

2013 年度
森里海連環学実習 II(京都大学)
森・里・海連環学 北大・京大合同演習(北海道大学)
2013. 8/30-9/5



京都大学フィールド科学教育研究センター
北海道研究林 標茶区：〒088-2339 北海道川上郡標茶町多和
TEL : 015-485-2637 FAX : 015-485-4016

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター
厚岸臨海実験所：〒088-1113 北海道厚岸郡厚岸町愛冠
TEL : (0153) 52-2056 (代表) FAX : (0153) 52-2042

2013年度 実習参加者名簿

【学 生】

<京都大学>

氏 名	学部	学年	班
1 加藤 雅也	農	2	森
2 澤嶋 拓眞	文	1	川
3 成山 奏子	理	1	海
4 野村 泰介	農	1	里
5 菱川 晶大	総人	4	森
✓6 江間 航	理	3	川
✓7 舎川 優加	法	2	海

<北海道大学>

氏 名	学部	学年	班
1 比留間 穏人	文系 総合	1	里
2 横井 康一	医、医学	2	森
3 豊田 めぐみ	理系 総合	1	川
4 福本 峻吾	理系 総合	1	海
5 松本 圭介	理系 総合	1	里
6 横地 穂	理系 総合	1	森
7 西田 萌	理系 総合	1	川
8 中川 雄登	理 [生物・生物]	1	海
✓9 金 多恩	工 [情報]	1	里
✓10 港 翔平	農	1	森

【スタッフ】

TA :

<京都大学> 熊谷洋一郎 (大学院農学研究科) 今村志帆美 (大学院農学研究科)

<北海道大学> Venus Leopardas (大学院環境科学院)

教員・研究員 :

<京都大学フィールド科学教育研究センター>

吉岡崇仁、向井 宏、館野隆之輔、中山耕至、中西麻美、北海道研究林標茶区職員

<北海道大学北方生物圏フィールド科学センター>

仲岡雅裕、柴田英昭、福澤加里部、伊佐田智規、本多健太郎、片平浩孝、厚岸臨海実験所職員

2013年度 実習日程

スケジュールの概略（予定、天候等により変更になることがあります）

8月30日（金）：標茶研究林泊

- 8:00 札幌をバスが出発
16:00 京都大学北海道研究林（標茶）に集合
17:00～17:30 ガイダンス、安全教育（館野）
17:30～17:50 講義「根釧地方の自然環境」（吉岡）
17:50～18:10 講義「厚岸水系の特徴と土地利用（厚岸町歴史と産業の概要）」（向井）
18:10～18:40 講義「森里海のつながり」（向井）
20:00～21:00 実習「樹木識別」

休憩

8月31日（土）：標茶研究林泊

- 8:30～11:00 実習「天然林の樹木同定・毎木調査」
11:00～14:30 実習「天然林の土壤調査」
14:30～15:30 見学「標茶研究林の天然林と人工林」
16:30～17:30 講義「森林域における物質循環」（柴田）
17:30～18:15 講義「森里海連環学の課題」（吉岡）
18:15～19:00 講義「北海道の森林と林業」（館野）

9月1日（日）：標茶研究林泊

- 8:30～10:30 パイロットフォレスト見学
11:00～12:30 実習「牧草地の土壤調査」
14:00～17:30 実習「水源域の調査」、「天然林遊歩道での樹木実習」
19:30～20:30 講義「河川生物の調査法」（中山）

休憩

9月2日（月）：厚岸臨海実験所泊

- 8:30～10:00 実習「上流（牧草地）の水質：水生生物調査」
11:00～13:00 実習「上流（自然域）の水質・水生生物調査」
14:30～16:30 実習「下流（湿原）の水質・水生生物・湿原堆積物調査」
16:30～17:00 ガイダンス、安全教育（仲岡）
19:00～20:00 講義「厚岸湖・厚岸湾の調査方法」（仲岡）

9月3日（火）：厚岸臨海実験所泊

8:30～12:00 実習「厚岸湖の水質・底質・水生生物調査」

13:00～15:00 実習「厚岸湾の水質・底質・水生生物調査」

15:30～16:30 講義「厚岸湖・厚岸湾の生物群集」（仲岡）

17:30～ データ整理

9月4日（水）：厚岸臨海実験所泊

8:30～12:00 データ整理、グループ発表準備

13:00～14:30 データ整理、グループ発表準備

14:30～15:30 グループ発表・討論

「別寒辺牛川流域の森里海連環学—森・川・海・人間活動の視点から」

15:30～ レポートまとめおよびアンケート回答

9月5日（木）

8:00 レポート提出後解散

*水質分析：研究林事務所ないし臨海実験所内での実習中に水質分析実習を併行して行います。班ごとに実習するため、スケジュール上に時間帯は設けていません。

*グループ発表・討論では、本実習を通じて学んだこと、森里海連環学の特徴、今後の課題・展望などをまとめます。発表は、班ごとにオーバーヘッドプロジェクターなどを使って行います。

①保険
②連絡先
③預貯
④アヒギー^{アヒギー}
飲酒

八戸港

目次

1. 根釧地方の自然環境	1
2. 厚岸水系の特徴と土地利用	6
*厚岸町の歴史と産業の概要	10
3. 森・川・海のつながり -海から陸を見る-	13
4. 森林調査法	20
5. 森林域における河川水質と物質循環	28
6. 土壌調査法の概要	31
7. 河川水質調査法の概要	33
8. 森里海連環学の課題	36
パイロットフォレストの概要	42
9. 河川生物の調査法	44
10. 別寒辺牛川の魚類相	46
11. 厚岸湖・厚岸湾の調査方法	48
12. 厚岸湖・厚岸湾の生物群集	50

1. 根釧地方の自然環境

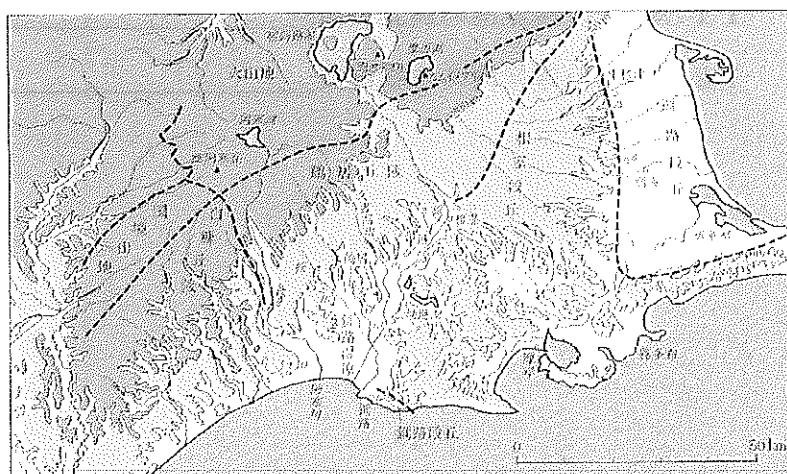
1) 地形・地質・土壤

根釧地方は、北と西をそれぞれ知床岬から雌阿寒岳に至る高まりと白糠丘陵の低い山並みによって囲まれ、南と東はそれぞれ太平洋と根室海峡に面する北海道太平洋側斜面の東端に位置する。

地形は、この地方の大半を占める「根釧台地」によって代表される。根釧台地は、白糠丘陵（標高 140～400m）、鶴居丘陵（標高 130～400m）、根室段丘（標高 60～130m）、釧路段丘（標高 60m）、および沖積低地からなる広大な地域である。根釧台地を南下して太平洋に、東流して根室海峡に注ぐ各河川の河口域には、釧路湿原を代表とするいくつかの湿原が形成されているのも根釧地方の特徴の一つである。また、根釧地方と網走・北見地方とを画する知床岬から雌阿寒岳にかけて連なる北東-南西方向の高まりは、第四紀更新世（200万年～1万年前）以来多くの火山が活動を繰り返してきた千島弧西端の火山列である。現在の火山は、新第三紀（2,400万年～200万年前）以降の海底火山の噴出物や碎屑物（さいせつ）を主とする地層が大きく盛り上がったところに並んでいる。海に突き出た知床半島には、1,000m以上の成層火山が並んでいて、南の海別岳から遠音別岳、羅臼岳、硫黄山の順に噴火した。南西部の阿寒火山には阿寒、屈斜路、摩周のカルデラ湖が集まっている。

地質は、知床一雌阿寒の火山列の基盤はグリーン・タフ系の新第三紀で、太平洋岸は古第三紀-中生代・白亜紀（1億4,500万年～2,400万年前）で、それぞれの地層が東西方向にほぼ平行に延びた構造を示し、両者の間には第四紀堆積層が広く分布している。

土壤の特徴は火山灰土と泥炭土である。火山灰土は、第四紀の火山活動に伴う火山灰、軽石などの降下物が風化・土壤化したもので、根室段丘、釧路段丘、沖積低地を中心広く分布している。泥炭土は、河川下流の低湿地、とくに釧路湿原に広く分布するほか霧多布や風蓮にもまとまってみられる。



根釧台地の地形 *等高線（色分け）は 50m と 200m

沖積低地：第四紀・沖積世の海水準変動に伴う堆積作用でできた低地・平野

成層火山：火口から噴出した溶岩と火山灰が交互に重なってできた円錐形の火山

カルデラ湖：火山の活動によってできた大きな凹地に雨水が貯まり湖になったもの

グリーン・タフ：新第三紀の激しい火山活動によってできた緑色凝灰岩。緑色の斑点模様があり全体にうす緑色

泥炭地：湿原植物などが枯死・堆積し、部分的に分解、炭化作用が行われた土塊状のものが堆積した場所

2) 気象

道東の気象は北海道の中でもとくに異なる。夏季には、太平洋岸特有の濃霧が内陸深くまで入り込み、日射を遮り、冷たい霧雨をもたらす。一方、冬季には、卓越した北西の季節風が中央高地を越えて吹くために、降雪の多い日本海側にくらべて、晴天の日が多く降水量は少ない。そのため、夜間の放射冷却が著しく、無霜期間が短く、厳寒期には-30°C近くになることもある。また、根雪が遅く積雪も少ないために地表面からの放熱が著しく、土壤が凍結する。すなわち、夏季は湿潤低温、冬季は乾燥低温がこの地方の気候特性といえる。

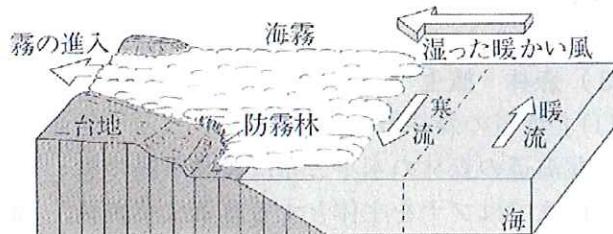
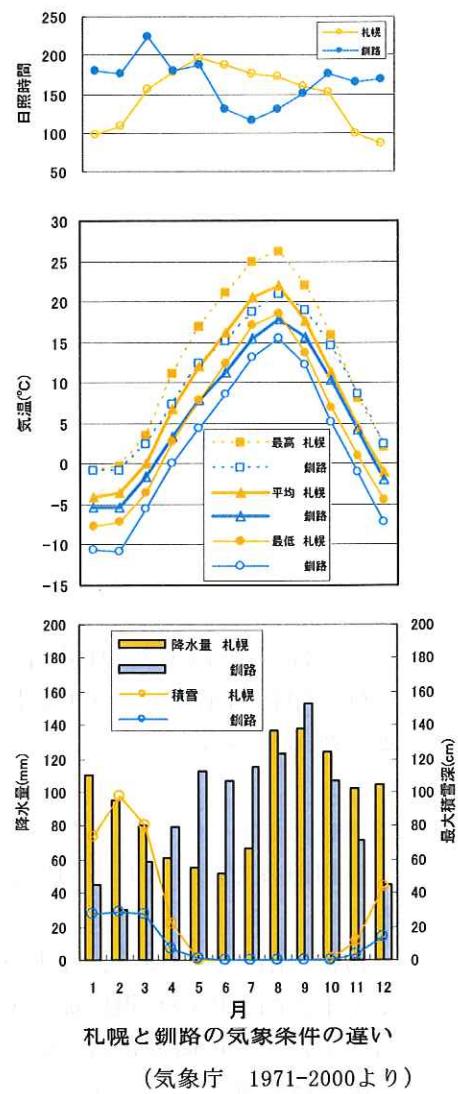
(1) 夏の気象

根釧地方の夏は、海霧とともに始まる。夏型の気圧配置となり、北太平洋高気圧が北に張り出し、南寄りの風が卓越するときには、根釧地方特有の海霧が太平洋側から内陸深くまで侵入する。この海霧は、冷たい親潮海流の上を北太平洋高気圧から吹き出す暖かく湿った気流が北上することによって発生する。南よりの風に運ばれて海岸に上陸した霧は、内陸に進むに従って地上付近では消えていくが、上空には層雲として残り、日射を遮るので林木や農作物への影響は無視できない。

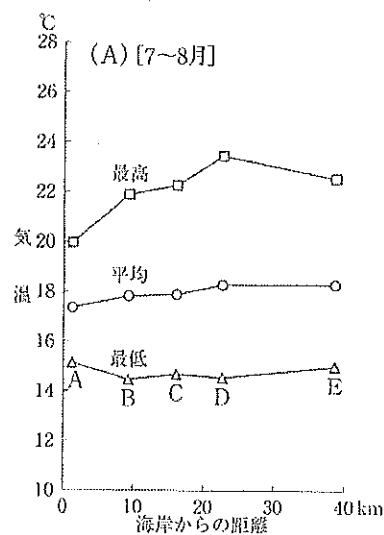
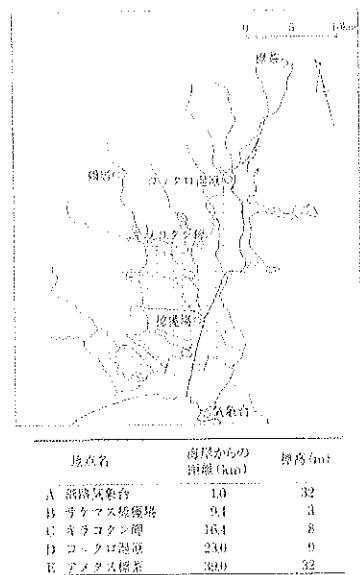
また、初夏から夏にかけてオホーツク海およびその周辺に高気圧が発達し、停滞する。東北日本とりわけ北海道や東北地方の太平洋岸の夏の気候に大きく影響を与えるオホーツク海高気圧である。この高気圧から吹き出す冷涼な東北風または東風が「やませ」で、冷害を引き起こす風として恐れられている。「やませ」は低温であるばかりでなく多湿で、低い層雲を伴うので、時には厚い層の霧となり、冷雨をもたらす場合が多い。オホーツク海高気圧は、5月中旬頃から9月にかけて現れやすく、とくに6月から7月には10日以上にもわたって居座ることがあり、本州の「つゆ」とは異なって非常に冷涼な「えぞつゆ」をもたらす。このように、湿潤低温が、この地方の夏季の気候の特徴といえる。

しかし、この地方でも夏季に暑い日が無いわけではない。北太平洋高気圧が発達して北海道まで覆うようなときには、日中気温が急上昇する。夏日（日最高気温が25°C以上の日）はもちろん真夏日（日最高気温が30°C以上の日）を記録することもあるが、他の地方に比べると非常に少なく、長続きしない。

海岸部の釧路と内陸部の標茶の7、8月の日最低気温は海の影響をほと



海霧が発生するメカニズム



釧路湿原とその周辺の気象観測地点における日平均、日最高、日最低気温の平均値：内陸部に向かうに従って、夏季の日最高気温が上昇する。

んど受けていないが、日最高気温は温度の低い海の影響と海岸から侵入する海霧の影響を受け、内陸に向かうにつれて上昇する。その影響は海岸から 23km 地点のコッタロ湿原付近まで及んでいる。

(2) 秋の気象

根釧地方では、8月下旬になると朝夕は急に涼しくなり秋の気配が感じられるようになる。

初秋は雨の日が多く、降水量も多い。これは、日本の北に押し上げられていた前線が、北太平洋高気圧の衰退に従って南下し、この頃に北海道付近に停滞しやすくなるからである。また、この時期には、時として台風が北海道を襲い、前線に湿った空気を送り込み、大雨を降らせることがある。

9月下旬には天気は安定する。内陸部で初霜が観察されるのもこの頃である。年によつては9月上旬あるいは中旬のよく晴れた夜

に早霜をみることがあり、まだ成長を続けているカラマツの新梢が凍害で枯れる被害が発生する。初氷は10月上旬で、この頃、阿寒湖、摩周湖、屈斜路湖などでは紅葉が見頃となる。雌阿寒岳、斜里岳など道東の山々が初冠雪に覆われるのも10月中旬である。

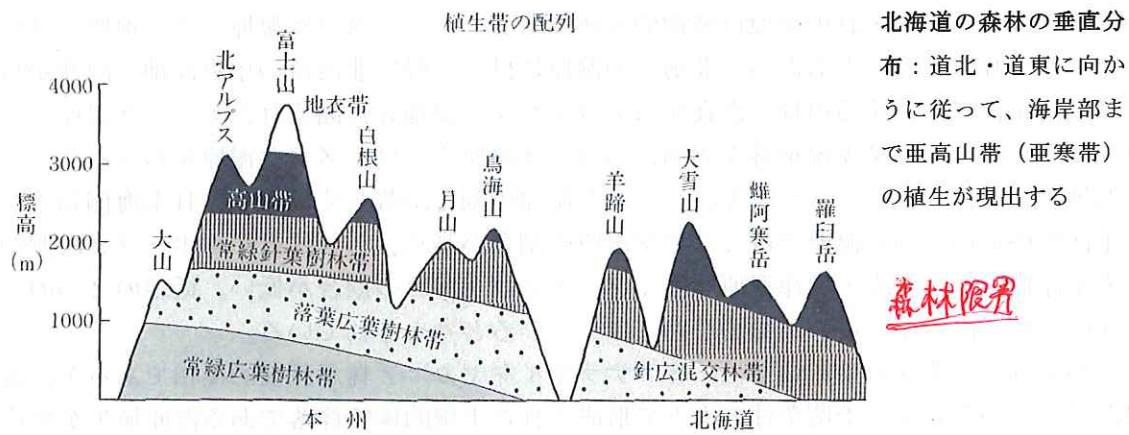
3) 森林・植生

(1) 北海道の森林帯

北海道の森林の水平分布は渡島半島の黒松内まではブナを主体とする落葉広葉樹林、中央、東部の山岳地帯には針葉樹林が分布



北海道の森林の水平分布：広葉樹の割合は道南・道央で高く、道北・道東で低くなる

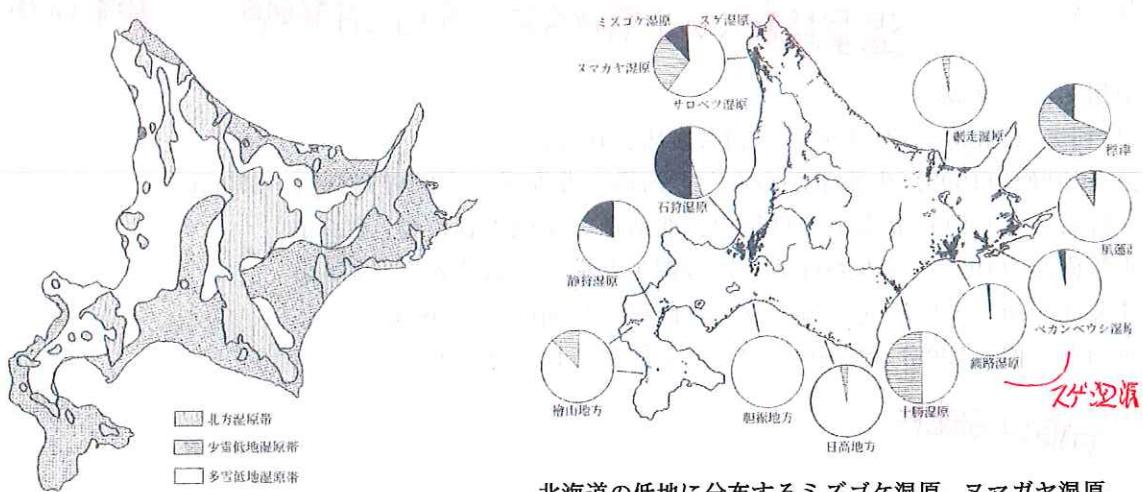


するが、それ以外の地域は北方針広混交林（汎針広混交林）とされる。北海道の広大な面積を覆う針広混交林は植生帶としては冷温帯に属すとされるが、亜寒帯への移行帶と考えられ、北海道から沿海州、中国東北、スカンジナビア半島南部、北米東海岸のアメリカからカナダ南部に分布している。その特色として、亜寒帶系の針葉樹と冷温帯系の広葉樹が広範囲に渡って混じりあうことで、針葉樹は比較的高地に広葉樹は低地に分布する。道北・道東の針葉樹が出現する標高は、道央・道南と比較して、著しく低い。また、森林の垂直分布は、平地林の多くはミズナラ、ハルニレ、ヤチダモ、イタヤカエデなどの落葉広葉樹林で、上部にいくに従ってトドマツなど針葉樹が混じる針広混交林、トドマツ、エゾマツの針葉樹林、ダケカンバ林に変化し、さらに、その上部は匍匐性のハイマツ帯・森林限界となる。

