

アポイの森と海とのつながり

文部科学省科学研究費助成事業
「カンラン岩流域と森林形態が物質フローおよび
陸域・沿岸域生物資源に与える影響」の報告



アポイの森と海とのつながり (文部科学省科学研究費助成事業「カンラン岩流域と森林形態が物質フローおよび陸域・沿岸域生物資源に与える影響」の報告)

目 次

はじめに (研究の経緯・目的・研究体制など) 1

1. アポイ岳カンラン岩地帯における草本類・小果樹類の遺伝的特徴

1-1) オオバキスミレ・ヒダカミセバヤの遺伝的特徴 3

1-2) クロミノウグイスカグラ (ハスカップ) とキイチゴ類の遺伝的多様性 6

2. カンラン岩地帯・森林流域における物質フローの特徴

2-1) 河川・溪流の流出特性と化学物質の溶出および浮遊砂の流出 9

2-2) 河口域に流出する落ち葉の量を予測する 18

3. コンブ藻場の現状とコンブ生育海域の水環境 25

おわりに (アポイ岳カンラン岩流域と沿岸海域とのつながりなど)

(附) 参加メンバー



はじめに（研究の経緯・目的・研究方法 など）

研究活動の経緯

本冊子は、文部科学省の科学研究費助成事業「カンラン岩流域と森林形態が物質フローおよび陸域・沿岸域生物資源に与える影響の解明」の主な成果について要約したものである。

本研究は、山地(森林)から平地(農地・居住地)・水域(沿岸地)との関連(相互作用)や、環境保全と生物生産のあり方などを研究課題の一つとする「北海道大学北方生物圏フィールド科学センター」の活動方向と様似町からの調査要望とが一致し、現地打ち合わせや「協定」の締結などを経て、2010 年から開始されている。2012 年度（平成 24 年度）からは文部科学省の科学研究費補助金の採択を受け、2016 年 3 月までの 4 年間を「フィールド科学センター」と北海道立総合研究機構林業試験場・様似町とによるフィールド科学を中心としたプロジェクト研究として実施された。

研究の背景

超塩基性岩の地帯は裸地や草原となるのが一般的であるが、アポイ岳を中心としたカンラン岩地帯の植生はカエゾマツやキタゴヨウを主要な構成樹種とした森林が成立していることや、固有種・固有変種の灌木類や草本類の存在が特徴となっている。また、カンラン岩の特殊な化学性の影響による氷河期からの遺存植物の存在や、侵入植物の適応形・変化形の存在、日本海側の「過雪地帯」と太平洋側の「寡雪地帯」との境界に位置していることによる最終氷期後の植生遷移の「キー(key)」地域ともなっている。これらの特徴から、フロラ（植生形態）の成立過程や遷移についての研究、超塩基性岩土壌下でのマグネシウムの非吸収機構やマグネシウム耐性との関連に関する研究、陸域植物の遺伝子情報の把握などの重要な研究フィールドとなっている。

また、沿岸海域の生物生産（コンブなど）はカンラン岩とフロラ（とくに森林）とを背景としており、針葉樹林は酸性の腐植物を生成して鉄と結合し河川や沿岸海域へ運ばれると考えられている。沿岸海域の水質環境の保全や生物生産の向上には、鉄・マグネシウムなどの化学物質や懸濁物質（浮遊砂 SS : Suspended Sediment など）・落葉の供給などもふくめた、流域から沿岸海域への物質フローと生物資源の成育環境との関連の解明が重要な課題となっている。

研究の目的

本研究では、アポイ岳に代表される北海道日高山脈南部のカンラン岩流域と近隣の白亜紀～古第三紀の堆積岩地帯（非カンラン岩流域）や広域間での比較研究をもとに、地質条件や森林形態が流域および沿岸海域にたいする栄養塩や鉄・マグネシウム・等の化学物質

や浮遊砂 (SS)・水溶性有機物 (とくに溶存有機態炭素 DOC : Dissolved Organic Carbon など)・落葉などの物質フローに与える影響について定量的に解析することを第一の目的とした。さらに、カンラン岩流域における物質フローや供給形態が草本類や灌木類 (小果樹) の遺伝的特性に与える影響および沿岸海域の水質環境や海藻 (とくにコンブ) の成育に及ぼす影響などの解明をおこない、カンラン岩流域と植生形態が陸域および沿岸海域の生物資源に及ぼしている効果について「陸域—沿岸海域」空間の関連のなかで明らかにしようとした。自然の中においては、陸域から沿岸海域への一方的な影響だけでなく、とうぜん海域から陸域への影響も存在しており、相互作用や総体的な関連において影響関係が解明されていく必要がある。ただし、本研究においては、4 年足らずの研究期間であることを考慮し、陸域から沿岸海域への影響の解明に重点を置くことにした。

また、本研究は、陸域および沿岸海域における生物資源の保全や生物生産の向上にむけた、カンラン岩流域の土地利用や森林の利用に関する基礎的研究とも位置付けられる。

研究方法など

本研究は、「陸域植生資源」グループと「物質フロー (流出)」グループ・「沿岸海域生物資源」グループとによるプロジェクト研究として実施した。フィールド調査を中心に、カンラン岩流域と近隣の白亜紀と古第三紀の堆積岩地帯 (非カンラン岩流域) や広域間での比較研究を重点的に実施する計画とした。「陸域植生資源」グループでは、カンラン岩地帯の特異な灌木類・草本類についての成育環境調査と遺伝子解析および広域間比較の実施を主な課題とした。「物質フロー」グループにおいては、山腹斜面や河川における定期観測および定点観測により、栄養塩類などの化学物質や鉄・マグネシウム・懸濁物質 (SS など)・水溶性有機物 (DOC など)・落葉などの「山地・森林～溪流・河川～沿岸海域」までの物質フローの把握や解析を主な課題とした。「沿岸海域生物資源」グループでは、沿岸海域でのコンブ藻場の状況把握と海水環境のモニタリング調査を実施し、透明度や懸濁物質 (SS など) の流入と堆積状況・植物性プランクトンの発生状況をもふくめた水質環境の変化やコンブの藻場の現状や変化状況などの把握を主な課題とした。最終的には、これらの研究成果を総合することにより、カンラン岩流域の地質・土壌条件や森林状態が陸域および沿岸海域の環境や生物資源に及ぼす効果についての評価や今後の環境保全・生物生産の保全などについての検討をおこなうことにした。

調査や観測の多くは様似町役場の担当者などと共同で実施することができた。また、関係者からの聞きとり調査 (インタビュー) やフィールド調査などには、多くの方々からのご支援をいただくことができた。おかげをもって、報告会やシンポジウムなどを開催して研究成果や基礎的データの共有化が実現し、地域からの意見や要望をも反映させながら研究活動をすすめるスタイルも持続・発展させることができた。本「報告書」の作成も、このような協働による研究活動の一環と考えている。

1. アポイ岳カンラン岩地帯における草本類・小果樹類の遺伝的特徴

1-1) オオバキスミレ・ヒダカミセバヤの遺伝的特徴

(東 隆行)

本研究では、カンラン岩地とそれ以外の生育地で植物にどのような遺伝的変異があるのかを明らかにすることを目的とした。対象草本としては、ヒダカミセバヤ（ベンケイソウ科、写真 1）およびヒメナツトウダイ（トウダイグサ科）が適していると考えられた。また、広義オオバキスミレ（スミレ科）の種内分類群エゾキスミレ（写真 2）はアポイ岳のカンラン岩地に特産し、既に他の種内分類群のサンプルも入手済みであったので、この分類群も適材であると考えられた。以上の 3 分類群に、様似町の岩場に生育し分類学的に問題のあるレブンイワレンゲ（ベンケイソウ科）を加えた 4 分類群を材料に選定し、カンラン岩地とそれ以外の生育地で植物にどのような遺伝的変異があるのかを明らかにするために遺伝解析を行った。



写真-1 ヒダカミセバヤ



写真-2 エゾキスミレ

エゾキスミレを含む広義オオバキスミレは、11 全種内分類群を含む 27 集団 42 個体について、葉緑体 DNA 上の *trnT* - *trnL*, *trnL* - *trnF* 両遺伝子間領域と核 DNA 上の ITS 領域を用いて遺伝解析を行った。その結果、葉緑体の DNA 領域で 12 個のハプロタイプが検出された。各ハプロタイプのネットワーク樹を構築したところ、このうちカンラン岩地に生育するエゾキスミレは 2 つのハプロタイプを持ち、そのうちの 1 つからカンラン岩と同じ超塩基性の蛇紋岩に生育するシソバキスミレのハプロタイプが進化したことが示唆された（図 1）。一方で核 ITS 領域では、シソバキスミレがジンヨウキスミレを除く残りの広義オオバキスミレの姉妹群となった。

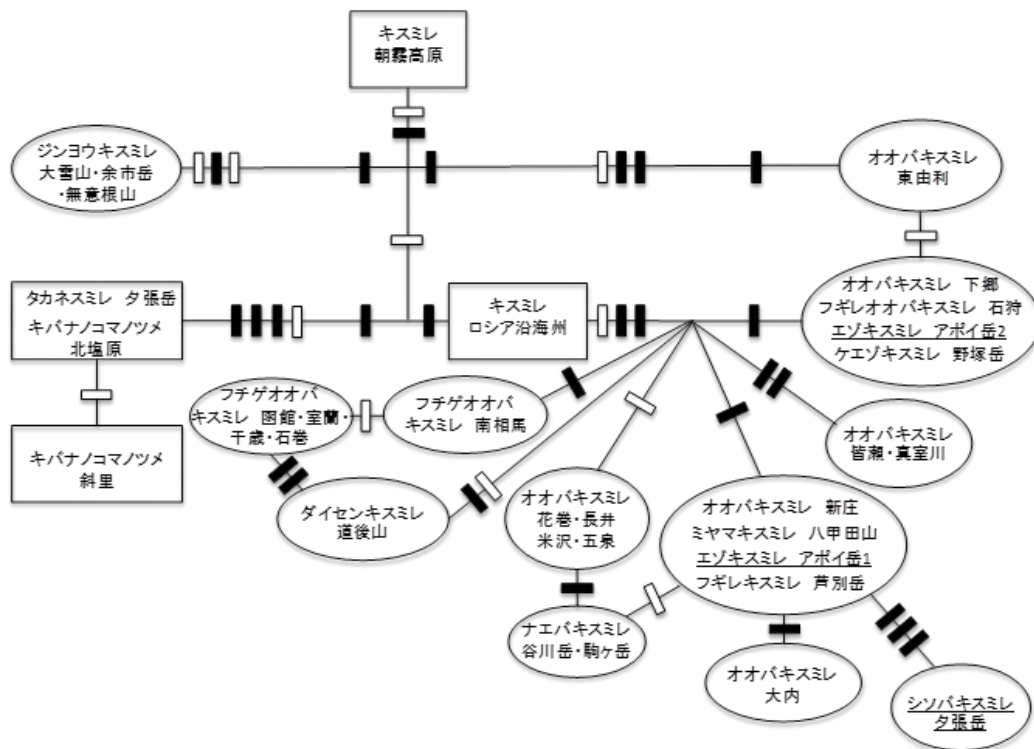


図-1 広義オオバキスミレ（丸）と近縁種（四角）における葉緑体ハプロタイプ間の最節約ネットワーク樹。黒四角は塩基置換、白四角は挿入・欠損、下線は超塩基性岩に生育するものを示す。

ヒダカミセバヤについては生育地を網羅するように 14 集団 33 個体について、葉緑体 DNA 上の *trnT* - *trnL*、*trnL* - *trnF*、*trnS* - *trnG*、*trnH* - *psbA* の各遺伝子間領域および *trnL* イントロンと核 ITS 領域を用いて遺伝解析を行った。その結果、後者の 3 領域で遺伝的な変異が検出された。しかし葉緑体、核 DNA 両領域ともカンラン岩地に特有の遺伝的な変異は検出されなかった（図 2）。このため、ヒダカミセバヤでは生育地の土壌特性に関係なく遺伝変異が起こったと考えられる。

ヒメナツトウダイについては、アポイ岳、夕張岳など 4 集団からサンプリングを行い葉緑体 DNA 上の *trnL* - *trnF* 遺伝子間領域を調べた。その結果、320 塩基のうち 1 カ所のみで挿入または欠失が検出された。しかし、検出された変異はそれがどのようなプロセスで起こったかを特定することが困難なため、各個体の系統関係を明らかにすることができなかった。

レブンイワレンゲについては、しばしば混同されるアオノイワレンゲ、コモチレンゲを含め、56 集団 95 個体について生きている個体の外部形態、および葉緑体 DNA 上の *trnT* - *trnL*、*trnL* - *trnF* 両遺伝子間領域と核 DNA 上の ITS 領域を調べた。その結果、外部形態では 2 つの分類群に分けられたが、遺伝解析では葉緑体・核 DNA とともに外部形態から考えられた分類とは一致しない結果を得た。この結果はカンラン岩地に関しても関連が見いだせなかった。

