

MODISプロダクトデータの幾何補正手法紹介 および北海道の資源・環境評価への応用

布和敖斯尔 金子正美 石崎英治 亀山 哲* 王 勤学*

要 約

1999年12月18日アメリカNASAの地球観測システム (EOS) がTerra (EOS-AM-1) という極地軌道地球観測衛星を打ち上げた。Terra (EOS-AM-1) に五つの器具が搭載されているが、その一つは適度画像解像度の分光放射計 (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer, MODIS) である。MODISは36スペクトルチャンネルにより地球の大気、海洋及び陸域を同時に観測している。本研究ではMODISプロダクトレベルデータ及びMODISデータの幾何補正手法を紹介した。またMODISのランドプロダクトデータと海洋プロダクトレベル別データを応用して北海道の自然植生分布、季節変動及び北海道沿岸海域クロロフィル-aの分布を解析した。

Key words: MODIS高レベルプロダクトデータ、北海道資源・環境評価

1 はじめに

大量のCO₂排気に伴う地球の温暖化、及び地球温暖化に伴い永久凍土の消失、タイガ (taiga) 林の減少、砂漠化、乾燥化、黄砂など一連の事象が起こっている。これは地球の自然環境、生態システムが自己回復機能を失っているともいえる。これらの事象は時々地域あるいは国のスケールで起こり、エネルギーと物質の循環を通して地球スケールの環境問題になっている。EOS Terra/MODISは地球スケールで地球表面の陸域、大気、海洋で起こっている変化をレベル別に、リアルタイムに観測、記録することが可能である。植生指数 (VI) は地球スケール及び地域スケールのこの蓄積循環システム変化を示す一つの指数として10年前から広く使われている。気温、降水及び土壌水分の変動などが植生指数に反映されている。植生指数の変動からこの地域の環境変化を把握することが可能である。

2 EOS Terra/MODIS product levelデータとは？

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) はTerra衛星 (EOS AM-1) に搭載している重点器械で、EOS Terra/MODISは波長0.405 μm から14.385 μm 範囲で、空間解像度250m、500mおよび1000m (解像度250mはバンド1-2; 解像度500mはバンド3-7、解像度1000mはバンド8-36) の36スペクトルのバンドを測定し、計算モデルとアルゴリズムにより、反射率データを4つのレベルに分けている。レベル0-器械パケットデー

タ、レベル1-大気域、レベル2-陸域およびレベル3-海洋域までそれぞれ分類している。レベル0データ (器械パケットデータ) はEOSデータとオペレーションシステム (EDOS) から処理している。ゴダード宇宙飛行センター地球科学分配アクティブアーカイブセンター (GES DAAC) からレベル1A、レベル1Bのデータ (地理位置と雲マスキングしたデータ) を製品化している。各地のランドステーションはMODISのレベル1A、1Bのデータを受信することが可能である。それより高いレベル製品はMODISの順応的処理システム (MODIS Adaptive Processing System (MODAPS), MODAPS) により生産されている。

レベル1にはMOD01 (1A)、MOD02とMOD03 (位置) がある。レベル2とレベル2_Gridded (L2G) にはMOD04 (エアロゾル)、MOD05 (水)、MOD06 (雲)、MOD07 (トータルオゾン荷・温度及び湿度プロファイルなど)、MOD35 (雲マスキング)、MOD28 (海洋表面温度)、MOD09 (表面反射率)、MOD10 (雪カバー)、MOD11 (陸表面)、MOD14 (熱変則) とMOD29 (海上の氷塊) がある。またレベル3にはMOD08 (大気状態、大気補正に用いる)、MOD11 (陸表面温度と蒸発散)、MOD12 (土地被覆)、MOD13 (植生、8-16日)、MOD33 (10日雪カバー)、MOD43 (BRDFとアルベド) MOD29 (毎日海の氷) 及びMOD42 (10日海の氷) がある。レベル4にはMOD15 (LAIとFPAR)、MOD17 (植生生産8日と一年) とMOD27 (海洋生産性) がある。

レベル0と1より高いレベルデータの計算式とアルゴリズム

* 独立行政法人国立環境研究所

ムはEOS製品のアルゴリズム理論的基礎文書（Algorithm Theoretical Basis Documents (ATBD's) で記述され、EOS/DISから提供されている。MODISはマルチスペクトルの可視、赤外線的光域から地球の大気、海洋、陸地を観測し、地球温暖化による、地球の気候、植物、汚染、また経済と環境問題など幅広い面での応用を期待されている。

3 EOS Terra/MODISデータの幾何補正

3.1 MRTソフトを使ってISINプロジェクションに幾何補正する

MODISデータはHDFデータフォーマットで提供され、空間プロジェクションは整数化正弦曲線（Integerized Sinusoidal (ISIN)) という新しいマップ投影法である。MODISデータファイルのHDF-EOS (Hierarchical Data Format - Earth Observing System) フォーマットは、市場で販売されているENVI (IDL) などのソフトでサポートされており、HDFファイルの表示、インポート、エクスポートなどの処理を行うことが可能である。しかし、ISINプロジェクションは既存のソフトウェアパッケージでは認識されておらず、サポートできない。

サウスダコタ鉱物・テクノロジー学校 (South Dakota School of Mines and Technology) の数学・コンピュータ学部、EROSデータセンターなどでは、Javaプログラムで動くMRT (The MODIS Reprojection Tool, MRT) というソフトを提供している。MRTはPCとUNIXのそれぞれのバージョンがある。MRTはMODISデータのISINプロジェクションをUTMプロジェクションなど様々なプロジェクションへの変換、スペクトルのサブ設定などを行うことができる。MRTと画像処理ソフトウェアを連携して使用することにより、MODISデータの画像処理、計算、分析などが可能である。MRTはJava環境で動作するが、MRTの初期設定が必要である。例えば、Windowsの場合AUTOEXEC.BATファイルに以下の2文を追加する。

```
PATH= %PATH%; c:\Modis\bin
Set MRTDATADIR=c:\MODIS\data
```

続いて、MRTの bin ディレクトリの中にある ModisTool.bat ファイルを編集し、Java.exe ファイルのパスを指定する。例えば

```
Set MRTDATADIR=c:\MODIS\data
"C:\Program Files\jdk1.3\bin\java.exe"
"C:\Modis\bin\ModisTool.jar"
である。
```

詳しい設定はMRTユーザーマニュアル (MODIS Reprojection Tool Use's Manual, Release 2.0, June 15, 2001, Department of Mathematics and Computer Science, South Dakota School of Mines and Technology, EROS Data Center) を参照。

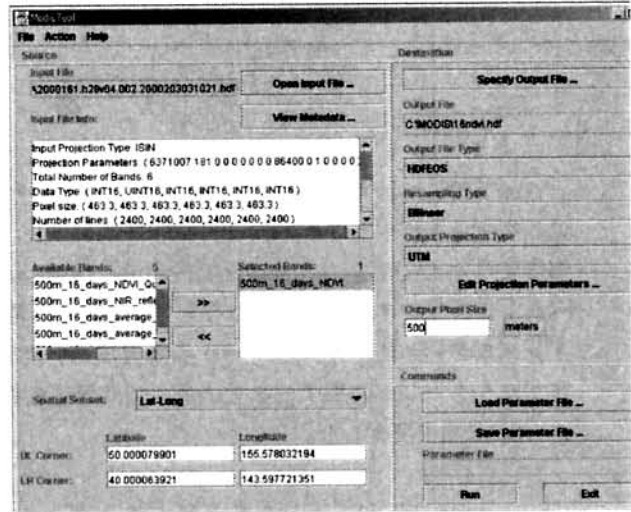


図1 MODISマルチバンドデータの幾何補正

3.2 MODISデータの幾何補正手法

MRTのbinディレクトリのModisTool.batをダブルクリックすると、MRTが起動する。

図1で示したように、まずMODISマルチバンドのデータから幾何補正するバンドを一つ選んで、アウトプットファイル名を指定し、さらにアウトプットするプロジェクションに応じて詳細なパラメーターを指定し幾何補正を行う。MODISマルチバンドの中で1000m、500mと250m別々のデータに対応してアウトプット画像のピクセルサイズ(解像度)を提供する。アウトプット画像ファイルフォーマットはHDFEOS、GeoTIFやRaw Binaryなどが可能である。新しいバージョンのMRTではUTMの中にUTMゾーン (UTM Zone) の設定と長円面 (Ellipsoid) の設定も可能である。ソフトを運行すると幾何補正が実行され、計算結果は次のような画面に出てくる。

アウトプット画像のコーナー(経度/緯度もしくはX-Y座標)情報を読み込み、別のソフトで画像を処理することも可能である。

本研究ではアウトプット画像ファイルフォーマットをHDFEOSと設定し、ENVIを使ってHDFファイルを読み込み、ENVIのEdit ENVI HeaderでMRTソフトの計算結果を読み込み、さまざまな編集を行い、アウトプット画像ファイルフォーマットをGeoTifに設定し、ERDAS Imagineで直接画像処理とか分類などを行った。また、MRTで計算したMODISデータの幾何補正情報(幾何補正パラメーター)を次のように示すことができる。


```

INPUT_FILENAME=MOD13A2.A2000273.h12v04.002.200
0324050900.hdf
SPECTRAL_SUBSET = ( 1 0 1 0 0 0 0 0 0 )
SPATIAL_SUBSET_UL_CORNER = ( 40.0 -130.527874 )
SPATIAL_SUBSET_LR_CORNER = ( 30.0 -103.921841 )
OUTPUT_FILENAME = MOD13LA.hdf
RESAMPLING_TYPE = BILINEAR
OUTPUT_PROJECTION_TYPE = LA
OUTPUT_PROJECTION_PARAMETERS = ( 0.0 0.0 0.0
0.0 -100.0 45.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 )
OUTPUT_PIXEL_SIZE = 1000
    
```

ここで、入力データファイルはMOD13A2.A2000273.h12v04.002.2000324050900.hdfで、インプットファイルの種類がHDF-EOS（インプットファイル）であり、バンド1と3がLambert Azimuthallyマッププロジェクトで、Re-sampling Typeがbilinearである。アウトプットピクセルサイズが1000メートルであり、アウトプットファイル名はMOD13LA.hdfにと指定した。アウトプットファイルのフォーマットはHDF-EOSである。

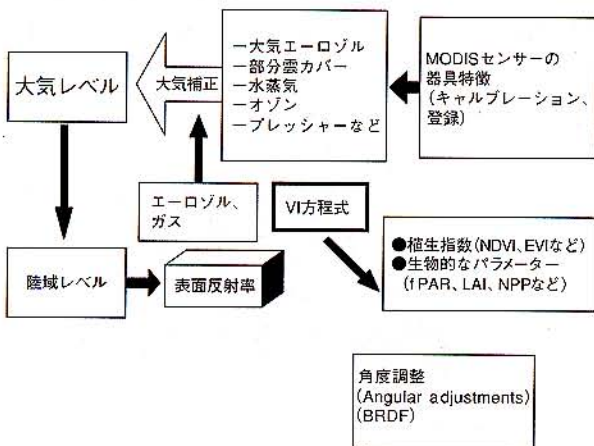


図2 MODISデータから生物学的なパラメーターの提出

4 北海道への応用

北海道は日本、アジア及び世界中でも重要な動植物の分布地域の一つであり、生物多様性の観点から重要である。本研究はMODISのプロダクトレベルデータを活用し北海道の緑環境を評価する共にデジタル化したGIS植生データと比較しながらMODISデータプロダクトレベルデータの精度や応用価値に関して評価した。

4.1 MODIS植生指数 (MVI) 及び光合成量 (PSN)

MVIはMODISバンド1~バンド7（赤、NIR、青、MIR）の250m~500m解像度の反射率データに幾何補正と大気訂正など様々な訂正を行い（図2参照）、MODISのバンド1~7の反射率データをもとに、NDVI、EVI計算モデルによって、それぞれ正規化された植生指標（NDVI, Normalized Difference Vegetation Index、図3と4参照）と大気と土壤の影響（抵抗力）を共に訂正した植生指数EVI（Enhanced Vegetation Index, EVI、図5参照）を計算した。MODISバンド1~2で250m解像度のNDVIが生産され、バンド1~バンド7で500m解像度のNDVIとEVIプロダクトデータがそれぞれ計算されている。NDVIとEVIは式 (1) と式 (2)（Huete and Liu, 1994; Liu, H. Q., and Huete, A. R, 1995）によって計算されている。

$$NDVI = (\rho_{nir} - \rho_{red}) / (\rho_{nir} + \rho_{red}) \quad \text{---- (1)}$$

$$EVI = 2 \times (\rho_{nir} - \rho_{red}) / (L + \rho_{nir} + C_1 \rho_{red} + C_2 \rho_{blue}) \quad \text{----- (2)}$$

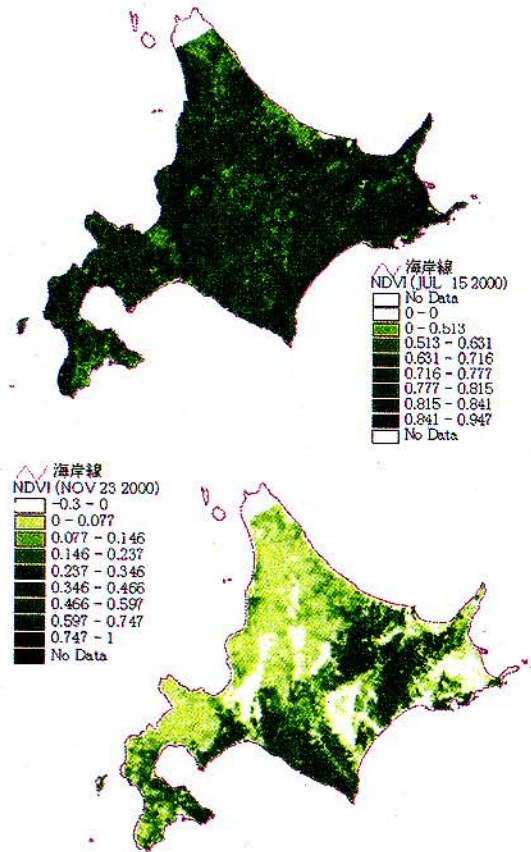


図3 MODIS NDVI (500×500m, 16bit integer) データ
(a) と (b) はそれぞれ2000年7月15日と2000年11月23日のNDVI)

ここで、 ρ は方向性反射率；Lはキャノピバックグラウンド調整係数； C_1 と C_2 は、赤いチャンネルのエアロゾル補正において青色のチャンネルの使用を考えた定数である（Huete and Liu, 1996）。MVIでは北海道の夏と冬の植生分布季節変動をあらわしている（図3参照）。MVI値の変化から、農作物と牧草地の季節的变化と針葉樹と広葉樹の分布

域、さらにカラマツとエゾ・トドマツの分布域が分かる。MVIをデジタル化された現地調査植生分布図と比較すると(図4参照)、自然植生の地域分布に対して同じ表現だが、MODIS_NDVI (500m解像度) データは現地調査図より最も詳細な植生分布を地域別にあらわしていることがわかる。図5でMODISのバンド1, 2とバンド3 (青色光域) から計算されたEVIの季節変化を示している。EVIで土壌の影響と大気影響を共に最適化した (Huete and Liu, 1996) ことが北海道の自然植生の季節変動から分かる。EVIはNDVIより植生葉面積 (LAI) 変化に敏感である。

葉面積指数 (LAI) は地表面と大気間エネルギー運動量の流れの交換、バイオマス計算、植生分類によく使われているリモートセンシング植生パラメーターである。LAIとNDVIは植物分布地域と植生分布によって相関関係が違うが常に対数関係を持っている (Baret and Guyot, 1991; Huete, 1988; Major et al., 1990; Qi et al., 1994)。一般に、森林群落では葉面積などの樹冠要素を直接測定することが作業的に非常に困難なため相関モデルによってNDVIからLAIを推定する。植生の生育期には緑葉は可視光、特に赤色光域をより強く吸収し、近赤外の光はより強く反射するようになる。また、植生被覆率が増加すると全体として近赤外の反射率が増加する。したがって、赤と近赤外の波長帯の反射率、即ちセンサーで計測された反射輝度値 (デジタル計算値, DN) が大きいし、スペクトル反射率が植生の活性、植被率、葉面積指数 (LAI) などの植生パラメーターと高い相関を持つようになる。LAI のアルゴリズムには天空放射モデル、植生分光反射率関係モデルなどいろいろ見られるが、Y. Knyazikhin (1998) らは式 (3) のようなモデルを提案した (R. B. Myneni, Y. Knyazikhin, J. L. Privette, S. W. Running, R. Nemani, Y. Zhang, Y. Tian, Y. Wang, A. Lotsch, J. T. Morisette, J. Glassy, P. Votava, 1999)。

$$LAI = \frac{1}{X_S \cdot Y_S} \int_V u_L(r) dr \quad \text{----- (3)}$$

ここで、Vが植物キャノピーのある場所の範囲で、X_S、Y_Sは、水平次元のVである。もし植物キャノピーがN_c個木から成っている場合LAIの計算式を次に示す。

$$LAI = \sum_{k=1}^{N_c} P_k \frac{1}{S_k} \int_{V_k} u_L(r) dr = \sum_{k=1}^{N_c} P_k \cdot LAI_k \quad \text{----- (4)}$$