(2) 北海道の湿原

日本各地の低地湿原のほとんどが消滅してしまったなかで、北海道では原景観をとどめた湿原がまだいくつか残されている。

日本の湿原は水位に対する湿原土壌表面の相対的位置関係にもとづいて分類され、水面より上で泥炭の堆積が行われている高位泥炭地の高層湿原、水面下で堆積が行われている低位泥炭地の低層湿原、そして両者の中間的な存在である中間泥炭地上の中間湿原に分類



北海道の低地に分布するミズゴケ湿原、スマガヤ湿原、
スゲ湿原の割合

北海道の湿原帯

される。また、それぞれの湿原は特徴的な植物名をとてミズゴケ湿原、スゲ湿原、ヌマガヤ湿原と呼ばれることがある。北海道の湿原には、一般に北海道の中央高地、阿寒から知床半島をはじめとする山地に点在するアカエゾマツ湿地林に囲まれたミズゴケ湿原と、低地にみられるハンノキ湿地林を周囲にもつスゲ湿原またはミズゴケ湿原からなる。

低地の湿原は、スゲ、ヌマガヤ、ミズゴケ湿原の割合が著しく異なり、日本海側および太平洋側の道南・静狩湿原ではミズゴケ湿原の割合が高く、これに対しオホーツク海側から太平洋側では、道東・標津湿原を除くと、ミズゴケ湿原の割合が低い。低地の2つのタイプの湿原は降雪量の違いが影響をおよぼしていると考えられている。

このように、北海道の低地では、ミズナラやイタヤカエデ林が気候的極相であるが、過湿な泥炭という特殊な土壤条件のもとで形成された土壤的極相群落である湿原植生が発達する。とりわけ、道東・根釧地方では釧路湿原、別寒辺牛湿原、風蓮湿原など、大規模な湿原が見られる。

30~40cm 深さ

(3) 根釧地方の森林・植生 *カラマツ→紅葉*

低湿地ではハンノキ、ヤチダモなどの広葉樹による湿性林を形成し、海岸線や丘陵ではミズナラ、イタヤカエデ、シラカンバによる落葉広葉樹林、山麓や海岸段丘では針広混交林となる。さらに山岳部の上部や中腹ではトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツなどの針葉樹林となる。アカエゾマツはエゾマツ、トドマツ、ダケカンバと混交するが、火山砂礫地、蛇紋岩地、湿地、砂丘地で純林を形成する。

太平洋側海岸部の地形は釧路川を境に、西部では白糠・鶴居丘陵が沖積低地によって縁取られているのに対して、東部では釧路・根室段丘が海岸部に迫る。森林植生は、西部ではミズナラ、ハルニレ、カツラ、ヤチダモなどを主とする落葉広葉樹林からなり、内陸部はこれらの広葉樹にトドマツが混交する。一方、東部では海岸部まで針広混交林となり、根室付近では針葉樹が優占する林分もみられる。これらの針葉樹林は、一部エゾマツ、アカエゾマツの高齢林分もみられるが、原生的な天然林はわずかである。

このようにこの地域ではトドマツをはじめとする針葉樹の割合が増加し、ミヤマハンノキやダケカンバなど亜寒帯林を形成する広葉樹を主体とする森林が広く海岸線に発達する。その原因としては、5月から9月までの生育期間にしばしば発生する海霧の影響が指摘されている。

湿度指数：W1「自動気温 -5°C の年積算値」 *湿度 Ca. 180*

引用・参考文献

- 堤 利夫 (1989) 森林生態学、朝倉書店、166pp
東 正剛他 (1993) 生態学からみた北海道、北海道大学図書刊行会、373pp
小野有五 (1991) 北海道の自然史、北海道大学図書刊行会、219pp
小疇尚他 (1994) 日本の自然 地域編1 北海道、岩波書店、176pp
辻井達一他 (2002) 北海道の湿原、前田一歩園財団、304pp
竹内典之他 (1982) 標茶の気象、京大演集、15、35~42

白糠に土研究林

2. 厚岸水系の特徴と土地利用

1. 厚岸水系と別寒辺牛川

河川の源流

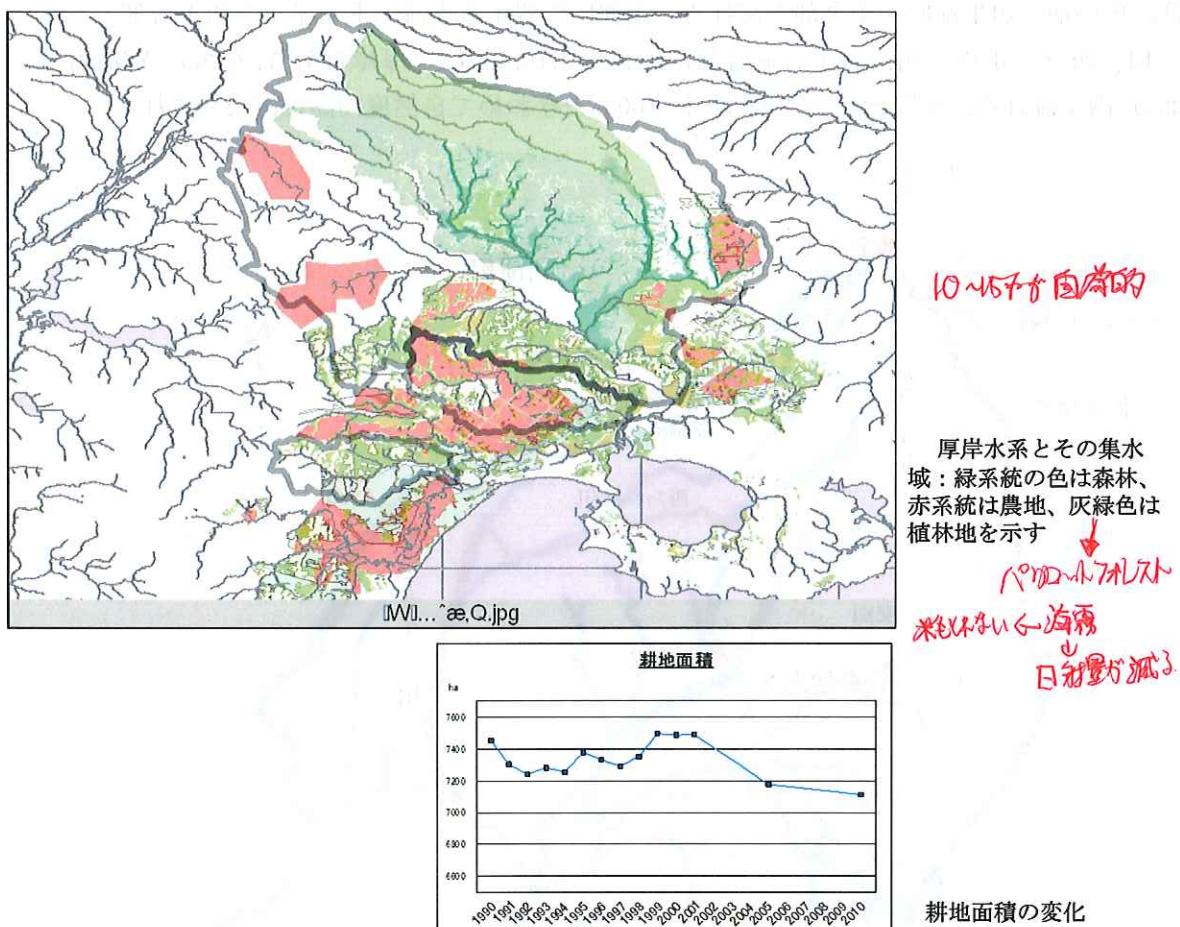
源

厚岸水系は、別寒辺牛川とその支流、河口域に広がる汽水湖としての厚岸湖、狭い水道で繋がる厚岸湾、さらに太平洋へと繋がる一連の水系を言う。別寒辺牛川は、釧路支庁厚岸町の北方の標高 120~130m の根釧台地に源を発し、根室段丘を南北に刻んで蛇行し、下流部ではトライベツ川、チャンベツ川、サッテベツ川、大別川などの支流をあわせ、厚岸湖に流入する。延長 43.8km である。本流・別寒辺牛川最上流部は北海道研究林標茶区に接し、上流から中流にかけては厚岸町と標茶町の境界部、そして国有林・パイロットフォレスト内を通過し、高層湿原をもつ日本で 3 番目に広い別寒辺牛湿原の中央部を流れる。東部に位置する支流・トライベツ川上流部のフッポウシ川、西フッポウシ川は陸上自衛隊矢臼演習場（16,772ha—厚岸町分 7,282ha、別海町分 9,490ha）内を流れる。水際線の自然率はほぼ 100% ときわめて自然度の高い河川とされる。



2. 厚岸水系の土地利用

厚岸水系は、気候が寒冷であり、春から夏にかけて海霧が発生する。そのため、気温が低く日照時間が少ない。この地方では野菜、果物、稻などが収穫できないため、大部分の農家が酪農で生計を立てている。別寒辺牛川上流部、トライベツ川流域はともにほとんどが山林と原野からなり、国有林の造林事業を除くと土地利用はほとんど進んでいない。一方、西部に位置する支流・チャンベツ川は標茶町内に源を発し、上流部の上・中茶安別では酪農地が多い。厚岸町内の酪農地は大別川流域などに集中して分布しているが、全体の農地率は10~20%程度で、低い利用にとどまっている。河川水の栄養塩濃度は、農地の影響が大きいところを除けば、本州の河川と比較してきわめて低い。



3. 別寒辺牛川流域の植生

この地域の森林はエゾマツ・トドマツなどの針葉樹とミズナラ・ダケカンバなどの広葉樹が混じる針広混交林であったと考えられている。しかし、戦前期に伐採されて広大な原野と化した跡地に戦後カラマツが大規模に植林された（パイロットフォレスト*）。また別寒辺牛川本支流の集水域の高低差は100mに満たないところが多く、きわめて傾斜が緩慢である。河川の周囲には広い氾濫原をもち、中流域から下流域を中心に湿原が発達している。この湿原は別寒辺牛湿原もしくは厚岸湿原と呼ばれている（近年の調査では10,824ha）。また、タンチョウをはじめ多くの野生動物のすみかともなり、河口域の厚岸湖とともにラムサール条約登録湿地として保護されている。現在は霧多布湿原やアイカッปとともに、厚岸道立自然公園もある。

別寒辺牛川流域の植生は中流域に位置するパイロットフォレストのカラマツ林、中流から下流

域の湿原植生、厚岸湖周辺の塩湿地性植物群落やその周辺の針広混交林に代表される。支流のチヤンベツ川最上流部の国有林ではトドマツ等の高齢の針葉樹人工林もみられる。

パイロットフォレストのカラマツ林では間伐が進み、その跡地にトドマツ、アカエゾマツ等が樹下植栽されている。すでにその面積は1,700ha（全森林の22%）に及び、いずれトドマツ等の常緑針葉樹の割合が高い林分に置き換わることが予想される。

湿原の大部分はハンノキ林とヨシ、イワノガリヤス、スグ類を主体とする低層湿原である。近年、本流・別寒辺牛川と支流・トライベツ川に囲まれる中流域の約100haの沖積低地に、ガンコウラン、イソツツジ、ヒメシャクナゲ、ツルコケモモなどの発達した高層湿原が発見され注目されている。湿原の植生調査から、1) 高層湿原植生としてイソツツジーチャミズゴケ群落、イボミズゴケ群落、ホロムイソウーミカヅキグサ群落、2) 低層湿原植生としてヤチャナギームジナスグ群落、ヨシーイワノガリヤス群落、ヤラメスグ群落、3) ハンノキ群落、4) ヌマガヤ群落、5) ホザキシモツケ群落、6) ハルニレ群落、7) ケヤマハンノキ群落の11の群落型に分類されている。また、流域全体で確認された維管束植物は91科467種4亜種4変種1品種に及ぶと報告されている。

河口部の厚岸湖湖畔には、アッケシソウなどの塩性植物群落が点在し、この群落には、シバナ、ヒメウシオスグ、ウミミドリ、エゾツルキンバイ、チシマドジョウツナギ、エゾハコベ、ウシオツメクサなどの希少種が混在する。

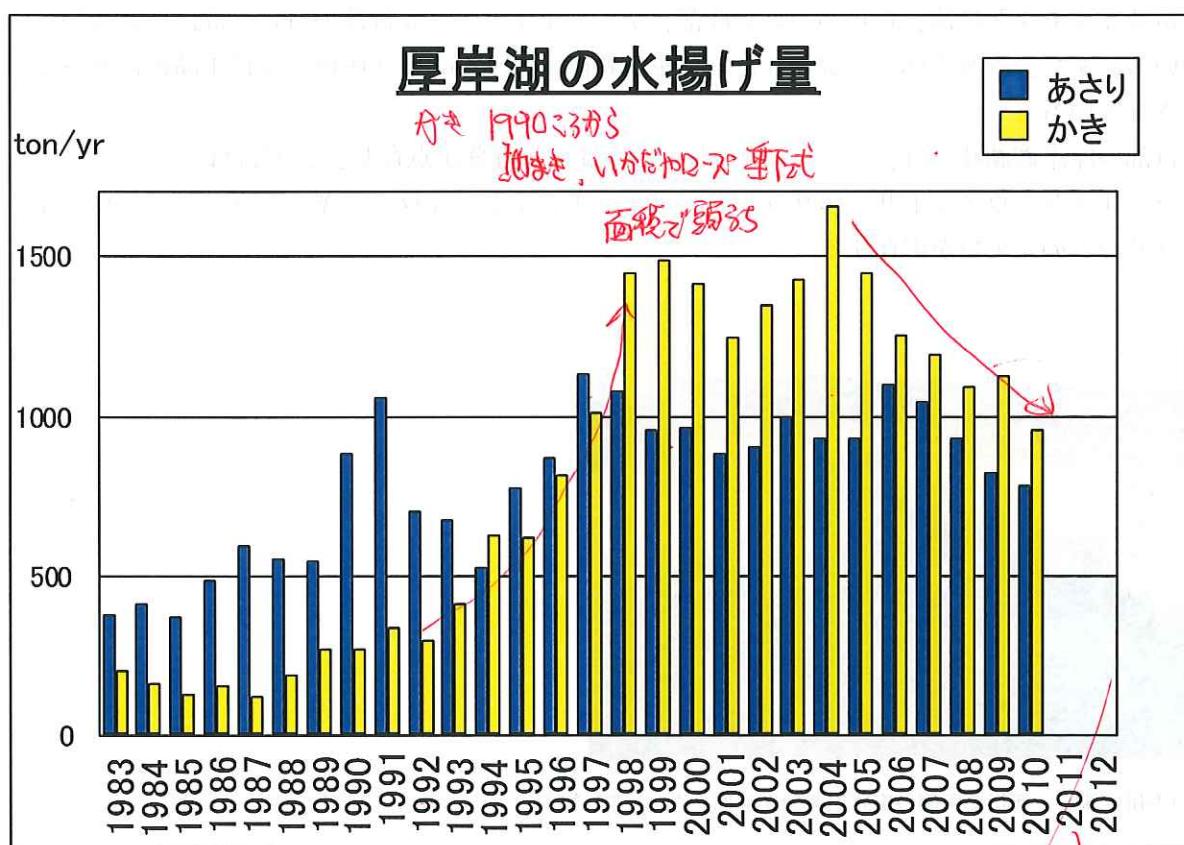


別寒辺牛川中流域：河川の両側の広い氾濫源が湿原となって広がる

4. 厚岸湖の生態系とカキの養殖

厚岸湖は、平均水深が2m程度の非常に浅い汽水域で、塩分は10~30psu程度を示す。厚岸湖は狭い水道部で厚岸湾と繋がっており、別寒辺牛川が湖口近くに流入していることもある。湖口付近には砂が堆積して干潟を形成している。かつてはここに全国でも珍しいカキ礁が形成されていたが、カ

キはなくなり、アサリの養殖干潟に変わっている。また、カキの養殖がほぼ全面で行われており、底質の条件が少しずつ悪くなってきた。しかし、水温が低いこと、水深が浅いこと、厚岸湖全面にアマモ場がありそのアマモによる光合成により、海水中の溶存酸素は常に過飽和となっており、底質の悪化が海水の無酸素化を引き起こすほどではない。厚岸湖の堆積速度は年間平均 13mm と非常に速いが、そのかなりの部分をカキの排泄物が占めている可能性がある。植物プランクトンは、春の雪解け時に陸上から入ってくる栄養塩と上昇する水温を利用して春の大繁殖を起こす。アサリやカキも、その頃から冬の眠りからさめて、豊富な植物プランクトンを食べて育つ。アマモ・植物プランクトン・付着藻類・底生藻類が厚岸湖の基礎生産を担い、アミ類が基礎生産者と高次捕食者をつなぐキーストーン種の役を演じている。冬は 6000 羽ほどのオオハクチョウが訪れ、アマモを食べる。また湖面の 90% は氷に覆われる。



参考・引用文献

パイロットフォレスト：北海道森林管理局帯広分室

厚岸町史：厚岸町史編さん委員会

わがマチ・わがムラ：農林水産省ホームページ

環境白書：環境省

厚岸町文化財分布図：厚岸町教育委員会

厚岸 とわの森から、とこしえの海へ：厚岸町

廻遊性魚類

さけ, ます, いしも, もうりうお, じうあ~
いいこう, いどい, こくま。

二枚貝

かき, あさり, ほ, き, ほたて

津波
堆積物

✓厚岸には
 カキ礁 漁業や川下で
 亂獲も

*厚岸町の歴史と産業の概要

寛永年間（1624-1643）に松前藩によってアッケシ場所が開設され、江戸時代から、商業・水産都市として栄えた。明治23（1890）年に太田屯田兵村が創設され、33（1900）年に4町7村が合併、さらに昭和30（1955）年に太田村の南半分を編入合併して現在の厚岸町となる。町の産業としては漁業（カキとコンブ）と酪農・林業があげられ、第1次産業の中では漁業を営む世帯数が多い。漁獲量はサンマが最も多いが、カキやアサリの養殖が盛んである。農業が本格的に開始されたのは北太平洋の警備と農業開拓のために太田屯田兵村に屯田兵が入植（440戸）した以降で、明治32（1899）年に尾幌地区にも27戸が入植した。その後、昭和24（1949）年頃から国有未開地が開放され、194戸が入植して農業を営むが、冷涼な気象条件や特殊土壌等の厳しい自然条件のために、安定した酪農へと転換した。耕地面積は町面積の14%で、すべてが畠地である。30ha以上の耕地を所有する農家が多く、そのほとんどは牧草などの飼料作物を栽培し、主に乳用牛を飼育する。バレイショ、キャベツ、ハクサイなどの野菜も栽培されるが、きわめてわずかである。町面積の50%以上を占める森林には、水産業の資源増殖、農業環境の保全、水源涵養機能などが期待される。そのために、漁業者などいわゆる川下住民と上流域の農家や林業・木材産業が一体となって、地域住民の理解と参加を得ながら民有林の整備を行っている。また、町有林では水辺林の造林や森林の適正な保育・管理を行うなど、生活や産業基盤を支える環境財としての森林造成を積極的に推進している。その一環として、別寒辺牛川流域の町有林を主体に広葉樹造林や複層林施業などの山づくりが進められ、平成8（1996）年度からは植栽樹木もミズナラ、ヤチダモ、ハンノキ、ウダイカンバなど広葉樹の割合が増加した。



「厚岸町史」から転用

厚岸町・標茶町の概要

[土地・人口]

	厚岸町	標茶町	単位
【面積】	総土地面積	73,482	109,941 ha
	可住地面積	18,780	36,374
	耕地面積	10,100	30,400
	林野面積	51,472	72,763
【人口】	総人口	11,525	8,936 人
【就業人口】	第1次産業就業者数	2,034	1,457
	第2次産業就業者数	1,468	705
	第3次産業就業者数	2,882	2,549
【世帯数】	総世帯数	4,325	3,460 世帯
	農家数	154	424
	林家数	219	313
	漁業世帯数(海面)	649	-
[森林]			
【林野面積】	総計	51,472	72,763 ha
国有林	合計	21,083	28,918
林野庁		11,976	23,490
その他官庁		9,107	5,428
民有林	合計	30,389	43,845
綠資源公団		-	1,447
公有林		12,339	7,174
私有林		18,050	35,224
【林野率】		70.0	66.2 %
【森林面積】	総計	38,474	57,763 ha
国有		11,948	23,296
民有		26,526	33,061
【森林以外の草生地】		12,992	15,000
【森林率】		52.4	52.5 %

[農業]