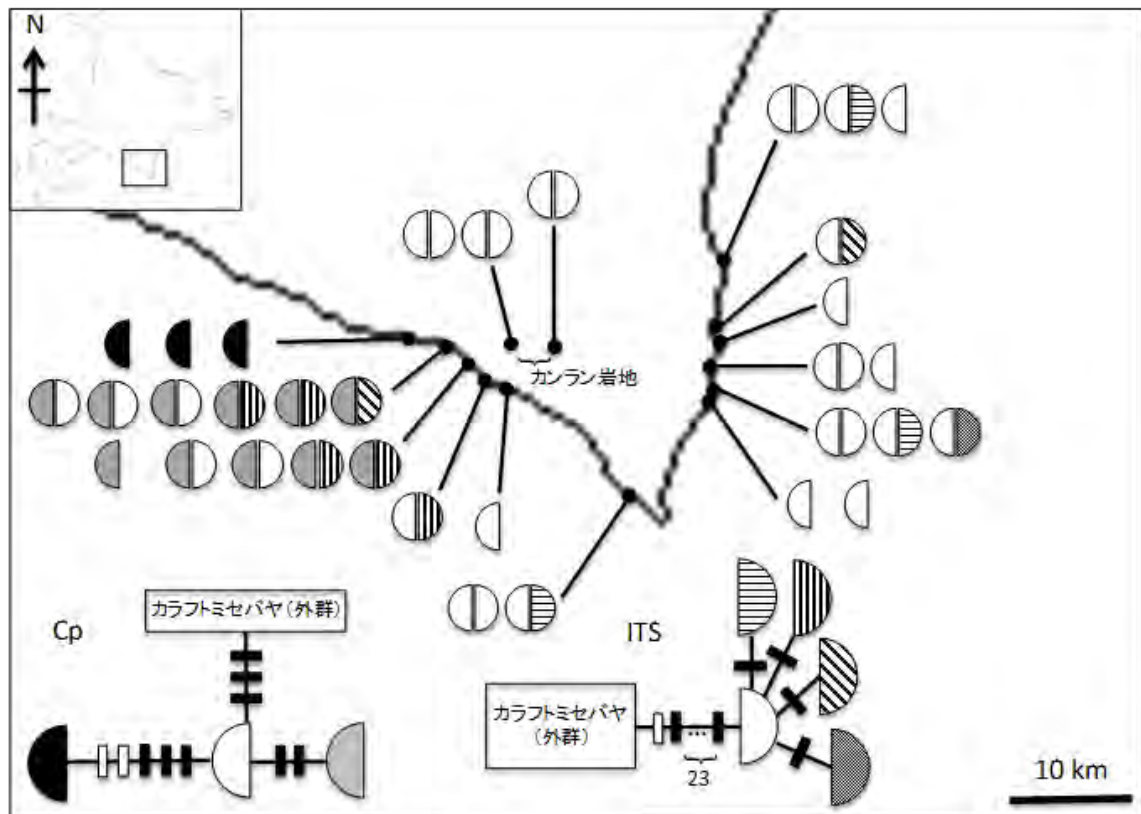


図-2 ヒダカミセバヤに見られた遺伝子型とその分布。丸は1つの個体を表し、左半円は葉緑体、右半円は核の遺伝子型を示す。黒四角は塩基置換、白四角は挿入・欠損を示す。

本研究では、調べた植物4種のうち、広義オオバキスミレとヒダカミセバヤについてカンラン岩地とそれ以外の生育地での遺伝的変異を明らかにすることができた。広義オオバキスミレの葉緑体遺伝子間領域で12個のハプロタイプが検出された。このうちカンラン岩地に生育するエゾキスミレは2つのハプロタイプを持ち、そのうちの1つからカンラン岩と同じ超塩基性の蛇紋岩に生育するシソバキスミレのハプロタイプが進化したことが示唆された。広義オオバキスミレでは、葉緑体DNAにおいて特定の遺伝変異に超塩基性岩への隔離が関与したと考えられる。一方、ヒダカミセバヤでは、葉緑体、核DNA両領域ともカンラン岩地に特有の遺伝的変異が検出されなかった。ヒダカミセバヤでは、生育地の土壌特性に関係なく遺伝変異が起こったと考えられる。このため前者では特定の遺伝変異に超塩基性岩への隔離が関与したが、後者では生育地の土壌特性に関係なく遺伝変異が起こったと考えられた。これらのことから、カンラン岩が植物の遺伝的変異に及ぼす影響は植物種によって異なるということが明らかになった。

1-2) クロミノウグイスカグラ(ハスカップ)とキイチゴ類の遺伝的多様性

(星野洋一郎)

ハスカップ (*Lonicera caerulea* 和名：クロミノウグイスカグラ) は、国内では北海道を中心分布しており、本州の高山など寒冷地にも自生することが知られている。北海道では、クロミノウグイスカグラは“ハスカップ”としてベリー類の一つとして商業栽培され、独特の酸味を生かしたジャムや飲料、菓子などに加工されて特産の一つとなっている。クロミノウグイスカグラは、葉などの形態の違いにより変種が記載されており、その分類については議論が続いている。また、クロミノウグイスカグラの倍数性について、文献上では二倍体と四倍体が存在すると報告されているが、日本に自生するクロミノウグイスカグラの倍数性についてはほとんど明らかになっていなかった。これまでの私達の研究で、道東(釧路湿原、別寒辺牛湿原など)のごく一部のみに二倍体が分布し、他の地域の個体は四倍体であることを報告している (Miyashita et al. 2011)。また、最大の自生地である苫小牧の群落は全て四倍体であることが明らかになっている。道東と苫小牧地域の間に位置する様似町アポイ岳については、クロミノウグイスカグラの自生の記録があるもののその倍数性については知られていない。そこで、様似町アポイ岳のクロミノウグイスカグラを採取し、その倍数性の調査を行った。さらに、調査の結果から自生地の標高と DNA 含量の関係について考察を加え、さらに DNA マーカーを用いた系統分類を試みた。

また、同じベリー類としてキイチゴ属植物にも着目し、日本各地とアポイ岳のキイチゴ属植物(ナワシロイチゴ、クマイチゴ)の分子系統樹を作成し、系統関係の解析を行った。

アポイ岳のクロミノウグイスカグラは、標高が比較的高い 611 ~ 628m に分布しており、アポイ岳山頂から通称“馬の背”に続く稜線上に分布していた(第1図、第2図)。個体数は少なく、この中から4個体を選び、葉のサンプリングを行った。クロミノウグイスカグラは湿原に自生することが多いが、アポイ岳のクロミノウグイスカグラは標高が高く、湿地とは異なる環境に自生していた。フローサイトメトリーによる DNA 含量の測定を行った結果、アポイ岳のクロミノウグイスカグラは全て四倍体であることが明らかになった。このことから、アポイ岳のハスカップは釧路湿原や別寒辺牛湿原のものとは異なることが確かめられた。北海道内の二倍体と四倍体のクロミノウグイスカグラの形態観察から、両者を外観で区別することはできなかった。



図-1 アポイ岳のクロミノウグイスカグラ自生地



図-2 アポイ岳のクロミノウグイスカグラ個体

Capsicum 属植物の葉を内部標準として、フローサイトメトリーによって DNA 含量を測定したところ、北海道各地域のクロミノウグイスカグラの四倍体は、標高に比例して DNA 含量が小さくなる傾向がみられた（第 3 図）。第 3 図の横軸は、これまでにサンプリングを行った北海道各地のクロミノウグイスカグラの自生地標高、縦軸にはフローサイトメーターの結果から算出した DNA 含量(*Capsicum* 属植物の葉の DNA 含量の比率)を示している。右肩下がりの傾向を示すことから、標高の高いところに自生するクロミノウグイスカグラほど DNA 含量が低下することを示している。この図は、アポイ岳のクロミノウグイスカグラについても同様な結果が見られ、標高に依存した DNA 含量の変化が見られることを意味している。標高に依存した DNA 含量の低下については、Miyashita et al. (2011)で提唱したものであり、アポイ岳のクロミノウグイスカグラについても矛盾のない結果となった。北海道に広く分布しているクロミノウグイスカグラは四倍体であり、四倍体になることによって環境適応性が上がり広範囲に分布できるようになったと推察している。四倍体のクロミノウグイスカグラが標高の高い、より厳しい環境に適応するために冗長な DNA を減らし、さらに適応能力を上げている可能性がある。アポイ岳のミヤマウグイスカグラの DNA 含量のデータは、このコンセプトを支持する貴重なものであると考えられる。

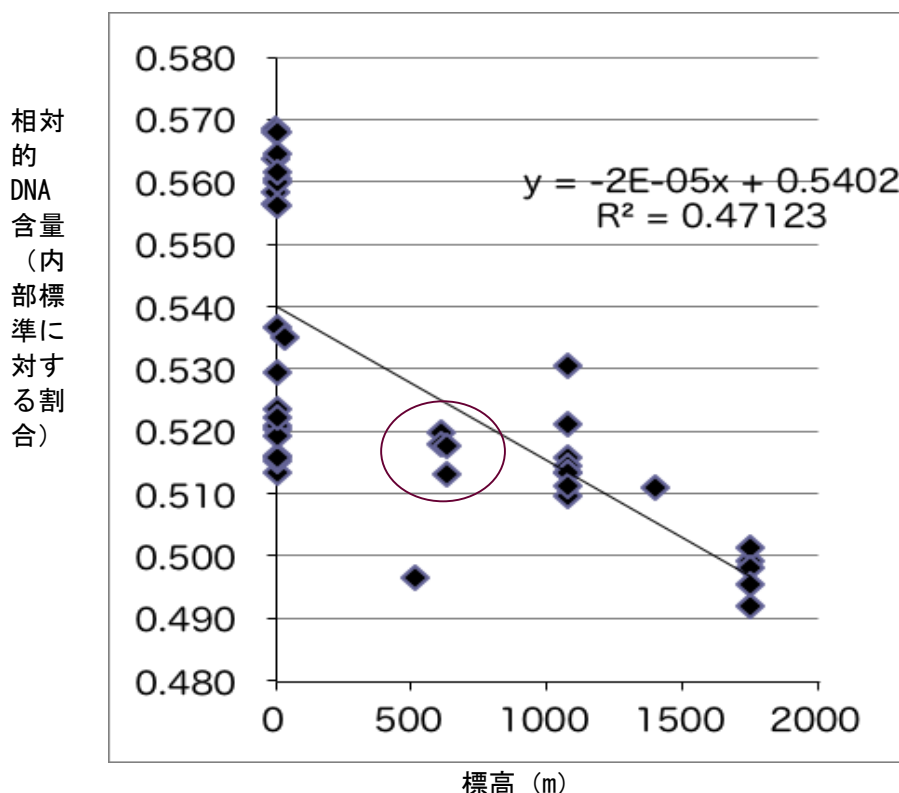


図-3 北海道に自生するクロミノウグイスカグラの標高と DNA 含量の相関関係
○内のサンプルがアポイ岳のクロミノウグイスカグラを示している。

また、DNA マーカー（Amplified Fragment Length Polymorphism; AFLP）を用いたクロミノウグイスカグラの分子系統解析を行った。ユーラシア大陸と日本のクロミノウグイスカグラを比較したところ、アポイ岳のクロミノウグイスカグラは概ね日本在来種のクロミノウグイスカグラとの類縁関係を示す結果となったが、一つのクラスターにはまとまらず、アポイ岳のクロミノウグイスカグラは遺伝的多様性が高いことが示唆された。



図-4 ナワシロイチゴの花

キイチゴ属植物については、AFLP により系統解析の結果、アポイ岳のナワシロイチゴ（第 4 図）とクマイチゴは、それぞれの種内でクラスターにまとまり、AFLP によって植物種を識別できることが分かった。また、それぞれの種内の関係性を見たところ、アポイ岳のナワシロイチゴ、クマイチゴは、道北のものとは遺伝的に遠いことを示す結果が得られた（Miyashita et al. 2015）。

〔文献〕

Miyashita T., Araki H., Hoshino Y. (2011) Ploidy distribution and DNA content variations of *Lonicera caerulea* (Caprifoliaceae) in Japan. *Journal of Plant Research* 124: 1-9

Miyashita T., Kunitake H., Yotsukura N., Hoshino Y. (2015) Assessment of genetic relationships among cultivated and wild *Rubus* accessions using AFLP markers. *Scientia Horticulturae* 193: 165-173

2. カンラン岩地帯・森林流域における物質フローの特徴

2-1) 河川・溪流の流出特性と化学物質の溶出および浮遊砂の流出

(佐藤冬樹、間宮春大、福澤加里部、堀井勇司、逢山康弘、杉本記史、笹 賀一郎)