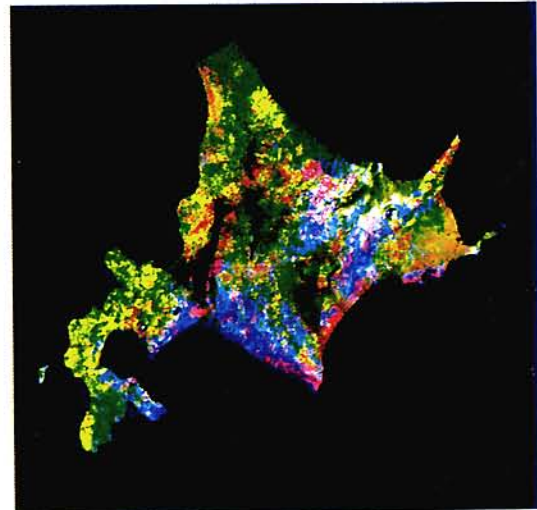
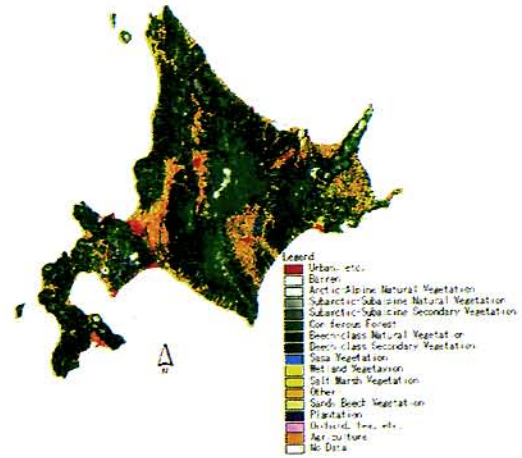


図4 北海道植生分布調査図 (1/5000) (a) とMODIS NDVIの比較

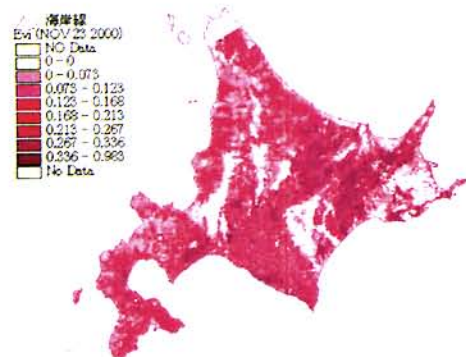
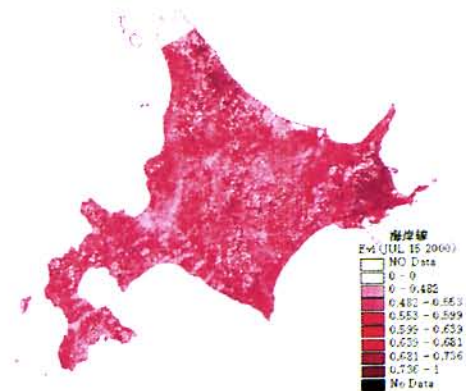


図5 MODIS EVI (500×500m, 16bit integer) データ (a) と (b) はそれぞれ2000年7月15日と2000年11月23日のEVI

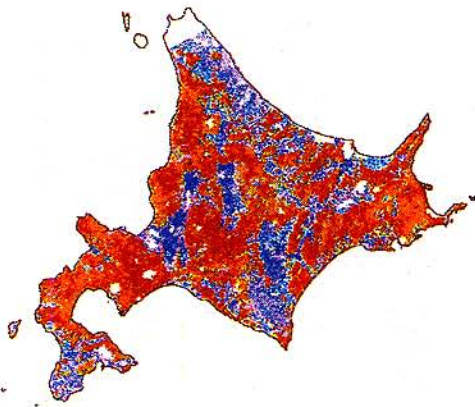


図6 MODIS LAI (1000×1000m, 8bit unsigned integer) 8月と11月の比較

ここで、 S_k はグラウンドの上に第K個木または植物ある所k個植物または木の葉封筒投射 (the foliage envelope projection, e.g., crown) ; $P_k=S_k / (X_s \times Y_s)$ と LAI_k は個々の植物または木の葉面積指数である。図6でMODIS レベル3のMOD15A2 LAI (1000*1000m, 8bit unsigned integer) データにより、北海道の自然植生の葉面積指数 (LAI) の季節変化を示している。また図7で植生自然度分布現地調査 (図7 (a) 参照) とMODIS_LAI (1km×1km) 2000年8月、9月最大値の比較である (図7 (b) 参照)。自然度の高い自然林はMODIS_LAIではっきり区分されている (図7でピンク色は自然度が高い)。MODIS_LAIによって植生自然度の分類は可能である。純一次生産力 (Net Primary Productivity (NPP)) を求めるには植物キャノピーによるfPAR (Fraction of Photosynthetic Active Radiation absorbed by Vegetation Canopies) と純光合成 (Net Photosynthesis (PSN))が必要である。図8と9では植物キャノピーによるMODIS_fPARを示している。fPARはNDVIとの相関関係によって、植生指数から計算できる。瞬時の緑のfPARを

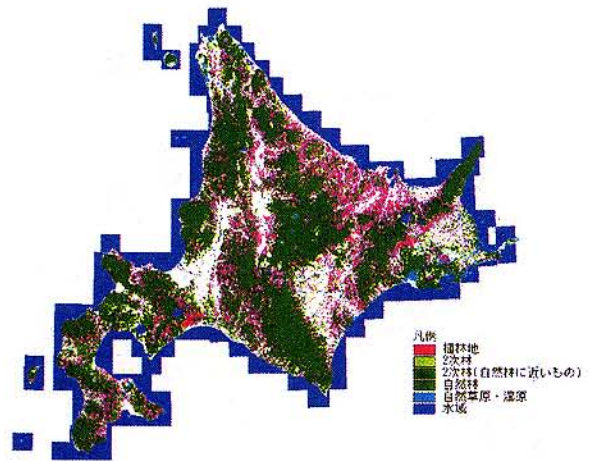


図7 植生自然度分布調査図 (a) とMODIS LAI (b) の比較

得るために太陽の天頂角度のコサイン (Cosine,余弦) と等しい分銅で統合されている。fPARには土壌と森林 (森林の下の部分) の接触部分のキャノピーにより吸収された光合成と間隔をおいて配置するため、キャノピーにより後方散乱放射の部分を含んでいる。fPARはキャノピーにより吸収された光合成を代表する意味から植生NPPの計算にも使われている。NPPは緑色植物の炭素固定量を示している。自然植生の純一次生産力は、植物が1年間に太陽エネルギーと水と二酸化炭素を使って光合成を行った有機物量総生産量から、植物自身の呼吸によって失われる有機物量を差し引いた値である。純光合成 (Net photosynthesis (PSN)) もNPPの計算のため使われている。MODISプロダクトレベルデータのMOD_17にはPSN計算式 (5) (6) (7) が提案された (Steven W. Running Ramakrishna, Nemani Joseph M. Glassy, Peter E. Thornton, 1999)。

$$APAR \propto |PAR \cdot fPAR| \propto NDVI \quad (5)$$

$$PSN = \epsilon \cdot APAR \quad (6)$$

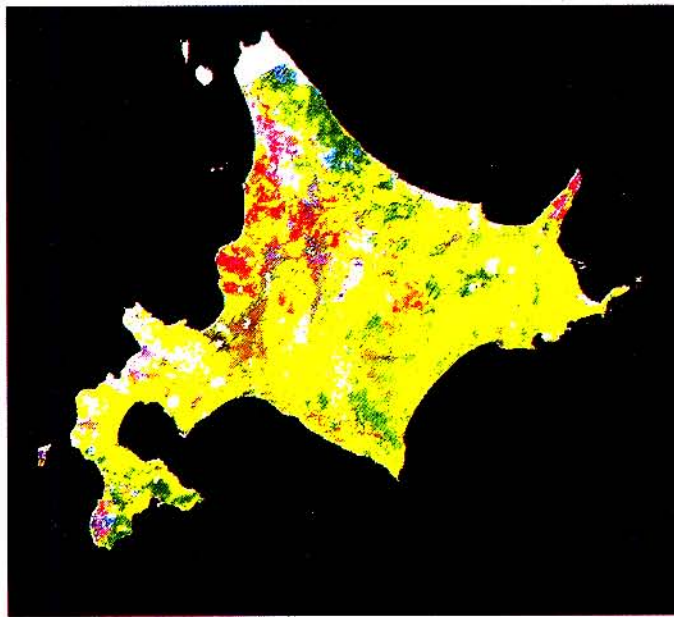


図8 MODIS fPAR (1000×1000m, 8、9月最大値)

$$NPP = \epsilon \cdot \Sigma APAR \quad \text{--- (7)}$$

図10に式 (5) (6) (7) によって計算された北海道自然植生のMODIS_PSNを示している。即ち、図10は11月7日の状態で、農地域、都市域でPSN値は0ということである。

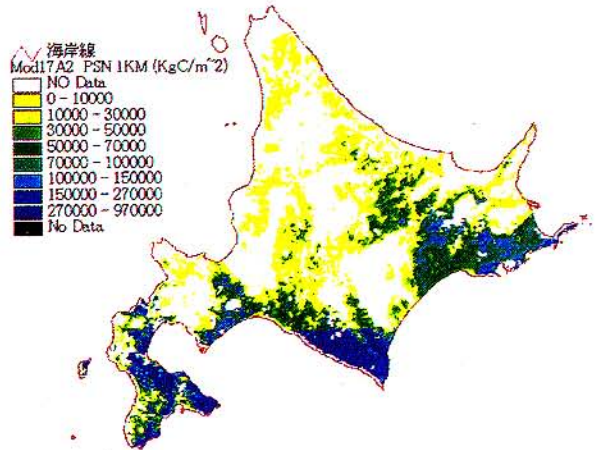
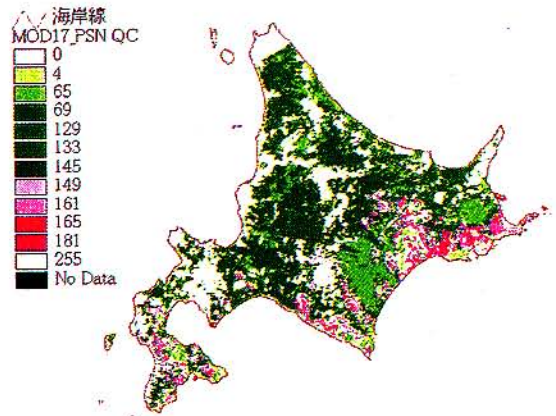


図10 MODIS PSN (2000年11月7日)
上はPSN QC 1KM; 下はMODIS Gridded 1km 8-Day Composite PSN

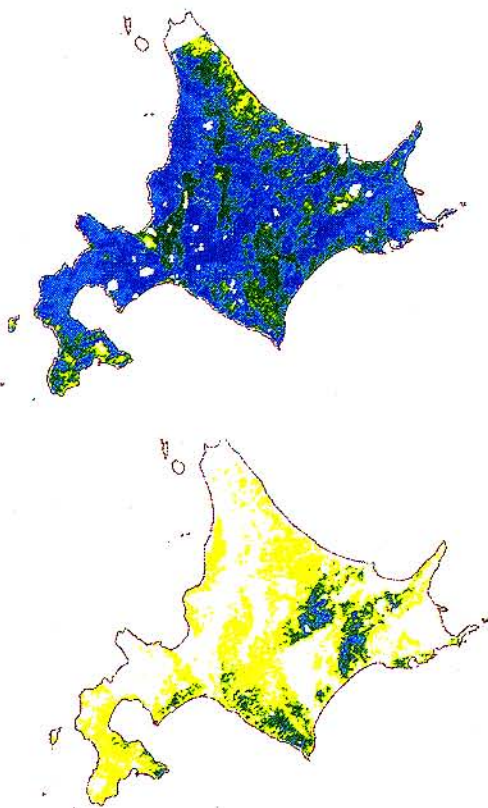


図9 MODIS fPAR (1000×1000m, メッシュ8bit unsigned integer) データ

4.2 海洋一次性生産量 (クロロフィル及びプランクトン)

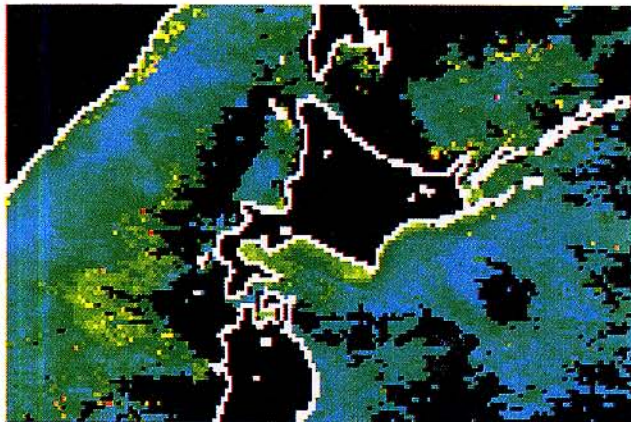
植物プランクトンは太陽光のエネルギーを用いて海中の無機栄養塩類を有機物に合成することができる。クロロフィルが植生のみ含有するので海洋純一次性生産力 (NPP) の指数としてよく用いられる。可視光域の分光反射率値 (例えばTMのバンド1、2およびバンド3; NOAA AVHRRのバンド1、MODISのバンド8、9、3、10、11、12、4、13およびバンド14) で海面近くのクロロフィル濃度を求めることが可能である。

植生プランクトンに含まれるクロロフィルは波長0.45 μm—0.65 μmの太陽光エネルギーを強く吸収する。普通の植物は、可視光域の青色光域と赤色光域エネルギーを強く吸収しながら、緑色光域エネルギー (0.5 μm—0.6 μm) を強く反射するため緑色に見える。プランクトン水分含有量が高いほど反射率が低くてブラックに見える。マルチバンドデータ分光反射率値の比率によって海水クロロフィルの濃度を強調することができる。MODISプロダクトレベル3のMOD_21では8日合成4KMメッシュのクロロフィルデータが計算されている。MOD_21はMODISのクロロフィ

ルの基本的資料で、MODISの年平均クロロフィル生産量データもこの8日平均値より計算されている。8日データを取るために毎日の炭素総量 (CmgC/m².day)

・色素集中などのデータも計算されている。蛍光ライン高さ (Fluorescence Line Height, FLH) は毎日の主要な生産性だけでなく葉緑素蛍光効率 (CFE) の計算にかかわる基礎パラメーターであるし、蛍光がインジケータでもあり、葉緑素の合計および光合成のレートがFLHに基づくことである (Mark R. Abbott, Ricardo M. Letelier, 1999)。FLHの計算はMark R. Abbottらによって式 (8) のように提案された (Mark R. Abbott, Ricardo M. Letelier, 1999)。

$$FLH=L_{14}- (G \cdot (L_{13}-L_{15}) / (\lambda_{13}-\lambda_{15}) \cdot (\lambda_{14}-\lambda_{13} \times g+L_{13}K)) \quad (8)$$



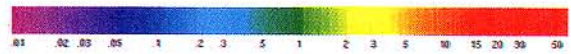
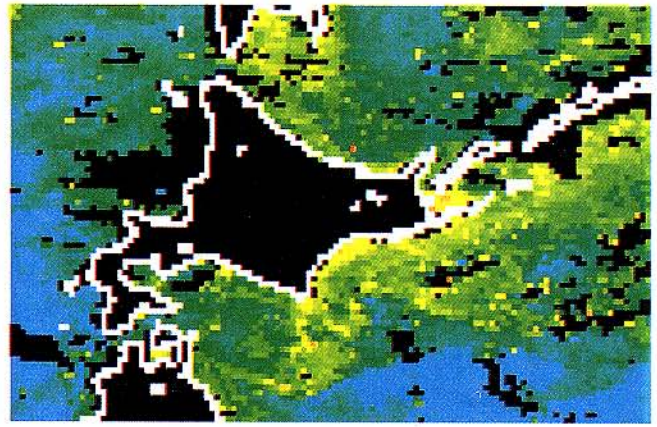
Chlorophyll-a [mg/m3] = 10[^] ((DN*0.015) -2.0)
 図11 MODIS海洋プロダクトデータクロロフィル
 (2000年11月2日・2000年2月1日) 平均値

ここで、L₁₃、L₁₄、L₁₅はそれぞれMODISバンド13、14、15の蛍光ライン高さ (放射) で、λ₁₃、λ₁₅、λ₁₄はそれぞれバンド13、15、14の波長である。それで葉緑素蛍光効率 (Chlorophyll Fluorescence Efficiency, CFE) の計算は式 (9) (Mark R. Abbott, Ricardo M. Letelier, 1999) のようである。

$$CFE= (FLH+FLH_{min}) / APR_{radiance} \quad (9)$$

ここで、APR_{radiance}は植物プランクトンの吸収放射である。海洋環境と生産量の調査によく使っている従来のセンサーにはSeaWiFS、CZCSとNOAAなどがある。ここで従来のセンサーとMODISの海洋プロダクトレベルデータを比較した (表1と表2参照)。

SeaWiFSセンサーで色素濃度指数NDPI (Normalized Difference Pigment Index) の計算式を次に示す。



Chlorophyll-a [mg/m3] = 10[^] ((DN*0.015) -2.0)
 図12 MODIS海洋プロダクトデータクロロフィル
 (2000年9月11日・2000年9月18日) 平均値

$$NDPI= (R_{443}-R_{565}) / R_{490} \quad (10)$$

$$NDPI_{SeaWiFS}= (ch2-ch5) / ch3 \quad (11)$$

ここで、NDPIに使われたSeaWiFSのスペクトルバンドの中にはバンド2、3と5がある。また、植生プランクトンの吸収した放射にかかわっているSeaWiFSのバンド (可視域) とMODISのバンドをそれぞれ表1と表2に示す。SeaWiFSは可視域を五つのスペクトルバンドに分けたが、MODISの場合は11スペクトルバンドに分けた。

表1 The Bandwidth list of SeaWiFS sensor about the computation of the ocean production quantity

Band	Bandwidth	Color	Measurement
2	443nm - 453nm	Blue	Chlorophyll & phytoplankton
3	480nm - 500nm	Blue/ Green	Chlorophyll & phytoplankton
4	500nm - 520nm	Green	Chlorophyll & phytoplankton
5	545nm - 565nm	Green/ Yellow	Chlorophyll & phytoplankton

MODISの色素濃度指数NDPIは式 (12) と (13) で計算可能である。

$$NDPI= (R_{443}-R_{565}) / R_{490} \quad (12)$$

$$NDPI_{MODIS}= (ch9-ch4) / ch10 \quad (13)$$

MODISは波長をより細かく区分されていることからMODIS海洋プロダクトレベルデータにはFLHとCFEがもっとも重要なパラメーターになっている。またFLHとCFEの計算にはMODISのスペクトルバンド13、14と15が

使われている。

表2 The Bandwidths list of MODIS sensor
about the computation of the ocean production quantity