	厚岸町	標茶町	単位
【農家数】	総計	154	424 戸
	自給的農家	5	3
	販売農家	149	421
【販売農家規模】	3.0ha 未満	24	3
	3.0ha～5.0ha	-	3
	5.0ha～10.0ha	4	5
	10.0ha～30.0ha	7	29
	30.0 以上	114	381
【耕地延面積】	総計	10,300	30,800 ha
	牧草	10,300	30,600
	青刈りとうもろこし	-	48
	だいこん	-	96
	きやべつ・ほうれんそう	-	3
【畜産】	総計	121	382 戸
	乳用牛	116	346
	肉用牛	4	35
	豚	-	1
	採卵鶏	1	-
[漁業]			
【魚種別漁獲量】	総計	43,707	t
	さんま	27,327	-
	こんぶ類	6,546	-
	さけ・ます類	2,124	-
	あさり類	1,101	-
平成 19 年「わがマチ・わがムラー市町村の姿」より			

参考・引用文献

厚岸町ホームページ

PILOT FOREST パイロットフォレスト造成 50 周年記念誌：北海道森林管理局

厚岸町史：厚岸町史編さん委員会

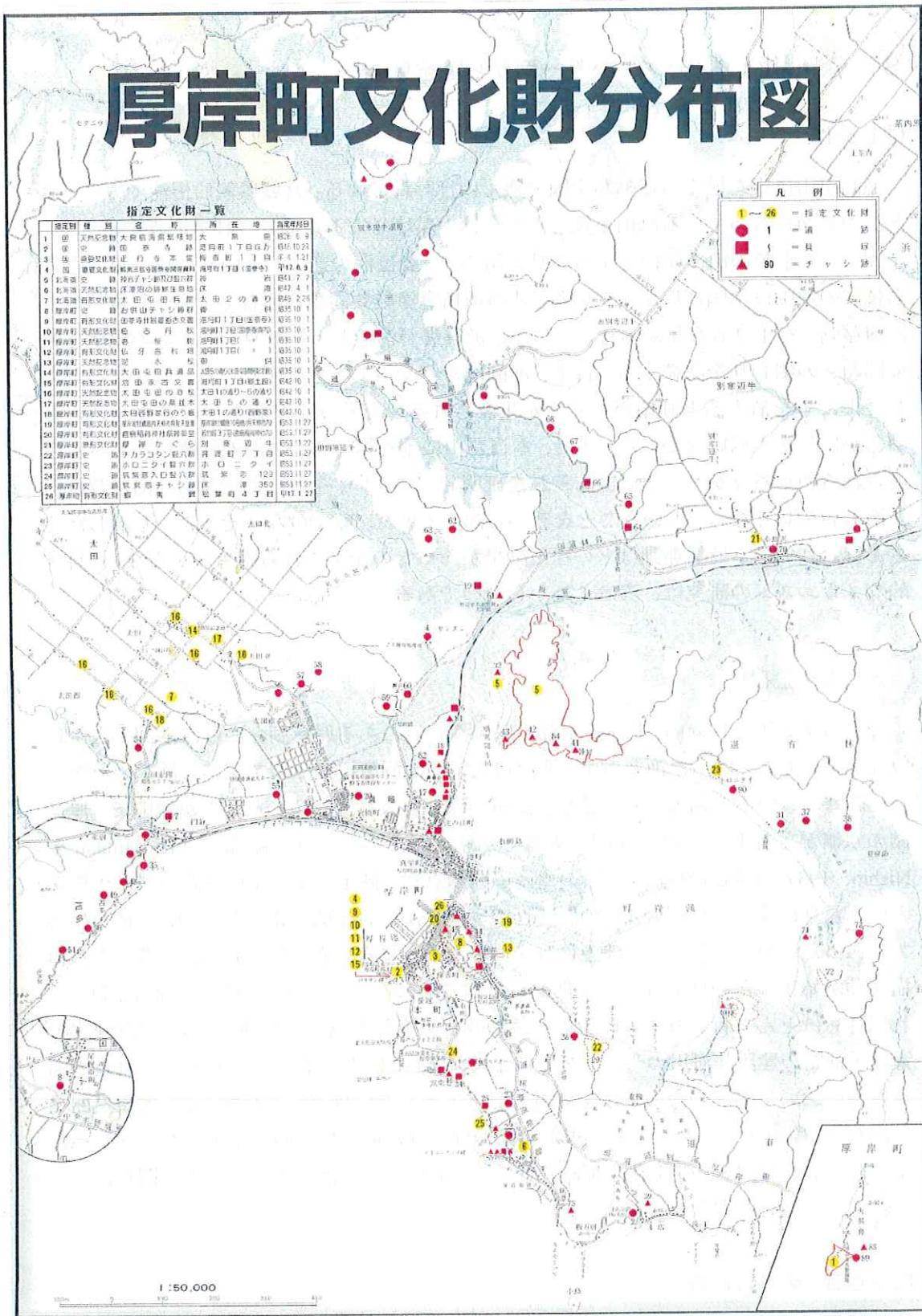
北海道大百科事典：北海道新聞社

農林水産省：わがマチ・わがムラ

環境白書：環境省

厚岸町文化財分布図：厚岸町教育委員会

厚岸町文化財分布図



厚岸町文化財分布図

3. 森・川・海のつながりー海から陸を見るー

はじめに

漁師が山に木を植える運動が全国で盛んに行われている。宮城県気仙沼湾でカキ・ホタテの養殖を行っている畠山重篤さんが、湾の環境を守るために「牡蠣の森を慕う会」を作って、水源の山に植樹をする運動を始め、「森は海の恋人」というスローガンとともにこの運動は全国に広がっている。北海道指導漁業共同組合連合会でも「お魚殖やす植樹運動」を1988年から行っている。漁業者が海をしっかりと見つめ、その現状と環境問題との関わりを認識する。古来、漁師はそうやってきたはずだった。しかし、どうして山に木を植えると牡蠣がたくさん生産されるのだろうか？誰もそのメカニズムを明らかにした人はいなかった。また、本当に山に木を植えると、海の牡蠣がたくさん生産されるのだろうか？実は誰もそれを証明していない。それでも漁師は、山が荒れると海もおかしくなる、ということを昔から知っていた。嘘ではなさそうだ。しかしながら、たくさん行われている植樹運動はどの程度効果があったのか？これも誰もわからない。科学的なメカニズムの研究は、実はこれからなのである。

海から森を見る

今から75年くらい前、北海道東部の厚岸湾の奥にある厚岸湖という汽水湖で大量にカキが斃死した。困った漁業者が、北海道大学の犬飼教授に原因を調べて欲しいと頼んだ。彼はいろいろと調査をした結果、流域の森林を大量に伐採したことが原因で、厚岸湖の水温が上昇し、それが原因で大量死が起こったのだろうと結論づけた（Inukai & Nishio, 1937; 犬飼, 1938）。沿岸の生産の問題点を、陸上の生態系の変化（彼は生態系という言葉は使っていないが）の影響という視点から科学的に指摘したのは、彼が始めてであった。漁業者もそこで陸上に目を向けるようになった。しかし、漁業者による植樹運動が始まったのはそれから半世紀もたってからのことである。科学的な考察は、それ以降もほとんど行われず、陸上の自然の改変（森林の伐採、農地の開発、都市開発、道路・線路の建設、河川の改修、ダムの建設など）は大規模に進み、しかもそれらの開発行為において沿岸の海の生産や環境に配慮することはほとんどなかった。大規模開発に際して、環境アセスメントの実施が義務づけられたのはほんの数年前でしかなかったが、その中でも、陸上の開発行為のアセスメントにおいて海への環境影響が問題にされることとは、ほとんどなかった。

陸から海への物質移動

牡蠣やあさりなどの生物による生産は、沿岸に限られる。河口の近くや、陸から続いた沿岸の浅い海域がそれらの生物の住処なのである。このような河口域や沿岸は、陸と

海という大きく異なった生態系の狭間に成立する移行帶（エコトーン）である。移行帶は、生物多様性が高く、しかも生産性が高いことが一般に知られている。森林でも森林の中よりも森林と草原の境あたりがもっとも生物も多く生産性も高い。それは、二つの生態系が出会うことにより両者の影響を受けてより複雑な環境や生息場所を構成し、しかも生物は二つの生態系との間を行き来する事によって新しい生活条件を得ることが出来るという事によるものである。しかも、エコトーンは二つの生態系から物質の供給も得やすい。

沿岸生態系はそう言う意味では、まさにエコトーンである。沿岸の生物生産は高いが、それはもっぱら陸上生態系からの物質の流入に依存している。陸上生態系は、森林・草原・湿地・水田・畑地・河川氾濫域など実にいろんな生態系要素を持っており、それらから生物生産に必要な生物元素（炭素・窒素・リンなど）や、微量な必須元素が河川を通して沿岸に流れ込んでいる。これらの流入がなければ、沿岸生態系は本来成り立たない。

例えは窒素の循環を見てみよう。窒素の供給源は、空気中の微量な窒素化合物が雨に溶解して地上に降り注ぐことにある。この量は北海道では6-10kg/ha/yrくらいである（柴田, 1996）。降雨は森林・草原などの陸上生態系に降り、地中にしみこむ。樹木や草本がその窒素を含む水を吸い込み、アミノ酸・タンパク質の材料として利用する。樹木や草本が枯れたり

草食動物に食べられたりしたときには、窒素化合物は再び土壤中に帰り、再び植物の利用に供され、リサイクルする。植物が利用しなかった無機の窒素化合物（栄養塩）は、土壤中で地下水に浸みだし、または土壤中を移動し、渓流に流れ込む。渓流は合流して河川を形成し、河口から河口域や沿岸に流出する。そこで植物プランクトンに利用され、植物プランクトン→牡蠣や、→動物プランクトン→魚類という食物連鎖に組み込まれて沿岸域の生産に寄与する。一方、陸上植物に取り込まれた窒素は、植物体の一部となるが、動物に食われて動物の身体に転換したり、枯死・落葉して再び土中に帰るが、そのすべてが無機の栄養塩に直ちに帰るわけでもない。かなりの部分が有機物のまま土壤の上部に存在し、少しづつ分解する。そして降雨時には、その一部が表面を流れる水によって流れ、河川に入る。降雨時に河川水が濁る理由の一つは土壤が流出するためであるが、その土壤の多くは有機物であることが多い。有機物は河川により沿岸まで運ばれて、海流や潮流で沖合まで運ばれることもあるが、一部は河口域や沿岸で堆積する。堆積した有機物は、そこでベントスや微生物による分解を受けて時間をかけて無機の栄養塩になり、植物プランクトンやアマモなどの海草や海藻類の利用に供される。

北海道水産試験場の調べでは、陸上から流れてきた落ち葉が河口域に堆積して、そこで直接的にベントスや底生魚類に利用されている（櫻井, 2004）。北海道日本海側の濃尾川河口では、大量の落ち葉が一年中溜まっている場所がある。そこには、ヨコエビ類が多数生息しており、一部はこの落ち葉を食べているらしい。また、その「落ち葉だま

り」には、クロガシラカレイなどの魚類が生息しており、彼らはそこに棲むヨコエビ類を主な食料源としている。その結果、森林起源の陸上植物から流れて堆積した大型の落ち葉が、クロガシラカレイなどの魚類の生産をある程度支えていることになる（こここの例では25%が落ち葉由来の餌と推定された）。もちろん、これらのヨコエビ類や他のベントスは、陸上植物よりは付着藻類のような海で生産されたものの方を多く摂食しているが、これらの付着藻類も元はといえば陸上から供給される栄養塩を利用しているのである。落ち葉を直接利用するという経路はあまり普遍的ではないと言われてきたが、場所や条件によってはそう言うことも十分あり得ると言えるだろう。さらに、この場合は落ち葉が食物源になるというよりも、生息場所を提供するという意味でもっと重要な貢献をしている可能性がある。

陸上からの物質の流入の量や流入パターンは、陸上生態系がどのような生態系であるかによって大きく変わる。森林に覆われているか、伐採されて裸地になっているか、コンクリートで覆われているか、湿原が広がっているか、農場として利用されているなど、その利用形態によって変化する。森林などのように生物生産が盛んに行われているところでは、流出する栄養塩や有機物が多い。しかし、同じ森林でも、植林した後の若い森林では、栄養塩や有機物の流出は少なくなる。森林の生産に多くが使われてしまうからである。一方、伐採直後の森林は大量の栄養塩と有機物を流出させる。それはそれまで蓄積していた栄養塩と有機物が、伐採によって保水能力がいっきに低下するため、急激に流出することによる。川岸に生育する河畔林は、川を通じて下流・沿岸に落ち葉という名の有機物を供給する重要な川の要素である。川の存在が保証している河畔林の存在は、また川の周辺に生物の多様で豊かな世界を作る。そこから、逆に川へと有機物や栄養塩が供給されるのである。

農地では化学肥料の使用や家畜への人工飼料の大量投与による家畜糞尿の増加などで大量の窒素が供給されるため、河川に流下する窒素の量は非常に多い（Nagumo & Hatano, 2000）。余剰窒素は河川に流れ込み、沿岸生態系の負荷となる。近年では農地からの流入と都市排水による窒素の過剰供給によって沿岸域は水産資源に悪影響が出るほどの富栄養化に陥っている沿岸生態系が多い。

河川自身の浄化作用、生物過程

河川に流入した栄養塩や有機物などの物質は、川を水に乗って下るだけではない。非生物の場合は水による動きがほとんどであるが、生物が関与する物質は沿岸に達するまでに複雑な変遷・経過をたどる。川の底には多くの付着藻類が生育し、水から栄養塩を吸収する。また、川底や淀んだ水には多くの水草が繁茂し、川岸にはヨシなどの湿地帯の植物が生育し、盛んに川岸・川底の堆積物から栄養塩を吸収している。生長したこれらの植物のバイオマスは、基本的に川から吸収した栄養塩で成り立っているのである。

流れの緩くなった下流や淵の底の様な場所では、微生物による生物膜が形成され、有機物の分解が進む。「三尺流れれば水清し」と言われるよう、川は生物を含んだそれ自身で、川の水を浄化する能力を持っている。

川には底生生物や魚類が生息している。彼らは陸から落ち込んできた落ち葉を切り刻み、餌にしたり、棲管をつくったりする。また、水中に網を張り上流から流れてくる有機物粒子をトラップし、餌とするものもいる。そして水生昆虫の多くが羽化して陸上に出て行く。二枚貝類は水をどんどん取り入れてその中の有機物粒子を餌とする。魚は陸上から落ち込んでくる昆虫を食べる。上流から下流へ流れる間、河川は複雑な生物過程を持つ。河川は単なる水の通路ではないのである。

近年になって、日本中の河川がコンクリートで固められてきた。河川改修という名で川の水をなるべく早く海に流してしまおうという構造らしい。さらに、洪水のときに川に樹木が流れてこないように河畔林を伐採してしまった。しかし、これは今まで述べたように、生物を含む河川の機能を完全に排除してしまうことになった。川の自浄作用が働かなくなってしまったのである。ということは、陸上からの物質が、いいものも悪いものも河川のフィルターを経ずに、いきなり海に流れ出してしまうことを意味する。しかも、コンクリートの川は、流れる距離も短く流出する速度も速い。後述するように、河川の保水機能も無くなっていく。そして、沿岸の生態系は大きく崩壊していった。森だけでなく、川も海の恋人だったのだ。

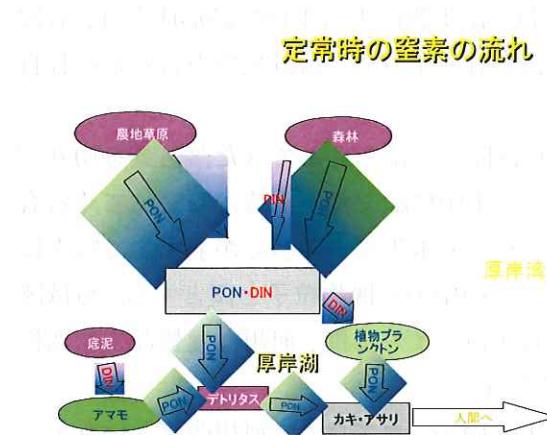
森の恵みと海の安定

厚岸の牡蠣の大量斃死は、犬飼（1938）の見解によると、山の木を切ったために水温が上昇して牡蠣の斃死につながったという。森は物質を供給するだけではなく、水温の安定化にも役に立っている。森林が十分な保水機能を持っているときは、水温の変動は小さく抑えられる。一方、森林が伐採されると、陸上の保水能力が減少し、同時に水温に対する変動抑制作用がなくなる。とくに、河畔林は河川上流部で河川への日照を妨げ、水温の上昇を防ぐ意味で重要な機能を持っている。河畔林が多くの川で無くなり、河川がコンクリートで改修されると、水温の変動幅は大幅に上昇する。夏はより熱くなり、冬はより冷たくなる。今年2004年は、気温が上昇して全国的に異常な高温を記録した年であった。北海道も例外ではなかった。厚岸湖の水温は高騰し、やはり牡蠣稚貝の斃死が続いた。水温の上昇も沿岸の生産系に重大な影響を与える。地球温暖化が言われる今、森林の水温変動抑制機能は沿岸の生物生産だけでなく、沿岸生態系機能そのものを健全に保つ役割が大きくなっている。

定常時と非定常時のちがい

河川を通して陸上生態系の物質が沿岸に供給される。それが沿岸生態系の存立基盤になっていると述べてきたが、必要な物質がどのようにして流入するかという流入のパタ

モデル、流量2倍において川は高くはない。



この大雨時に一気に沿岸に流下することになる。実際には、大雨時（洪水時）の栄養塩濃度は多少とも平水時よりも低くなることが多い。これは降雨による希釈効果のせいであるが、絶対量を考えれば、大雨時の流出物質量は圧倒的に多い。有機物粒子ではむしろ大雨洪水時に濃度も増える傾向にあり、当然大雨時の流出量が圧倒的に多い（向井ほか, 2002）。

しかし、多くの場合、このような洪水時の河川水は一気に沿岸に流下し、その高いエネルギーで沿岸からも遠ざかる。かくして大雨洪水時の栄養塩・粒状有機物は、沿岸にうまく取り込まれずに終わる。一方、平水時に流れ下る栄養塩・粒状有機物は、量は必ずしも多くはないが、沿岸に流下したのち、沿岸生態系の基礎生産者（植物プランクトンや海草・海藻類）に十分利用されて草食動物、魚類と駆け上る食物連鎖のカスケードに乗り込む。これぞ森が海を育てる正当なプロセスなのである。沿岸の高い生産性を示している海域をみると、河川から流下してきた物質をうまく蓄える構造になっている地形が河口域にできていることが分かる。この地形的な構造が森の恵みを海が十分受け取ることのできる条件なのかもしれない。

襟裳の植樹運動の成功

（写真）

漁業者の植樹運動で、先に述べた気仙沼湾の例とともに襟裳の例は有名である。襟裳岬の陸上は150年前頃はカシワやミズナラの立派な森林に覆われていたが、明治以降の開拓と日露戦争のためにほとんどの木が伐採され、襟裳の森はほぼ消失してしまった。それ以後、この地方特有の強風によって陸上の砂が沿岸のコンブ場に流れ込み、海藻が生育できない環境になってしまった。そこで、1953年頃から旧北海道営林局が植林に取り組み、漁業者や市民たちが協力して襟裳にクロマツの植林を始めた。強風のために育林作業は困難を極めたが、コンブ漁師の飯田常男さんらの努力が実り、50年たった近年では付近の山は緑にあふれるように森林が回復し、それに応じて沿岸の岩場にコンブ類の藻場が形成されるようになってきた。この場合は、森林が防砂林（ふつう防砂林は海岸から陸上へ砂が運ばれるのを抑えるが、この場合は逆である）の役割をしていたのが、

（トッパー）

ーンも重要な因子である。年間2000-3000 mmもの雨が降る日本では、特に梅雨時に多量の雨が降る。梅雨の終わり頃には集中豪雨がしばしば襲う。このような日本では、普通河川から沿岸へ流出する河水の80%以上がこのような大雨時に一気に流れ下る。それに比べれば、普段平水時の流量は微々たるものである。ということは、沿岸生態系にとって必要な栄養塩や有機物粒子もほとんど大部分が

伐採によってその機能を失った。それを回復したのが植樹運動であった。そういう意味で言えば、この場合は比較的単純に植樹・育林が海の環境（コンブの生産という意味で）を改善した特殊な好例である。しかし、陸上の森林が沿岸の生産を支えているという気仙沼湾の例と同様な多くの沿岸の場合とは、問題が異なるので注意が必要である。河川を通した物質の移動はここではない。同じように植樹すればどこでも同じようにすぐ沿岸の生産が増えると考えるわけにはいかない。

