

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26550088

研究課題名(和文) 森は海の恋人か？土地利用変化と河川流量及び海域変化の統合研究スキームの開発

研究課題名(英文) Development of synthetic approach to reconstruct the past interaction between landuse change and river discharge or marine ecosystem

研究代表者

鎌内 宏光 (Kamauchi, Hiromitsu)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・特任助教

研究者番号：00398942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、明治以降の大規模な土地利用変化に対する河川及び汽水湖生態系の反応を、汽水湖の堆積物コア解析や古文書、統計資料、数理モデル等を駆使して復元することにより、水系全体の動態予測と再生指針の構築に資することである。

厚岸湖集水域の土地利用変化を解析し、農地が第二次大戦後に大幅に増加したことを明らかにした。また、河川流況モデルのパラメータ検討の一環として、流入河川の結氷状況と、海霧による蒸発散の低下範囲を推定した。厚岸湖の堆積物コアで年代測定と同時に有殻性プランクトン相の復元を試み、現在貝毒被害を生じている有毒種がかなり以前から定着していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The object of this project was reconstructing the past interaction between large-scale land-use change and river discharge or coastal marine ecosystem through combination of analyzing sediment core at lagoon, old references, governmental statistics or numerical models. It may helpful to understanding the dynamics of aquatic systems after areal reclamation or constructing the direction for reconstruction after large-scale development.

We found that farmland drastically increased after the World War Two by analyzing the long-term change of land-use in Akkeshi lake watershed (Hokkaido, Japan) where is the study area. We also examined the freezing area among inlets, covering area by sea-fog which dropping evaporation or transpiration. Reconstruction of plankton flora which having shells by DNA extraction, which running with age estimation, showed several harmful species that causing shellfish poisoning in the present has been inhabiting since a long time ago through sediment core analysis.

研究分野：陸域水域相互作用

キーワード：土地利用変化 近過去環境復元 堆積物 開拓 北海道 厚岸 森は海の恋人

1. 研究開始当初の背景

：森林は沿岸海域に重要とされるが、機構は不明である。近年は栄養塩や鉄供給に着目して植生や土地利用の異なる集水域の比較が行われているが、地形や地質といった生態系の基本構成要素も異なっているため、科学的立証として不十分である。また、伐採・植栽・林分成長の過程を実験における操作処理と見なすなら、海域に大きな影響が出る程大規模な森林の改変は実務的には実現不可能であり、従って伐採等による海域への影響は検出不可能であろう。一方で、森林成立スケール(数十年間)での土地利用と水域応答を検証した知見は皆無である。明治以降の北海道開拓では大規模・一斉的な土地利用変化が行われ、その過程を近代的統計資料で復元可能である(鎌内(2012)美幌博物館研報 19:9-18)という意味で、集水域での大規模な土地利用改変が海域に与える影響を検出できる、世界的にも希有な事例であろう。しかしこのような観点での研究は皆無である。北海道東部の厚岸湖では、明治以降の森林伐採によって河川及び汽水湖の環境が変化した結果として、天然カキ個体群が崩壊したとされる(Inukai&Nishio(1937)J.Fac.Agr.Hokkaido Impe.Univ.40:1-33)。だが森林が回復した現在も天然のカキ個体群は存在しない(鎌内・未発表)。

代表者は厚岸湖の生物群集の長期変動プロジェクト(科研費基盤 A・課題番号 21241055)に携わった過程で、水域生態系の長期変動において地球環境変化だけでなく集水域での大規模な土地利用改変の影響に着目するに至った。北海道の森林開拓は、(函館周辺を除いて)ほぼ原生林に覆われていた開拓以前、農地造成や林業等による大規模伐採と植林放棄が続いた昭和30年代まで、それ以降でのパイロットフォレストをはじめとした大規模植林の開始と、時代ごとに大きく異なる土地利用様式が知られており、これら集水域の変化に対する河川及び沿岸海域への影響が検出可能と予想される。