Band	Bandwidth	Color	Measurement
8	405nm - 420nm	Pansy	Chlorophyll & phytoplankton
9	438nm - 448nm	Pansy/Blue	Chlorophyll & phytoplankton
3*	459nm - 479nm	Blue	Chlorophyll & phytoplankton
10	483nm - 493nm	Blue/Green	Chlorophyll & phytoplankton
11	526nm - 536nm	Green	Chlorophyll & phytoplankton
4*	545nm - 565nm	Green/Yellow	Chlorophyll & phytoplankton
12	546nm - 556nm	Yellow	Chlorophyll & phytoplankton
13	662nm - 672nm (665.1)	Yellow/Red	Chlorophyll & phytoplankton
14	673nm - 683nm (676.7)	Red	Chlorophyll & phytoplankton
15	743nm - 753nm (746.3)	Near red	Chlorophyll & phytoplankton
16	862nm - 877nm	Near red	Chlorophyll & phytoplankton

MODISプロダクトレベルデータから計算された北海道沿岸海域クロロフィル-aは図11（冬）と図12（秋）で示している。冬（11月2日から2月1日間）、北海道の沿岸海域クロロフィル-aの分布は2-3mg/m³で、秋（9月11日から9月18日間）、北海道の沿岸海域クロロフィル-aの分布は3-5mg/m³であることが判明した。また図13は2001年7月の北海道沿岸海域MODIS海洋一次生産力の分布である。図13で示したように、海洋一次生産力は北海道の釧路、十勝及び日高沿岸海域でより高い値を示している。

5 おわりに

EOS Terra/MODISはNASA EOS AM-1衛星に搭載する重要な器具であり、36スペクトルバンドまたはグループの波長（波長帯域は0.4-14μm）のデータを取得して、スキャン幅は2,330kmであるが、毎日あるいは二日間に一回地球全体の大気、陸域、海洋及び氷雪カバーまでの各レベル別に観測をしているもっとも重要役割を担っている。従来のセンサーと比べ、MODISの観測が地球全体をシステム的に観測し、ほぼリアルタイムで地球上の自然災害、生態環境及び地球気候変化の情報を提供している。グローバ

ルな変化、例えば、地球温暖化、火災や黄砂などの研究の重要なデータソースにもなっている。本研究ではMODISデータのHDFフォーマットの解凍、ISIN空間プロジェクションの幾何補正手法を紹介し、北海道を例としてMODISプロダクトレベルデータを陸域植生調査、植生分類、純一次生産量の計算及び沿岸域クロロフィル、プランクトンの調査をした。今後の課題は、MODISスペクトルバンドの比較と比率計算によって、北海道の植生の空間的分布・時間的分布特徴をあらわす新しい植生指数の構築や北海道の沿岸海域クロロフィルや植生プランクトンの分布をあらわす海洋プロダクト指数の開発などである。

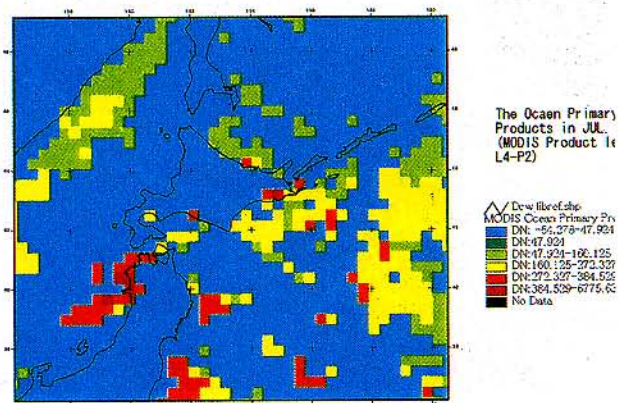


図13 北海道沿岸海域一次生産力
(Ocean primary product, 炭素量) 分布 (2001年7月)

参考文献

- 1) EROS Data Center: MODIS Reprojection Tool Use's Manual, Release 2.0, Department of Mathematics and Computer Science, South Dakota School of Mines and Technology (June 15, 2001) .
- 2) U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey: MODIS Reprojection Tool Distribution Page, <http://edcwww.cr.usgs.gov/programs/sddm/modisdist/index.shtml>. (Aug. 21, 2000) .
- 3) Alfredo Huete1, Chris Justice, Wim van Leeuwen1: MODIS VEGETATION INDEX (MOD 13) . ALGORITHM THEORETICAL BASIS DOCUMENT (Version3.0) (April 30, 1999) .
- 4) R. B. Myneni, Y. Knyazikhin, J. L. Privette, S. W. Running, R. Nemani, Y. Zhang, Y. Tian, Y. Wang, A. Lotsch, J. T. Morisette, J. Glassy, P. Votava: MODIS Leaf Area Index (LAI) And Fraction Of Photosynthetically Active Radiation Absorbed By Vegetation (FPAR) Product (MOD15) Algorithm Theoretical Basis Document (Version 4.0) (April 30, 1999) .
- 5) Steven W. Running Ramakrishna, Nemani Joseph M. Glassy, Peter E. Thornton: MODIS DAILY PHOTOSYNTHESIS (PSN) AND ANNUAL, NET PRIMARY PRODUCTION (NPP) PRODUCT (MOD17) . Algorithm Theoretical Basis Document (Version 3.0) (29 April 1999) .
- 6) Kendall L. Carder, F. Robert Chen, Zhongping Lee , and Steve K. Hawes: MODIS Ocean Science Team Algorithm Theoretical Basis Document, ATBD 19, Case 2 Chlorophyll a (Version 5) (26 April 1999) .
- 7) Mark R. Abbott, Ricardo M. Letelier: Algorithm Theoretical Basis Document, Chlorophyll Fluorescence (MODIS Product Number 20) (April 30, 1999) .
- 8) Knyazikhin et al.: Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data. *J. Geophys. Res.*, 103:32,257 – 32,276 (1998) .
- 9) Knyazikhin et al.: Estimation of vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MISR data. *J. Geophys. Res.*, 103:32,239 – 32,256 (1998) .
- 10) Wang et al.: Investigation of product accuracy as a function of input and model uncertainties: Case study with SeaWiFS and MODIS LAI/FPAR Algorithm.

Remote Sens. Environ (accepted Jan 2001) .
 Research on MODIS level data geographic correction method and its application in Hokkaido nature resources and environmental evaluation

Buheasier, Masami Kaneko,
 Hideharu Ishizaki, Satoru Kameyama,
 Wang Qinxue

Abstract

The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) is the key instrument aboard the Terra (EOS AM-1) satellite. EOS Terra/MODIS is viewing the entire Earth's surface every 1 to 2 days, acquiring data in 36 spectral bands, or groups of wavelengths. The MODIS VIs are envisioned as improvements over the current NOAA – AVHRR NDVI as a result of both improved instrument design and characterization and the significant amount of VI research conducted over the last decade (Alfredo Huete and Chris Justice, April, 1999) . Vegetation indices are empirical measures of vegetation activity. The primary goal is to formulate a precise measure of spatial/ temporal variations in vegetation while maintaining an equation that is robust and sensitive over a global range of vegetation conditions. The conditions of robustness and sensitivity are essential in order for VIs to be effective in comparisons of vegetation and extraction of biophysical parameters from arid regions to rainforest areas. The vegetation index equations presented here utilize the red and NIR reflected signals to isolate and enhance the 'green', photosynthetically active vegetation component of a given pixel. The red and NIR responses are radiometrically calibrated, cloud-filtered, atmospherically corrected, spatially and temporally gridded, and adjusted for view angle influences to produce the level 3 vegetation index maps. The level 3 products are 16- and 30-day, cloud-free vegetation maps at 250 m, 1 km, and 0.25o spatial resolutions. In this study we using the MODIS product level data we evaluate the Hokkaido vegetation seasonal change characteristics.

Key words: MODIS higher level product data, Hokkaido nature resources and environmental evaluation.

AVHRR植生指数とTerra/MODIS植生指数の比較

北海道自然植生季節変動の抽出の場合

布和敖斯尔 金子 正美 土屋 清*

要 約

本研究では衛星センサーの特徴、計算モデル及びアルゴリズムの違いから従来の植生指数とEOS-Terra/MODISの植生指数を比較した。本研究を通して、MODISの特有な植生指数EVI (Enhanced Vegetation Index) はAVHRR/NDVIとMODIS/NDVIより地表面植生空間分布や植生季節変動などをもっとも正確に示していることが分かった。また、MODISの植生指数を用いて、北海道釧路湿原及び周辺植生の季節変動特徴を明らかにした。

Key words: AVHRR/NDVIとMODIS/NDVIの比較、北海道自然植生季節変動、釧路湿原

1 まえがき

健康な植生に降り注ぐ太陽光は植生のクロロフィルにより0.63~0.68 μm (赤色光) では吸収され、近赤外光域 (特に0.74~1.16 μm) では強く反射される。この性質を利用するとマルチスペクトルセンサによる観測データから植生に関する様々な情報の効果的な抽出が可能である。Landsat に搭載された4バンドのマルチスペクトルセンサMSSによる取得画像データの利用が可能になった時に、Rouse (1973)、Rouse et al (1974) はMSSのデータから植生の情報を抽出するのに便利な植生指数NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)(式1)を導いた。

$$NDVI = (\rho_{nir} - \rho_{red}) / (\rho_{nir} + \rho_{red}) \quad - (1)$$

実際の計算に当たっては、赤色光域としてバンド5 (0.6~0.7 μm)、近赤外光域としてはバンド6 (0.7~0.8 μm)、またはバンド7 (0.8~1.1 μm) が使われた。その後多くの研究者がいろいろな植生指数を導いた。それらについてはBannari et al (1995) による詳細なReviewがある。土屋 (2000) はBannari et alの報告の後に示された若干の指数を含めて特に乾燥地の詳細な植生情報抽出に適する植生指数の検討を行っている。

Landsat 4号以後に搭載されているTM (Thematic Mapper) では植生情報抽出のために0.63~0.69 μm (バンド3) が設けられている。TMデータは高い空間分解能とスペクトル分解能で植生域抽出には非常に効果的ではある

が、観測範囲、同一地域の観測可能頻度に著しい制限があるためグローバルな問題には利用出来ない。この問題に対応するため、毎日の観測が可能な気象衛星NOAA AVHRRの可視域0.58~0.68 μmと近赤外域0.725~1.10 μmのデータから計算されたNDVIが広く利用されている。

一方、NASAの打ち上げた衛星EOS-Terra (1999.12.18) に搭載されている新センサーMODISは空間分解能、スペクトル分解能がNOAA AVHRRに比較して格段に優れており、植生抽出に適した波長での観測も行われている (表1参照)。表1に示したように、MODIS250m及び500mメッシュNDVIの生産にバンド1-7が利用されている。

また、これまでの植生指数に関する研究結果をとりいれ、式(2)で定義されるMODIS独特の植生指数EVI (Enhanced Vegetation Index) (Huete and Liu, 1994) が提示されている。

$$EVI = \frac{\rho_N^* - \rho_K^*}{\rho_N^* + C_1 \rho_R^* - C_2 \rho_B^* + L} (1+L) \quad - (2)$$

ρ^* は方向性反射率 (大気分子散乱とオゾン訂正した反射率); Lはキャノピバックグラウンド調整係数; C1とC2は、青色光域 (459-479nm) バンドを使って、赤色光域に大気エアロゾル訂正をする時の定数である (Huete and Liu, 1994; Liu, H. Q., and Huete, A. R., 1995)。通常、大気エアロゾル効果を極小化すると土壌の影響が大きくなり、逆に土壌の反射率の影響を小さくすると大気の影響が大きくなるため、EVIでは土壌と大気の植生指数への影響を同時に訂正している。MODISのNDVIもNDVI計算に大気エアロゾルの訂正、太陽天頂角度及びBRDF訂正、キャノピバックグラウンド影響の訂正、NDVI飽和及びキャノピー構造

*土屋 清 (財) 広島地球環境情報センター
(Kiyoshi Tsuchiya, Hiroshima Earth Environmental Information Center)

効果影響 (LAI) 訂正などを行い NDVIのアルゴリズムを改善した。

本研究では、北海道の自然植生の季節変動に関して AVHRR及び MODISによる観測データから得られた植生

指数の比較を行い、併せてMODISデータから求めされる他の植生に関する指数 LAI (Leaf Area Index, 葉面積指数) に関する検討、北海道自然植生季節変動等の解析結果についても報告する。

表 1 Comparative the AVHRR and MODIS sensor spectral range on vegetation indices monitoring

Sensor	Launch data	Vegetation index	Spectral range (μm)	Spectral resolution	Scan size (km)
(NOAA-6,7,8,9,10,11,12,14) AVHRR	Jun 27, 1979	NDVI	#1: 0.58-0.68 #2: 0.725-1.10	1000m	2400
MODIS	AM-1 Dec. 18, 1999	NDVI _{250m}	#1: 0.62-0.67 #2: 0.841-0.876	250m	2330
		NDVI _{500m}	#1: 0.62-0.67 #2: 0.841-0.876 #3: 0.459-0.479 #4: 0.545-0.565 #5: 1.230-1.250 #6: 1.628-1.652 #7: 2.105-2.135	500m	
		EVI _{500m}	#1: 0.62-0.67 #2: 0.841-0.876, #3: 0.459-0.479	500m	

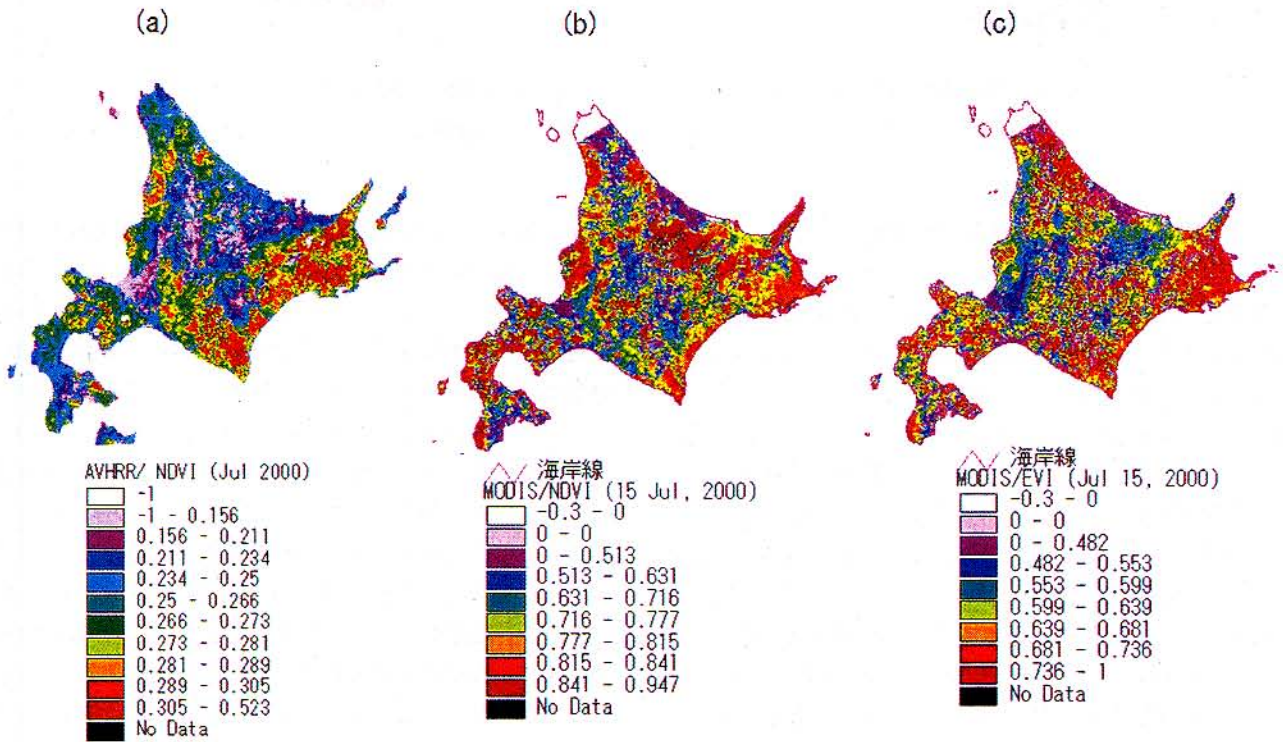


図 1 AVHRR NDVIとMVIの比較

(a) 2000年7月平均NOAA/AVHRRのNDVI (1000×1000m) ; (b) 2000年7月15HMODIS/NDVI (500×500m) ; (c) 2000年7月15HNODIS/EVI (500×500m)

