

<研究ノート>長崎県島嶼における水環境の特性と形成要因：対馬・壱岐・平戸を中心に

小寺, 浩二 / YAMAKI, Go / KODERA, Koji / 矢巻, 剛

(出版者 / Publisher)

法政大学地理学会

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

JOURNAL of THE GEOGRAPHICAL SOCIETY OF HOSEI UNIVERSITY / 法政地理

(巻 / Volume)

51

(開始ページ / Start Page)

45

(終了ページ / End Page)

56

(発行年 / Year)

2019-03-20

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00021657>

長崎県島嶼における水環境の特性と形成要因

— 対馬・壱岐・平戸を中心に —

矢巻 剛・小寺浩二

長崎県の対馬・壱岐・平戸を中心に、河川の水質や降水などの水環境を比較・考察し、特性やその形成要因の違いを明らかにした。対馬は下島において風送塩の影響が大きい、上島は比較的地質などの影響が強く、電気伝導度が他の3倍以上ある河川も見られた。壱岐では地質や土地利用、地下水を利用した農業用水の影響が強く、深層地下水の寄与が強い地域もあった。平戸島は地質の影響が強く出ている河川が多く、周辺の生月島や的山大島では風送塩の影響があった。長崎県島嶼では、主に地形・地質的要因、風送塩の影響、農業用水の利用といった要因が、河川や溜池、地下水の水質に影響を与えていると考えられる。

Based on comparison and consideration of water environment such as river water quality and precipitation, mainly on Tsushima, Iki and Hirado islands in Nagasaki prefecture, we clarified the difference in characteristics and their forming factors. Tsushima island is influenced by wind salt transfer in Shimojima, island but Kamijima island is relatively influenced by geology etc, and rivers with electric conductivity more than three times more than others are also seen. In Iki islands, the influence of geology, land use, agricultural water using groundwater was strong, and there were some areas where the contribution of deep groundwater was strong. On Hirado Islands there were many rivers with strong influence of geology, and in the surrounding Ikitsuki island and Azuchi Oshima island is affected by wind blowing salt. In Nagasaki prefecture islands, factors such as topographical and geological factors, the influence of wind salt transfer, and the use of agricultural water are considered to have an influence on the water quality of rivers and groundwater.

キーワード：対馬、壱岐、平戸、水質、地質、降水

Keywords : Tsushima Islands, Iki Islands, Hirado Islands, Water Quality, Geology, Precipitation

I はじめに

日本には数多くの島嶼が存在し、独立した環境のためそれぞれ独特の生態系や文化を形成している。水資源の少ないと考えられている島嶼では、水文学や陸水学において、島嶼における水環境の調査・研究が全国各地で行われてきた。

新藤（1992）は伊豆諸島における地下水利用を中心とした水環境の把握、長沼（1990, 1992）は南西諸島における水質および水利用に関する研究、濱田（2001）では御蔵島の水質に関する研究が行われてきた。近年の濱・小寺（2014）の研究は、伊豆諸島における水質と火山形成の最終年代との

関係関係が示されている。水循環の特異性は島嶼によって異なり、生態系をはじめとする島嶼環境全体の制限要因としてのウエイトも高い（濱田：2001）。島嶼の水環境を変化させる要因は、風によって運ばれた海塩、降水、島の地理的位置、島の形状や標高差、地質、土地利用など様々である。（新藤：1992、林ほか：2003、海老瀬：2013など）。

しかし、調査・研究されている島々には地理的な偏りがある。壱岐・対馬・五島列島・平戸諸島といった日本海側の島嶼における研究は少なく、特に水文に関する研究は、小寺ほか（2014, 2017）があるものの、水環境が十分に明らかになっているとは言えない。また、先行研究は各島内における水環境の把握にとどまっており、広域

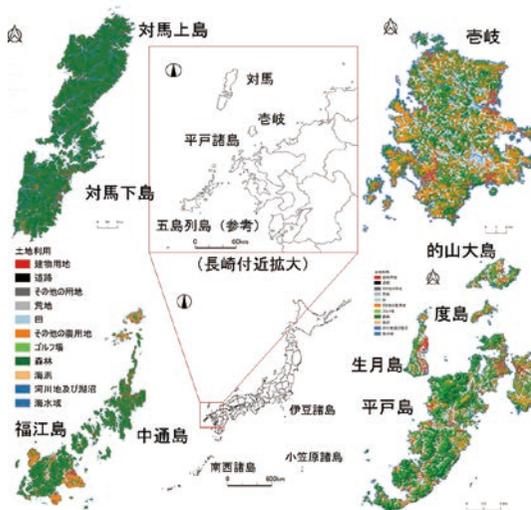
的な比較が十分ではない。そこで、本稿では、長崎県の島嶼である対馬・壱岐・平戸諸島を中心にデータ収集および現地調査を行い、各島嶼の水質特性とその形成要因を明らかにした上で、水質を中心とした水文環境の比較を行った。

