

法第28条第1項

令和元年度の事業報告書

(令和2年4月1日～令和3年3月31日)

令和3年6月

特定非営利活動法人 水環境研究所

1 事業の成果

1－1 特定非営利活動に係る事業の成果

(1) 湧水の水質調査研究に関する事業

A. 印旛沼流域における湿地の水質浄化機能に関する調査研究

本事業は、「ちば環境再生基金」の助成事業として千葉大学近藤研究室との共同により実施しており、平成 28 年度からの継続事業である。5 年間の成果は、令和 2 年 9 月 8 日に開催した水環境学会でそれぞれ発表したほか、機関紙「わき水通信」を通して随時公表している。

A－1 事業の目的

自然環境下での谷津田等の湿地が水質浄化に寄与しているといわれているが、その浄化効果が硝酸性窒素の分解によるものか、希釈によるものかは不明な点が多い。本研究は硝酸性窒素の浄化が微生物の関与によってなされることから、一般的な水質項目に加え、水に含まれる安定同位体の変化から湿地の持つ自然浄化効果を明らかにし、その成果が湿地及び湖沼の水環境改善に有効に活用されることを目的としている。

A－2. 畔田の谷津と調査地点の概要

本研究では図 1 の印旛沼流域の手繰川水系畔田の谷津を対象域に、台地を起源とする湧水の水質浄化について検討することとした。畔田の谷津上流部の台地は古くから畑作として、近年では資材置き場として、広く利用されており、谷頭部からの湧水には高い濃度の硝酸性窒素が検出されている 1)。調査地点の谷津部は現在、休耕田となっており、アシやイネ科植物が繁茂しており、ヤナギ、クワなどの木々も散見されている。

台地からの湧水は図 2 の湧水 2 地点から右岸水路を、また、湧水 1 地点から左岸水路へと流れ下っている。これらの湧水は直接湿地(休耕田)へ流入することはない。ここで、湿地の表層(上位)の沖積層は有機質シルト層を主体とし、下位の凝灰質砂を主体とする洪積層へと漸移しているのが確認されている。

過去 3 年の調査内容と成果を表 1 に示す。



図1 畔田の谷津と周辺の土地利用状況



図2 畔田の谷津調査地点図(赤印地点)

表 1 過去 4 年間の調査概要と成果

調査年度	調査内容	成果
平成 28 年度	谷津の現況把握を目的とした地質調査、観測井の設置、湧水や表流水の水質調査。	➤ 地質調査によって、調査対象地の完新統の厚さは約 2.5～3.5m で分布していた。 ➤ 湧水及び更新統中の地下水の硝酸性窒素濃度は 5～6mg/L の範囲にあった。 ➤ 沖積層中ではアンモニア性窒素が検出される頻度が高く、地下水位が相対的に低いと濃度が高い傾向が見られた。
平成 29 年度	湿地と地下水の関係を把握することを目的とした地下水位と水質調査の定期観測（1 回/月）及び沖積層中の地下水の窒素及び酸素同位体比による脱窒の検証	➤ 濃度が 1.4mg/L まで低下した。 ➤ 湧水及び洪積層中では酸化的環境、沖積層では還元的環境にあることを検証した。 ➤ 窒素安定同位体比及び酸素安定同位体比より、湧水が両岸の水路に流出する過程において脱窒反応の可能性を確認した。 ➤ 地下水位の定期測定より、洪積層の地下水頭圧が沖積層より高い場合には洪積層から沖積層へ地下水が浸透している可能性が示唆された。 ➤ 2 年間の成果を日本地下水学会で発表
平成 30 年度	沖積層中の地下水位及び地下水室の定期測定継続と実験水路の設置。	➤ 嫌氣的環境が湿地帯の沖積層で形成されていることを把握した。 ➤ 台地の溶存酸素の豊富で硝酸性窒素濃度の高い地下水が沖積層の表面(湿地帯)と沖積層の下層部(更新統)を流下していることを推定した。 ➤ 地下水位より湧水の沖積層への浸透あるいは下層地下水の沖積層への上昇の可能性を推定した。 ➤ 硝酸性窒素濃度の低減には二価鉄が指標となること