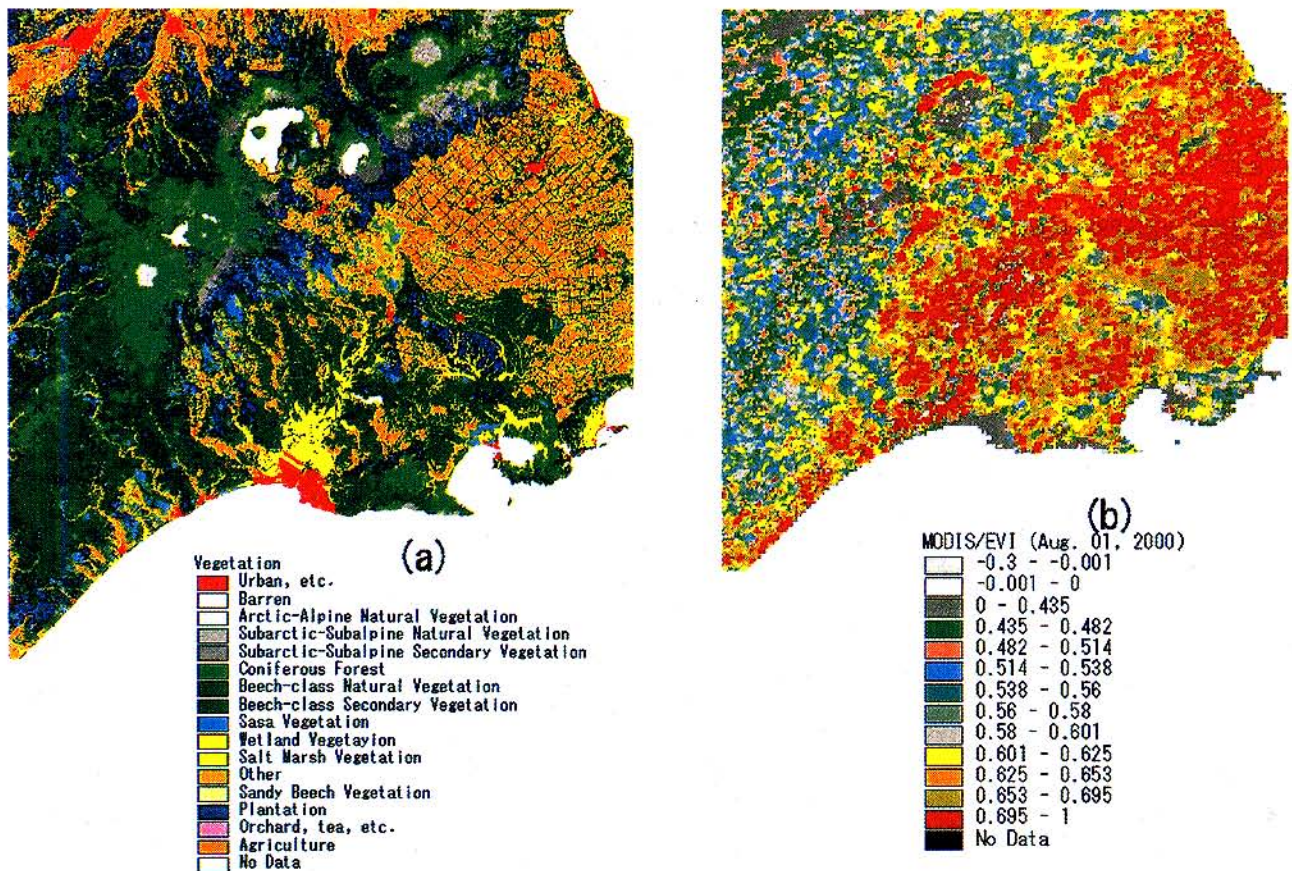


図2 北海道釧路湿原及び周辺地区調査データにより作成した植生分類図とMODIS/EVI分布図の比較
 ((a)は植生調査図で、(b)はMODIS/EVI分布図)

2 研究対象域の植生分布の特徴

釧路湿原は総面積18290haで、日本全体の湿地面積の60%を占める国内最大の湿原であり、1980年水鳥をはじめとする野生生物が生息する湿地としてラムサール条約の国内第1号登録地となった。湿原全体に生育するヨシと散在するハンノキ林、蛇行する河川等から構成される壮大な水平的景観の特異性はばかりでなく、高・中・低層湿原の特徴的な植生が見られる。湿原周辺は丘陵、低い山地が繋がっている。湿原植物はヨシースゲ群落を中心の草本植物で、丘陵と山地は針葉樹林、広葉樹林や針広混交林である。近年、流域の経済活動の拡大に伴い湿原面積が著しく減少し、湿原植生もヨシースゲ群落からハンノキ林に急激に変化してきている。そのため、湿原再生のプロジェクトも検討中である。本研究では北海道植生分布域AVHRR植生指数とMODIS植生指数の違いを比較すると共にMODIS植生指数と葉面積指数を用いて、釧路湿原及び周辺域自然植生及び土地被覆の季節変動を調べた。

図1は2000年7月平均AVHRR/NDVI (1000m メッシュ unsigned-8bit) と2000年7月15日MODIS植生指数NDVI及びEVI (500mメッシュ・16bit integer) の比較

結果である。AVHRR/NDVIと比べるとMODIS植生指数は大気の影響を訂正したわけで、NDVIの絶対値は大きい。図1で示しているように、7月になると北海道の道東域は比較的植生指数分布が高い値を示している。また、針葉樹林地などの森林分布地域だけでなく、農地でも高い値を示している。MODIS/NDVIとAVHRR/NDVIの違いはNDVI絶対値で(センサーの違い)、EVIとの違いは植生指数値の空間分布と絶対値(センサーとアルゴリズムの違い)である。このことがEVIは訂正した指数であることを証明している。EVIは可視光域の青色光域反射率を使って、NDVIに大気補正とバックグラウンド土壌影響の補正をした指数で、植生の空間分布の差及び生物物理的特徴を強調したと言われている(Huete and Liu, 1994)。デジタル化した植生分布調査図とEVI分布図を比較すると、図2で示しているように夏の間、EVIは湿原植生域や農作物分布域で森林分布域よりも高い値を示している。

また図3(a,b,c)の植生指数季節変動曲線からAVHRR/NDVIとMODIS/NDVI及びMODIS/EVIの違いが分かる。7月、9月及び12月自然植生分布域AVHRR/NDVIとMODIS/NDVI、MODIS/EVI絶対値の差をセンサーの違いとアルゴリズムの違いから説明できる。図3(a)と

(b) は同じセンサーで、ここで主にアルゴリズムによる植生指数計算の違いを示している。即ち、EVIは土壤調整係数及びL、C1とC2パラメーターを用いてNDVIに大気の影響とキャノピバックグラウンドの影響を共に訂正したことで、EVIはNDVIより、植生季節的変動、いわゆる“緑色の動き” (Green moving) を著しく表現している (布和ら, 2001)。また図3 (a) と (c) はほぼおなじ考え方、即ち植生の太陽光に対して、赤色光域での吸収と近赤外光域での散乱する特徴を利用して比率によって計算されたNDVIで、ここでの違いは主にセンサーによるものと思っている。図3 (a) と (c) の曲線からNDVIのX軸に沿っての変動 (植生タイプに対応する変動) はおなじルールだが、Y軸に沿っての変動 (絶対値) は大きい違いがあることが分かる。表1からも分かるように、EVIの不足点は、EVI計算式に青色光域 (459-479nm) 反射率を使うと共に、MODISの青バンド (バンド3) 解像度は500mため、MODIS/EVIの解像度を250m (赤色光域 (バンド1) と近赤外光域 (バンド2) は250m) から500mに落としてしまうことである。

またBaret と Guyot (1991) ; Huete (1988) ; Major et al. (1990) ; Qi et al., (1994) らの研究ではNDVIとLAIの相関関係から、葉面積指数 (LAI) が変わらない時 (即ち同じ群落でLAI定数を取る時) NDVIの変化は太陽エネルギーを吸収する赤色光域反射率の値に強く依存して、LAIとNDVIの相関関係は対数曲線であると見ている。図4は北海道釧路湿原とその周辺地区MODISの植生指数NDVIとEVIの季節変動の比較である。図4からNDVIよりEVIのほうが植生の季節的変動に反応していることが分かる。

夏の間 (8月~9月)、湿原草本植生分布地域及び農地のNDVIとEVI値の差が大きい。NDVIは針葉樹林、広葉樹林地でより高い値を示しているが、EVIは草本植生分布地域と農地で森林より高い値を示している。冬、EVIのほうが針葉樹林地でより高い値を示しているが、NDVIでこの変化はあまり見えない。

Y. Knyazikhin (1998) ら年植物キャノピーの幾何特徴及び散乱放射を考えながら、式 (3) のようにLAI計算モデルを提案した。

$$LAI = \frac{1}{X_S \cdot Y_S} \int_V u_L(r) dr \quad (3)$$

ここで、Vが植物キャノピーのある場所の範囲で、X_s、Y_sは、水平次元のVである。もし植物キャノピーがN_c個木から成っているならば、LAI (R. B. Myneni, Y. Knyazikhin, J. L. Privette, S. W. Running, R. Nemani, Y. Zhang, Y. Tian, Y. Wang, A. Lotsch, J. T. Morisette, J. Glassy, P. Votava, 1999) の計算は式 (4) に変わる。

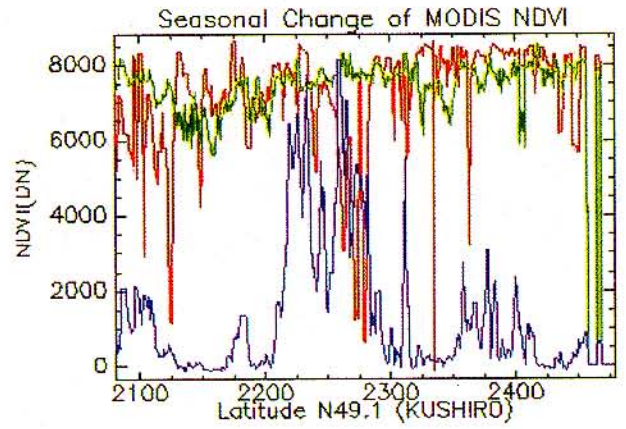


図3 (a) 北海道陸域北43.1緯度沿線MODIS/NDVIの季節変動
(R : 15,Jul2000 ; G : 19,Sep2000 ; B : 23,Dec2000)

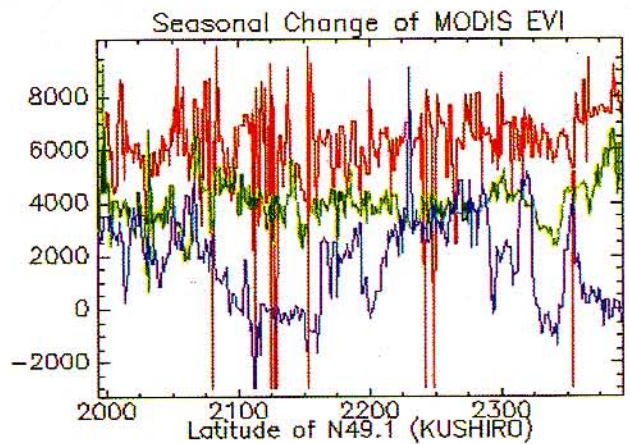


図3 (b) 北海道陸域北43.1緯度沿線MODIS/EVIの季節変動
(R : 15,Jul2000 ; G : 19,Sep2000 ; B : 23,Dec2000)

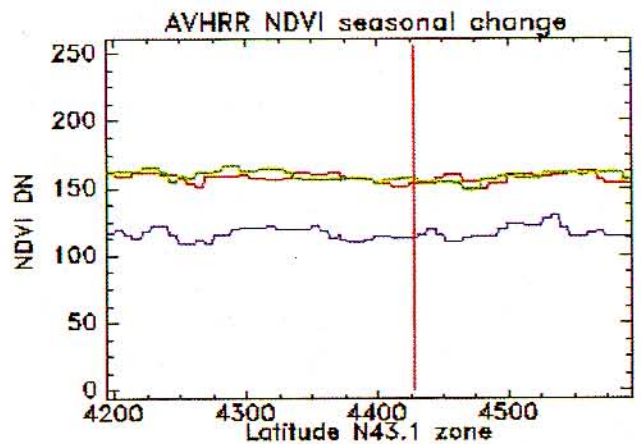


図3 (c) 北海道陸域北43.1緯度沿線AVHRR/NDVIの季節変動
(R : Jul2000 ; G : Sep2000 ; B : Dec2000)

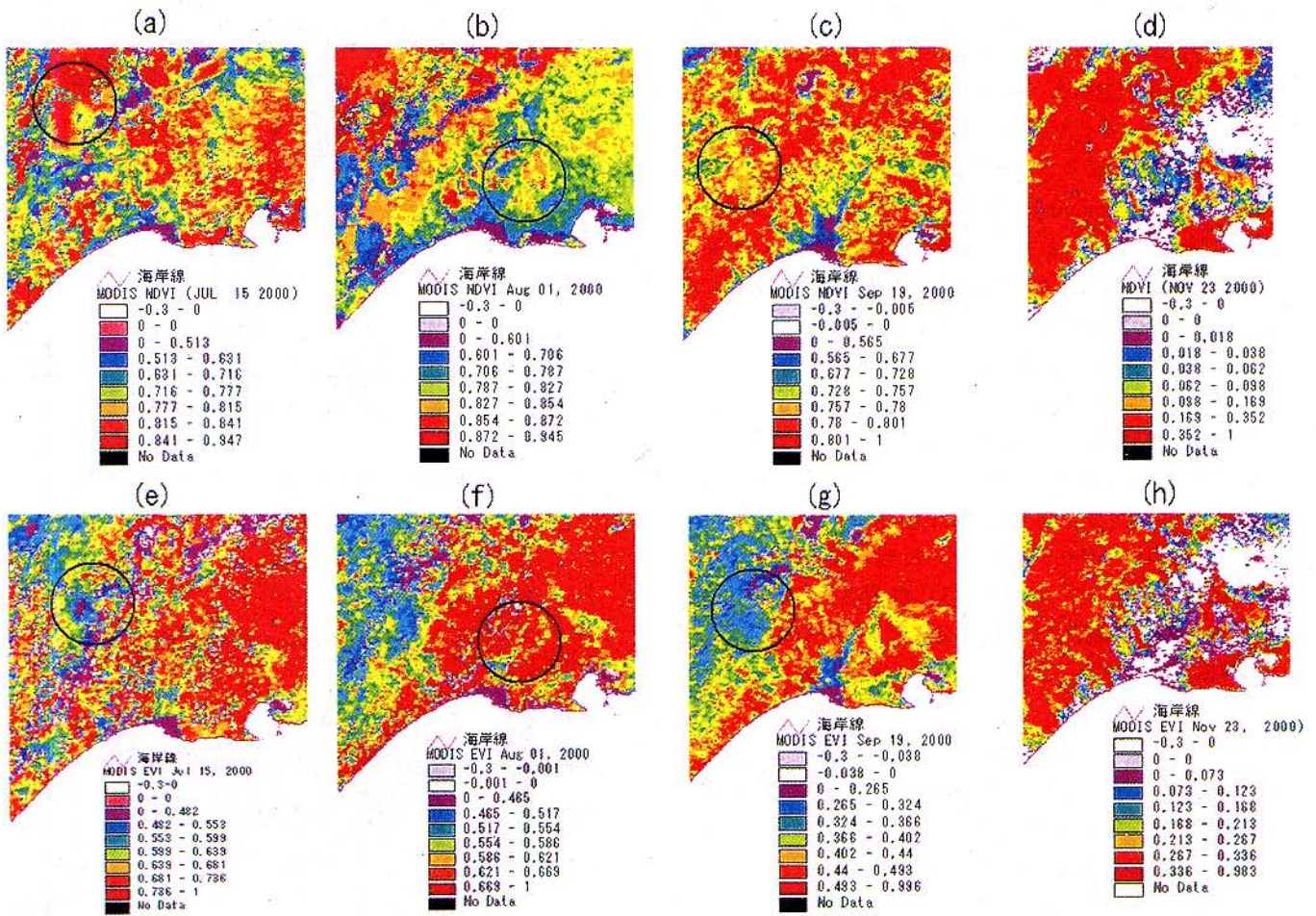


図4 北海道釧路湿原とその周辺植生地区MOD13A1レベルデータのNDVI

(a) - (b) と EVI ((e) - (h)) の季節変動の比較 (○内は主に変動の違いを示している)

$$LAI = \sum_{k=1}^{N_c} P_k \frac{1}{S_k} \int_{V_k} u_L(r) dr = \sum_{k=1}^{N_c} P_k \cdot LAI_k \quad (4)$$

ここで、 S_k がグラウンドの上に第K個木または植物ある場所k個植物の樹冠投射； $P_k = S_k / (X_s \times Y_s)$ と LAI_k は個々の植物または木の葉面積指数である (Y. Knyazikhin, J.V. Martonchik, R.B. Myneni, D.J. Diner, and S. W. Running, JANUARY 27, 1998)。

図5で式(4)によって計算したMODIS葉面積指数の分布を示した。夏(図5(a))、釧路湿原草本植生分布域でLAIはより高い値を示している。秋(図5(c))、逆に針葉樹林地でより高い値を示している。冬になると(図5(d))湿原と農地は既に雪にカバーされたため、LAI値はほぼ0に近いが、針葉樹林地でまた一定の値を示している。図5のように、葉面積指数空間分布の季節変動から釧路湿原及び周辺域植物の生物物理的アクティビティとバイオマスの違いを区分できる。

3. おわりに

MODISの植生指数はこれまでの植生指数の問題点を克服しながら、NDVI植生指数の精度に影響を及ぼす要因：大気エアロゾル、太陽天頂角度及びBRDF、キャノピバックグラウンド汚染、NDVI飽和及びキャノピー構造効果などの影響を最小化した。MODIS植生指数はNDVIのバイオマス植物パラメーターを評価する能力を改善している。また、MODISのバンド1とバンド2の250m解像度の反射率データから250m解像度のNDVIが生産され、MODISバンド3～7の500m解像度のデータから解像度500mのNDVIとEVIがそれぞれ生産されている。北海道釧路湿原MODIS植生指数の季節変動の比較によって、MODIS植生指数は自然植生の季節変動の差、植生タイプ、地域分布などを明らかに表現し得た。また、MODIS植生指数はAVHRR植生指数より絶対値が高いことが分かった。

