条平野の水の流れ                   | 15 |
| ア 平野全体の水循環構造                    | 15 |
| イ 地下水の流動                        | 16 |
| (2) 地下水の水量                      | 17 |
| ア 地下水の涵養                        | 17 |
| イ 地下水の利用と流出                     | 19 |
| ウ 地下水の収支                        | 19 |
| エ 地下水位の変動                       | 20 |
| (3) 地下水の水質                      | 21 |
| ア おいしい水                         | 21 |
| イ 水質基準                          | 21 |

|                   |                                       |    |
|-------------------|---------------------------------------|----|
| 2                 | 周桑平野                                  | 23 |
| (1)               | 周桑平野の水の流れ                             | 23 |
| ア                 | 平野全体の水循環構造                            | 23 |
| イ                 | 地下水の流動                                | 24 |
| (2)               | 地下水の水量                                | 25 |
| ア                 | 地下水の涵養                                | 25 |
| イ                 | 地下水の利用と流出                             | 26 |
| ウ                 | 地下水の収支                                | 26 |
| エ                 | 地下水位の変動                               | 26 |
| (3)               | 地下水の水質                                | 27 |
| ア                 | おいしい水                                 | 27 |
| イ                 | 水質基準                                  | 27 |
| 第3章 地下水を取り巻く環境の変化 |                                       |    |
| 1                 | 自然環境の変化                               | 29 |
| (1)               | 降雨の変化                                 | 29 |
| ア                 | 降雨形態                                  | 29 |
| イ                 | 降雨の水質                                 | 30 |
| (2)               | 気温                                    | 30 |
| 2                 | 産業の変化                                 | 32 |
| (1)               | 森林管理の現状                               | 32 |
| (2)               | 農地の変化(水田等耕地の減少)                       | 32 |
| (3)               | 都市化の影響                                | 32 |
| 3                 | 地下水利用の変化                              | 33 |
| (1)               | 生活用水としての地下水利用                         | 33 |
| ア                 | 地下水の直接利用<br>(各家庭等で「うちぬき」や地下水を汲み上げて利用) | 33 |
| イ                 | 上水道等の利用(約9割の水道水源は地下水)                 | 33 |
| ウ                 | 市民の保全意識                               | 34 |
| (2)               | 人口減少・高齢化と水道事業                         | 34 |
| (3)               | 農業用水としての地下水利用                         | 35 |
| (4)               | 企業活動における地下水利用                         | 35 |
| 第4章 地域公水の提唱       |                                       |    |
| 1                 | 地下水の保全・管理の方向性                         | 37 |
| (1)               | 健全な水循環の保全                             | 37 |
| (2)               | 地域公水の概念                               | 37 |
| 2                 | 「西條市地下水の保全に関する条例」の見直し                 | 38 |
| 3                 | 関係者がともに取り組んでいくための場づくり                 | 39 |

## 第5章 地下水の未来をともにつくっていくための施策

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 1   | 長期的に取り組むべき施策         | 43 |
| (1) | 地下水資源の強化             | 43 |
| ア   | 森林（水源地域）の適正な管理       | 43 |
| ア   | 森林整備                 |    |
| イ   | 林業経営の安定化への支援         |    |
| ウ   | 土地取引の監視及び水源地域保全条例の検討 |    |
| イ   | 平野部での地下水涵養力の向上       | 43 |
| ア   | 雨水浸透の推進              |    |
| イ   | 休耕田等への湛水             |    |
| ウ   | 地下水の代替水源の保全・管理       |    |
| (2) | 地下水の水質保全             | 44 |
| ア   | 未然防止対策               | 44 |
| ア   | 地下水利用規制の検討（条例の見直し）   |    |
| イ   | 汚染発生源の対策             |    |
| イ   | 事後対策                 | 44 |
| ア   | 汚染構造の解明              |    |
| イ   | 汚染浄化の促進              |    |
| (3) | 育水の普及                | 45 |
| ア   | 育水思考の醸成              | 45 |
| イ   | 水循環等に関する教育の推進        | 45 |
| ウ   | 西條市地下水の保全に関する条例の見直し  | 45 |
| 2   | 優先的に取り組むべき施策         | 46 |
| (1) | 地下水の調査・モニタリング        | 46 |
| ア   | 地下水資源調査              | 46 |
| イ   | 水量・水質のモニタリング         | 46 |
| (2) | 西条平野のかんがい期の地下水問題の防止策 | 46 |
| ア   | 地下水涵養域の施策            | 46 |
| ア   | 加茂川の瀬掘り              |    |
| イ   | 加茂川流域の森林整備の強化        |    |
| ウ   | 県営黒瀬ダムの水利用           |    |
| イ   | 地下水利用域の施策            | 47 |
| ア   | 渇水時の節水強化             |    |
| イ   | 農業用水の利用効率化           |    |
| (3) | 周桑平野における硝酸態窒素対策      | 48 |
| ア   | 地下水涵養域の施策            |    |
| ア   | 施肥体系の最適化             |    |
| イ   | 環境保全型農業の推進           |    |
| (4) | 公正な費用負担制度の構築         | 48 |

## 資料編

|      |                                    |    |
|------|------------------------------------|----|
| 資料1  | 西条市の湧水と自噴水、海底湧水                    | 50 |
| 資料2  | 企業のCSR活動                           | 50 |
| 資料3  | 西条市が提案した地域再生計画の概要                  | 51 |
| 資料4  | 志河川ダムの小水力発電                        | 51 |
| 資料5  | 水収支モデル                             | 51 |
| 資料6  | 地下水の年代                             | 53 |
| 資料7  | 西条平野周辺の地形分類図                       | 54 |
| 資料8  | 神拝小学校の地下水位の変動                      | 55 |
| 資料9  | 水道事業                               | 55 |
| 資料10 | 「西条市地下水の保全に関する条例」における水源保護地域        | 56 |
| 資料11 | 西条市地下水利用対策協議会                      | 56 |
| 資料12 | 生活排水処理の推進                          | 56 |
| 資料13 | 情報発信等による啓発                         | 56 |
| 資料14 | 科学的な調査・解析                          | 57 |
| 資料15 | 旧厚生省（昭和60年）「おいしい水研究会」による「おいしい水の要件」 | 58 |
| 資料16 | 地下水の水位・水質のモニタリング                   | 58 |
| 資料17 | 森林整備                               | 58 |
| 資料18 | 県営黒瀬ダムの機能                          | 60 |
| 資料19 | 県営黒瀬ダムの使用していない水（県の検討結果）            | 60 |

## 前文

本計画は、地下水がもたらす様々な恩恵を将来にわたって持続させるために、地下水を市民・事業者と行政がそれぞれの役割のもと、対等な立場で協力し合いながら管理する「地域公水」と位置付け、「環境と水」、「人と水」、「産業と水」の3つの視点から、健全な水循環の実現を目指すものである。

本市は、地形や気候など自然環境に恵まれ、全国でもめずらしい広大な地下水の自噴域が形成されており、鋼管を打ち込むだけで湧き上がる地下水は「うちぬき」と呼ばれ、まちのシンボルになっている。また、まちのいたるところに湧水（泉）が存在し、豊かで良質の地下水に恵まれた地域である。

市民は、この身近にある地下水を生活用水として利用できるため、旧西条市域の中心部やその周辺では上水道施設等を整備する必要がない。四国有数の農業地帯であり、工業も盛んな本市にとって、地下水は農業用水や工業用水としても不可欠な水資源である。また、市内には「うちぬき」や湧水を活用した水環境とそれを織りなす文化が形成されているなど、有形無形の恩恵を与えてくれる地下水は、現在世代にとってはもちろん、将来世代にも受け継がれるべき「地域の宝物」である。

一方、地下水は流れが遅く、湧水や一部の場所で無秩序な採取や汚染が発生すると、その影響は長期に、また、広範囲に及ぶことが多い。本市でも、かんがい期に地下水位が大きく低下し、その影響で自噴が停止する沿岸部で地下水が塩水化するといった問題が生じている。また、一部の地下水では、硝酸態窒素や重金属の汚染もみられるようになっている。今後もさらに気候変動・生態系などの自然環境の変化や、経済のグローバル化、人口減少・少子高齢化の進展といった社会経済状況の変化に伴う地下水への様々な影響が予想されており、本市の地下水の未来は、水量・水質ともに楽観視できる状況ではない。

地下水は、それ単体で完結するのではなく、水循環の一部を構成するものである。したがって、先に述べたような将来起こりうる様々なリスクを回避し、地下水の恩恵を将来にわたって享受するためには、地下水と水循環に直接かかわる河川水や降水などの水、大気や生態系、人や社会、産業や経済といった他の要素とどのような関係にあるのか、私たちはその理解を深めていく必要がある。

本市では、これまで先端的な地下水調査を継続的に行い、その成果を外部専門家の組織で検証した結果を踏まえて、地下水保全のあり方について検討を重ねてきた。折しも、平成26年に国で「水循環基本法」が制定され、その翌年に閣議決定された「水循環基本計画」においても、各地域の実情に応じて関係者が連携し、総合的・一体的に健全な水循環の実現に取り組むことが強く求められている。

本計画は、近年のこうした地下水をめぐる状況のもと、健全な水循環を実現するために、市民の共有財産としての性質を持つ地下水を「地域公水」と位置付け、市民・事業者と行政が一体となって「うちぬき文化」の継承と発展に資する管理のあり方を提案する。



## 第1章 育まれてきた「うちぬき文化」

本市の地下水は豊かな自然環境の中で生まれ、古くから人々によって育まれてきた。現在では、市内のいたるところで容易に揚水できるようになっており、毎日の生活や農業、工業などの産業に地下水は広く利用されている。こうした地下水と環境、人、産業との関わりは「うちぬき文化」と称され、まちづくりの基盤となっている（図1-1）。

私たちは、他地域では得られない様々な恩恵を地下水から享受していることを強く認識したうえで、「うちぬき文化」を守り、育て、次世代へ引き継いでいかなければならない。

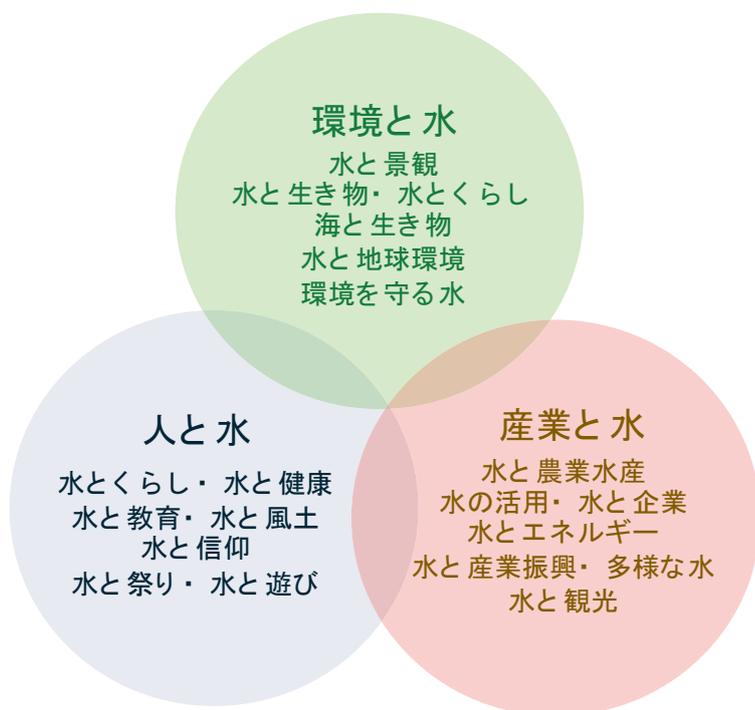


図1-1 西条市の「うちぬき文化」を示す3つの視点

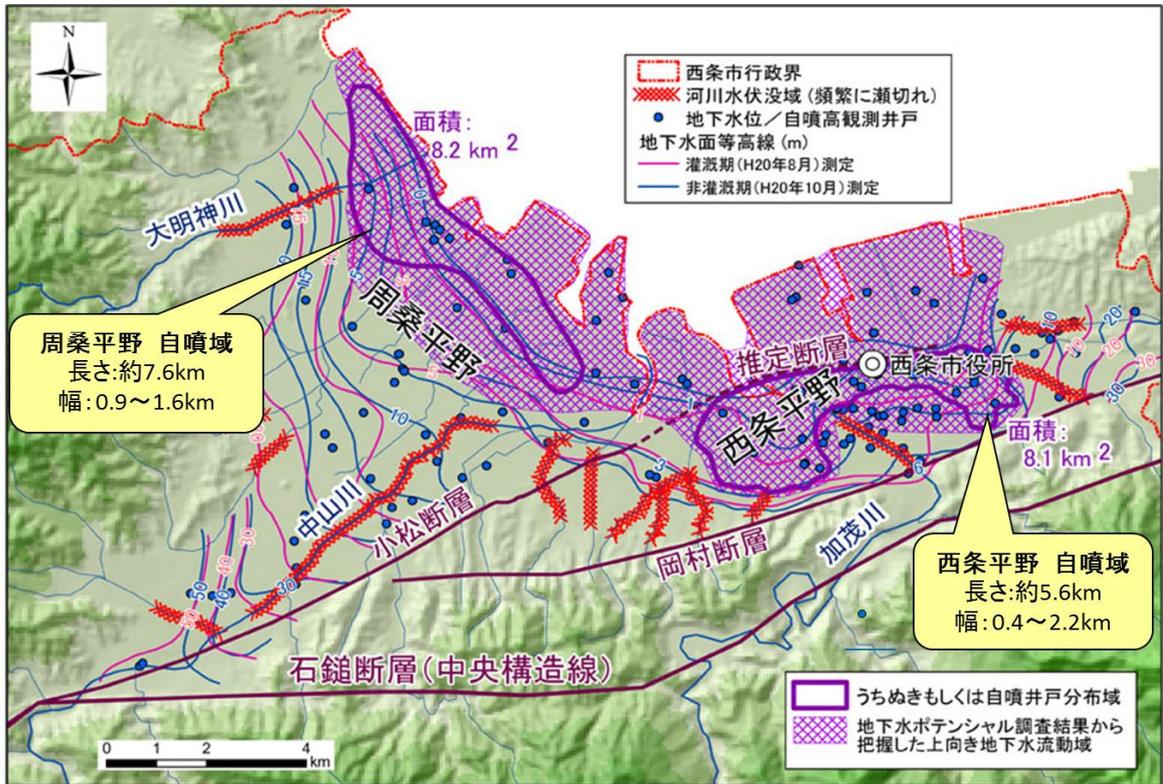
### 1 環境と水

本市の地下水は、地形や土地利用、地質、気象・気候、河川、生物などの自然環境と関わりあいながら生まれている。

本市は、縦横に複数の断層が複雑に走った独特の地下構造により、西条平野と周桑平野（あわせて道前平野という）に、それぞれ地下水を貯める帯水層が存在し、全国でもめずらしい広大な自噴域が、西条平野には8.1 km<sup>2</sup>、周桑平野には8.2 km<sup>2</sup>に及び形成されている（図1-2〔上〕）。地下水の埋蔵量は、西条平野で最大3億5,000万m<sup>3</sup>、周桑平野で最大3億7,000万m<sup>3</sup>と推定されている。

また、扇状地の末端などでは清水がいたるところに存在し、燧灘でも海底からの湧水が確認されている（図1-2〔下〕）。このように、本市は、地勢や気候、河

川環境などが相まって、豊富で良質の地下水資源に恵まれており、「水の都」と称される所以となっている（資料1）。



写真提供：NPO 法人西条自然学校

図 1-2 道前平野の自噴帯の分布（上）と湧水の風景（下）

## (1) 地形と土地利用

地形は地下水の涵養、土地利用は地下水の消費に深く関係する。本市は地形的に平野と山地に分けられる（図 1-3）。

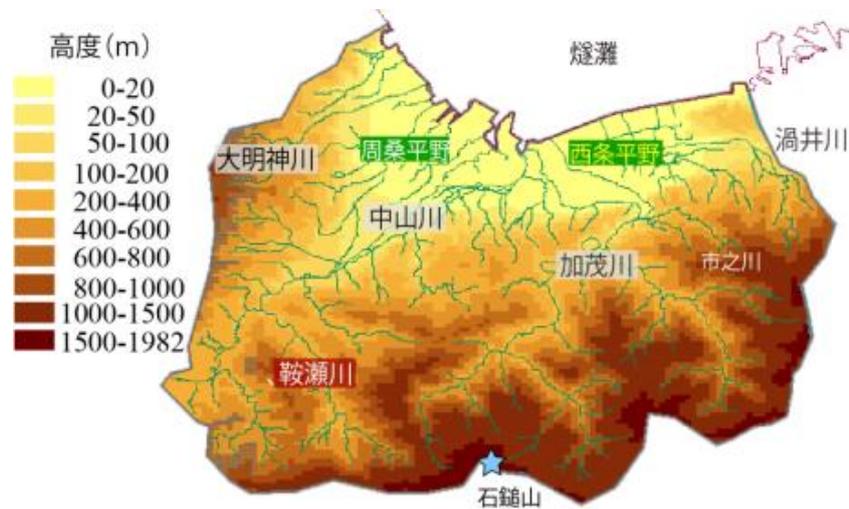


図 1-3 西条市の地形と水系網

山地の面積は 35,288ha (352.88km<sup>2</sup>, 平成 26 年 4 月 1 日現在) で市域の約 70% を占めており、南部には西日本最高峰の石鎚山（標高 1,982 m）を主峰とする石鎚山系、西部には高縄山系（標高 986m）が分布する。石鎚山周辺は国定公園に指定され、保水能力が高い豊かな森林地帯となっている。石鎚山系の北部には、標高 500m 以下の山地が分布する。山地域と北部の瀬戸内海の一部を構成する燧灘との間には、県内で 3 番目の広さ 50,998ha (509.98 km<sup>2</sup>) を誇る道前平野が発達している。道前平野は東部の西条平野と西部の周桑平野に分けられ、市街地を除くと農業が盛んで、沿岸域の一部は工業地帯になっている。

## (2) 地質

地下水の分布や流動さらに資源量は、地質の分布や構造に強く規制される。地下水や河川水の水質成分、特にミネラル成分の多くは、流域の地質を構成する岩石の化学風化に由来する。本市の地質は、平野と山地で大きく異なる（図 1-4）。

平野では、市中央の南部に鮮新世～更新世の岡村層が、それ以北は沖積層が広く分布している。岡村層は砂礫層や砂泥互層、沖積層は粘土、シルト、砂、礫で構成される。山地との境界部には扇状地が発達している。扇状地は西部の周桑平野や西条平野最東部の渦井川沿いに良く発達するが、最も広い流域を持つ加茂川では発達が弱い。岡村層は楠河地区のボーリングコア（ボーリングで地層から抜き取った円柱形の資料）で確認されており、平野の地下を構成していると考えられている。これら堆積物の後背地は山地にあるので、地下水の水質は山地の地質の影響を強く受ける。また、砂礫層は帯水層、

粘土層は不透水層として、地下水の水量や流れに重要な役割を果たしている。

山地の地質は、北から南にかけて領家帯の花崗岩と変成岩、和泉層群、三波川帯の変成岩、久万層群と石鎚層群で構成される。花崗岩と変成岩、和泉層群の形成年代はいずれも白亜紀である。花崗岩と熱変成して生じたホルンフェルス（領家変成岩）は、大明神川の流域を構成している。三波川変成岩は加茂川と中山川の流域の大半を占め、和泉層群は平野の南縁に分布する。久万層群は後期始新世～中期中新世の堆積物、石鎚層群は中新世の火山岩類で構成され、ともに石鎚山周辺に分布する。石鎚層群は市の北東部にも分布し、旧市之川鉱山はこの火成活動に伴って生じた熱水鉱脈鉱床である。良質の輝安鉱（アンチモン）を産出したことで国内外に広く知られ、加茂川最下流で流入する市之川の中流域に存在する。

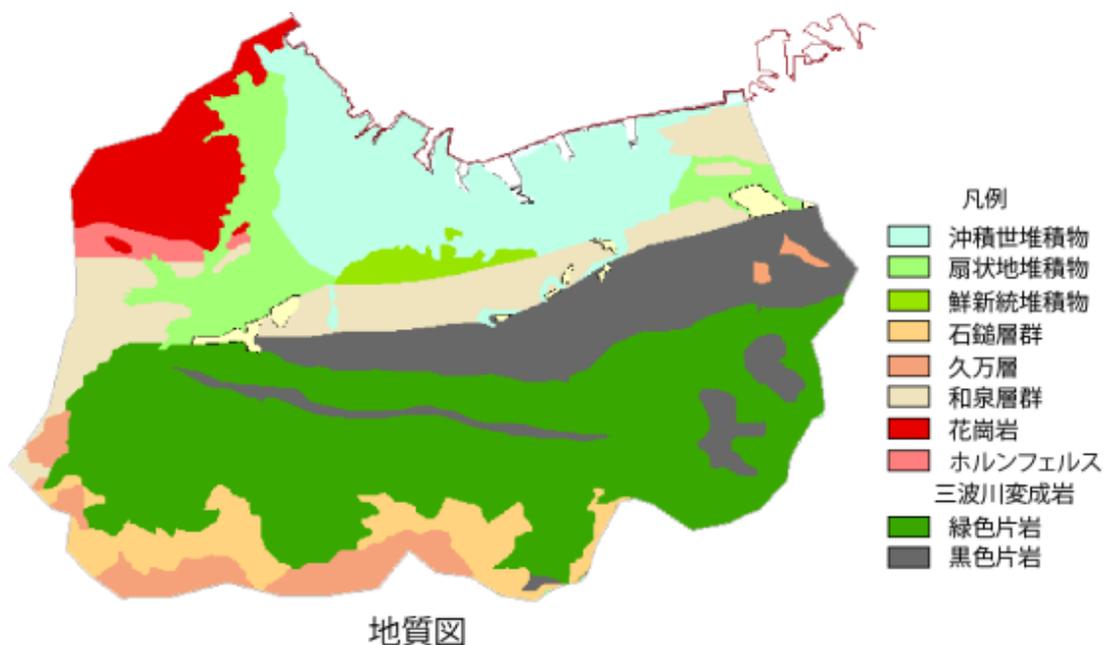


図 1-4 西条市の地質図

本地域には、地下水の分布や流れに深く関与する活断層が数多く発達している。中央構造線は三波川帯と和泉層群の間に存在し、市西部の湯谷口付近で南方向へほぼ直角に曲がり（桜樹屈曲）、西隣の東温市川内町方面に続いている。中央構造線の北側に分布する和泉層群と平野の間には岡村断層が、平野西部のほぼ中央には岡村断層から分岐した小松断層が存在する。小松断層は西条平野の市街地まで続くと推定されており、西条平野の自噴水の形成に大きな役割を果たしている。

### (3) 気象・気候

地下水の水量や水温は降水量や気温、日射量などの影響を強く受ける。特に自噴水の水温は安定しているが、自噴量は気象条件によって変わる。気象は地域性が強い自然現象であるが、年度や季節などの時間的な変化も大きい。

健全な水循環の実現には、多くの地点で長期的な気象情報が不可欠である。

日本の気象観測（気温、降水量、風向、風速など）は、気象庁が1974年から運用を開始した無人の気象観測システム（アメダス）によって行われている。

愛媛県には現在23のアメダス観測地点があり、本市には標高4mの西条（西条市周布）と標高1280mの成就社（西条市西之川下谷甲）があり、西条では1977年、成就社では降水量のみ1982年から観測されている。