海から陸への物質の移動

沿岸は陸から河川を通して有機物や栄養塩などの栄養物質が流れ込み、それによって成立している生産系であることは、先に述べた。しかし、逆に海は陸にもかなり大きい影響を持つ場合がある。水は高いところから低いところへ流れる性質があるので、水に溶けたり水に懸濁したりする栄養物質が低い海から高い陸へ流れるることは不可能であるが、その役割は生物が担っている。たとえば、鮭鱒類は、川で生まれて海に流下し、大洋で大きく成長し、産卵のために川の上流に帰る。川で産卵した親魚はそこで死に、死体は熊や狐、鷺などの陸上生物に利用される。河川の上流付近で、木の材を窒素の同位体による化学分析を行った研究によると、樹木が取り込んでいる窒素には、鮭鱒類由来の海起源のものが含まれているという。つまり、鮭鱒は死して森を作っているのである。

一方、知床のヒグマの頭骨を研究した例では、人間が河川の河口付近ですべての鮭鱒の遡上を止めてしまったために、ヒグマが鮭鱒を食べることができなくなったこと、鮭鱒の遡上がなくなってから以降、ヒグマの頭骨の大きさがきわめて小さくなっていること、などが明らかになっている。北海道のヒグマが北方四島のヒグマに比べて小型化していることは、北海道の多くの河川で鮭鱒の遡上を止めてしまったことに対応した現象である。

その他、サギ類、ウミウ類などの鳥類が海で餌を探り、営巣地に糞やペレットを出すことによって、海の栄養塩・有機物が陸上に持ち上げられている（上野ほか, 2002）。また、大量の海藻・海草の打ち上げが海岸の至る所に見られるが、これら打ち上げられた海草・海藻類や魚類などの海の生物が陸上生物の生産に寄与していることが知られるようになってきた（Polis, et al., 1998）。

砂浜、干潟、藻場の縮小と陸上生態系の変化

日本の各地で干潟や藻場が大幅な減少を示している。環境省の「緑の国勢調査」によると、1973年に海草藻場は日本全国で、42,082ヘクタールが存在していた。それから1978年までの5年間に約1.2%のアマモ場が消滅し（環境庁, 1982）、さらにそれから1992年までの13年間に、2,077ヘクタール、4.0%減少している（環境庁自然保護局, 1994）。古くからの海草藻場のデータが取られている瀬戸内海では、

1955年に22,615ヘクタールあったアマモ場が10年間で全体の53%の藻場が消失し、1965年からわずか6年間でさらに48%が失われ、20年前の2-3割程度にまで減少している（向井, 2001）。干潟や砂浜の消失は藻場よりも大きい。その原因はもっとも大きい埋め立て以外にもいろんな面が考えられるが、ここでは陸上生態系の改変（森林伐採、開発、ダム建設など）が沿岸の藻場・干潟・砂浜の減少・消滅に与える影響を指摘しなければならない。とくに各種のダム・砂防ダム、河口港湾建設が、川を経由して行われてきた陸からの土砂の供給を遮ってしまったこと（宇多, 2004）が、各地の砂浜、干潟、アマモ場の減少を招いている。沿岸生態系への影響を全く無視して行われてきたダム・砂防ダムの建設が今後問題にされる必要がある。陸の利用形態や開発のやり方が、海の視点から問いかれてはならないだろう。

4. 森林調査法

1) 每木調査の方法

森林調査には、一定面積内の森林を構成する樹木を対象とする調査から森林地帯の広域調査までさまざまなレベルがあり、それぞれに対応した方法がある。ここでは、調査区域内のすべての樹木を測定の対象とする「毎木調査」について概説し、その方法を用いて天然林を測定し、林分構造を明らかにする。

毎木調査では林分内のすべての樹木を計測することが望ましい。しかし、時間や労力がかかるため、方形、円形、あるいは縦長のベルト調査地を設定し、その中の樹木を調査の対象とする。調査地の面積は、対象とする樹木・植物のサイズによって異なる。上層木を対象とする場合は、方形調査地の1辺の長さが調査地内に存在する最大木の樹高以上となるように設定する。中・下層の植生を調査する場合は小さな調査区をいくつか設定する。調査地の面積が大きいほど林分状況を正確に捉えることが出来る。人工林では植栽木、天然林では一定サイズ以上の樹木を測定の対象とする。調査で得られた本数、蓄積量等は、単位面積（例えばha）あたりの値に換算して表すことによって、他の調査結果と比較が可能となる。

2) 測定項目

調査地内の測定木すべての樹種名を明らかにし、胸高直径（胸の高さの直径：D、DBH）と、サンプル木の樹高（H）を測定し、直径-樹高曲線からすべての測定木の樹高を推定する。この作業によって、林分の種構成やサイズ、混み具合がおおよそ把握できる。直径は、直径巻尺、輪尺等を用い、測定木の山側で地際より幹に沿い高さ1.3mで測定する。樹高測定にはブルーメライス、ワイヤー、測高竿等の測高器が用いられる。固定調査地で数年ごとに毎木調査を繰り返し行うことによって、林分の成長や動態を明らかにできる。

- ・林分：林相がほぼ一様な樹木の集団および林地。樹木の集団のみをいうこともある
- ・林相：構成種、林冠の組成、林齡、生育状況などを含めた林分の概観

3) 実習：別寒辺牛川最上流部に近い天然林の毎木調査

道具：直径巻尺、ポール、Noテープ、ガンタッカー、野帳、野帳台、筆記具、ビニール等

(1) 每木調査：対象 D ≥ 5 cm の樹木

- ・ナンバー付け（1～2名）：今後の継続調査を考慮して測定コースを決定
- ・測定（2名）：直径測定。樹種名、形状、動物害などを観察し報告
- ・野帳（1名）：記録

*状況によりサンプル木の樹高測定

(2) データ整理：樹種別、全体の本数、蓄積（断面積 BA : Basal Area）合計の算出・集計

- ①データの入力（各班2台のコンピュータを使用：原データファイルの作成）

- ②樹種別に単位面積あたりの本数、BA合計（本数/ha・BA/ha）の算出

$(D/2)^2 \times \pi$ ：直径はcm、BA合計はm²/ha。調査地面積と単位に注意が必要

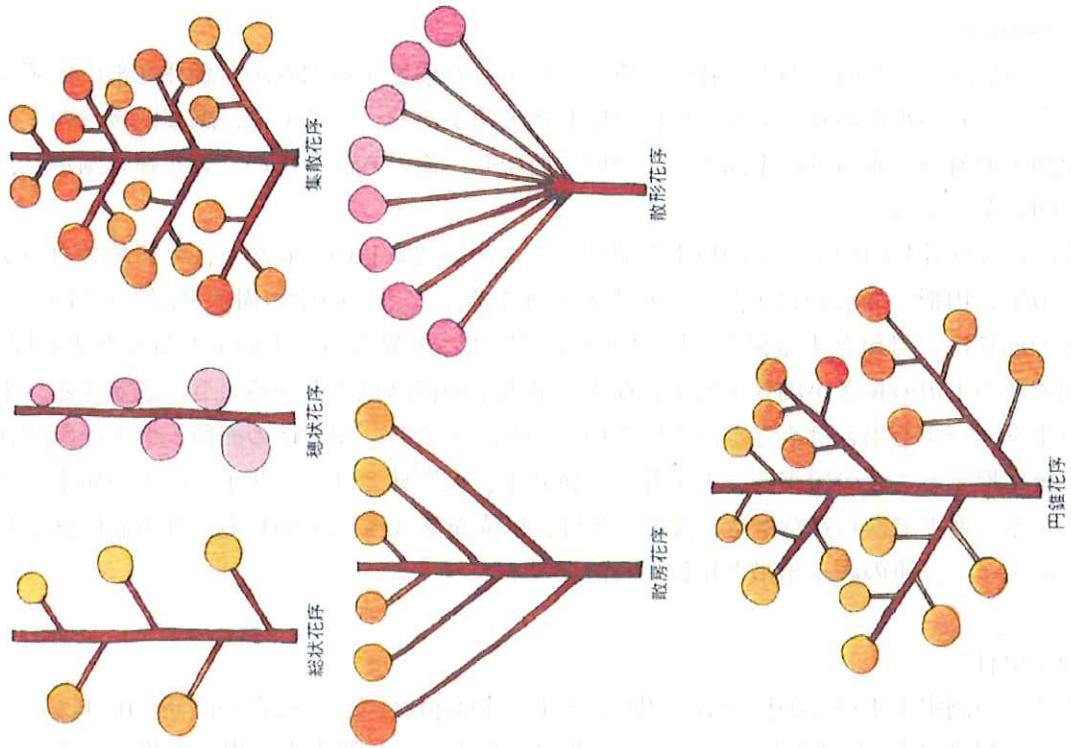
- ③直径階別の本数構成割合（②、③では加工データファイルを作成）

- ④調査地の林分状況と環境要因（地形、過去の森林の取り扱い等）との関係を考察

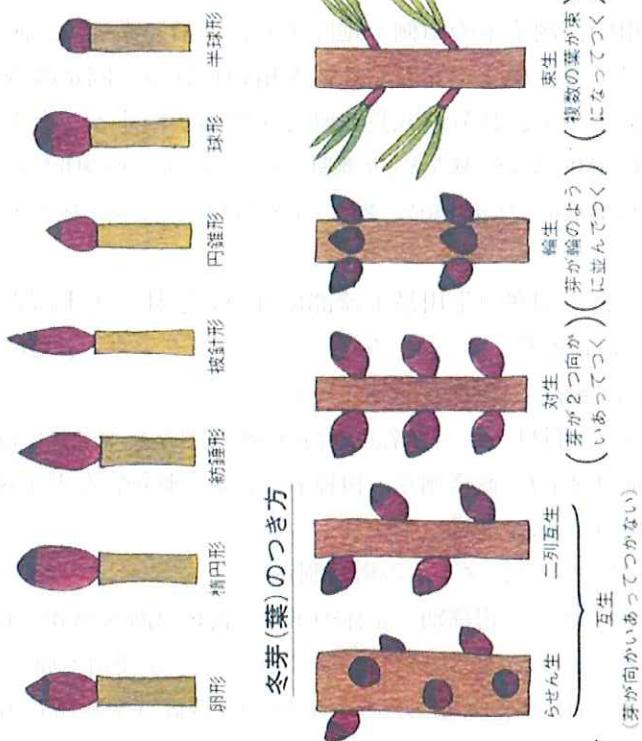
冬芽の名前



花序の形

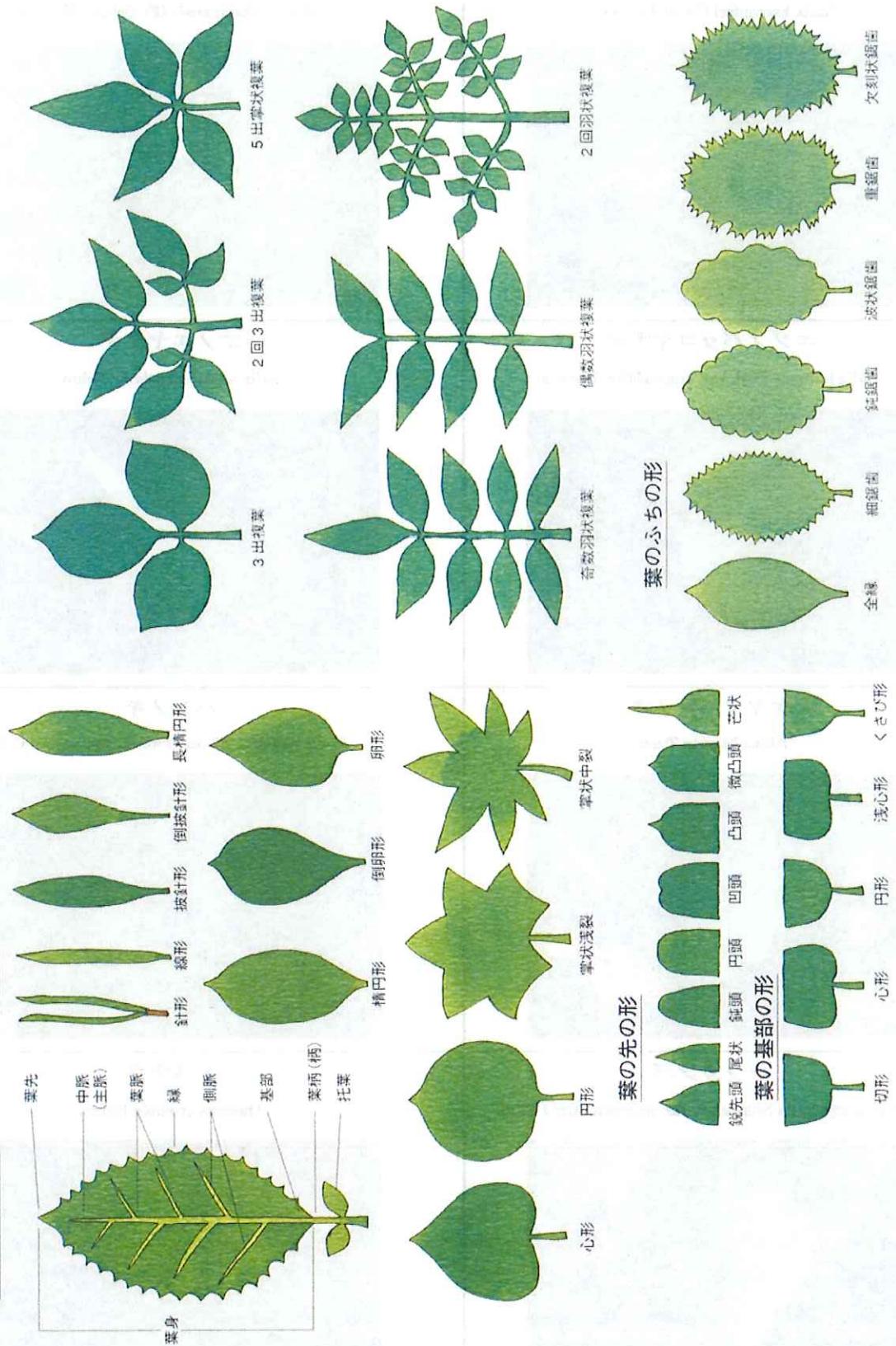


冬芽(葉)のつき方



葉の部分の名前

複葉の種類



カラマツ

Larix kaempferi (Lamb.) Carrière



トドマツ

Abies sachalinensis (Fr. Schm.) Masters



エゾノバッコヤナギ

Salix hultenii Flod. var. *angustifolia* Kimura



オノエヤナギ

Salix sachalinensis Fr. Schm.



ケヤマハンノキ

Alnus hirsuta Turez.



ハンノキ

Alnus japonica (Thunb.) Steud. var. *arguta* Call.



シラカンバ

Betula platyphylla Sukatchev var. *japonica* (Miq.) Hara



ミズナラ

Quercus crispula Blume



ハルニレ

Ulmus davidiana Planch. var. *japonica* (Lehder) Nakai



ヤマグワ

Morus australis Poir.



エゾヤマザクラ

Prunus sargentii Rehdor



キハダ

Phellodendron amurense Rupr.



イタヤカエデ

Acer mono Maxim. var. *marmoratum* (Nichols.) Hara



ハリギリ

Kalopanax pictus (Thunb.) Nakai



ヤチダモ

Fraxinus mandshurica Rupr. var. *japonica* Maxim.



ハシドイ

Syringa reticulata (Bl.) Horn



別寒辺牛川流域の樹木リスト

[裸子植物] GYMNOSPERMAE

マツ科 PINACEAE

トドマツ

アカエゾマツ

カラマツ（導入）

イチイ科 TAXACEAE

イチイ

[被子植物]

[双子葉植物]

〔離弁花類〕 CHOLIPETALAE

ヤマモモ科 MYRICACEAE

ヤチャナギ

クルミ科 JUGLANDACEAE

オニグルミ

ヤナギ科 SALICACEAE

バッコヤナギ

ネコヤナギ

イヌコリヤナギ

キヌヤナギ

オノエヤナギ

タライカヤナギ

タチヤナギ

カバノキ科 BETULACEAE

ケヤマハンノキ

ハンノキ

ダケカンバ

ウダイカンバ

シラカンバ

サワシバ

ブナ科 FAGACEAE

ミズナラ

ニレ科 ULMACEAE

ハルニレ

コブニレ

オヒヨウ

クワ科 MORACEAE
ヤマグワ
モクレン科 MAGNOLIACEAE
キタコブシ
マツブサ科 SCHISANDRACEAE
チョウセンゴミシ
マタタビ科 ACTINIDIACEAE
ミヤママタタビ
ユキノシタ科 SAXIFRAGACEAE
ノリウツギ
バラ科 ROSACEAE
エゾノコリンゴ
ミヤマザクラ
エゾノウワミズザクラ
エゾヤマザクラ
シウリザクラ
カラフトイバラ
クマイチゴ
エゾイチゴ
ヒメゴヨウイチゴ
ホザキナナカマド
ナナカマド
ホザキシモツケ
エゾシモツケ
マメ科 FABACEAE (LEGUMINOSAE)
ヤマハギ
イヌエンジュ
ウルシ科 ANACARDIACEAE
ツタウルシ
カエデ科 ACERACEAE
カラコギカエデ
イタヤカエデ
オガラバナ
ミカン科 RUTACEAE
キハダ
ニシキギ科 CELASTRACEAE
ツルウメモドキ
ニシキギ
ツリバナ
マユミ

ミツバウツギ科 STAPHYLEACEAE

ミツバウツギ

クロウメモドキ科 RHAMNACEAE

エゾクロウメモドキ

ブドウ科 VITACEAE

ヤマブドウ

シナノキ科 TILIACEAE

シナノキ

オオバボダイジュ

モイワボダイジュ

ミズキ科 CORNACEAE

ミズキ

ウコギ科 ARALIACEAE

タラノキ

ハリギリ

[合弁花類] SYMPETALAE

ツツジ科 ERICACEAE

ヒメシヤクナゲ

ヤチツツジ

カラフトイソツツジ

ヒメツルコケモモ

ツルコケモモ

ガンコウラン科 EMPETRACEAE

ガンコウラン

モクセイ科 OLEACEAE

ヤチダモ

ハシドイ

スイカズラ科 CAPRIFOLIACEAE

クロミノウグイスカグラ

ネムロブシダマ

ベニバナヒヨウタンボク

エゾニワトコ

[単子葉植物] MONOCOTYLEDONEAE

イネ科 POACEAE (GRAMINEAE)

オオクマザサ

スズタケ

* 主に高橋英樹ら (2000) の別寒辺牛湿原植物リスト (予報) より

5. 森林域における河川水質と物質循環

1. はじめに

森林から流れ出る河川の水質は、人間への飲料水や農耕地への用水供給源として、また、河川や沿岸域に生息する生物への養分やエネルギーの供給源として注目されている。人間活動の影響で大気汚染が進んだり、森林開発が過度に実行されたりすると、森林河川の水質が悪化することがあるため、河川水質の形成メカニズムや変化要因についての正しい理解が必要である。ここでは、森林域における河川水質の形成について、そのメカニズムを概説し、どのような環境変動が水質の変化を引き起こす可能性があるのかを紹介する。

森林域の河川水質の形成を考えるためにには、森林域の生態系を構成する生物および非生物要素を知り、その要素間での物質の流れを学ぶ必要がある。森林域の物質の流れに関連する要素は、大きく分けて岩石、土壤、微生物、植物、大気などが挙げられよう。森林生態系ではこれらの要素間でさまざまな水質成分が移動・循環しており、その結果としてさまざまな水質成分を含んだ河川水が流れ出ている。

2. おもな河川水質成分

河川水に溶け込んでいる成分は有機成分と無機成分に分けられる。有機成分は土壤腐植の一部が溶解したり、植物や微生物遺体の分解過程で溶解したり成分が主体である。一方、無機成分はイオンの形態で存在しているものがほとんどであり、陽イオンとしてはカルシウム(Ca^{2+})やマグネシウム(Mg^{2+})、カリウム(K^+)、ナトリウム(Na^+)などが、陰イオンとしては重炭酸(HCO_3^-)、塩化物(Cl^-)、硝酸(NO_3^-)、硫酸(SO_4^{2-})などが挙げられる。物質によって、その水質形成メカニズムは異なっているものの、イオン成分はつねに電気的中性を保つような傾向があるため、当量濃度で考えた場合の陽イオンと陰イオンの合計濃度はつねに同じである。このことはイオン間での相互関係を考える上で非常に重要である。例えば、土壤微生物のはたらきによって土壤内で NO_3^- イオンが生成されると、それに伴って当量モルの Ca^{2+} イオンが土壤から放出されたりする。

3. 森林生態系の物質循環

生態系とは生物(動植物や微生物など)と非生物(土壤や岩石など)からなる系をさしている。図-1にはカルシウムなどのミネラル生物のおもな循環と収支を示した。図中にある箱で示した植生や土壤などは物質の貯蔵庫(プール)であり、矢印で示したものが物質の流れ(フロー)を意味している。カルシウムなどのミネラル成分の場合、生態系への供給源として、土壤や岩石中に含まれている鉱物の化学的風化による溶解反応が重要である。そのほかに大気沈着として雨や雪、大気エアロゾルに含まれているミネラル成分も生態系への供給源として知られている。