II 地域概要

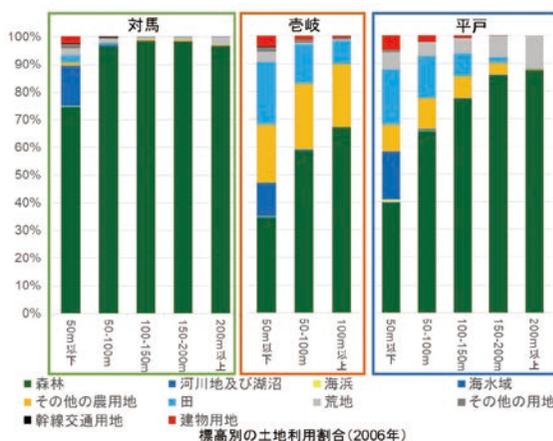
1. 長崎県島嶼の地域概要（第1図）

長崎県内には971の島があり、そのうち有人島

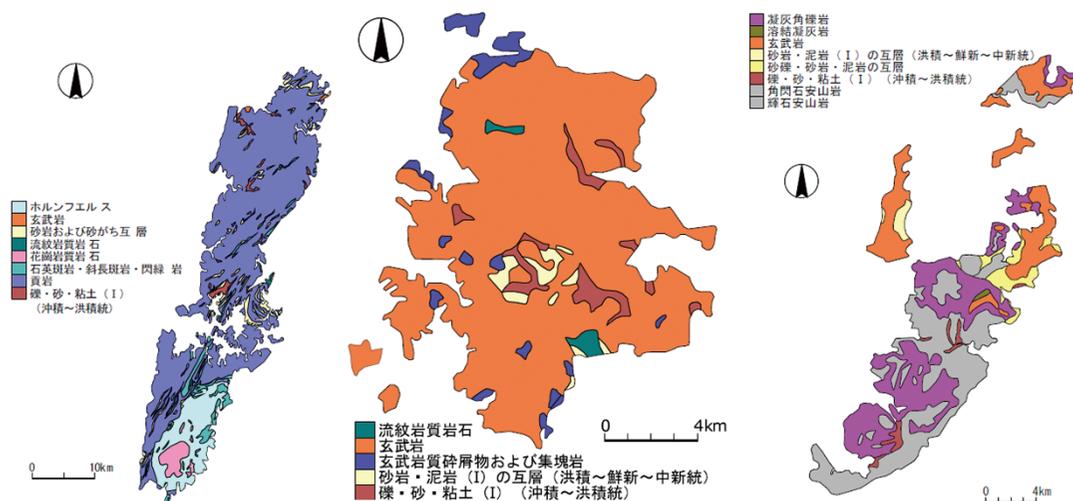
は72である。主要な島嶼として、五島列島、対馬、壱岐、平戸諸島がある。土地利用は多様であり、対馬は土地利用の90%ほどが森林で、田畑や建物用地は川や海に沿って点在しているのみであるが、壱岐は約40%が田畑で占められ、比較的高い標高にも分布しているのが特徴である（第2図）。平戸島は約50%が森林であるが、約30%は田畑が分布している。地質は、対馬では堆積岩質が分布しており、壱岐・平戸諸島・五島列島では玄武岩・安山岩質が分布している（第3図）。



第1図 対象地域の位置と土地利用



第2図 標高別の土地利用割合（国土数値情報より）



第3図 対象地域の表層地質（環境省より）

2. 対馬

長崎県対馬は九州北部の玄界灘に位置する約 708 km² (属島含む)、人口約 30,000 人の島である。九州からは直線距離で約 132 km 離れており、韓国からは直線距離で 49.5 km と近く、「国境の島」と呼ばれる。島の東西を対馬海流が流れる。

古くは宗氏が支配し、江戸時代は朝鮮との通商拠点となった。近代では「国境の島」の性格から軍事施設が多く設置された。戦後は 1960 年代から人口が激減し、現在は 1960 年代の半分以下となっている。近年では、韓国釜山からのフェリーが就航し、韓国人には安価で提供されていることもあり、多くの観光客が訪れるようになっていく。

島は南北 82 km、東西 18 km と縦長で、明治時代に掘削された万関瀬戸によって上島と下島に分断されている。標高 649 m の矢立山をはじめとして、壱岐島・平戸諸島と比較して標高が高く急峻な地形である。島の中央にはリアス海岸の浅茅湾が広がり、海岸線の総延長は 915 km に及ぶ。年間降水量は上島と下島で差があり、下島(厳原)で年間約 2,200 mm、上島(鰐浦)で約 1,500 mm である。

3. 壱岐

福岡・博多港の北約 70 km の玄海灘に位置し、面積 136.99 km²、人口約 26,000 人の島である。縄文時代から集落があり、「魏志倭人伝」にも記述がある。江戸時代は平戸藩の一部であり、その流れで廃藩置県により長崎県の一部となった。古くから農業集落には「触(ふれ)」、漁業集落には「浦」が語尾につけられ、今でも地名として残っている。

最高地点は南部にある岳の辻(標高 213 m)であり、起伏に富んだ地形をしているものの、比較的傾斜が緩いため、島の各地に溜池やダムが多く存在している。年降水量は 1,860.3 mm (平年値) であるが、2017 年 6 月から 8 月にかけて、平年より非常に多い降雨があり、特に 2017 年 7 月 6 日には芦辺観測所において観測史上最大となる日

降水量 362.5 mm を観測し、各地で土砂災害が発生した。

4. 平戸諸島

平戸島は、長崎県の西部、長崎市から約 80 km に位置する面積 163 km²、人口約 20,000 人の島である。九州本土とは平戸瀬戸を介して平戸大橋が架けられている。平戸島の最高地点は安満岳(標高 535 m)であり、山がちな地形で棚田が各地にみられる。年間降水量は 2,109 mm (平年値) である。

平戸島の北西には面積約 16 km²、人口約 6,500 人の生月島^{いきつきしま}、北東には面積 3.49 km²、人口約 800 人の度島^{たくしま}、面積 15.19 km²、人口約 1,000 人のあづらおおしま^{あづらおおしま}がある。どの島嶼も恒常河川は乏しく、大小多くの溜池が存在するのが特徴である。

Ⅲ 研究方法

はじめに、伊豆諸島、小笠原諸島、五島列島、壱岐、対馬で行われた先行研究の再整理および考察を行った。また、対象地域内の公共用水域水質データや下水道普及率などの水環境データを整理し、水環境の推移をについて考察を行った。さらに、法政大学水文地理学研究室で行われた五島列島における河川・雨水水質の調査について、手法や結果の検討・考察を行った。

再整理した水環境データをもとに、現地調査を行った。調査回数は壱岐では 2015 年から 8 回、対馬では 2016 年から 8 回、平戸では 2017 年から 7 回である(第 1 表)。現地においては、水温、気温、電気伝導度(EC)、比色法による pH および RpH、化学的酸素要求量(COD、2017 年・2018 年 5 月のみ)を計測した。雨水は、法政大学水文地理学研究室が開発した HHG-SR01 型雨水採取器(φ9 cm)を、壱岐 3 か所、対馬 4 か所、平戸 3 か所設置し(第 12 図)、月 1 回、地域の方々の協力を得て採取した。

