

平成 21 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18310002

研究課題名（和文） 集中豪雨により放出される懸濁粒子の特徴と沿岸生態系への影響評価

研究課題名（英文） Research of characteristics of riverine suspended particles released by heavy rain and their effects on coastal ecosystem

研究代表者

長尾 誠也（NAGAO SEIYA）

金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授

研究者番号：20343014

研究成果の概要：

石狩川河川水の懸濁態有機物の放射性炭素の $\delta\Delta^{14}\text{C}$ 値は年間を通じて大きな変動を示し、雪融けと降雨時には古い有機物が移動していることが明らかとなった。その変動幅は下流域<中流域<河口域<上流域の順であり、河川に供給される懸濁態の有機物は、河川流域環境や水の供給経路等の特徴と関連して変動することが考えられる。これらの結果から、沿岸域への影響評価には、雪融けと降雨時の粒子の供給量と供給機構の重要性が示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	8,500,000	2,550,000	11,500,000
2007 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2008 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	15,600,000	4,680,000	20,280,000

研究分野：環境学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：河川、懸濁粒子、有機物、炭素同位体比、放射性炭素、雪融け、降雨、流域環境

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化の影響で、日本、フィリピン、アメリカ等の世界各地で台風・ハリケーン等の発生・直撃回数が増加し、集中豪雨による人間活動及び生態系への被害が深刻化している。日本では九州地方が台風による集中豪雨の影響に直面し、北海道でも台風の直撃を受け深刻な被害が発生するように変化している。集中豪雨の被害は山崩れ、洪水

等の直接被害と、集中豪雨時に河川流域から運ばれた懸濁粒子による沿岸漁業や沿岸生態系に影響を及ぼす潜在的な被害が考えられる。

沿岸生態系は、水産資源として我々の人間生活に食料を供給している。また、沿岸域は温暖化の原因物質の炭素のシンクあるいはソースと考えられ、炭素循環の中で重要な地域と位置づけられている。これは、陸域からの栄養塩が河川を經由して沿岸生態系に供

給されるためである。そのため、集中豪雨の程度に応じた沿岸生態系への影響を定量的にしかも、河川流域の土地利用形態の変遷に対応した影響評価を検討するに至った。

2. 研究の目的

集中豪雨の際に河川から沿岸域に放出される大量の懸濁粒子が海底面を覆う場合には、底棲生物の生息環境を奪うためにマイナスの影響が考えられる。一方、懸濁粒子には、底棲生物の餌となる有機物やリン酸などの栄養塩が含まれている。そのため、広範囲に河川粒子が供給された場合には底棲生物あるいは浮遊性の植物プランクトンの生育にはプラスの効果を及ぼす可能性も考えられる。しかし、現状では、このような沿岸域への懸濁粒子の影響評価は行われていない。これは、降雨時における調査が行われていないことや、河川起源の懸濁粒子の特徴を詳細に調べていないことが原因である。そのため、集中豪雨の程度に応じた沿岸生態系への影響を定量的にしかも、河川流域の土地利用形態の変遷に対応した影響評価を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

河川流域の土地利用形態と集中豪雨の程度に応じた沿岸生態系への影響を定量的に評価するためには、鉱物組成・化学成分組成・有機物組成等の懸濁粒子の特徴を把握するとともに、懸濁粒子の起源を特定する必要がある。また、粒子の特徴を総合的に把握し、起源推定に有効な化学成分等をトレーサーとして検討することが必要不可欠である。

本研究では、北海道の大規模な河川の石狩川、十勝川、天塩川、平水時でも粒子量が高い沙流川を実験調査フィールドと設定し、河川流量が増大する雪解け時期並びに降水時に河川の下流域に定点を設けて流量が高い時期から平常時に戻るまで系統的に調査を行うとともに、船による沿岸域の調査も行い、集中豪雨により輸送される懸濁粒子の特徴とその水平的な広がりとの関係を検討した。河川懸濁粒子の量とその特徴を鉱物組成、化学成分及び有機物の組成（リグニンフェノール）や放射性炭素と炭素安定同位体比をトレーサーとして活用し、河川水の懸濁粒子の起源推定を試みた。また、懸濁粒子の化学的な特徴を基に陸起源物質の沿岸域への移行挙動、水平的な広がりや堆積物への沈降過程を考察した。