厚岸湖集水域では昭和50年代以前の淡水流入や河川からの栄養塩供給量のデータは存在しない。しかし河川流量や栄養塩流出のキーとなる土地利用変化については地形図によって明治以降は復元可能なので、土地利用の長期変化から過去の河川環境を復元できる可能性に着目した。また、厚岸湖は別寒辺牛川河口に位置する閉鎖的な汽水湖で、集水域の湿原から供給される腐植質が豊富な他、湖内でもアマモの繁茂等による有機物生産が大きいことから湖底での堆積速度が大きく、近過去環境を高精度に復元できる可能性がある。加えて、厚岸湖は開拓以前から天然カキの産地として有名であり、また近年は別寒辺牛川で150歳を超える二枚貝の生息が確認された(渡邊

(2011)河川整備基金助成報告書)ことから、これら貝殻から推定された過去の河川環境を検証できる可能性を着想した。

2. 研究の目的

「森は海の恋人」と言われるが、実証的データは皆無である。そこで北海道での明治以降の大規模な土地利用改変に着目し、①現在の土地利用から河川の流量及び栄養塩流出をモデル化し、②このモデルと土地利用変化から推定した過去の河川流量・栄養塩流出量を、対象地域に生息する長寿命(150歳以上)の淡水二枚貝の貝殻分析により検証し、③沿岸海域の堆積物による生物分析と水質・漁獲等の統計資料の解析によって、土地利用変化と河川・沿岸の応答手法確立と、相互作用機構の解明を目的とした。

1)河川の日流量推定モデル(Nakada et al.(2012)Hydro.Res.Let.6:47-52)及び栄養塩流出モデル(大島他(2006)日ベントス誌 61:66-76)を用いて現在の土地利用と河川流量・栄養塩のモデル化、これに土地利用変化を適用して過去の河川環境を推定。生物由来炭酸塩に含まれる酸素の安定同位体比は、集水域における植生の大規模改変による蒸発散量の変化を反映して変化すると予想されるので、別寒辺牛川水系に生息する150歳以上の貝殻の酸素安定同位体比分析から推定結果を検証する。2)上記モデルによる厚岸湖内への河川水供給と拡散及び湖内水温の長期的変性を復元する。この結果と、既往の水温とカキにおける産卵応答を照合してInukai & Nishio 説を検証する。3)堆積物柱状試料から年代ごとの生物相(花粉、植物プランクトン等)と河川環境変化への応答を解明。4)水質・漁獲データから生態系の応答を解析。

特色・独創性

1)統合的で学際的な過去の環境動態の復元。2)確立された手法で確実な成果。3)明治以降の近代的資料(地形図、各種統計)から生態系を復元。4)バイオミネラルによるモデルの検証。

意義：全国の森林は戦後の一斉植林から60年余が経過し、人工林が成熟して伐採と再植林時期を迎えている。しかし「森は海の恋人」には科学的根拠が乏しく、漁業に資する植林手法の確立は困難である。本研究はその機構を解明し、どのような植林を行うべきかの一助となる。

「森は海の恋人」という言葉に代表される陸域生態系と水域生態系のつながりは、社会的には重要な課題として広く認識されている。また森林保護制度に「魚附林」「水源保安林」が設定されるなど、行政上も重要な課題となっている。しかし科学的な知見は乏しい。その原因として、林業、農業、漁業、水利といった様々な利害が関係していること、および林学、農学、水産学、砂

防学、水文学、水理学、生態学、陸水学、海洋学といった多様な学問分野に跨った課題であることから、統合的な研究が難しいことが考えられる。

本研究では、1) 土地利用改変による陸域生態系の質的变化を沿岸海域の底泥堆積物で検証、2) 土地利用と河川流量及び栄養塩流出の関係を数理モデル化することで過去の森林伐採および植林等に対応した河川環境の変化を推定し、これを河川性の長寿命(150歳以上)二枚貝の貝殻を使って検証、3) 推定された河川水量(=沿岸海域への淡水流入)変化を海産二枚貝の貝殻によって検証、4) 堆積物中の微細藻類(珪藻)種組成と漁獲統計の変遷から陸域変化に対する海域の生物生産の反応を特定、というように、階層的な生態系間相互作用を複数の手法を駆使して重層的に明らかにする。