採水して持ち帰った試料を用いて、島津製作所製 TOC-V による全有機炭素(TOC)の測定と無機炭素(IC)から HCO₃⁻の換算を行い、同社

第1表 各調査日と地点数

	対馬		壱岐		平戸	
	調査日	地点数	調査日	地点数	調査日	地点数
第1回	2016/4/9-10	26	2015/3/13-14	25	2017/3/11	27
第2回	2016/9/4-6	47	2015/9/1-3	38	2017/5/24-25	27
第3回	2016/12/9-11	34	2016/9/6-7	46	2017/9/8-10	60
第4回	2017/3/9-10	50	2016/12/12-13	59	2017/12/11-12	60
第5回	2017/5/22-23	54	2017/5/23-24	54	2018/3-29-30	60
第6回	2017/9/4-6	67	2017/9/7	62	2018/5/27-28	61
第7回	2017/12/8-9	62	2017/12/11-12	63	2018/9/20-23	72
第8回	2018/5/24-25	75	2018/5/25-26	62		

製のイオンクロマトグラフを用いて主要溶存成分 ($\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-} \cdot \text{NO}_3^-$) を分析し、結果を水質組成表示ソフト (大森プロジェクト) にて作図した。行政界・河川・土地利用データは国土数値情報のデータを、表層地質のデータは国土交通省提供の20万分の1土地分類基本調査のデータを用いて、GISソフト (MANDARA・QGIS) にて作成し、水質と地質や土地利用との関係性を考察した。

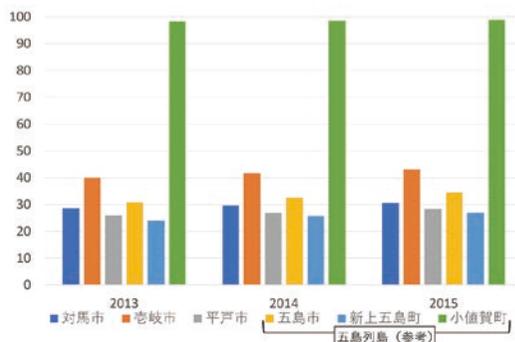
IV 結果・考察

1. 既存資料・研究の再整理

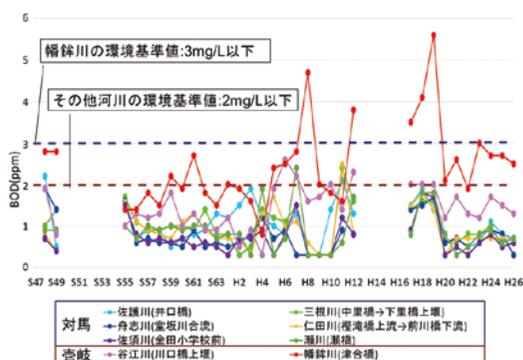
公共用水域の水質データを検討した結果、いずれの島嶼でも2008 (H20) 年以降に水質が大きく改善しており、主に浄化槽の普及率の上昇が影響していると考えられる (第4図, 第5図)。しかし、公共用水域の河川水質観測地点は対馬に6地点あるが、壱岐は2地点にとどまり、平戸には1地点もない。

水質組成は、伊豆諸島においては主にNa-Cl型を示し、三宅島では火山の影響が見られる地点もあり、小笠原諸島でも主にNa-Cl型を示した (濱ほか:2014)。五島列島も全体的にはNa-Cl型を示し、海塩の影響が強い。ただし、玄武岩質の福江島及び宇久島の河川や地下水ではCa-HCO₃型も見られた (池上ほか:2016)。水質組成を比較した結果、海洋島ということもありNa-Cl型を示す島・地点もあれば、そうではない地点もあった。降水との関係性は伊豆諸島では大きいものと考えられ、これは降水量の違いが影響していると考えられる。

降水の陸水への影響は、ほぼ直接的に陸水にな



第4図 汚水処理人口普及率 (長崎県資料より)



第5図 公共用水域水質観測点におけるBOD値の推移 (環境省より)

るタイプと土壌や岩石と接触したのち陸水となるタイプがあるが、多くの水質形成は後者であり、より慎重な考察が今後の課題である (海老瀬:2001)。

水質の形成要因については、海塩と地質が成因のほとんどを占めており、人為的な影響はほとんど見られない。

2. 現地調査結果

1) 電気伝導度 (EC, 第6図)

壱岐が最も高く、変動も大きい一方、対馬では低く変動も少ない地点が多く、平戸も対馬と同様の傾向であるが200 μS/cm以上の地点も見られた。

対馬では、北部の新江尻団地橋で高い値となったが、水が殆どない中たまり水を採用したためと考えられる。北部の浦浜橋は変動が200 μS/cm

と激しく、感潮域であると考えられ、2017年5月からは上流の下黒杉橋で調査を行った。宮ノ後橋は10,090 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2017年5月) が計測され、感潮域であると考えられる。調査期間中の変動は、浦浜橋・新江尻団地橋を除いて夏場にかけて上昇する傾向がある。

壱岐では、島南東部の石田周辺や南部の高校橋などで400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を超える高い値を観測し、高校橋は最大値559 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2017年9月) を示した上、過去の調査から上昇傾向あるなど、他の地点とは異なった傾向を示していた。貯水池やダムでは値が低いところが多く、大清水溜池では97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2017年9月) を観測したものの、筒城浜池では高い値で推移している。変動を見ると、2016年12月にEC・pHともに低下する傾向が見られた。

平戸の比較的海に近い地点で200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以上の高ECの傾向があり、溜池およびその直下の地点では比較的低ECであった。平戸温泉は2,135 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と高い値であり、井戸水は表層で200~300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、底層で350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を示した。

2) pH・RpH (第7図)

pHは壱岐や平戸諸島の溜池で高く、特に夏季の調査でpH 8.0以上の高い値を示す地点が多く、季節変動も1.0前後と激しい。河川・地下水は対馬下島でやや低いものの、どの島でもpH 7.0~7.5、RpH 7.6~8.0を示し、変動も溜池に比べて少ない。

対馬下島の板置峠湧水は、2016年12月の調査では枯れていたが、採取できた調査では比較的低pHを示した。調査期間中の変動は、上島では上昇傾向、下島では低下傾向が見られるが、pHに関しては夏場には上昇、冬場に低下し、その変化は激しい地点もある。こちらも生物活動の影響が大きいと考えられる。RpHは多くの地点が8.0前後で推移している。壱岐の貯水池におけるpHは特に顕著であり、これらの地点の多くでは、RpHが下がることから、炭酸同化作用が働いているものと考えられる。しかし、本宮仲触溜池や男女岳ダムではpHが低くRpHが上昇する貯水池・ダ