研究の目的

北海道・様似町に位置するアポイ岳（標高 810m）は超塩基性岩であるカンラン岩で山体が構成され、山頂付近には多くの固有種が生育している。また、アポイ岳山腹にはアカエゾマツ・トドマツを主要構成樹種とする針葉森林が成立し、周辺域のミズナラ、イタヤカエデからなる広葉樹林とは樹種構成が異なっている。一方、アポイ岳付近の海岸は高品質コンブを生産する「優良浜」となっており、様似町民は、海の豊かさがアポイ岳と密接なつながりがあると考えている。

「森と海のつながり」という観点で陸域から沿岸域への物質の供給を考えた場合、栄養塩・鉄・懸濁物質が重要と考えられる。特に鉄は海水中の濃度が著しく低いことから、海の一次生物生産を規制する重要因子と考えられている。今回の調査では、鉄含有量の高いカンラン岩で構成され、かつ山腹が針葉樹で被われているアポイ岳からの物質フロー（流出）の特徴について、隣接する非カンラン岩地帯を流れる様似川流域の物質フローと比較することにより明らかにしようとした。

観測地点・方法

カンラン岩地帯を源流とする幌満川、コト二川、ポンサヌシベツ川支流（登山口）、および非カンラン岩流域である様似川支流オトマップ川、岡田の沢の 11 地点に定期観測地を設定し、月一度の頻度で流量観測と河川水分析用の定期採水を実施した（図-1）。河川水の採水においては、コト二川・登山口（カンラン岩流域）、オトマップ川・岡田の沢（非カンラン岩流域）ではオートサンプラー（ISCO 社）による降雨流出時の採水（4 時間毎）もおこなった。これら 4 カ所の採水地点には自記記録式の水位計（メテオ電子）を設置して 1 時間おきに水位を記録し、あらかじめ作成した水位－流量曲線により流量を求めた。

土壌浸透水はカンラン岩流域ポンサヌシベツ川近傍のアカエゾマツ林（APO）、および非カンラン岩流域オトマップ川近傍のミズナラ林（OTO）において、O 層・A 層直下および B 層にテンションフリーライシメーターを設置し、6 月～11 月まで月一度の回収をおこない溶存イオンについて分析した。さらに、降雨時流出および融雪流出時の幌満川・様似川流域の懸濁物質（浮遊砂：SS）濃度についても測定した。



図-1 物質フローの調査地

カンラン岩流域の流出特性

降雨時の流出特性をカンラン岩流域のコトニ川と非カンラン岩流域のオトマップ川について示した(図-2 : 2012 年 11 月 5 日～11 月 11 日の事例)。この間 11 月 6 日の夕方から約 50mm の降雨があったが、コトニ川とオトマップ川の単位面積 (1ha) あたりの流出量を比較すると、降雨時における両者の流出状況には違いが認められ、11 月 7 日の昼頃に降雨による最大流量を観測後コトニ川では流量は急激に低下して 11 月 8 日にはほぼ降雨前の流量に戻ったのに対し、オトマップ川では流量は緩やかに低下して 11 月 11 日の時点でも降雨前の流量には戻っていなかった。また、最大流量もコトニ川の 6.9l/s/ha に対してオトマップ川では 1.3l/s/ha と両河川で約 5 倍の流量差が見られた。このような差は流域内部における降雨の流出経路の違いに由来すると考えられ、コトニ川では降った雨は土壌表面や土壌層など流域の比較的浅い部分を通して速やかに河川水として流出してしまうのに対し、オトマップ川では土壌層位よりさらに下層の風化殻や岩盤内部等流域の深い部分まで浸透して時間を掛けて流出してくることを示している。降雨流出時のカンラン岩流域と非カンラン岩流域の河川水の色について図-3 に示したが、カンラン岩流域の河川水 (コトニ川、アポイ岳登山口) では褐色に着色しているのに対し、非カンラン岩流域 (オトマップ川、岡田の沢) ではほとんど着色は認められなかった。河川水が褐色になるということは流域の森林土壌に発達する落葉落枝層 (O 層) や表層土壌

(A層)に含まれる水溶性有機物が流域内部に補足されないで河川に流出していることを示しており、土壌による水溶性有機物の吸着反応を考慮すると、カンラン岩流域では流域表層で生成された水溶性有機物が土壌に吸着されずに短時間で直接河川に流れこんでいることになる。カンラン岩流域における流出特性で示した流域の浅い部分を経由する降雨の流出経路が大きく寄与している。

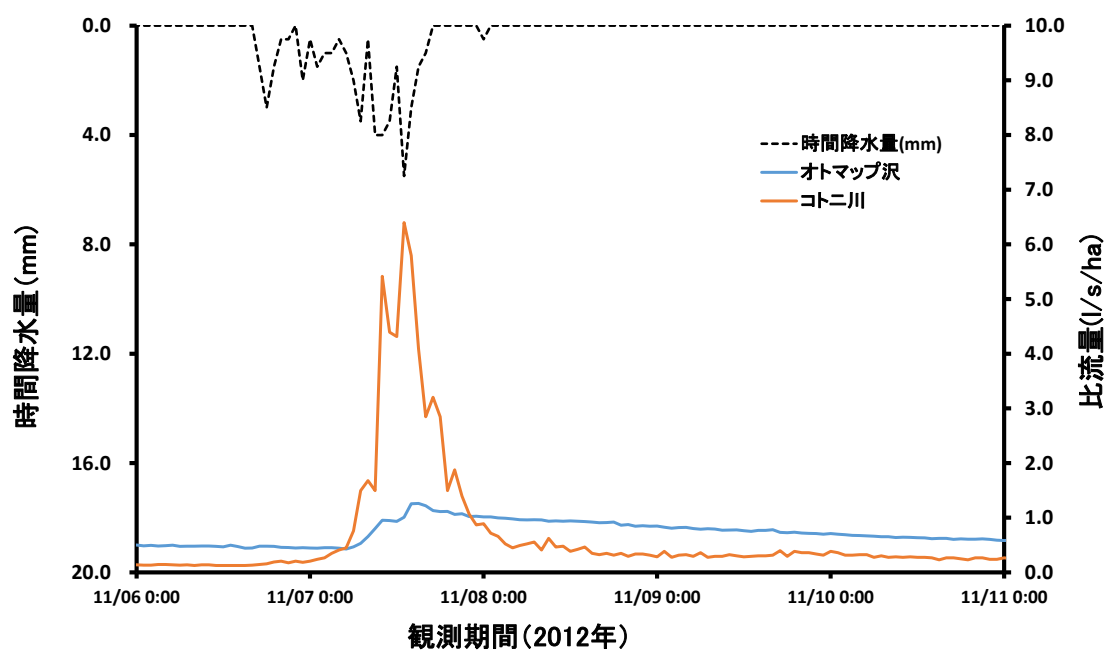


図-2 観測流域における降雨流出 (2012 年 11 月)

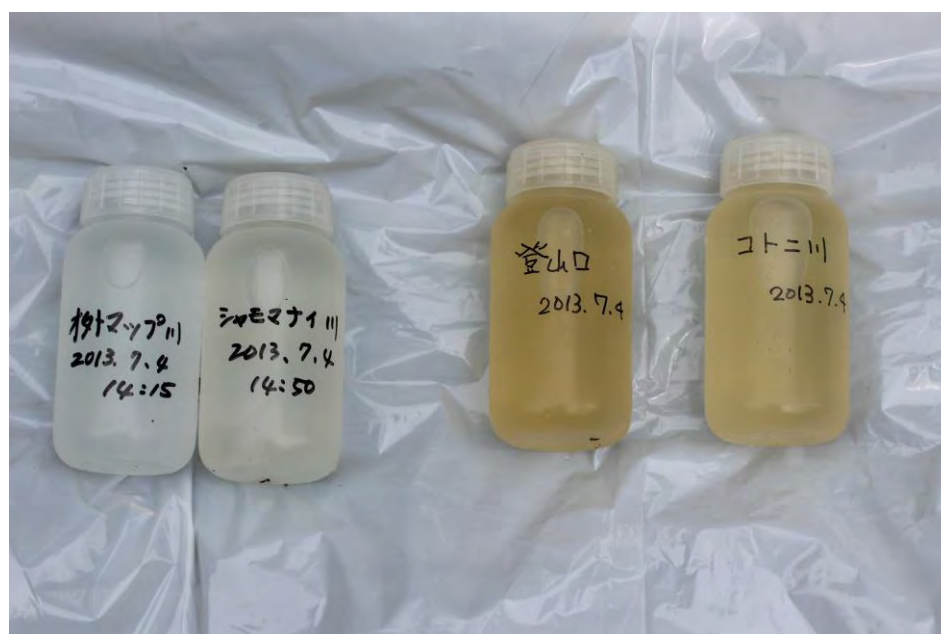


図-3 降雨時流出における河川水の着色

化学物質の溶出について

陸域から沿岸域への物質の供給を考えた場合、栄養塩・鉄・懸濁物質が重要と考えられる。特に鉄は海水中の濃度が著しく低いことから、海の一次生物生産を制限する重要な養分と考えられている(松永 1993)。月に一度の定期調査による河川水中の鉄濃度の平均値を図-4 に示した。カンラン岩流域の登山口の沢・コト二川（図中赤で示した箇所）の平均鉄濃度は 0.1 および 0.2ppm で非カンラン岩流域に比較して高かったが、時間的ばらつきも大きかった。しかし、河川流量との関連性を見ると、渇水期・平水期にはカンラン岩・非カンラン岩にかかわらず河川水中の鉄濃度は 0.05ppm 以下であったのに対し、降雨流出時には鉄や水溶性有機物に違いが認められた。

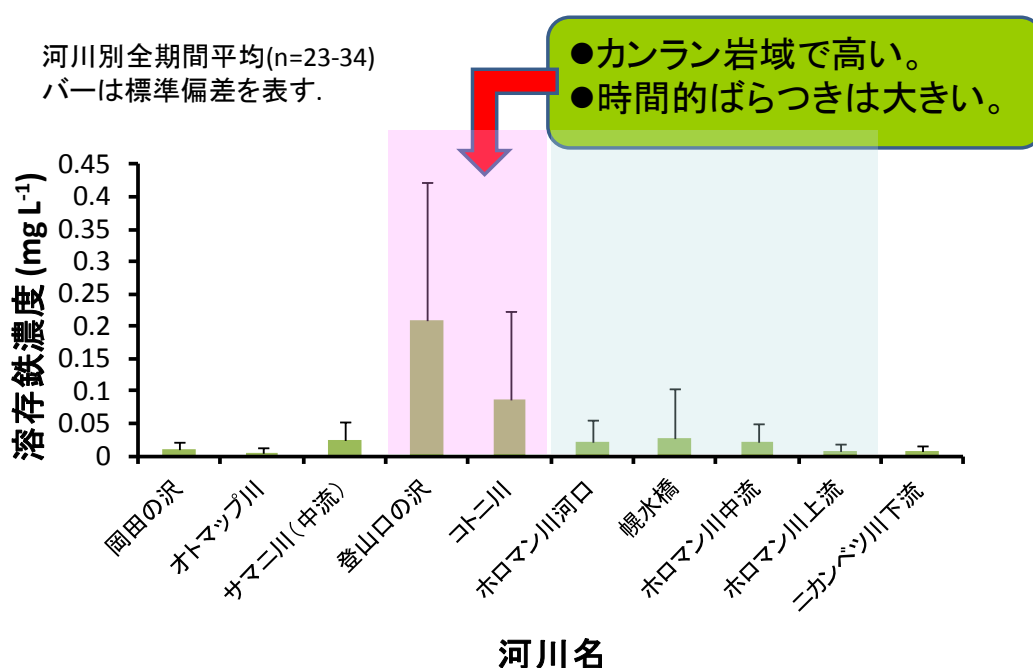


図-4 定期観測地点の河川水における鉄濃度

カンラン岩流域の登山口の沢（ポンサヌシベツ川）と非カンラン岩流域オトマップ川について、2013年7月および8月の流量（ Q : m^3/s ）と・鉄（Fe）・水溶性有機物(DOC)濃度の変化を示した(図-5)。流出時のDOC濃度は、両流域とも大雨による出水によりDOC濃度は比較的高く、オトマップ川で 10~20mg/l、登山口の沢で 10~40mg/l の濃度で推移した。また、流量との関連を見ると登山口の沢では流量の増加とともに DOC 濃度も上昇しているのに対し、オトマップ川では流量の変動に変わらず DOC 濃度はほぼ一定であった。Fe 濃度を見ると、登山口の沢では 0.3mg/l 以上の濃度で、しかも流量の増加とともに Fe 濃度も上昇したのに対し、オトマップ川では Fe 濃度の増加は流量増加初期にわずかに認められる (0.2mg/l 以下) のみであった。降雨時の河川水観測結果より、カンラン岩流域河川の降雨流出に含まれる溶存有機物・鉄濃度は、様似川流域の河川に比べていちじるしく高く、鉄と水溶性有機物に関連性のあることが推定された。