調査年度	調査内容	成果
令和元年度	1) 前年度設置した実験水路における脱窒効果の検証 2) 湿地帯における地下水の流動機構の調査 3) 沖積層中の脱窒と地下水位の関連性の検証	➤ 溶存酸素が豊富で硝酸性窒素濃度の高い地下水が谷津頭で湧出水として沖積層の表面(湿地帯)と沖積層の下層部(更新統)を流下している。 ➤ 洪積層の地下水位が低くなると、硝酸性窒素濃度が低下する現象については、水頭圧が低くなることによって沖積層との境界付近の地下水が停滞し、脱窒反応が促進されている可能性が考えられる。 ➤ 沖積層は嫌気的環境にあり、その上・下層面の極近傍において嫌気性および通性嫌気性微生物の代謝による脱窒作用がもたらされていること ➤ 硝酸性窒素濃度の低減時には二価鉄イオンの存在が認められること ➤ このことから、二価鉄イオンの存在が湿地帯の水質浄化機能を知る上で重要な指標となり得ると思われること透水係数は10^{-6}～10^{-7}であり、水文地質的には難透水層に区分されることを把握した。

A-3. 令和2年度調査内容および成果

(1) 調査内容

硝酸性窒素濃度が比較的高い湧水が湿地帯を流下する過程で変化する水質の状態を調べ、湿地帯による水質浄化機構を明らかにするために以下の調査計画を策定し、事業を実施した。

1) 畔田谷津における地下水の流動機構の調査

湧水及び観測井の定期調査の継続

地下水位測定（1回/月） 25箇所（沖積層20、洪積層5）ロガーによる連続観測

簡易水質測定（1回/月）13箇所（観測井10、既存井1、湧水2）

DO、ORP、pH、EC、水温、NO₃-N、Fe²⁺

2) 谷津田調査

印旛沼流域菖蒲谷津（八千代市）及び山之田谷津（印旛郡酒々井町）において、湧水と流出先の水質（硝酸性窒素濃度、窒素安定同位体比、酸素同位体比）を比較し脱窒の可能性を検証した。