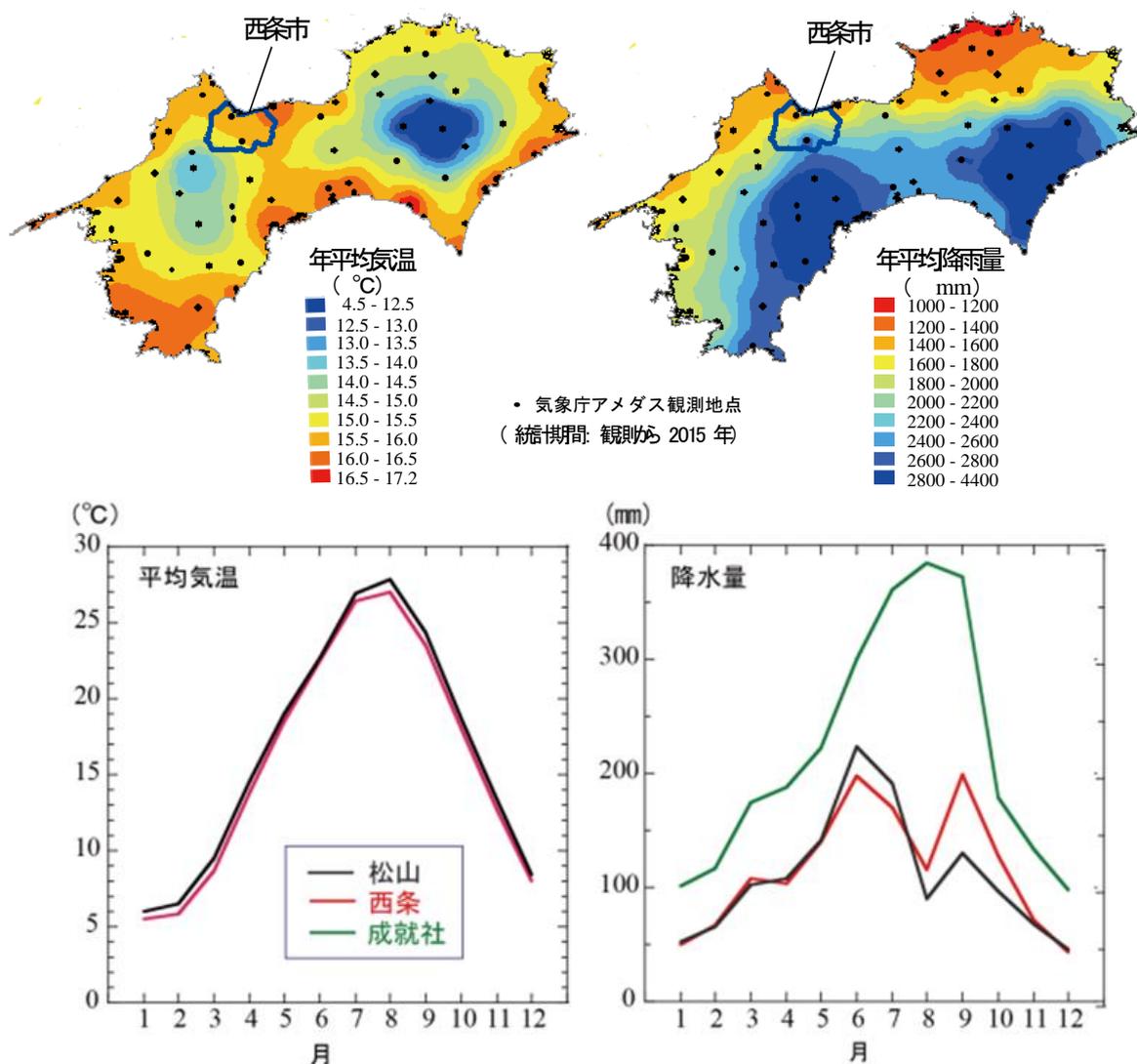


図 1-5 四国の年平均気温と年平均降水量の分布（上）と気象観測地点（松山、西条、成就社）における平均気温と平均降水量の月別変化（下）

本市は、温暖で降水量が少ない瀬戸内式気候帯に属する。四国北部の瀬戸内海沿岸域の年平均降水量は1200mm～1400mm程度であり、日本の年平均降水量（1700mm）に比べて少ない。その中でも本市は比較的温暖で、降水量は平地でも比較的多い。平均気温は16℃、冬は5℃、夏は27℃である（図1-5）。

アメダス観測は、ほとんどが1976年以降に開始されている。半世紀以上の長期にわたる気象観測が行われているのは、松山（標高33m）と宇和島（標高2m）の2地点のみである。松山と西条の両地点は、気温と降水量の月別変化も経年変化もよく似ていることから、観測データが欠落している時代であっても、西条の気候は松山の観測データを用いて復元できる。一方、標高が高い成就社の降水量は松山や西条に比べて高く、特に7月から9月の台風期に高い。

本市には、国土交通省や市の降水量観測地点があり、年平均降水量は標高とともに高くなっている。平野の降水量に対する割合を雨量係数として表現すると、標高500m以上では平地の約1.5倍以上、2000mm以上の降水量になっている（図1-6）。気温が低い山地に降る大量の雨と雪が、河川などを通じて道前平野にもたらされ、水温が低い自噴水に代表される地下水の利用を可能にしている。

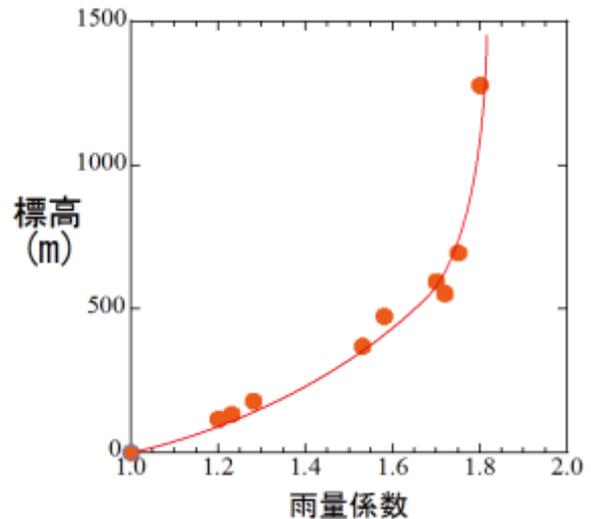


図1-6 西条市の10観測地点における雨量計数の標高変化

注) 雨量計数は西条観測地点（標高4m）の年平均降水量に対する各標高地点の年平均降水量の割合

#### (4) 河川

地下水は河川水と交流している。特に本市平野の地下水は、山地からの河川水が主な涵養源になっている。

本市は、石鎚山系を源流とする加茂川と中山川の2大河川が、東部及び西部の山地を流れ、市内を貫流し燧灘に流入している。最東部には渦井川、最西部には高縄山系を源流とする大明神川が燧灘に流入している。その他、背後の山地から平野に直接流入する小河川も存在する（図1-3）。

石鎚山系は標高が高く海までの距離が短いため、山地の河川は急流で、降った雨は比較的短時間で燧灘まで流下する。平野部の流路が短いため、沿岸域でも礫が多い。礫は透水性が高いため、地下水の涵養を容易にしている。その反面で、加茂川や中山川の平野部では瀬切れが多く、燧灘に直接流入しないことが多い。一方、花崗岩を集水域とする大明神川は、洪水時の出水に伴って流出する真砂土が堆積している。

（西条平野の主な河川）

- ・加茂川：西条平野中心部を流れる2級河川で流路延長約33km、流域面積191.8km<sup>2</sup>に及ぶ県内有数の河川。旧西条市の中心部を流れていた

が、江戸時代に治水対策として流路を変える工事が行われ、現在の流路になった。

- ・渦井川：西条平野の東部を流れ、幹線流路延長約 13 km、流域面積約 42 km<sup>2</sup> の 2 級河川。

(周桑平野の主な河川)

- ・中山川：周桑平野の西から、鞍瀬川や関屋川など 21 本の支流と合流しながら東流し、禎瑞に至って燧灘に注ぐ。流路延長は約 23 km、流域面積 196.18km<sup>2</sup> の 2 級河川。江戸時代に洪水対策のため、最下流部の流路が東へと改修されている。
- ・大明神川：周桑平野の東予地区の北部を東西に貫流し、高須で燧灘に注ぐ。流路延長約 8.65 km、流域面積約 17 km<sup>2</sup> の 2 級河川。兩岸及び河床が平地より高くなっている典型的な「天井川」で、平時には中流域から下流にかけては表流水がみられない。

## (5) 生物と生態系

市内の水温が低く安定した水質を持つ地下水は、地表に現れると水生生物を中心とする生態系を生み出す。この良質な地下水は、背後地の森林土壌の中で微生物などの力を借りながら生まれる。森林は保水能が高く、山体には大量の地下水が蓄えられている。生物多様性に富む生態系は、質と量の両面で地下水の豊かさを示すバロメーターといえる。

山岳域の溪流には、イシヅチサンショウウオなどの固有種のほか、アマゴなどの冷水を好む淡水魚やカワガラスなどがみられる。加茂川と中山川には、四国の他の地域ではすでに絶滅したとされるカジカが生息するほか、下流域までカワゲラが生息しており、特徴的な河川環境が存在している。加茂川の黒瀬ダムは、現在ではトモエガモやオシドリがまとまって越冬する場所となっている。

沿岸域には干潟がみられ、特に加茂川河口の干潟は 300ha 以上と広く、日本の重要湿地 500 や重要野鳥生息地 (IBA) に選定されている。加茂川や中山川の河口のほか、河原津干潟や高須海岸には、全国的に減少しているとされるユムシやナルトアナジャコが生息し、それらと共生する希少な生物も確認されている。また、海底にも湧水がみられ、その周辺は漁場や産卵場になっている。

## 2 人と水

### (1) 西条市の沿革と人口

本市は、平成 16 年 11 月 1 日に、西条平野とその背後地を流域を持つ西条市と、周桑平野とその背後地を流域を持つ東予市、丹原町、小松町の 2 市 2 町が合併して誕生した。人口は 112,091 人（平成 22 年国勢調査）で、県内で 4 番目に多い。

総人口はほとんど変化していないが、世代構成は時代とともに変化し、

若年者層の減少と高齢者層の増加が進んでいる（図 1-7）。

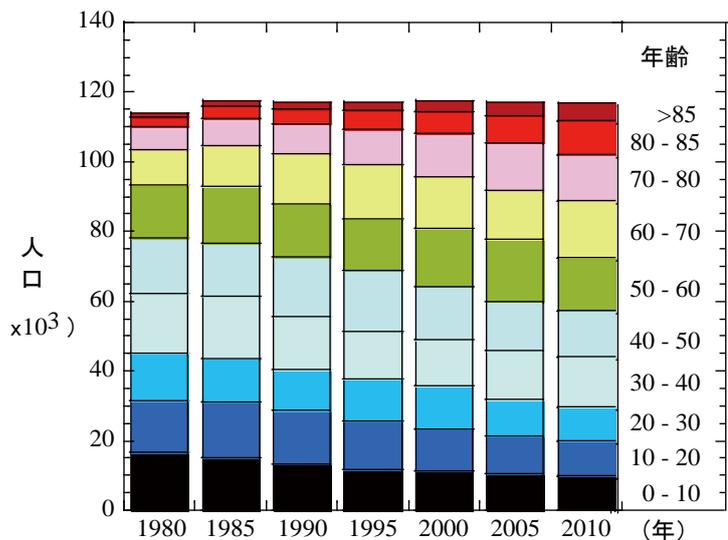


図 1-7 西条市の世代別人口変化

## (2) 地下水の家庭利用

西条平野と周桑平野には約 3,000 本の井戸が確認されている。そのうち、鋼管を 15m から 30m ほど打ち込むだけで湧き出る自噴水は「うちぬき」と呼ばれる。地下水は水質が一般に安定しているが、特に自噴水は水温や水質成分の変化がほとんどない。この自噴水は、岐阜県揖斐川町で開催された全国利き水大会で、2 年連続（平成 7 年、8 年）日本一に輝いており、全国屈指のおいしい水である。

西条平野の中心部とその周辺では、「うちぬき」やポンプで汲み上げた地下水を生活用水に利用しているため、上水道等が整備されていない。また、上水道が整備されている区域であっても、水道を利用せずに地下水のみで生活している家庭や、水道と地下水を併用している家庭が多い。

## (3) 上水道等の利用

水道事業としては、5 地区（西部、東部、東予、丹原、小松）で上水道、3 地区（中野、港新地、丹原）で簡易水道が整備されている（図 1-8）。その他にも、市管理の西ひうち専用水道や黒谷地区に県条例水道が整備されており、市の人口の約 50% に水道水を供給してい

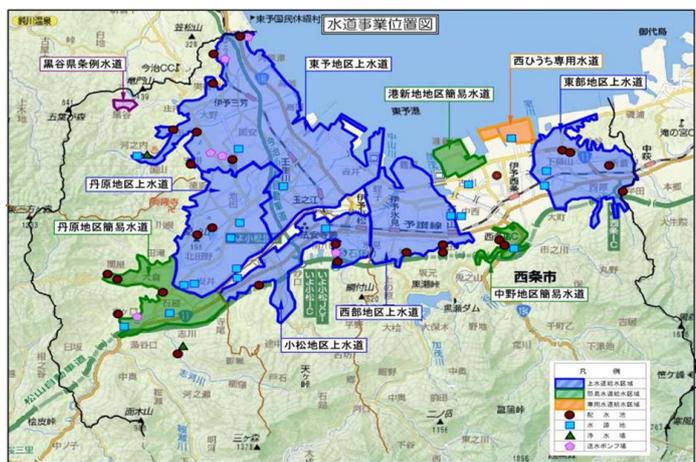


図 1-8 西条市の水道事業エリア

る。

これら水道水源の約 9 割は地下水であり、市民にとって地下水は、日々の生活に欠かすことができない不可欠な資源である。

#### (4) 人が集う水環境

市民は古くから「うちぬき」や湧水が存在する場所で採水し、野菜を洗うなど、地下水が身近にある生活を送ってきた。現在でも、そうした場所が各地に多数残っている。また、旧西条市の中心部には、湧水からの清らかな水が流れ、その恵まれた水環境を感じることができる景観（アクアトピア水系）が約 2.4km にもわたって整備されている。こうした水辺環境は市民の憩いの場となっている。



写真 1-1 親水空間

#### (5) 名水百選と水の郷

「うちぬき」は、昭和 60 年に旧環境庁（現環境省）の名水百選に選ばれている（写真 1-2 左）。これは、水がおいしいという飲用性ではなく、水質、水量、周辺環境、親水性などが良好であることに加えて、地域住民等による保全活動が行われていることの 2 点が、選定の必須条件になっている。故事来歴や希少性、特異性なども加味され、都道府県や市町村から推薦された 784 の候補から選ばれたものである。また、平成 7 年には、国土交通省から「水の郷」に認定されている（写真 1-2 右）。「水の都西条」を守り、市民によって育まれてきた「うちぬき文化」が評価されたものである。

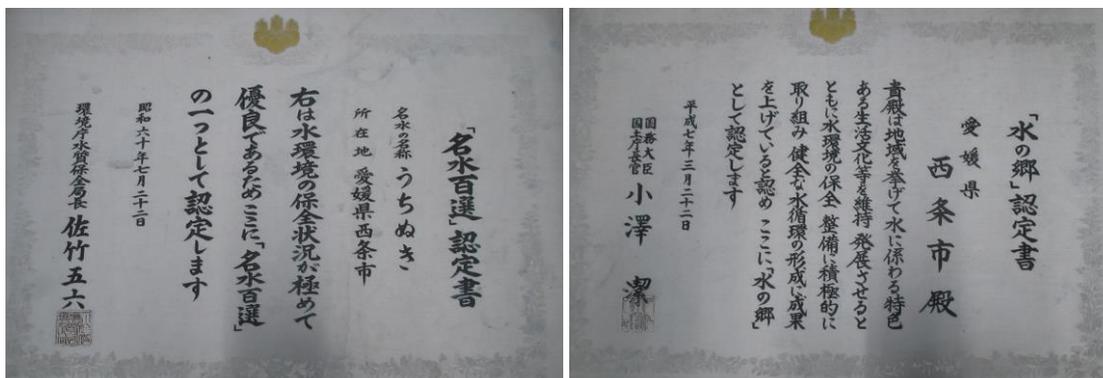


写真 1-2 名水百選（左）と水の郷（右）の認定証

## (6) 市民の活動

市民自らが「うちぬき」に代表される本市の地下水を守り、育て、次世代に引き継いでいくという取組については、現在、NPO 法人西条自然学校による自然環境の保全や教育の取組や、学校教育で水をテーマにした学習などが行われているものの、そうした活動はまだ緒についたばかりであり、これからの重要課題である。

企業の取組においては、たとえば、四国コカ・コーラボトリング株式会社（小松工場）やアサヒビール株式会社（西条工場）などの飲料メーカーが本市と協定を結び、それぞれ“コカ・コーラ「森に学ぼう」プロジェクト”や“「アサヒビール感謝の森」森林づくり活動”など、森林の整備や保全に関する CSR 活動（企業が自社の利益だけでなく、社会全体に与える影響や企業が行うべき社会貢献にも配慮した行動を選ぶ活動）が行われている（資料 2）。

## 3 産業と水

### (1) 農業

本市は野菜、果樹、花き、畜産などの複合経営が盛んに行われている四国有数の農業地帯である（資料 3）。

愛宕柿と裸麦は、経営耕地面積が四国第 1 位（2010 年世界農林業センサス）で、国内トップクラスの生産量を誇っている。春の七草のほか、水稲、きゅうり、メロンなどの生産量も県内第 1 位である。

水田と畑地の経営耕地面積は、それぞれ 426,937a（42.6937km<sup>2</sup>、2010 年世界農林業センサス）及び 68,315a（6.8315km<sup>2</sup>）であり、営農に利用されている地下水や湧水の利用率は全国平均よりも高い。

### (2) 工業

本市では、古くから酒造や和紙など清澄な水を必要とする産業が栄えてきた。昭和 39 年には、西条市を含む東予地区が「新産業都市」に指定されるとともに、加茂川総合開発事業が始まり、西条市と周辺地域のために工業用水が確保された。

瀬戸内圏域では、数少ない大規模臨海工業用地が造成（西条臨海工業地帯、東予インダストリアルパーク等）され、それを契機に、相次いで立地したのが、半導体製造工場、鉄鋼・機械工場、飲料工場、電子機器製造工場や造船工場などである。沿岸部に立地した企業の一部は、加茂川の伏流水や地下水を利用しているが、多くの企業は県営の西条地区工業用水道を利用している。なお、内陸部の企業は地下水を直接汲み上げて利用している。

### (3) 観光業

本市には、石鎚山や瀬戸内海など風光明媚な自然環境に加えて、四国霊場

の札所や史跡などの歴史遺産、四国で唯一の鉄道文化館、全国に誇れる豪華絢爛「西条まつり」など、魅力ある観光資源が数多く存在する。名水百選に選ばれた自噴水「うちぬき」や湧水もその一つであり、それを求めて、市外から訪れる人も多い。名水スポットと観光・歴史スポットを組み合わせた「名水めぐり」など、地下水は観光にも積極的に活用されている。

#### (4) その他

本市の水産業は、燧灘を主たる漁場とする漁船漁業と、古くは江戸時代から続く沿岸部に広がる広大な干潟を利用した海苔養殖業が主体となっている。水産物や水産施設の洗浄には大量の地下水が利用され、海底湧水は漁場や魚の産卵場所にもなっている。恵まれた水質を生かし、清涼飲料やビールなどの飲料メーカーも進出している。

#### (5) 水資源の開発

地下水が市民の生活や様々な産業に利用されるようになったことに伴い、本市では河川水などの水資源の開発も行われてきた。

##### ア 加茂川総合開発事業（加茂川及び黒瀬ダム）

西条地域の治水と工業の発展、農業用水の確保を目的に、愛媛県が行った「加茂川総合開発事業」によって、昭和48年、加茂川上流に集水域100km<sup>2</sup>（直接流域25km<sup>2</sup>、間接流域75km<sup>2</sup>）に及ぶ「黒瀬ダム」が建設された。このダムは、県管理ダムでは最大規模の有効容量を持つものである。

その後、加茂川及び黒瀬ダムの水を工業用水として利用する「県営西条地区工業用水道事業」が開始された。この水は現在、本市（西条地区及び壬生川地区）と隣接する新居浜市の多くの企業に給水されるとともに、発電用水としても利用されている。加茂川の表流水は2つの土地改良区が農業用水として、また加茂川の伏流水も1つの企業が工業用水として利用し、地域の産業を支えている。

なお、黒瀬ダムは、下流への悪影響を避けるために、加茂川の流量が多いときのみ貯水し、少ない時には貯水しない「貯留制限」を実施している。また、下流の農業用水の補給や河川の正常な機能を維持するために、ダム下流4kmの長瀬地点ではかんがい期の流量が毎秒2m<sup>3</sup>以下になったときにダムから不足する水を放流する「不特定補給」が行われている。

##### イ 道前道後平野農業水利事業（中山川、面河ダム及び志河川ダム）

道前平野と道後平野（中予地域3市2町）で農業用水や発電・工業用水を確保するために、昭和42年、高知県を流れる仁淀川水系割石川に「面河ダム」が建設された。本市は国営農業水利事業により、面河ダムから中

山川を通して、水田や樹園地の農業用水として分水を受けている。この措置は、高知県及び仁淀川水系の関係自治体の理解があって実現したものである。

また、中山川水系の支流の 1 つである志河川に平成 22 年に建設された「志河川ダム」からも農業用水が供給されている（資料 4）。

#### **ウ ため池**

本市では、農業用水を安定して確保するために、周桑平野を中心に古くからため池がつくられている。現在でも丹原地区に 56 ヶ所、小松地区に 30 ヶ所、東予地区に 39 ヶ所あり、そのほとんどが道前平野土地改良区の「かんがい用水の調整池」として利用されている。

西条平野においても、東部と西部に合計 71 ヶ所のため池がある（平成 27 年 12 月現在）。

## 第2章 地下水の現状

地下水は、雨や河川水など地表の水の流れと切り離されて存在するのではなく、これら地表水と密接に関連して流域(地域)の水循環を構成している。したがって、地下水の現状と今後の利用のあり方を考えるには、地下水が賦存する平野だけでなく、背後山林地や海も含めた流域という広がりの中で、地下水を含む様々な水の流れの全体(水循環構造)を知ることが重要である。

なお、西条平野では加茂川が主な地下水涵養源であるのに対して、周桑平野では大明神川や関谷川の扇状地及びその下流に拓けた農地からの浸透が重要な役割を果たすなど、両平野の地下構造は異なり、帯水層<sup>\*注)</sup>や地下水の流れにも違いがあるので、以下ではそれぞれの平野について現状を記す。

\*注) 地下水が存在する地下の領域を帯水層という。

### 1 西条平野

#### (1) 西条平野の水の流れ

##### ア 平野全体の水循環構造

西条平野には、石鎚山を源とする加茂川を中心に、渦井川や平野前縁の山地からの小河川が流入している。これらの河川からの伏流、平野内に降る雨や雪及び水田に灌漑された水が地表から浸透することによって、地下水が涵養されている(図2-1)。