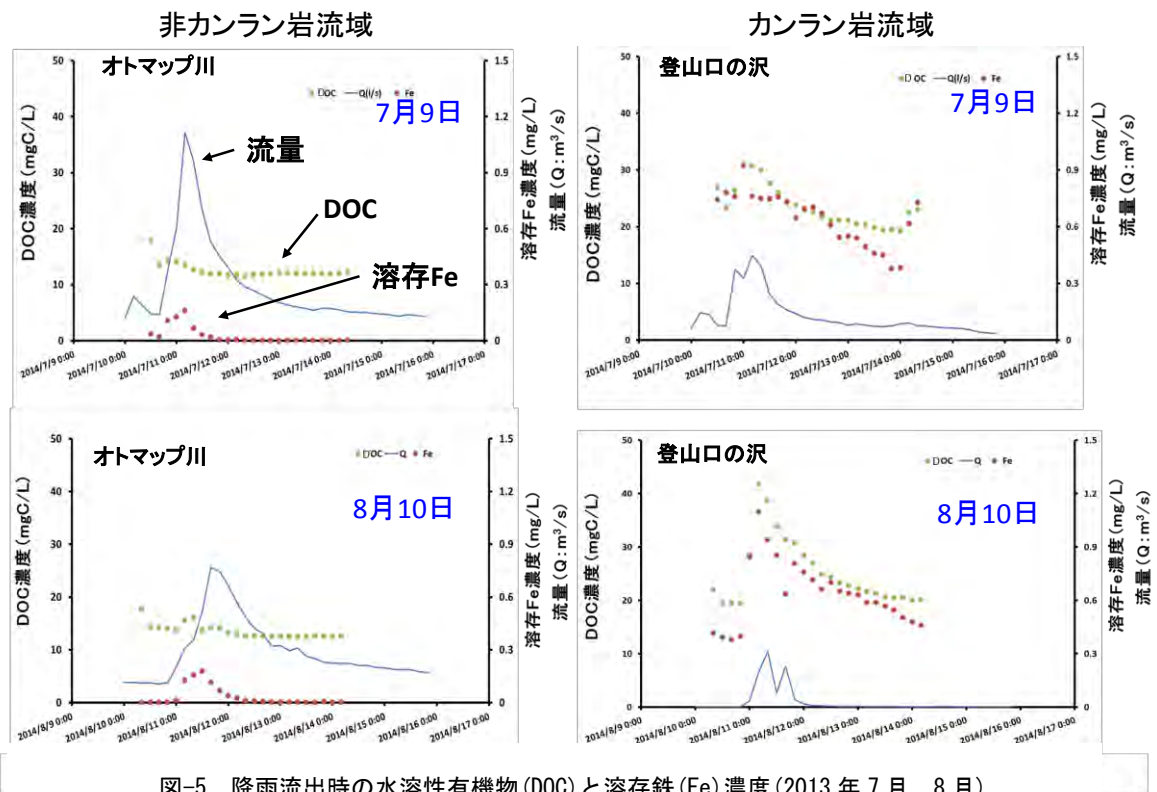


図-5 降雨流出時の水溶性有機物 (DOC) と溶存鉄 (Fe) 濃度 (2013 年 7 月、8 月)

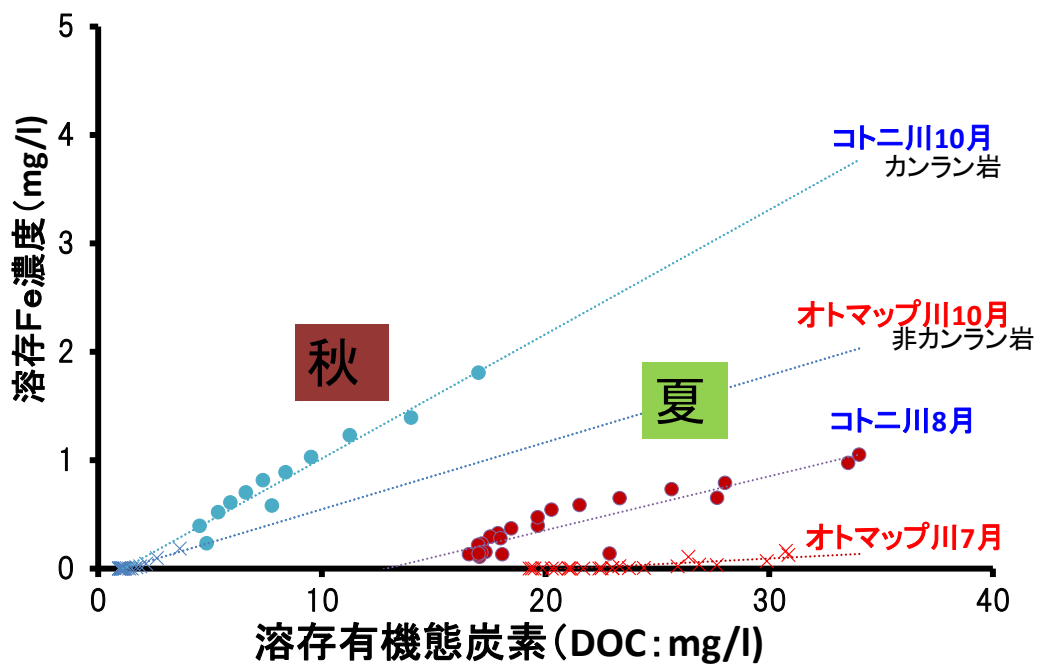


図-6 溶存有機態炭素濃度と溶存鉄 (Fe) 濃度との関係

降雨流出時の河川水中に含まれている水溶性有機物と鉄濃度には関連性があり、カンラン岩流域のコトニ川では特に明瞭な関係が認められた（図-6）。また、コトニ川と非カンラン岩流域河川のオトマップ川における回帰直線の傾きを比較するとコトニ川がオトマップ川の約 2 倍の傾きであった。このことは、同量の DOC と結合する Fe の量はカンラン岩流域河川で非カンラン岩流域河川の約 2 倍程度になることを示しており、カンラン岩流域の水溶性有機物の鉄に対する高い結合力を示唆している。また、水溶性有機物の組成や河川までの流出経路の解明は必要ではあるが、水溶性有機物に対する鉄の結合力は夏の降雨流出に比較すると秋の降雨流出で高く、秋～初冬にかけての降雨が河川や海への鉄の供給にとって重要であることを示している。

降雨流出時に特に顕著に認められる水溶性有機物の供給源としては、流域に発達する森林土壌にある有機質層位（O 層）や土壌表層（A 層）が重要である。森林に降った雨は林冠を通過して土壌へ流れ込む過程で有機質層位から水溶性の有機物を溶かし込み、水溶性有機物として土壌中を移動する過程で土壌に吸着されて A 層や B 層の形成に関わるが、一部は土壌層を通過して河川へ到達する。コトニ川で高い濃度で認められた水溶性有機物の供給源として流域の森林土壌が重要と考えられたことから、降雨が土壌を移動する際に発生する土壌浸透水を採取し、水溶性有機物と鉄の濃度を調べ、オトマップ川の土壌浸透水組成と比較した（図-7）。土壌浸透水はカンラン岩および非カンラン岩流域について O 層・A 層・B 層について採取したが、水溶性有機物濃度は O 層浸透水が A 層・B 層浸透水よりも濃度が高く、O 層より水溶性有機物が供給されていることを示している。また、カンラン岩流域における A 層・B 層浸透水中の水溶性有機物濃度も高いことから、かなりの割

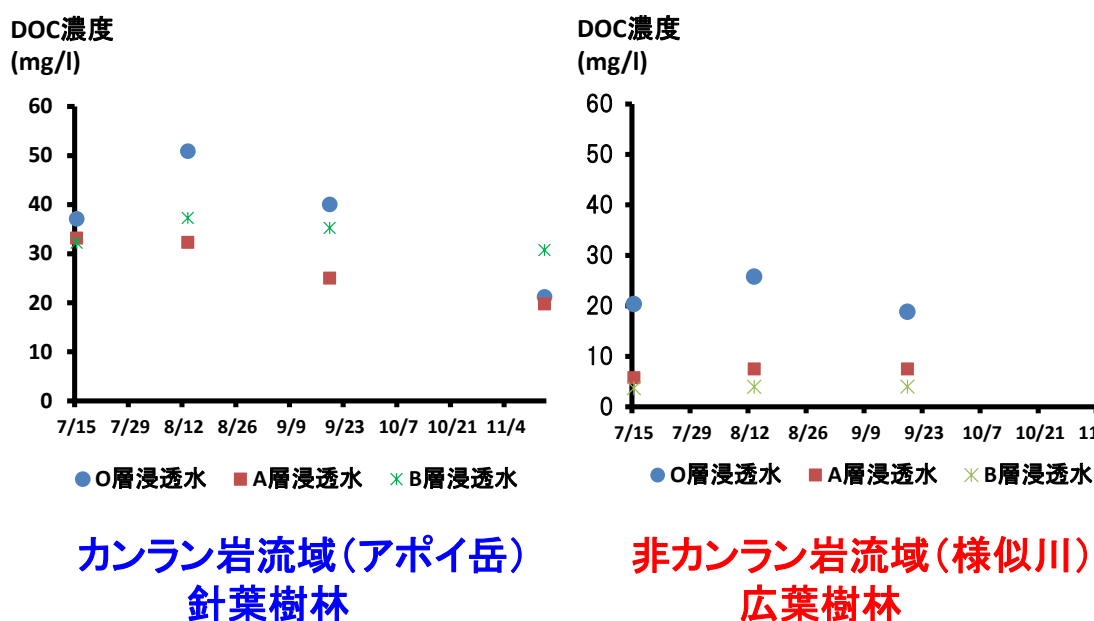


図-7 土壌浸透水中の水溶性有機濃度 (●:O 層、■:A 層、*:B 層)

合の水溶性有機物が土壌に吸着されず、土壌系外に流亡していることを示している。同流域における降雨流出時の高い水溶性有機物濃度は、土壌系外に流出した水溶性有機物が直接河川水中へ流れこんでいることを示唆している。これに対し、非カンラン岩流域の A 層・B 層浸透水中の水溶性有機物濃度は低く、DOC 換算で 10mg/l 以下であった。このことは非カンラン岩流域では浸透した水溶性有機物は土壌中に吸着され土壌系外にはあまり出て行かないということであり、カンラン岩流域土壌の水溶性有機物との反応性の違いが表れている。また、カンラン岩流域はアカエゾマツやキタゴヨウなどの針葉樹に被覆され、針葉樹落葉は落葉しても地表で分解しにくいことから厚い有機質層を形成することが特徴である。この未分解有機質層が水溶性有機物の供給源として機能し、カンラン岩流域で特徴的な高濃度の水溶性有機物の存在に結びつくと考えられる。

鉄は土壌や岩石を構成する主要元素であるが降雨や河川水への溶解度は非常に小さい。しかし、鉄と強い錯体形成能を持つある種の有機物と結合すると鉄は水に溶けやすくなり、土壌断面を移動し易くなる。カンラン岩流域と非カンラン岩流域の土壌浸透水中の鉄濃度を比較すると（図-8）、カンラン岩流域土壌浸透水中の鉄濃度が明らかに高く、流域土壌の高い鉄供給力を

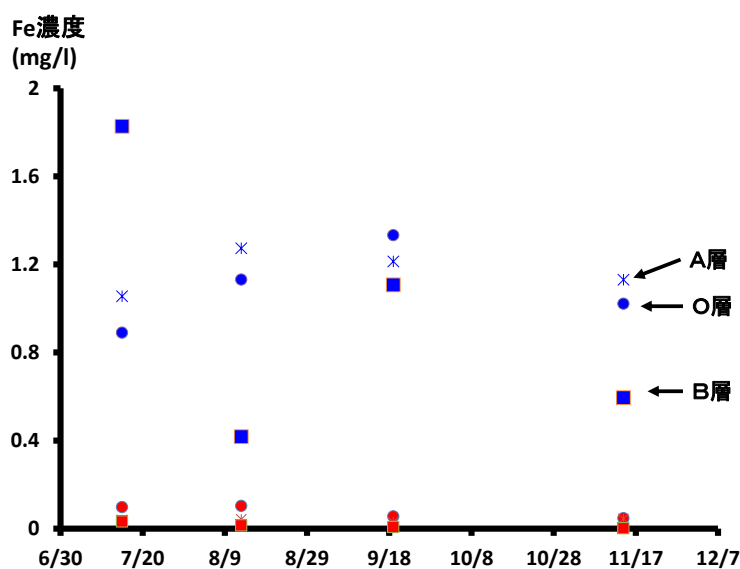


図-8 土壌浸透水中の鉄濃度
(青：カンラン岩流域、赤：非カンラン岩流域)

示していた。流域の基岩となるカンラン岩は超塩基性岩であり、他の岩石と比較して鉄を高濃度で含有している。しかし、基岩の化学的特性が反映されやすい平水時・渇水時の流域河川中の鉄濃度は低いこと、土壌を含む流域表層の影響を受けやすい降雨流出で水溶性有機物とともに鉄濃度が高くなることから、鉄 (Fe) は降雨時に水溶性有機物 (DOC) と結合して河川に供給されと考えられ、流域に成立している針葉樹林の存在の重要性を示している。