(2) 成果

1) 畔田谷津における地下水の流動機構の調査

【結果】

① 沖積層と洪積層の境界付近では地下水位の変化に連動して硝酸性窒素濃度が変動することを確認（図3）。

② ORP と DO に季節変動がみられ、微生物の活動が鈍くなる冬季では還元的環境が形成されにくくなる（図4、図5）。

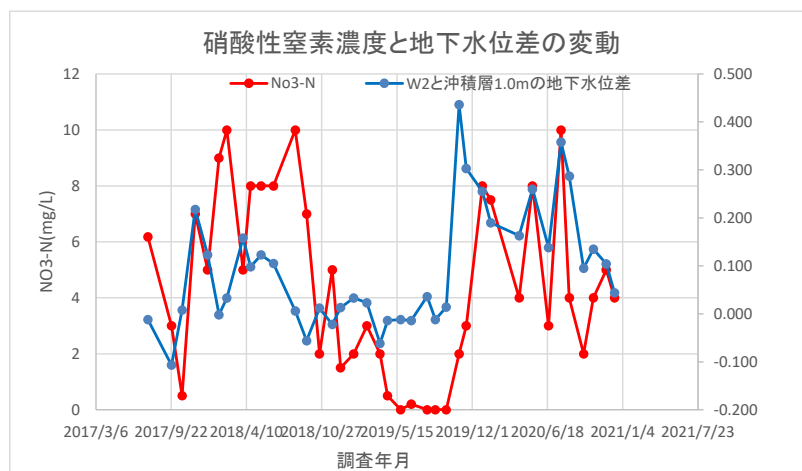


図3 地下水位と硝酸性窒素濃度

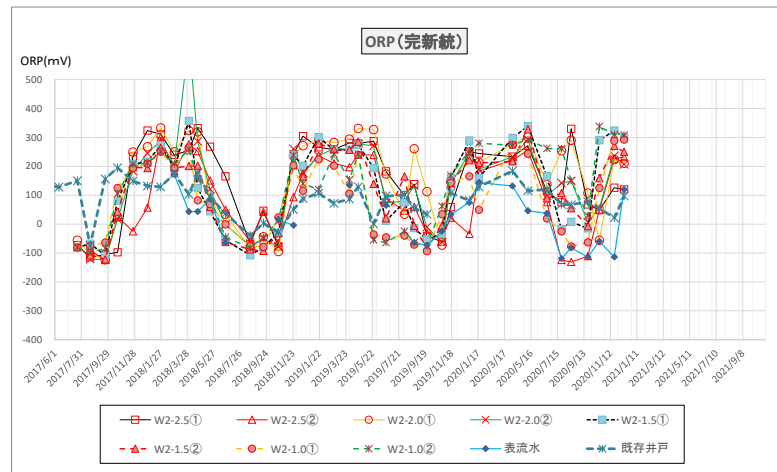


図4 酸化還元電位（ORP）の経時変動

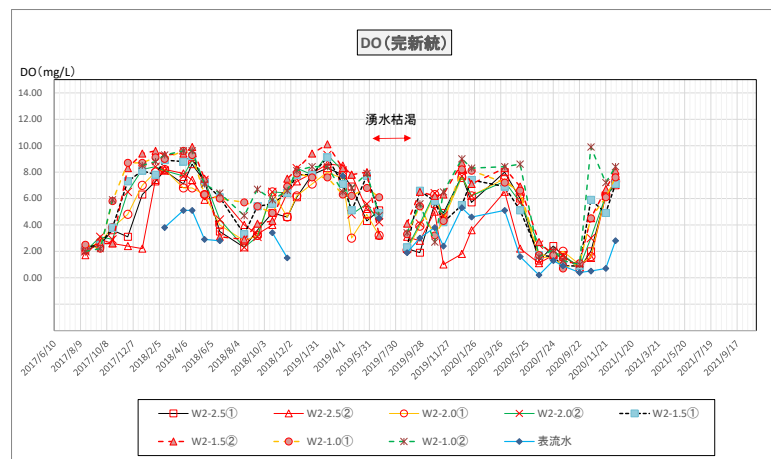


図5 溶存酸素（DO）の経時変動

【考察】

湿地では水温の影響により還元的環境が持続しない。従って湿地における脱窒効果は冬季よりも夏季の方が大きいと考える。

2) 谷津田調査

【結果】