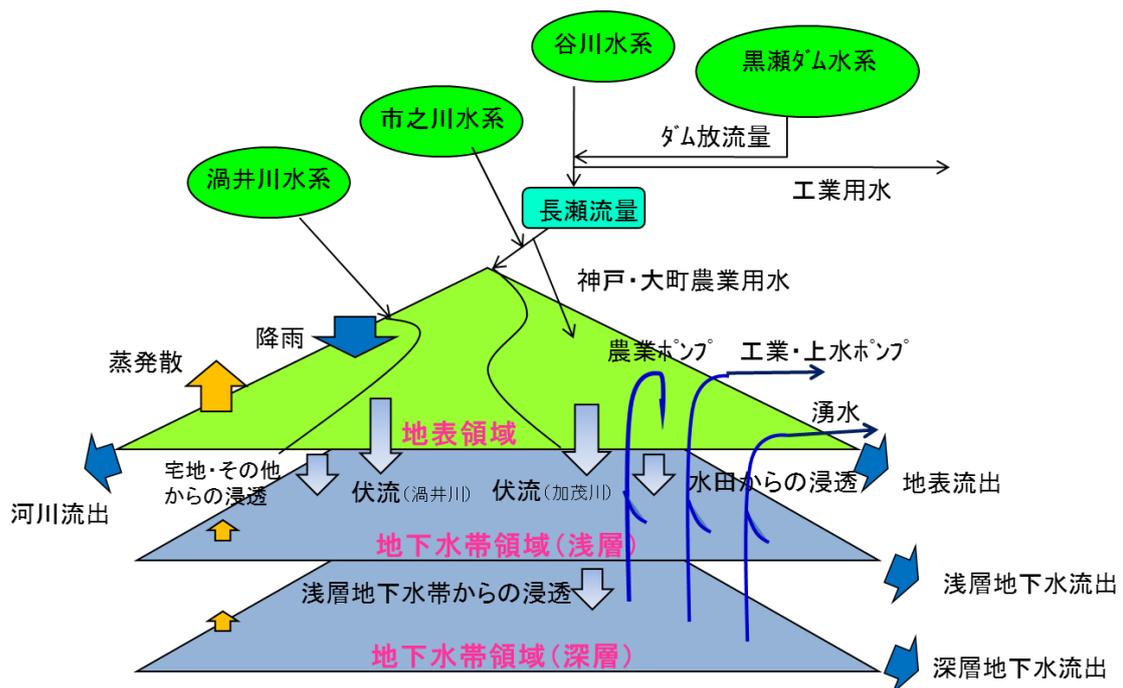


図 2-1 西条平野の水循環構造

表 2-1 西条平野の水収支概要

| 水収支要素             |       | mm/年         | 割合(%)       |
|-------------------|-------|--------------|-------------|
| 降水量               |       | 1288         | 100         |
| 蒸発散量              |       | -1171        | -91         |
| 河川流入量             | 長瀬堰   | 15962        | 1239        |
|                   | 渦井川ほか | 2063         | 160         |
| <b>地表への流入量(計)</b> |       | <b>18142</b> | <b>1409</b> |

|                      |       |             |            |
|----------------------|-------|-------------|------------|
| 地表からの浸入              | 農地・宅地 | 1790        | 139        |
| 河川からの伏流              | 加茂川   | 5424        | 421        |
|                      | 渦井川ほか | 602         | 47         |
| <b>地表からの浸入・伏流(計)</b> |       | <b>7816</b> | <b>607</b> |
| <b>このうち地下水帯への涵養量</b> |       | <b>7429</b> | <b>577</b> |

|                |       |             |            |
|----------------|-------|-------------|------------|
| 地下水利用量         | 上・工水用 | 394         | 31         |
|                | 農業用   | 1163        | 90         |
| <b>地下水利用量計</b> |       | <b>1557</b> | <b>121</b> |

これら地下水は、生活用水(上水道)、農業用水、工業用水として利用されるだけでなく、自噴水や湧水として再び地上に戻り、残りの地下水とともに最終的には海に流出している。

また、地下水を中心に流入・流出する水量の関係を示す「水収支モデル」(詳しくは資料編を参照)を用いて、年間の水の流れをまとめてみると、1年間に西条平野に降る雨(雪)を100とした場合、加茂川をはじめ背後山林地から流入する水量はおよそ1,409にも達し、特に長瀬堰を経て流入する水量(1,239)が大きな割合を占めていることがわかる(表2-1)。

一方、地表から土壤中へ浸透、あるいは河川から伏流する量は607で、このうち加茂川からの伏流が3分の2を占める。その結果、地表に流入する水量のおよそ3分の1(577)が地下水を涵養し、その約5分の1(121)が様々な用途に利用され、残りは地上に湧水として戻るほか、大半が海へと流出する(資料5)。

## イ 地下水の流動

西条平野の地下水は、北が推定断層、南が加茂川扇状地の扇端部、西が猪狩川、東が室川扇状地の西側先端部で区切られており、推定断層より南側(内陸側)と北側(海側)では、地下構造が異なっている。また、粘土層の上側(浅層)と下側(深層)では、地下水の流動が異なる(図2-2)。

通常、帯水層は、地下水面が降雨などに応じて変動する自由面帯水層(あるいは不圧帯水層)と、粘土層に被覆され大気圧以上の水圧を受ける被圧帯水層に大別される。被圧帯水層に抜かれた全ての井戸が自噴するわけではないが、加茂川から豊富な地下水の供給を受ける西条平野の帯水層では、

難透水層の分布に加え、行く手を遮る鉛直方向の壁（推定断層）の存在により、内陸側の深層の地下水は、被圧のエネルギーが大きく、地下水位が地盤高を超えるところがあり、「自噴」が起こる。こうした自噴が起こる地域は、東西に長さ約 5.6 km、幅 0.4 km から 2.2 km の 8.1 km<sup>2</sup> に及び、約 2,000 本の「自噴井（うちぬき）」が存在している（1章図 1-2 参照）。

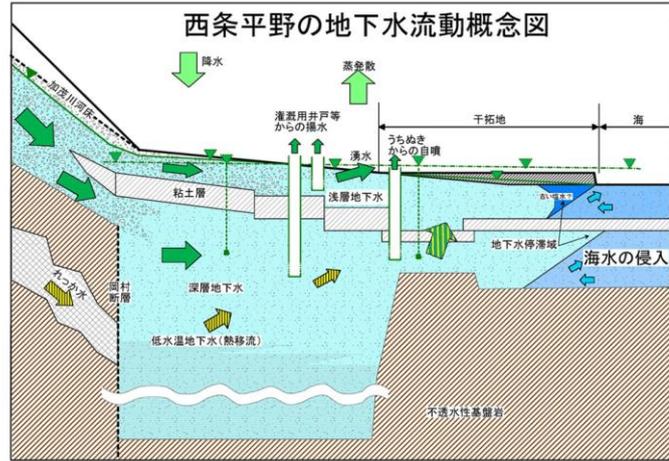


図 2-2 西条平野の地下水流動概念図

一方、加茂川扇状地の末端域では、「観音水」に代表される湧水（泉）が多くみられる。これは粘土層の上側を流れる浅層の地下水（前記の不圧帯水層の地下水）が地表面に湧出したもので、被圧帯水層から自噴する地下水とは異なる。地下水は海底でも湧き出している（海底湧水）。加茂川の旧河道である本陣川河口付近に湧出する「弘法水」は、その 1 つである。（資料 1, 6, 7）

(2) 地下水の水量  
ア 地下水の涵養



図 2-3 西条平野地下水の涵養エリア

西条平野の背後の山地域に降った雨は、森林地域で河川水を涵養するとともに、加茂川や渦井川など平野部を流下する河川から地下に伏流し、地下水を涵養する。特に、加茂川は河床が砂礫層のため伏流量が多く、最大の涵養源となっている。その伏流エリアは、武丈堰付近から JR 鉄橋の間と考えられている（図 2-3）。このほか、渦井川やその支流の室川からも伏

流しているが、これら河川の下流部は、江戸時代に加茂川の流路を変える工事が行われる前の旧河道部に位置しており、地下の帯水層を共有していると考えられる。

加茂川からの涵養量の割合は、これまでの研究成果によれば地表からの涵養量全体の約 70%である（表 2-1）。したがって、西条平野の地下水の涵養量は、主要な涵養源である加茂川の流量が多いときは増え、少ないときは減ることになる。

加茂川の流況は、豊水流量<sup>\*注</sup>が増加傾向にある一方、平水流量<sup>\*注</sup>以下の流量は減少傾向にある（図 2-4）。これは雨が降るときと降らないときの違いが大きくなっていることや森林の保水力の低下などが、河川流量に現れていることを意味する。

なお、加茂川では流量が少ないときには、河川の表流水が全て地下に伏流して水の流れが途切れる、いわゆる「瀬切れ」が発生する。

\*注) 流況を表す用語で、正確には「1 年を通じて〇〇日はこれを下回らない流量」と定義される。1 年間（365 日）の流量を大きいものから並べ、〇〇番目の流量をいう。

豊水流量・・・95 番目（1 年のおよそ 1/4）

平水流量・・・185 番目（およそ 1/2）

低水流量・・・275 番目（およそ 3/4）

渇水流量・・・下から 10 番目

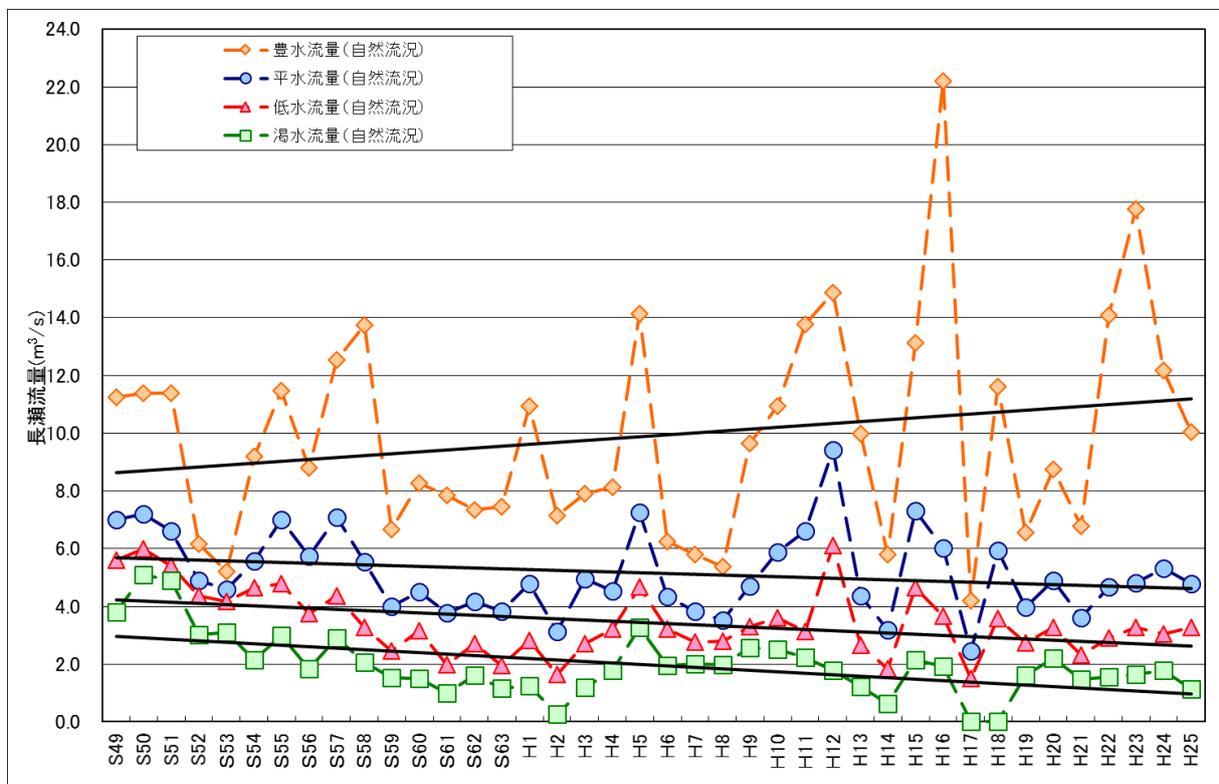


図 2-4 加茂川の流況

## イ 地下水の利用と流出

西条平野における地下水利用の特徴は、農業用水の地下水依存度が他の地域と比べて非常に大きいこと（表 2-1）、中心部とその周辺の地域では、水道施設や設備が整備されておらず、ほとんどの家庭や事業所が地下水を直接汲み上げて利用していることにある。

全体の地下水利用量は、非かんがい期は日量 8～9 万 m<sup>3</sup>程度であるが、かんがい期になると農業用水の利用が激増する。特に、かんがい期に雨が少ないと、農業用水の地下水への依存度は高まり、揚水量が一層増えることになる。

平成 19 年及び 20 年の西条平野の地下水利用量をみると、かんがい期には日量 30 万 m<sup>3</sup>を超えるなど、非かんがい期の 3～4 倍になる時期があることがわかる（図 2-5）。

また、自噴や湧水、汲み上げられた地下水は、ほとんどが水路や下水道を通して海に流出することになるが、先にも記した「弘法水」などのように帯水層から直接海へと流出する地下水もある。

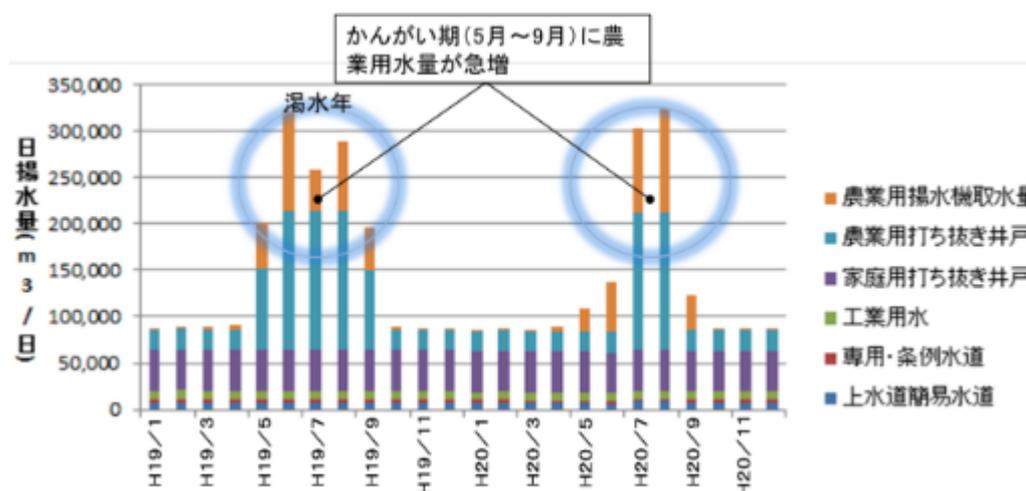


図 2-5 地下水の月別利用量

## ウ 地下水の収支

帯水層に蓄えられる地下水の水量（地下水位で評価できる）は、涵養量と利用量の大小関係により変化する。本市では、地下水の流出域は海にあるので、流出量は涵養量と利用量に依存する。涵養量以上に利用すれば、帯水層の地下水が減り、地下水位は低下する。

年間を通した地下水の収支（涵養量と利用量）を分析した結果、地下水の涵養量に対する利用量の比率（利用率）は、平均的な年で 20%程度（表 2-1）、渇水の年で 33%程度であり、西条平野の地下水は全体的には十分な水量があると考えられる。

## エ 地下水位の変動

地下水の状況は、目で視て確認することはできないが、これまでの調査・研究から、加茂川の流量や地下水の利用量、水位の変動の関係性などが明らかになってきた。

地下水位は、地下水利用量が増加するかんがい期に低下するが、非かんがい期には涵養量が利用量を上回って水位が回復し、年間を通してはバランスが保たれている（図 2-6）。

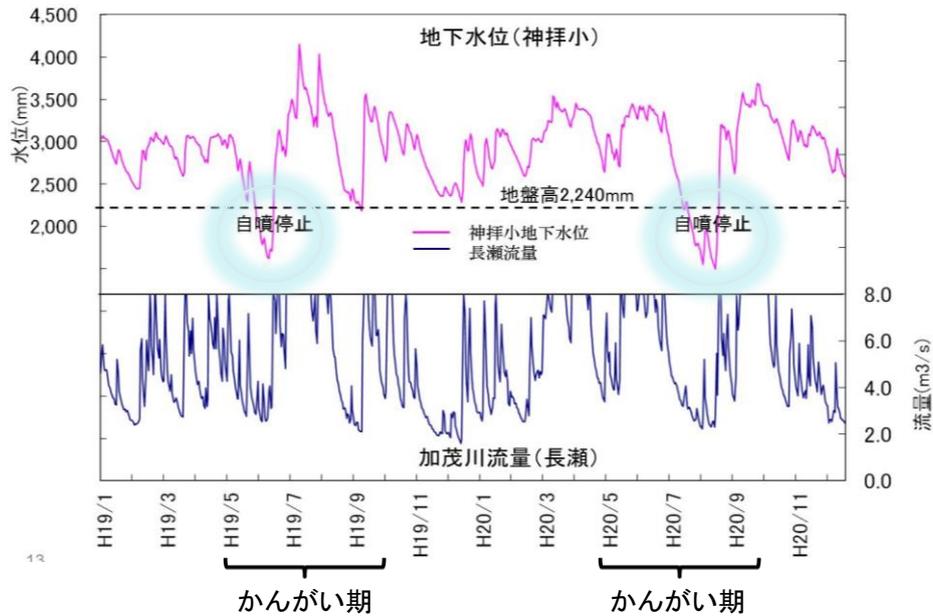


図 2-6 神拝小学校における自噴水の水位と長瀬地点における加茂川流量の関係

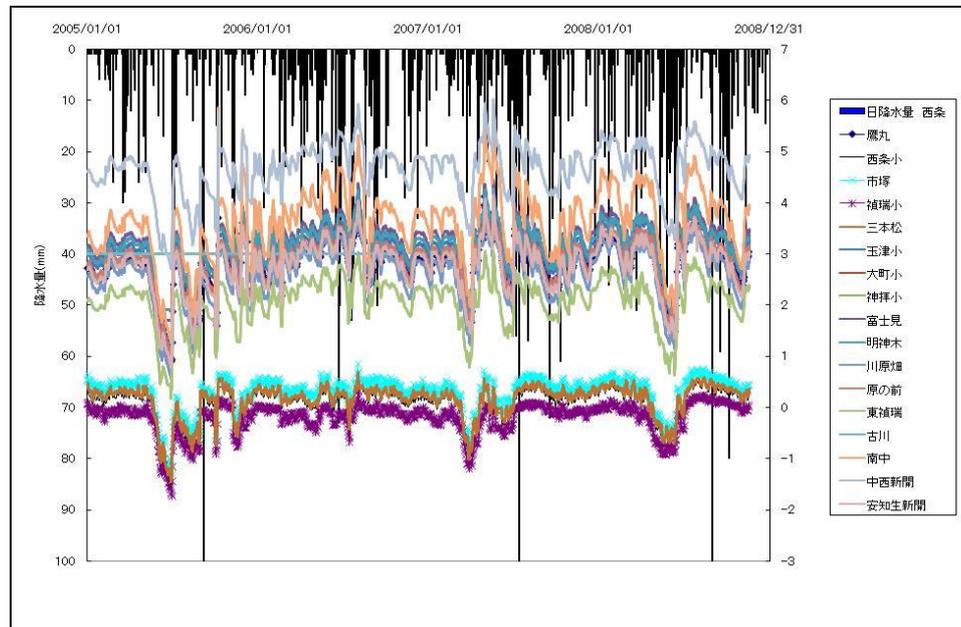


図 2-7 西条平野における観測井の地下水位

このため、現時点では長期的（経年的）な地下水位の低下傾向は認めら

れない。しかし、雨が少ないと加茂川流量が減少し、地下水の涵養量が減少するので、農業用水の地下水揚水量が増えるかんがい期が少雨の年には、地下水位が急激に低下し、自噴が停止することもある（資料 8）。

一方、地下水位が低いときに加茂川の流量が増えると、地下水位は 1～2 日程度で上昇するなど、地下水位は加茂川の流量に対し鋭敏に反応する。

また、神拝小学校などの内陸側の帯水層にある井戸（深層）と西条小学校などの海側の帯水層にある井戸（深層）の水位の変動を見比べてみると、前者は後者より約 3m 高いが、変動は類似していることがわかる。なお、先に記した湧水点（観音水）の水量についても、加茂川の流量と相関があり、他の井戸の水位とも連動した動きを示している。

### (3) 地下水の水質

#### ア おいしい水

西条平野の自噴水「うちぬき」は、岐阜県で開催された「全国利き水大会」で 2 年連続（平成 7 年、8 年）1 位になり、「おいしい水」として評価を得た（写真 2-1）。

西条の水が「おいしい」理由として、

- ・水温が 14℃前後と低く、ミネラル分も適度で、水質が安定していること
- ・石鎚山系には水の味を悪くするような成分が少ないこと
- ・石鎚山系から瀬戸内海までの距離が短く、高低差が大きいため、河川は比較的急流で水が淀まず、水の味を悪くする成分が溶け込みにくいこと
- ・自噴や湧水、汲み上げによって、常に地下水の揚水があるため、地下水の循環が促され、浄化作用が繰り返し行われること

などが考えられる。こうした西条独特の環境が、天然の浄化作用を発揮し、外気温に影響されず温度変化が少ない「おいしい水」を育んでいる。



写真 2-1 全国利き水大会の表彰状 平成 7 年は「うちぬき広場」の自噴水（左）、平成 8 年は「嘉母神社」の自噴水（右）

#### イ 水質基準

西条平野の内陸側では、水道水の水質基準値を超える井戸はなく、地下水の水質は良好に保たれている。

一方海側では、塩化物イオン濃度が水質基準値を超え、飲用に適さない塩水化した井戸が存在する（図 2-8）。使用可能な井戸でも、雨が少ないか

かんがい期には、塩化物イオン濃度が水質基準値を超えることがある。

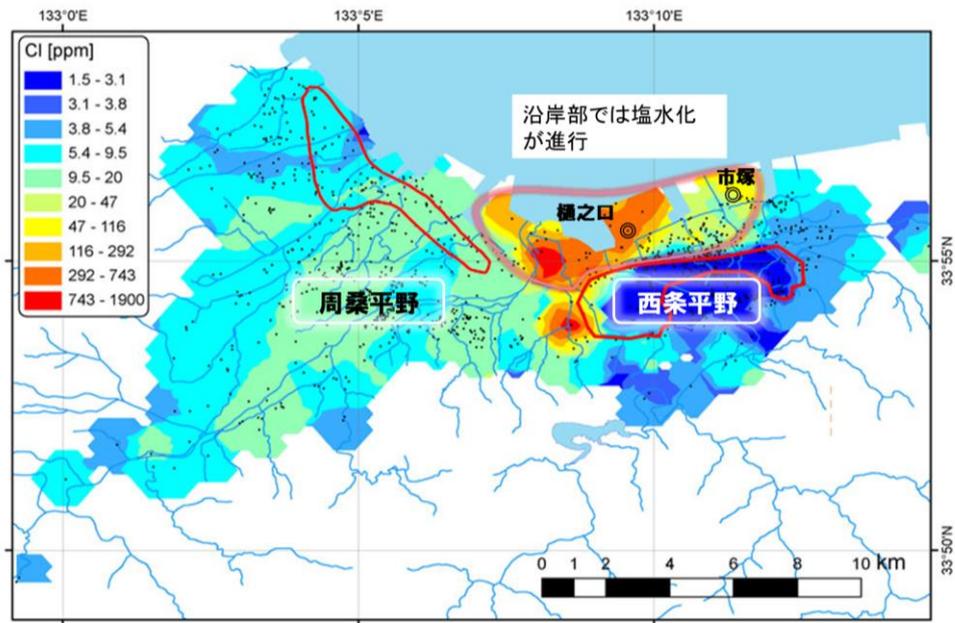


図 2-8 地下水の塩化物イオン濃度の分布

### ○ 塩水化による被害状況

完全に塩水化した井戸を元に戻すことは難しい。海側の帯水層では、沿岸部を中心に発生した塩水化被害に対して、様々な対策が行われている。

- ・ 港新地地区では、井戸水の塩水化が進んだことから、昭和 57 年に簡易水道が整備、拡張された。
- ・ 禎瑞地区では、平成 5 年にかんがい用井戸が塩水化し、稲穂が黒くなる被害が発生した。その後、かんがい用水を地下水から表流水に転換している。
- ・ 西ひうち地区では、専用水道水源で塩水化が進んでいる。塩水化するおそれがない内陸側の帯水層を、新規水源として開発する事業を検討している。
- ・ 榑之口八丁地区や市塚地区の井戸では、降水量が少ないかんがい期に塩化物イオン濃度が増加しており、帯水層の塩水化が進行しつつある。