ム湖の多くとは逆の傾向であり、湧水といった地下水の流入が考えられる。平戸は平戸温泉で9.2の高pHを示したことを除くと、河川水は7.0前後の地点が多かった。溜池ではpHが高く、RpHが低下する傾向にあるのは壱岐と同様である。

3) 全有機炭素 (TOC, 第8図)

壱岐では平均2 mg/L以上の高い値の地点が多く、特に溜池では変動も大きい傾向にあり、対馬や平戸でも同様の傾向を示したことがECやpHと異なる点である。変動は、市街地の地点や流量が少ない河川の地点でも大きかった。

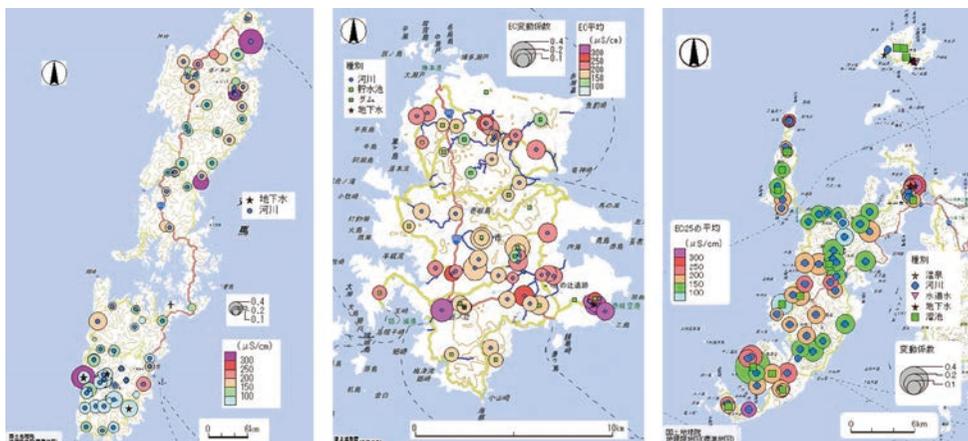
対馬においては上島では2 mg/L以上の高い値の地点が集落から離れた地点でもあり、生物活動の影響が考えられる。下島では、市街地と最上流部を除いて上島と比べると低い。新江尻団地橋が飛びぬけて高くなっているが、比田勝の市街地にあり、たまり水を採取した地点であった。壱岐では、2016年12月には旗鉾川流域の地点で全体的に高い値を示すなど、北東部の御手洗川流域の地点では各調査を通して高TOCで推移していた。

平戸では、特に生月島で高い値を示し、平戸島では北部の市街地の河川と南部の早川や古田川の地点で高い。EC170 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度まではECとともにTOCも上昇するが、それ以上になると低TOCとなり、特に鹿島橋では極端な低TOCが検出されたが、原因は不明である。平戸温泉は高EC・TOCであった。

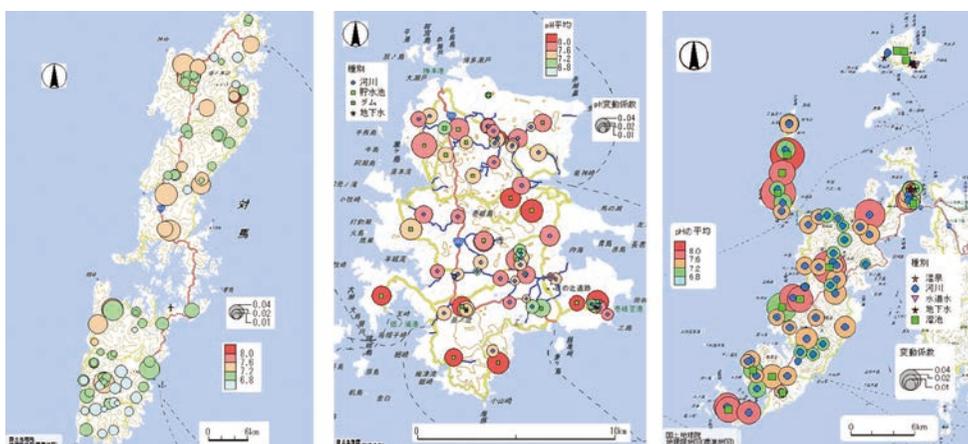
4) 化学的酸素要求量 (COD)

2017年と2018年の5月の調査では、身近な水環境の全国一斉調査に合わせて、CODの測定を行った結果、各島嶼で濃度に差が見られた。

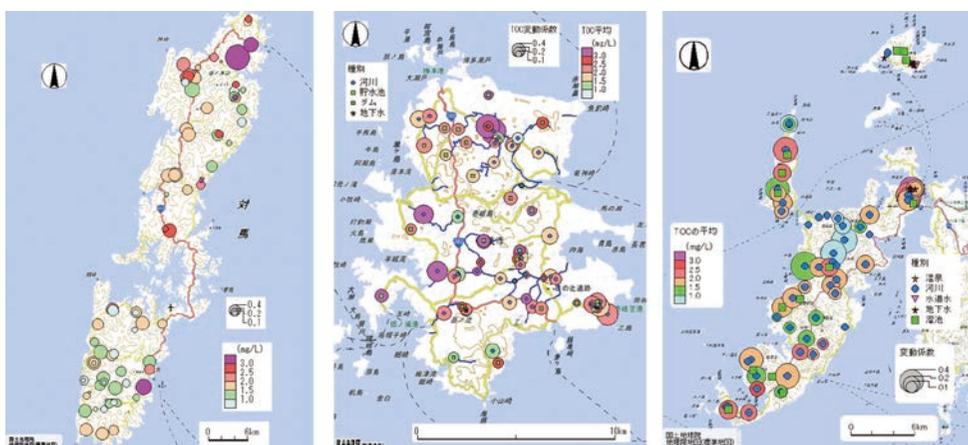
対馬では大半の地点が3 mg/L以下となった一方、10地点ほど6-8 mg/L以上の地点が見られた。これらの地点は、建物が集落の近くにある。壱岐では、4-7 mg/Lの地点が多く、対馬や平戸と比べて高い傾向を示した。石田上川右沢では16 mg/Lと極めて高い値であった。平戸は多くは3 mg/L以下を示し、対馬と同様良好な水質の地点が多い。神ノ池を除く溜池で河川と比べて高