3. 研究の方法

本研究は、北海道東部の別寒辺牛川集水域を対象とする。流域面積(447 km²)の約80%が森林および湿原・原野であり、残り20%のほとんどは農地(主に西側に集中)で人口密度は極めて低い(14.2人/km²)。

集水域末端には閉鎖的汽水湖(厚岸湖)があり、その湖岸に位置する厚岸町が江戸時代中頃に開かれて以来の歴史資料が博物館(厚岸町立海事記念館)に整備されている。また、淡水域に生息しているカワシジユガイでは150歳以上の個体が発見されている(渡邊(2011)河川整備基金助成報告書)。厚岸湖は冬期結氷して氷上での独特の漁業(氷下漁)が行われており、安全で確実に上質な柱状試料が採取可能である。

本研究計画は、主に次の4つで構成される。

1) 土地利用-河川流量モデルの開発: 土地利用の異なる支流の流量観測を実施しモデル化

2) 土地利用変化の定量化: 開拓開始以降の土地利用変化を旧版地形図から定量化

3) 過去の河川環境推定: 開発したモデルと土地利用から過去の河川流量と栄養塩輸送を推定し、長寿命の淡水二枚貝および汽水二枚貝から河川環境と厚岸湖への淡水流入を検証

4) 湖底堆積物やカキ殻の解析による陸域の長期変化と厚岸湖の反応: 堆積物コア中の a) 花粉及び陸上植物マーカー有機物から陸上植生変化、b) 栄養塩及び粒度組成から河川の物質輸送変化、c) 珪藻群集組成から海域の生物生産変化をそれぞれ検証

土地利用及び現在の河川水質について、主に鎌内が担当する。湖底堆積物コアを共同で採取する。

1-1) 別寒辺牛川水系のうち、農地が集中しているチャンベツ川及びホマカイ川と、天然林を流れる別寒辺牛川、人工林を流れる

フッポウシ川において、自動水位記録計を用いて融雪期～凍結期前の河川流量を観測する。定期的に採水して栄養塩濃度を分析する。

1-2) GIS を用いて旧版地形図を解析し、土地利用の長期変化を定量する。別寒辺牛川集水域では明治30(1897)年以降7回の大規模な地形図の改版が行われており、これらを国土地理院から購入して、森林及び耕作地等の人為改変地面積の増減を定量的に解析する。

1-3) 平成26年の結氷期(1~2月頃)に厚岸湖の湖底堆積物コアの採取を行う。平成24年の予備調査から、A) 氷上でのコア採取は足場が安定することから高度なコア採取器具を使用可能、B) 別寒辺牛川河口付近では低塩分のため堆積物攪乱生物(アナジャコ等)がほとんどいないこと、が分かっている。採取したコアは層別に分割して分析に供する(2-2項)。

1-4) 別寒辺牛川でカワシジユガイを採取し、年齢査定を行い、貝殻の酸素同位体比を分析する。

1-5) 北海道大学総合博物館収蔵の厚岸湖産カキ貝殻標本の年代推定(放射性炭素同位体分析)と淡水流入率推定(カルシウム・ストロンチウム比分析)を行う。

4. 研究成果

本研究の目的は、北海道での明治以降の大規模な土地利用改変に対する河川及び汽水湖生態系の反応を、汽水湖の堆積物コア等から復元することにより、森と川と海の相互作用を明らかにし、水系全体の動態予測と再生指針の構築に資することである。