### ○ 塩水化の仕組みと原因

通常、沿岸部の地下では、陸側に侵入してくる海水を、海側に押し戻そうとする地下水の圧力でくい止めている。

しかし、農業用水の地下水利用が増加するかんがい期に雨が少ないと、武丈堰から下流の加茂川の流量が低下し、地下水への涵養量が減少するため、地下水位が急激に低下する。その結果、地下水が海水を押し返す力が弱まり、海水の侵入を許すことになって塩水化する。

西条平野では、推定断層より内陸側（南側）にある自噴帯の地下水は、海側（北側）の地下水に比べて地下水面が高く水圧が高いため、海水の侵入を受けにくいと考えられている。一方、海側の地域では、地下水涵養量の減少や地下水使用量の増加により、塩水化が拡大する可能性がある。

### ○ 休廃止鉱山の影響

山地域には、銅やアンチモンを採掘した休廃止鉱山が点在する。加茂川の最下流で合流する市之川の流域には、アンチモンを採掘した旧市之川鉱山があり、その下流ではアンチモン濃度が高い。

浅層の地下水はアンチモン濃度が高いことから、市之川と合流した後の加茂川から涵養されたと考えられる。これに対して、自噴水や深層の地下水はアンチモン濃度が低く、浅層地下水とは涵養域が異なっている。

## 2 周桑平野

### (1) 周桑平野の水の流れ

#### ア 平野全体の水循環構造

周桑平野では、石鎚山系に端を発し平野南部を流れる中山川や妙之谷川、高縄山を源として平野北部を流れる大明神川などからの伏流、平野内に降る雨や雪、及び水田に灌漑された水が地表から浸透することによって、地下水が涵養されている（図 2-9）。

周桑平野の特徴は、中山川に合流する関屋川や大明神川のように典型的な扇状地が形成されていることである。また、農業用水の一部が国営事業（道前道後農業用水）として、流域外から地表水が導水されている農業用水の地下水への依存度は西条平野ほど高くはない。

地下水は、西条平野と同様に生活用水(上水道)、農業用水、工業用水として利用されるだけでなく、自噴水や湧水として再び地上に戻り、残りの地下水とともに最終的には海に流出している。

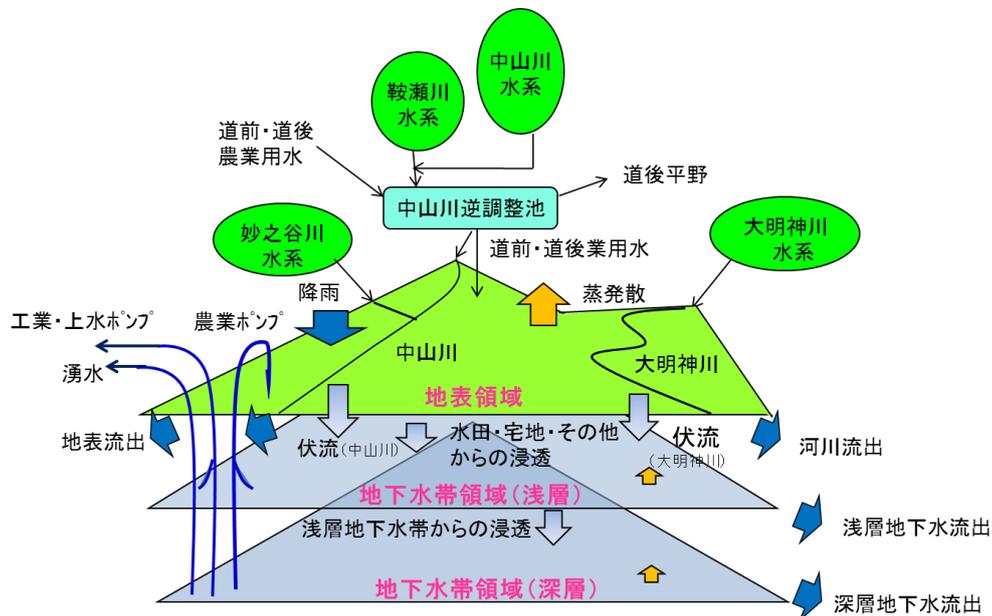


図 2-9 周桑平野の水循環構造

西条平野の場合と同様に、水収支モデルを用いて計算された年間の水の流れをまとめてみると、1年間に平野に降る雨を100とした場合、中山川や大明神川など背後山林地から流入する水量はおよそ325で、西条平野に比べて雨に対する割合は小さいものの、およそ3倍に相当する水が背後地から平地部に流入する（表 2-2）。

一方、地表から土壤中へ浸入、あるいは河川から伏流する量は 174 で、中山川や大明神川からの伏流が占める割合は、西条平野に比べて小さい。中山川から伏流量が比較的小さいのは、平野部上流でかなりの量が農業用水として取水されるため、その分、水田からの浸入（地表からの浸入）の割合が多くなっている。そして、地表に流入する水量のおよそ 2 分の 1（146）が地下水を涵養し、その約 4 分の 1（40）が様々な用途に利用され、残りは地上に湧水として戻るほか、大半が海へと流出する。

表 2-2 周桑平野の水収支概要

| 水収支要素             |        | mm/年        | 割合(%)      |
|-------------------|--------|-------------|------------|
| 降水量               |        | 1225        | 100        |
| 蒸発散量              |        | -993        | -81        |
| 河川流入量             | 中山川    | 1683        | 137        |
|                   | 大明神川ほか | 1812        | 148        |
| 道前農業用水            |        | 256         | 21         |
| <b>地表への流入量(計)</b> |        | <b>3983</b> | <b>325</b> |

|                           |        |             |            |
|---------------------------|--------|-------------|------------|
| 地表からの浸透                   | 農地・宅地  | 1271        | 104        |
| 河川からの伏流                   | 中山川    | 382         | 31         |
|                           | 大明神川ほか | 473         | 39         |
| <b>地表からの浸入・河川からの伏流(計)</b> |        | <b>2126</b> | <b>174</b> |
| <b>このうち地下水帯への涵養量</b>      |        | <b>1792</b> | <b>146</b> |

|                  |       |            |           |
|------------------|-------|------------|-----------|
| 地下水利用量           | 上・工水用 | 300        | 24        |
|                  | 農業用   | 194        | 16        |
| <b>地下水利用量(計)</b> |       | <b>494</b> | <b>40</b> |

## イ 地下水の流動

周桑平野を流れる中山川や大明神川の水系には、西条平野に比べて広大な扇状地が発達しており、これがこの平野の地下水流動に大きな影響を与えている（図 2-10）。平野上流域に広がる扇状地は透水性が良く、不圧地下水が豊富で多くの地下水が様々な用途に利用されている。

中山川や大明神川で伏流した地下水は、平野の下を海に向かって流れているが、互いにつながった 1 つの地下水盆を形成している。一方、平野沿岸部には難透水性・不透水性の地層が堆積し、被圧帯水層が形成されている。その 1 つが周桑平野の沿岸に沿って分布する自噴地帯で、広さは西条平野とほぼ同じ（面積 8.2km<sup>2</sup>、長さ約 7.6 km）である。

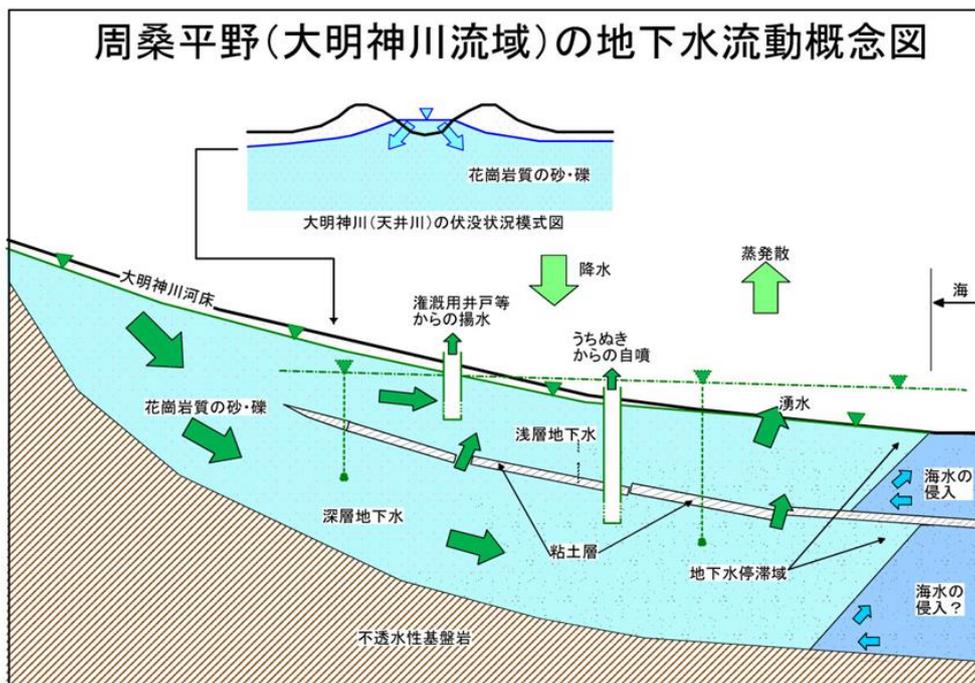
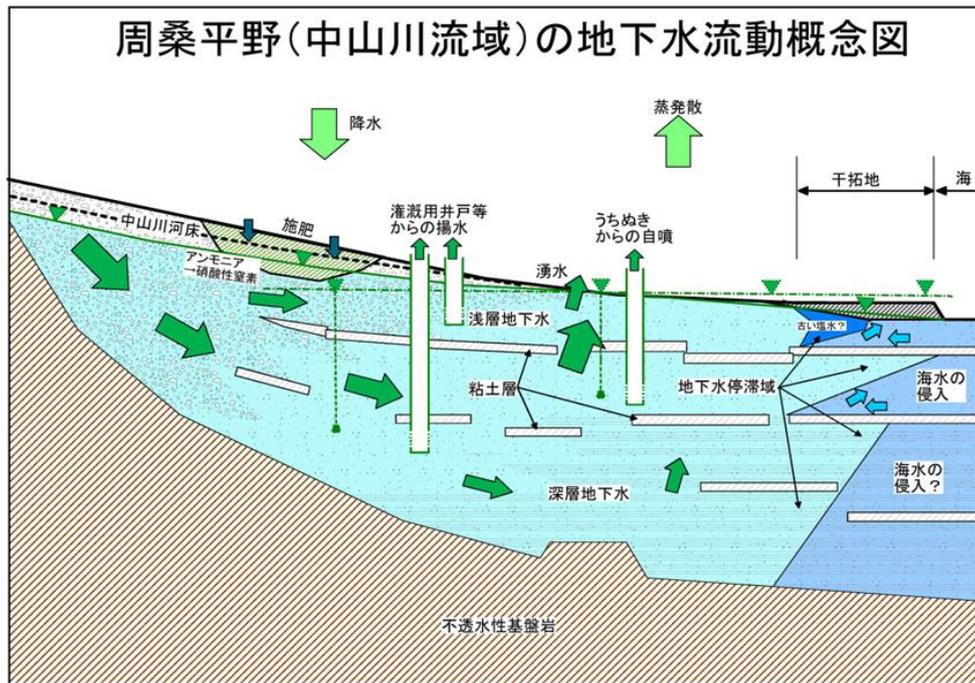


図 2-10 周桑平野の中山川（上）と大明神川（下）の地下水流動概念図

## (2) 地下水の水量

### ア 地下水の涵養

周桑平野の背後の山地域に降った雨は、森林地域で河川水を涵養するとともに、中山川や大明神川など平野部を流下する河川から地下に伏流し、地下水を涵養する。特に、周桑平野ではこの2つの河川からの伏流が大きな役割を果たしている。また、先にも記述したとおり、関屋川や大明神川沿いに開けた扇状地からの雨水や農業用水の浸透も同平野の地下水の涵養に大きな役割を果たしている。

## イ 地下水の利用と流出

周桑平野における水利用は、西条平野と同様に地下水に大きく依存している。周桑平野の中心部や海岸部では、水道は整備されているが地下水が豊富であり、地下水を直接組み上げて水道と併用して利用する事業所や家庭も多い。周桑平野(東予地区、丹原地区、小松地区)の水道普及率は77.0%であり、西条平野(西条地区)の24.1%よりも高いが、その水道水源の約8割が地下水で賄われており、その日量は11,000 m<sup>3</sup>程度である(H27年度末、簡易水道含む)。

工業用水としての地下水利用量は、日量6,000 m<sup>3</sup>程度である(西条市地下水利用対策協議会の会員企業、条例で届出のある企業、一部の地域では利用制限、沿岸部の一部や東予インダストリアルパークでは西条工水を利用)。

これら上水道及び工業用水のための地下水利用に加え、かんがい期になると農業用水の利用が増加する。しかしながら、周桑平野では道前道後農業水利事業によるかんがい水やため池の水が利用されているため、先にも記したように、西条平野に比べて農業用水の地下水依存度は低い。

また、自噴や湧水、汲み上げられた地下水のほとんどが水路や下水道を通して海に流出するのは、西条平野と同様である。

## ウ 地下水の収支

西条平野と同様に、周桑平野の地下水位も降水量や河川水量の大小などによって変動するが、先にも記したように、農業用水の地下水依存度が西条平野より小さく、地下水涵養に占める地表(主として水田)からの浸透の割合が高い。そのため、一般的に地下水位はかんがい期に高く、非かんがい期に低下するという季節的な変動を示す(図2-11)。このように、長期的には地下水の収支バランスは保たれており、地下水位が大きく低下することはない。

年間を通した地下水の収支(涵養量と利用量)を分析した結果、地下水の涵養量はおよそ1億2,500万 m<sup>3</sup>(日量に換算して34万 m<sup>3</sup>)であり、これに対して全利用量は2,400万 m<sup>3</sup>(日量、6万6,000 m<sup>3</sup>)となった。これを地下水の涵養量に対する利用量の比率(利用率)で表すと、平均的な年で20%程度、渇水の年で27%程度であり、周桑平野の地下水は全体的には十分な水量があると考えられる。

なお、周桑平野での深層地下水の利用はごくわずかと考えられ、特に問題はみられない。

## エ 地下水位の変動

先に記したように、周桑平野の地下水は中山川、大明神川からの伏流、平野内に降る雨の浸入、水田に湛水されたかんがい水の浸透などによって涵養されている。したがって、周桑平野では、地下水位が短期的には降雨の大小によって変動し、季節的にはかんがい期・非かんがい期で変動する(図2-11)。すなわち、かんがい期には比較的安定した地下水位が継続し、非かんがい期になると地下水位は徐々に低下する傾向にある。

河川流量の大小が地下水変動に与える影響は、西条平野に比べて小さい。

これは、中山川や妙之谷川の流域面積が加茂川に比べて小さく、また、大明神川ではほとんどの流量が平野部へ流入する前に伏流するためである。いずれにしても、年間を通しての地下水収支のバランスは保たれており、長期的な低下傾向は認められない。

なお、土地改良区がかんがい用水として管理している浅層地下水は、以前に比べて枯れる頻度が多くなっているとされているが、これは地球温暖化等によって降雨などの変動幅が大きくなっていることによるためと推察されている。

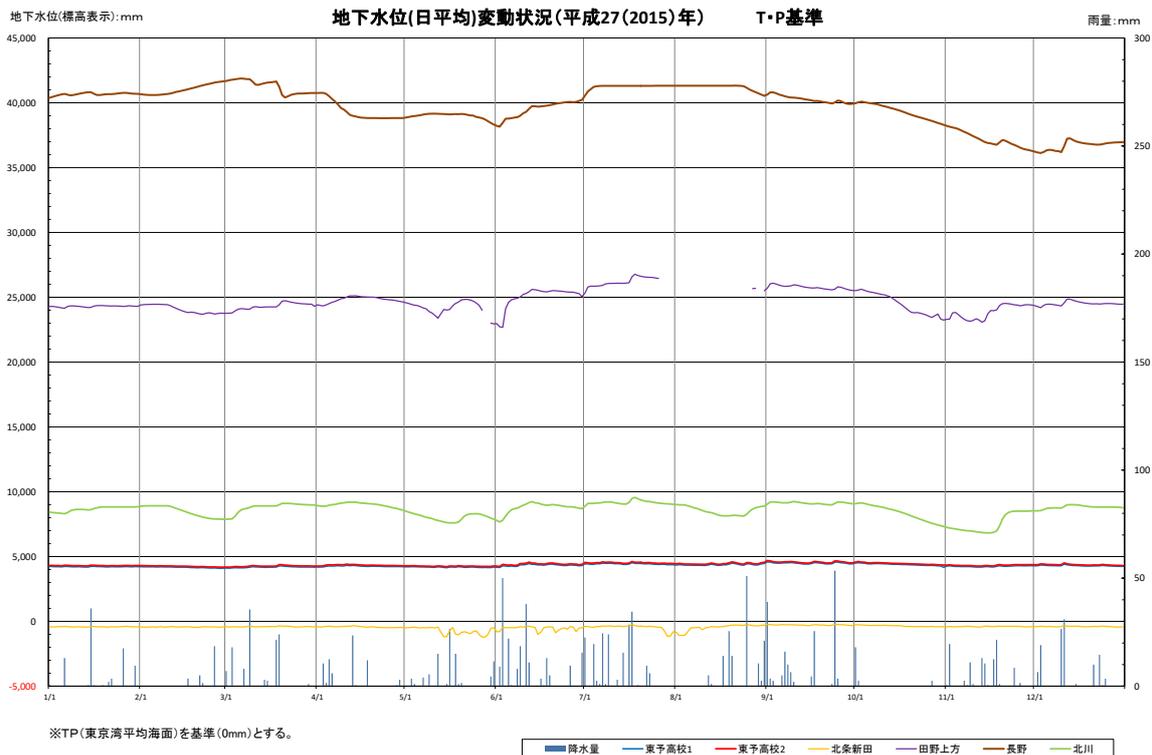


図 2-11 周桑平野における観測井の地下水位変化

### (3) 地下水の水質

#### ア おいしい水

周桑平野のうちぬき成分、水温共に西条平野の地下水と同レベルであり、「おいしい水」の条件を満たしている。

#### イ 水質基準

周桑平野の地下水の多くは、水道水の水質基準値より低く、飲用に適している。ただし、西条平野に比べて、硝酸態窒素濃度は全体的に高い（図 2-12）。扇状地地域では、水質基準値を前後する井戸も存在する。一般的には、硝酸態窒素濃度が高くなる要因として、生活排水や肥料、家畜排泄物が挙げられる。周桑平野で窒素濃度が特に高くなっている井戸地域は、水はけが良く畑地に適している扇状地に多い。同地域の地下水の高い窒素成分は、土地利用や窒素の安定同位体比から営農活動の影響が考えられている。

中山川上流部には最終処分場があり、また、銅鉦山跡のずり（鉦石中に

含まれる脈石や母岩など鉱物資源として無価値な岩石) も放置されているが、下流の河川水や地下水に重金属汚染はみられない。

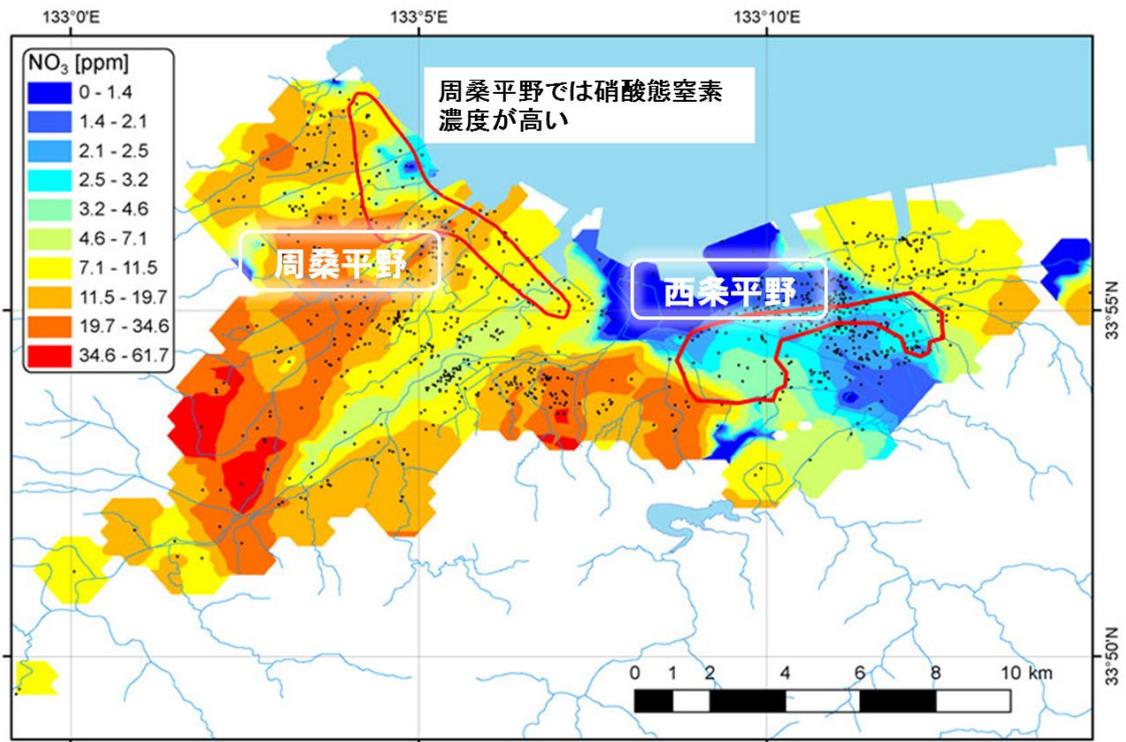


図 2-12 地下水の硝酸態窒素濃度の分布

### 第3章 地下水を取り巻く環境の変化

#### 1 自然環境の変化

##### (1) 降雨の変化

##### ア 降雨形態

安定した地下水量を確保するためには、流域における降水量の長期的な傾向を知る必要がある。

国内 51 地点における年平均降水量は、統計的にはこの 1 世紀で減少傾向にあるとされているが、年々変化が大きいこともあって、必ずしも明瞭ではない（図 3-1）。他方、降水量が多い年と少ない年との差、すなわち年平均降水量の変化の程度は、近年になって増加する傾向にある。また、降水量が 100mm 以上の年が増加する一方で、1mm 以下の降水量は減少する傾向も指摘されている。