鉄の河川への溶出プロセスについて、カンラン岩流域河川の流出特性および河川水・土壌浸透水の分析結果と組み合わせて考えると、カンラン岩を基岩とするアポイ岳周辺の河川流域では、降雨時に発生した土壌浸透水が表層土壌を斜面と平行に流下し、その過程で O 層に堆積した針葉樹林の落葉層より有機酸が供給され、それが土壌中に高濃度で含まれる鉄と結合して錯体を形成しながら河川に流出すると考えられた。

浮遊砂（SS : Suspended Sediment）の流出について

陸域からは化学物質とともに粒径の小さい懸濁物質（浮遊砂：SS）も河川水により沿岸海域へ供給される。浮遊砂は沿岸海域に運ばれると海水の汚濁や光環境の変化を引き起こし、水中に棲息する生物の生理作用・生育に影響を与えるのみならず、高濃度の塩分による浮遊砂の凝集・沈降および波浪や海底流による沈降物の移動・拡散による底生生物の生育環境変化や懸濁物質の化学成分や分解生成物による水質変化の原因となっている。様似町沿岸海域へ流入する河川の多くは上流が森林地帯で森林伐採等の人為の影響を受け、下流部は放牧地などの農耕地化や河川改修などが行われ、河川を通じた流域から沿岸域への浮遊砂の流出もコンブをはじめとする海生生物の生育環境に影響する可能性が考えられる。

様似町のカンラン岩流域は土層が薄く、礫が地表に露出している地点も多いため、流域からの浮遊砂の供給量は低いと考えられ、実際の降雨流出時でも河川水は褐色に着色はしても浮遊砂が混入して河川水が混濁することは少なかった。カンラン岩流域の幌満川と非カンラン岩流域の様似川の河口部で降雨流出時に採取した河川水中の浮遊砂（SS）濃度を比較しても（図-9）、降雨時流出・融雪期流出（3月下旬～4月上旬）ともにSS濃度は非カンラン岩流域の様似川で高い傾向にあった。また、2014年8月10-11日は流域に73.5mmの降雨があったが（図中赤丸印）、翌日の8月12日においても様似川流域の浮遊砂濃度は高く、降雨後も上流部からの浮遊砂の供給は続いていた。一方、カンラン岩流域を流れる幌満川からの懸濁物質（SS）濃度は非カンラン岩流域である様似川と比較して低く、①土層が薄く礫が多いことから浮遊砂自体の発生量は少ないこと、②森林による被覆とO層の発達により雨滴の衝撃による地表部の浸食が抑えられること、および上流からの浮遊砂は幌満ダムで一旦沈降することなどにより、沿岸域におけるコンブ等の生育には良好な環境が保持されていると考えられる。

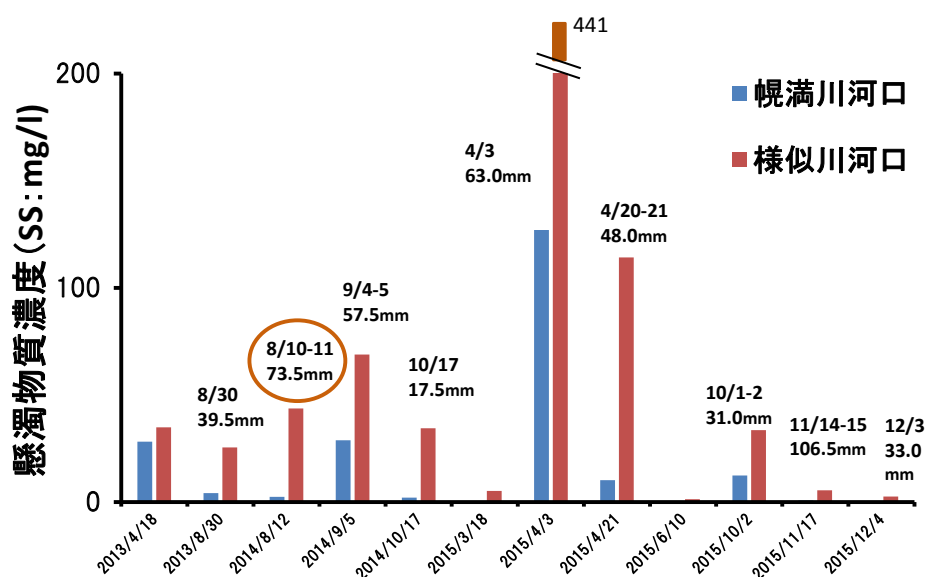


図-9 降雨時の河川水中に含まれる浮遊砂濃度

まとめ

降雨流出時にカンラン岩流域の河川中に含まれる溶存有機物・鉄濃度は、非カンラン岩流域の河川に比べて著しく高く、鉄が有機物と結合する形で沿岸域へ供給されていることが明らかになった。土壌浸透水の分析結果と合わせて考えると、カンラン岩流域では降雨時発生した浸透水が表層土壌を斜面と平行に流下し、その過程で O 層に堆積した針葉樹の落葉層より有機酸が供給され、それが土壌中に高濃度で含まれる鉄と結合して錯体を形成して海まで運ばれるものと考えられた。また、幌満川からの懸濁物質濃度は様似川と比較して低く、沿岸海域におけるコンブの生育には良好な環境が保持されやすい状態にあると考えられる。

アポイ岳の基盤となるカンラン岩は海の生産性と密接に関連する鉄に富むが、針葉樹林とその下の土壌の存在があってはじめてその効果（沿岸域への高い鉄供給力）が現れる。また、海への懸濁物質供給量が少ないこともカンラン岩の効果と考えられた。今後は、沿岸海域での鉄や懸濁物質の挙動や生物生産への影響についての調査が必要である。

文献

松永勝彦（1933）：森が消えれば海も死ぬ、講談社

2-2) 河口域に流出する落ち葉の量を予測する

(長坂晶子、長坂 有)

河口域にたまる落ち葉は沿岸の生きものを涵養している

2-1) では、「森と海のつながり」を、河川から沿岸海域に流出する栄養塩・鉄・懸濁物質に焦点を当てて見てきた。しかし、もうひとつ森から川そして沿岸海域まで運搬される大事なものがある。『落ち葉』である。北海道の主要な広葉樹（シラカバ、ミズナラ、イタヤカエデ、ハルニレ、ヤナギなど）は、秋に落葉する「落葉広葉樹」である。毎年、大量の落ち葉が林床に供給され、それらはやがて腐植となっていくが、川沿いに生育する森林、「河畔林（かはんりん）」からは、林床ではなく、川面に落ち葉が供給される。その量は乾燥重量にして1年間で1m²あたり約480グラムになる。

実は、川に落ちた落葉の大半は河床に留まって、水生昆虫などの餌になっている。餌として食べられることで、川の中でも落ち葉は分解され、細かな粒子になっていく。また、川の上流域に棲む小さな水生生物には、落葉を主食とするものが多く、さらにこれらの水生生物はヤマメなど溪流魚のよい餌となっていることから、間接的にはあるが、森は溪流魚を育てているといえる。

ところが、落葉期には、短期間に大量の落葉が河川に供給される^{*)}ため、一部は河床に留まることなくそのまま沿岸河口域に到達し、河口近くの海底で、所々パッチ状に滞留し「落ち葉だまり」を形成する。著者らを含むグループが過去に北海道日本海側で行った研究では、落ち葉だまりには、ヨコエビなどの小さな底生動物が大量に生息していること、ヨコエビを食べにクロガシラガレイの稚魚がやって来ることなどが明らかになっている（長坂ほか 2008、櫻井・柳井 2008）。つまり、森から運ばれた落ち葉が、沿岸海域の生きものを育む『保育場』を創出していたのである。

しかし、この話は日本海側の一流域の事例に過ぎない。北海道の他の地域においても落ち葉だまりはできるのだろうか。そこで今回のプロジェクトでは、流域面積や土地利用の異なる流域を多地点選び、落葉のピーク時期に川を流下する落ち葉の流出量を計測し、沿岸海域への落葉供給量を簡易に推定できるかどうかを検討した。つまり、どの川からどのくらいの量の落ち葉が沿岸海域に供給されるか予測できれば、落ち葉だまりの有無も予測できるだろうと考えたのである。

*) 北海道における落葉のピークは、道南を除きたい10月中下旬に集中している。2週間ほどの間に、年間落葉量の8割が川に供給される。

様似町の沿岸域に落ち葉だまりはあるのだろうか？

様似町を含む日高沿岸域も、その流域や河畔に豊かな森林を抱えている。しかし日本海

側のように、沿岸域にも落ち葉だまりがあるのだろうか。著者らは、様似町での調査に先立ち、様似町役場杉本記史氏の協力により、沿岸の5つの漁協に落ち葉だまりを目撃したことがあるかどうかについてのアンケート調査を行った。

アンケートの結果、93名の回答者のうちほぼ3分の1の32名の方から「落ち葉だまりを見たことがある」という回答を得ることができた。さらに漁協ごとに回答結果を見ると、「見たことがある」割合は25～44%と幅があり、鵜苫から旭地区の間で、多い→少ない→多い、といった地域性が見られた(図-1)

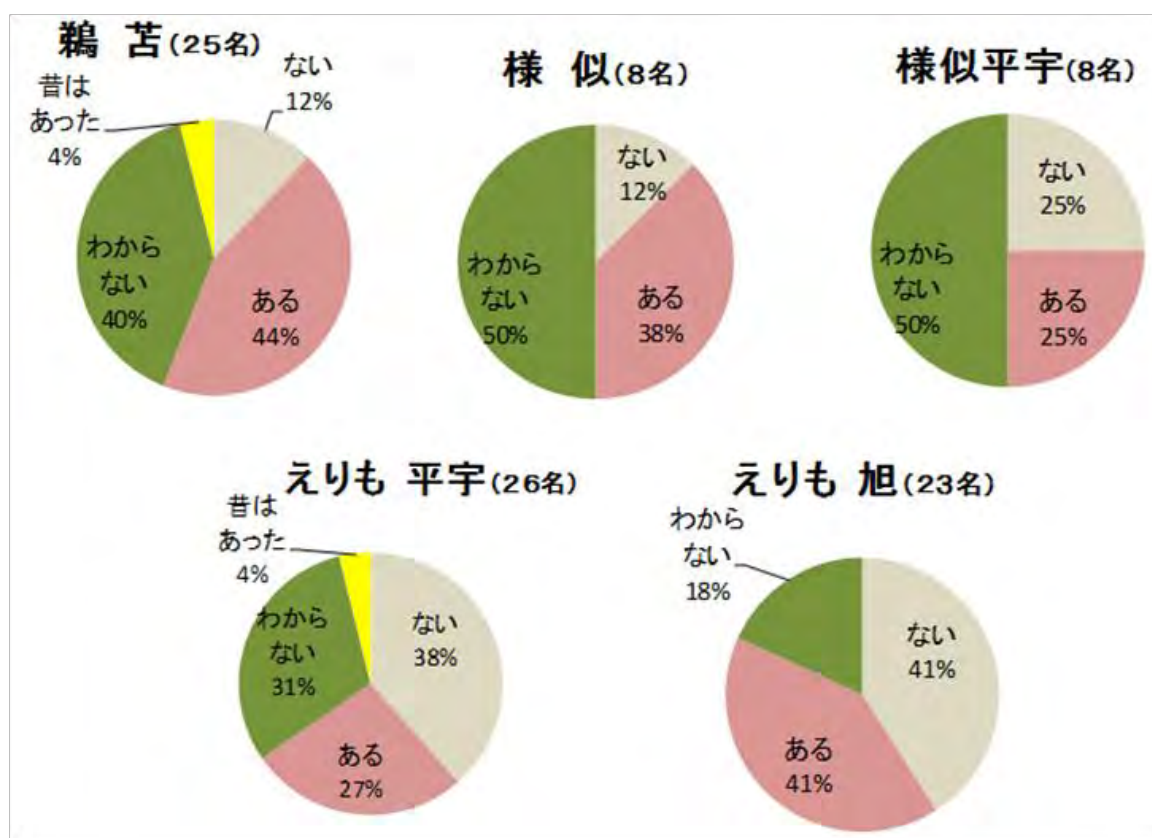


図-1 「落ち葉だまりを見たことがありますか？」という質問に対する回答結果
様似町内5漁協の結果を、各回答者総数に対する割合で示した

たとえば鵜苫地区は、西側に日高幌別川という比較的大きな、そして河口近くまで豊かな河畔林を有する河川が隣接している。また旭地区は、流域の大半を森林に覆われる幌満川、ニカンベツ川の二河川の河口にあたるなど、落葉の供給源に近い地域であることから、落ち葉だまりの目撃率に反映されている可能性を示唆している。「ある」と書いた回答者の属性を細かく見てみると、鵜苫地区ではおもに刺し網漁師さんから、旭地区ではおもに昆布漁師さんからの情報であることなど、回答者の内訳にも地域性があることが興味深い。