4. 研究成果

本研究では、沿岸生態系への影響評価が重要な1次産業が主要産業の北海道の河川を対象に流路長が長く、流域面積が広く、上流から下流にかけて、河川勾配・土壌特性・植生等の流域環境が変化する石狩川を主なフィールドとして設定した。対象点として源流域は同じ大雪山系だが、流域環境が異なる天塩川、十勝川、さらに平水時でも懸濁粒子量が高い日高地方の沙流川と湿原域の釧路川、別寒辺牛川を選択した。流域の土壌特性と流量、その変動パターンも異なり、それぞれの河川水系でケーススタディを検討できるため、懸濁粒子の特性の違い、供給機構の相違あるいは沿岸域生態系への影響の程度も異なる可能性が考えられる。本研究では3年間の観測を通じて以下の成果が得られた。

- ・ 定点観測による懸濁粒子の特徴の年間変動
石狩川の下流域の岩見沢大橋において、2005年の4月から2006年の12月まで、2008年には4月から10月までの期間に1ヶ月毎にサンプリングを行い、懸濁粒子を採取し、懸濁粒子の有機物の特徴を有機炭素含量、C/Nモル比、さらに炭素安定同位体対比、放射性炭素を測定した。その結果、全試料について有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値がマイナスを示し、核実験以前に植物に固定された土壌有機物が主に移行していることが明らかとなった。また、4月から5月にかけての雪融けの時期及び秋期の降雨時に $\Delta^{14}\text{C}$ 値がより低い値であった。この結果は、雪融け、降雨時には古い有機物が河川に供給され海洋へ輸送されることが明らかとなった。

- ・ 広域観測による懸濁粒子の特徴の変動
石狩川水系での懸濁態有機物の移行挙動を詳細に検討するために、本流は上流の納内橋、下流の岩見沢大橋、さらに石狩川最大支流の空知川で観測を行った。

石狩川の納内橋で採取した懸濁粒子は、有機炭素含量は2.0~7.8%と変動し、高流量期に $2.5 \pm 0.5\%$ 、低流量期には $7.1 \pm 0.8\%$ と低流量期に高い値であった。 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は $-154 \sim -66\text{‰}$ と大きく変動し、高流量期に $-95 \pm 29\text{‰}$ 、低流量期には $-145 \pm 10\text{‰}$ と異なる値を示した。また、 $d^{13}\text{C}$ 値とC/N比も同様に高流量期と低流量期では異なっていた。

空知川の河川水懸濁粒子は、有機炭素含量は1.9~7.3%と変動し、高流量期に $2.0 \pm 0.1\%$ 、低流量期には $6.7 \pm 0.7\%$ と低流量期に高い値であった。 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は $-447 \sim -141\text{‰}$ と大きく変動し、高流量期に $-408 \pm 39\text{‰}$ 、低流量期には $-145 \pm 5\text{‰}$ と異なる値を示した。また、 $d^{13}\text{C}$ 値とC/N比も同様に高流量期と低流量期では異なっていた。つまり、高流

量期の空知川懸濁態有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は他の試料に比べて300%程度低い、つまり見かけの年代が古い有機物が移行していることが考えられる。また、空知川懸濁態有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値と $d^{13}\text{C}$ 値の変動幅が石狩川納内橋に比べて大きく、観測点の違いが顕著に認められた。これらの結果は、石狩川と空知川では河川へ供給される有機物の質が異なることを示唆している。

高流量期から低流量期への変動方向が石狩川の納内橋と空知川では逆の関係にあることが分かる。Nagao et al. (2005)は、十勝川の茂岩橋において、雪解けとその後の平常時の観測を行い、雪解け時に低い $\Delta^{14}\text{C}$ と $d^{13}\text{C}$ 値、平常時には高い $\Delta^{14}\text{C}$ と $d^{13}\text{C}$ 値のような今回の石狩川、空知川とは異なる変動を示した。これらの結果は、河川流域の特徴と水位・流量が河川有機物の特徴を支配する要因であることを示している。

また、2008年には河川流域と河川懸濁粒子との関係をより詳細に検討するため、これまでの観測よりさらに上流に観測点(菊水橋)を設定し、石狩川において上流から下流までの観測を行った。雪解け時期には懸濁態有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は上流域から下流域に移動するに従い減少する傾向を示した。一方、平水時の6月と10月には中流域と下流域の測点での差が0~7%とほぼ一致する値であった。しかしながら、 $d^{13}\text{C}$ 値は上流域、中流域、下流域で異なる値であった。上流域の測点では、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は4月と6月にプラス、つまり核実験以降に生成された有機物の流入が考えられる。また、その変動幅は266%と最大であった。3地点の懸濁態有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の平均値は、上流域で+56.6%、中流域で-106%、下流域で-178%であった。これらの結果は、それぞれの流域で河川へ供給される有機物の質は異なり、下流域では中流域と下流域との間でその流域から供給される有機物の特徴を反映していることが考えられる。