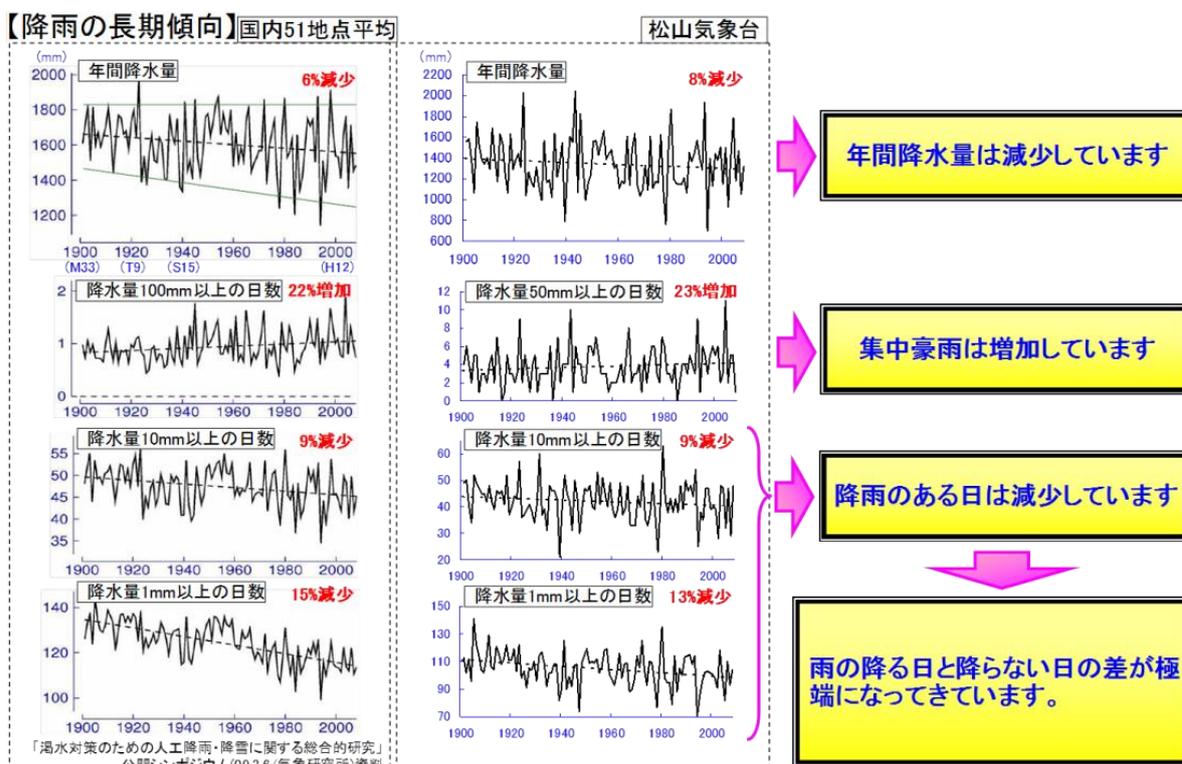


図 3-1 国内 51 地点（左）と松山気象観測地点（右）における年間降水量及び降水量 50mm 以上、10mm 以上、1 mm 以上の年間日数の経年変化

このように全国的には、降水量の年較差の増加とともに、豪雨の増加や少雨の減少が進行している。西条観測所の降水量や気温は、愛媛県で最も長い気象観測が行われている松山観測所とよく似ている。松山の降水量の変化傾向は、上記した全国平均とおおむね一致しており、本市の涵養域でも同様と考えられる。

地下水資源の確保には、安定した河川流量が必要である。加茂川のように、山地での流れが速く平野での流路が短い河川では、豪雨時に大量の河川水が海に流出してしまう。河川水は地下水に比べて流速が非常に速いので、豪雨が多く雨の日が少なくなる降雨形態の変化は、河川からの地下水への涵養量の減少につながる。

本市では、山地域に降る大量の降水が豊富な地下水を生み出しているが、

標高の高い成就社観測所における降水量の年変化は、平地の西条観測所に比べて大きい（図 3-2）。このことは、降水量が少ない年ほど、山地の降水量がより少なくなることを意味する。したがって、小雨の年ほど河川流量の減少が大きくなり、地下水涵養に悪影響を与えることが懸念される。実際に、加茂川を主な涵養源としている西条平野においては、春先に雨が降らず、加茂川の流量が減少し、地下水位が大幅に低下するという現象が増えている。

本市において降雨形態の変化は、渇水期の水利用だけでなく豪雨に伴う水害にも強く関係する。流域全体の降水量について信頼度の高い情報を得ることは、利水と治水の両面から重要といえる。

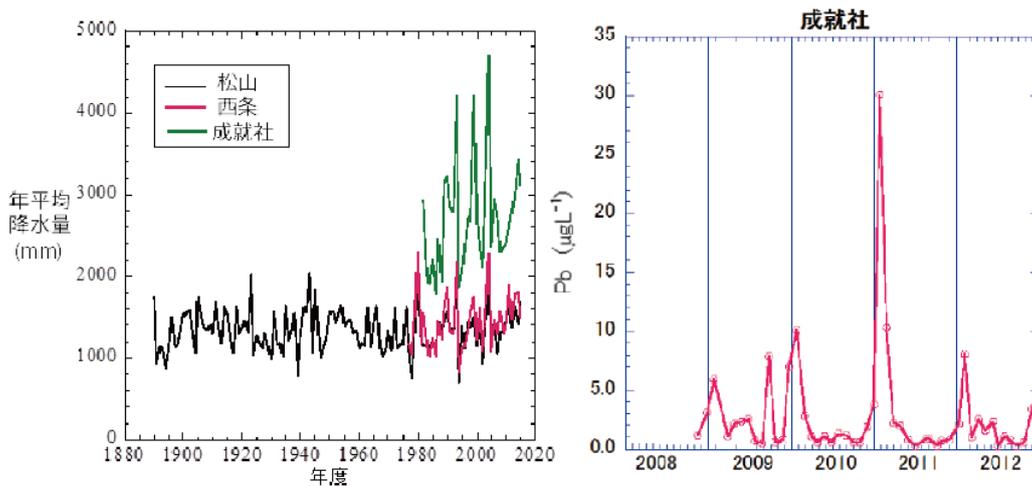


図 3-2 松山、西条、成就社の各気象観測地点における年平均降水量の経年変化（左）と成就社地点における月別降水の鉛濃度の経年変化

## イ 降雨の水質

日本の雨の水質は、多かれ少なかれ人間活動の影響を受けているが、降水量と同じく地域によって大きく異なることが知られている。本市の降雨の水質成分の組成は、季節とともに明瞭な変化を示し、冬季に鉛などの重金属元素濃度などが高い。これは、近年のアジア大陸からの酸性物質などの広域的な越境汚染の影響が、本地域でもみられることを示している（図 3-2）。降水量は背後地で多くなるので、地下水を涵養する森林生態系への酸性雨や PM2.5（微小粒子状物質）などの大気汚染の影響が懸念され、長期的には河川水や地下水の水質影響について注意していく必要がある。

## (2) 気温

気温は日、季節、年といった異なる時間スケールで変化することに加えて、数十年、数百年といった長期的にも変化する。

松山観測所の気温は、最近の 10 年間は低下傾向を示しているものの、この 100 年で 2℃ 上昇しており、日本の中でも温暖化が進んでいる。本市も松山と同様の気温変化を示している（図 3-3）。特に、各年の日最高気温の平均値に比べて日最低気温の平均値の変化は明瞭で、年とともに単調に増加している。

冬の気温上昇が年々進み、平均気温の上昇を押し進めている。日最高気温

と日最低気温の差は都市化の指標であり、1980年頃から年とともに大きくなっている。本市では50年で1℃ほど増加しており、松山に比べてやや大きい。

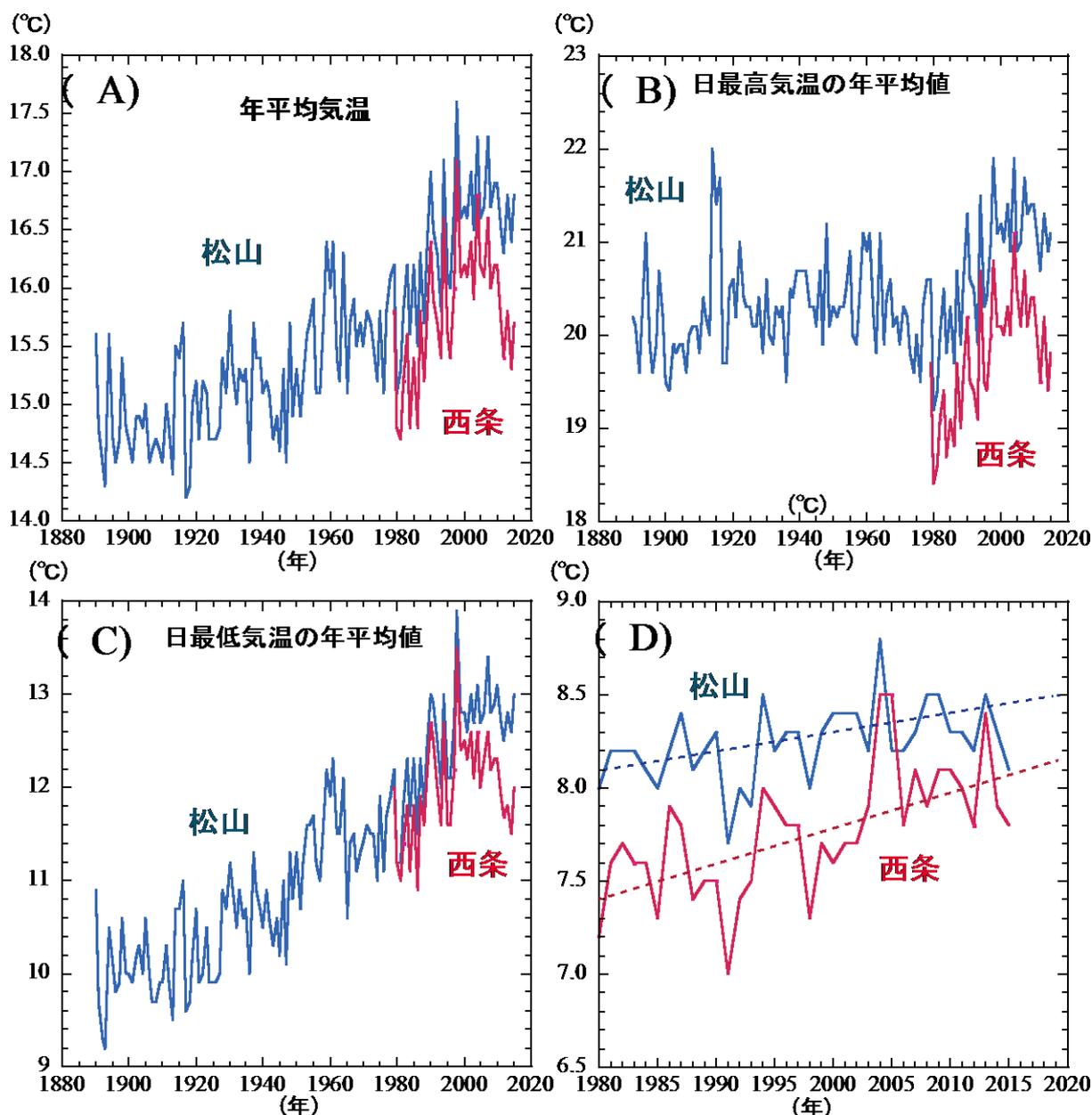


図 3-3 松山と西条の気象観測地点における、年平均気温 (A)、日最高気温の平均値 (B)、日最低気温の平均値の経年変化 (C)、及び1980年以降の日最高気温の平均値と日最低気温の平均値の経年変化 (D)

日本の河川や湖沼、近海の4,477地点で実施された過去27年(1981年～2007年)の解析から、夏季は72%、冬季は82%の地点で水温が上昇する傾向が認められている。その主な要因の1つとして気温上昇が考えられる(環境省水・大気環境局、2013)。

本市の地下水の水温は、地域によって異なることが知られている。自噴域の水温は年間を通して14℃程度であり、人間がおいしいと感じる水温(10～

15℃) の範囲に入っている。気温より 2℃ほど低いことは、涵養域の森林山地の河川の水温を反映している。

気温変化は、地下水の水温にも影響する可能性があるが、湧水量と同様に信頼度の高い予測は難しく、降水量とともに長期的な観測が必要である。

## 2 産業の変化

### (1) 森林管理の現状

森林は、人間の生活環境を良好に保つ様々な機能を有する。とりわけ、降雨を土壌中に貯留し、水質を浄化する水源涵養機能や、崖崩れや土砂の流出を防ぐ国土保全機能は重要である。

しかし、経済のグローバル化の進展などを背景に、木材価格の低迷に悩む林家の経営意欲の減退、担い手不足、不在村所有者の増加等を背景に、間伐などの森林施業が適正に行われていない人工林が増加しており、森林が持つ生態系サービスの機能が必ずしも十分に発揮できないような森林も少なくなっている。特に、本市は約 70%が森林地帯であり、豊富な地下水の涵養源となっているが、「本市森林整備計画」でも指摘されているとおり、林業活動の低迷により森林整備が遅れている。

林業活動の低迷は数値にも現れている。愛媛県全体の森林面積 401,117ha における素材生産量は 459,446m<sup>3</sup> であり、1ha 当たりでは 1.15m<sup>3</sup> と全国平均 (0.78 m<sup>3</sup>) よりも高く、愛媛県において林業が盛んであること (素材生産量で全国 11 位以内) を裏付けるものである。しかし、本市の場合は森林面積 35,478ha に対し素材生産量 10,506m<sup>3</sup> であり、1ha 当たりでは 0.30m<sup>3</sup> と低位である (数値はいずれも平成 27 年)。地形や地質的条件の違いがあるとはいえ、本市において林業活動は低調であり、森林の管理が十分に行われていないという問題は看過できない。

### (2) 農地の変化 (水田等耕地の減少)

農業従事者の高齢化や農業就業人口の減少などにより、地域農業を支える担い手が減少し、耕作条件不利地での放棄地が増加するとともに、水田等の経営耕地が減少している。

こうした農地の変化は、農業用水利用量の減少をもたらす一方、水田等からの地下水涵養量が減る要因となる。特に、周桑平野の地下水については、水田などの農地が重要な涵養源の 1 つであることから、地下水の適正な管理のためには、農地の変化による地下水の収支への影響などを監視していく必要がある。

耕作放棄地の状況 平成 22 年 (2010 年世界農林業センサス)

|     |                         |                    |
|-----|-------------------------|--------------------|
| 県内  | 10,416ha (耕作放棄地率 21.9%) | ・・・全国の耕作放棄地率 10.5% |
| 西条市 | 626ha (耕作放棄地率 11.8%)    |                    |

### (3) 都市化の影響

市街化地域では、マンション建設などに伴い、地下水の新規揚水が進んでいる。住宅の建築や商業地域の広がりに伴う土地利用の変化は、平野に降る雨の地下への浸透を減少させている。このような都市化は、自噴水が分布する旧西条市域で進んでおり、農地とともに都市化に伴う雨水浸透域の検討も

必要になっている。

### 3 地下水利用の変化

#### (1) 生活用水としての地下水利用

##### ア 地下水の直接利用(各家庭等で「うちぬき」や地下水を汲み上げて利用)

旧西条市の中心部とその周辺では、自噴する「うちぬき」や地下水を直接汲み上げた生活がなされており、上水道は整備されていない。また、上水道等整備区域であっても、水道料金の負担のない(揚水ポンプの稼働に係る電気代は必要)地下水の直接利用を行っている家庭がある。

現状では、地下水を直接利用している全ての家庭の使用水量を把握することは量水が不可能なために困難である。しかし、平成 26 年度にモニターとして把握している本市における一部家庭の平均使用水量は、全国平均である 1 人 1 日当たり 220 リットルを上回る 350 リットルである。

##### イ 上水道等の利用(約 9 割の水道水源は地下水)

本市の水道事業は、2 市 2 町が合併した経緯から、旧市町ごとに水道料金を設定しており、市内で最も水道料金が安い西条地区では、1 人 1 日当たりの使用水量は、上水道で 327 リットル、簡易水道で 392 リットルであり、4 地区のなかで最も多い。

一方、小松地区や丹原地区の水道料金は高く設定されており、節水意識が高いことから水道使用量は少ない。特に、渇水時に水道水源の地下水水位が大きく低下し、住民が節水を余儀なくされたことがある小松地区では、1 人 1 日当たりの使用量は 245 リットルと少ない(平成 27 年度実績)。

#### 【上水道・簡易水道】

表 3-1 地区別給水人口、普及率、使用量、水道料金

| 地区名  | 人口<br>(人) | 種別   | 給水人口<br>(人) | 普及率<br>(%) | 1 人 1 日当たり<br>使用量(リットル) | 水道料金<br>(円) |
|------|-----------|------|-------------|------------|-------------------------|-------------|
| 西条地区 | 59,606    | 上水道  | 13,165      | 22.1       | 327                     | 2,246       |
|      |           | 簡易水道 | 1,191       | 2.0        | 392                     |             |
| 東予地区 | 30,890    | 上水道  | 21,577      | 69.9       | 277                     | 2,419       |
| 丹原地区 | 12,418    | 上水道  | 7,436       | 59.9       | 283                     | 2,840       |
|      |           | 簡易水道 | 2,444       | 19.7       | 296                     |             |
| 小松地区 | 8,885     | 上水道  | 8,755       | 98.5       | 245                     | 2,840       |
| 合 計  | 111,799   | 上水道  | 50,933      | 45.6       | 285                     |             |
|      |           | 簡易水道 | 3,635       | 3.3        | 328                     |             |
|      |           | 計    | 54,568      | 48.8       | 288                     |             |

※水道料金は平成 27 年 7 月 1 日料金改定(1 ヲ月 20 m<sup>3</sup>使用の場合)

※人口、給水人口、普及率は平成 28 年 3 月 31 日時点

※1 人 1 日当たり使用量は平成 27 年度実績

(資料 9)

## ウ 市民の保全意識

上記したように、水の利用量や水道料金、地下水の量や質、利用の容易さには地域差がある。上水道等整備区域と未整備区域、西条平野と周桑平野など、地区ごとに水事情は異なる。地下水に問題が生じた地域、生じている地域、生じていない地域がある。こうした地域の実情によって、節水や地下水保全に対する市民の意識にも違いがみられる（図3-4）。

本市の地下水を将来にわたって守っていくには、市民自らが地下水を共有財産として大切に利用するとともに、公共性の高い資源として保全意識を高め、健全な水循環を育てる取組を実践していくことが必要である。

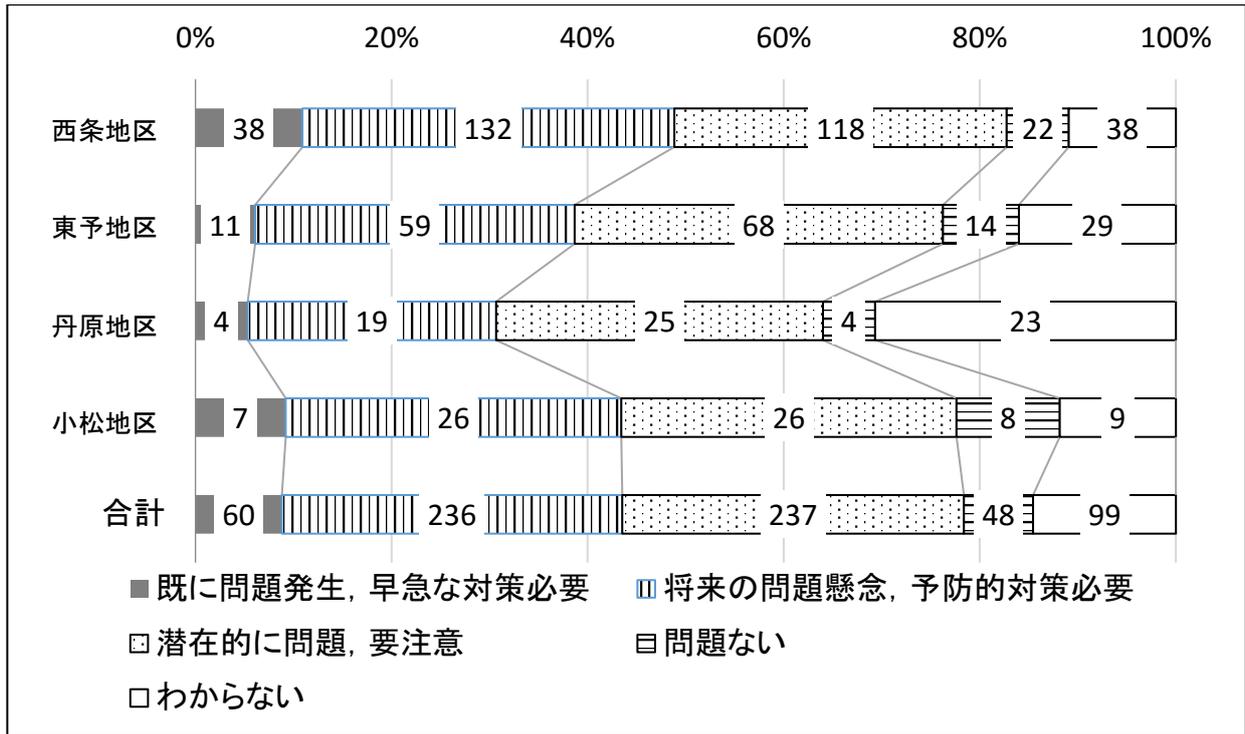


図3-4 地区別にみた地下水の緊急認知度

## (2) 人口減少・高齢化と水道事業

日本では地方都市を中心に人口減少や高齢化が進んでいるが、本市もその例外ではない。本市の人口構成は、この40年余りの間に徐々に変化している（第1章図1-7）。世代構成でみると、50歳以下の人口は1980年には60%以上であったが、現在は50%以下になっている（図3-5）。

国立社会保障・人口問題研究所の推計から、総

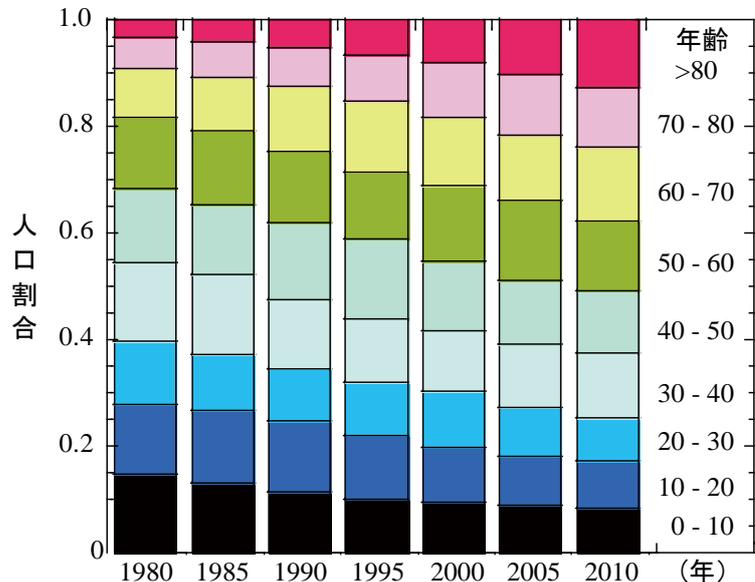


図3-5 西条市における世代構成の変化

人口は2030年には10万人、2040年には9万人を下回る見込みとなっている。

このように人口減少が進むことによって、生活用水としての地下水利用量は、今後減少することが予想される。しかし、水道事業にとっては、料金収入の減収や水道関連施設の維持費の相対的な増加につながり、経営の維持がこれまで以上に難しくなることが懸念される。

また、人口減少や高齢化の進展は、他方で担い手不足による森林荒廃や耕作地の減少にもつながり、地下水の保全面ではマイナスに作用する。現在の地下水利用とあわせて総合的な検討が必要である。

### (3) 農業用水としての地下水利用

本市では、農業用水の多くを地下水に依存している。揚水ポンプが普及し、地下水を簡易に汲み上げられるようになったこともあり、雨が降らない日が続いても、地下水への依存度が変わらないままの状況になっている。本市では、豊富な地下水を背景に揚水ポンプが普及し、農業用水の多くを地下水に依存しているのである。農業用水の使用量が激増する5月から9月にかけて、地下水使用量が大幅に増加し、この間の地下水使用量全体に占める農業用水の割合は70～80%になる。適正な量を汲み上げるために、バルブやタイマーを取り付けるなど、地下水の有効利用につながる様々な取組に努める必要がある。