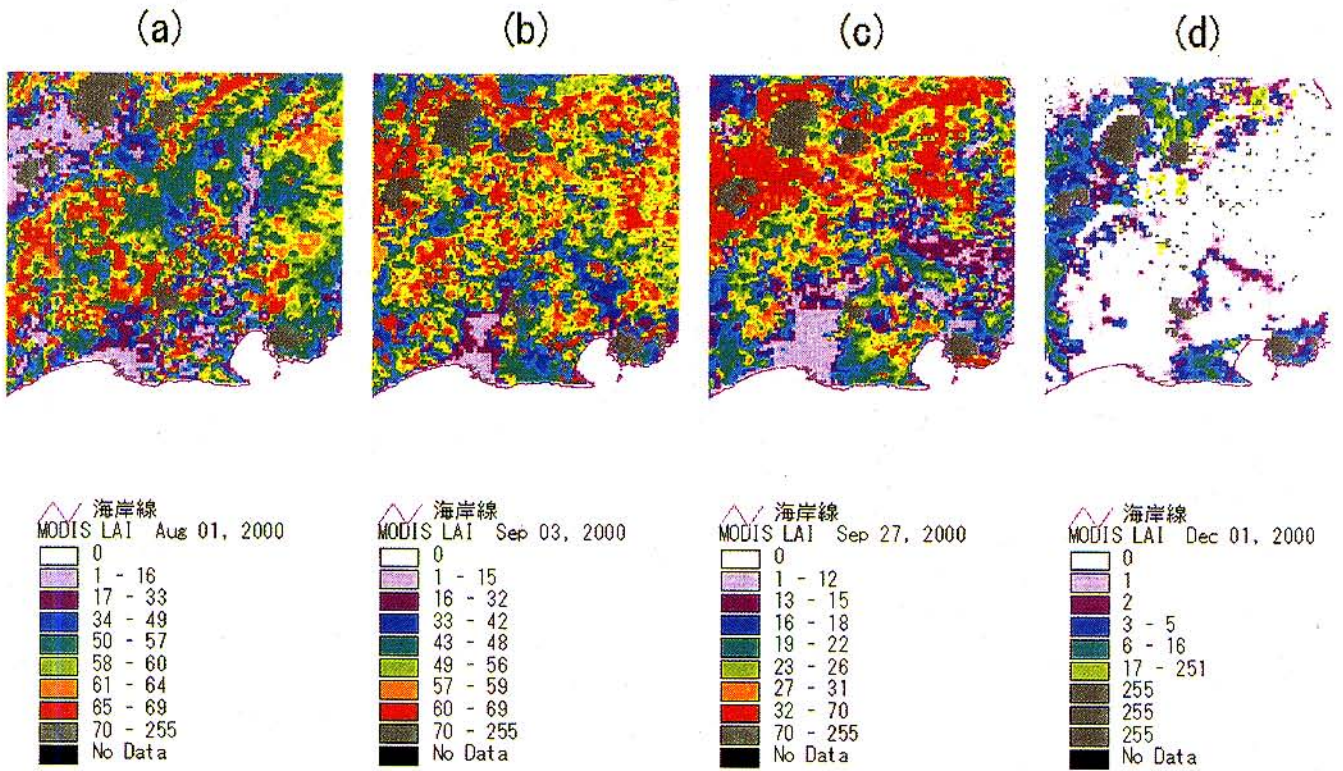


図5 MODIS/LAIの季節変動 ((a) は8月1日で、(b) は9月3日で、(c) は9月27日で、(d) は12月1日である)

参考文献

- 1) Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A. & Deering: Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol. 1, pp. 309-317 (1973) .
- 2) Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., and J. C. Harlan: Monitoring the Vernal Advancements and Retroradation (Greenwave Effect) of Nature Vegetation. NASA/GSFC Final Report, NASA, Greenbelt, MD, 371 pp. (1974) .
- 3) Bannari, A., D. Morin, F. Bonn, and A.R. Huete: A Review of Vegetation Indices. Remote Sensing Reviews, 13, 95-120 (1995) .
- 4) 土屋 清: 衛星から観測されるデータから求められる植生指数. 沙漠研究, 10 (2)、 pp.1 3 7 - 1 4 5 (2000) .
- 5) Alfredo Huete1, Chris Justice, Wim van Leeuwen1: MODIS VEGETATION INDEX (MOD13) , ALGORITHM THEORETICAL BASIS DOCUMENT, (April 30, 1999) .
- 6) Huete, A. R. and Liu, H. Q.: An error and sensitivity analysis of the atmospheric and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS, IEEE Tans. Geosci. Remote Sensing, 32 (4) :897-905 (1994) .
- 7) Liu, H. Q., and Huete, A. R. : A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 33:457-465 (1995) .
- 8) Baret, F. and Guyot, G.: Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, Remote Sens. Environ., 35:161-173 (1991) .
- 9) Huete, A. R.: A soil adjusted vegetation index (SAVI) , Remote Sens. Environ., 25:295-309 (1988) .
- 10) Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A. R., Kerr, Y. H., and Sorooshian, S.: A modified soil adjusted vegetation index, Remote Sens. Environ, 48:119-126 (1994) .
- 11) 布和敷スル* 金子正美* ほか: Terra/MODISレベルデータの幾何補正手法および北海道環境評価への応用, RESTECリモートセンシング実利用フォーラム 2001 in北海道, October, 29, 2001, P.65-74.

- 12) Y. Knyazikhin J.V. Martonchik, R.B. Myneni, D.J. Diner, and S. W. Running: Synergistic algorithm for estimating vegetation canopy leaf area index and fraction of absorbed photosynthetically active radiation from MODIS and MISR data. *Journal of Geophysical Research*, 103:32,257 – 32, 276 (1998) .
- 13) R. B. Myneni, Y. Knyazikhin, J. L. Privette, S. W. Running, R. Nemani, Y. Zhang, Y. Tian, Y. Wang, A. Lotsch, J. T. Morisette, J.Glassy, P.Votava: MODIS Leaf Area Index (LAI) And Fraction Of Photosynthetically Active Radiation Absorbed By Vegetation (FPAR) Product (MOD15) Algorithm Theoretical Basis Document (April 30, 1999) .

Comparative of AVHRR and MODIS Vegetation Indices—Case of Extraction of Seasonal Change of Natural Vegetation in Hokkaido

Abstract In this study we compared MODIS/NDVI and AVHRR/NDVI by using different sensor characteristics and algorithm. MODIS 36 spectral bands use 7 bands to compute NDVI comparing to AVHRR sensor which use 2 bands only. The MODIS VI is widely recognized as an improvement over the current NOAA – AVHRR NDVI due to its improved instrument design and specification, and the significant amount of VI research conducted over the last decade. MODIS VI optimized NDVI algorithm by using the atmospheric aerosol resistance correction, BRDF correction and LAI correction. Applying the result of MODIS VI to Kushiro Marshin Hokkaido as a case study, it was found out that EVI is able to express the spatial distribution of the natural vegetation types, and expressed the seasonal change of natural vegetation cover more clearly than MODIS and AVHRR NDVI. Hokkaido EVI and NDVI show a high value in the natural forest area during winter. However the distribution of EVI and NDVI is the opposite in the summer. The natural vegetation and agricultural area show a high EVI value.

北海道の水環境における内分泌かく乱化学物質 (環境ホルモン)の包括的研究

永洞 真一郎 阿賀 裕英 芥川 智子 沼辺 明博 村田 清康 坂田 康一

要 約

内分泌かく乱化学物質(いわゆる環境ホルモン)は、生体内の内分泌系、特に性ホルモンの作用をかく乱するとされている。今回我々は、女性ホルモン様作用を検出するために開発された酵母Two-Hybrid法と、誘導体化GC/MS法によって水環境中の女性ホルモン様作用を持つとされる化学物質の高感度検出システムの構築を試みた。その結果、石狩川流域においてはビスフェノールAがわずかに検出されたが、酵母Two-Hybrid法に応答は見られなかった。一方、茨戸湖表層水では今回対象とした女性ホルモン様化学物質は検出されなかったが、酵母Two-Hybrid法にわずかな応答が見られた。

Key words: 内分泌かく乱化学物質、固相抽出法、誘導体化GC/MS法、酵母Two-Hybrid法

1 はじめに

近年、生物の内分泌系の働きをかく乱する内分泌かく乱化学物質(Endocrine Disrupting Chemicals: EDCs)、いわゆる環境ホルモン物質が問題となっている。環境ホルモン物質の多くは環境水中に存在しており、水棲生物やその生物を捕食する生物に大きな影響を及ぼしていると考えられる。内分泌かく乱化学物質として特に注目されているのが女性ホルモン様物質である。これらの化学物質は、生体内の女性ホルモンレセプターに作用することによって性成熟がかく乱されたり、オスがメス化するとされている。しかし、どのような化学物質が女性ホルモン様作用を持つのか、またどの程度の強度で女性ホルモン様の作用を引き起こすのかは断定できないため、女性ホルモン様作用を評価するバイオアッセイ法がいくつか開発されている。今回、その中で操作法が簡便でかつ比較的高感度な手法である大阪大学の西川らによって開発された酵母Two-Hybrid法¹⁾を採用し、本道の水環境中に存在する化学物質総体の女性ホルモン様作用の評価を試みた。また、これまでの研究などによって女性ホルモン様作用が比較的強いとされる化学物質について誘導体化GC/MS法による高感度定量法に関する検討も行った。

2 方法

2.1 試料水の採取、前処理

試験的に分析を実施した環境試料は、2001年6月12日、7月10日、7月18日、8月13日に石狩川下流にかかる石狩河

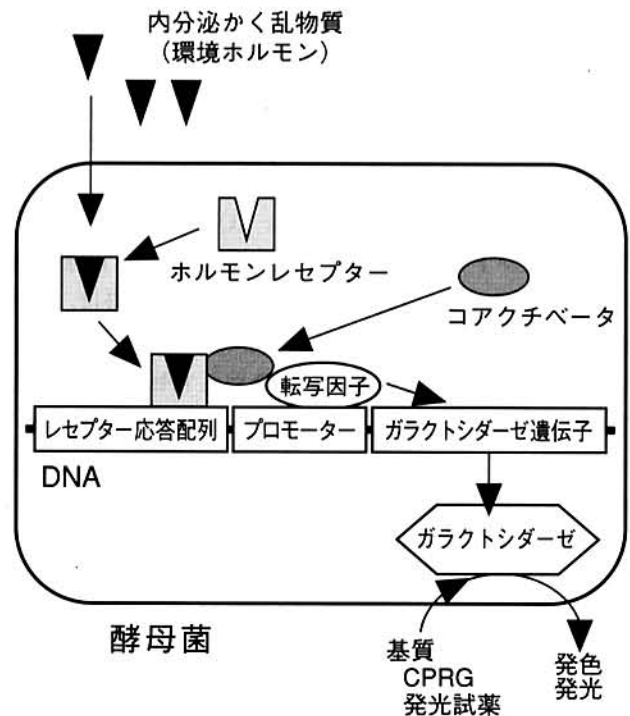
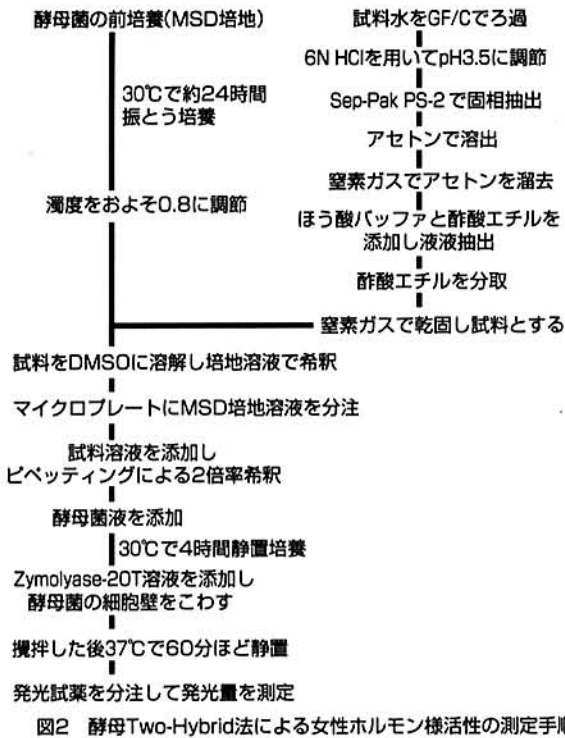


図1 酵母Two-Hybrid法による内分泌かく乱化学物質の検出メカニズム

口橋において採水したものを、2001年6月20日に茨戸湖表層にて採水したものを、2001年7月18日に石狩川上流にかかる永山橋と中流にかかる伊納大橋において採水したものをWhatman社製GF/Cガラスフィルター(保持粒径1.2μm)にてろ過し、6N HClにてpHをおよそ3.5としてからSep-Pak plus PS-2に11通水して固相抽出したものをアセトン3mlで2回溶出した。



2.2 酵母Two-Hybrid法の検討

酵母Two-Hybrid法の女性ホルモン様化学物質の検出メカニズムを図1、操作手順を図2に示す。操作手順は既報²⁾を参考にして96ウェルの黒色マイクロプレートを使用して行った。菌株はhER- α を導入した酵母菌を使用した。 β ガラクトシダーゼ活性の検出は、ICN社製AURORATMGAL-XEキットを使用して発光量に変換し、ATTO社製ルミネッセンサーAB-2100にて測定した。環境試料は、表層水中に存在するフミン物質の影響を取り除くため、既報³⁾にしたがって前処理を行った。すなわちアセトンで溶出したものをN₂ガスでアセトンを溜去し、pH=9.05のほう酸バッファで3mlにメスアップした後、酢酸エチル2mlで2回液液抽出した後、N₂ガスパージにて乾固し、ただちにジメチルスルホキシド(DMSO)溶液として試験に供した。

2.3 誘導体化GC/MS法の検討

女性ホルモン様化学物質として、その活性が強いとされている化学物質の高感度定量法に関してはいくつかの分析法が報告されている⁴⁾。女性ホルモン様活性が比較的に強いとされる化学物質は構造中に水酸基を有するため、

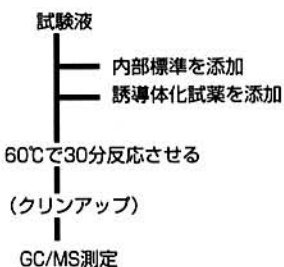


図3 誘導体化の手順

GC/MSによる高感度分析のためには複雑な誘導体化を必要とする⁵⁾。しかし今回、出来るだけ簡便な手法による一斉分析法についての検討を試みた。すなわち誘導体化はトリメチルシリル化(以下TMS化)とアシル化、そしてトリフルオロアセチル化(以下TFA化)について検討した。その手順を図3に示す。対象とした化学物質はTMS化法が17 β エストラジオール(以下E2)、エストロン(以下E1)、エストリオール(以下E3)、ジエチルスチルベストロール(以下DES)、エチニルエストラジオール(以下EE2)、ビスフェノールA(以下BPA)、の6種類、アシル化およびTFA化法がE2、E1、E3の3種類である。使用した反応試薬はTMS化がトリメチルシリルイミダゾール(以下TMSI)、アシル化が無水酢酸、TFA化が無水トリフルオロ酢酸を使用した。検出下限値の目標は、今回は実試料濃度で1ng/lとした。使用した機器はTMS化法がHewlett-Packard社製GC-6890にキャピラリカラムとしてHewlett-Packard社製HP-5(内径0.25mm、膜厚0.25 μ m、長さ30m)を使用し、日本電子製Automass-2によって検出した。アシル化法およびTFA化法はThermoquest社製Polaris-QにキャピラリカラムとしてHewlett-Packard社製HP-5(内径0.25mm、膜厚0.25 μ m、長さ30m)を用いた。なお、内部標準試薬には、ビスフェノールA-d₁₆と17 β エストラジオール¹³C₄を使用した。

表1 対象化学物質の構造と酵母Two-Hybrid法による女性ホルモン様活性の強度比

物質名	構造	EC \times 10活性強度	
17 β エストラジオール(E2)		70pM	1.0
エストロン(E1)		930pM	1/133
エストリオール(E3)		60nM	1/857.1
ジエチルスチルベストロール(DES)		300pM	1/4.3
エチニルエストラジオール(EE2)		130pM	1/1.9
ビスフェノールA(BPA)		3.2 μ M	1/45700

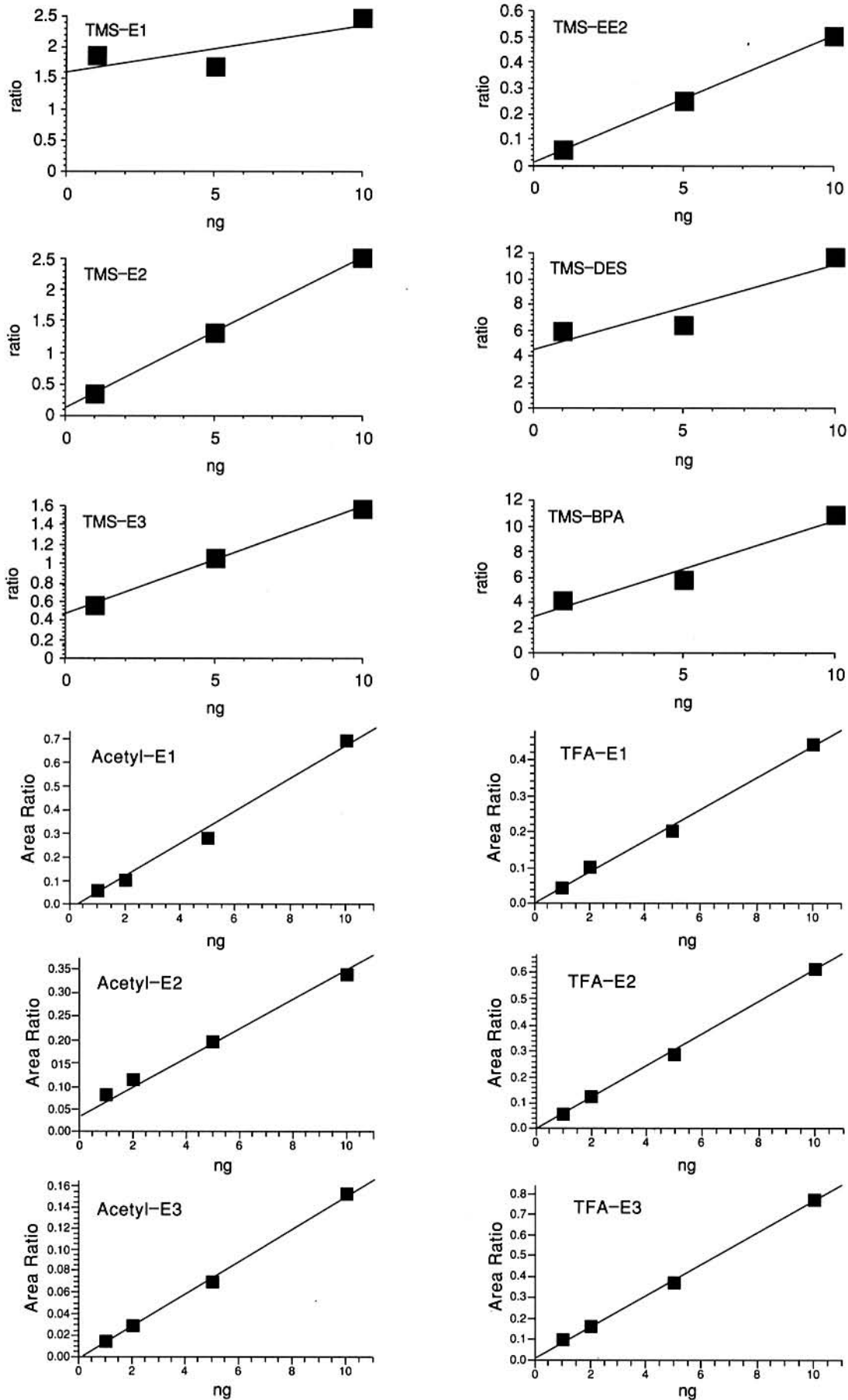


図4 誘導体化GC/MS法による内分泌かく乱物質の検量線

表2 TMS誘導体化GC/MS法と酵母Two-Hybrid 法による環境試料水の分析結果

	採水日 採水地点	6月12日 石狩河口橋	7月10日 石狩河口橋	7月18日 石狩河口橋	8月13日 石狩河口橋	6月20日 茨戸湖	7月18日 永山橋	7月18日 伊納大橋
化学 分析 法	エストロン	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	17βエストラジオール	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	エストリオール	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	エチニルエストラジオール	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	ジェチルスチルベストロール	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
	ビスフェノールA	25.0	11.1	28.7	4.0	n.d	6.6	22.9
酵母Two-Hybrid (E2換算濃度)	n.d	n.d	n.d	n.d	Tr	n.d	n.d	