・降雨時における懸濁粒子の変動

2006年9月4~6日に天塩川中流の名寄大橋において30mmの降雨時に、降雨前、降雨時2回、さらに降雨終了後の3日間にわたり河川水の懸濁粒子を採取し、炭素同位体の変動傾向を調べた。その結果、炭素安定同位体比は降雨前の-25.3‰から-26.5‰前後の値にシフトした。一方、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は-56‰から-10‰へ変動し、降雨終了後は降雨前の値に戻った。この結果は、石狩川とは異なり、降雨時により新しい有機物の供給が行われたことを示唆している。天塩川では石狩川と同様に、雪融け時には-200~-270‰と古い有機物が輸送されていた。天塩川の今回の観測期間の降雨は、時間最大降雨量が5mmとそれほど激しい雨ではなく、先の石狩川の降雨状況とは異

なっていた。以上の結果から、降雨の状況により河川へ供給される有機物の質、つまり起源が異なる可能性が考えられる。

・沿岸域への河川粒子の移行と沈積過程

沿岸域への懸濁粒子の移行・堆積状況を把握するため、常時懸濁粒子の移行量が高い沙流川において、河川の懸濁粒子を採取するとともに、沙流川沖の水深10m~39mの沿岸表層堆積物を採取し、有機物の炭素同位体比を測定した。堆積物有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は-665~-77‰と大きく変動し、-168~-77‰の比較的若い有機物がパッチ上に分布していた。河川懸濁粒子の有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ 値は-250‰前後であることから、海洋表層で生産された新しい有機物の寄与による可能性が考えられる。また、周辺部は砂質の堆積物で $\Delta^{14}\text{C}$ 値は-400~-665‰とかなり古い有機物で構成されていることから、河川由来の有機物は沙流川沖の沿岸堆積物には堆積せず、より遠方の大陸棚あるいは大陸斜面に運ばれ堆積するプロセスが考えられる。

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9件)

①S. Nagao, Y. Sakamoto, T. Tanaka, R. R. Rao: Effects of groundwater humic substances on sorption of Np (V) sandy materials. Humic Substances Research (in press), 査読有

② M. Fukushima, S. Shigematsu, S. Nagao : Oxidative degradation of 2,4,6-trichlorophenol and pentachlorophenol in contaminated soil suspensions using a supramolecular catalyst of 5,10,15,20-tetrakis (*p*-hydroxyphenyl) porphine-iron(III) bound to humic acid via formaldehyde polycondensation, J. Environ. Sci. Health, Part A (in press), 査読有

③Y. Saitoh, K. Kuma, Y. Isoda, H. Kuroda, H. Matsuura, T. Wagawa, H. Tanaka, N. Kobayashi, S. Nagao, T. Nakatsuka: Processes influencing iron distributions in the coastal waters of the Tsugaru Strait, Japan. J. Oceanogr., 64, 815-830, 2008, 査読有

④T. Suzuki, Y. Sugiyama, C. Wada, T. Kumagai, S. Nagao, T. Kitano, S. Nakano, O. Mitamura, Y. Matsuura, V. V. Drucker, V. A. Fialkov, M. Sugiyama: Role of

allochthonous organic matter in Lake Biwa investigated using a 3-dimensional fluorescence excitation-emission matrix spectroscopy and high-performance liquid chromatography-mass spectrometry, *Verhandlungen*, 30, 469-476, 2008, 査読有

⑤ S. Nagao, H. Kodama, T. Aramaki, N. Fujitake, K. Yonebayashi: Variations in $\Delta^{14}\text{C}$ of humic substances in the Lake Biwa waters. *Nucl. Inst. Method Phys. Res. B* 259, 552-557, 2007, 査読有

⑥ Md. J. Alam, S. Nagao, T. Aramaki, Y. Shibata, M. Yoneda: Study on transportation of particulate organic matter in the Ishikari River waters from spring to summer season. *Nucl. Inst. Method Phys. Res. B* 259, 513-517, 2007, 査読有

⑦ T. Usui, S. Nagao, M. Yamamoto, K. Suzuki, I. Kudo, S. Montani, A. Noda, M. Minagawa: Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C/N ratios. *Mar. Chem.*, 98, 241-259, 2006, 査読有