湧水と流下域の水質を比較すると、酸化還元電位は流下域(水路)で低下、2価鉄の値は上昇を示した。また、硝酸性窒素濃度は流下域で減少を示した（図6）。

【考察】

変化より谷津田湿地においては還元的環境が形成されること及び、硝酸性窒素濃度の変化より湧水の流下に伴い窒素濃度の減少傾向を確認し、両者の関連性を検証できた。

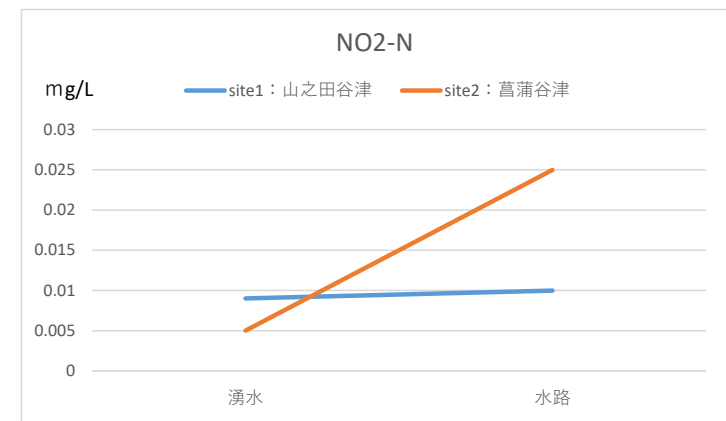
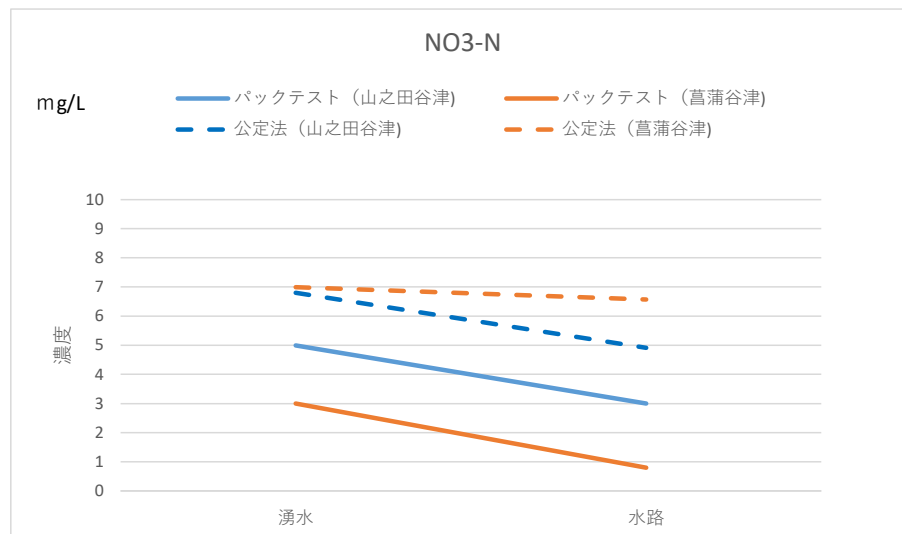
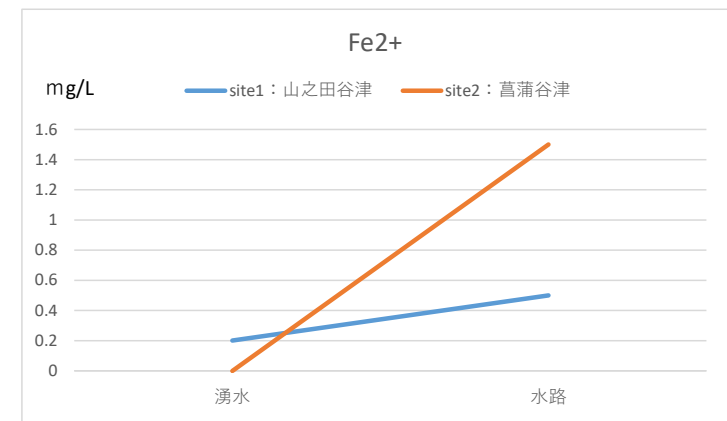
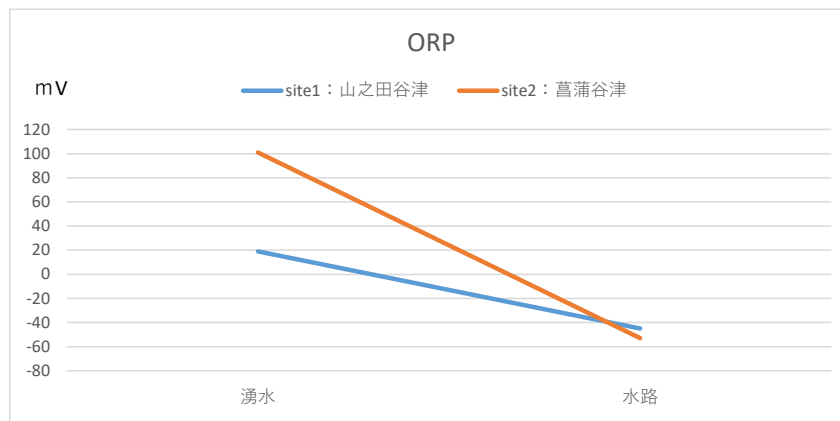


図6 湧水と水路での水質の変化

以上の成果を下記に示す学会や講演、機関紙等にて報告した。

- ・学会等の発表：（日本水環境学会(令和2年9月10日) 図7、図8)

【活動状況】



1.畔田谷津定期調査（水質測定状況）



2.畔田谷津定期調査(地下水の採取状況)