平成26年度は厚岸湖において堆積物コアを採取するとともに、既往文献や過去の試料調査を進めた。特に昭和初期の厚岸湖産と見られるカキ殻を発見した。一方、旧版地形図から集水域の土地利用変化を解析し、森林から農地への変更が第二次大戦後に大幅に増加したことを明らかにした。

また、集水域における蒸発散を推定するためのパラメータの一つとして、陸上の微気象における海霧の影響を検討した。厚岸地方は春から秋に海霧によって微気象に地域差が生じるが現地の気象データが無いので、陸上の植物分布を検討し、海岸線から内陸約20 kmまで低温多湿な環境が生じることが示唆された。

平成27年度は堆積物コアの年代測定を進めると同時に、分子微生物的手法によって過去の植物プランクトン相の復元を試み、渦鞭毛虫や珪藻などの有殻種が過去の堆積物からも検出可能なことを確認した。また、現在厚岸地方で貝毒被害を生じているAlexandrium 属有毒種がかなり以前から定着していることが明らかになった。また、海由来物質の陸上での分布等から海霧の空間分布を検討し、海岸線から約5 km内陸ま

でに大半の海由来物質が沈着することから、低温多湿な微気象が内陸方向に指数的に変化することが明らかになった。

平成 28 年度は堆積物コアの年代測定結果を解析し、採取されたコアにより約 90 年前まで復元出来ることを確認した。また、河川流況モデル検討の一環として、流入河川上流部の冬季の凍結状況を検討した。厚岸湖流入河川の中下流部では冬季に結氷することが知られていたが、過去の水位計データを精査した結果、厚岸湖集水域の源頭を含む根釧台地では地質の違いによって一部の河川で源頭部が凍結しない事例があるものの、厚岸湖集水域では源頭部から凍結することが明らかになった。また、春から秋に厚岸地方沿岸部を覆う海霧による微気象改変について、海由来物質の分布状況から海霧の被覆範囲を検討した結果、海岸線から約 5 km 内陸まで分布していることが明らかとなった。海霧自体は 20 km 程度内陸まで侵入するものの、5 km 程度内陸まででその影響が強いことが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

1) 鎌内宏光, 太田民久, 陀安一郎、北海道東部沿岸域における海霧が陸上生態系に与える影響の検出、第 5 回同位体環境学シンポジウム、総合地球環境学研究所、京都、2015 年 12 月 25 日

2) 鎌内宏光, 赤坂宗光, 寄元道德、北海道東部におけるカンバ属の分布と海霧、日本生態学会第 63 回大会、仙台国際センター、仙台、2016 年 3 月 24 日

3) 鎌内宏光, 福島慶太郎, 近藤昭彦, 岡部芳彦, 勝山智恵, 佐藤修一, 林大輔, 徳地直子、北海道東部(標茶町)の森林小河川における河川流量とフラックス、日本陸水学会 第 81 回大会、琉球大学沖縄県西原町、2016 年 11 月 6 日

4) 鎌内宏光, 太田民久, 山口高志, 石田卓也, 陀安一郎、北海道東部沿岸域における海霧を介した海洋と陸上生態系のつながり、第 6 回 同位体環境学シンポジウム、総合地球環境学研究所、京都、2016 年 12 月 22 日

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鎌内 宏光 (Hiromitsu Kamauchi)
金沢大学・環日本海環境研究センター・
特任助教
研究者番号: 00398942

(2) 研究分担者

長尾 誠也 (Seiya Nagao)
金沢大学・環日本海環境研究センター・
教授
研究者番号: 20343014

(3) 連携研究者

関 宰 (Osamu Seki)
北海道大学・低温科学研究所・准教授
研究者番号: 30374648

林 竜馬 (Ryoma Hayashi)
滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・学芸職員
研究者番号: 60636067

田辺 祥子 (Shyoko Tanabe)
滋賀県立大学・環境科学部・助教
研究者番号: 80423226

佐々木 尚子 (Naoko Sasaki)
京都府立大学・生命環境科学研究科・研究員(移行)
研究者番号: 50425427

(4) 研究協力者

()