2.4 環境試料中のEDCsの定量

TMS化法を用いて環境試料中のEDCsの定量を試みた。環境試料は、アセトン溶液をN₂ガスパージにて乾固し、トルエン数滴に転溶した後TMSIを250 μlほど添加し、約60℃で30分以上反応させて試料とした。

3 結果

酵母Two-Hybrid法による、ポジティブコントロールとして使用するE2のEC×10はおよそ70pMであった。これを定量下限値とすると、環境試料を250倍濃縮した場合の定量下限値は280fM (およそ76pg/l) となる。酵母Two-Hybrid法による、各標準試料の女性ホルモン様作用の強度をEC×10として比較した結果を表1に示す。この表から、内分泌かく乱化学物質には、その活性強度にかなりの差があることわかる。次に、誘導体化GC/MS法による各化学物質の検量線を図4に示す。TMS誘導体化による検量線から、E1を除いてはほぼ良好な直線性を得た。また、目標とした検出下限値はE1とDES以外の物質では達成できた。しかしTMSIを用いた反応系では、E3のクロマトグラムに複数のピークを生じ、3つの水酸基すべてが完全にTMS化されていないことが示唆された。次にアセチル誘導体化およびTFA誘導体化によるE1, E2, E3の検量線から、1ngまではきわめて良好な直線性が得られたが、無水酢酸を使用したアセチル誘導体化法は、試薬に起因すると思われるブランクピークが認められた。これらの結果から、E1, E2, E3に関してはTFA化法が最適と推察された。次に酵母Two-Hybrid法とTMS化GC/MS法による環境試料の分析結果を表2に示す。この結果から、石狩川の表層水からはすべての試料においてBPAが検出された。しかし濃度は低く、表1から女性ホルモン様活性の強度もE2の4万分の1以下であることから、この濃度では酵母Two-Hybrid法による女性ホルモン様活性は検出されていない。また、茨戸湖表層水では、今回対象とした化学物質は検出されなかったが、酵母Two-Hybrid法ではわずかながら女性ホルモン様活性を示した(発光強度がブランクの10倍に達していないためTr.と表示する)。今後はTFA誘導体化GC/MS法に

よる一斉分析法の検討と実試料への応用を試み、対象とする化学物質も追加していく予定である。

4 まとめ

現在我々の身の回りで使用されている合成化学物質は数万種類とも言われている。その他に天然由来の化学物質も含めれば、さらに膨大な数となる。これらの化学物質の中で内分泌かく乱作用をもつ化学物質が果たしてどの程度あるのか。また、このような化学物質が自然環境中で何らかの化学変化を受けた場合、生体内に取り込まれて初めて内分泌かく乱作用を発現する場合、さらに女性ホルモン様作用ではなく、男性ホルモン様作用を有する場合など、未解明の課題は多く残されている。今後は、こういった疑問にも焦点をあて、他の研究機関との連携や情報交換を行い、本研究を発展させたいと考えている。

5 参考文献

- 1) J.Nishikawa, K.Saito, J.Goto, F.Dakeyama, M.Matsuo, and T.Nishihara: New screening methods for chemicals with hormonal activities using interaction of nuclear hormone receptor with coactivator. *Toxicol.Appl.Pharmacol.* vol.154, pp.76-83, 1999
- 2) 白石不二雄,白石寛明,西川淳一,西原力,森田昌敏: 酵母Two-Hybrid Systemによる簡便なエストロゲンアッセイ系の開発. *環境化学*, vol.10, No.1, pp.57-64, 2000
- 3) 永洞真一郎,阿賀裕英,芥川智子,沼辺明博,村田清康,坂田康一,白石不二雄: 固相抽出-酵母Two-Hybrid法による環境試料中のエストロゲン活性物質アッセイにおけるフミン物質の影響. 第10回環境化学討論会講演要旨集, pp.324-325, 2001
- 4) S.A.Snyder, D.L.Villeneuve, E.M.Snyder, and J.P.Giesy: Identification and quantification of estrogen receptor agonists in wastewater effluents. *Environ. Sci. Technol.* vol. 35, pp.3620-3625, 2001
- 5) 白石寛明,白石不二雄,永洞真一郎,森田昌敏: 水中ステロ

イドホルモンのNCI-GC/MS分析法の開発とその応用.
第2回日本内分泌攪乱化学物質学会要旨集, pp.4,1999

**Comprehensive investigation of endocrine disrupting
chemicals in the aquatic environment in Hokkaido**

**Shinichiro NAGAHORA,
Hirohide AGA, Tomoko AKUTAGAWA,
Akihiro NUMABE, Kiyoyasu MURATA,
and Koichi SAKATA**

Abstract

Some chemicals called endocrine disrupting chemicals (EDCs) are suspected to affect human health by disrupting endocrine function, especially sex hormone system. We tried to establish the highly sensitive EDCs detection system for the surface water. Also, we tried to detect the estrogen receptor agonist activity by Yeast Two-Hybrid system and identify to the cause chemicals by derivatization GC/MS method. The results showed that trifluoroacetyl derivatization is the most effective method to detect estrone (E1), estradiol (E2), estriol (E3). And we tried to detect EDCs in the surface waters of Ishikari River and Lake Barato. Bisphenol-A was found in the Ishikari River water but the concentration was too low to detect the estrogen receptor agonist activity. Meanwhile the surface water of Lake Barato showed weak estrogenicity but we couldn't detect chemicals causing the estrogenicity.

鉱物油が共存する環境水中の油種の識別法及び微量軽油識別剤(クマリン)の分析法について

近藤 秀治

要 約

多様な鉱物油が共存する環境水の分析法として、ヘキサン抽出GC/MS法および軽油識別剤(クマリン)の微量分析法を検討し、鉱物油の脂肪族炭化水素の炭素数の分布パターンとクマリンの微量分析とによって、灯油とA重油が他の鉱物油と完全に識別し得ることを明らかにした。

Key words: 軽油識別剤、クマリン、GC/MS、鉱物油汚染、河川水

1 はじめに

1997年1月の日本海でのナホトカ号による重油流失事故、7月の東京湾での原油流失事故など、鉱物油による広域的な環境汚染が日常化している。一方、灯油、重油などによる地域的な鉱物油汚染事故も頻繁に生じており、その油種や汚染源の特定及び汚染防止対策について地方自治体に求められることが多い¹⁾。しかし、油種特定の方法はいまだ十分な議論がなされていない。

従来、ガソリン、灯油、軽油、A重油、C重油などの分別特定にはヘキサン、ペンタン抽出物による脂肪族炭化水素の炭素数の分布の違いにより識別している。しかし、これらの一部は揮発性であるため時間の経過とともに炭化水素の分布が変動することや、軽油とA重油の例のように脂肪族炭化水素の炭素数の分布が非常に類似しており分別が困難なことがある。最近、芳香族炭化水素の含有量の違いに注目してこれらの識別を検討している報告例がみられる²⁾が、鉱物油のメーカーの違いにより芳香族炭化水素の含有量にはバラツキがあり、必ずしもすべてに適合するものではない。

ここで、我々はヘキサン抽出GC/MS法による油種識別法及び税制上、灯油とA重油(ボイラーや漁船の燃料)に添加されている軽油識別剤のクマリンに注目し、水環境中の油共存下でのクマリン微量分析法*を検討した。

*もともとなった分析法は全国石油協会から出されている軽油識別剤標準分析方法作業マニュアル³⁾である。この分析法は軽油に灯油やA重油などの異物が混入される防止対策として、現場で鑑別するためにUV照射により蛍光光度を測定するものであり、クマリン添加油が5%以上の場合のみ識別可能となっている。しかし、極微量分析が対象の環境中ではこの分析法は使用できず、我々はこの分析

法を高感度のGC/MS法に置き換えることを試み、水環境中の油共存下での微量分析方法を検討した。

2 実験方法

2.1 標準品、試薬

本研究で使用した鉱物油は札幌市内の販売店や工場から入手した灯油、軽油、A重油、C重油である。また、クマリン、トランス-*o*-ヒドロキシケイヒ酸は東京化成製、溶媒類や試薬類は関東化学製のものをを用いた。

2.2 ヘキサン抽出GC/MS法による鉱物油や油共存下環境水の分析

鉱物油や油共存下環境水を採取し、最終濃縮溶液中で油分が数10 μ g/ml以下程度*になるようにした後、GC/MSに注入しスキャン法により定性した。

*油分が数10 μ g/ml以上高濃度になればイオンソースやフィルターを汚してしまいGC/MSが使用不能となるからである。

分析条件として、分離カラムはTable 1と同じである。カラム温度昇温条件は初期温度は40 $^{\circ}$ C(一分保持)して15 $^{\circ}$ C/分の割合で320 $^{\circ}$ Cまで昇温した。

Coumarin

Formula: C₉H₆O₂
Molecular Weight: 146.14
CAS Registry Number: 91-64-5
Chemical Structure:

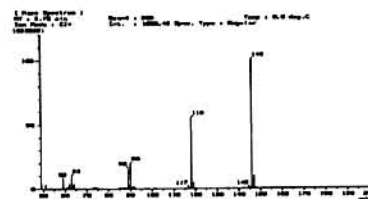
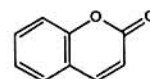


Fig 1 Chemical Structure Coumain and its Mass Spectrum

2.3 環境水中の油共存下でのクマリンの分析

クマリンの化学式と質量スペクトルをFig 1に示す。

油共存下の水試料を200ml採取し、ジクロロメタン30mlで2回抽出する。これを5ml程度に濃縮し、ドデカン200mlと10%水酸化ナトリウム10mlの入った300ml分液漏斗に洗い込み、1-ブタノール/エタノール混液（容量比で4/3の比率）35mlを加えアルカリ抽出する。この時点でクマリンは開環してシス-オルト-クマリン酸になっている。このアルカリ相を氷冷しながら1NHCl25mlを一滴ずつ発熱を避けるように加えてクマリンに再合成する。これをジクロロメタン10mlで抽出し、脱水、濃縮し、内部標準

物質を加えてGC/MSの試料とする。これらの環境水中の油共存下でのクマリンの分析フローをFig 2に示す。また、GC/MSの操作条件をTable 1に示す。

定量はGC/MS/SIM法で行った。この分析フローのうちアルカリ抽出までは軽油識別剤標準分析方法作業マニュアル（全国石油協会）の分析フローをそのまま使用した。検討した分析工程は、クマリンからシス-*o*-ヒドロキシケイヒ酸へのアルカリ分解条件とシス-*o*-ヒドロキシケイヒ酸からクマリンへの再合成条件と内部標準法によるGC/MS条件についてである。

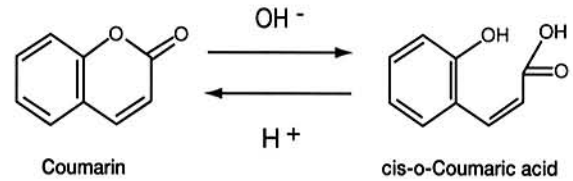


Fig 3 Hydrolysis of a Coumarin in the presence of a Strong Base and Formation of a Coumarin in the presence of Hydrochloric acid.

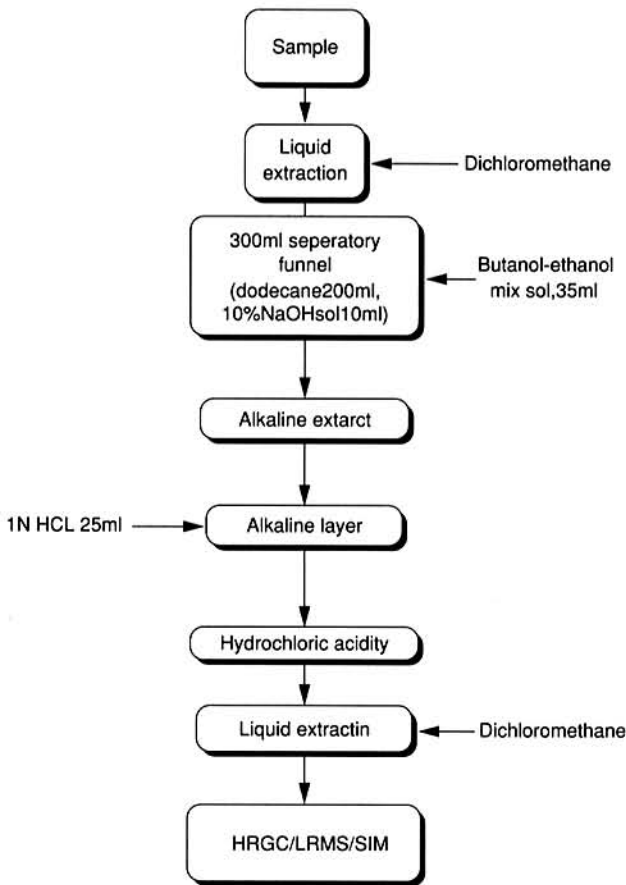


Fig 2 Ordinary flow of the analysis of a Coumarin in water under coexistence with oil.

Table 1 Operating Conditions of GC/MS

Gas Chromatograph	HP5890II
MS Detector	AX505WA
GC Column	DB-1 15m×0.25i.d.×0.25 μm
GC Oven Temp.	40°C (1min)→20°C/min→185°C
Injection Port Temp.	240°C
Ion Source Temp.	230°C
Carrier Gas	He, 1.63ml/min, Constant Flow
Monitor Ion	Coumarin 146, Fluorene d10 176

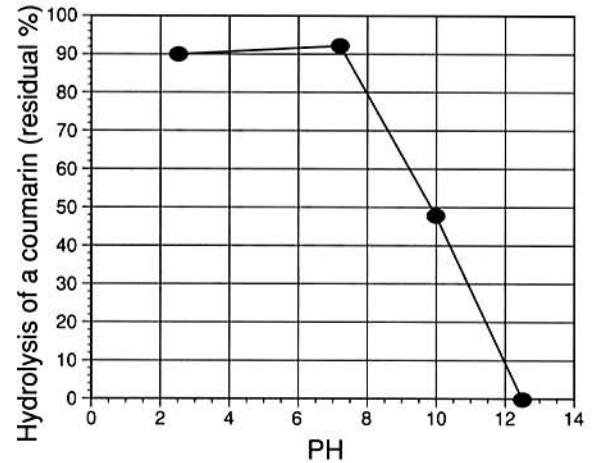


Fig 4 Hydrolysis of a Coumarin

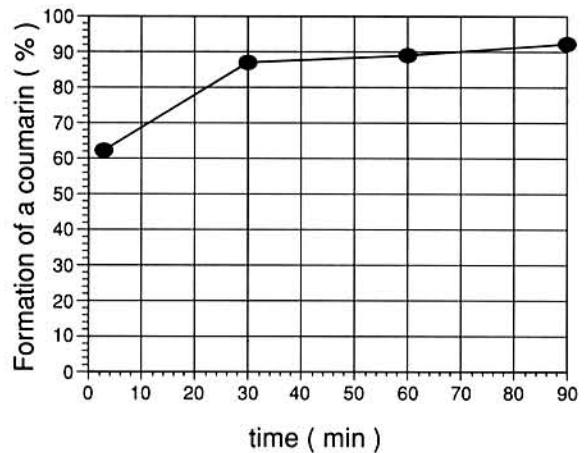


Fig 5 Formation of a Coumarin from cis-*o*-coumaric acid in the presence of hydrochloric acid.