3.畔田谷津定期調査(パックテスト)



4.畔田谷津定期調査(観測井の整備)

印旛沼流域の水質浄化と湿地帯の沖積層との関係

○瀧 和夫*, 岩井久美子*, 楠田隆*, 田村嘉之*, 中村正直*, 近藤昭彦**
E-mail: taki.kazu2000@yahoo.co.jp

Relationship between Alluvium and Water Purification in the Inbo Lake Basin, by Kazuo TAKI*, Kuniko IWAJI*, Takashi KUSUDA*, Yoshiyuki TAMURA*, Masamio NAKAMURA*, Akihiko KONDOII** (NPO Corporation of Water Environment Institute, Faculty of Science/Chiba University)

1. はじめに

谷津田等の湿地帯の水質浄化効果は広く知られている。しかし、湿地帯を取り巻く水源は1カ所に限らず、複数あるいは湧水群であり、また、それぞれの水源の水質濃度も異なるなど、湿地帯を構成する沖積層のどの部分で脱窒作用がなされているのか、その効果の程度については未だ十分に解明されていないと思われる。

本研究では、湿地帯の沖積層の存在と水質浄化に伴う各種水質の関連性について検討を加える。沖積層内の湧水移動と水質変化、特に、硝酸性窒素の脱窒・窒素安定同位体比の変化から沖積層内の微生物活動による脱窒効果を明らかにすることを試みた。ここで、研究調査地点は印旛沼流域に位置し、関東ローマで覆われた台地の浸食によって現れた谷部に長年の草木の堆積で削り出された沖積層の湿地帯である。

2. 調査の方法

利根川流域内印旛沼水系の手線川支流に位置する奥行約300m、幅約50mの谷津が研究フィールドである。台地と低地の標高差は20m程度で、谷津低地には湿地帯が形成されている。谷頭から湧き出る湧水は約20年前までは灌漑用水として利用されていたが、現在は、ガマやミクリなどの抽水植物やヤササなどの草木の群落で、放棄田と覆われている。

地帯の地質調査は地表面より沖積層の下端(3m)までを約20cm毎に掘ることをした。掘孔には内径約5cmの塩ビ管を用い、地下水、水質試験及び地層の透水調査用の観測井とした。観測井の深さは地表面より0、1、1.5、2、2.5および3mの6種類とし、それらを図1に示すように配置した。ここで、3m井戸を中心として、半径1mの円周上の対角線の位置に同一の深さの観測井を設置した。また、観測井の底部から2.5cmの深さはスクリーンである。

調査は水質と水位を湿地帯内の観測井、湧水の流出口と湿地帯周辺を回している土水路下流点で、2016年7月より1ヵ月毎に、また、安定同位体比については2016年11月23日、2017年9月23日及び2018年1月27日に実施した。ここで、地下水水位は水圧入水位計によって、

降水量は調査地点と約5km

の位置にある佐倉観測所のデータに拠った。

更に、沖積層における地下水の移動特性を知るために、現場簡易透水試験を実施した。地下水の回復状況を10秒お

よび10分間隔で計測し、その結果から透水係数を求めることとした。

一方、水質調査は現地測定と公定法に基づく分析室での計測とを併用することとした。現地測定項目はpH、ORP、EC、DO、NO₃-N、Fe²⁺の6項目である。ここで、NO₃-NとFe²⁺はバックテストで、pH、ORP、EC、DOは簡易型現地計測器を用いた。また、脱窒には硝酸性窒素の窒素安定同位体比及び公定法によるNO₃-Nを調べることとした。

3. 結果及び考察

(1) 湿地帯の地質構造

TP11.0m(観測井3m地点)以深に透水性の高い細砂を主とする洪積層が、その上層部約50cmに細灰質及びシルト混じりの細砂層が別れ層を、更に、その上層部には有機質を基本とする砂質からシルトへと混比比を変化させている沖積層が堆積層を成しているのが、地質調査の結果より明らかとなった。また、沖積層の透水係数は観測井の何れにおいても10⁻⁷~10⁻⁸cm²s⁻¹の結果となった。

