

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 4 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660127

研究課題名(和文) 森林における腐植酸鉄の挙動と河川流下過程における物理化学性及び生物利用性の変化

研究課題名(英文) Factors controlling the relationship between dissolved organic matter and iron from the forest soil to the sea

研究代表者

福島 慶太郎 (Fukushima, Keitaro)

首都大学東京・都市環境科学研究科・特任助教

研究者番号：60549426

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：森林渓流水中の溶存全鉄(DFe)濃度、溶存有機物(DOM)濃度及び蛍光特性(EEM)-PARAFAC解析から得られる腐植様物質の指標を用いて、腐植酸鉄の流出規定要因の解明を試みた。集水域地形との関係から、溪流近傍に形成される還元的で有機物に富む湿地がDFe流出に重要だった。また、気仙沼湾流域において河川から沿岸までのDFe挙動を解析した。森林より耕作地がDOMやDFe供給源として重要であった。DFeや腐植様物質は降雨時に陸域から河口域に多く流出するが、湾内でほとんどが沈殿した。塩分添加実験から耕作地由来のDOM-DFeは、塩分に対する頑強性が高く海域へのDFe輸送力が高い可能性が考えられた。

研究成果の概要(英文)：Dissolved organic matter (DOM) is of key importance in delivering dissolved iron (DFe) from river to the ocean. In forested watersheds, DFe concentration was positively correlated with the fluorescence intensity of humic-like substances, indicating that DFe and humic substances exhibit the same behavior in the forested streamwater. Moreover, a small, flat swamp existing nearby the streamwater is likely the main source of DFe. The spatial distribution of DOM and DFe from river to the sea were examined to elucidate their controlling factors in the Kesenuma Bay. DOM derived from humic-like substances and DFe increased with an increased proportion of cropland area to total watershed areas. DFe concentrations sharply declined as the salinity in river water increased. The salinity control and solar light irradiation experiment revealed that Fe-binding ligands extracted from cropland soil may have a higher resistance to degradation by sea salt, but be readily decomposed by sun light.

研究分野：森林生態系生態学

キーワード：溶存有機物 溶存全鉄 河川水質 森川里海 EEM-PARAFAC 腐植様物質 汽水域 土地利用

1. 研究開始当初の背景

沿岸生態系において、鉄は窒素やリンと並んで一次生産を制限する重要な養分元素であり、陸域から河川を通じて輸送される。窒素やリンは無機態イオンとして供給され、負荷源は森林よりも農地や市街地が支配的である。それに対して鉄は、中性の河川水中ではイオン態が水酸化物化して沈殿するため、生物に利用できない。河川水中で溶存態として安定的に存在できる形態は、有機物の分解過程で生成される腐植酸と錯体化した水溶性の腐植酸鉄であり、沿岸・河口域の一次生産者の養分として重要な機能を果たすとされている。腐植酸鉄が多く存在する森林土壌は、腐植酸鉄供給源として重要であると考えられる。しかしながら、森林集水域から流出する腐植酸鉄や溶存鉄の規定要因についてはいまだよく知られていない。

加えて、土壌から溪流に溶脱した腐植酸鉄は、河口域に到達するまでの河川流下過程で様々な環境変化に曝される。これまで、pH や塩分の上昇は腐植酸の乖離や鉄の沈殿を招き、生物に利用不可能な形態となることが示されている。これは、これまで議論されている、森林から供給される腐植酸鉄の河口・沿岸域の生産性における役割が過大評価されていること意味する。したがって、森林土壌で生成され溪流へと流出する腐植酸鉄の物理化学的頑強性を明らかに必要がある。

2. 研究の目的

上述の背景から、本研究では以下の2点に取り組むことで、鉄供給という観点で沿岸生態系における森林の役割を解明することを目的とする。

- (1) 森林から流出する腐植酸鉄と溶存鉄の濃度形成：複数の森林集水域から渓流水を採取し、溶存有機物(DOM)と溶存全鉄(DFe)およびイオン態鉄の分析を行い、森林植生や集水域地形から濃度形成要因を明らかにする。
- (2) 腐植酸鉄の環境変化に対する応答：河川の上流から下流まで、さらに沿岸海洋域に至るまでの DOM, DFe 濃度の変化とその要因について明らかにする。また、河川流下過程を想定し、異なる土地利用から採取した土壌の抽出液を用いて塩分の変化及び太陽光線の照射を行う。塩分や紫外線に対する DOM や DFe 濃度の変化を示し、森林と非森林間で、河口・沿岸域への腐植酸鉄供給機能に差があるかを検証する。