クマリンとシス-*o*-ヒドロキシケイヒ酸との酸、塩基での反応式をFig 3に示す。内部標準物質には保持時間の近接したフルオレンd-10を0.1ng使用した。アルカリ分解の条件ではPH 8 近辺からクマリンはシス-*o*-ヒドロキシケイヒ酸へ変換を始め、PH12.5では100%分解した。クマリンの開環反応のPH依存性をFig 4 に示す。また、シス-*o*-

ヒドロキシケイヒ酸からクマリンへの再合成では塩酸酸性下、60分以上で90%がクマリンに再合成できた。HCl酸性下でのクマリンへの再合成の時間依存性をFig 5に示す。ここでもっとも注意すべきポイントは塩酸で酸性にしているときに中和熱を充分に取りながら加えていかなければ、シス体がトランス体に変換してしまいクマリンとして再合

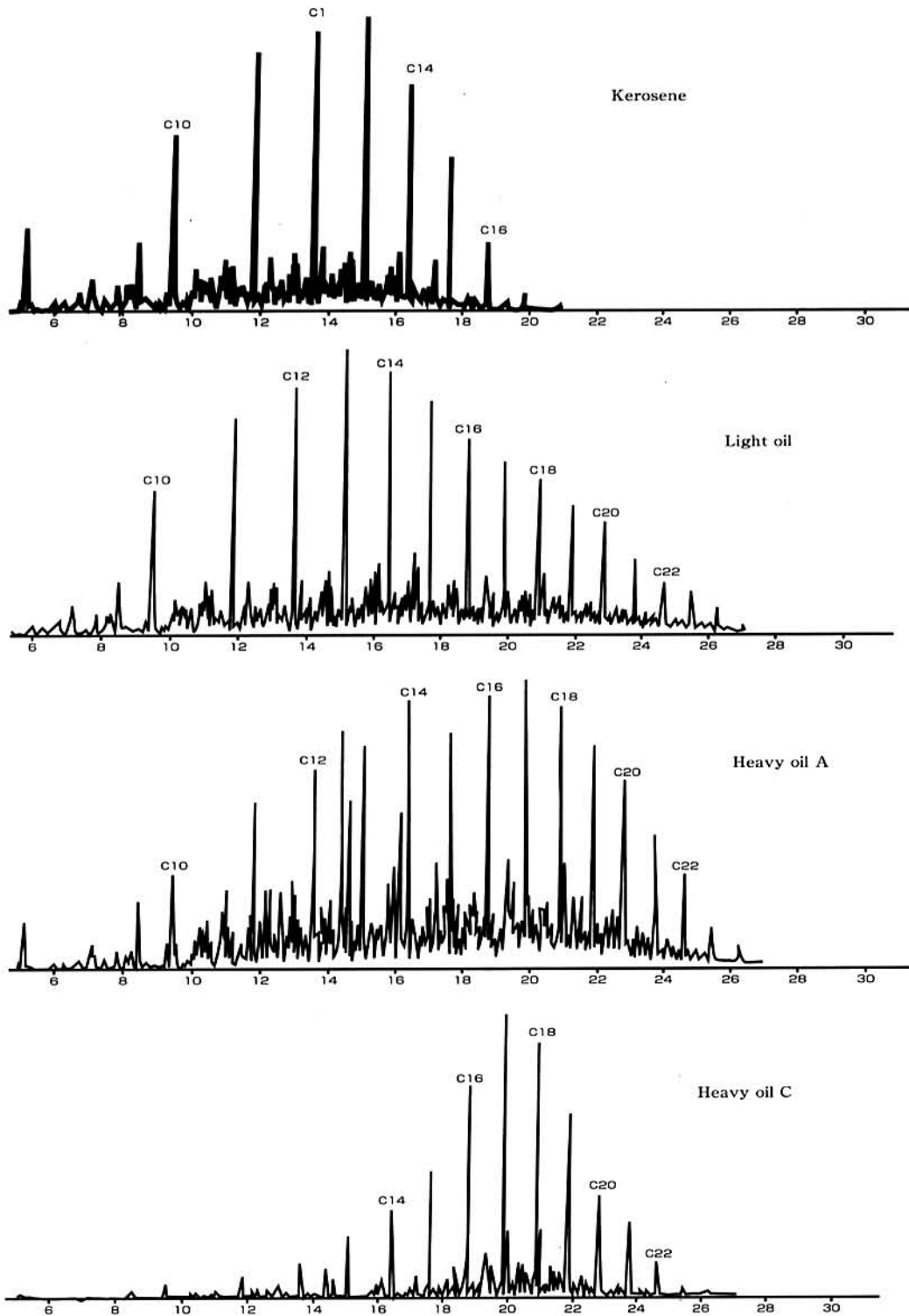


Fig 6 Total ion chromatograms of mineral oils

成できないことである。この点については、トランス- α -ヒドロキシケイヒ酸からはクマリンとして再合成できなかった事実から明らかである。したがって、アルカリ抽出物を十分に氷冷しながらゆっくりと塩酸を滴下することが大切である。

3 結果および考察

3.1 ヘキサン抽出GC/MS法による脂肪族炭化水素の分析

鉱物油（灯油、軽油、A重油、C重油）のヘキサン抽出物のクロマトグラムをFig 6に示す。灯油は炭素数8から17までの直鎖型脂肪族炭化水素が検出された。炭素数が11から14（C11-C14）のものが大きかった。軽油とA重油はクロマトグラムのパターンが類似しているが、全般的にA重油のほうが炭素数の高いほうにピークの山が現れた。いず

れも炭素数が8から24（C8-24）まで検出され、灯油に比較してGC保持時間の遅い炭素数の大きいものが検出された。C重油は軽油、A重油に比べて炭素数の少ない脂肪族炭化水素が少なく、炭素数の高い脂肪族炭化水素で構成されていた。

3.2 環境水中の油共存下でのクマリンの分析

鉱物油のうち、灯油、軽油、C重油中のクマリンの分析結果をFig 7に示す。

灯油からはクマリンが0.72 mg/l検出された。製油所ではクマリンを1mg/l程度添加しており、3.3で述べる回収率で補正すればほぼ妥当な結果が得られる。

また、分析フローでアルカリ処理をした軽油とアルカリ処理なしの軽油を混濁させたミネラルウォーターのクマリン分析のクロマトグラムをFig 8に示す。このことより、

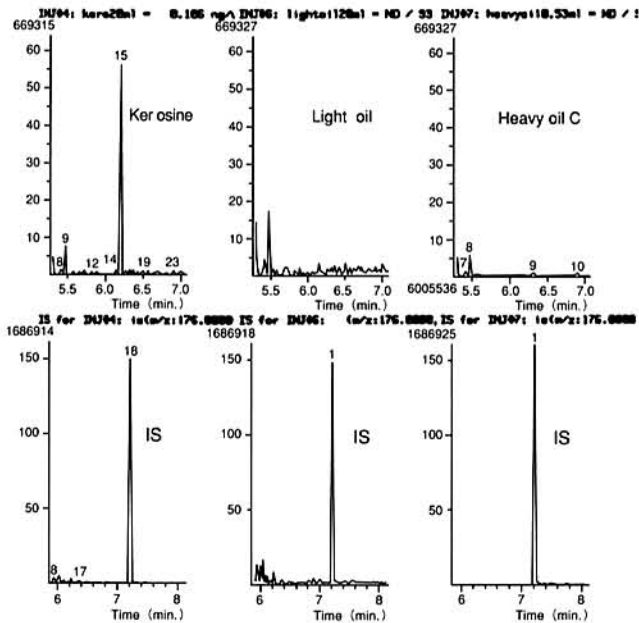


Fig 7 SIM chromatogram of Coumarin of Kerosine, Light oil and Heavy oil C.

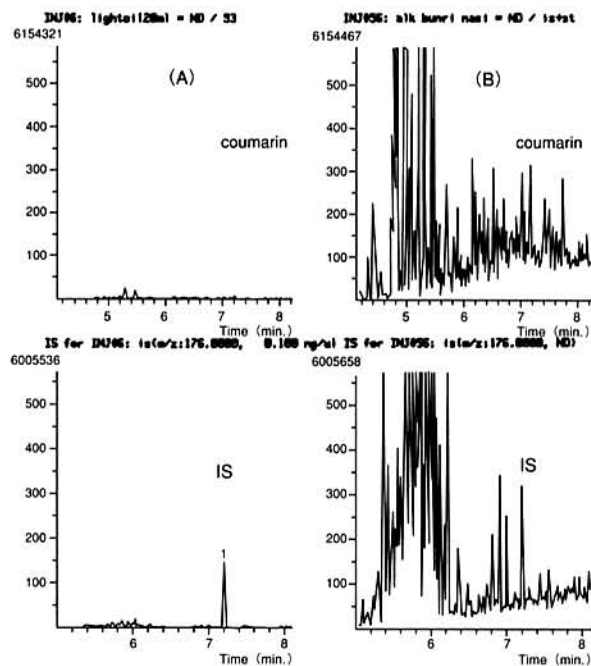


Fig 8 SIM chromatogram of a Coumarin.
(A) Light oil sample (with a strong base treatment)
(B) Mineral water suspended with Light oil (without a strong base treatment)

Table 2 Recovery and c.v. of a coumarin in each spiked samples.

Sample	recovery(n=4)	c.v.
Mineral water 200ml (suspended with 20mg light oil.0.1 μ g added)	68%	7.8%
Light oil 20ml (20 μ g added)	69%	10%

アルカリ処理がなければクマリンの分析は不可能であることが知られる。検量線はGC/MS/SIM法では10pgから1ngまで直線性を示した。

3.3 環境水中の油共存下でのクマリンの添加回収実験

ミネラルウォーター200mlに軽油を20mg懸濁させ、クマリンを水中濃度0.5 μ g/lとなるように添加した回収実験の平均回収率と変動係数及び軽油にクマリンを1mg/lとなるように添加したものの平均回収率と変動係数をTable 2に示す。

回収率が両者とも類似しており、分析フローにおけるジクロロメタンの濃縮工程での損失、あるいは、ドデカン、アルコール混液抽出部分での損失の可能性があり、今後の課題である。

3.4 ブランク試験

Fig 2の分析フローに基づき、ジクロロメタン溶液、全操作ブランク、ミネラルウォーター、清浄河川水における各種ブランクをFig 9に示す。クマリンの保持時間近くに

ノイズ程度のピークがあらわれているが、これはGC/MSの注入口に極くわずかに残存したクマリンが検出された可能性があるものの、濃度としては定量下限値（0.01 μ g/l）以下であり無視できると考えられる。

3.5 汚染事例

鉱物油の河川への流失事故が北海道内のW市であり、河川中の流失油にはすでに油処理剤が使用されていた。汚染された河川水のヘキサン抽出物のクロマトグラムをFig 10に示すが、疑われる地下埋設タンク施設内の灯油とはかなり様相が異なっていた。すなわち高い炭素数の脂肪族炭化水素まで検出されており、C10からC14までの脂肪族炭化水素には別の物質がオーバーラップしていた。そこで、問題の灯油施設内の灯油と土壌から吹き出している鉱物油と汚染河川水中のクマリンを分析した結果、それぞれ0.74mg/l、0.76mg/l、0.16mg/lのクマリンが検出され問題の鉱物油は灯油であることが判明した。クマリンのクロマトグラムをFig 11に示す。

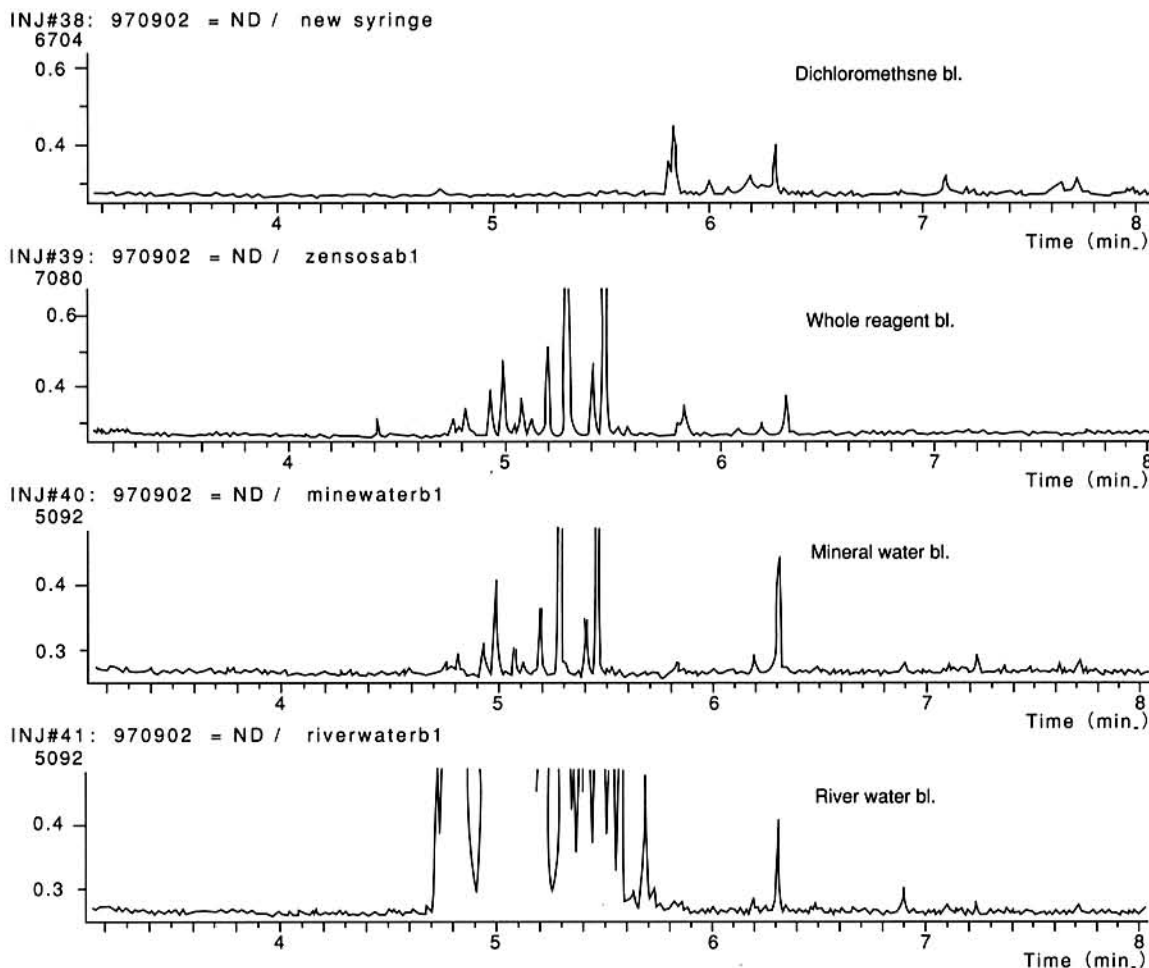


Fig 9 SIM chromatogram of Coumarin of blanks.

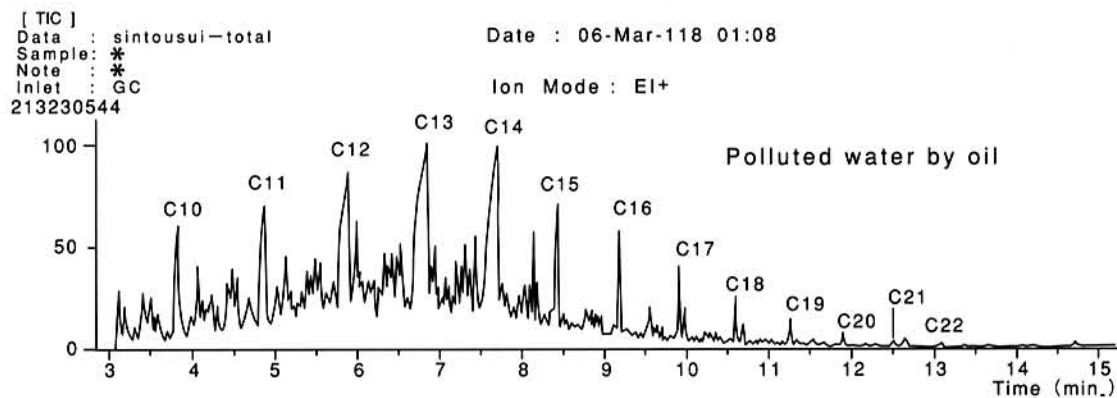
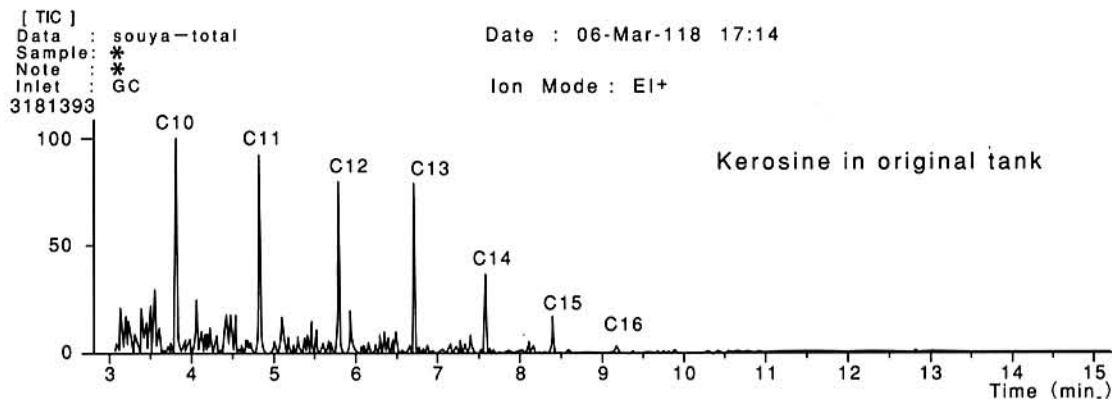


Fig10 n—Hexane extract chromatogram of accident examples.

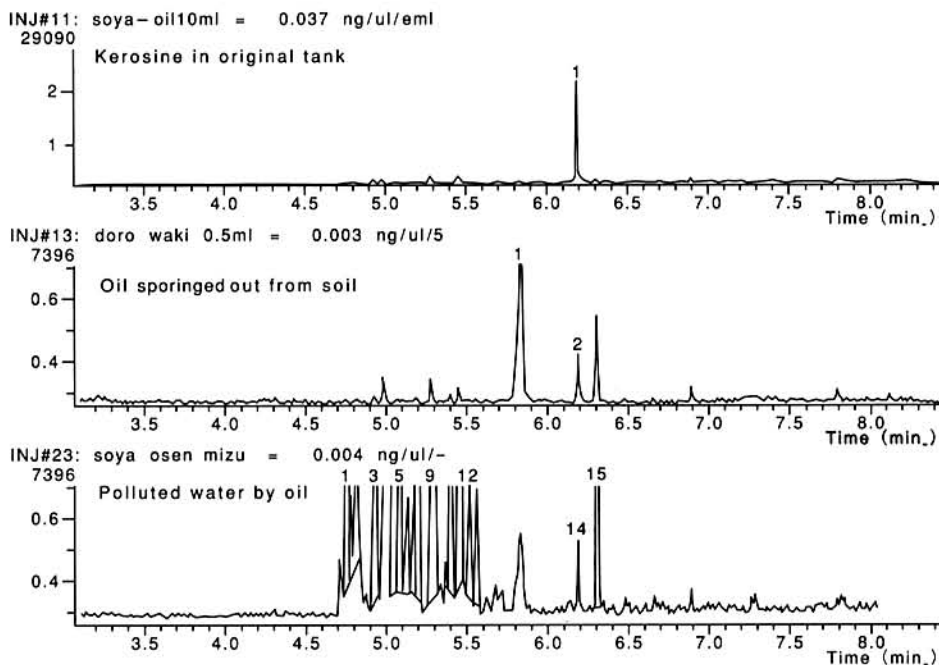


Fig11 SIM chromatogram of Coumarin of accident examples.