漁師さんからの情報によって、日高沿岸でも落ち葉だまりは存在するようだということがわかり、いよいよ川での調査を開始することになった。

川を流れる落ち葉の量をどうやって測る？

前述したように川を流下する落ち葉は、落葉のピークにいきなり増加する。落葉ピーク時期以外の流下量は著しく少ないため、流下量の調査も落葉ピーク期（10月下旬）に焦点を当てて実施することとした。

流域面積や土地利用状況などができるだけばらつくように日高沿岸の河川流域 20 カ所に調査地点を設定した（図－2）。

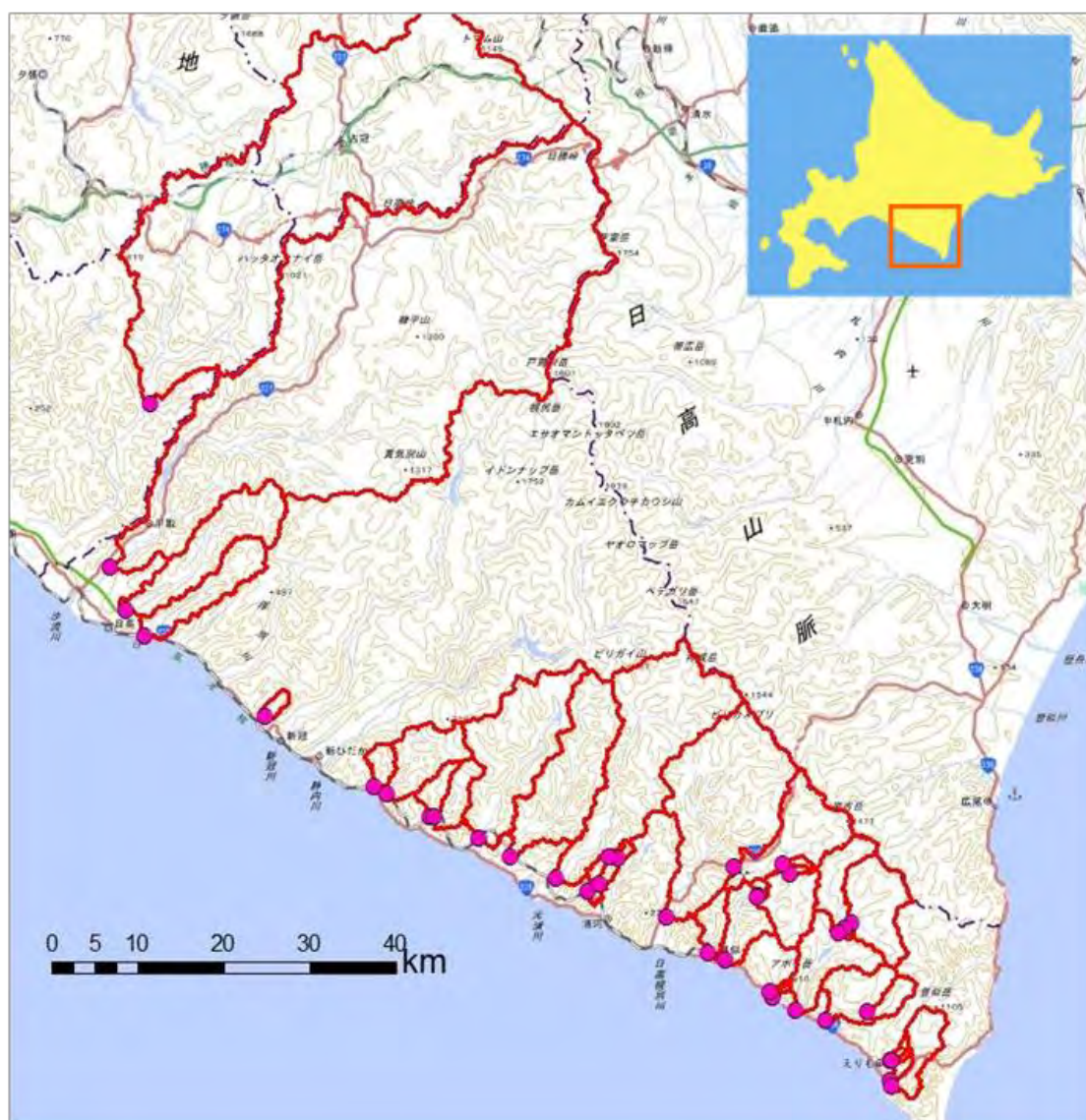


図-2 落葉流下量を調査した流域（濃ピンクの丸で示した地点が調査地点）

調査流域の大半は様似町内に設定したが、流域面積の大きな調査地を設定するため、沙流川、鷗川といった胆振東部、日高西部の河川流域も調査対象とした。

サンプリングには、サバーネット（開口部 25 cm×25 cm、長さ 1 m、メッシュサイズ 8

mm）を用いた（写真－1、2）。設置時にネット下端から水面までの水深と、流速を計測した。ネットが上端まで水没している場合には、水深は開口部の一辺と同じ 25 cmとした。これにネット設置時間に乗じて流下流量を算出した。また、調査時の河川流量を把握するため、すべての調査地点において流量観測を行った。ネットに捕捉された落葉は室内で風乾させた後、60℃に設定した温風乾燥機に 48 時間入れて絶乾重量を計量した。また、計量時に、落葉試料を河畔性樹種（ほぼすべてヤナギ類）と山地性樹種（ほぼすべてナラ類）、草本（ほぼヨシ類）に区分し計量した。



写真-1 流下落葉の調査風景（門別川）
1 地点 3 個設置した



写真-2 流下落葉の調査風景
（シュンベツ川）

結果 1 流下落葉の量と、河川流量との関係

得られた落葉の重量 (mg) をネット通過流量 (L) で除すと濃度 (mg/L) に換算される。これに調査地点の流量 (L/sec) を乗じて負荷量を算出し、流量と負荷量の関係式（経験式：L-Q 式）を作成した（図-3）。

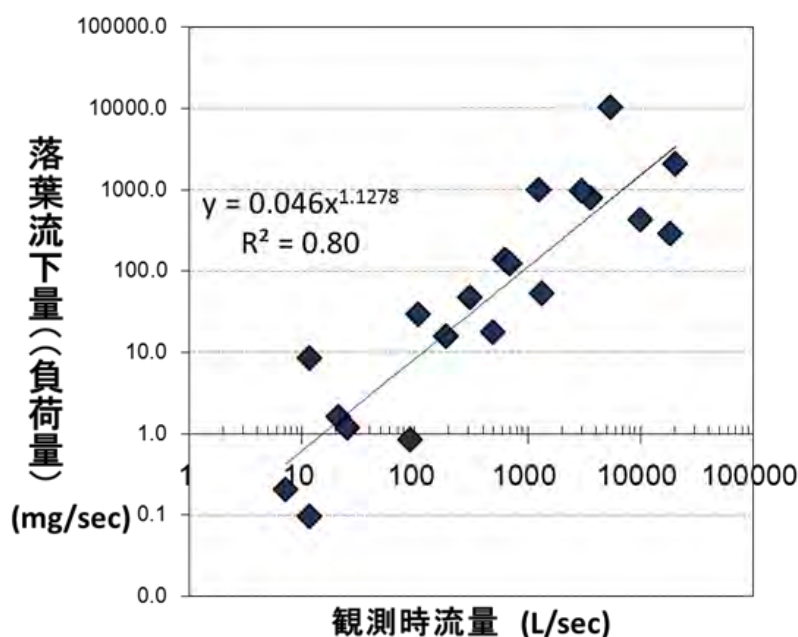


図-3 落葉流下量（＝負荷量：濃度と流量の積）と観測時流量の対応関係
比較的精度のよい経験式（L-Q 式）が作成された

すると、秋期の落葉流下量（負荷量）は観測時流量とよい対応を示し、流量がわかれば、下流域への負荷量を比較的よい精度で予測できることが示された。また、流量は流域面積と高い相関関係（ $R^2 = 0.95$ ）にあるため、仮に流量がわからない場合は、流域面積を用いて落葉流下量を推定することも可能であると考えられた。

結果 2 流下落葉の樹種と、流域の特性との関係

上述の結果は、「河口域に流れていく落ち葉の量は、流域の大小（流量の多寡）によってほぼ決まっている」ということを表わしているといえる。ではたとえば、森林が多い、農地が多い、といった流域の土地利用の特徴は反映されないのだろうか。

そこで、河口域海底で落ち葉だまりを形成するのは、ミズナラなどの山地性樹種が多いという漁業者からの聞き取り調査の結果を参考に、流下落葉を山地性（ミズナラ）と河畔性（ヤナギ）に分けて計量してみた。



図-4 農地河川（門別川）における流下落葉の樹種の重量割合

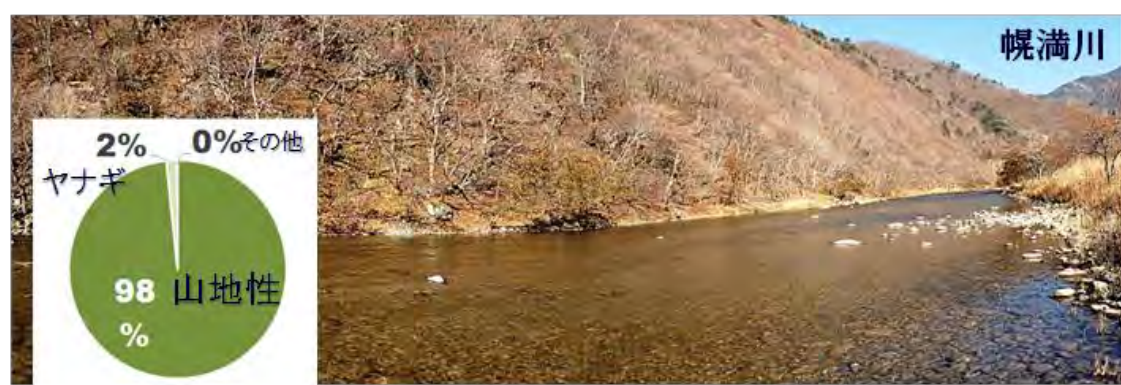


図-5 山地河川（幌満川）における流下落葉の樹種の重量割合

図-4 は、農地河川の典型例として門別川における結果を示したものであるが、平野部を流れる河川の河畔林はおもにヤナギ類で構成されており、流下落葉も8割以上をヤナギが占めていた。一方、幌満川のような山地河川では、図-5に示したようにミズナラを主体とした山地性樹種の落葉が98%を占めていた。幌満川の調査地点は河口近くに設定していたが、河口近くでも山地斜面が河道に接しており、ヤナギ類よりも山地性樹種の落葉供給が卓越することがよく反映されていると思われる。流域の土地利用の特徴として、森林率を用いるか、農地率を用いるか、見解が分かれそうなポイントだが、こうした複数の条件を要約した要素として、今回は流域平均斜度がもっとも適した流域特性と考えられた。流域の土地利用の特徴は、流域平均斜度とほぼ対応しており、今回調査した全地点の結果をグラフ上にプロットしてみると、ミズナラを主体とした山地性樹種の落葉流下量は、流域平均斜度と最もよい相関を示し、とくに、流域面積40km²以上の河川においてとくによい相関を示した（図-6）。流域面積が小さい河川で相関が低い理由は、結果1で述べたように、落葉流下量は流域面積が大きいほど多く、小さいほど少ない、という関係があるため、流域面積の小さな川では、そもそも川を流れる落ち葉が少ないためと考えられる。すなわち流域平均斜度が急で森林率が高い川でも、川に供給された落ち葉のほとんどがその場に留まって流れないため、よい相関が得られないのだろう。