3. 研究の方法

本研究では、渓流水・河川水・海水の腐植酸鉄の評価として、腐植酸鉄と溶存全鉄(一部イオン態鉄)の関係に注目した。腐植酸鉄については、溶存有機態炭素(DOC)濃度と、溶存有機物(DOM)の3次元励起蛍光特性(EEM)を PARAFAC 解析によって分離・抽出された蛍光値を指標とした。

本研究は、主に2つの調査地を用いて行っ

た。森林から流出する腐植酸鉄と溶存鉄の濃度形成を把握するために、京都府南丹市に位置する京都大学フィールド科学教育研究センター芦生研究林の天然林・人工林源流部を用いた。研究林内の約50の集水域の末端部において2013-2014年にかけて4回渓流水を採取した。渓流水は、その場で0.45μmフィルターでろ過し、ろ液をよく洗浄したポリプロピレン製瓶と、事前に450°Cで4時間燃焼させた褐色瓶に入れた。試料水はクーラーボックスに入れて保冷した状態で実験室に持ち帰り、分析に供した。

また、流下過程における腐植酸鉄の変化を把握するための調査は、宮城県気仙沼市および岩手県一関市を流れる大川と、大川が注ぐ気仙沼湾を対象として行った。2014-2016年にかけて、大川上流から下流の全10地点において年2-4回の頻度で河川水を採取した。また、大川河口の1地点、気仙沼湾内の4地点(3深度(表層・中層・底層、ただしうち1地点は表層・底層のみ)の海水も、1-2カ月に1度の頻度で採取した。

さらに2015年には、大川流域の落葉広葉樹(コナラ)二次林・常緑針葉樹(スギ)人工林・耕作地・水田の4つの土地利用について表層5cmまで土壌を採取した。採取した土壌を超純水で抽出し、濃度勾配をつけた人工海水を添加した。それとは別に、土壌抽出液を25±1°Cで培養器に入れ、12時間ごとに太陽光照射するものと、常時暗黒下に静置したものを用意し、5日間及び10日間培養した。

大川や気仙沼湾で採取した水試料や土壌抽出液については、事前に450°Cで4時間燃焼させたガラス繊維ろ紙(GF/F, 孔径0.7μm)で吸引ろ過した。得られたろ液を、同様に事前に燃焼させた褐色瓶に封入し、分析まで冷蔵保存した。DOC濃度の測定時には、脱炭酸のために6N HClを25μL添加した。測定には全炭素分析計(TOC-V, 島津製作所製)を使用した。EEMの測定には分光蛍光光度計(F-7000, 日立ハイテクサイエンス製、あるいはFP-8100, 日本分光製)を用いた。蛍光強度を硫酸キニーネ単位(QSU)で表記した。EEMデータはParallel Factor Analysis (PARAFAC)により蛍光強度を分離・抽出した。

溶存全鉄の測定には、ICP-AES(iCAP6000, Thermo Fisher Scientific製、あるいはoptima3300RL, PerkinElmer製)を用いた。イオン態鉄(Fe²⁺, Fe³⁺)の測定には、フェナントロリン法を用いた。発色溶液の吸光度測定には分光光度計(V-600, 日本分光製)を用いた。

4. 研究成果

芦生研究林における森林源流域のDOMのEEM-PARAFACの結果、3つの腐植酸鉄(C1: Ex[励起波長]/Em[蛍光波長] = <260,355/477nm, C2: <260,320/415, C3: <260/496)と、1つのタンパク様物質(C4: Ex/Em = 280/336)に分離された。

渓流水質に関して、各調査日ごとに全集水域を通して解析を行ったところ、いずれの調査日においても DFe 濃度は DOC 濃度、腐植様物質 C1, C2 の蛍光強度と有意な正の相関が認められた ($P < 0.05$)。DFe 濃度との相関関係は、DOC 濃度よりも腐植様物質の蛍光強度のほうがより強いことが分かった。このことから、森林集水域では溶存全鉄と特定の腐植様物質の挙動が等しいものと考えられる。