第6図 ECの空間分布（各島嶼における調査期間の平均値および変動係数）



第7図 pHの空間分布（各島嶼における調査期間の平均値および変動係数）



第8図 TOCの空間分布（各島嶼における調査期間の平均値および変動係数）

（左から対馬（全8回）、奄岐（全8回）、平戸諸島（全7回）、地理院地図を用いて作成）

い傾向となり、滞留時間が長く生物活動が活発であることが考えられる。なお、TOC との相関はあまり見られなかった。

5) 水質組成 (第9～11 図)

水質組成は、対馬と壱岐・平戸で大きく異なり、同じ島の中でも地域によって差異があった。

対馬は、上島と下島で水質組成が異なり、特に下島では Na^+ と Cl^- の割合が高く、風送塩の影響が顕著にみられた。急峻な地形のため河川水が滞留しにくく、地質などの影響を受けにくいと考えられる。上島の多くは中間型を示しているが、 HCO_3^- が多い傾向である。温泉水は Na-HCO_3 型を示した。

壱岐では、多くの地点が Ca-HCO_3 型を示し、水質も玄武岩質の地質による寄与が大きいと考えられる。対馬と比べるとなだらかな地形をしているため、河川水の滞留時間が長くなるためと考えられる。南東部の石田の河川水では地下水の影響を受けていて、上流域も含め比較的水田の割合が高く、脱窒作用が起りやすいためであると考えられる。

平戸では、生月島・的山大島や平戸島北部を中心に Na^+ と Cl^- の割合が大きい。南部の向月橋、新中山橋、鹿島橋では HCO_3^- や Ca^{2+} 濃度が高く、安山岩質の影響と考えられる。平戸温泉では総イオン濃度が高く、 Na^+ と HCO_3^- の割合が大きい水質組成であり、 Na^+ は調査期間中の変動が大きい。

3. 雨水採取および分析結果

1) 観測結果

いずれの地点 (第12 図) も3月にECが高くなる傾向があり、最高値は壱岐・芦辺で $153 \mu\text{S}/\text{cm}$ 、島原で $62 \mu\text{S}/\text{cm}$ であった (2017 年)。厳原・対馬市役所では2016 年8～10 月かけても約 $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ 前後の高い値を示した。pH は4.0～6.0 前後の値を示しており、特に壱岐・芦辺と島原で変動が大きく、2～3 月と10 月にpH が低下する傾向があった。降水量は6 月から9 月にかけて多く、12～3 月は少ない平年値と同じ傾向を示し、

アメダスの降水量とも良好な関係を示した。2017 年は壱岐で記録的豪雨があった影響で、採取器から溢れることがあり、降水量が非常に多かったことがうかがえる。

2) 水質分析結果 (第13・14 図)

日本海に面する対象地域は、大陸からの黄砂や大気汚染物質が含まれている可能性も考えられるが、水質には大きく現れてはいなかった。壱岐・福江島・島原の降水は海塩の影響が大きく、特に海岸に近い (第12 図)、壱岐 (芦辺庁舎) では強く現れている。水質組成は年間を通して一貫せず、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 、 Cl^- の変動が大きい。

対馬・厳原 (対馬市役所) の2016 年6.7 月の降水には大量の NH_4 が含まれていた。濃度、水質組成ともにこの2カ月の降水のみに現れた特徴的な水質組成である。そのほかの月においては Cl^- と Na^+ の割合が大きい。佐護では2017 年3 月・7 月・8 月にかけて NO_3^- 濃度が大きくなったが、同じ上島の上対馬においては7 月・8 月に NO_3^- 濃度の増加は見られなかった。

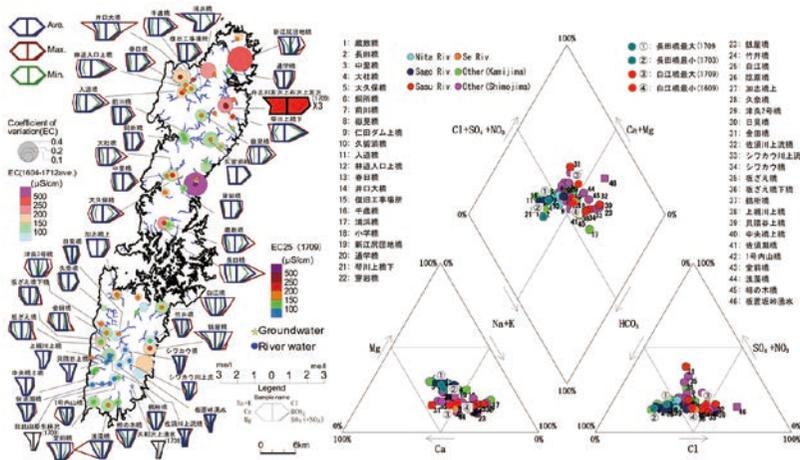
特に壱岐 (芦辺庁舎) は総イオン濃度が高い。主要溶存成分においては NO_3^- の変動が3 月と10 月に大きく、五島列島・島原においても壱岐と同様の傾向が見られたが壱岐と比べて濃度は小さい。