### (4) 企業活動における地下水利用

市内で地下水を利用する主な企業は、西条市地下水利用対策協議会に加盟している。会員企業の揚水量は、平成元年以降では平成4年の日量81,001 m<sup>3</sup> (26社) をピークに、平成26年には日量17,012 m<sup>3</sup> (16社) に減少している(図3-6)。要因としては、工場での水のリサイクル化が進んでいることに加え、企業の撤退や事業の廃止が挙げられる。一方、西条地区の一部企業では、事業規模の拡大により揚水量の増加がみられる。

企業活動が活発になると水需要が増加することから、本市の産業発展と企業の地下水利用のバランスを保持していく必要がある。

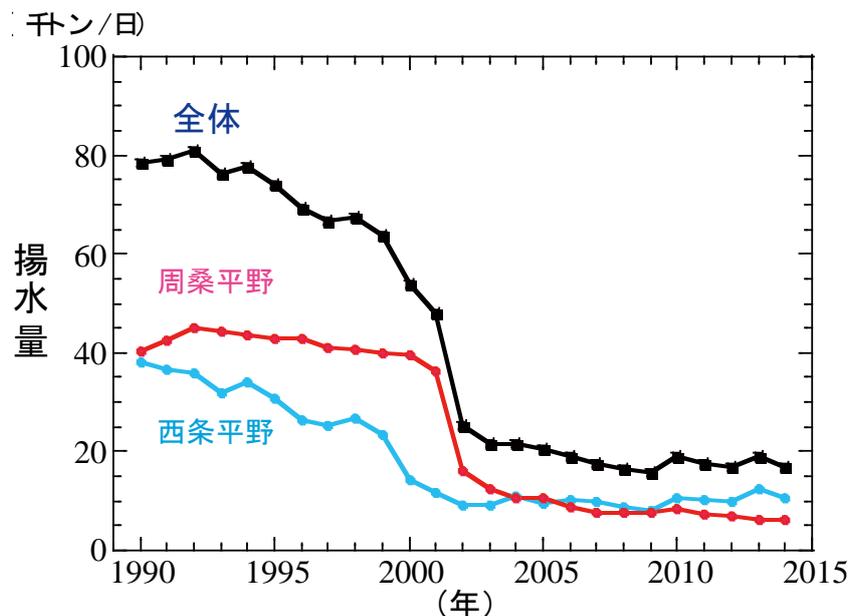


図3-6 企業による地下水揚水量の経年変化



## 第4章 地域公水の提唱

### 1 地下水の保全・管理の方向性

#### (1) 健全な水循環の保全

本市にとって地下水は、単に利用できれば良いというものではなく、本市のシンボルである「うちぬき（自噴）」を守るとともに、水温が安定し良質で「おいしい水」と評される水質を維持していくことが重要である。そこで、将来的なリスクにも対応できるよう、水循環全体（地下水の涵養や利用）を健全に保つための様々な対策を一体的、総合的に講じるとともに、地下水の水量（供給と利用）及び水質を監視しながら適切に管理していく。

特に、第2章で確認されている2つの問題（①西条平野におけるかんがい期の地下水位の低下、②塩水化の問題及び周桑平野における硝酸態窒素濃度の問題）に対しては、すでに明らかになっている科学的な調査結果等にもとづきながら、原因の所在に効果的な対策を講じて、早期の解決を図っていく。

#### (2) 地域公水の概念

市民共有の財産である地下水を、将来にわたり、市民が安心して利用できるように守っていくためには、行政による管理のみならず、市民や事業者の協力が不可欠である。

このため、市民・事業者と行政が対等な立場で地下水の将来について話し合い、それぞれの役割のもと協力し合いながら地下水を保全することが重要になる。そこで、地下水の過剰な利用や汚染等に対して、条例で適正な規制を設けて管理していく。

そのためにも、地域が地域の実情にあった保全活動や条例による規制によって保全・管理する地下水を「地域公水（※）」と位置付け、関係者が一体となって守っていける体制の整備を図る。

#### 地域公水の考え

- 地下水は市民共有の財産であり、全ての市民が利用できる環境を確保し、また、保全していくためには、公共的機関の介在が必要である。
- 自治体が、「条例」により地下水利用ルールを規範化し、管理している地下水資源を「地域公水」として捉える。
- 自治体は「地域公水」の管理者として、市民に対する生活用水の供給確保や地下水保全の責務、また、各種利水の調整、配分決定などの権限を有する。
- 地下水を利用する者は、その受益に対して、地下水保全に協力する責務を有する。  
（小川竹一愛媛大学教授「地下水＝地域公水化論」（愛媛大学法学会会誌 42 巻 2 号 2016 年））

## 《地下水の「地域公水」としての位置付け》

**公 水**：公共水として法律で規制を行い、公的管理による緻密な管理

河川水のように、公共水として公的管理により管理ができるように、法律（河川法）で一律に規制を行っているもの。

### 「地域公水」

地下水は公共水ではあるが、不特定多数が利用し、目に見えない地下水を、河川水（公水）のように一律的に法律で規制し、緻密な管理を行うことは困難である。したがって、地域の全住民のために、条例等で地域の実情に応じて規制し、住民から信託された公的機関が一定の権限と責任により可能な管理を行うもの

**公共水**：誰の所有にも属さない地域住民共有の資源（公共物）

平成 26 年 7 月に施行された「水循環基本法」において、「水が国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いもの」とされ、いわば「公共水」として改めて明記された。

## 2 「西條市地下水の保全に関する条例」の見直し

旧西条市域を対象に暫定施行している本条例について、市民の共有財産としての地下水利用のルールを規範化し、地域で保全・管理していく「地域公水」の理念を盛り込むとともに、条例の対象地域を市内全域に拡大する。また、地下水の水量及び水質保全に関する規制内容の見直しを行う。

【規制内容の見直し】※ 第 5 章 1 (2)、(3) を参照

- 条例で規制対象となっている地域（旧西条市域）を市内全域に拡大  
現行の規制内容は、下記のとおり
  - (水源保護) ・水源保護地域を指定し、当該地域では水質を汚濁し、又はそのおそれがある事業場の設置を禁止（資料 10）
  - (水質保全) ・有害物質の製造等を行う事業場を設置する場合の届出
    - ・有害物質の使用量等の報告
    - ・地下工事の事前届出
  - (水量保全) ・一定規模以上の井戸を設置する場合の事前届出
    - ・届出者による周辺地下水の水量への影響の事前調査及び結果報告
- 水源保護地域の拡大
- 井戸を設置する際の届出が必要になる範囲（井戸の規模）の拡大
- 地域を指定したうえで、一定規模以上の井戸の設置については許可制の導入
- 許可事案や井戸を新たに設置する場合に設置者が事前に行う「周辺への影響調査」について、外部の有識者等の機関で適否の審査
- 罰則の強化など

### 3 関係者がともに取り組んでいくための場づくり

西条の地下水を“誰が”どのように将来にわたって守っていくのか。「地域公水」の理念にもとづけば、地下水の管理者として規制など一定の権限と責任を有する行政の役割は小さくない。しかし、本市が「地域公水」の提唱によって、むしろ強調したいのは、市民の共有財産である地下水の将来ビジョンや目標、その望ましい“守られ方”については、行政のみならず、市民とともに考え、決定すべきものと考えている点にある。地下水の水量や水質の保全目標などについては、科学的知見にもとづいて導き出すことは一定可能である。しかし、それはあくまで短期的で数量的な目標に過ぎず、西条の地下水のあるべき姿を描いたものではない。

西条の地下水が10年後、20年後にどのような姿であってほしいのか、また、それを実現していく過程で地下水がどのように守られることが、市民の生活の質を高めることにつながるのか。その答えは「市民が集まって決める」ことによつて、はじめて導き出せるものである。

したがって、市民・事業者と行政が地下水の将来ビジョンや目標、それを達成するための手段や費用負担、市民・事業者の役割や行政との協働など、その望ましいあり方について対等な立場で話し合い、ともにその未来をつくっていくために、「(仮称)西条市地下水保全協議会」(以下、「協議会」)を設置する。

#### 【(仮称)西条市地下水保全協議会のイメージ】

##### ・ 構成員

市民・事業者(※「協議会市民メンバー」と、市の生活環境部をはじめ関係各部・各課の職員代表(「(仮称)西条市地下水保全協議会」事務局)で構成し、さらにアドバイザーとして外部専門家を加える。

##### ・ 目的・役割

「地域公水」の理念や地下水に関する科学的な認識(帯水層の構造や流動系の特性、地下水位のモニタリングや水質、利用状況などの情報)を共有するとともに、本計画の進捗状況を確認し、協議会の提案について検討・協議し、その実現に向けた課題の整理や関係者間での協力体制の整備を図る。

また、協議会で提案された施策に国や県の協力、学校や大学・研究機関との連携が必要な場合には、関係機関と協議を行い、必要に応じて支援や協働を要請する。

なお、本協議会は水循環基本法に基づき、国が策定した「水循環基本計画」に盛り込まれている「流域水循環協議会」として位置付けるとともに、流域において関係者が連携して水循環保全に取り組んでいくための「流域水循環計画」を策定する。

##### ・ 取り組む内容

以下の内容について、それぞれが対等な立場で話し合い、合意形成を図る。

- ・ 地下水のあるべき姿や地下水の水量及び水質の保全目標
- ・ 市民・事業者が地下水のあるべき姿の実現に向けて、それぞれが主体的に取り組むべきことや行政と協働で行うべきこと
- ・ 地下水に関する条例や地域で守るべきルール、施策や費用負担のあり方

など

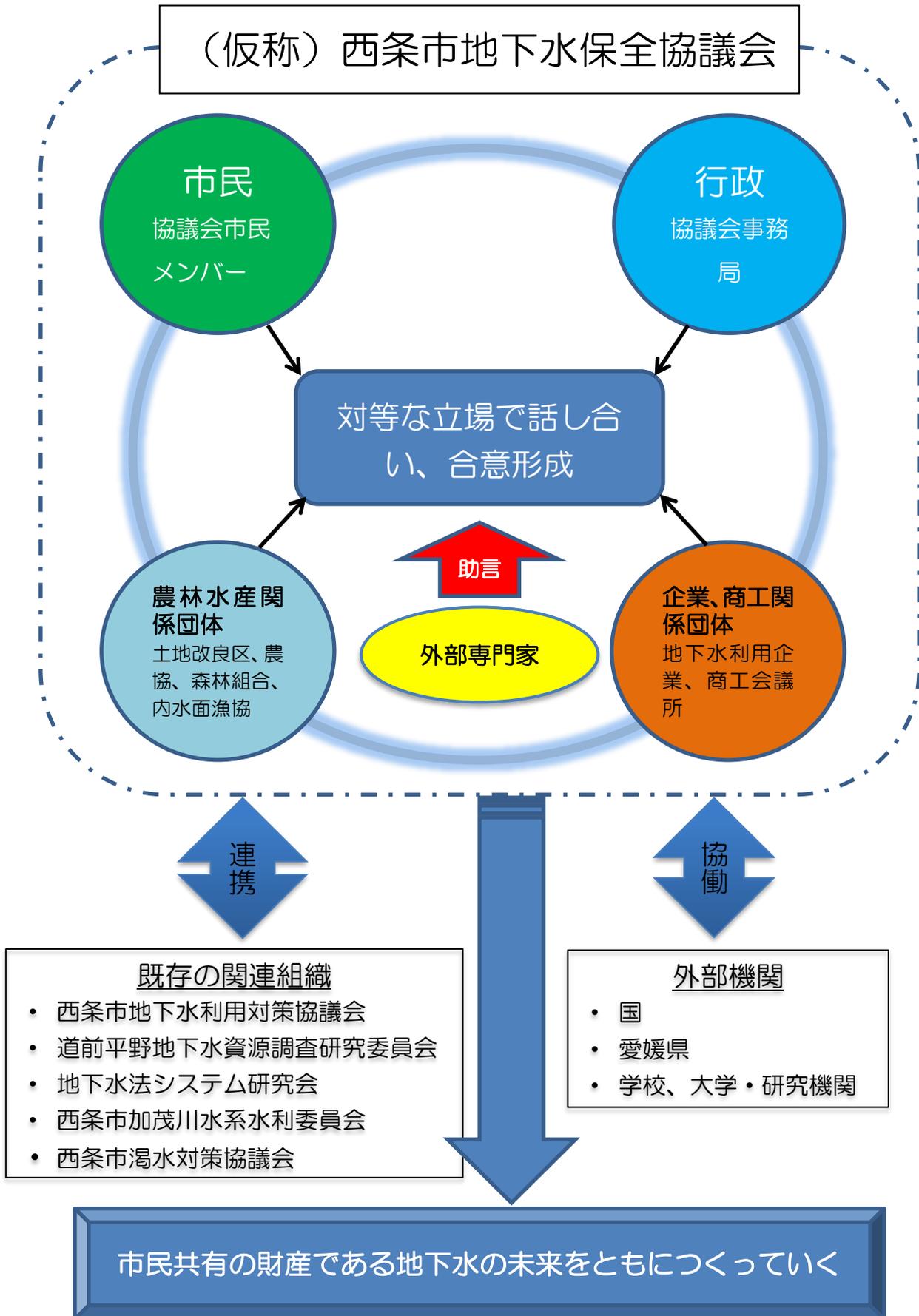
- **既存組織との関係と連携**

本市では、地下水を利用する企業で構成された「西条市地下水利用対策協議会」、地下水保全に関する助言を得るための外部専門家による組織として「道前平野地下水資源調査研究委員会」及び「地下水法システム研究会」を設置している。また、渇水時には、本市と関係者が対策を協議する「西条市加茂川水系水利委員会」や「西条市渇水対策協議会」を設置することとしている（資料 11）。

本協議会は、これら組織との関係を整理したうえで、組織再編の可能性や健全な水循環の実現に資する連携のあり方について検討し、渇水時にはその対策に協力する。

以上のような機能を有する協議会の成否は、地下水の未来づくりに関して、市民・事業者の声をどれだけ幅広く集め、「地域公水」の理念を実質化できるか、という点にある。したがって、本協議会以外に、市民アンケート・インタビュー調査、関係団体・地区懇話会の開催、パブリックコメントなどのような市民参加の機会を創設し、本市の地下水の未来づくりにできる限り多くの市民を巻き込んでいく必要がある。

西条の地下水の未来づくりに関係者がともに取り組むイメージ





## 第5章 地下水の未来をともにつくっていくための施策

第4章で提唱した「地域公水」の理念にもとづき、市民が描く地下水の未来を関係者がともにつくりあげていくために必要な施策や費用負担制度などは、「(仮称)西条市地下水保全協議会」で検討・協議され、決定されることになる。

以下では、そうした市民参加のもとで検討されるべき施策等について、すでに顕在化している問題を解決するために優先して取り組むべき施策と、持続可能な地下水利用、さらには健全な水循環を実現するために長期的に取り組むべき施策と大別して提案する。

### 1 長期的に取り組むべき施策

#### (1) 地下水資源の強化

##### ア 森林(水源地域)の適正な管理

##### (7) 森林整備

間伐、下草刈り、植林等、森林の手入れを適切に行うことで、森林の持つ水源涵養機能(水資源の貯留、水質の浄化)や土砂流出防止機能を持続的に発揮させる。そのため、現在実施している「水源の森整備事業(平成26年度～35年度の10年計画)」(資料17)を着実に推進する。さらに、国や県の事業も活用しつつ、積極的かつ長期的な視点で森林整備に取り組む。

##### (イ) 林業経営の安定化への支援

森林を継続的に適正に管理していくために、林業の中核的担い手となる森林組合や林業事業体などの育成及び強化に努めるとともに、市内にCLT(直行集成板)の一貫製造拠点が整備されることを受け、CLTを活用し、新たなビジネス展開等を支援することにより、地元木材の活用促進を図る。また、森林を集約し、施業の機械化・共同化を推進することにより、木材の安定供給体制の構築に向けた取組を進め、林業経営の安定化を支援する。

##### (ウ) 土地取引の監視及び水源地域保全条例の検討

近年、全国的に問題になっている外国資本による水源地域の土地の買収について、本市においても森林法等による土地取引などの情報を関係機関等と共有しながら、継続的に監視する。

また同時に、森林を中心とする土地取引について、事前届出を義務付けることなどを規定した「水源地域保全条例」策定の可能性についても検討する。

#### イ 平野部での地下水涵養力の向上

##### (7) 雨水浸透の推進

雨水を地下へ浸透させることにより、地下水涵養効果が期待できることから、市街地における雨水浸透枡などの効果を検証し、その検証結果を踏まえて、学校などの公共施設や市道の整備にあたっては、雨水浸透に配慮する。

#### (イ) 休耕田等への湛水

水田の水が地下へ浸透することにより、地下水涵養効果が期待できることから、地下水以外の水を利用して、休耕田や冬期の水田に水をはる「水田湛水」の可能性について、地元土地改良区等関係団体と協議検討する。

#### (ウ) 地下水の代替水源の保全・管理

地下水の代替水源として地表水、再生水が挙げられる。このいずれかに頼るのではなく、様々な水源に目を配り、それらを時と場合に応じて使い分けることは水供給の安定化につながる。ダムやため池、用水路などの既存の水資源施設を適切に保全・管理する他、再生水の利用をさらに促進させるなど、既存の水資源の有効活用を図ることで地下水依存度を減らす。

### (2) 地下水の水質保全

#### ア 未然防止対策

##### (7) 地下水利用規制の検討（条例の見直し）

現在、旧西条市域を対象に暫定施行している「西条市地下水の保全に関する条例」では、水源保護地域を指定して特定の事業場の設置を制限している。また、有害物質の製造等を行う事業場に対する規制や、地下工事に対する規制を行っている。そこで、本条例について

- ・対象地域の市全域への拡大
- ・水源保護地域の拡大
- ・罰則の強化

などの見直しを検討する。

さらに、本条例で規定している「施設への立入検査」を効果的に実施することにより、条例にもとづく規制の徹底に努める。

##### (イ) 汚染発生源の対策

家庭等からの排水による細菌等の地下水汚染を未然防止するため、公共下水道の拡充を図るなど生活排水の適正処理を推進する。（資料12）

また、農業や畜産業に起因（化学物質が土壌等から地下へ浸透）する汚染を未然防止するため、県や農協と連携して、肥料や農薬の適正利用及び家畜排泄物の適正処理等について、関係者への普及啓発や指導の徹底を図る。

#### イ 事後対策

##### (7) 汚染構造の解明

汚染が確認された場合に、市民に健康被害が生じないように、行政の関係部署や農業団体、自治会等の関係者が連携して、汚染の実態把握、原因究明及び被害拡大の防止（汚染井戸の利用中止）などに迅速に取り組む。

また、専門家の協力のもと、汚染の拡大防止や改善のための対応方針を検討し、その結果をもとに対策を講じるとともに、水質の改善状況の

追跡調査を行う。

#### (イ) 汚染浄化の促進

地下水汚染の浄化には原因物質を取り除くための技術的課題の他、その対策費用を誰が負担するのかという制度的課題も存在する。特に、地下水汚染は過去型（原因企業が倒産しているケースなど）の汚染であり、汚染発覚時に汚染原因者が必ず存在するとは限らない。また、複数の物質が混在して汚染を引き起こしている場合、誰がどれくらい汚染に寄与しているのか判別するのは容易ではない。こうした様々なケースを念頭に、浄化技術や費用負担ルールについて調査を行う。

### (3) 育水の普及

#### ア 育水思考の醸成

育水とは地下水を利用する者が、「使った地下水はきれいにして地下へ還す（還水）」「地下水を量・質の両面で育ててから使う」との考えのもと、地下水保全に取り組むことを意味する。市民及び地下水利用者にこの考えを普及させるべく、市民ワークショップや関係団体・地区懇談会などの市民参加の機会を設けて、本市の地下水の現状や科学的な認識の共有化を図り、「地域公水」の理念や「育水」の考えの啓発に努める。また、現在進められている自発的な節水や地下水保全活動（森林ボランティアへの参加企業のCSR活動など）をさらに促進する。とりわけ農業者については、本市と土地改良区が連携して、かんがい期に不要なときは揚水ポンプの電源を切ることやバルブを設置して閉めることなど、地下水の過剰利用を抑制するための取組を進める。

#### イ 水循環等に関する教育の推進

本市の地下水について理解を深め、大切にする意識を育む。そのため、次世代を担う子どもたちには、水循環や地下水をテーマにした学習（出前講座等）や地下水保全活動を行うなど、水循環や地下水に関する教育を推進する。また、本市をキャンパスに見立てたフィールドキャンパス構想等にこれまで取り組んできた実績を基盤として、今後は、大学及び他の地方自治体からの視察を積極的に受け入れ、本市の地下水管理の取組をアピールするとともに、他地域での施策の情報収集を行う。

#### ウ 西條市地下水の保全に関する条例の見直し

現在、旧西條市域を対象に暫定施行している「西條市地下水の保全に関する条例」では、一定規模以上の井戸の設置について、届出や採取量の報告などの規制を行っているが、地域全体で地下水利用の管理を行っていくように、本条例について

- ・対象地域の市全域への拡大
- ・届出が必要になる井戸の範囲の拡大
- ・地域を指定したうえで、一定規模以上の井戸の設置については許可制の導入
- ・許可事案や井戸を新たに設置する場合に設置者が事前に行う「周辺へ

- の影響調査」について、その適否を審査する機関（外部の専門家等で構成）の設置
- ・罰則の強化などの見直しを検討する。

## 2 優先的に取り組むべき施策

### (1) 地下水の調査・モニタリング

#### ア 地下水資源調査

目で視ることができない地下水の実態をより明らかにするため、各分野の専門家で構成する「道前平野地下水資源調査研究委員会」の協力を得ながら、必要な地下水資源調査を引き続き実施する。(資料 13, 14)

#### イ 水量・水質のモニタリング

本市の「おいしい水」を守っていくため、国の水道水質基準や環境基準より高いレベルの水質で保全できるよう、観測井戸の水位や自噴量、水質のモニタリングを継続する。また、必要に応じて水質調査の項目や箇所数及び頻度を検討し、旧厚生省（現「厚生労働省」）の諮問機関の「おいしい水研究会」が示した「おいしい水の要件（硬度、有機物、塩素、臭気、水温など）」のモニタリングについても継続的に実施する。

得られた結果については、一般に公表するとともに、健全な水循環の実現につながるよう、その利活用に努める。(資料 15, 16)

### (2) 西条平野のかんがい期の地下水問題の防止策

西条平野では、自噴量の低下や沿岸域の地下水の塩水化が、かんがい期に顕著になることが最大の問題になっている。その原因が、地下水の涵養量よりも利用量が多くなる（涵養量<利用量）ことにあることから、涵養面と利用面の両面からの方策が考えられる。

#### ア 地下水涵養域の施策

##### (7) 加茂川の瀬掘り

西条平野の地下水は、その大半が加茂川の水が「武丈堰」付近から「JR鉄橋」付近の間で地下に伏流している（第2章図 2-3）。この区間の河床が堆積物で目詰まりすると、伏流力が低下すると考えられる。

本市では、過去に地下水が浸透するエリアの河床を掘削する瀬掘りを行い、地下水位の上昇を確認している。今後も、河床からの伏流力が低下したと考えられるときには、必要に応じて加茂川の瀬掘りを行う。