森林植生(広葉樹天然林面積, 針葉樹天然林面積, 広葉樹二次林面積, 針葉樹人工林面積, 草地)と集水域地形(面積, 地形指数 TI, 斜面方位, 急傾斜面積)を用いて水質形成要因を解析したところ、季節を問わず面積が大きく、急傾斜地面積が小さい集水域で DOC 濃度や DFe 濃度が高くなる傾向があり、また夏季に限って、広葉樹天然林の面積が広い集水域ほど、これらの濃度が高い傾向が検出された。夏季に天然林で高い傾向を示すのは、秋季に大量にリターが土壌表層へ投下され、積雪期間を経て融雪後気温が上昇する過程で分解が進み、腐植化した DOM が溪流へと流出するためと考えられる。一方で針葉樹のリター供給の季節性が広葉樹ほど明瞭ではなく、またリター分解が広葉樹に比べて遅いため、土壌表層に腐植層が厚く堆積する傾向が指摘されており、本調査地においても観察されている。このことから、針葉樹は溪流への腐植様物質供給源の一端を担っている可能性は考えられるが、季節性を考慮した際に夏季の広葉樹林に比べると、針葉樹林面積の寄与は小さいものといえる。

地形と腐植様物質・溶存鉄の関係をより詳細に検討するため、上述の集水域のうち、10 の集水域において DFe 濃度に加えて Fe^{2+} Fe^{3+} 濃度を測定した。その結果、採水点近傍が平坦で湿地状の地形要素が存在する地点で DFe に占める Fe^{2+} の割合が高いことが分かった。このことから、溪流沿いに還元的で有機物に富む湿地状地形の存在が、DFe の溶出に重要な役割を果たすことが示された。

気仙沼湾にそそぐ大川の流域では、河川水の DOM は、PARAFAC により 3 つの腐植様物質 (A_R : Ex/Em = 265,335/443, A'_R : 270,380/508, M_R : 315/402) と 2 つのタンパク様物質 (B_R : <260/288, N_R : 280/339) に分離された。DOC, DFe 濃度, DOM の各コンポーネントの蛍光強度に対して、河川水採水地点より上流部の土地利用(広葉樹林・耕作地・市街地の面積率)を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、DOC 濃度, DFe 濃度, 3 つの腐植様物質蛍光強度のすべてにおいて、耕作地面積率が説明変数に残った。化学肥料・堆肥の投入や表層土壌の攪乱が行われる耕作地では、腐植様物質や DFe が河川に流出しやすいものと考えられた。

気仙沼湾の海水では、DOC 濃度が河川水とほぼ変わらないレベルであったのに対して、DFe 濃度が 1/10 以下と低い値を示した。海水の DOM の EEM-PARAFAC からは 3 つの腐植様物

質 (A_C : Ex/Em = 270,370/466, A'_C : 260/528, M_C : 260,320/398) と 2 つのタンパク様物質 (B_C : <260/287, N_C : 280/337) が分離され、いずれも河川水の DOM とほぼ同一のピーク位置で検出された。

海水水質の時間変化の要因を考察するため、採水時間より 5 日前までの先行降雨指数 (API) を用いて解析を行った。その結果、気仙沼湾の大川河口に近い表層海水の DFe 濃度と腐植様 DOM の蛍光強度は、API と正の相関が、また塩分と負の相関が得られた。大川本流の下流域でも河口同様、DOC 濃度, DFe 濃度, 3 つの腐植様 DOM 蛍光強度と、API との間に正の相関が認められた。これらのことから、気仙沼湾内の DFe 濃度の時空間分布の規定要因として、降雨出水時の河川からの DFe 供給が重要であることが示された。

河川から海域に至る際、DFe 濃度は大きく低下した一方で、DOC 濃度はほぼ変化なく、腐植様物質の蛍光強度はいずれも大川下流の河川水よりも海水の方が 1/2 ~ 1/3 程度低く、植物プランクトンに由来するとされる自生性のタンパク様物質の蛍光強度は海水の方が河川水よりも 1.2 倍程度高かった。河川に対して海域では、陸域由来の腐植様 DOM が希釈等によって蛍光強度が低下し、タンパク様 DOM は海洋の植物プランクトンによって付加されたものであることが示唆された。