4. 考 察

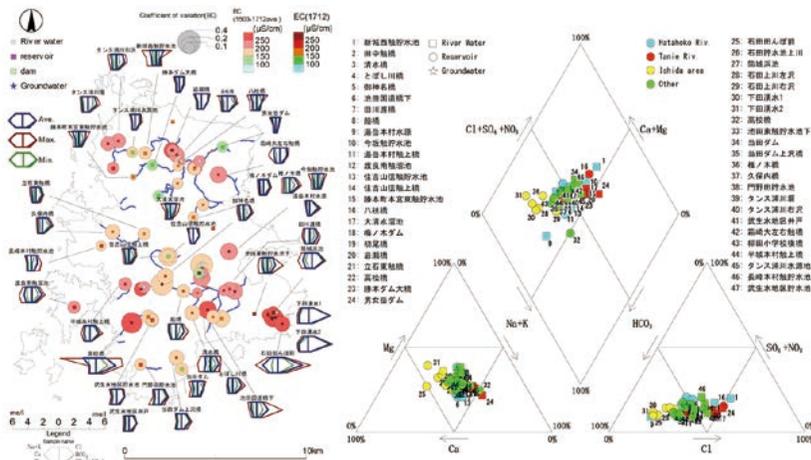
1) 現地観測結果

調査期間中の変動を見ると、pH は夏場にかけて上昇し、冬に低下する傾向を示していた。特に貯水池でその傾向が強い。TOC も高いことから生物活動が活発であり、夏場は RpH が下がることから、炭酸同化作用が働いているものと考えられる。2016 年・2017 年ともに12 月にpH が低下する傾向が見られ、5～9 月の傾向と比較すると生物活動による上昇が落ち着いたと言える。2017 年も5 月には多くの地点で上昇に転じた。

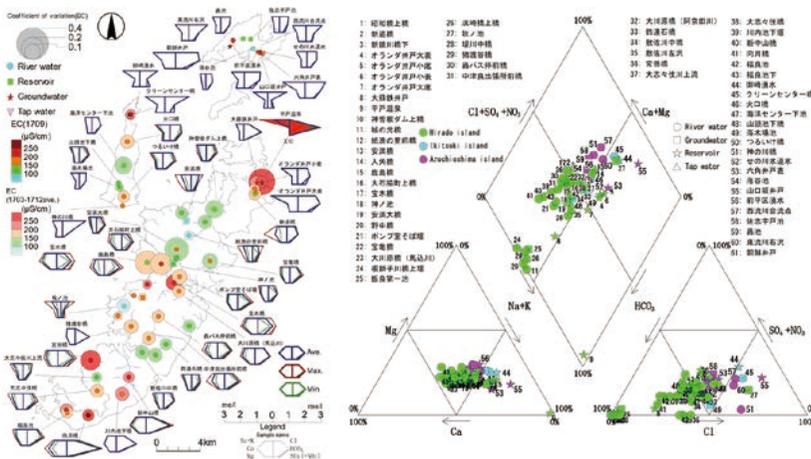
壱岐においては、郷ノ浦など一部地点ではECが高い。人口密度が高くなっているため、生活排水などが流れ込んでいる可能性が考えられる。石



第9図 水質組成 (対馬)



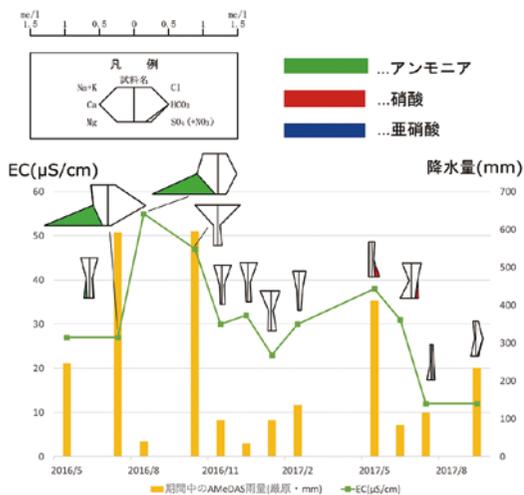
第10図 水質組成 (壹岐)



第11図 水質組成 (平戸諸島)

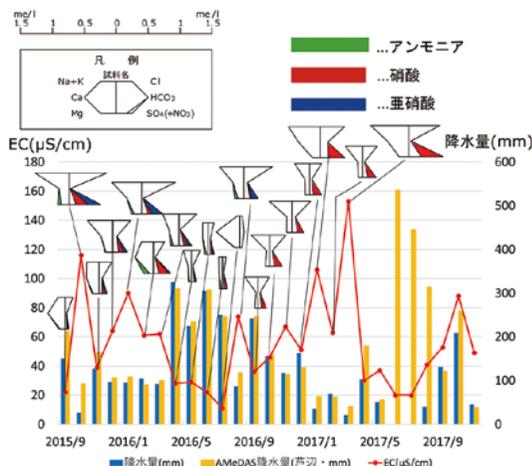


第 12 図 雨水採取地点



第 13 図 降水量と水質組成 (対馬市役所)

田地区は河川水・溜池・地下水ともに EC が高く HCO_3^- が高い水質組成を示しているため、風送塩の影響ではなく、地下水を利用した農業用水による影響が大きいと考えられる。2017 年 9 月の調査では EC が大きく低下した地点が多く見られ、河川水における pH の変動が小さいことから、直前降雨などの短期的な影響ではなく、6 月から続いた大雨で滞留時間が短い水が流出していると考えられる。



第 14 図 降水量と水質組成 (壱岐芦辺庁舎)

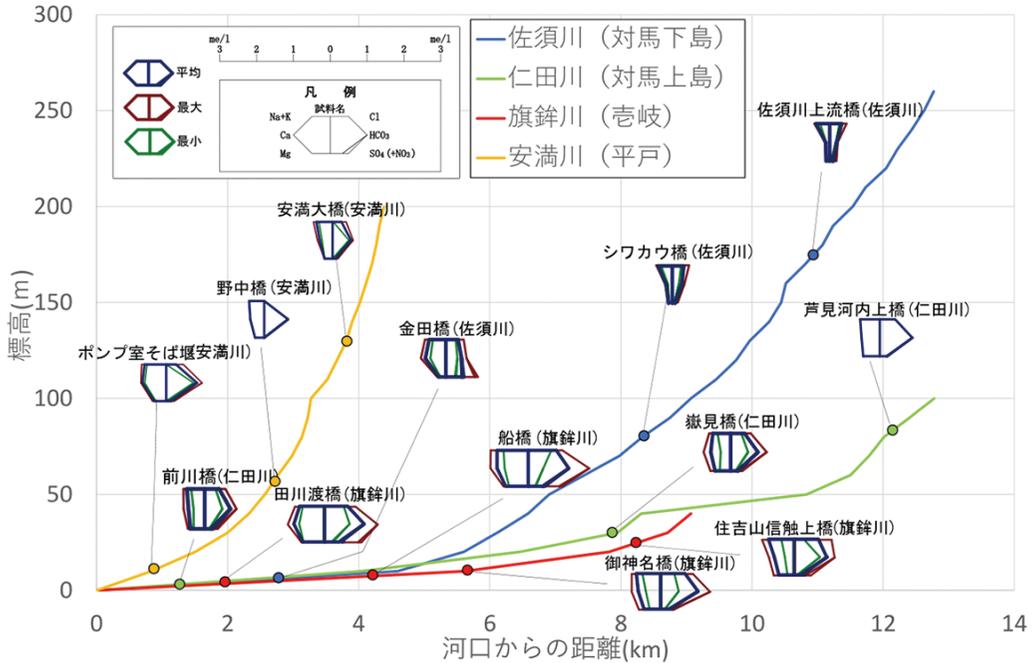
対馬の COD が高い値を示した地点では、建物が多い集落やその周辺にあり、人為的影響が大きい。壱岐においても田畑が多く、人為的土地利用が進んでいることが COD に影響していると言える。平戸においては神ノ池を除く溜池で河川と比べて高い傾向があり、滞留時間が長く生物活動が活発であると考えられる。