##### (イ) 加茂川流域の森林整備の強化

森林が適正に整備・管理されると、森林土壌が持つ貯水効果が向上する。大量の雨が降ったときでも、降水が一気に流出せず、時間をかけて流出するようになることから、加茂川流量の平準化にも一定の効果を期待できる。特に加茂川は、西条平野の地下水の主な涵養源になっていることから、森林整備により地下水涵養力が高まる可能性がある。また、加茂川の水質は、山地に降った雨や雪が森や土壌を通過する間に、微生物などの力をかりて浄化されていくことから、森林整備は地下水の水質を保全するうえでも効果がある。

現在、実施している「水源の森整備事業」（資料 17）は、溪流沿いの森林（河川の両岸から 100m 程度を間伐）を整備するものであるが、当該事業の効果を検証したうえで、加茂川流域の森林全体に範囲を拡大することを検討する。

#### (ウ) 県営黒瀬ダムの水利用

本市の調査・解析により、5 月から 9 月のかんがい期に加茂川の長瀬地点で毎秒 5 m<sup>3</sup>の流量を確保できれば、将来においても自噴が止まることなく、安定した地下水位の維持と塩水化の防止が可能である（図 5-1）。加茂川下流の瀬切れも発生せず、河川や干潟の生物多様性を守ることもつながる。

上流の県営黒瀬ダムには、長瀬地点の流量が毎秒 5 m<sup>3</sup>を下回るときに、その不足水量を補給できるだけの「使用していない水」がある。そのため、この水の利用について、加茂川の河川管理者である県と検討・協議し、加茂川流量の確保を図る。

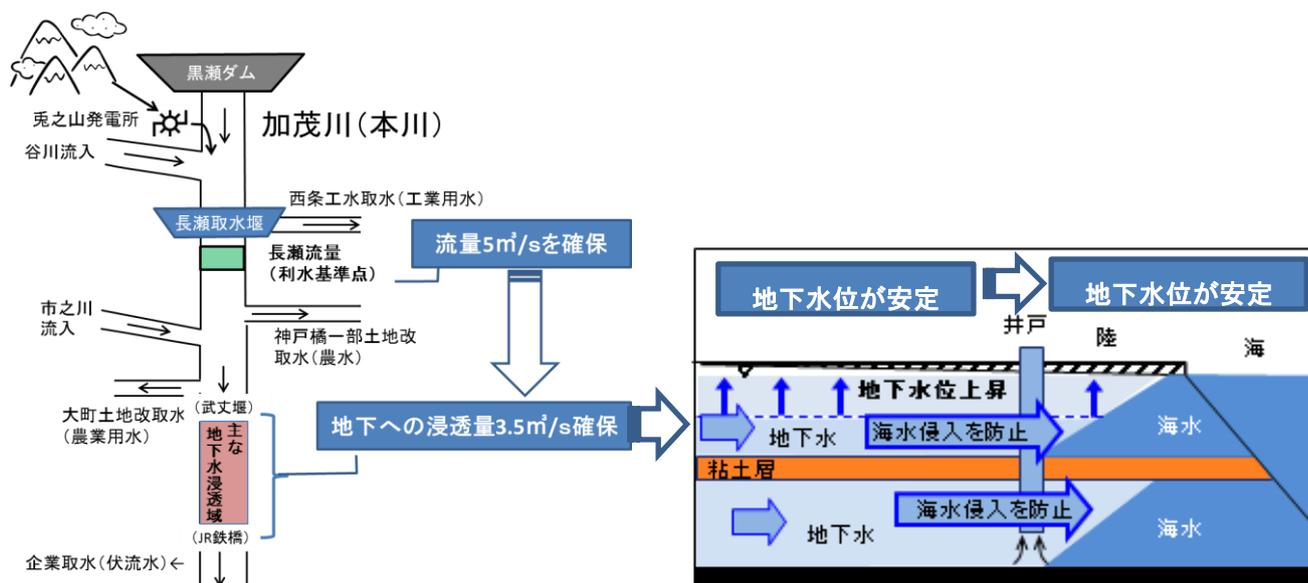


図 5-1 長瀬地点における加茂川流量の安定確保（左）が、地下水の内陸域での水位上昇と沿岸域での塩水侵入防止（右）につながることを示す模式図（資料 18, 19）

### イ 地下水利用域の施策

#### (7) 渇水時の節水強化

かんがい期に地下水位が低下してきたときには、「渇水注意報」を出して注意を促す。また、市、西条平野の土地改良区及び地下水を利用している企業等と連携して、節水の強化策や地下水利用における渇水調整（地下水を利用している事業者等に一定割合の節水を通達）などを検討し、公民協働で節水強化に取り組む。

#### (イ) 農業用水の利用効率化

西条平野の土地改良区と連携し、かんがい期に需要が激増する農業用

水について、一度使った農業用水を再度使えるように循環させる方法や、水需要を平準化させる方法など、かんがい期における農業用水の地下水利用を効率化する方法について検討する。

### (3) 周桑平野における硝酸態窒素対策

#### ア 地下水涵養域の施策

##### (7) 施肥体系の最適化

県や地元農業関係団体、愛媛大学、道前平野地下水資源調査研究委員会の委員と連携し、硝酸態窒素濃度が高くなっている地域の施肥の実態などについて、より詳しく現状を把握する。また、施肥が生産に及ぼす経済的な効果（収穫量、品質など）と水質に及ぼす悪影響の両面について分析を行い、最適となる施肥体系を検討する。

##### (イ) 環境保全型農業の推進

硝酸態窒素濃度が高くなっている地域に対して、重点的に化学肥料の使用量低減に努めるとともに、マメ科植物による窒素固定（クローバーによるカバークロップ（緑肥）など）有機肥料の利用を促すなど、環境保全型農業を推進することによって環境負荷の軽減を図る。

そのためには、環境保全型農業の目標を明確化し、農業者が満たすべき環境要件とは何かを具体的に定めることが前提となる。環境保全型農業を推進する観点から、もし仮に農業者への直接所得補償のような助成をする場合には、単に農業の公益的機能を強調するのではなく、環境要件を満たすことがその条件であることを明確にする必要があるからである。そのうえで、硝酸態窒素に関する知識や地下水汚染の状況等について農業者へ啓発を行い、施肥対策への理解醸成を図る。また、県や農業関係団体と連携し、巡回指導や講習会を実施して、施肥体系の技術指導も行う。

### (4) 公正な費用負担制度の構築

地下水を保全・管理するための施策を実施するにあたっては、可能な限り費用をかけずに、関係者が協力して取り組んでいくことが必要であり、大前提である。前記した地下水保全施策は、市民の共有財産である地下水の持続可能な利用、さらには健全な水循環を実現するために必要になるものである。

しかし本市では、そうした施策にかかる費用の財源は、その必要を生み出した受益者や原因者から調達されている部分はきわめて少なく、費用負担の不公平感を生み出している。言い換えれば、受益者や原因者は、これまで対策費を負担することなく「特別の利益」を享受してきた。

このようなことから、新たに必要となった対策費については、受益者負担や原因者負担といった環境政策の基本原則を強めることで、社会的な公正観に合致した費用負担制度の構築を検討する。その制度設計にあたっては、「地域公水」の理念にもとづいて、できる限り早い段階から市民をはじめとする地域の関係者を巻き込み、具体的な費用負担のあり方や収入の使い道、事後評価といったあらゆるプロセスに参加を促し、地域の実情にあった制度の構築を目指す。

# 資料編

## 資料1 西条市の湧水と自噴水、海底湧水

### 1 観音水系（湧水）

西条市総合文化会館横にある加茂川扇状地の扇端の湧水。浅層の不圧地下水が湧き出したもので、季節による水温の変化が大きく、夏は冷たく、冬は暖かい。アンチモン濃度などから、加茂川下流から伏没したと考えられている。



### 2 うちぬき広場の水（自噴水）

西条市役所の南側にある「うちぬき」を代表する自噴水。水温は年間を通して14℃程度で、水質成分とともに安定している。西条平野の自噴帯の北端にあり、すぐ近くに小松推定断層が存在すると考えられている。



### 3 弘法水（海底湧水）

本陣川の河口近くの海底にある湧水で、弘法大師が杖を付くと湧き出したと言い伝えられており、毎日多くの人々が水を汲みに来ている。その横には、地藏尊を弘法大師として祀り、弘法水の由来を紹介する石碑が建っている。



## 資料2 企業のCSR活動

※CSR〔corporate social responsibility〕 企業の社会的責任

### 1 コカ・コーラ「森に学ぼう」プロジェクト

四国コカ・コーラボトリング株式会社（小松工場）では、製品及び製造で使用した量と同等量の水を自然に還元する Water Neutrality（ウォーター・ニュートラルティ）という方針のもとで、森林保全活動に取り組んでいる。その中で、次世代を担う子どもたちを対象にした森や水源地域での植樹作業などの活動を通して、水循環における森林の機能、森を守ることの大切さを学ぶ機会を提供するなど、子どもたちの環境教育に積極的に取り組んでいる。

### 2 「アサヒビール感謝の森」森林づくり活動

アサヒビール株式会社（西条工場）では、愛媛県、公益財団法人「愛媛の森基金」、本市との間で「森林（もり）づくり活動協定」を締結し、定期的に市内の森林を整備するボランティア活動を実施している。また、同社は、県内で販売したビール対象商品1本につき1円を公益財団法人「愛媛の森基金」に寄付し、本市をはじめ県内の森林保全活動に貢献している。

### 資料3 西条市が提案した地域再生計画の概要

「四国経済を牽引する『総合6次産業都市』推進計画」は、(1)農産物加工、貯蔵、流通の各種主要機能を集約する「総合6次産業都市コア機能」、(2)露地栽培と施設栽培のベストミックス体制を構築する「安定的生産機能」、(3)地域に密着した農業人材及び既存の枠組みを超えて事業化をコーディネートできる高度専門知識を持った人材養成を目指す「専門人材育成機能」の3つの確立を目指している(下図)。



### 資料4 志河川ダムの小水力発電

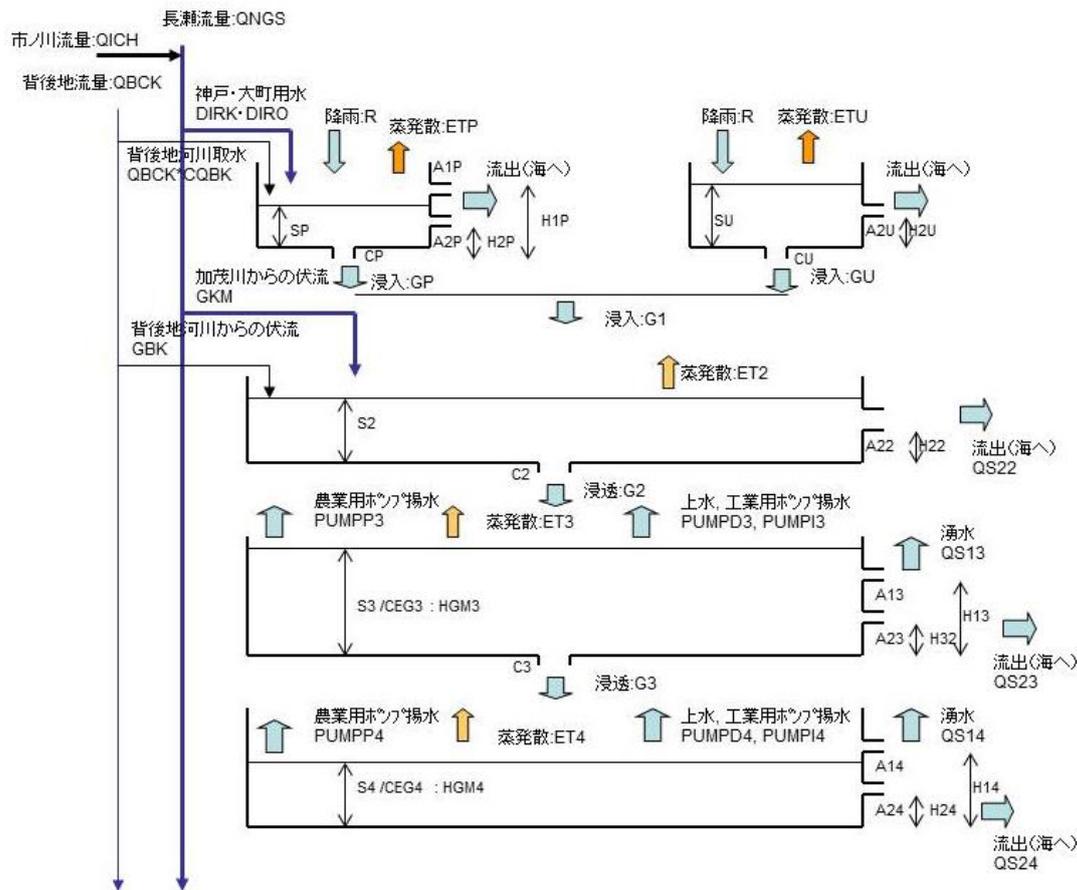
志河川ダムでは、ダムを管理する道前平野土地改良区において、放流設備を利用した小水力発電の導入を進めている。再生可能エネルギー固定価格買取制度による売電収益を農業水利施設の維持管理費に充て、農家の負担軽減を図ることとしている。年間発電量は29万kWhで、一般家庭80戸分の発電量に相当する。

### 資料5 水収支モデル

水収支モデルとは、第2章図2-1(又は図2-9)に示されるような実際の水循環をコンピュータによって再現するものである。今回の調査・解析では資料図2-1に示すように、流域内の各領域をタンク(水が入っている入れもの)により表現して、各領域間の水の流れをプログラムにより計算する。そして、第3段目タンクの貯留深S3が浅層地下水の地下水位を、第4段目タンクの貯留深S4が深層地下水位を表すものとして、これら貯留深の変化が観測地下水位の変化を再現するように、タンクの孔の大きさ(52ページ図では、A1P、A2P、…、A24、CP、…、C3)や高さ(H1P、H2P、…、H24)、河川の伏流に関する係数(CGKM、CGBKなど)を定める。これらはモデルパラメータ(媒介要素)と呼ばれる。

# 1 調査・解析に計算に用いたデータ

- (1) 長瀬堰流量 (QNGS) : 黒瀬ダムの流入・放流量、工業用水取水量などのデータから計算
- (2) 市之川 (QICH) と渦井川ほか流量 (QBCK) : 長瀬堰流量を 0.7 倍し、流域面積比を乗じて計算
- (3) 降雨量 (R) : 西条東消防署の観測データ
- (4) 蒸発散量 (ETP、ETU、ET2、..) : 西条アメダスと東消防署の気象データから可能蒸発量を算定し、これに月毎の蒸発散比を乗じて計算



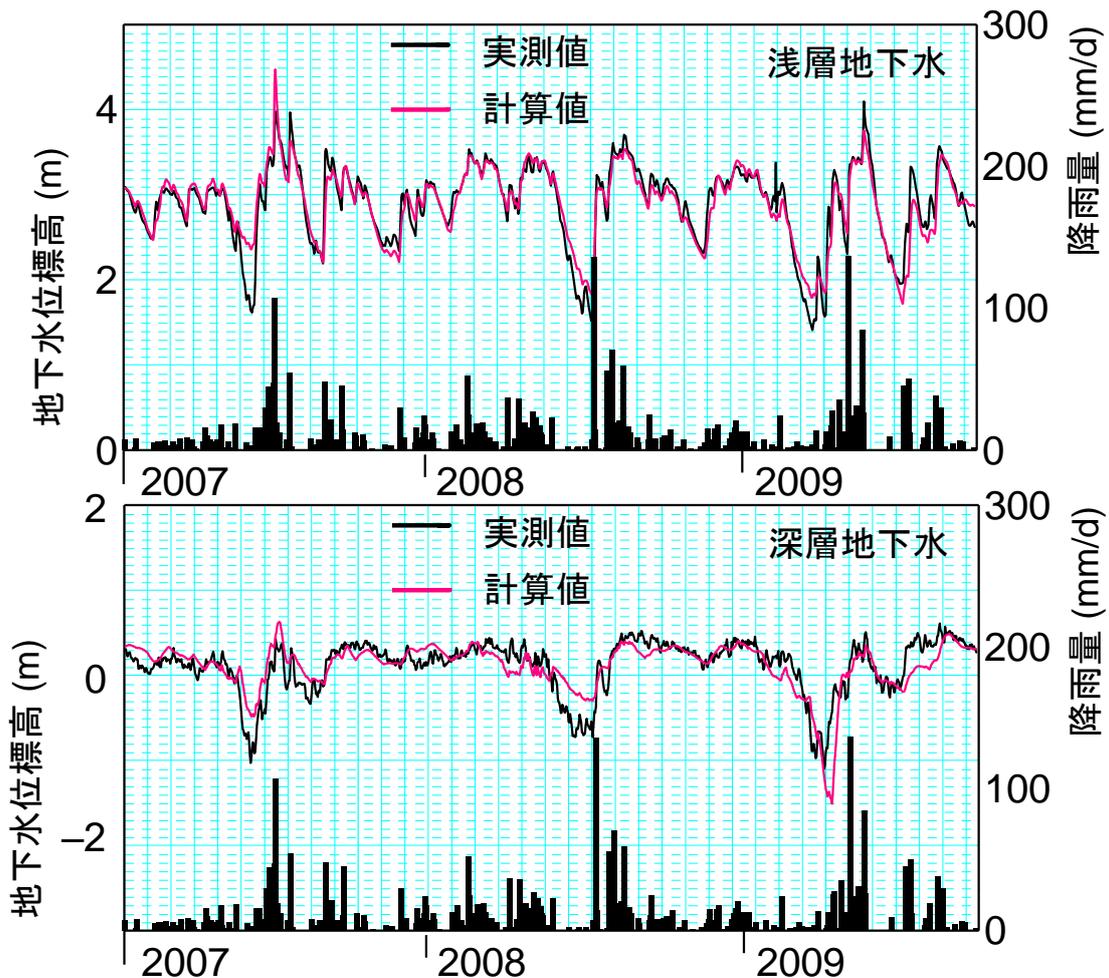
- (5) 神戸・大町用水 (DIRK・DIRO) : 取水量の観測データに基づいて算定
  - ア 神戸用水 (DIRK)
 

|      |             |     |                        |
|------|-------------|-----|------------------------|
| 非灌漑期 | 10月1日～4月30日 | 取水量 | 0.25 m <sup>3</sup> /s |
| 灌漑期  | 5月1日～9月30日  | 取水量 | 1.15 m <sup>3</sup> /s |
  - イ 大町用水 (DIRO)
 

|      |             |     |                        |
|------|-------------|-----|------------------------|
| 非灌漑期 | 9月1日～5月14日  | 取水量 | 0.35 m <sup>3</sup> /s |
| 灌漑期  | 5月15日～8月31日 | 取水量 | 0.70 m <sup>3</sup> /s |
- (6) 各種ポンプ揚水量 (PUMPD、PUMPI、PUMPP) : 西条市の統計資料から推定

## 2 モデルによる計算地下水位と実測地下水位

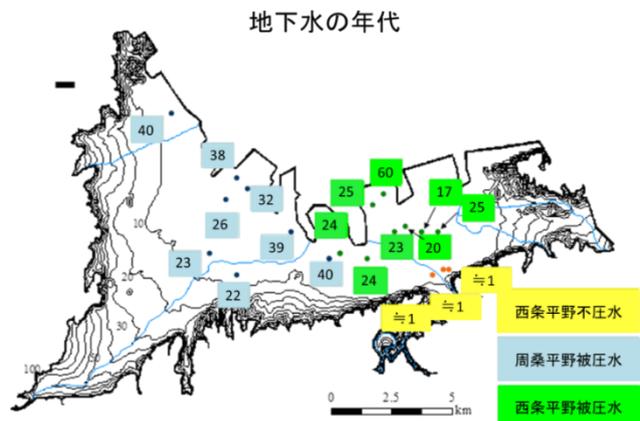
モデルパラメータを最適化した結果、下図のようにモデルによる計算地下水位と実測地下水位は良く一致し、今回提案した水収支モデルは、西条平野における水循環構造を表現していると判断される。したがって、このモデルを用いれば、現況の水収支構造の把握だけでなく、様々な気象条件に対する地下水の変化予測や、地下水位を安定して維持するためのポンプ揚水量や河川流量の推定が可能である。



### 資料6 地下水の年代

本市の地下水は水素酸素の同位体分析から、平均的には標高約500m程度で降った雨が涵養されていることが明らかになっている。山に降った雨が地面にしみ込み、長い年月を経て、平野部から最後は海へ流出している。

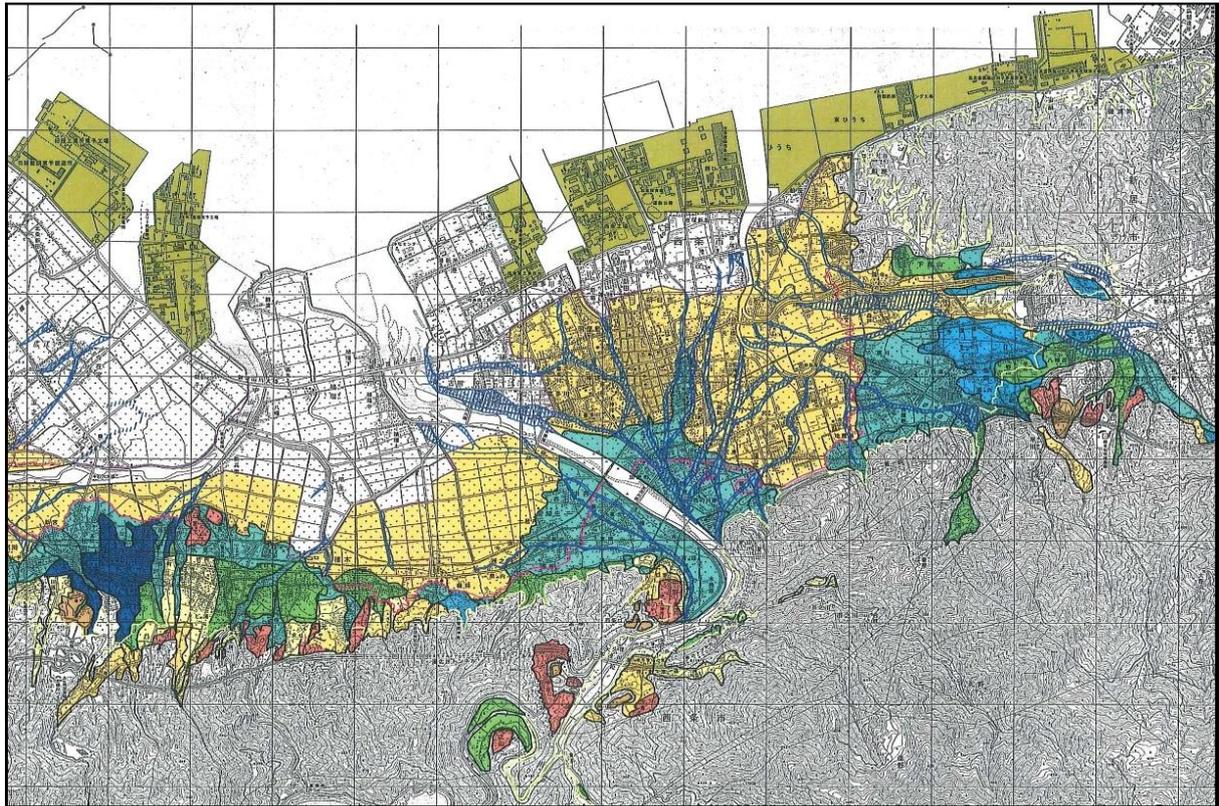
西条平野の地下水年代はトリチ



ウムやフロン化合物（CFCs）等により調査されたが、泉の起源である浅層地下水では1年未満、内陸側の帯水層の南側（岡村断層のすぐ北側）では数年、推定断層の近くでは20年程度、海側の帯水層では、25年程度と見積もられている。