落葉広葉樹林, 常緑針葉樹林, 耕作地, 水田の 4 種類の土地利用から得られた土壌抽出液に対して、塩分の添加と太陽光の照射を行った。土壌抽出液の DOM は、EEM-PARAFAC の結果、河川水や海水と共通する 2 つの腐植様物質 (A'_S : Ex/Em = 275,375/496, M_S : 275,315/419) と、固有の腐植様物質 (C_S : 370/439) が分離された。土壌抽出液の塩分が海水の 1/10 まで添加した際に DFe の 68-88% が沈殿して水圏から除去された。DOC 濃度や A'_S , M_S の腐植様物質はほとんど変化なかったが、 C_S だけ蛍光強度が約 30% 低下した。すなわち C_S と結合している Fe が塩分の影響を受けやすい可能性が考えられる。また、海水の塩分とほぼ等しいレベルまで上昇した場合、耕作地から抽出された DFe は、高塩分時でも濃度、残存率とも他の土地利用よりも高かったことから、DOM-Fe 錯体の塩分に対する頑強性が高いことが示唆された。

太陽光を照射した場合、どの土地利用でも腐植様物質 M_S が分解を受けやすいか区分であることが分かった。他の土壌とは異なり、耕作地土壌では、 A'_S や C_S の腐植様物質も太陽光照射によって低下し、DFe 濃度も低下した。このことから、耕作地土壌由来の DOM は太陽光によって分解されやすく、同時に DFe も除去されやすいことが分かった。

気仙沼湾流域圏で最大の流域面積をもつ大川は、上流部に耕作地が広がる。本研究結果から、流域内の耕作地が気仙沼湾内の DOM-Fe 錯体の主要なソースとして機能していることが推察された。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

Hishi T, Tateno R, Fukushima K, Fujimaki R, Itoh M, Tokuchi N. (2017) Changes in the anatomy, morphology, and mycorrhizal infection of fine root systems of *Cryptomeria japonica* in relation to stand ageing. *Tree Physiology* 37: 61-70. DOI: 10.1093/treephys/tpw076. (査読有)

Urakawa R, Ohte N, Shibata H, Tateno R, Inagaki Y, Oda T, Toda H, Fukuzawa K, Watanabe T, Hishi T, Oyanagi N, Nakata M, Fukushima K, Nakanishi A. (2017) Estimation of field soil nitrogen mineralization and nitrification rates using soil N transformation parameters obtained through laboratory incubation. *Ecological Research* 32: 279-285. DOI: 10.1007/s11284-016-1420-5. (査読有)

松山周平・福島慶太郎・白澤紘明・向昌宏・平井岳志・境慎二郎・石原正恵・岩井有加・八木弥生・谷鑫・立岩沙知子・長谷川尚史・吉岡崇仁 (2016) 間伐とシカ排除柵設置がスギの幹成長に及ぼす直接的・間接的影響 - 芦生の未間伐スギ人工林における事例 -. *森林研究* 79: 1-9. (査読有)

Sakai M, Fukushima K, Naito SR, Natuhara Y, Kato M. (2016) Coniferous needle litter acts as a stable food resource for stream detritivores. *Hydrobiologia* 779: 161-171. DOI: 10.1007/s10750-016-2813-8. (査読有)

福島慶太郎・富田遼平・横山勝英. (2016) 気仙沼湾に流入する河川水中の溶存態有機物の規定要因. *土木学会論文集 G (環境)* 72 (5): I_165-I_172. DOI: 10.2208/jscej.72.I_165. (査読有)

橋本和磨・福島慶太郎・横山勝英. (2016) 東日本大震災による塩性湿地の形成過程に関する研究 - 気仙沼舞根地区の事例 -. *土木学会論文集 G (環境)* 72(5): I_179-I_186. DOI: 10.2208/jscej.72.I_179. (査読有)

Fukushima K, Tomita R, Yanagi R, Yokoyama K. (2016) Changes in soil-derived DOM characteristics and dissolved iron concentrations by salinity and solar light irradiation. *Proceedings of the 18th International Conference of International Humic Substance Society (IHSS)*. 1-2. (査読有)

Urakawa R, Ohte N, Shibata H, Isobe K, Tateno R, Oda T, Hishi T, Fukushima K, Inagaki Y, Hirai K, Oyanagi N, Nakata M, Toda H, Kenta T, Kuroiwa M, Watanabe T, Fukuzawa K, Tokuchi N, Ugawa S, Enoki T, Nakanishi A, Saigusa N, Yamao Y, Kotani A. (2016) Factors contributing to soil nitrogen mineralization and nitrification rates of

forest soils in the Japanese archipelago. *Forest Ecology and Management* 361: 382-396. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.11.033 (査読有)

Isagi Y, Oda T, Fukushima K, Lian C, Yokogawa M, Kaneko S. (2016) Predominance of a single clone of the most widely distributed bamboo species *Phyllostachys edulis* in East Asia. *Journal of Plant Research* 129: 21-27. DOI: 10.1007/s10265-015-0766-z (査読有)