2) 水質分析結果

いずれの島嶼においても、特に農業が盛んであり、検出されるはずの壱岐においてほとんど検出されなかったことは特異的である。また、TOC が高い地点では地質・土壌由来と考えられる HCO_3^- の供給が大きいことも特徴である。

NO_3^- 濃度については五島列島では高く（池上ほか：2016）、五島列島の農業地帯は野菜の栽培や畜産が中心であり、 NO_3^- が蓄積されやすい状況なのに対して、壱岐では水田が多く分布し、脱窒作用が起りやすいことが原因であると考えられる。

対馬では高 TOC の地点はたまり水の地点または市街地の地点であり、ゴミの投棄などの人為的影響が考えられる地点に限られた。溶存成分濃度も大きい。上島の舟志川左沢において高 EC が観測され対馬市職員への聞き取り調査から、舟志川上流部において海からの廃棄物を埋め立てている



第 15 図 河床勾配と水質組成

ことが明らかとなった。Cl⁻およびNa⁺濃度が高く、他の主要溶存成分濃度の高さからも、廃棄物と接触した水が、舟志川左沢上右沢上左沢に流れ出ていると考えられる。

温泉は、多くが高EC・溶存成分となる中、対馬の真珠の湯はEC210 μS/cm (2016年12月)で中性の水質を示した。平戸温泉は平戸島の河川や井戸にはないアルカリ性の水質を示し、多大に含まれているHCO₃⁻による影響が大きいと考えられる。

3) 雨水採取および分析結果

雨水は、大陸からの黄砂や汚染物質の影響が大きい期間(1~4月)においてNO₃⁻やNH₄⁺などの濃度が上昇する傾向はあったが総量は小さかった。これらの汚染物質が雨水中に溶け込み、河川水や森林へ影響している可能性は小さいと考えられる。したがって、汚染物質が雨水や河川水に溶けることなく粒子の形で存在している可能性が高い。ろ過を行った後のろ紙を顕微鏡で観察し、溶解していない黄砂などの大気物質の検出を試み、

考察していく必要がある。対馬市役所で2016年6~7月に多く含まれていたNH₄⁺は、鳥の糞の混入など、自然的要因以外の可能性が高い。

4) まとめ

海塩の影響は、特に対馬で水質組成に現れており、Na/Cl比やその空間分布からも明らかであるが、壱岐や平戸では顕著ではない。Na/Cl比が海水に近い地点は対馬上島では東側に、下島では西側に集中しているのが特徴である。どちらも西海岸に流出する上島の仁田川と、下島の佐須川の河床断面および水質組成の比較から、河床勾配が急である河川の方が海塩の影響を受けた降水の寄与が大きいと言える(第15図)。

壱岐南部ではCl⁻の割合が高く、HCO₃⁻やCa²⁺に富んでいるため、地質など海塩以外の影響が卓越していると言える。特に、石田地区ではECが高くCa-HCO₃型を示すことから、滞留時間の長い地下水の影響が強い。高校橋はNa⁺に富んだ特異的な傾向を示し、人為的影響もあると見られる。平戸では、生月島や平戸島の西海岸では海塩

の影響が大きい地点があるものの、多くの地点では Ca^{2+} も高く、地質の影響が卓越していると考えられる。

仁田川（対馬上島）、佐須川（対馬下島）、旗鈴川（壱岐）、安満川（平戸島）において流下に伴う水質組成（第15図）を見ると、佐須川においては上流において濃度が低く、 Cl^- と Na^+ の割合が大きい水質組成であるが、下流の金田橋では濃度が増加し、 Ca^{2+} が増加した。一方、仁田川、旗鈴川、安満川は流下に伴い濃度は増加が見られたものの、水質組成に大きな変化は見られなかった。佐須川上流部は勾配が大きく、流下が早いいため風送塩やそれを多く含んだ降水の影響が大きく現れている。旗鈴川、安満川は上流部より HCO_3^- 濃度が高く、地質や土壌の影響が大きいと言える。

V おわりに

長崎県島嶼では、主に地形・地質的要因、風送塩の影響、農業用水の利用といった要因が河川や地下水の水質に影響を与えていると考えられる。

対馬下島や壱岐北部においては河川・貯水池の水質と雨水の水質組成が近く、風送塩の影響が大きいと考えられる。対馬下島では特に急峻な地形であり、降水の流下速度も速いことから、雨水に近い水質組成となっていると考えられるが、流下に伴いほかのイオン成分も増加していた。対馬においては中流部で伏流する傾向が見られ、伏流することによる地下水や土壌からの寄与も大きく受けていると考えられる。

一方、壱岐南部や平戸島南部は溶存成分濃度が、他と比べて2倍程度の差があり、 Ca^{2+} や HCO_3^- が卓越する河川が見られ、地下水の流入や地質・土壌からの溶存成分の供給があると見られる。