生態系をめぐる物質の循環過程は、その種類によって異なることが知られている。例えば、樹木の必須栄養源のひとつである窒素の循環と収支は、カルシウムなどのミネラル成分のプロセスとはいくつかの点で異なっている(図-2)。図-1と2では矢印の内容が少し違っていることに注意してほしい。図-2に示した窒素循環のなかでは、土壤に生息している微生物がきわめて重要な役割を果たしている。ほとんどの鉱物には窒素が含まれていないため、図-1に示したような鉱物の化学的風化による供給は窒素の場合ではほとんどないといわれている。その一方で、土壤には大気窒素ガスを直接利用(窒素固定)したり、土壤内の窒素を窒素ガスとして大気へ放出(脱窒)したり

できる微生物が生息しており、気体状態での流出や流入があるという点が窒素循環の特色である。しかしながら、現地レベルで窒素固定や脱窒を正確に調べることは難しく、方法論の開発も含めたさまざまな取り組みが行われているのが現状である。

土壤内に存在する窒素の形態は有機態窒素(土壤腐植や落葉・落枝、微生物など)と無機態窒素に大別される。植物が栄養として利用できるのはおもに無機態窒素であり、これにはおもにアンモニウム態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)と硝酸態窒素($\text{NO}_3^-\text{-N}$)という二つの形態がある。多くの土壤では、表面がマイナスの電荷を帯びているために陽イオン(カチオン)であるアンモニウム態窒素は吸着されやすく、陰イオン(アニオン)である硝酸態窒素は溶脱されやすい。したがって、土壤内での窒素の挙動を調べるためには、単に窒素量全体としての把握のみならず、その形態別の挙動を調べることも重要である。

4. 河川水質の形成と変化要因

上で述べたような生態系での物質循環過程の結果として、河川の水質が形成される。実際の河川水質は植生や土壤などの環境条件などによって、場所によって大きく異なることが知られている。また、流域の地形によって地中での水の通り道が異なることも、河川水質に大きく影響すると言われている。

流域の森林生態系と河川との間には河畔帶と呼ばれる地域が存在している。この河畔帶は流域の大部分の土壤と比べて地下水が高く、水分が潤沢にあるため、そこでの物質循環や水質形成は流域のなかでも特徴的である。例えば、窒素濃度に関連する微生物反応として図-2に示した脱窒反応は、土壤水分が豊富に存在する還元環境下で進行しやすい。また、河畔に生息する植物の中にはケヤマハンノキなどの大気窒素固定菌を根に共生している植生なども存在している。流域から河川へ流出する水のほとんどはこの河畔帶を通過するため、河川水質形成にとっての河畔帶の役割は非常に大きいものと考えられている。

生態系をめぐる物質循環や河川水質の研究は、さまざまな環境問題と関連しながら発展してきた。例えば、大気汚染と生態系の関係で知られている酸性雨問題を挙げよう。1970年代後半から欧米を中心として酸性雨の生態系影響に関心が集まり、その原因究明と問題解決のために生態系をめぐるさまざまな物質循環研究が行われた。それまでの物質循環の研究は、植物の生物生産や養分動態に関わるテーマが主体であったが、酸性雨問題を契機として硫黄酸化物や窒素酸化物、それに関連する酸物質の生成と消費に関する研究が急速に発展したのである。その結果、北東アメリカの山岳地帯では酸性雨の影響によって土壤から河川へと多量のカルシウムが溶脱したことが明らかとなっている。また、欧米の一部の森林では樹木が必要とする以上の窒素養分が大気汚染の結果として大気沈着として供給され、生態系が保持しきれなかった窒素成分が地下水や河川水へと溶脱し、陸水の富栄養化や飲料水質の悪化などを引き起こすことなどが明らかとなっている。酸性雨の原因物質である窒素や硫黄の大気汚染は、欧米地域だけの問題ではなく、経済発展が著しい北東アジアをはじめとした全世界の問題として注目されている。

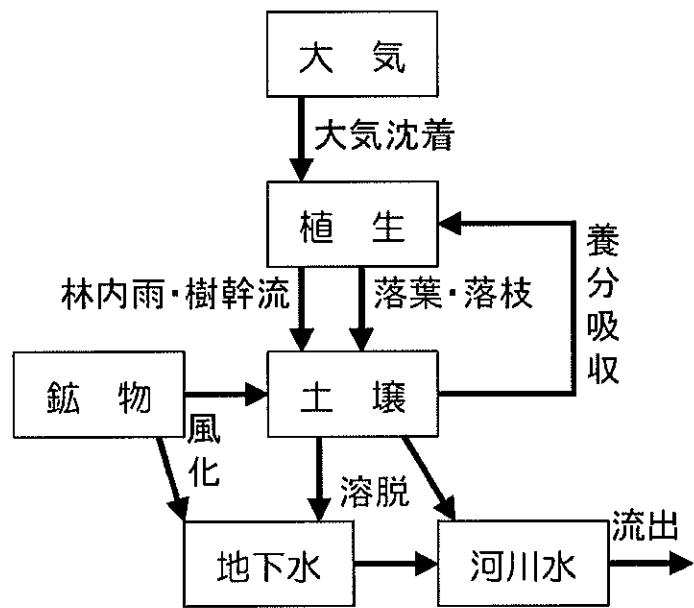


図-1. 森林生態系におけるミネラル成分のおもな循環と収支

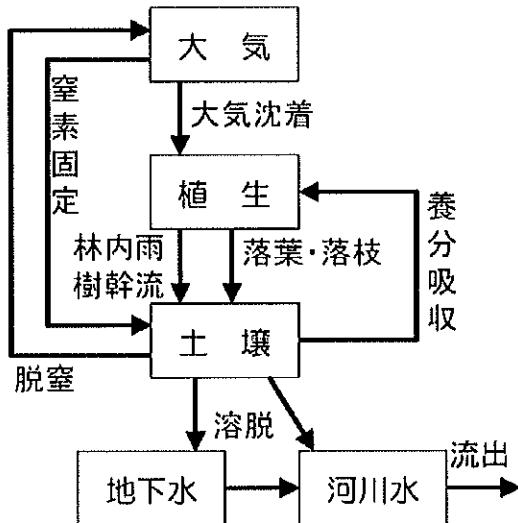


図-2. 森林生態系における窒素成分のおもな循環と収支

参考文献: 柴田英昭(2005) 森林生態系での無機物質の循環. 「森林の科学, 中村太士・小池孝良(編)」, 朝倉書店, pp126-129, 東京, ISBN 4-254-47038-X

6. 土壌調査法の概要

1. はじめに

土壌断面には過去から現在にかけての環境の変遷が記録されている。その環境に応じて水や熱、物質の移動と循環が繰り返し生じることによって、特有の土壌生成が起こるのである。その場の土壌を調べることによって、現在の生態系における土壌の特性や機能を理解することや、過去から現在にかけての環境変遷を考察することは、環境変動下における生態系の機能や構造を理解するうえでの基礎情報として大変重要である。

2. 土壌断面の作成

土壌調査のためには土壌断面を作成するのにふさわしい場所を選定することが最も重要である。その場所の代表的な断面作成場所を選定するためには、植生や地形、周囲の状況などを良く観察してから判断する「目」を養うことが大切である。

土壌断面を作成するためには、先のとがっている剣先スコップを用いて穴を掘り、直方体の穴を作成した後、金属製のコテなどを用いて調査する1断面の表面を滑らかに整形する。土壌を掘り上げる際には、調査する断面を搅乱しないよう十分に注意し、調査断面上部に掘り上げた土をかぶせたり、調査断面の地表を踏み荒らしたりしないように心がける。また、必要に応じて根系を切断しながら断面を作成するが、その際にも調査断面が搅乱されないように注意すること。

3. 調査項目と土壌層

土壌調査の項目は土層(区分、厚さ)、色、斑紋、土性(粘土、シルト、砂の割合)、構造(形態や大きさ、発達程度)、硬度、腐植、根系、水分など、断面から読み取れるさまざまな情報を記載する。その他、土壌の材料(母材)や調査場所の情報(地形や位置など)についても記録する。

O層はAo層とも呼ばれ、おもに落葉・落枝からなる有機質層位である。分解程度によってさらに細かく区分することもある。O層の下部にある黒色の腐植からなる層がA層である。有機物含有率が高く、根系も多く分布している。A層の下部にはその環境に応じてさまざまな土壌生成作用を受けたB層が存在している。日本に広く分布している褐色森林土は、B層が褐色を呈している。また、寒冷な森林地帯にしばしば分布しているボドゾルは酸性腐植の影響で有機物や鉄・アウミニウムが溶脱するためにO層下部には白色の溶脱層が認められ、B層内には有機物や鉄、アルミニウムの集積層が層状に認められるのが特徴である。このほか、さまざまな土壌生成作用の働きによって多種多様な土壌タイプが存在している。

土壌断面の調査には項目に応じてさまざまな道具を用いることもある。例えば土色の判定には土色帳を用いて明度や彩度を数値と記号を用いて記録する。また、硬度の調査には山中式土壤硬度計を用いて調査することが多い。土壌水分を調査するためには、試料を採取して乾燥させる方法もあるが、携帯型のTDR水分計を用いて現地で測定することもできる。

土壌のさまざまな特性を理解するためには、断面調査のみならず、より詳しい室内分析を行うことも必要である。物理性、化学性に関する分析のほか、微生物活性に関する生物的分析など、研究や調査の目的に応じた分析を行う。土壌の採取は、層別に行ったり、深さ別に行ったりすることがあるが、土壌の不均一性を考慮にいれたサンプリングサイズの検討や、異なるサンプル間の混入や汚染が無いように十分に注意することが必要である。

参考図書：

土壤調査ハンドブック，日本ペドロジー学会編，博友社，1997年，169pp，ISBN 4-8263-0170-X

土の自然史：食料・生命・環境，佐久間敏雄・梅田安治編著，北海道大学図書刊行会，1998年，

241pp，ISBN 4-8329-9731-9

野外研究と土壤図作成のための土壤調査法，土壤調査法編集委員会編，博友社，1978年，522pp

7. 河川水質調査法の概要

1. はじめに

流域から流れ出る河川水の水質を調べるために、現地で採取した河川水サンプルを実験室内で化学分析する必要がある。調査の方法は研究目的や分析対象とする物質に応じて多岐に渡っている。また、水質の形成メカニズムを調べるために、単に水質成分の濃度を調べるだけではなく、必要に応じて河川の流量観測や、流域内の土壤水や地下水の水質を調べる必要もある。ここでは河川水質の形成メカニズムを考察するために必要な調査項目とその内容について概説する。

2. 河川水質分析用サンプルの採取

水質分析用のサンプルを採取するためには、あらかじめ純水でよく洗浄した容器を用いる必要がある。一般的なイオン成分の分析の場合にはポリエチレン容器を使用することが多いが、溶存有機物など光分解を受けやすい成分の場合は遮光瓶を用いることもあるし、水の安定同位体などを測定する場合は蒸発を防ぐために密栓できるガラス瓶に採取することもある。また、ポリエチレン容器の内側に吸着しやすいような微量元素を扱う場合などは、事前に酸による洗浄を行ったものを用いることもある。

森林源流域の小河川などでは、河川流路内で流れの速い部分や、流れの遅く溜まっている部分があるが、一般的に河川の代表的な水質成分を調べる場合には、流速の最も速い流路の中心部分で採取する。流れが遅く、水が溜まっていることによる水質変化の影響を避けるためである。

サンプルの採取は、採取する河川水を用いて容器内を数回よく洗浄(共洗い)してから採取する。この際、サンプル容器内部に直接触れないように注意するとともに、汗などの汚染が無いように注意する。分析項目(例えば微量金属)によっては、採取後の濃度変化を避けるために、採取直後に酸を添加し、pH を低下させておくこともある。採取した容器には日時、地点名などを明記してから実験室に持ち帰る。窒素成分など生元素の分析を行う場合は、採取後の水質変化をできるだけ避けるために、クーラーボックスなどを用いて低温下で輸送する。

河川水の水質は、季節によって、また流量の変化によって変動することが知られているため、年間を通じた代表的な水質を明らかにするためには、これらの変動を考慮に入れた採取計画を立てる必要がある。出水時の連続調査のためには、一定時間ごとに自動的に河川水を採取できるオートサンプラーと呼ばれる機器を使用することもある。

3. 現地分析

pH や電気伝導度(EC)については実験室内で分析することもできるが、携帯型で精度の高い機器を用いることで、それらの測定を現地で直接行うこともできる。特に河川水の pH は炭酸平衡の影響を強く受けているので、現流域から湧き出た直後の水などは、その後の大気二酸化炭素濃度との平衡変化によって、pH が変化しまう恐れもある。そのため、そのような河川水の pH については、できるだけ採取直後に測定するほうが望ましいといわれている。また、還元環境下で生成する二価鉄や二価マンガンなどは、酸化状態ではすぐに沈殿てしまい、溶存濃度が変化してしまうので、現地で即座に試薬を添加し、その後の分析もできるだけ早く行わなくてはならない。

4. 前処理と保管、分析

採取した河川水にはさまざまな大きさの粒子状成分を含んでおり、分析項目によっては溶存成分がそれらの粒子成分に沈殿してしまう恐れがある。そのため、採取してからできるだけ早い段階で、目的に応じた濾紙を用いて濾過する必要がある。溶存有機物や主要イオン成分濃度の分析のためには、ガラス繊維濾紙(GF/Fなど)を用いることが多く、微量金属元素の場合にはスクレポア濾紙やメンブレンフィルターなどを用いる。水の中に含まれる粒子状の成分を分析するためには、あらかじめ濾過する液量を測定しておき、濾紙上に残った成分についての分析を行う。

採取から分析までの間は冷蔵あるいは冷凍保管する必要がある。窒素などの正元素の場合は冷凍保管をすることが多いが、ケイ素などは冷凍によって沈殿しまうこともあり、冷蔵保管のほうが望ましい。また、水の安定同位体や酸処理サンプルなどについては必ずしも低温下で保管しなくてもよい成分もある。

最近の水質分析機器はユーザーの操作内容が少なく、水質分析に関する基礎的な知識が無くても分析結果を得ることができる。しかしながら、得られた水質データが正しい値であるかどうかを研究者本人が判断できるためには、各分析機器の基本的な原理を正しく理解することが必要である。また、より精度高い分析結果を得るためにには、実験室内での汚染が無いように注意することや、標準試料・プランク水の精度管理に留意すること、機器の繰り返し精度の変化に注意することなどが挙げられる。

5. 土壤水や地下水の調査

河川水質の形成メカニズムを明らかにするために、土壤から河川にかけての水質変化をしらべることも必要である。土壤から地下水あるいは河川に溶脱する物質を調べるために、土壤水や地下水を採取し、そこに含まれている成分の分析を行う必要がある。土壤水はライシメーターとよばれる道具を用いることが多く、目的に応じてさまざまな種類のライシメーターが開発されている。土壤内にはいろいろな大きさの空隙が含まれており、空隙の大きさによって保持されている水の性質が異なるといわれている。大きな空隙に保持されている水は、土壤への保持力が小さいために下層へと排水されやすいのに対し、より細かい空隙に保持された水は、土壤へより強く保持されているため、降雨の終了後も土壤内に残存する傾向がある。先端に多孔質(ポーラス)カップが取り付けられているテンションライシメーターは土壤の毛管水を採取するのに便利であり、目的とする深さに埋設することで深さ別に土壤水の化学組成を調べることができる。この方法ではセラミック製のポーラスカップを用いることが多いが、研究の目的によってはテフロン製など、他の材質のものを利用する必要であろう。地下水位面より深い場所から水を採取する場合にはパイプの周囲に穴を開けた地下水パイプや、特定の深さのみにパイプ穴が開いているピエゾメーターを使用することができる。両者ともに地下水位の深さなどを測定することもできる。

土壤から試料を採取するためには、上述したような器具をそれぞれ埋設する必要があるため、埋設時の土壤搅乱には十分気をつけなくてはならない。ライシメーターなどを挿入するために土壤に穴を開けることによって、多量の酸素が土壤内に送り込まれたり、植物根が切断されるなどの影響によって、土壤の無機物質濃度が変化してしまう恐れがあるからである。

6. 流量観測

森林域から河川を通じて流出する水質成分の量を明らかにしようとする場合には、水質調査から得られる濃度の情報だけでは不十分であり、河川を流れる水の量を同時に測定する必要がある。河川流量と成分濃度を掛け合わせることによって、その成分の流出量を見積もることができるからである。

河川の流量を測定するために、河川の横断面積と流速を測定する必要がある。横断面積を測定するためには川幅と水深を測定すれば良く、流速の測定にはプロペラ式流速形や電磁流速計を用いることが多い。また、流量の連続観測をするためには、河川の規模に応じた量水堰を設置し、その堰における河川水位の変動をフロート式水位計や圧力式水位計を用いて連続観測する。その観測結果と、別に測定した水位と流量との関係式を用いることで流量の連続データを見積もることができるのである。

7. おわりに

これまで述べてきたように水質調査といつても、その目的によって採取時期から容器、前処理、保管方法など大きく異なっている。正確なデータを得るためにこれらの条件を十分に考慮に入れた上で研究計画を立てる必要がある。

参考図書

- 水の分析(1994) 日本分析化学会北海道支部編, 化学同人, 京都, ISBN 4-7598-0252-5
森林立地調査法(1999) 森林立地調査法編集委員会編, 博友社, 東京, ISBN 4-8268-0178-5
環境の化学分析(1998) 日本分析化学会北海道支部編, 三共出版, 東京, ISBN 4-7827-0383-X
水質調査法(1995) 半谷高久・小倉紀雄, 丸善, 東京, ISBN 4-621-04022-7
Method in stream ecology (1996) Hauer, F.R. & Lamberti G.A. eds., Academic Press, ISBN 0-12-332905-1
森をはかる(2003) 日本林学会「森林科学」編集委員会編, 古今書院, 東京, ISBN 4-7722-1464-X
水環境調査の基礎(1994) 新井正, 古今書院, 東京, ISBN 4-7722-1740-1

8. 森里海連環学の課題

はじめに

森林、河川、湖沼、沿岸、海洋などの自然環境は、それぞれ個別の学問分野で研究されてきた。物質循環的視点に立てば、これらの環境は上流から下流へという重力に沿った順番でつながっており、下流を対象とした研究では、上流側との関係にも注意が払われている。河川や湖沼といった淡水域を研究対象とする陸水学の分野でも、水を供給する陸域（集水域と呼ぶ）との関連が、近年、改めて注目されるようになってきた（楊ほか 2003）。一方、里に住む人の活動は、社会学の対象でもあるが、環境への働きかけという点では、自然科学や工学の対象でもある。治水・利水事業は、古い時代から森や川と里（人）の関係の中から実施され、また、河川・湖沼・内湾の富栄養化問題は、1960年代以降、水域と里（人）との関係としてとらえられてきたと言える。近年の環境破壊や地球温暖化なども、人と自然環境との相互作用の結果である。また、漁師が森に木を植えて、海産物の生産に適した海環境を取り戻そうという活動は、森里海の連環の重要性を物語るものであろう（畠山 2007）。

1. 森里海連環学の形

物質循環の観点から見た森里海連環学の最大の特徴は、人間圏である里を研究対象としていることである。森・里・海を対象とした研究を空間スケールと里の位置付けによって、いくつかの研究スタイルに分けて考えることができる（図1）。

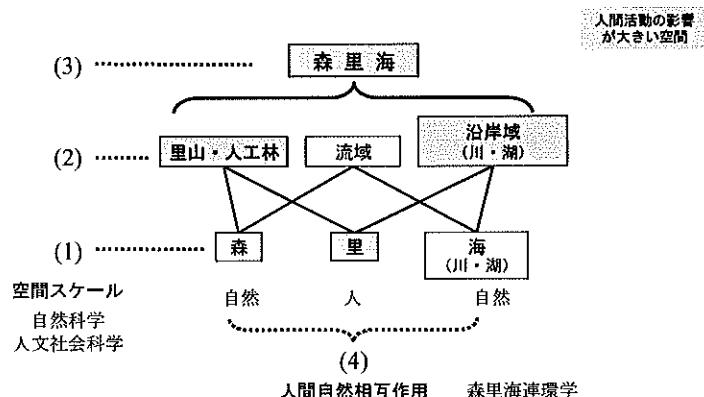


図1 森・里・海における研究の枠組み

(1) 森、海と同様、里を空間スケールの一つと捉える。

森・里・海それぞれの空間に関する自然科学や人文社会科学の研究が成立する。

(2) 2つの空間スケールのつながりを対象とする。

森と海（川・湖）のつながりを研究するいわゆる「流域」を対象とした研究は、自然科学の分野で行われている。一方、人間活動の影響が大きい森や海（川・湖）を対象として扱う研究もある。森では、里山や人工林が主な対象になるが、大規模伐採などが進む天然生林や原生林も対象になり得る。海には、沿岸・河口域、湖沼、さらには運河や

用水路、ため池なども含まれる。ただし、人文社会科学の分野においては、農村、山村、漁村など(1)の空間スケールで言う「里」と区別することは困難であり、区別するメリットはないかもしれない。また、自然科学の分野においても、対象とする系への単なるインプットとして人間活動を捉えれば、(1)の研究と概念上大きく変わることはない。