(2) 湿地帯の地下水位と透水係数

降水量と各観測井の水位の関係を図2(a)、(b)に示す。降水量と観測井の水位変動のパターンは類似しており、降雨時から半日ないし2ヵ月程度遅れて地下水水位が変動しているのが認められる。更に、洪積層の地下水は被圧帯水状態にあることが多く、特に、2017年11月から約10ヵ月間、また、2019年10月から現在まで、沖積層の地下水位より1.5~2.5cmほど高く、自噴するなど、強い被圧状態にあることが分かる。その他の期間は全ての地層間で同じ水位である。なお、2018年8月から7ヵ月間の連続の少雨のため、地下水位が異常に低下しているのが見て取れる。

このようなことから、湿地帯の地下水は周辺台地からの地下水による被圧状態にあり、降雨の状態によっては被圧

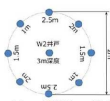


図1 観測井の配置

に強弱が生じ、それによって、湿地帯の地下水は沖積層内を上下に移動していると考えられる。

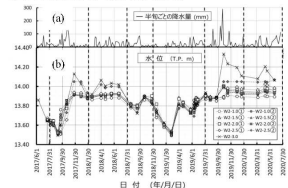


図2 降水量と地下水位との関係

(3) 湿地帯の水質変動

地下水の水質は図3に示す様に、水位の変動と共に変化している。図より、2月と8月に最高値あるいは最低値を持つ同期変化が認められる。更に、それらの変動幅や期間は降水や地下水位と概略一致するもので、水質濃度が地下水位の変動に影響されていると推定することができる。ここで、洪積層(W2-3.0)のORP例は200mV程度の低い酸化度の酸化状態を推移しているのが特徴的である。それに比し、沖積層では200~350mVの変動幅を持ち、夏季に還元状態を、冬季に酸化状態を呈するのが分かる。また、DO例においてもORPと同様な季節変動傾向が認められる。

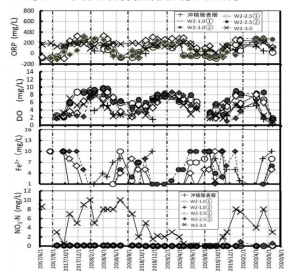


図3 地層ごとの地下水の水質観測結果
一方、DO値はこれらとは逆の傾向を示しているのが分かる。ORP値及びDO値の高い冬季には地下水の鉄イオンは酸化され、夏季は還元状態となることから、酸化は弱まり、高いFe²⁺値を維持していると考えられる。

NO₃-N値については、洪積層では水位変動と同様の傾向

を、沖積層においては0.2mg/L以下の結果を示している。

以上のことから、印旛沼流域の湿地帯の地下水の水質は洪積層と沖積層とでは大きく異なっていることが分かる。また、湿地帯内の地下水は被圧状態の洪積層と繋がっており、図4より、高いNO₃-N値の地下水は沖積層内を上下移動する過程で脱窒作用を受けていることがうかがえる。

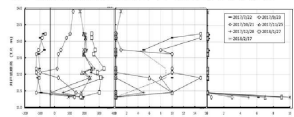


図4 沖積層中の経日的水質変動分布

(4) 窒素一酸素安定同位体比

谷部部の湧水とそれを流す土水路、海地帯の表面水及び観測井水における窒素一酸素安定同位体比の結果を図5に示す。なお、沖積層内のNO₃-N濃度は低く、同位体比の有効な結果を得るまでに至らないことから、結果から除いた。図より、湿地帯が放棄田からの遷移期にある植物で覆われていることなどから、沖積層表面(湿地帯表面)及び沖積層底面のごく限られた層厚部分で微生物による脱窒作用が頻発に行われていることが分かる。これらのことから、沖積層表・底面付近で脱窒作用が頻発に行われているとみられる。