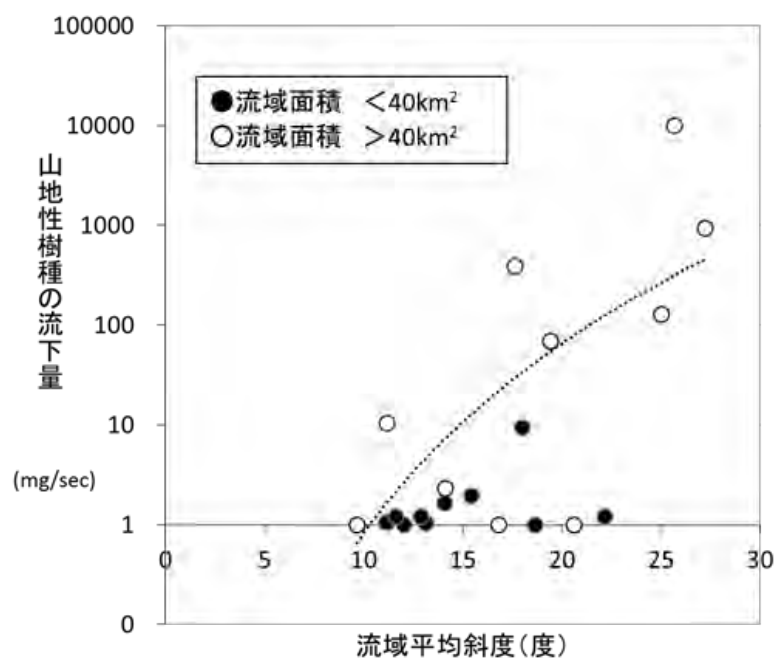


図-6 山地性樹種（主にミズナラ）流下量と流域平均斜度の関係

まとめ

これまで河川における落葉流出量の実測例はほとんど報告されておらず、本研究において、少なくとも北海道の日高沿岸域については、流域面積がわかれば、沿岸海域への落葉供給量を（ある程度）推定することが可能となった。また、「量」の予測には流域面積でよいことが明らかとなったのに対し、「質（樹種）」については、流域平均斜度で予測できる可能性が示唆された。流域平均斜度は流域の森林率と直接関連するため、日高沿岸域以外の地域でも実測例が蓄積されることによって、より地域性を考慮した落葉流出予測が可能になると考えられる。

一方、落ち葉だまりが形成されるのは、海洋学者が言うところの「ど沿岸」であり、学問領域的にも、また調査の難易さから技術的にも「空白地帯」となってきたエリアと考えられている。沿岸河口域で実際に落ち葉だまりを構成する樹種については、今回の研究プロジェクトの中では確認していないため、地域によってその構成樹種に違いがあるのか、また沿岸生物にとってはどのような樹種で構成された落ち葉だまりが好ましいのかなど、落ち葉だまりの機能解明等と併せて、今後さらに実態把握が必要なテーマであろう。

引用・参考文献

長坂晶子、河内香織、柳井清治（2008）河川・沿岸域への森林有機物の供給過程（水産学シリーズ 157 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産）恒星社厚生閣 東京
 櫻井泉、柳井清治（2008）カレイ未成魚による森林有機物の利用（水産学シリーズ 157 森川海のつながりと河口・沿岸域の生物生産） 恒星社厚生閣 東京

3. コンブ藻場の現状とコンブ生育海域の水環境

(傳法 隆、四ツ倉典滋、邵 花梅、宮下和士、仲岡雅裕)

1) ミツイシコンブ藻場の現状

目的

様似町の沿岸域には多くのミツイシコンブが繁茂し、それらコンブは地域の重要な一次産物となっている。その漁場は広く、物理的および化学的な海洋環境は場所によって異なり、それによって各々の場所に生えるコンブの資源量にも違いが見られる。“どこにどれくらいのミツイシコンブが生えているか”を知ることはコンブ漁を効率的に行ううえで有益であるが、一方で、地域を代表する沿岸生物資源の生育環境と資源量の関係を適切に評価し、資源管理を図っていくうえでも欠かせない。広域におけるコンブの生育状況を理解することは容易ではないが、水中音響解析と水中ビデオ画像を組み合わせることで信頼性の高いデータが得られると期待される。そこで今回、可視的にコンブ藻場の実態を把握するために計量魚群探知機を用いたミツイシコンブ分布域のモニタリングを行った。

調査方法

2012年から2015年にかけての春季(6月)と秋季(9月、10月、11月)において、様似町内の鵜苫地区・冬島地区および旭地区の沿岸海域において、図-1の通り設定したトランセクトライン(約50m~100m間隔、水深15m(一部30m)まで)の上を磯船で約3ノットの低速で航行し、小型計量魚群探知機(ソニック社 KCE-300)を用いて海



図-1 様似町沿岸の調査域

アポイ岳の周辺を流れる河川には幌満川、ポンサヌシベツ川、およびポロサヌシベツ川などがある。緑の線は水質観測線、赤枠内は魚群探知機によるコンブ藻場調査区域を示す。また、拡大図は音響調査におけるトランセクトライン設定の一例。

底から反射してくる音響信号を受信した。コンブ林の反射強度としては-35~-60dB を抽出し、電気信号として増幅した後エコグラムとして表示してコンブ藻場の厚みを推定した。一方、藻場の反応が見られた地点およびトランセクトラインの外においては、別に磯船を停泊させ、ROV（VideoRay 社）あるいは T-WATER-2200C（HERO Co.）を用いてコンブの種判別と繁茂状況の確認を行った。

結果

何れの地区においてミツイシコンブは水深 15m 以浅に生育しており、地域の主たる海藻種となっている。なかでも鵜苫地区では浅所から深所にかけて幅広く生育が確認されたが（図-2）、冬島地区と旭地区では浅所に多くの個体が集まっていた（図-3）。特定地区の同一年の春季と秋季を比較すると、秋季にコンブ林の面積は減少していたが（鵜苫地区（2012 年）：春季被覆率 34.9%、秋季 6.1%；冬島地区（2012 年）：春季被覆率 10%、秋季 1.4%）、特に鵜苫地区の浅海域での減少が顕著であった。一方、冬島地区や旭地区では秋季の浅い場所にも局所的に残存しており、旭地区では 2013 年の秋季には水深 6m 以浅に集中し、被覆率は約 11%を示していた。観察期間を通して、季節ごとの分布域は、鵜苫地区では目立った違いはなかったが、旭地区では北西側の浅所において次第に拡大する傾向が見られた。

また、コンブ林の厚みはいずれの地区においても秋季に減少し、春季は 1.5m 以下、秋季は 0.6m 以下であった（図-4）。

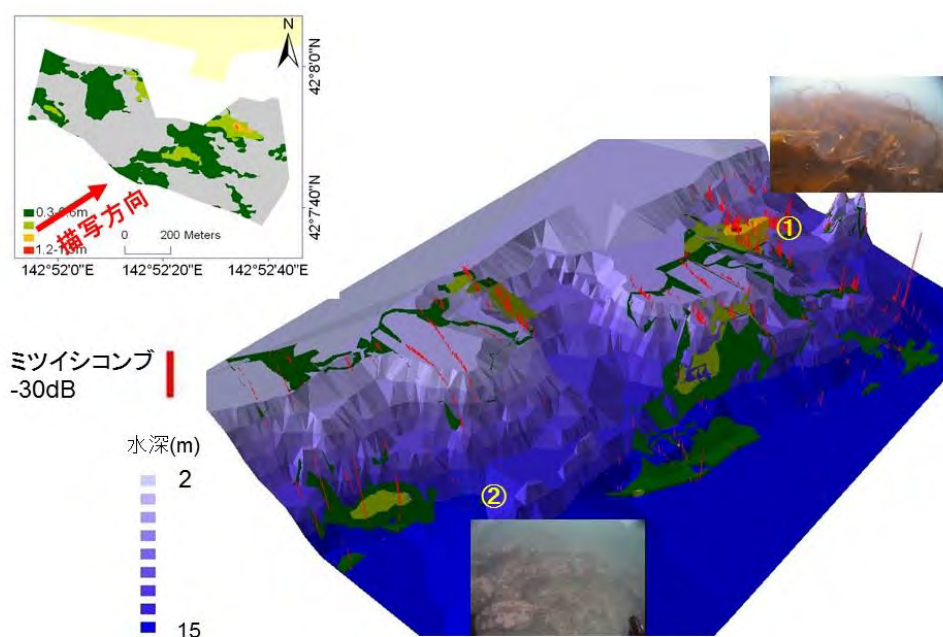


図-2 2012 年 6 月における鵜苫地区のコンブ林の立体植生図

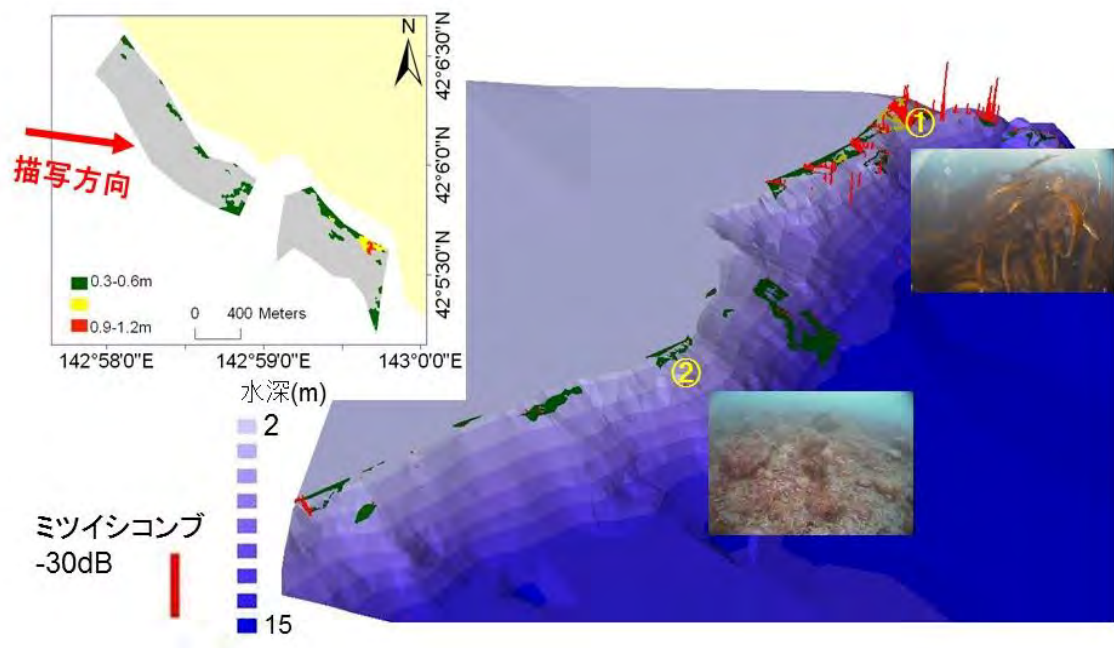


図-3 2012年6月における冬島地区のコンブ林の立体植生図

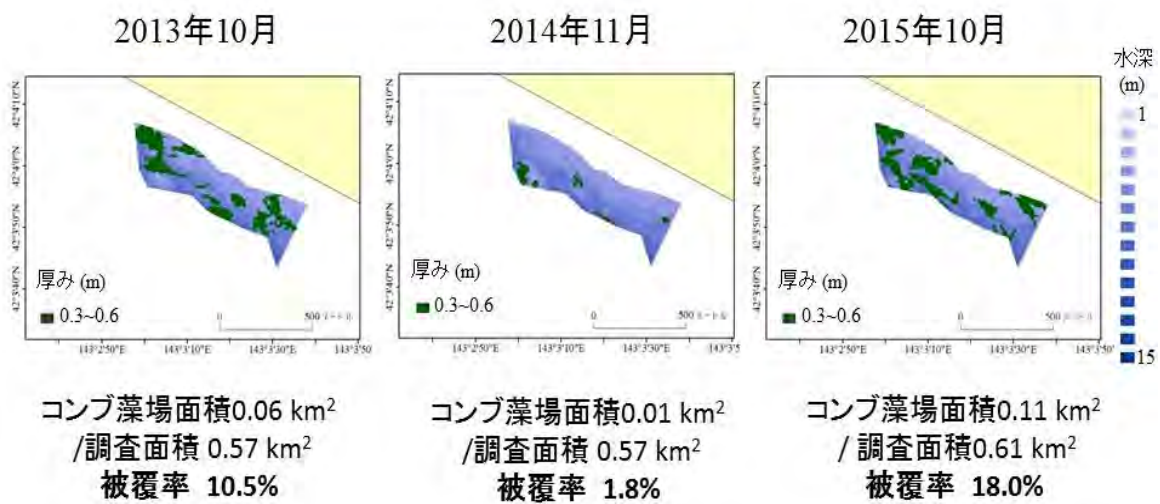


図-4 旭地区における秋期のコンブ藻場分布域の変遷

2) 沿岸海域の水環境

目的

様似町の沿岸域には豊かなコンブ藻場が見られ、なかでも町内の東側に育つ良質なミツイシコンブはアポイ岳を構成するカンラン岩や蛇紋岩といった塩基性岩成分の影響を強く受けていると考えられている。しかし近年、全道傾向と同じようにこの地域においても漁獲されるコンブの量や質は不安定であり、大・中規模な環境変化にともなう水環境の変化が地域全体のコンブの生育に強く関わっていると思われる。アポイ岳の母岩成分がどのような過程で河川を経て沿岸へ運ばれるかは本プロジェクト研究のなかで調べられているが、「沿岸海域生物資源」グループにおいては沿岸海域の水環境がコンブの生育にどのように影響しているかを考察するため、町内を流れる河川の河口域周辺を対象として栄養塩濃度や各水質指標のモニタリングを行った。