Fukushima K, Usui N, Ogawa R, Tokuchi N. (2015) Impacts of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) invasion on dry matter, and carbon and nitrogen stocks in a broad-leaved secondary forest located in Kyoto, western Japan. *Plant Species Biology* 30: 81-95. DOI: 10.1111/1442-1984.12066. (査読有)

Kobayashi T, Fukushima K, Hisamoto Y, Inoue A. (2015) The species biology of bamboos in Japan: from gene to landscape. *Plant Species Biology* 30: 42-44. DOI: 10.1111/1442-1984.12075. (査読有)

Urakawa R, Ohte N, Shibata H, Tateno R, Hishi T, Fukushima K, Inagaki Y, Hirai K, Oda T, Oyanagi N, Nakata M, Toda H, Tanaka K, Fukuzawa K, Watanabe T, Tokuchi N, Nakaji T, Saigusa N, Yamao Y, Nakanishi A, Enoki T, Ugawa S, Hayakawa A, Kotani A, Kuroiwa M, Isobe K. (2015) Biogeochemical nitrogen properties of forest soils in the Japanese archipelago. *Ecological Research* 30: 1-2. Data Paper. DOI: 10.1007/s11284-014-1212-8 (査読有)

福島慶太郎・立岩沙知子・高柳敦・吉岡崇仁 (2015) 京都府芦生研究林におけるニホンジカによる植生被害と森林生態系への影響. *水利科学* 59 (4): 65-83. (査読有)

Fukuzaki K, Yoshioka T, Fukushima K, Ishii K, Sawayama S, Imai I. (2014) Fluorescent characteristics of dissolved organic matter produced by bloom-forming coastal phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 36: 685-694. DOI: 10.1093/plankt/fbu015 (査読有)

Urakawa R, Shibata H, Kuroiwa M, Inagaki Y, Tateno R, Hishi T, Fukuzawa K, Hirai K, Toda H, Oyanagi N, Nakata M, Nakanishi A, Fukushima K, Enoki T, Suwa Y. (2014) Effects of freeze-thaw cycles resulting from winter climate change on soil nitrogen cycling in ten temperate forest ecosystems throughout the Japanese archipelago. *Soil Biology and Biochemistry* 74: 82-94. DOI: 10.1016/j.soilbio.2014.02.022 (査読有)

Yanai RD, Tokuchi N, Campbell JL, Green MB, Matsuzaki E, Laseter SN, Brown CL, Bailey AS, Lyons P, Levine CR, Buso DC,

Likens GE, Knoepp JD, Fukushima K. (2014) Sources of uncertainty in estimating stream solute export from headwater catchments at three sites. *Hydrological Processes* 29: 1793-1805. DOI: 10.1002/hyp.10265. (査読有)

[学会発表](計 31 件)

山本光夫・劉丹・福島慶太郎・横山勝英. 気仙沼湾の環境特性と鉄の挙動の関係性. 平成 29 年度水産学会春季大会, 東京海洋大学, (東京都港区) 2017 年 3 月 27 日
渡辺謙太・福島慶太郎・笠井亮秀・吉岡崇仁・山下洋. 由良川-丹後海における栄養塩・溶存鉄の動態と生物生産. 平成 29 年度水産学会春季大会シンポジウム, 東京海洋大学, (東京都港区) 2017 年 3 月 26 日
福島慶太郎・横山勝英. 気仙沼流域圏における溶存有機物および溶存鉄の挙動, 平成 29 年度水産学会春季大会シンポジウム, 東京海洋大学, (東京都港区) 2017 年 3 月 26 日
福島慶太郎・安部真央・夏池真史・長坂翔子・横山勝英. 津波後の気仙沼湾における麻痺性貝毒原因プランクトンの発生と栄養塩動態について, 第 64 回日本生態学会, 早稲田大学, (東京新宿区) 2017 年 3 月 16 日
福島慶太郎・長坂翔子・安部真央・横山勝英. 気仙沼湾および流入河川における水質の長期変動解析と震災による攪乱影響評価. 第 81 回日本陸水学会 琉球大学, (沖縄県西原市) 2016 年 11 月 2-4 日
橋本和磨・福島慶太郎・横山勝英, 河川及び沿岸域における溶存有機物の時空間変化-震災によって創出された塩性湿地の影響-, 第 81 回日本陸水学会, 琉球大学, (沖縄県西原市) 2016 年 11 月 2-4 日
Fukushima K., Tomita R, Yanagi R, Yokoyama K. Changes in soil-derived DOM characteristics and dissolved iron concentrations by salinity and solar light irradiation. 18th International Conference of International Humic Substance Society (IHSS), 金沢文化ホール, (石川県金沢市) 2016 年 9 月 13 日.
橋本和磨・福島慶太郎・横山勝英. 震災によって創出された塩性湿地における栄養塩収支. 土木学会全国大会第 71 回年次学術講演会, 東北大学, (宮城県仙台市) 2016 年 9 月 7 日.
橋本和磨・福島慶太郎・横山勝英. 東日本大震災による塩性湿地の形成過程に関する研究 - 気仙沼舞根地区の事例 -. 第 24 回地球環境シンポジウム, 首都大学東京, (東京都八王子市) 2016 年 9 月 1 日
福島慶太郎・富田良平・横山勝英. 気仙沼湾に流入する河川水中の溶存態有機物の規定要因. 第 24 回地球環境シンポジウム, 首都大学東京, (東京都八王子市) 2016