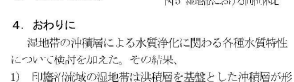


図5 沖積層における同位体比

4. おわりに

湿地帯の沖積層による水質浄化に関わる各種水質特性について検討を加えた。その結果、
1) 印旛沼流域の湿地帯は洪積層を基盤とした沖積層が形成され、そこでの地下水は被圧状態にある。
2) 地下水は降水の状態と敏感に関わっている。
3) 地下水の水質は季節的周期性を持つ。ただし、洪積層のORPはほぼ200mVで、周期性は弱い。
4) 沖積層の表・底面付近で脱窒作用が頻発に行われているのが推測される。

謝 辞

本研究は(財)野村環境建設財団「水と環境共生社会の実現」の下で実施したもので、調査・採集・分析・報告・出版・印刷・複製・配布・販売・流通・センター・中核(研究員)には野村環境建設財団の協賛により、千葉県環境生活部水質保全課及び佐倉市環境部水質汚濁対策課の協賛により調査・採集・分析・報告・出版・印刷・複製・配布・流通・センター・中核(研究員)には野村環境建設財団の協賛により実施した。

図7 水環境学会 予稿原稿

第23回日本水環境学会シンポジウム

2020.9.10

印旛沼流域の水質浄化と湿地帯の沖積層との関係

◀ Web配信 ▶

○瀧 和夫(NPO水環境研)

岩井久美子、楠田 隆、田村嘉之、中村正直(NPO水環境研)

近藤昭彦(千葉大・理)

図8 水環境学会オンライン発表スライド(表紙)

(2) 湧水湧出地周辺における生物相の調査に関する事業

「A印旛沼流域における湿地の水質浄化機能に関する調査研究」の一環として谷津田の生物相調査を実施した。

(3) 湧水湧出地周辺の地質調査に関する事業

「A印旛沼流域における湿地の水質浄化機能に関する調査研究」の一環として谷津田の生物相調査を実施した。

(4) 水環境の保全・普及啓発に関する事業

A. 湧水調査支援（里山の会 ECOMO）

里山の会ECOMOの依頼により、令和2年12月12日（13：30～16：00）印西市物木地区周辺の湧水地点において、昨年に引き続き野外において湧水のpH等の簡易測定の実習、並びに測定値の評価方法等について助言をおこなった。