(3) 森から里を含み海まで全体をカバーするもの。

(1)から(3)までは、研究対象とする空間スケールの区切りの違いであり、森林流域スケールを対象とした研究と考えれば、従来の学問分野でカバーできるものもある。しかしながら、スケールの拡大によって課題や手法は非線形的に増大するため、研究の規模も大きくなり、他分野の研究者による共同研究が不可欠である。

(4) 人間と自然の間のやりとりを相互作用として捉える。

自然から人間への物質・情報の流れ、人間から自然への働きかけ、それぞれを単独で扱うのではなく、連環や相互作用を研究対象とするものである。これは、先の(1)～(3)の空間スケールとの組み合わせで、さまざまな規模の研究課題が具体的に定まるであろう。たとえば、森林施業や森での文化的活動と森林環境との関係を解析する研究や、河川の富栄養化の原因としての生活排水の影響評価と対策に関する研究などは、それぞれ森と人間、川と人間の連環の研究例と考えることができる。このような人間と自然との相互作用の解明は、森里海連環学の根幹をなす研究の一つのあり方であろう。しかし、この相互作用を把握・理解することはとても難しい。まして、森から海までの流域を対象として、この流域と人間との連環や相互作用を研究するためには、方法論的にも概念的にも大きな飛躍が必要であり、これを実現するのが森里海連環学の役割であろう。

2. 森と川・海との連環

1) 溪流水は集水域のバロメータ

琵琶湖周辺にある森林域を流れる溪流の水質を調べたところ、硝酸塩 (NO_3^-) の濃度は湖東地域で高く、湖南地域で低いのに対して、溶存有機態炭素 (DOC, dissolved organic carbon) の濃度は湖東で低く、湖南で高い傾向が見られた（図 2）。

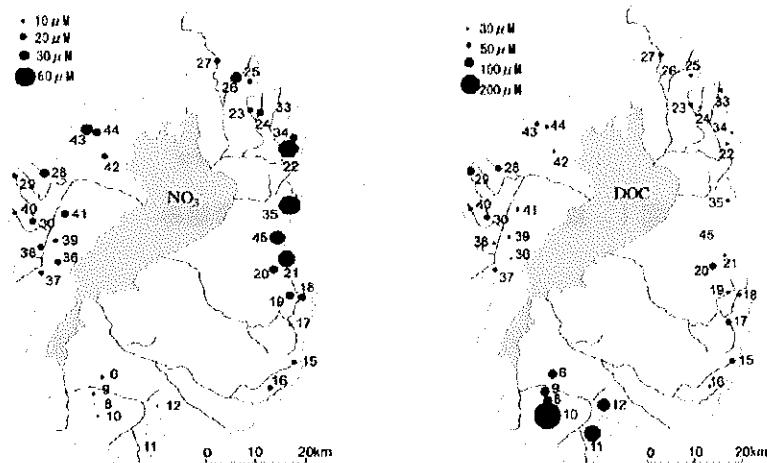


図 2 琵琶湖集水域の渓流における NO_3^- 濃度（左）と DOC 濃度（右）の分布
(Konohira and Yoshioka 2005)

このように、 NO_3^- 濃度の高い渓流ではDOC濃度は低く、DOC濃度の高い渓流では NO_3^- 濃度が低いという逆相関の関係は、琵琶湖集水域に限らず、日本の広い範囲（沖縄を除く46都道府県の渓流水）、さらには、世界中の土壤から海域でも見いだされる普遍的な関係として知られるようになってきた（Taylor and Townsend 2010）。

琵琶湖集水域の渓流周辺の森林土壤の性質を調べてみたところ、DOC濃度が高い渓流周辺の森林土壤には、有機物が多量に含まれているのに対して、 NO_3^- は少なく、 NO_3^- 濃度の高い渓流周辺の森林土壤では、その逆に有機物量はそれほど多くなく、 NO_3^- が多く含まれていた。したがって、渓流水質は土壤の性質を反映していると考えることができる。また、調査の結果、 NO_3^- 濃度の高い渓流周辺の森林土壤では、硝化活性（ NH_4^+ を酸化して NO_3^- を生成する反応）が高いことが示された。有機物を分解・資化ために窒素養分を必要とし、窒素を取り込むためには有機物が必要であるといったメカニズムが、森林あるいは渓流周辺（渓畔林）の土壤中で、炭素と窒素の循環が密接に関係している可能性が示唆される（図3）。

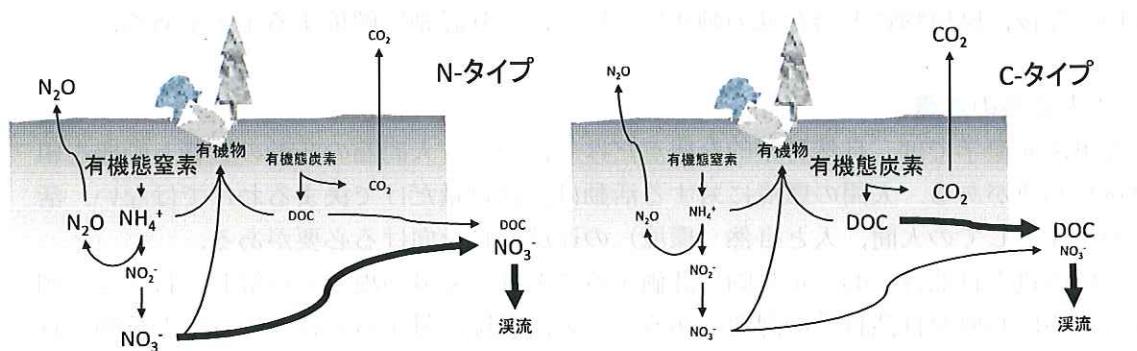


図3 溪流水質から見た集水域土壤中の炭素・窒素循環（吉岡 2012）

左： NO_3^- 濃度の高い渓流の集水域（N-タイプ）

右：DOC濃度の高い渓流の集水域（C-タイプ）

2) 森が海を育てる：森は海の恋人 The sea is longing for the forest!

海洋の一次生産の規定要因として、陸域から供給される鉄の重要性が指摘されている（Martin and Fitzwater 1988）。海洋一次生産の主体である植物プランクトンや海藻・海草類は、水に溶けている鉄イオン（溶存鉄）を利用するが、酸素の存在する水中では、酸化水酸化鉄(III)（水酸化鉄(III), FeO(OH) ）となって沈澱し、生物が使えなくなってしまう。ところが、水中に溶存する腐植物質は、鉄イオンを始め金属イオンと錯体を形成して溶存状態を保持することができ（宗林ほか, 2005），海水中の溶存態 Fe の 99%以上が天然の有機配位子と結合していると考えられるようになった。フィールド科学教育研究センターが提唱している森里海連環学でも重視されている『森は海の恋人 The sea is longing for the forest』という森と海のつながりのひとつに、溶存鉄と腐植物質の関係がある（Matsunaga et al. 1998）。

高緯度域の海洋では、栄養塩類の濃度が比較的高いにもかかわらず植物プランクトン

の量（クロロフィル濃度）が低いことが多く、HNCL（high nutrient low chlorophyll）海域と呼ばれている。ところが、オホーツク海や三陸沖（親潮海域）は、生物生産の高い海域である。総合地球環境学研究所のアムール・オホーツクプロジェクトでは、この高い生産性がアムール川を通じて供給される陸起源の溶存鉄によって支えられており、陸域での土地利用改変がオホーツク海の生物生産にどのような影響を及ぼすのかについて大規模な研究が実施された（<http://www.chikyu.ac.jp/AMORE/research08.htm>）。京都大学フィールド科学教育研究センターでも「森里海連環学による地域循環木文化社会創出事業（木文化プロジェクト）」を2009年度より開始し、地球研のアムール・オホーツクプロジェクトと比較して規模は極めて小さいが、高知県の仁淀川流域と京都府の由良川流域で、森、川、海、里の連環について調査を行っている。とくに、由良川流域では、溪流・河川水中の腐植様物質と溶存鉄濃度の分析を行い、土地利用・土地被覆との関係などを解析している。途中経過であるが、溶存鉄の起源としては、森林よりも人間活動（農地や市街地）の方が重要であることが示唆されている。これは、由良川中流域に中規模都市（綾部市、福知山市）が位置しているというこの河川の特徴に由来するものかもしれない。今後、腐植物質と溶存鉄の動態について、より詳細に解析する予定である。

3. 人と自然の連環

森里海連環学では、自然科学的な観点だけではなく、人間圏の活動の影響と動機を組み込む必要がある。人間の環境に対する活動は、物質量だけで決まるわけではない。活動の主体としての人間、人と自然（環境）の連環に目を向ける必要がある。

環境の質を自然科学的、定量的に評価することは、環境の現状を理解し、将来を予測するために必要な自然科学の課題である。一方、環境に対する人びとの意識と行動・意思との関係を明らかにすることは、自然環境をよりよく利用し、かつ、保全するために重要な社会科学の課題である。したがって、環境問題を根本的に解決するためには、自然科学と人文社会学との協働の重要性が今後ますます大きくなってくるものと考えられる。森里海連環学の研究においても、自然科学分野と人文社会学分野の研究を統合的に取り扱う必要があろう。

1) 環境意識：環境の価値判断、価値評価

環境に対して、ある人は利用して利益を得ようと考え、ある人は貴重な生き物がいるので保護しようとし、またある人は無関心であったりする。このような環境への人間の態度や意思の違いはどこから生まれるのであろうか。このことを理解することは、すなわち、人と自然（環境）の間の連環を理解することに他ならない。

人間は、環境から様々な形で恩恵を受けるとともに、環境に対して様々な価値を見出して、その環境に対する行動の判断基準としていると考えることができる。この考えに基づけば、「環境変化に対する人びとの価値判断の変化を検出することで、環境意識の形成に影響を及ぼしている環境の質的変化を推定することができる」のではないだろうか。この「環境意識と環境質の関係」は、環境施策立案と当事者間の合意形成にとっても重要な要素の一つと考えられ、森里海連環学の研究が社会に貢献する切り口になるであろう。

自然環境のさまざまな構成要素に我々が見いだす価値の根源は、人間に対してあるいは、自然界に対して自然構成要素が果たしている「機能」と考えることができる。

2) 森の多面的機能

森には、木材や林産物などの物資を生産するという機能や、生物多様性の保全、土砂災害の防止、水源のかん養、保健休養の場の提供など、多くの機能（多面的機能）を有しております、その多くは人間の生活にとって有益なもの（公益的機能）である。

- ① 生物多様性保全：遺伝子保全、生物種保全、生態系保全
- ② 地球環境保全：地球温暖化の緩和、地球気候システムの安定化
- ③ 土砂災害防止機能／土壤保全機能：表面侵食防止、表層崩壊防止、その他の土砂災害防止、土砂流出防止、土壤保全（森林の生産力維持）、その他の自然災害防止機能
- ④ 水源涵養機能：洪水緩和、水資源貯留、水量調節、水質浄化
- ⑤ 快適環境形成機能：気候緩和、大気浄化、快適生活環境形成
- ⑥ 保健・レクリエーション機能：療養、保養、レクリエーション
- ⑦ 文化機能：景観（ランドスケープ）・風致、学習・教育、芸術、宗教・祭礼、伝統文化、地域の多様性維持（風土形成）
- ⑧ 物質生産機能：木材、食糧、肥料、飼料、薬品その他の工業原料、緑化材料、観賞用植物、工芸材料

(<http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyoukai/tamennteki/tamentekitop.html> より)

このような環境の機能は、川や海などの生態系の他、人間活動の影響が強く表れる農業地域や都市などにもあるだろう。

われわれ人間は、ここにあげたさまざまな機能を有効に活用して行かねば生きていくことができない。このとき、人間と環境の間に相互作用の環が生まれる。この相互作用環は、人間の全歴史に渡って回り続けてきた物質・情報のやり取りの環であり、人間活動が巨大になり、相互作用の環にひずみが生れたことが、地球環境問題の原因となっていると考えられる。したがって、この相互作用環をよく理解することが、これから将来の地球環境を考える上で重要になると考えられる。

4. 今後の課題：環境問題解決に対する森里海連環学の貢献

昨年3月の東日本大震災を経験した日本では、自然災害に対する備えの在り方、再生可能エネルギーへの転換、原子力発電所の存廃などが大議論になっているが、環境と社会・経済とのバランスを考えて方針を決めるることは、現実にはなかなか難しい。

地球環境問題を解決するために、森里海連環学は貢献できるであろうか。

近年、環境政策決定において、生態系の適応的管理（adaptive ecosystem management）の観点から、住民の積極的な参画（public involvements）や共同学習（collaborative learning）の重要性が指摘されている（柿澤 2000）。環境問題を根本から解決するには、環境の現状把握や将来予測、対処・改善方法の開発といった科学・技術に関する取り組みに加えて、われわれのライフスタイルの変更も視野に入れた取り組みが必要である。環境に關

わる課題について主体的に取り組むためには、当事者間で、それぞれがどのような情報や意思・能力を持ち、どのような観点からその環境問題をとらえようとしているのかを自覚し、それらの多様性を相互に認識することから始める必要があろう。

陸域生態系における人間活動を考える上で、森と陸水の連環（図1の研究レベル(1)～(3)）に加えて自然と人間の連環（図1の研究レベル(4)）を明らかにすることが重要である。「森里海連環学」は、まだその全体像が描き切れていない生まれたての分野である。自然環境の構成員間の連環だけでなく、人と自然の連環も視野に入れた学問分野として、今後益々重要となってくるであろう。

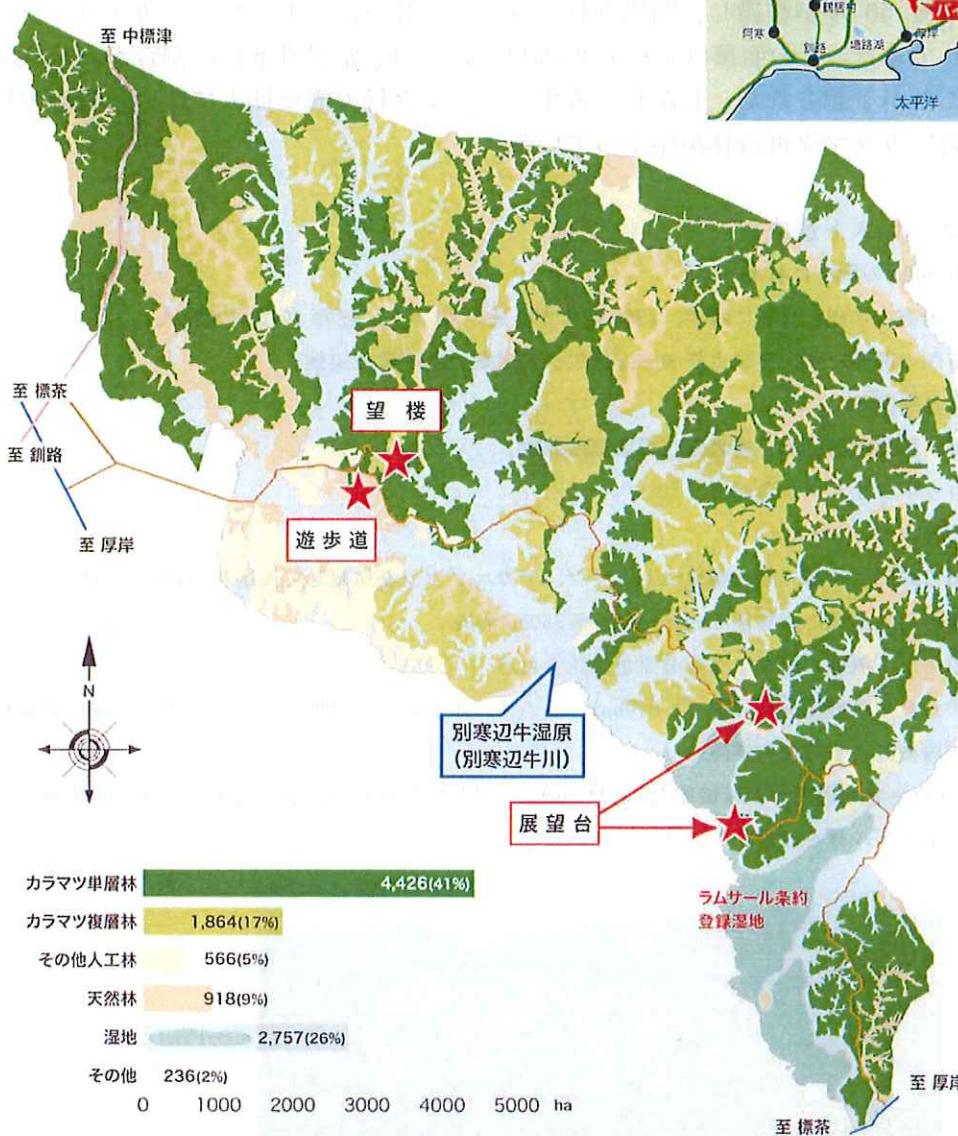
森里海連環学実習で得られたデータと経験を活用し、生態系と人間圏の間の連環について考察してもらいたい。

引用文献

- 畠山重篤（2007）「森は海の恋人」、『森里海連環学』、京都大学フィールド科学教育研究センター編、山下洋監修、京都大学学術出版会、p.223-243.
- 柿澤宏昭（2000）エコシステムマネジメント、筑地書館、pp.206.
- Konohira, E. and T. Yoshioka (2005) Stream dissolved organic carbon and nitrate concentrations - a useful index indicating carbon and nitrogen availability in catchments. *Ecological Research*, 20:359-365.
- Martin, J. H. and S. E. Fitzwater (1988) Iron deficiency limits phytoplankton growth in the north-east Pacific subarctic. *Nature*, 331: 341-343.
- Matsunaga, K., J. Nishioka, K. Kuma, K. Toya and Y. Suzuki (1998) Riverine input of bioavailable iron supporting phytoplankton growth in Kesennuma Bay (Japan). *Water Research*, 32:3436-3442.
- 林野庁ホームページ、http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/con_1.html (12/8/16)
- 宗林由樹・一色健司・藤永太一郎（2005）海と湖の科学、京都大学学術出版会、pp.560.
- Taylor, P. G. and A. R. Townsend (2010) Stoichiometric control of organic-nitrate relationships from soils to the sea. 464:1178-1181.
- 楊宗興、吉岡崇仁ほか39名（2003）集水域の生物地球化学：その意義と展望、陸水学雑誌、64:49-79.
- 吉岡崇仁（2012）「第2章3節、琵琶湖集水域」、『森と海をむすぶ川』、フィールド科学教育研究センター編、向井宏監修、京都大学学術出版会、p.98-111.