⑧ D. Asakawa, H. Mochizuki, Y. Yanagi, T. Suzuki, S. Nagao, N. Fujitake: Changes in elemental composition, molecular weight and ^1H NMR spectra of the water-extractable hydrophobic acid fraction in Cambisol with season and soil depth. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52, 361-370, 2006, 査読有

⑨ D. Asakawa, H. Mochizuki, Y. Yanagi, T. Suzuki, S. Nagao, N. Fujitake: Effects of operational conditions for extraction and sample storage on the structural properties of water-extractable humic substances in soil: *Humic Substances Res.*, 3, 15-24, 2006, 査読有

[学会発表] (計 10 件)

① S. Nagao, T. Aramaki, Y. Ogurom, H. Amano, M. Uchida, Y. Shibata: Variations in $\Delta^{14}\text{C}$ values of POM in the Ishikari River, American Geophysical Union, Fall Meeting 2008. 12. 14-19 サンフランシスコ、アメリカ

② 関幸、長尾誠也、児玉宏樹、米林甲陽、宮島徹、中塚武、藤嶽暢英: 土壌、堆積物および溶存腐植物質の水素同位体比、第 24 回腐植物質学会 2008. 11. 4-5 札幌

③ 三上裕、関幸、長尾誠也、福嶋正巳、荒巻能史、内田昌男、柴田康行、南秀樹、加藤義久、坂本竜彦、中塚武: オホーツク海表層堆

積物における有機物の起源推定、日本地球化学会年会 2008. 9. 17-19、東京

④ S. Nagao, T. Aramaki, O. Seki, M. Uchida, Y. Shibata: Carbon isotopes of POC in a small river in Bekanbeushi moor, northern Japan 11th International Conference on Accelerator Mass Spectroscopy, 2008. 9. 14-19, ローマ、イタリア

⑤ 長尾誠也、河川に流入した DOC の移行と生元素の運搬、日本土壌肥料学会愛知大会シンポジウム「土壌-河川-海生態系における溶存有機炭素 (DOC) の動態と機能」、2008. 9. 9-11, 名古屋

⑥ S. Nagao, M. Aoyama, A. Watanabe, T. Tanaka: Complexation of Am with size-fractionated soil humic acids, 5th International Conference Interactions Against Pollution 2008, 2008. 6. 1-4 京都

⑦ 鈴木智代、長尾誠也、楊宗興、閻百興: 中国三江平原における溶存有機物の蛍光特性、地球惑星科学合同大会 2008. 5. 25-30 幕張

⑧ S. Nagao, T. Irino, T. Aramaki, Md. J. Alam, Y. Shibata, O. Togawa: Variations in $\Delta^{14}\text{C}$ values of POM in the Tokachi River. American Geophysical Union, Fall Meeting 2007. 12. 10, San Francisco, USA.

⑨ 小黒祐太郎、長尾誠也: 北海道の主要河川中における懸濁粒子の挙動に関する研究。日本水環境学会年会, 2007. 3. 16, 大阪

⑩ S. Nagao, T. Aramaki, Md. J. Alam, T. Nagano: Study on transport of river POM by delta¹⁴C and ¹³C. Earth System Science Partnership, Global Environmental Change: Regional Challenges, 2006. 11. 9-12, Beijing, China

[図書] (計 2 件)

① 「環境中の腐植物質: その特徴と研究法」石渡良志・米林甲陽・宮島徹編、三共出版、東京 (2008) 1-3 水中フミン物質 長尾誠也 p. 30-48、2-4 水中フミン物質の分離・精製 長尾誠也 p. 98-106、3-8 蛍光分析 長尾誠也 p. 153-157

② 渡辺彰、藤嶽暢英、長尾誠也編、「腐植物質ハンドブック-標準試料を例にして-」三恵社、名古屋 (2007) p. 142

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長尾 誠也 (NAGAO SEIYA)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授

研究者番号：20343014

(2) 研究分担者

山本 正伸 (YAMAMOTO
MASANOBU)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
准教授

研究者番号：60332475

入野 智久 (IRINO TOMOHISA)

北海道大学・大学院地球環境科学研究所・
助教

研究者番号：70332476

藤嶽 暢英 (HJITAKE NOBUHIDE)

神戸大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：50243332

荒巻 能史 (ARAMAKI TAKAHUMI)

国立環境研究所・化学環境研究領域・研究
員

研究者番号：00354994