詳細な調査の結果、廃棄物の埋め立てによる水質汚染が見られたように、同じ島嶼においても、流域の地形条件土地利用、水利用などにより水質組成が異なる。今後は、各島の水環境を精査したうえで、GISを用いた流域解析により詳細に分析・考察を行うことで、流域から沿岸域にかけて

の環境と形成要因を明らかにしていく必要がある。

謝辞

対馬市役所の前田剛様、永留和彦様、上妻潤己様、壱岐市環境衛生課の松本望友紀様、山口沙織様には雨水採取をはじめ、研究に際し多大なるご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。さらに、雨水採取には、八島様（対馬佐護）、玖須様（上対馬）、斉藤久光様（久根）、内山麻子様（内山）、平戸市中野小学校、津吉小学校、生月中学校の先生方、吉田様（五島列島福江島）、才藤和彦様（島原）にご協力いただきました。深く感謝申し上げます。

また、本研究の調査・分析に際して、阿部日向子さん、浅見和希さんをはじめとした法政大学文学部地理学科小寺ゼミのメンバーに多大なるご協力をいただきました。感謝申し上げます。

本論文は2017年度法政大学文学部地理学科卒業論文の内容を加筆・修正したものです。本研究の卒業論文は「2017年度・法政大学地理学会最優秀卒業論文賞」を頂きました。ここに関係したすべての皆様により厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 東田盛善・佐竹 洋・渡久山章 2001. 沖縄島の湧水と河川水の化学的特徴と同位体組成. 地球化学. 35 27-41.
- 東田盛善・宮里 健・伊敷 牧・渡久山章 2003. 沖縄県宮古諸島における陸水の水質形成に関する研究. 地下水学会誌 45-2. 115-132.
- 阿部日向子・小寺浩二・池上文香 2016. 壱岐島・対馬の水環境に関する研究. 2016 年度陸水物理研究会帯広大会発表要旨.
- 新井 正・森 和紀・高山茂美 1977. 三宅島の陸水について. 陸水学雑誌 38-1. 1-8.
- 池上文香・浅見和希・齋藤 圭・小寺浩二 2016. 五島列島の水環境に関する比較研究 3). 2016 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨.
- 海老瀬潜一 2001. 酸性雨の降水影響. 環境技術 30-11. 840-845.
- 海老瀬潜一・永淵修 2002. 屋久島溪流河川水質の流出特性と酸性雨影響. 陸水学雑誌 63-1. 1-10.
- 海老瀬潜一 2013. 独立峰と円形島の放射状流下溪流水質の方位分布特性. 環境科学会誌 26-6. 461-476.
- 神谷大介・赤松良久・宮良 工 2013. 沖縄県離島地域における湧水問題と観光の影響に関する分析. 土木学会論文集 G 環境) 69-5. 13-18.
- 川村知裕・原 宏 2006. 日本の降水化学に対する黄砂

- の影響. 大気環境学会誌 41-6. 335-346.
- 小寺浩二・濱 侃・齋藤圭・森本洋一 2014. 名水を訪ねて (106) 伊豆諸島の名水. 地下水学会誌 56-3. 237-249.
- 小寺浩二・浅見和希・阿部日向子・矢巻 剛・池上文香 2017. 長崎県島嶼・半島の中小河川の流域特性と水環境に関する研究. 2017 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨.
- 新藤静夫 1992. 火山島における地下水の開発と保全——伊豆諸島の場合——. 地下水学会誌 34-3. 137-152.
- 高橋正明・阿部喜久男・野田徹郎・安藤直行 1988. 伊豆大島の地下水水質の地球化学的観測. 火山 33-2. S290-S296.
- 津田和英・佐藤キエ子 2000. 八丈島における陸水の化学組成. 日本大学文理学部自然科学研究所研究所要 35. 83-90.
- 中西康博 2001. 沖縄県宮古島におけるサトウキビへの施肥実態と地下水窒素濃度との関係. 日本土壌肥料学会誌 72-4. 499-504.
- 中西康博 2007. 南西諸島における耕種農業・家畜飼育に伴う環境負荷特性. 日本草地学会九州支部会報 37-1. 8-10.
- 長沼信夫 1990. 奄美諸島喜界島の地下水とその利用. 駒沢地理 26. 13-26.
- 長沼信夫 1992. 波照間・南大東両島における水環境とその利用. 駒沢地理 28. 75-91.
- 野原精一・佐竹 潔・高瀬智洋・黒川 信 2009. 伊豆・小笠原島嶼における陸水・沿岸水の栄養塩環境の特徴. 陸水学雑誌 70-3. 225-238.
- 濱 侃・小寺浩二 2014. 伊豆諸島にみた火山島の水質特性. 2014 年度日本地理学会春季学術大会発表要旨.
- 濱田浩美 2001. 御蔵島の水文学的特性に関する研究. 千葉大学教育学部研究紀要 49-Ⅲ. 11-18
- 林 武司・内田洋平・石井武政 2003. 南西諸島における予察的水文環境研究. 日本水文科学会誌 33-1. 13-18.
- 坂西研二・中村 乾 2007. 石垣島宮良川流域における懸濁性土壌 窒素およびリンの推定流出量. 農業農村工学会誌 75-9. 821-824.
- 牧野育代・寶 馨・立川康人 2006. 流入河川の水質特性と冷水対策が貯水池水質に及ぼす影響. 水工学論文集 50. 1369-1374.
- 宮里聡一・清野聡子・田井 明・波田安德・細井尉佐義 2012. 対馬沿岸における海洋保護区の設定手法の基礎的検討. 土木学会論文集 (海洋開発)・68-2・I_534-I_539.
- 宮里聡一・清野聡子・田井 明・多田彰秀・釜山直樹・木村幹子 2013. 対馬沿岸における海洋保護区設定に向けた水生生物の生息場の地形的特徴と現地観測. 土木学会論文集 (海洋開発). 69-2. I_1090-I_1095.
- 森 和紀・大八木英夫・三田明寛 2015. 父島における陸水の水文学特性—特に溶存成分の起源に着目して—. 首都大学東京小笠原研究年報 38. 17-30.
- 吉田圭一郎・飯島慈裕・岩下広和・岡 秀一 2006. 小笠原諸島父島における 20 世紀中の水文気候環境の変化. 地理学評論 79-10. 516-526.