年 9 月 1 日

福島慶太郎・富田良平・横山勝英. 気仙沼湾沿岸における溶存態有機物の起源とその時空間変化, 第 63 回日本生態学会, 仙台国際センター, (宮城県仙台市) 2016 年 3 月 24 日

山本光夫・劉丹・福島慶太郎・横山勝英. 気仙沼・舞根湾における鉄の動態に及ぼす河川の影響評価. 化学工学会第 81 年会, 関西大学千里山キャンパス, (大阪府吹田市) 2016 年 3 月 14 日

山本光夫・劉丹・福島慶太郎・横山勝英. 気仙沼・舞根湾における鉄を中心とした物質の動態, 2015 年度水産海洋学会研究発表大会, 釧路市観光国際交流センター, (北海道釧路市) 2015 年 10 月 10 日

富田良平・福島慶太郎・横山勝英. PARAFAC 解析を用いた気仙沼湾流域における溶存有機物の動態, 日本陸水学会第 80 回大会, 北海道大学, (北海道函館市) 2015 年 9 月 28 日

富田良平・福島慶太郎・横山勝英. 気仙沼湾流入する河川水中における溶存有機物と土地利用との関係, 2015 年度水文・水資源学会研究発表会, 首都大学東京, (東京都八王子市) 2015 年 9 月 10 日

福島慶太郎・徳地直子・吉岡崇仁. 人工林における伐採残渣の取り扱いが生態系外への養分流出に与える影響, 第 126 回日本森林学会, 北海道大学, (北海道札幌市) 2015 年 3 月 27 日

山本知実・白澤紘明・福島慶太郎・長谷川尚史・吉岡崇仁. 森林源頭部における小集水域間での溶存有機態炭素および硝酸塩濃度の変動要因, 第 126 回日本森林学会, 北海道大学, (北海道札幌市) 2015 年 3 月 26 日

福島慶太郎・長坂翔子・鈴木伸弥・日高渉・横山勝英. 気仙沼湾において震災後に創出された河口部の塩性湿地が陸域から沿岸への栄養塩濃度と組成に与える影響, 第 62 回日本生態学会, 鹿児島大学, (鹿児島県鹿児島市) 2015 年 3 月 21 日

福島慶太郎・福崎康司・日高渉・鈴木伸弥・大槻あずさ・池山祐司・白澤紘明・河本晴恵・西岡裕平・長谷川敦史・向昌宏・徳地直子・吉岡崇仁. 森林攪乱・土地利用変化が河口域の栄養塩濃度に与える影響, 生物地球化学研究会現地セッション, 京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所, (京都府舞鶴市) 2014 年 10 月 24 日

Fukushima K., Tokuchi N, Samejima H, Jason H, Kano Y. Spatial Distribution of Dissolved and Particulate Organic Carbon in the Kemena and Tatau Rivers, Sarawak. International Seminar of "Human Nature Interactions of the Riverine Societies in Sarawak - A Transdisciplinary Approach". Kuching, (Malaysia) 2014 年 4 月 12 日.

〔図書〕(計0件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

なし

取得状況(計0件)

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福島 慶太郎 (FUKUSHIMA, Keitaro)

首都大学東京・都市環境科学研究科・特任

助教

研究者番号：60549426