参加者：ECOMO3名 講師：2名

【課題】 参加者が年々減少の傾向にあること。



写真-1 野外学習風景 1



写真-2 野外学習風景 2

B. リーフレット「印旛沼湧水めぐり（その１）」の発行と配布

印旛沼環境基金の助成事業として、リーフレット「印旛沼湧水めぐり（その１） 佐倉市の湧水」を発行した。

サイズ：210 mm×600 mm 6つ折り

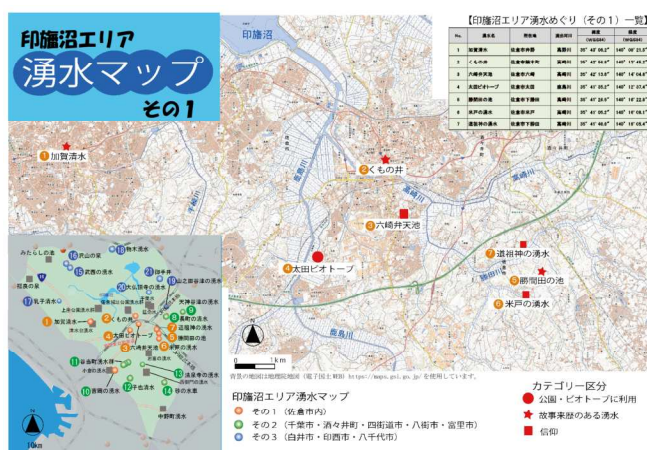
全ページカラー

発行部数：100 部

印刷：株式会社みつわ

発行日：令和3年3月

掲載内容：印旛沼流域湧水マップ、湧水 7 箇所の紹介（加賀清水、くもの井、勝間田の池、六崎弁天池、太田ビオトープの湧水、米戸の湧、道祖神の湧水）



(5) 水資源の研究・保全・利活用に関する事業

A. 湧水モニタリング調査

【調査概要】

調査地点数：26 箇所（調査地点リスト参照）

調査項目：pH、水温、電気伝導率、流量、硝酸性窒素(パックテスト)、試料採取、水質分析

調査期間：令和2年10月～12月

延べ調査員数：16名

延べ調査日数：8日

《湧水モニタリング調査地点リスト及び調査結果》

エリア	湧水地点名	R2調査記録表					
		水温 (°C)	pH	電気伝導率 (mS/m)	酸化還元電位 (mV)	硝酸性窒素 (バックテスト) mg/L	流量 (L/min)
印旛沼	くもの井	16.7	7.2	37.8	116	1.0	12.0
印旛沼	吉岡の湧水	16.0	6.8	20.0	204	0.5	14.2
印旛沼	武西の湧水	15.7	7.8	8.7	183	<0.2	7.2
印旛沼	大田ビオトープ	16.1	8.18	33.8	106	2	32.2
印旛沼	山之田谷津の湧水	15.9	8.27	18.11	44	2	25.3
印旛沼	天神谷津湧水	17.6	7.4	32.8	125	8.0	15.3
印旛沼	法宣寺の湧水	15.5	8.7	17.8	70	<0.2	68.7
印旛沼	子也清水	16.0	7.7	30.3	130	1.0	22.2
手賀沼	四季の丘湧水	16.0	8.1	18.2	217	2.0	不可
手賀沼	増尾湧水	14.5	7.4	37.1	211	1.0	不可
奥東京湾	滝不動	*	*	*	*	*	*
奥東京湾	宮の下湧水	14.3	7.6	30.4	151	2.0	90.7
奥東京湾	ホタルの泉	15.1	8.3	17.4	158	<0.2	不可
九十九里	猿田神社裏の湧水	15.7	7.73	22.2	143	3.0	1.8
九十九里	龍福寺の湧水	15.0	7.46	42.9	133	10.0	測定不可 (水量大)
九十九里	熊野清水	15.6	7.35	18.5	192	0.2	52.2
九十九里	かくれ水	15.5	7.59	15.1	170	<0.2	9.1
内房	姉崎神社の御神水	16.7	6.4	46.9	172	5.0	11.3
内房	水神谷津湧水	16.3	6.98	39.2	78	5.0	1072
内房	吉井の大井戸	16.0	7.43	22.2	117	5.0	測定不可 (水量大)
内房	生きた水久留里（高津）	14.4	7.31	26.5	43	<0.2	4.6
内房	白雲水	16.1	7.57	17.9	69	<0.2	15.8
内房	大坂湧水	15.4	7.51	23	111	0.5	3.8
利根川	香取神宮の湧水	14.8	7.58	30.2	146	3.0	測定不可
利根川	東栄寺の湧水	16.6	7.07	44.7	143	4.0	1.7
利根川	法乳泉	15.2	7.87	24.1	139	0.5	1.9

(6) アクア・ミュージアム館の建設と運営に関する事業

当期は事業の実施に至らなかった。

1－2 その他の活動に係る事業の成果

当法人では平成 25 年度より「その他の事業」に該当する事業は設けていない。

2 事業の実施に関する事項

(1) 特定非営利活動に係る事業

事業名	事業内容	実施日	実施場所	従事者の人数	受益対象者の範囲及び人数	支出額(円)*
湧水の水質調査研究に関する事業	印旛沼流域における湿地の水質浄化機能に関する調査研究	令和2年4月～令和3年3月	佐倉市	延40	会員23名 市民一般多数。 環境保全活動に係る市民、団体	277,285
水環境の保全・普及啓発に関する事業	湧水調査支援 (里山の会 ECOMO)	令和2年12月12日	印西市	2名	E COMO3名	0
	リーフレットの発行	令和3年3月		12名	会員23名 市民一般多数。 環境保全活動に係る市民、団体	33,000
水環境の水資源の研究・保全・利活用に関する事業	湧水モニタリング調査	令和2年10月～12月	千葉県全域	延16名	会員23名 県民一般多数 環境保全活動に係る市民、団体	266,560

*：交通費及び燃料費も含む

(2) その他の事業 対象事業なし