パイロットフォレストの概要

- 位置: 釧路市の北東約 50km、厚岸湖に注ぎ込む別寒辺牛川のべっかんべうし中流域に位置し、厚岸町と標茶町にまたがる。
- 地形: 全般的には緩傾斜の丘陵地で、低地は泥炭からなる湿原地帯である。
- 気候: 年平均気温 5.3°C
年平均降水量 1,035mm
(太田地区、平成 13 ~ 17 年の平均値)



PILOT FOREST パイロットフォレスト造成 50 周年記念誌より

流域の植生は、かつてミズナラ等の広葉樹にエゾマツ・トドマツなどの針葉樹が混交する天然林であった。しかし、開拓による伐採や火入れによる失火から発生した山火事によって森林は消滅して原野と化し、放置されてきた。戦後、国有林の生産力増強計画の中で、この地域に森林を再生することになった。

パイロットフォレストは、別寒辺牛川の上・中流域に位置する 21,867ha の国有林のうち 10,778ha の広大な原野・未立木地を大森林に造成する壮大な計画で、①拡大造林による木材生産力の増大、②根釧地域の寒冷地農業を安定化させるために多目的農業を推進すること等を目的に、農作物の生育に障害となる夏季の海霧の軽減や厚岸湖のカキの増殖環境改善にも寄与するものと期待された。造成されたカラマツ林面積は 7,786ha である。

既に造成開始後 50 年が経過し、間伐されたカラマツ林ではトドマツ、アカエゾマツ等が樹下植栽されてきた。その面積は全林の 20% 以上に及び、常緑針葉樹の割合が高い森林に置き換わることが予想された。しかし、近年、カラマツ材の需要拡大に伴い、資源の持続的供給を目的にカラマツ再造林が始まっている。

*パイロットフォレスト造成史

- ・ 1954 年 : 作業道 500m の新設に着手
- ・ 1957 年 : 造成計画書の作成と計画に着手。1966 年までに延べ 44 万人、総額 40 億円を投入
- ・ 1959 年 : 太田苗畑の開設。山火事により 800ha 消失。殺鼠剤の空中散布実験
- ・ 1960 年 : 標茶営林署開設
- ・ 1961 年 : 刈路刑務所模範囚就労と模範囚収容事業所開設
- ・ 1966 年 : パイロットフォレスト造成終了
- ・ 1970 年 : 野鼠被害 (926,000 本)
- ・ 1971 年 : はじめての間伐作業。間伐跡地にトドマツ、アカエゾマツを植栽して複層林の造成を開始
- ・ 1974 年 : 民有地からの延焼で造林地 588ha、湿地等 550ha 消失
- ・ 1991 年 : 別寒辺牛川下流域の湿原に高層湿原が確認される
- ・ 1993 年 : タンチョウ生息地保護林設定 (1,810ha)。ラムサール条約登録湿地 (7,524ha)。国有林内 478ha)
- ・ 1994 年 : 高性能機械による間伐作業開始
- ・ 1998 年 : タンチョウ生息地保護林の区域拡大 (2,117ha)。一部を保安林 (水源涵養 2,684ha、うち保健 866ha)
- ・ 2000 年 : 水土保全モデル林を設定



9. 河川生物の調査法

1. 河川調査における安全確保

河川の調査においては常に転落、転倒、落水などの危険があるため、調査場所に応じた十分な装備と注意が必要である。いずれの場合も決して単独では行動しないこと。

1) 上流域の調査

上流域では川幅が狭く、水深も浅いので水中に立ち込んで調査を行うことが多い。水中に入る場合、胴長靴またはウェットスーツを着用する。河床が石または礫の場合は付着藻類により滑りやすいのでフェルトソールの靴を用いる。胴長靴は転倒した際に中に水が入るとごく浅い場所でも立ち上がるのが困難であり、流されて重大な事故につながるので必ずベルトを締めて水の進入を防ぐ。水深のある場所での調査ではライフベストも着用する。河畔の草木の中に入ることもあるので、長袖の上着（雨合羽がよい）、帽子、軍手を着用して肌を露出しないようにする。大きな石の多い河川では転倒したり滑って流された場合に備え、ヘルメットを着用する。

上流域は水の透明度が高いので、水深を浅く見積もってしまうことが多い。水勢が強いときはもも程度の水深でも流される場合があるので十分注意する。河川中では深みや水中の浮き石を警戒しつつ（偏光グラスがあるとより安全）、少しずつ移動する。川を横断する（渡渉する）ときは付近の最も浅いところを選び、対岸のやや下流地点を目標として渡る。

上流域では道路から河川へのアプローチの際に崖をおりることもあるので滑落に注意すること。

2) 中～下流域の調査

中～下流域では水深の深いところが多いため、立ち込みだけではなくカヌーやゴムボートなど小型艇による調査も行う。乗船時には必ずライフベストを着用する。ライフベストは着用方法を誤ると落水時に脱落する危険があるため、指示に従って装着する。小型艇は安定が悪いため常に姿勢を低くするよう心がけ、決して立ち上がってはならない。離岸時・着岸時の落水・転覆事故も多いが、これは乗・下船時に艇をしっかりと固定することで防げる。ゴムボートは折れた木の先端などで容易に損傷し空気漏れを起こすため、岸に近づく際は十分注意する。

中～下流域の岸際で立ち込み調査を行う際の注意点は上流域の場合と同じだが、透明度が低く水中が見えにくいうえ、岸から離れると急に深くなるところが多いため一層の慎重さが必要である。

2. 生物の調査方法

調査地点の状況（水深・底質・障害物の有無等）や調査目的（対象生物・定量的調査か定性的調査か）などにより様々な調査法があるが、以下では本実習で実際に行う手法を中心説明する。調査地点に到着したら、まず付近をよく観察し、河川の状況や周辺の植生等を野帳（ノート）に記入する。水温・溶存酸素量・電導度を測定し、記入する。調査地点名・日時・参加者名・天候等も同様に記入する。調査中にも採集地点の詳細な状況・採集物名・採集方法・その他気づいたこと等を可能な限りメモしておき、レポート作成時の材料とする。

1) 魚類の調査方法

タモ網採集： 30cm 角程度の小型柄付き網を用い、岸際の植生や倒木の陰などをすくうようにして採集する。または、下流側で網を底につけて固定し、上流から足で川底の礫や水中植物をかき回して隠れている魚類を網中に流し入れる。すくい方や回数を決めて行えばある程度の定量性があるが、中-大型魚類はほとんど採集できない。

待ち受け網： 高さ 1m×幅 2m 程度で中心に袋状のコッドエンド（採集物溜まり）がついた網を 2 人で岸際に固定し、上流から数人で川底をかき回し網の中に魚を追い込む。中-大型の魚類も採集できるが、定量性は低い。

電気ショッカー： バッテリーと電極を組み合わせた専用装置を用い、水中に高圧電流を流す。魚は一時的に麻痺して岩陰などから飛び出してくるため、タモ網等ですくい取る。網採集のように取り逃がすことが少ないため採集の定量性が比較的高く、漁獲物は短時間で麻痺から回復するため非破壊的調査も可能である。しかし、高電圧を用いるため使用時には十分な注意が必要であり、素足やウェットスーツでは電極付近に決して近寄ってはならない。また、汽水域では水の電導度が高いため使用できない。

投網： 目合い数 mm～数 cm、円錐形で先端に沈子のついた投網を円形に開くように投げ込み、網が着底したら手元のロープによってゆっくりと網を絞りつつ引き寄せて取り込む。水中に倒木や大石などの障害物があると採集が難しいため、主に中～下流部で使用する。投網を打つ際は網を肩にかけるため、雨合羽が必要。

いずれの方法でも、採集物は大きめのバットにあけ、砂や植物片などから漁獲物をより分け（ソーティング）、目的に応じて 5-10% ホルマリン、70-99% エタノール、冷蔵・冷凍等で保存する。サンプルは採集地点ごとに異なる容器に入れ、調査日時・場所・採集方法を鉛筆で記入した耐水ラベルを同封する。実験室に戻ってからはホルマリンまたはエタノールを除去したうえでより精密なソーティングを行い、採集物を種ごとにわけて同定・計数・計測する。また、消化管を取り出して内容物を査定する。

2) 無脊椎動物の採集方法

魚類採集と同時に水生無脊椎動物も採集し、河川環境の分析材料とする。また、一部の動物は魚類の消化管からも多数見いだされる。本実習で採集されるのは主にエビ類、ヨコエビ類、水生昆虫（カゲロウ類・トビケラ類・カワゲラ類などの幼生）である。

上流域では主にタモ網を用いて採集する。魚類のときと同じように、タモ網を固定してから足を使って上流から流し込む。また、岸際の植生が覆いかぶさっているところなどではタモ網を差し入れてゆすりながらすくい上げ、植物についている動物をこそげ取るようにする。川底につもつた落ち葉の間で生活するものもいるので、落ち葉ごとすくって採集する。中流～下流域ではタモ網に投網を併用する。水生昆虫の種同定には尾部や附属肢が重要な鍵になるので、ソーティング時にはピンセット等を用い、採集物を痛めないよう注意する。

10. 別寒辺牛川の魚類相

北海道、特に道東の河川においては、コイ、オイカワ、タナゴ類、ナマズ類など南方由来の純淡水魚が分布しておらず、本州（特に西日本）と比較して魚類相は貧弱である。しかし、海と河川との間を回遊する生活史を持つ種（通し回遊魚）や、汽水魚または通し回遊魚の近縁種から分化した淡水魚は数多く分布している。主な分類群はサケ類、ヤツメウナギ類、トゲウオ類、カジカ類、ハゼ類などである。別寒辺牛川の魚類相は道東の一般的な河川のものと大きな違いはないが、勾配の緩い湿原河川であり、厚岸湾につながる河口域に汽水域が広がっていることを反映して、汽水魚ないしその近縁種が特に豊富である。なかでもトゲウオ類は別寒辺牛水系から5種が知られており、本水系を代表するグループであると言える。

本実習では、別寒辺牛川水系の上流部と下流部において採集を行い、水域による魚類相の違いについて調べる。また、上流部では森林域を流れる別寒辺牛川本流と、牧場のなかを通過する支流との2地点で調査し、周辺環境および水質が魚類相に与える影響について検討する。魚類とあわせて水生無脊椎動物の採集も行い、地点間で生物相を比較すると同時に魚類による餌生物としての利用の程度を調べる。

1. 各地点の特徴

・上流部

別寒辺牛川本流（別寒橋周辺）：

森林域の深い谷を流れしており、樹冠が河道の大部分を被覆しているため水面は暗い。水温は低く、底質は砂。水中には倒木や水草が多い。

支流チャンベツ川：

丘陵の牧草地のなかを流れしており、河畔林は少ないため水面上方が開けている。水温は高く、底質は泥または砂。

・下流部（カヌー乗り場周辺）

周辺は湿原地帯であり、底質は泥。下流部であるが河原は開けておらず、川岸は急深。流速は遅く、水色は湿原河川特有の茶色になっている。

2. 代表的な魚種

アメマス *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* サケ科

イワナの亜種。秋に河川上流部の砂礫底で産卵する。ある程度成長するとそのまま河川に残留する個体と、降海する個体とに分かれる。河川残留個体は全長20-25cm程度だが、降海個体は40-50cm以上になる。水生昆虫、落下昆虫、魚類などを食う。

フクドジョウ *Noemacheilus barbatulus toni* ドジョウ科

全長10-20cmの純淡水魚。石礫底、砂泥底など多様な環境に生息するが、石や倒木など障害物の周辺を好む。雑食性だが水生昆虫を好む。産卵期は初夏。

エゾトミヨ *Pungitius tenuis* トゲウオ科

全長5-7cm。背部に10-13本の短い棘がある（イトヨ類は3本）。初夏に淡水域で雄が巣を作り、雌を誘い入れて産卵させる。別寒辺牛水系には他にトミヨ淡水型と汽水型が分布する。

ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia* ハゼ科

全長 10-13cm. 底生魚だが、小型個体は水底から浮いていることが多い。中流-下流に生息するが、卵から孵化した仔魚は汽水域-海に流れ下り、稚魚になってから再び遡上する。動物食性。

以上のような種に加え、ウグイ類、ヤツメウナギ類（アンモシーテス幼生含む）、カジカ類などが採集されることが多い。また、夏-秋には産卵のため遡上してきたサケ、カラフトマス、サクラマスの成魚も見られる。

3. 無脊椎動物

寒辺牛水系は湿原河川であり、石礫が少ないためカワゲラ類、トビケラ類はあまり多くない。しかし、カゲロウ類は比較的多く、モンカゲロウ科、ヒラタカゲロウ科、コカゲロウ科、トビイロカゲロウ科などが確認されている。

甲殻類では下流域でスジエビ *Palaemon paucidens* が多く採集される。また、場所によってはヨコエビ類（端脚類）の個体数が多いところもある。



別寒辺牛川本流上流部（別寒橋付近）



別寒辺牛川本流下流部（カヌー乗り場付近）

11. 厚岸湖・厚岸湾の調査方法

八月
八月
八月

先に述べたように、厚岸湖・厚岸湾の群集は特徴的な食物連鎖からなっている。本実習では、厚岸湖の生物群集の一部を直接目で見、現場で採集して種構成を調べることにより、その生物多様性を実感すると共に、観測機器を用いて厚岸湖から厚岸湾口に至る海洋観測を行い、陸域起源の物質が沿岸海洋に与える影響を理解することを目的とする。

1. 生物群集の多様性の解析 カラコン

1.1. 生物の採集

小型の船で厚岸湖・厚岸湾のアマモ場に出かけ、そりネットを使って生物の採集を行う。そりネットの扱いは厚岸臨海実験所の技術職員にお願いするが、実習生はそりネットから採集された動物を選び分けたり、バケツに収容したりする手伝いを行う。採集した動物は、5～10%のホルマリン溶液で固定し、実験室に持ち帰る。

1.2. 動物の同定

採集した動物を種類ごとに分別し、それぞれについて手分けして図鑑を利用して種の同定を行う。食性調査を行うために、最初はなるべく大型の動物から行うと良い。

1.3. 胃内容物の同定と測定（時間に余裕がある場合）

胃を持っている動物については胃を、胃を持っていない動物については消化管全体を解剖ハサミで切り出す。その後、胃（消化管）を解剖し、内容物をシャーレに取り出す。消化管内容物については、形のあるものはそれを手がかりに何が食べられているかを同定する。同定には、身体の一部だけで行わなければならないことが多いので、図鑑から想像力をたくましくして同定を試みる必要がある。種の同定は困難な場合が多いので、その場合は出来るだけ細かい分類群まで同定を試みる。

調べた動物の餌生物から食物連鎖構造図（図-1）を書き、生物群集の構造について理解する。

2. 沿岸域の海洋観測

2.1. 厚岸湾の数地点（厚岸湖入口から湾口にかけて）において、マルチ水質計を用いて、水温、塩分、溶存酸素濃度、クロロフィルa濃度を水深ごとに測定する（実際の測定は、スタッフが行う）。

2.2 得られた観測データを基に、海水の水温、塩分の鉛直構造（図-2）を調べ、湾内の数地点で比較する。河口域および沖合い域の水温、塩分を比較することにより、厚岸湾の海洋構造を明らかにする。

2.3 上と同様に、クロロフィルa濃度の垂直分布も調べ、地点間で比較してみる。2.2で調べた

海洋構造と比較することにより、厚岸湾の水界の生産性がどのようなしくみで決まっているかについて考察する。

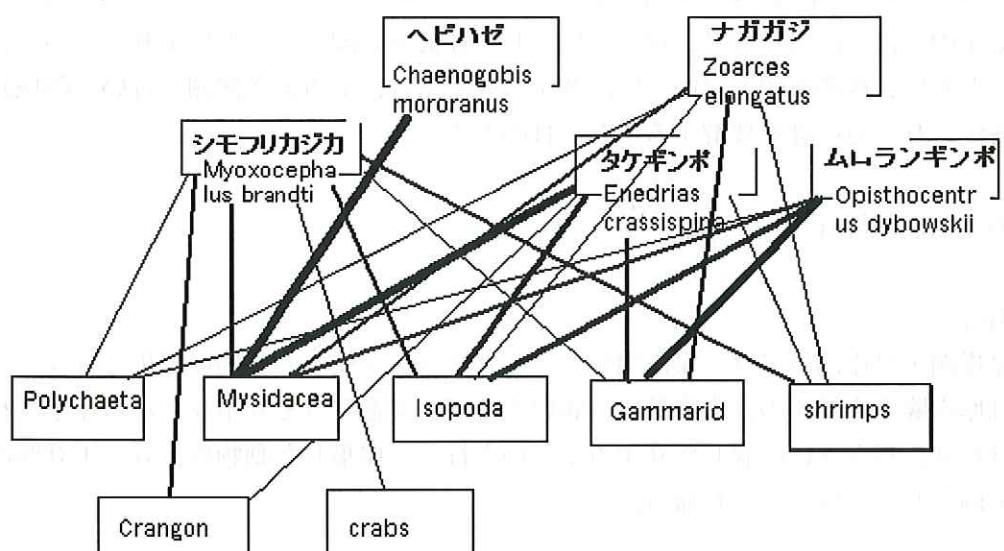


図-1 厚岸湖アマモ場の動物群集の食性調査から描いた食物連鎖の一例

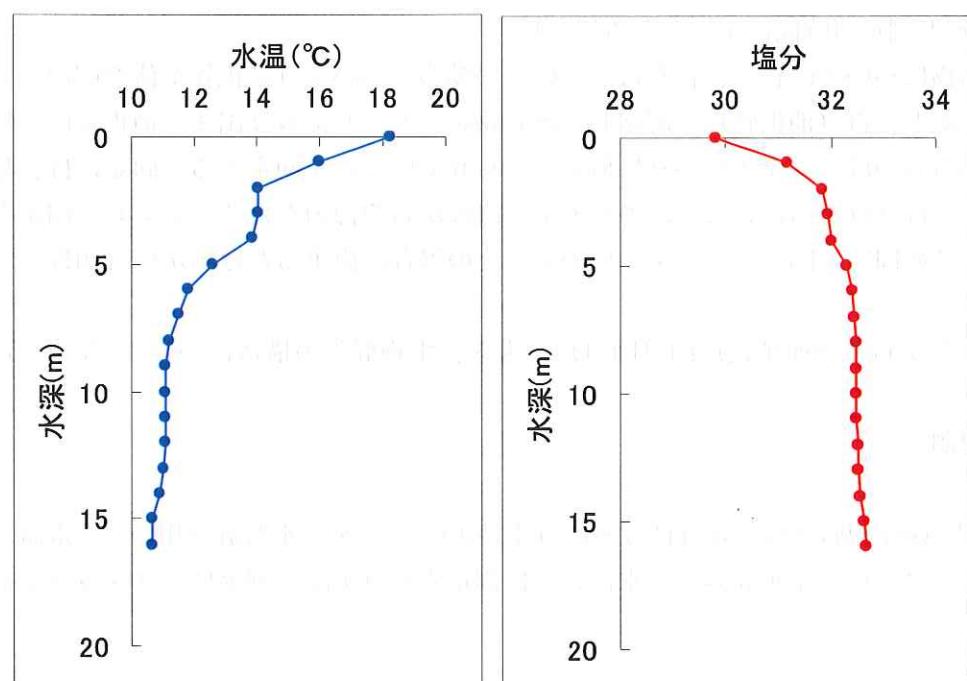


図-2 厚岸湾の水温・塩分の鉛直分布の一例

1.2. 厚岸湖・厚岸湾の生物群集

海洋の生物群集では、植物プランクトンが一次生産者であり、それを動物プランクトンが食べ、それを小型の魚類が食べ、さらに大型の魚類が食べるという食物連鎖のピラミッドが成り立っている。また、生物の排泄物や遺体を利用する分解者も重要な役割を担っている。厚岸湖および厚岸湾の生物群集も、基本的には一次生産者と消費者、分解者からなっている。しかし、厚岸湖は河口域の汽水湖であること、厚岸湾は別寒辺牛川および厚岸湖を通じて陸域由来の物質の影響を受けることなどから、典型的な海洋群集の食物連鎖とは異なっている。

厚岸湖では、一次生産者としては、植物プランクトンよりもアマモ・コアマモという海草類が重要で大きい生産力を持っている。コンブやアオサなどの海藻類も北海道沿岸では多いが、厚岸湖ではそれほど多くない。また、主要な植物プランクトンである珪藻類は、本来の浮遊性の種よりも、海底の堆積物中に生息している底生の珪藻や、アマモの葉の上に付着している珪藻が圧倒的に多いのが特徴的である。ゆえに一次生産者としては、アマモ、付着珪藻、底生珪藻が三大生産者と考えていいだろう。



図-1 アマモ場のアマモと枯れたアマモの堆積

これら一次生産者によって生産された有機物は、それぞれ異なった消費者によって食べられ、厚岸湖全体の食物連鎖構造を作り上げている。植物プランクトンは、カキやアサリのような、海水中の粒子を濾しとつて食べる濾過食ベントス (filter feeders) によって食べられる。アマモは、冬季に厚岸湖にやってくるオオハクチョウによって盛んに食べられるが、オオハクチョウがいなくなったり春から秋までは、わずかにヨコエビ類によって囓られることがあることを除けば、ほとんど誰にも食べられない。それでは、この厚岸湖で最も大きい有機生産を行っているアマモ

は何の役にも立っていないのだろうか？そうではない。アマモは、枯れたあと、海底に堆積し（図-1）、長い時間をかけて分解され、無機栄養塩になったり、細かい有機物粒子になって植物や動物に利用される。もちろん、利用されないで海底に堆積してしまう部分も多い。

一方、第3の一次生産者である付着藻類は誰に食べられるだろうか。アマモの葉の上に生活する巻貝やヨコエビ類がその候補として考えられやすいが、厚岸湖では実はその地位を占めているのは、アマモの葉の間を泳ぎ回っているアミ類（図-2）なのである。アミ類は多くの魚類に食べられる一方、厚岸湖の重要な一次生産者である付着藻類を食べるという非常に重要な地位を占めている。



図-2 アマモの葉上で付着藻類を食べるキタイサザアミ

また、第4の一次生産者である底生微細藻類は誰に食べられているだろうか。これらは底泥といっしょに餌を取り込む堆積物食者（deposit feeders）によって利用されている。たとえば、ゴカイ類やホソウミニナなどの巻貝類である。これらの堆積物食者も、さまざまな魚類に食べられて、食物連鎖の重要な位置にいる。

しかし、付着藻類や底生藻類の役割はこれだけではない。カキやアサリが餌を取り込んでいる海水中にも、付着藻類や底生藻類が非常に多いのである。風や潮流によって海底がかき回され、アマモが揺すられると、これらの藻類が海水中に大量に浮遊する。本来浮遊している植物プランクトンの5～10倍くらいの量の付着藻類や底生藻類が海水中にいるので、カキやアサリの餌としての重要性は、植物プランクトンよりもむしろ大きいのである。

カキ・アサリは人間によって厚岸湖から取り上げられる。一方、アミやエビ・ヨコエビ類などから魚類（コマイ、カジカ類、カレイ類、ギンポ類など）に繋がる食物連鎖は、一部が人間によ