周桑平野の地下水年代は、扇状地の末端で20年、沿岸部で30年から40年程度である。

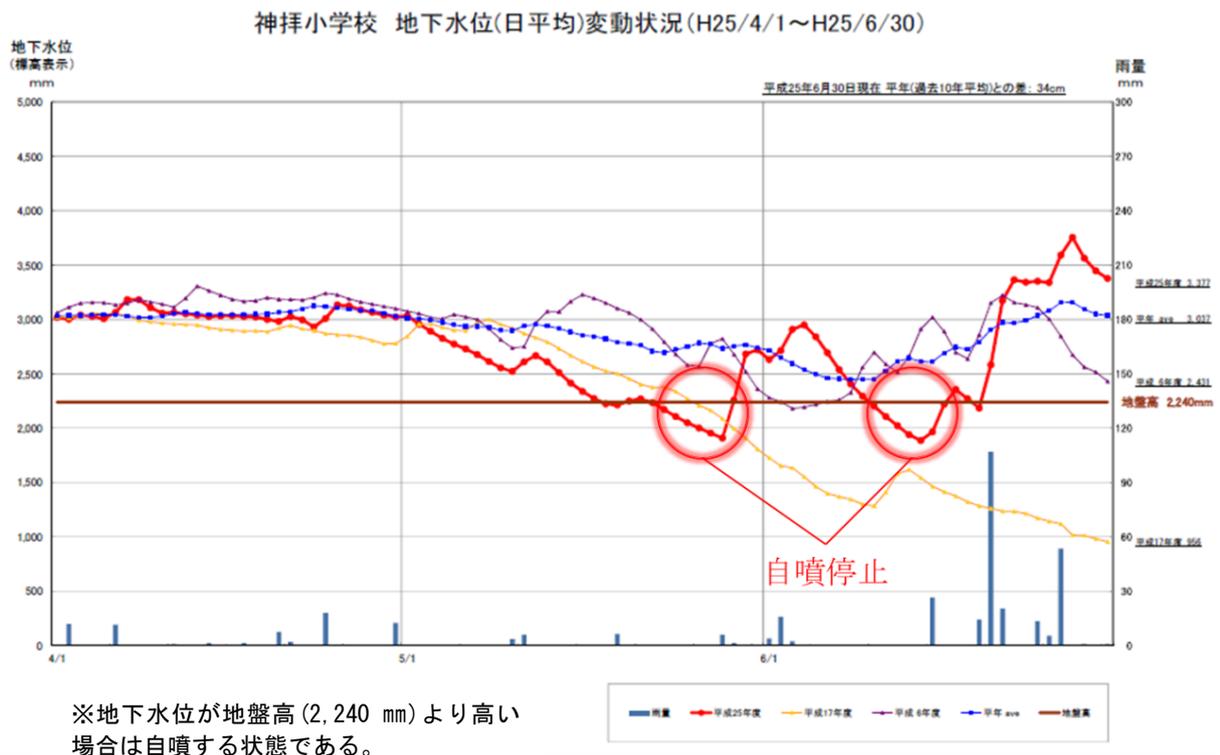
### 資料7 西条平野周辺の地形分類図



| 時代                       | 大区分   | 小区分    | 記号 | 特徴   |
|--------------------------|-------|--------|----|--|
| 新<br>社                   | 人工造成地 | 埋立地    | ■  | 工業用地としての埋立地または造成中  |
|                          |       | 干拓地    | □  | 年代未詳～近代に至るまで水田として干拓した土跡を示す。  |
|                          | 扇状地   | 新埋戻し状地 | ■  | 道前平野を構成する。西井川、室川、加茂川、中山川流域で認められる。0～5mの低地を構成する。                                   |
|                          |       | 旧埋戻し状地 | ■  | 極めて保存が良く、段丘面は平坦である。主に2～3段発達している。   |
| 1005年<br>更新<br>後期        | 低位段丘面 | LⅡ段丘面  | ■  | LⅡは平坦で保存が良く、扇状地性の段丘も認められる。   |
|                          |       | LⅠ段丘面  | ■  | LⅠは、木部域で最も発達しており、保存状態もよい。広い扇状地性の段丘もあり、扇状地性の場合は小起伏もみられる。                          |
|                          | 中位段丘面 | MⅡ段丘面  | ■  | MⅠ、MⅡは更新された扇状地性の残丘。部々の地形面は小さく、わずかな起伏あり。  |
| 125～<br>15万年<br>更新<br>中期 | 高位段丘面 | MⅠ段丘面  | ■  | MⅡは概ねEL. 40m(下末言最大高潮)付近に分布している。  |
|                          |       | HⅠ段丘面  | ■  | 山麓部の小河川沿いの段丘。<br>*草原境界の扇状地性段丘、高根状を示す場合もある。<br>*勾配は大きい。<br>*開析が進み、分布は断片的で段丘面は小さい。 |

- 田河道
- 干拓地ライン
- EL. 5.0mライン(干拓ラインとほぼ一致)
- EL. 40mライン(下末言最大のラインとほぼ一致)

## 資料8 神拝小学校の地下水位の変動



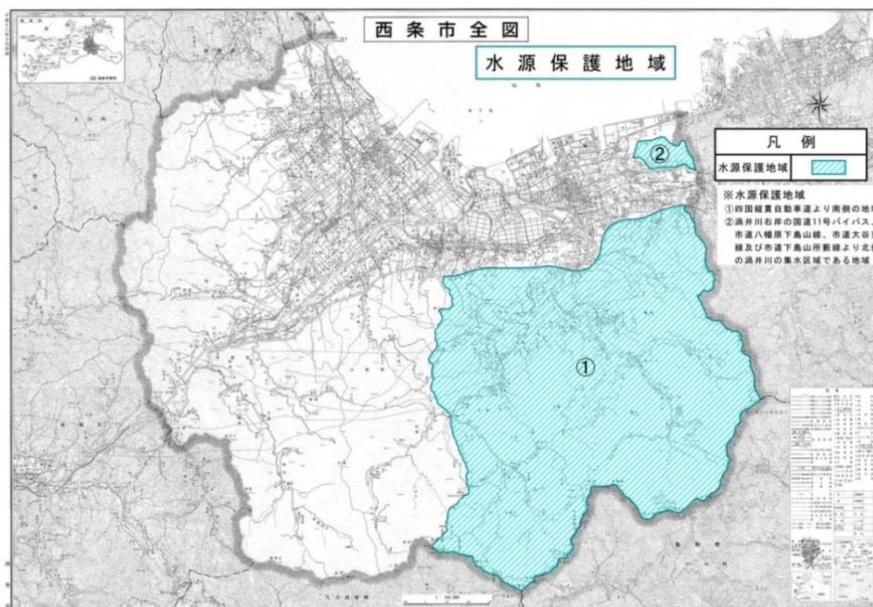
## 資料9 水道事業

水源を地下水に大きく依存している本市の水道事業においては、水道管等の施設の老朽化などにより、有収率（事業者が供給した水が、漏水せずに料金収入となる市民等の利用に至った割合）が80%程度（平成27年度末現在）と低い状況であり、有収率の向上が課題となっている。

### 【有収率の状況】

|           | 上水道  | 簡易水道 | 計    |
|-----------|------|------|------|
| 国 (H25)   | 90.2 | 75.7 | 89.6 |
| 愛媛県 (H25) | 89.7 | 81.1 | 89.1 |
| 西条市       | 81.8 | 90.6 | 82.4 |

## 資料 1 0 「西条市地下水の保全に関する条例」における水源保護地域



### 資料 1 1 西条市地下水利用対策協議会

昭和 40 年代の高度経済成長期に全国各地で起こった地盤沈下の対策として、地下水の保全、適正な地下水利用の推進を図るため、通商産業省（現国土交通省）の指導のもと、昭和 48 年に、道前地域（現西条市）において、旧 2 市 2 町と地域内の地下水を利用する企業で構成する「道前地域地下水利用対策協議会（会長 西条市長）」を設置した。（現「西条市地下水利用対策協議会」、平成 28 年 4 月 1 日現在で市内 16 の企業が加入）

同協議会では、

- ・会員が一定規模以上の井戸を設置する場合には、本協議会の承認を得ること。
  - ・井戸の揚水量の限度等を規定した独自の取水基準を順守すること。
- などを定め、企業等において適正な地下水利用に努めている。

### 資料 1 2 生活排水処理の推進

公共下水道の拡大、合併処理浄化槽の普及に取り組み、生活排水による公共用水域等汚濁防止を進めることにより、地下水汚染の防止に努めている。

### 資料 1 3 情報発信等による啓発

本市のホームページに「水の歴史館」を立ち上げ、本市の地下水に関する様々な情報を発信するとともに、地下水の水量や水質の状況などをまとめた「西条市地下水年報」を毎年発行している。

また、地下水資源調査などで明らかになった地下水の現状等について市民説明を実施している。

#### 資料14 科学的な調査・解析

これまでに地下水に関する様々な調査を行うとともに、自然科学に関する各分野の有識者で構成する「道前平野地下水資源調査研究委員会」を設置して研究を進め、地下水の現状や問題等を明らかにしてきた。

##### ● 調査、研究テーマ

- ・ 水理地質構造の解析
- ・ 自噴機構の解明
- ・ 涵養域の特定と地下水流動解析
- ・ 地下水、主要河川水と雨水水質の経時的変化 等

##### ● 西条の地下水問題

西条平野、周桑平野とも、全体としては、年間を通じた地下水の量は十分にあり、健全に保たれているが

西条平野の地下水問題 → かんがい期の急激な地下水位低下と沿岸部で塩水化が進行する。

周桑平野の地下水問題 → 扇状地の一部で硝酸態窒素濃度が水質基準上限前後で高止まりしている。

特に、西条平野の地下水の問題については、調査、解析が進んでおり、同委員会からは、平成25年1月に西条市長に「西条平野の地下水利用にかかる適正な加茂川伏没量について」の答申があるなど、改善策が具体的に示されている。

##### 《 西条平野の地下水問題の解析結果 》

西条平野の地下水は、涵養量以上に利用すると水位の低下幅が大きくなり、沿岸部で地下水の塩水化が進行する。

こうした事態を招かないためには、地下水涵養が継続的に行われ、収支バランスが保たれることが重要であり、主な涵養源である加茂川の流量を維持して、涵養量（地下への浸透量）を確保する必要がある。

このため、道前平野地下水資源調査研究委員会において、必要となる「加茂川からの浸透量」、その浸透量を確保するための「加茂川流量」を解析した。

⇒ 加茂川からの浸透量（同委員会から西条市長へ答申）

加茂川からの伏没量がかんがい期（5月～9月）に毎秒3.5 m<sup>3</sup>以上確保されれば、将来にわたり地下水の安定的な水位の維持と塩水化の防止が可能と判断される。

⇒ 浸透量を確保するための加茂川流量

「加茂川からの伏没量毎秒3.5 m<sup>3</sup>」は、「長瀬地点の加茂川流量」に換算すると毎秒5.0 m<sup>3</sup>に相当する。

## 資料 1 5 旧厚生省（昭和 60 年）「おいしい水研究会」による「おいしい水の要件」

| 項目                | おいしい水の要件      | 内容  |
|-------------------|---------------|---|
| 蒸発残留物             | 30～200mg/リットル | 主にミネラルの含有量を示します。多いと苦味等があり、適度に含まれるとまろやかな味がします。   |
| 硬度                | 10～100mg/リットル | カルシウムとマグネシウムの含有量を示します。硬度が低い水はくせがなく、高いと好き嫌いが出ます。 |
| 遊離炭酸              | 3～30mg/リットル   | 水の中に含まれる炭酸ガスのことで、清涼感を与えますが、多いと刺激が強くなります。        |
| 過マンガン酸<br>カリウム消費量 | 3mg/リットル以下    | 有機物量を示し、多いと渋みが増し、水の味が損なわれます。                    |
| 臭気度               | 3 以下          | 臭いがあると不快感を与えます。                                 |
| 残留塩素              | 0.4mg/リットル以下  | 濃度が高いと水にカルキ臭を与え、水の味をまずくします。                     |
| 水温                | 最高 20 度以下     | 適度に冷えていることでおいしく感じます。                            |

※なお、過マンガン酸カリウム消費量は、平成 16 年の水質基準改正により、T O C（Total Organic Carbon 総炭素量）に項目が変更になっている。

## 資料 1 6 地下水の水位・水質のモニタリング

本市では、地下水位や自噴量、水質について継続的に観測している。また、降水量や加茂川流量等のデータ収集を行い、地下水の調査、研究に活用している。

（市内の観測状況）

水位 37 地点の観測井戸

自噴量 5 地点の観測井戸

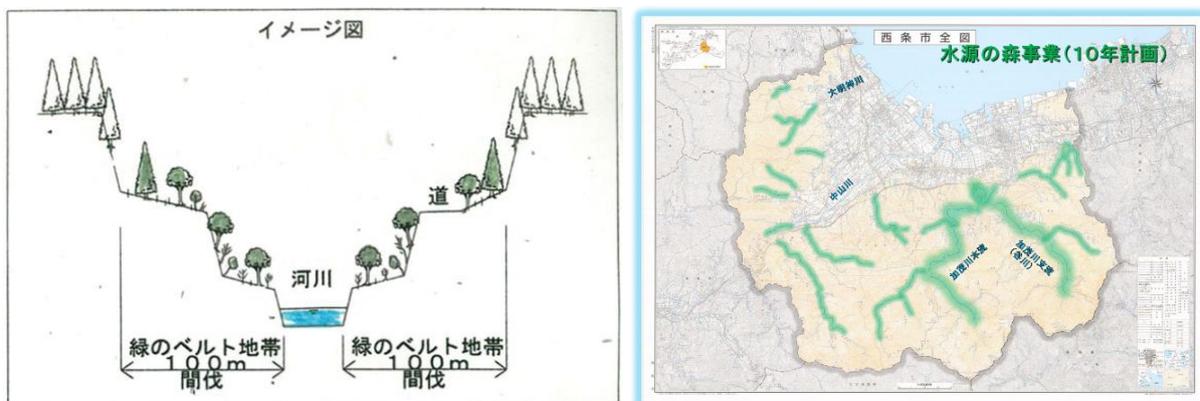
水質 91 地点の井戸や水道

## 資料 1 7 森林整備

水源涵養等の多面的機能を発揮する森林整備については、これまでも造林事業を始めとして、多くの事業に取り組んできた。特に、平成 26 年度から「水源の森整備事業（平成 26 年度～35 年度の 10 年計画）」を実施している。本事業は、市内山

間部における溪流沿いの放置林を河川の両岸から 100m程度間伐し、河川への土砂流出を防ぐとともに、森林の保水力の向上を図っている。

(水源の森整備事業)



森林の持つ機能と地下水の関係

### 1 貯水及び洪水緩和機能

健全な森林では、土壌がスポンジのような貯水効果を発揮し、雨水を地中に浸透させながら、ゆっくりと河川に流出させる。森林が適切に管理されなくなると、貯水効果は低下し、降った雨が一気に河川を流下して海へ流れてしまう。したがって、加茂川を主な涵養源としている西条平野の地下水においては、上流の森林が良く管理されなければ涵養力の低下につながる。

### 2 水質浄化機能

雨水が森林土壌に染み込み、河川に流出するまでに、リンや窒素などの富栄養化の原因となる物質等は、土壌中に保留されたり、植物に吸収される。一方、土壌中のミネラル成分などが溶け出し、適度にミネラルを含む中性に近い水が森林から流出する。水質面において、西条の「おいしい水」を保全するためにも森林整備は重要である。

### 3 土砂流出防止機能

森林の中に降る雨は、樹冠や下層植生により遮断され、また、降った雨の一部は地表に届かずに蒸発散することから、森林は雨滴が地表面を叩くことで発生する表層の土砂流出を防止する機能を持つ。この働きは、下流のダムや河川の堆砂を防ぐことにつながるが、加茂川の河床が堆砂物で目詰まりすると地下への浸透力が低下することを考えると、地下水涵養面においても重要な役割といえる。

### 4 土砂崩壊防止機能

森林における樹木の根系が発達していれば、地中深くまで土壌を固定する作用を持つ。そうした森林では、集中豪雨時でも土砂の崩壊が起こらず、崖崩れや土

石流の発生を防止する働きを持つ。人工林における適度な間伐は、保残木の肥大成長を促すとともに、根系の発達に寄与することから、災害に強い山づくりには欠かせない森林施業の1つである。ただし、強度の間伐は一時的に土砂流出を伴うこともあることから、功罪両面を踏まえた適正な森林整備が重要である。

### 資料18 県営黒瀬ダムの機能

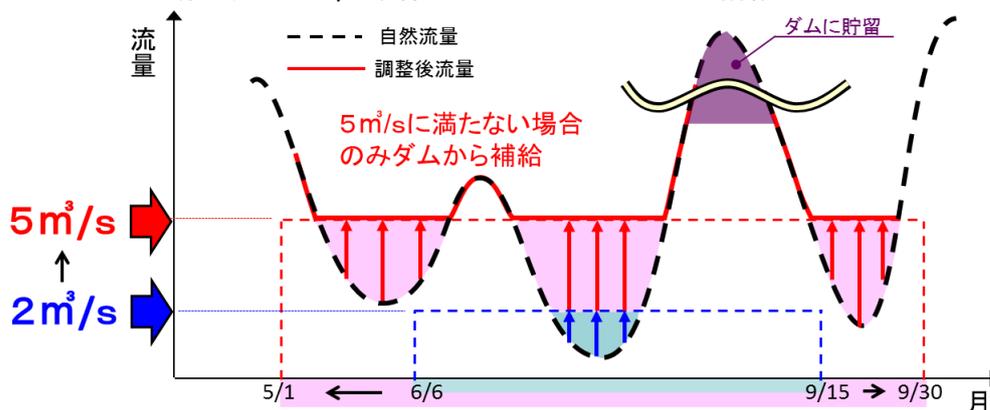
ダムに、豪雨時の雨を貯留することで下流の洪水被害を防ぎ（治水機能）、また、貯めた水を渇水時に放流することで下流の水利用の安定化（利水機能）を図っている。利水では、「工業用水」や「発電用水」、さらに、ダム建設前から加茂川の水を利用している下流の農業用水の確保と流水の機能維持のために、流量が少ないときにダムから補給する「不特定用水（ただし、当該補給は6月6日から9月15日までの102日間に毎秒2 m<sup>3</sup>の流量を確保するもの）」を確保している。

### 資料19 県営黒瀬ダムの使用していない水（県の検討結果）

工業用水（県公営企業管理局「西条地区工業用水道事業」）については、当初、計画給水量として日量229,000 m<sup>3</sup>を確保していた。しかし、社会経済情勢の変化等から、企業の工業用水の需要が伸びず、将来的にも飛躍的な需要は見込めないことから、西条地区工業用水道事業の経営改善を図る中で、計画給水量の日量を87,420 m<sup>3</sup>に縮小した。その差の水量については、県公営企業管理局が権利を所有したまま、使用目的がなくなっている。県は、西条市が必要とする加茂川流量（5月から9月の間に長瀬地点で毎秒5 m<sup>3</sup>）を確保できる水量がダムにはあるとの見解を示している。

### ■ 加茂川流量の確保策（県営黒瀬ダムの水利用）

かんがい期の流量5 m<sup>3</sup>/s確保のイメージ（ダムからの補給方法）



●現在のダム運用(不特定補給)  
下流農業用水の確保等のために6/6から9/15の間、2 m<sup>3</sup>/sを確保するよう補給



5/1から9/30の間、5 m<sup>3</sup>/sを確保するよう補給

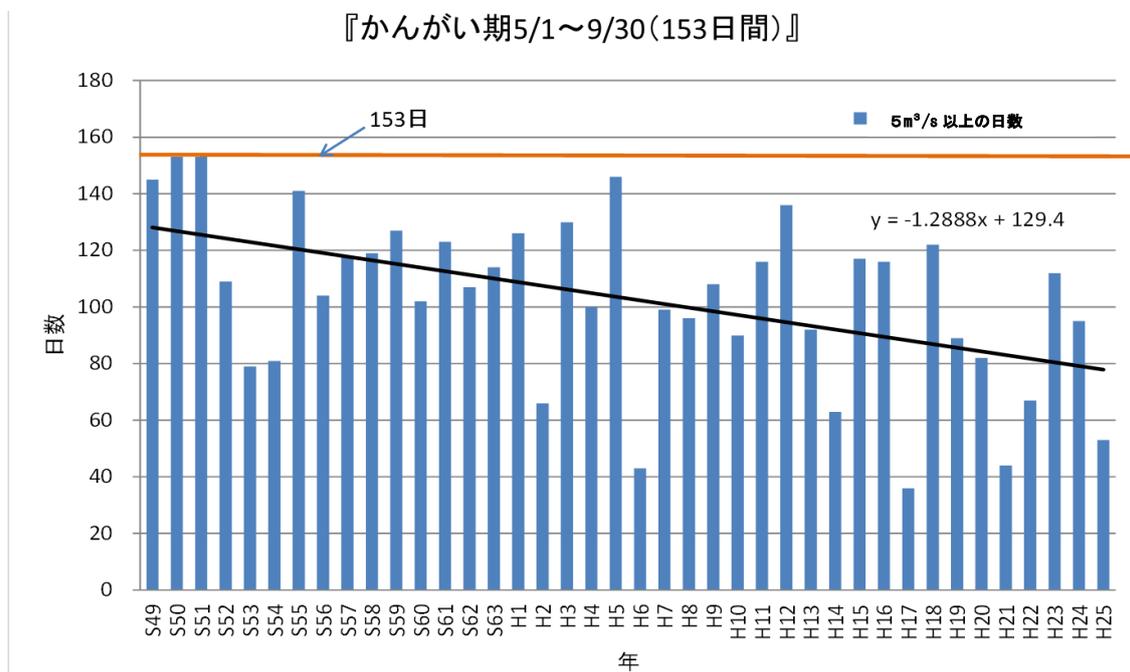
### 【加茂川流量を長瀬地点で毎秒5 m<sup>3</sup>確保した場合（5月から9月）の効果】

毎秒5 m<sup>3</sup>の流量が確保されれば、西条平野において、将来にわたり地下水の安定

的な水位の維持と塩水化の防止が可能になることに加えて、確保される流量及び期間が大幅に拡大することに伴い、結果として以下の効果が期待できる。

## 長瀬流量かんがい期に 5m<sup>3</sup>/s 以上の日数

『かんがい期5/1～9/30(153日間)』



### 1 「うちぬき」井戸の自噴が停止しない。

道前平野地下水資源調査研究委員会の調査・解析結果では、加茂川流量が毎秒 3 m<sup>3</sup>程度あれば、自噴が停止しない地下水位（自噴井戸の平均地盤高）を確保できることから、毎秒 5 m<sup>3</sup>の流量があれば、ほとんどの「うちぬき」井戸では自噴が停止しないと考えられる。

### 2 加茂川の瀬切れ（流れが途切れること）が大幅になくなる。

加茂川では、表流水が地下に浸透し、河口まで到達しない「瀬切れ」が起きるが、過去の流況データから考察すると、毎秒 5 m<sup>3</sup>の流量が確保されれば、瀬切れすることはほぼなくなり、希少生物であるカジカの保護や鮎などの水産資源の保全など、自然環境面での効果が期待できる。

### 3 農業用水など加茂川の水利使用にあたって取水が安定化する。

加茂川の下流では、土地改良区が農業用水として表流水を取水するとともに、企業が伏流水を取水しており、毎秒 5 m<sup>3</sup>の流量が確保されれば、こうした水利使用の際に、取水がし易くなり、安定化することが期待できる。