調査方法

2012年6月から2015年11月にかけて、自然河川であるニカンベツ川（旭地区）と、上流にダムおよび下流に終末処理場がある様似川（様似地区）の様似町内の二河川を比較対象として、それぞれ河口付近から沖合に向かって設定した観測定線上において、水深5m・10mおよび15mの地点で磯船上からセッキ板を海中へ投下して透明度を測定した。次いで、各地点において水面から5m深度毎に多項目水質計を用いて各水質指標（pH、溶存酸素濃度、電気伝導度、濁度、水温及び塩分濃度）を計測し、さらに、各々の計測点において海水を採水した。採水した海水については一定量をガラス繊維濾紙とメンブレンフィルターで濾過した後に、蛍光光度計と化学天秤・分光光度計を用いてクロロフィルa量・懸濁物質重量および栄養塩濃度を測定した。

結果

透明度の値は旭地区で常時高く、検定の結果有意差が認められた。両地区ともに透明度は観測期間を通して低下傾向にあり、水深別では特に深さ5m地点が他の深度に比べて低く、それは旭地区において顕著であった。水温については、水深別の値に顕著な違いはなく、両地区ともに春から初夏にかけて顕著な水温勾配が見られた。とくに、2012年は夏以降も上昇を続け、9月には平年に比べて5℃ほど高い値を示した。塩分濃度については表層において春季にしばしば値の低下が見られた。栄養塩濃度は、硝酸窒素濃度・リン酸態リン濃度とともに地域間で目立った違いはなかったが、リン酸態リン濃度について両地域ともに春季あるいは秋季に突発的に高い値が観察された。ケイ酸態ケイ素濃度は相対的に旭地区で高い値を示していた。また、海域の透明度に影響するクロロフィルa量と懸濁物質質量（SS）の値は、クロロフィルa量で観測期間を通して増加傾向が見られたが、懸濁物質質量（SS）ではほぼ一定の値を示していた。なお、何れも旭地区の表層と水深5mで

2015 年 5 月と 11 月に顕著に高い値であった。

透明度に影響を与える要因に関して、透明度・栄養塩濃度・クロロフィル *a* 量・懸濁物質質量 (SS) について相関関係を調べたところ (図-5)、両地区とも透明度とクロロフィル *a* 量の間で弱い負の相関が見られた。一方、旭地区では透明度と懸濁物質質量 (SS) の間で中程度の負の相関、懸濁物質質量 (SS) とクロロフィル *a* の間でも中程度の正の相関が見られたが、様似地区では透明度と懸濁物質質量の間や、懸濁物質質量とクロロフィル *a* 量の間には相関が見られなかった。

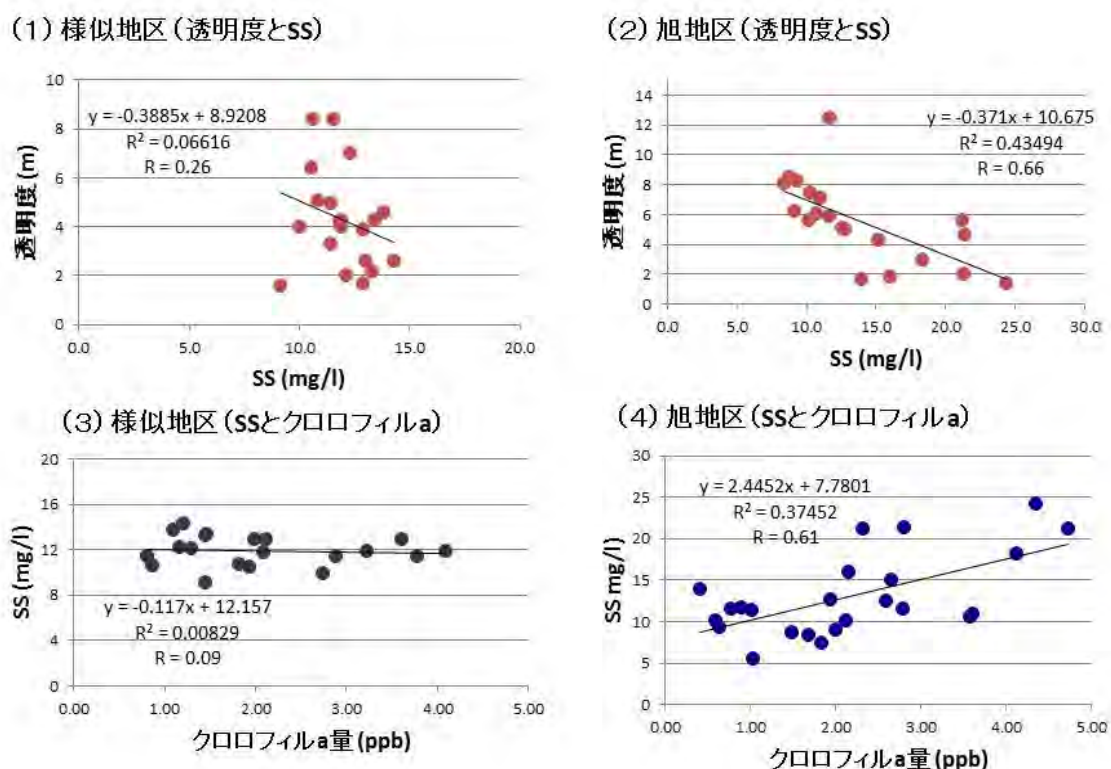


図-5 海水の透明度に影響を与える要因の比較

3) 考察

音響手法を用いた調査により、ミツイシコンブの生育域を詳しく把握することができた。調査を行った地区のなかで、特に冬島地区や旭地区で浅い場所にコンブの生育は集中しており、これらの海域ではコンブ林の厚みの値が高くなっている。2 年目コンブ林と考えられるこれらの場所が漁場としてふさわしいと考えられた。一方、鵜苫地区では浅所から深所まで広く分布している状況が把握された。秋季の調査でも深所の残存が確認されており、

この深所の活用が今後の生産量の拡大につながることが期待された。なお、調査期間中である 2012 年の秋季には高水温が続き、成長不良や根腐れによりたくさんのコンブが流失した。その現象は特に浅い場所で顕著であり、今後継続したモニタリングの実施と、その情報に基づく漁場の有効活用（深場の利用等）が望まれる。

今回の水環境モニタリングの結果から、自然河川における“雪解け水”や“大雨による淡水”が沿岸のコンブの生育環境に影響を与えていると考えられた。調査した旭地区では、雨水が土壌の深部に浸透する過程で溶け込み、ケイ酸態ケイ素濃度が高い値を示していることが示唆された。また、時々塩分濃度の低下の状況から、河川から相当量の栄養塩が流入していることが示唆された。それに伴い植物プランクトンが増殖し透明度を低下させることにより有光層深度が浅くなり、その結果としてコンブの生育域が浅い場所に移行すると推察された。一方、様似地区は期間を通して透明度の値は旭地区に比べて低かった。しかし、様似川にはダムが存在することもあり、栄養塩濃度の極端な増減は見られず、透明度とクロロフィル *a* 量の間に低い相関性が得られたものの、透明度と懸濁物質（SS）の間や、懸濁物質（SS）とクロロフィルの間に相関は見られなかった。したがって、様似地区では植物プランクトンとは異なる超微粒子が様似川、あるいは沖から北西方向へ運ばれてエンルム岬で遮られて域内に滞留・攪拌することで透明度を下けていると推察された。様似地区の東側に隣接する平宇地区ではコンブの生育域が岸側に集中していたが、このことも超微粒子の流入による透明度の低下がもたらしていると考えられた。なお、鵜苫地区では他に比べて深所までコンブの生育が認められ、超微粒子の影響はあまり及んでいないと考えられた。しかしその詳細を明らかにするためには、現地での継続した環境調査が必要であると考えられた。

様似町の沿岸には“量”と“質”ともに優れたミツイシコンブが生育している。しかし、近年、その“量”にも“質”にも小さからず地域変動や年変動が見られている。今回、限られた期間について生育地の水環境のデータをもとにコンブの分布について議論したが、より確実な議論のために今後は基礎的な環境データの蓄積に加え、森林圏や耕地圏の環境データとの統合と分析が必要となろう。

ところで、様似町が隣接する沿岸域は 2001 年に環境省による重要湿地（藻場）に選定されており、その選定理由の一つとして「近年、他の海域から別種のコンブ類の移入の懸念があり、注目すべき海域」が挙げられている。最近では様似町内においてマコンブの移入・繁茂が確認されており、今後も沿岸資源を利用し、産業を継続・発展させるためには地域の海藻の植生についても広く詳細な調査の実施・継続が求められる。

おわりに（アポイ岳カンラン岩流域と沿岸海域とのつながり など）

本研究においては、非カンラン岩地帯との比較から、カンラン岩地帯の地形・地質などの流域特性と植生（森林など）とが、陸域における物質移動と沿岸海域の水質環境や植物生産に与える影響を明らかにしようとした。

アポイ岳を中心としたカンラン岩流域においては、キタゴヨウ・アカエゾマツを主要な構成樹種とした森林や固有の植物・侵入植物の適応系・変化形などが存在しているが、オオバキスミレ・ヒダカミセバヤ・クロミノウグイスカグラ・キイチゴ属植物などの草本類や小果樹においても遺伝的変異や遺伝的多様性の高さなどを確認することができた。

カンラン岩流域は、様似川などの堆積岩流域に比べて降雨や融雪水などの地表流出率が高く、河川の急増水をもたらすなどの流出特性をもっている。しかしながら、針葉樹類や特異な植物をふくむカンラン岩地帯の植生は、土層が薄く・礫が多く・O層（土壌最上位の有機物層）が発達する土壌形態や急な山腹斜面と氾濫原が少ないといった地形的特徴とも関連しながら、鉄や水溶性有機物（とくに溶存有機炭素 SS）の流出および沿岸海域に落ち葉だまりを形成しやすい山地性樹種の落ち葉などの流量を多くし、洪水時や融雪時などにおける懸濁物質（浮遊砂 SS など）の流出を減少させるなど、沿岸海域の生物生産に好条件をもたらしている状況が把握された。また、溶存有機物と土壌中の鉄との錯体（有機-無機複合体）の流出の多くは、針葉樹林下において発生することから、好条件の維持のためには森林（とくに針葉樹林）の存在が欠かせないことも明らかになった。

コンブ藻場の現状調査から、コンブは水深 15 m 以浅に生息し、様似地区では浅所から深所にかけて広く分布するが、冬島地区・旭地区では浅所のみに限られているなどの生育状況が把握された。ただし、カンラン岩流域の河口域にちかい冬島地区・旭地区ではコンブ林の厚みが大きく、春から秋にかけての減少率も低く、分布域が拡大する傾向にあることも把握された。水環境のモニタリングからは、旭地区の透明度は様似地区より高い状況にあることが把握された。また、旭地区では栄養塩の流入が植物性プランクトンの発生をうながすことで透明度を低下させ、様似地区では超微粒子の流入が透明度を低下させているなど、物質の流入がコンブの生育に影響をあたえている状況も把握された。

本研究により、カンラン岩流域は沿岸海域の生物生産に好条件をもたらしており、その効果を維持・向上させるためには森林の保全が重要であることが明らかになった。しかし、河川からの流入物質と沿岸海域の水環境との関連については、まだまだ解明されなければならない課題が残されている。また、本研究では、研究期間の制約から、陸域の自然条件が沿岸海域の環境や生物生産に与える影響にしばった調査・観測を行わざるを得なかった。本研究で不十分だった課題のさらなる追及とともに、今後における陸域と海域の相互作用の解明もふくめた総合的な研究への進展や、陸域～海域の環境保全と生物生産の向上による地域の発展にむけた取り組みへの発展を期待したい。

文部科学省科学研究費助成事業 2012(H24)年度～2015(H27)年度

「カンラン岩流域と森林形態が物質フローおよび陸域・
沿岸域生物資源に与える影響」

課題番号 24380074

参加メンバー

研究代表者	笹 賀一郎	北海道大学・名誉教授
研究分担者	東 隆行	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・助教
	星野洋一郎	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・准教授
	佐藤 冬樹	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授
	福澤加里部	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・助教
	長坂 晶子	北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場・研究主幹
	傳法 隆	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・助教
	四ッ倉典滋	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・准教授
	仲岡 雅裕	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授
連携研究者	柴田 英昭	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授
研究協力者	長坂 有	北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場・主査
	宮下 和士	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・教授
	邵 花梅	北海道大学環境科学院生物圏科学専攻・学術研究員
	杉本 記史	様似町産業課・課長
	逢山 康弘	様似町産業課農務係・係長
	堀井 勇司	様似町産業課林務係・主査
	間宮 春大	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・技術職員
	上浦 達哉	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・技術職員
	藤戸 永志	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・技術職員
	瀬崎由理子	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・事務職員
	鈴木 知穂	北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・事務職員

編集 佐藤 冬樹（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター）

2016年12月24日

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・研究棟

〒060-0809 札幌市北区北9条西9丁目

電話 （011）706-2518（佐藤 研究室）



国立大学法人 北海道大学
北方生物圏フィールド科学センター
森林圏ステーション