って取り上げられるが、多くは厚岸湖の物質循環に組み込まれる（図-3）。

図-3に示すように、また、上述したように、厚岸湖の生物生産は別寒辺牛川流域の森林や農地から流れてくる栄養塩に大きく影響を受けている。また、一部ではあるが、海から遡河性の魚や水鳥や、波浪などによって海の生産物が陸上に持ち上げられて、陸の生態系の豊富さ・多様性・生産性に寄与している。

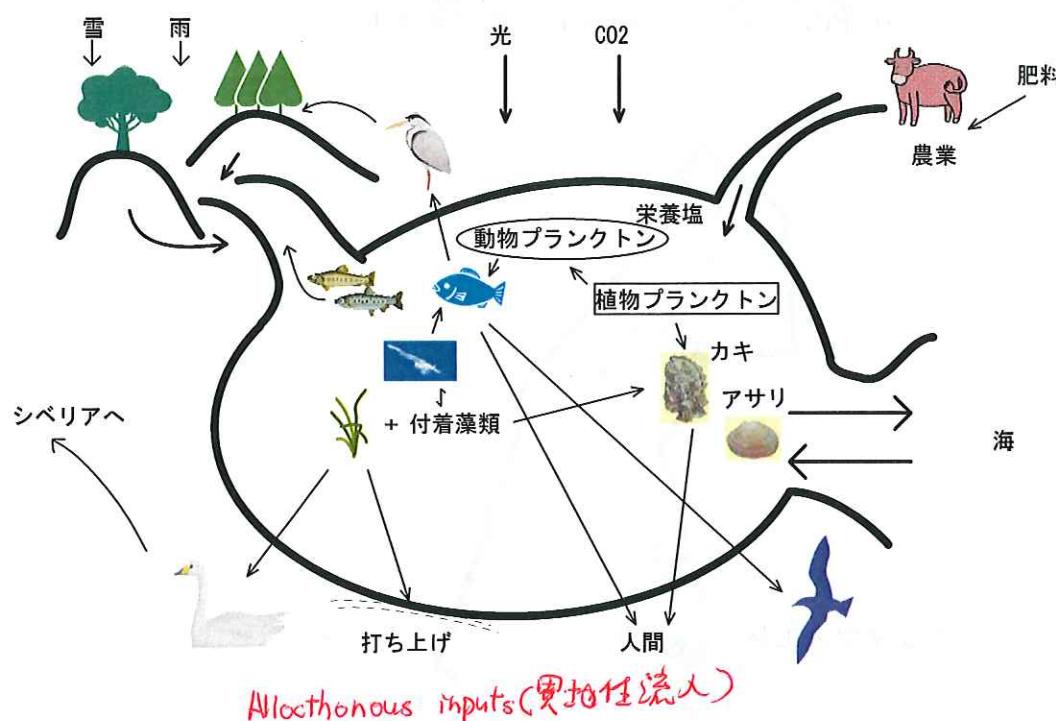


図-3 厚岸湖の生物群集の食物連鎖構造と物質循環

厚岸湾は、面積が 100 km^2 程度であり、平均水深が1~2mである厚岸湖に比べ、一次生産者としての植物プランクトンの役割がより重要である。しかし、湾内の最大水深は24mと比較的浅く、沿岸域に発達するアマモ場や海藻藻場も一次生産者として主要な役割を果たしている。厚岸湾の生産性には、2つの異なる由来の栄養塩、すなわち(1)別寒辺牛川から厚岸湖を通じて流入する陸域・河川由來の栄養塩、および(2)沿岸を西に流れる親潮に含まれる栄養塩、が影響している。一般に、湾奥ほど前者が、湾口ほど後者の影響が大きくなるが、その相対的重要性は、気象・海象条件の季節変化や経年変化によっても大きく変わると考えられる。特に河川からの水の流出が多い時期には、陸域起源の栄養塩の影響を受けた植物プランクトンの増加が厚岸湾の外側にも認められる(図-4)。

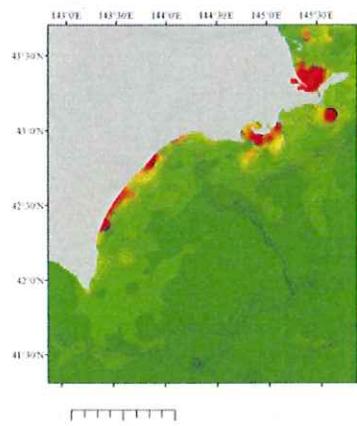
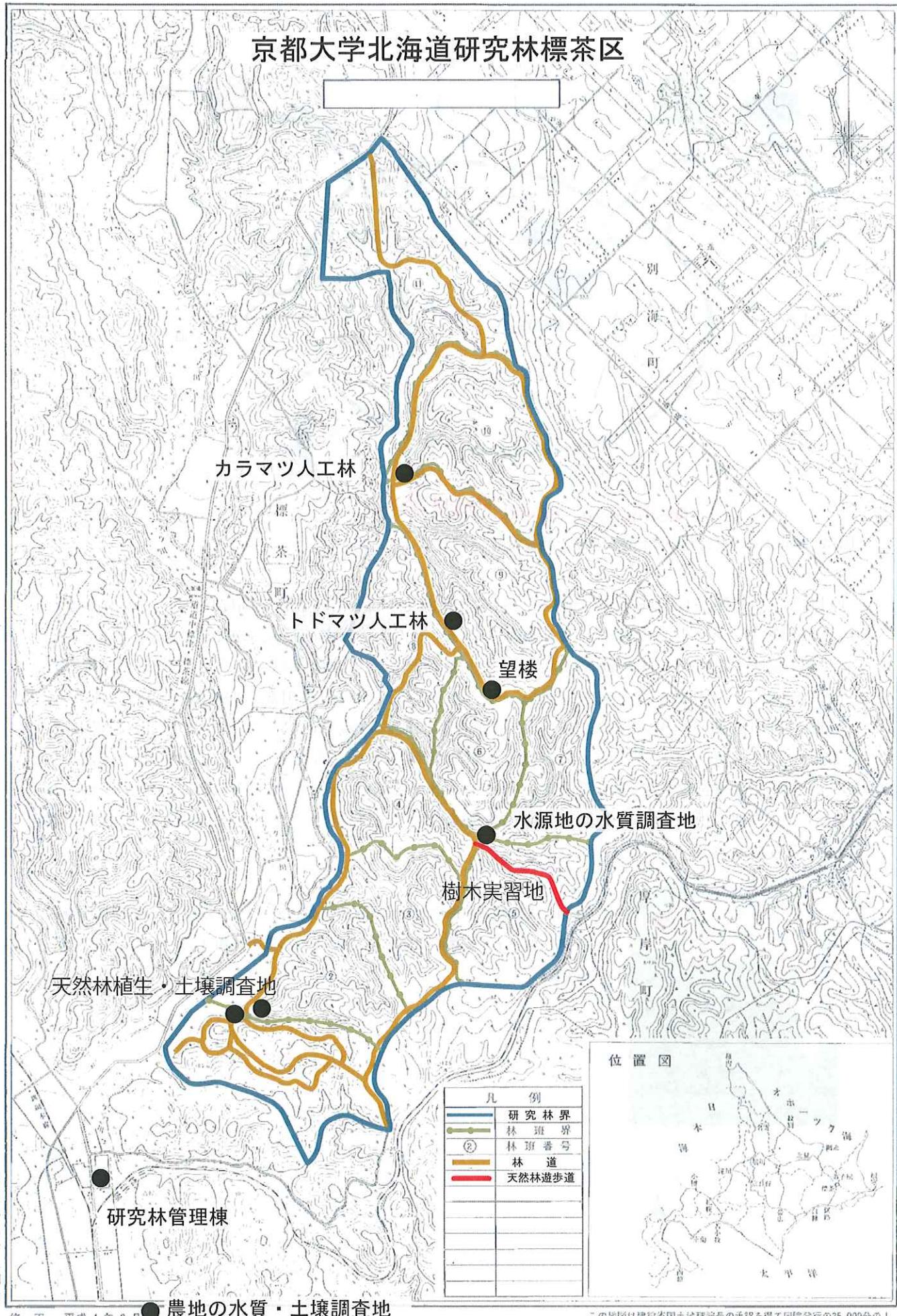
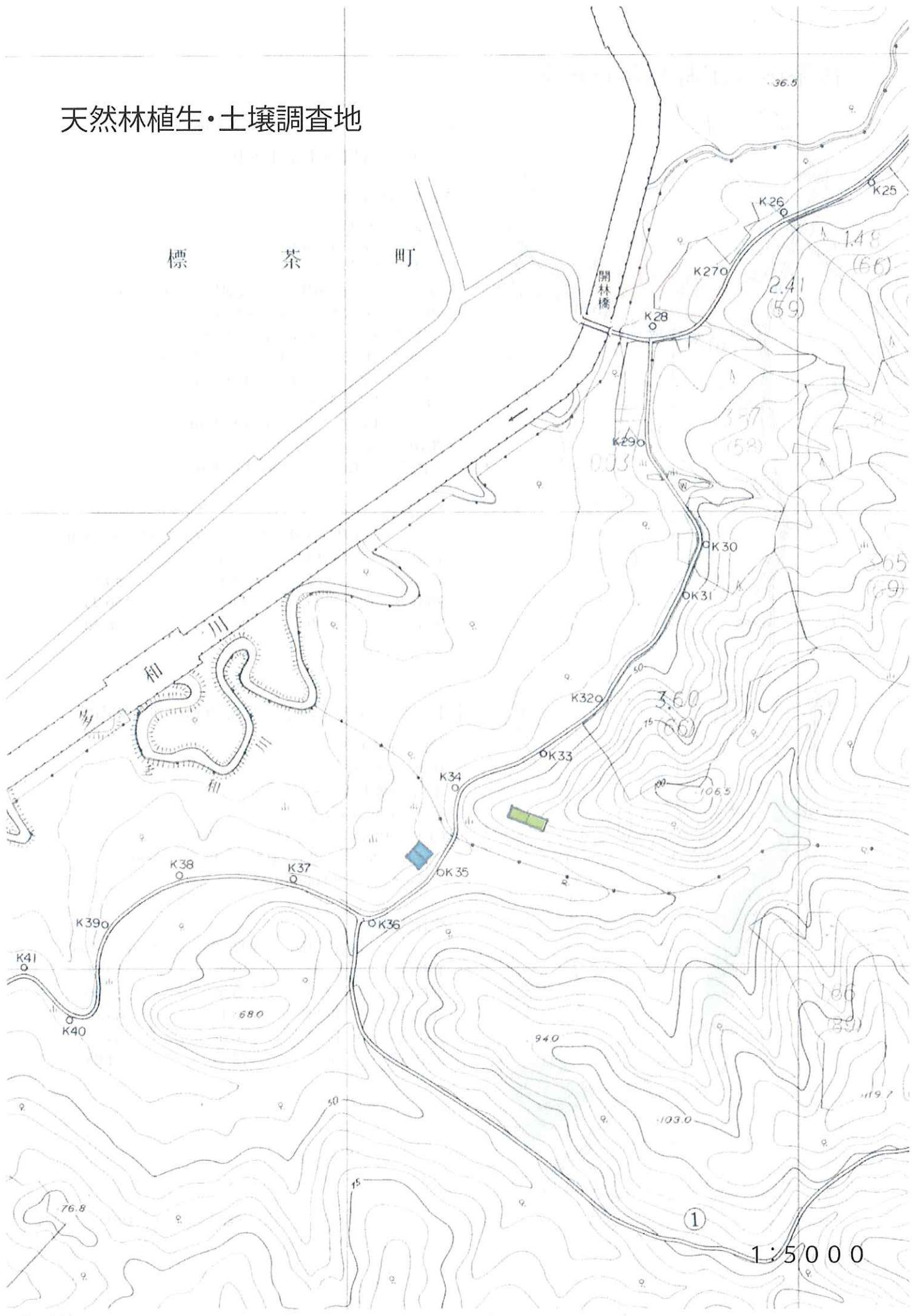


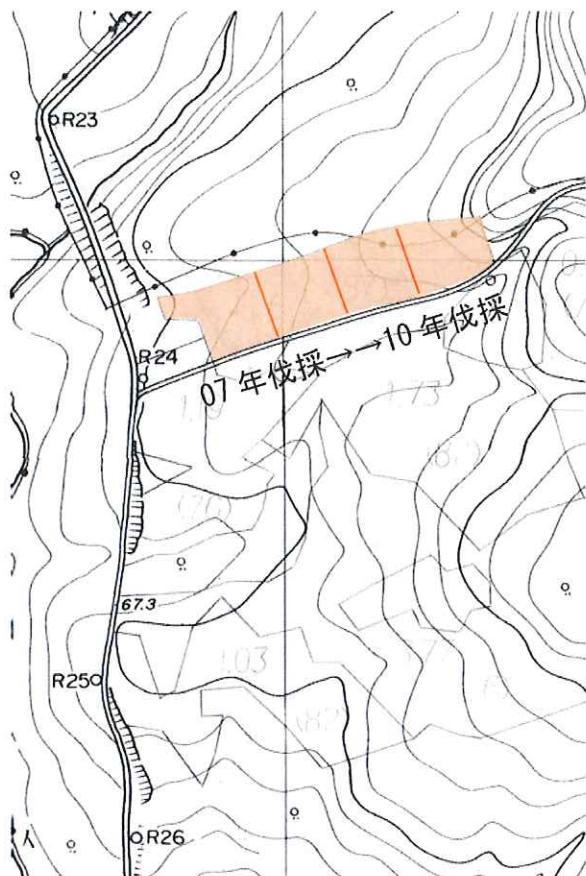
図-4 人工衛星の海色センサー(Aqua MODIS)により観測した道東周辺海域のクロロフィルa量の空間分布。赤いところほど植物プランクトンの密度が高い。



天然林植生・土壤調査地



標茶区人工林見学地概要



カラマツ × グイマツ F1 人工林

(標茶区 9 林班う小班 1.26ha)

地拵：1987 年

植栽：1987,1988 年

下刈：1987 ~ 1990 年

枝打：1998 年

間伐：2007 ~ 2010 年 (4 分割して学生実習で実施)

2007 年 (1 伐 4 残の列状間伐, 定性間伐)

伐採：104 本、立木材積 15.097m³

2008 年 (1 伐 4 残の列状間伐, 定性間伐)

伐採：136 本、立木材積 15.687m³

2009 年 (定性間伐)

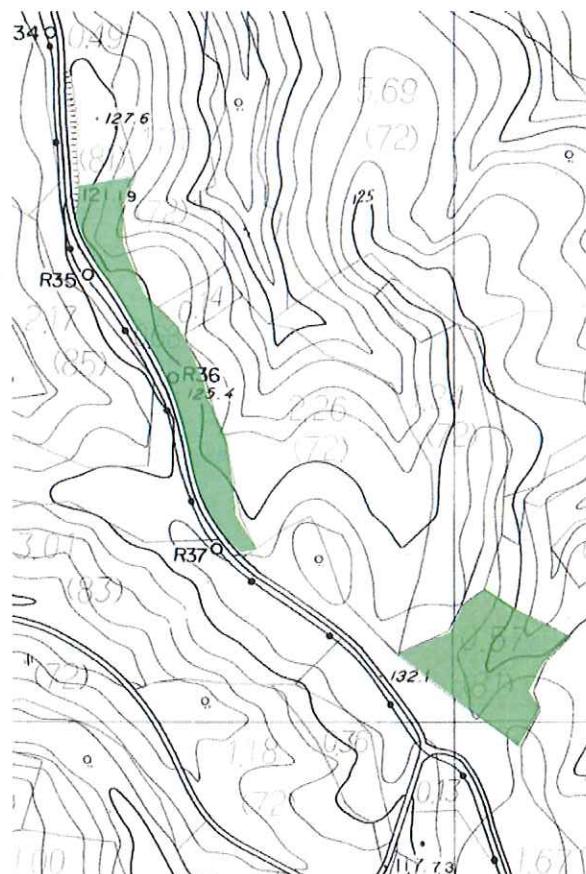
伐採：152 本、立木材積 12.519m³

2010 年 (定性間伐)

伐採：80 本、立木材積 14.040m³

生長経過

	本数 (/ha)	平均直径 (cm)	材積 (m ³ /ha)
1991 年	2510	2.3	
1996 年	2470	7.1	46.10
2001 年	2290	11.5	156.93
2006 年	1990	14.5	230.48



トドマツ人工林 (標茶区 9 林班ね小班 1.25ha)

地拵：1980 年

植栽：1981 年

下刈：1981 ~ 1987 年

蔓切：1996,1997 年

間伐：2006 年 (1 伐 2 残の列状間伐)

伐採：888 本、生産材積 (丸太) 42.593m³

販売金額：144,000 円

生長経過

	本数 (/ha)	平均直径 (cm)	材積 (m ³ /ha)
1995 年	1750	3.8	19.41
2000 年	1750	5.9	35.16
2005 年	1740	9.1	80.16
2006 年	1120	10.0	63.97
2010 年	1090	13.4	121.05

図面は 1 : 5000

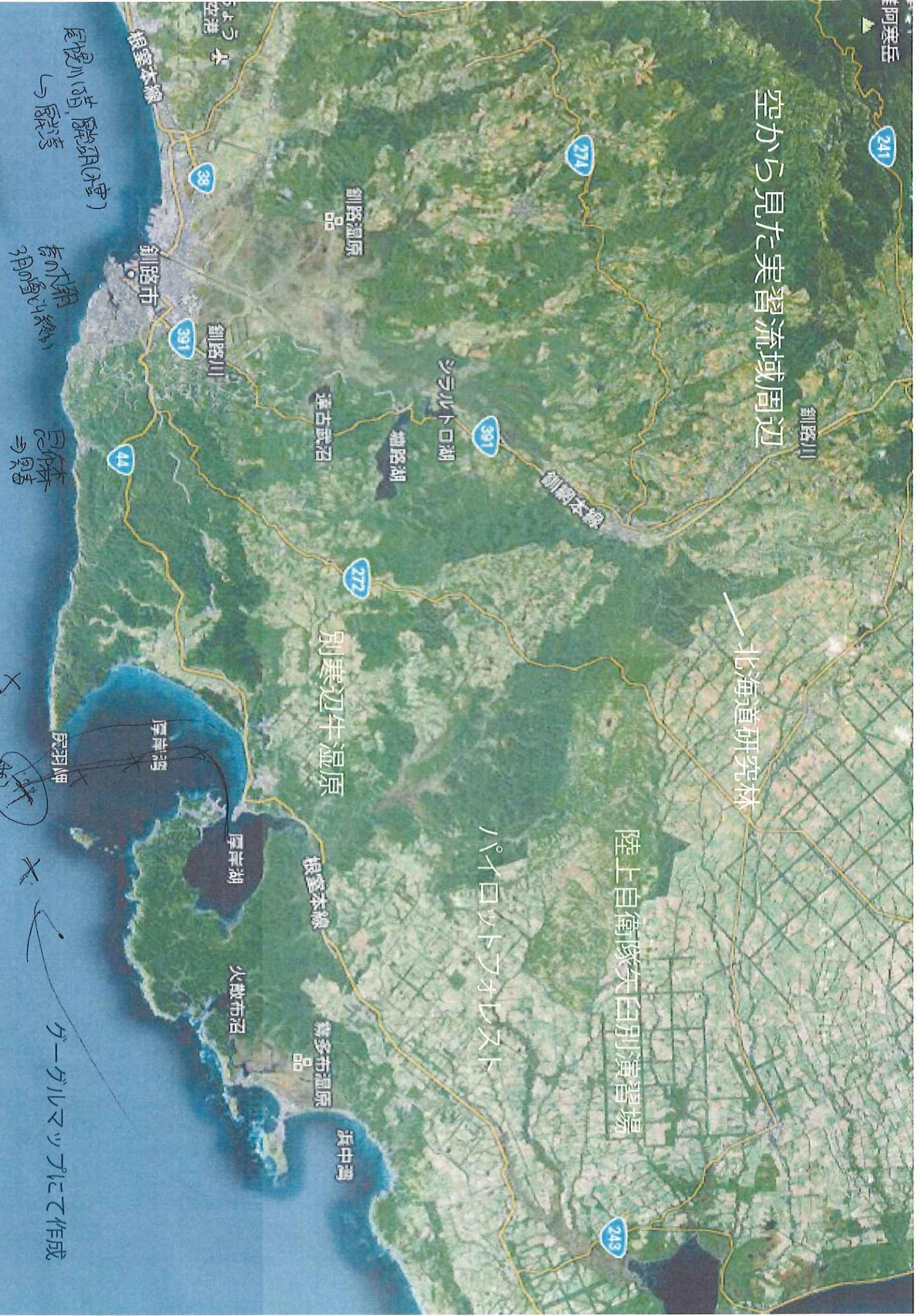
阿寒岳

空から見た実習流域周辺

北海道研究林

陸上自衛隊矢臼別演習場

パイロットフォレスト



国領川(音、開拓(開拓))
→ 開拓

春の雪
3月の雪

日帰り
温泉

日帰り
温泉

グーグルマップにて作成