4 まとめ

鉱物油で汚染された環境水を対象にした分析法について検討した。

その結果、

- (1) 鉱物油で汚染された環境水をヘキサンで抽出、濃縮しGC/MS法で分析することにより、灯油、軽油や重油は脂肪族炭化水素のパターンで識別が可能であること、
- (2) 環境水中に微量に存在する軽油識別剤のクマリンは、アルカリ抽出のあと塩酸酸性下でクマリンに再合成した形でGC/MS法で分析し得ることを明らかにした。

Water Pollution Cause with Mineral Oils.

- Analysis of Light oil discrimination chemical
(Coumarine) and Hexane Extractable Mineral Oils
with GC/MS -

Hideharu KONDOH

Abstract

The following method were developed to study the cause of pollution by mineral oils in surface water.

- (1) Surface water was extracted with hexane and analyzed with GC/MS after concentration. Kerosene, light oil and heavy oils were identified from the elution pattern of n-Alkanes.
- (2) Light oil discrimination chemical (Coumarine) was extracted by alkaline solution and re-synthesized by hydrochloric acid. Re-synthesized coumarine was analyzed with GC/MS.

The example applied the method to a river water pollution by kerosene was shown.

文 献

- 1) 近藤秀治、中嶋敏秋、村田清康：油共存下の環境水中の軽油識別剤の微量分析法の検討、第24回環境保全・公害防止研究発表会講演要旨集、43 (1997)
- 2) 中牟田啓子、福嶋かおる、松原英隆、神野健二：鉱物油による環境汚染時の原因究明調査法の検討、環境化学、11、815-826 (2001)
- 3) 軽油識別剤標準分析法作業マニュアル (1994) :全国石油協会

磨滅クラスを用いた洞爺湖中島のエゾシカの年齢クラス推定

高橋 裕史* 田中 純平** 梶 光一

要 約

個体群の長期モニタリングを実施している洞爺湖中島のエゾシカ *Cervus nippon yesoensis* を対象に、生体における年齢クラス指標を得ることを目的として、第1切歯 (I_1) および下顎後臼歯の磨滅クラスと年齢との関係を検討した。材料には1992年から2000年の間に自然死亡個体から回収された下顎骨標本124 (オス52、メス72) 例を用いた。磨滅クラスに類別された標本の年齢はクラス間で有意に異なったが ($P < 0.001$)、個体差も大きかった。しかし、 I_1 の磨滅クラスから、メスでは繁殖齢に達する4歳以上、繁殖最盛期に達する7歳以上および繁殖最盛期を過ぎる11歳以上の3段階を推定可能なことが示された。この磨滅クラスと年齢クラスとの関係は、生体捕獲された年齢既知個体においても適合した。磨滅速度の性差はみとめられなかった。

Key words: エゾシカ、洞爺湖中島、磨滅クラス、年齢クラス推定

はじめに

シカ類ではメスの栄養状態とともに年齢が繁殖率に影響する¹⁾。したがって、シカ類の生活史を研究する際に対象個体の年齢は重要な情報となる。ニホンジカ *Cervus nippon* の年齢査定には、第1切歯 (I_1) 歯根部または第1後臼歯 (M_1) 歯根分岐部に形成されるセメント質層板を数える方法^{2)・3)} が広く用いられている。この方法は抜歯が必要なため、生体にはあまり用いられていない。一方、ニホンジカ生体における年齢査定には、切歯および臼歯列における永久歯の萌出・交換状況²⁾、または I_1 や後臼歯各歯の咬耗にともなう咬合面の磨滅状況^{2)・4)} に基づく方法がある。しかし、萌出交換法ではすべての永久歯が萌出し終える3歳までは正確に査定できるが、4歳以上の識別ができない。また磨滅法を用いる場合には、磨滅速度が餌条件を反映して変化するため⁵⁾、対象個体群ごとに磨滅状況と実際の年齢との関係を評価する必要がある。

洞爺湖中島のエゾシカ (*C. n. yesoensis*、ニホンジカの亜種) は、導入以来の個体群動態と生息環境である植生の変化が明らかにされており⁶⁾、北海道によるエゾシカ個体群モニタリングのモデル個体群と位置づけられ⁷⁾、生体捕獲調査^{8)・9)・10)}をはじめ、さまざまな生態学的^{5)・7)・11)・12)・13)} および生理学的^{14)・15)} 研究が行われている。このような研究には生体の年齢査定は不可欠であるが、これまでは萌出交換法²⁾ に基づく3歳までの年齢査定しかできなかった。そこで、本研究では洞爺湖中島のエゾシカ生体に適用可能な年齢指標を得ることを目的として、磨滅クラス^{2)・4)} と年齢の関係について検討した。

材料および方法

材料には、1992年から2000年までの間に洞爺湖中島において自然死亡した1歳以上のエゾシカから回収された下顎骨標本124 (オス52、メス72) 例を用いた。1歳以上であるかどうかの判定には、萌出交換法²⁾ を用いた。ただし、下顎を回収する以前に一部の歯が脱落、消失していたものもあった。これらの標本の年齢 (実年齢) は、八谷・大泰司³⁾ にしたがって、 I_1 歯根部または M_1 歯根分岐部のセメント質層板数に基づいて査定した。 I_1 歯根部は、脱灰、中和処理の後、凍結マイクロームで薄切した切片をスライドガラスに添付し、ヘマトキシリン染色を施したものを光学顕微鏡下でセメント質層板を数えた。 M_1 は歯根分岐部断面を研磨し、実体顕微鏡下でセメント質層板を数えた。

I_1 の歯冠部は表面から中心に向かってエナメル質、象牙質、第2象牙質の三層からなり、咬耗にともなって咬合面に表出した各層の形状は著しく変化する。 I_1 の磨滅クラスは大泰司³⁾ に基づき、これら各層の出現、形状を基準として、肉眼的観察により磨滅が生じていない状態をI、歯冠がほぼ消失し磨滅面にエナメル質を欠いた状態をVIIとする7段階に区分した。なお、大泰司³⁾ はクラスIII~VIIをさらに3~4段階に細分化しているが、簡便化のため本研究ではI~VIIの7段階にまとめた。下顎後臼歯の歯冠部は、 M_1 と第2後臼歯 (M_2) では前葉・後葉の二葉、第3後臼歯 (M_3) では前葉・中葉・後葉の三葉からなり、さらに各葉の咬頭は舌側と唇側に別れている。これら各咬頭の咬合面は萌出時には分離しているが、咬耗にともなって連続するようになる。後臼歯の磨滅クラスは大泰司²⁾ にしたがって、この連続の有無を基準として、各葉の咬合面に連続が生じ

* 自然環境部野生動物科 (科学技術振興事業団・科学技術特別研究員)

** 元北海道環境科学研究センター道東地区野生生物室臨時研究補助員

ていない状態を6 (M_1 および M_2) または7 (M_3)、歯冠部がほぼ消失した状態を0とする7または8段階に視覚的に区分した。これらのクラスごとに実年齢の平均値と範囲を求め、各磨滅クラスの年齢範囲の下限から年齢クラスを区分した。

さらに、1997年7月から2001年4月までの間に洞爺湖中島において生体捕獲された年齢既知個体を対象に、 I_1 の磨滅クラスによる年齢クラス区分について、生体における適合性を検討した。年齢既知個体とは、捕獲時に萌出交換法により3歳以下の各年齢に査定され、その後耳標により識別されていた再捕獲個体である。磨滅クラスは、捕獲時に I_1 の咬合面をスケッチし、後に大泰司⁴⁾による磨滅クラスと照合して区分した。

結果

本研究に用いた下顎骨標本の実年齢は若齢から老齢までほぼ各年齢にわたり(表1)、標本の年齢分布に性差はみとめられなかった(Kolmogorov-Smirnov test、 $D = 0.140$ 、 $P > 0.1$)。

各磨滅クラスに類別された標本の実年齢の平均値・標準誤差・範囲を表2に示す。どの歯においても磨滅クラス間では実年齢の平均値に有意差がみとめられたが、性間ではみとめられなかった(表3)。このことは、加齢にともない各歯とも磨滅が進行するが、磨滅速度には性差がないことを示している。一方、各磨滅クラスに属する標本の実年齢の範囲は広く、とくにメスの M_1 のクラス2には2歳から15歳までの標本が含まれるなど、磨滅の進行は個体差が大きいことが示された。また M_2 や M_3 ではオスメスともに多くの標本(49.1~61.5%)がクラス2に類別され、実年齢の幅が他のクラスより大きくなる傾向がみられた。したがって、臼歯では磨滅クラスから重複なく一定範囲の年齢を推定するのは困難であることがわかった。しかし、 I_1 では各クラスに含まれる標本の実年齢の下限をとることにより、一定年齢以上に達していることを示すことが可能であった。すなわち、磨滅がクラスIV以降に進行したオス34例、メス41例の標本はすべて4歳以上、V以降のオス20例は6歳以上、メス29例は7歳以上、VI以降のオス9例は8歳以上、VII以降のオス3例は13歳以上、メス7例は11歳以上であった。

生体捕獲された年齢既知個体の I_1 磨滅クラスと年齢を表4に示す。4歳以上のデータはオス10例、メス13例と少ないが、前述の年齢範囲の下限に基づく区分に一致した。

考察

I_1 の磨滅速度の個体差が大きいことは、奈良公園⁴⁾や北海道東部¹⁶⁾のシカ個体群においても指摘されている。したがって、磨滅クラスから実年齢を点推定することは一般的にも難しく、区間推定の場合にもクラス間で重複が生じることが問題となる。しかし、本研究では I_1 の磨滅クラスに属する標本年齢の下限値が、一定年齢以上に達しているかどうかを推定する基準となり得ることが示された。歯の磨滅は摂食効率や咀嚼効率を通して栄養状態に影響することから^{17)・18)}、死亡した個体は同年齢の生存個体より磨滅が速い可能性も考えられ、その場合には磨滅クラスから推定した年齢クラスは過小評価される。しかし、生体捕獲個体における磨滅クラス別年齢は死亡個体に基づく年齢クラスに含まれたことから、この基準は生体にも適用可能であると考えられる。また、この基準を用いて推定された年齢クラスには、少なくともメスについては生物学的な意味を見いだすことができる。近年の洞爺湖中島のシカは、著しい餌資源制限によって生長は遅滞し、初産齢は2歳から4歳に上昇している⁷⁾。また、繁殖齢に達して間もない若齢のメスと高齢のメスではその子ジカの冬期死亡率が高い傾向がある¹⁹⁾ことから、個体群の加入率に寄与するメスの繁殖最盛期は8歳前後の数年間であると考えられる。したがって、 I_1 の磨滅クラスIVで4歳以上、VとVIで7歳以上、VIIで11歳以上という区分は、それぞれ繁殖齢に達している段階、繁殖最盛期に達している段階、繁殖最盛期を過ぎつつある段階に相当すると考えることができる。これにより、従来用いられてきた歯列の萌出交換法による生長途上の3歳までの年齢クラスに加え、これまで4歳以上にしか区分されなかった成獣の年齢クラスを区分することが可能となった(表5)。不動化したシカであれば I_1 は容易に観察できるため、 I_1 の磨滅クラスによる年齢クラス推定は実用であると考えられる。

特筆すべきもう一点は、磨滅速度に性差がみられなかったことである。これは M_1 歯冠高を用いて磨滅速度を検討したTakahashi et al.⁵⁾の結果とも一致する。洞爺湖中島では餌条件が低下して近年ではシカは周年にわたって落ち葉を主食としており^{6)・12)・19)}、餌条件の良好だった1982年以前に死亡したシカよりも歯の磨滅速度が増加した⁵⁾。これら1982年以前の標本でも、また餌条件が良好であった1990年代初期の北海道東部において採集された標本でも磨滅速度に性差はみとめられていない^{5)・16)}。しかし、他地域のニホンジカでは、金華山²⁰⁾、丹沢山系²¹⁾、奈良公園⁴⁾、五島列島野崎島²²⁾などにおいて、いずれも標本数が少なかったり統計学的検定が行われていないなどの課題もあるものの、メスよりもオスで歯の磨滅が速い傾向が報告されている。したがって、磨滅速度に性差がないことはエゾシカに特有

な現象である可能性も考えられるが、この問題は、標本数や標本の年齢構成、比較に用いる指標の検討も含め、今後の課題となろう。

謝 辞

洞爺湖中島における標本採取に際して、(株)洞爺湖汽船、および北海道大学フィールド科学センター洞爺湖臨湖

表1. 本研究に用いた下顎骨標本の実年齢.

年齢	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	合計
オス	3	1	0	5	7	5	2	6	5	5	3	3	4	2	1	0	0	0	0	52
メス	1	6	5	6	6	2	6	4	5	4	7	7	3	4	2	1	0	2	1	72
合計	4	7	5	11	13	7	8	10	10	9	10	10	7	6	3	1	0	2	1	124

表2. 洞爺湖中島のエゾシカ自然死亡個体における第1切歯および下顎後臼歯の磨滅クラスと年齢との関係.

部位	磨滅クラス	年 齢							
		オ ス				メ ス			
		n	平均±SE	範囲		n	平均±SE	範囲	
第1切歯	I								
	II	2	1.0			1	2.0		
	III	10	4.4 ±0.9	1-7		12	4.0 ±0.9	2-7	
	IV	14	7.2 ±1.1	4-13		12	7.9 ±1.1	4-13	
	V	11	10.1 ±0.8	6-14		11	10.9 ±0.7	7-14	
	VI	6	9.8 ±0.4	8-12		11	11.5 ±1.0	7-18	
	VII	3	14.0 ±0.3	13-15		7	14.7 ±0.8	11-19	
第1後臼歯	6								
	5	1	1.0			2	1.0		1-2
	4	3	1.3 ±0.5	1-2					
	3	1	4.0			6	3.3 ±0.4	2-4	
	2	18	6.4 ±0.8	4-10		15	5.1 ±1.5	2-15	
	1	3	10.0 ±0.6	8-12		10	9.8 ±0.6	7-13	
	0	13	11.7 ±0.8	6-15		23	11.2 ±0.8	7-18	
第2後臼歯	6	2	1.0	1-1		1	1.0		
	5	3	2.3 ±1.0	1-4		8	2.8 ±0.4	2-4	
	4	2	4.5	4-5		4	4.0 ±0.8	2-6	
	3								
	2	24	8.0 ±1.0	4-13		30	8.2 ±1.0	2-14	
	1	6	11.7 ±0.8	8-14		12	12.8 ±0.6	10-18	
	0	2	14.0	13-15		1	15.0		
第3後臼歯	7	3	1.3 ±0.5	1-2		4	2.3 ±0.3	2-3	
	6	1	4.0			7	3.6 ±0.7	2-6	
	5	4	5.3 ±0.6	4-7		4	3.8 ±0.7	2-5	
	4	2	5.0	4-6		4	5.5 ±0.4	5-7	
	3	3	5.3 ±0.3	5-6		5	9.6 ±1.2	5-14	
	2	20	9.5 ±0.9	4-14		27	10.5 ±0.8	7-18	
	1	4	11.8 ±0.6	9-14		2	12.5	11-14	
	0	1	15.0			2	13.5	13-14	

表3. 性別磨減クラス別標本年齢の違いについての二元配置分散分析結果.

部位	効果	自由度	F	P
第1切歯	性	1,88	1.127	0.291
	磨減クラス	5,88	30.200	<0.001
	性×磨減クラス	5,88	0.320	0.900
第1後臼歯	性	1,82	0.230	0.633
	磨減クラス	4,82	30.418	<0.001
	性×磨減クラス	4,82	0.190	0.943
第2後臼歯	性	1,83	0.199	0.657
	磨減クラス	5,83	28.131	<0.001
	性×磨減クラス	5,83	0.129	0.985
第3後臼歯	性	1,77	0.412	0.523
	磨減クラス	7,77	21.184	<0.001
	性×磨減クラス	7,77	0.833	0.563

表4. 洞爺湖中島において生体捕獲された年齢既知個体の第1切歯磨減クラスと年齢.

性	磨減クラス	n	年 齢														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	>14
オス	I	4	4														
	II	9	7	2													
	III	13		8	4	1											
	IV	5						1	2	2							
	V	3									3						
	VI	2										1	1				
	VII																
メス	I	8	8														
	II	7	2	4	1												
	III	22	3	10	7			1	1								
	IV	5						4			1						
	V	3							3								
	VI	4								1					2	1	
	VII	1												1			

下線は自然死亡個体の相当クラスにおける年齢範囲（表2）を示す.

表5. 洞爺湖中島のエゾシカのメス生体に適用可能な年齢査定方法と査定される年齢クラスおよびその生物学的意味.

査定方法	査定される年齢クラス	生物学的意味
歯列萌出交換	0～3歳の各年齢	生長段階
第1切歯磨減クラス	IV	4歳以上 繁殖齢に達している段階
	V-VI	7歳以上 繁殖最盛期に達している段階
	VII	11歳以上 繁殖最盛期を過ぎつつある段階

実験所の方々にお世話になった。標本作製および年齢査定の際には、北海道環境科学研究センター野生動物科の皆さまにお世話になった。八谷昇氏と釣賀一二三氏には年齢査定方法についてご指導いただき、吉田憲吾氏（元北海道環境科学研究センター臨時研究補助員）には標本作製と年齢査定をご協力いただいた。Dr. D. Halleyには英文のチェックをお願いした。記して感謝します。

引用文献

- 1) Clutton-Brock, T. H., F. E. Guinness and S. D. Albon "Red deer: ecology and behavior of two sexes" . 378pp, The University of Chicago Press, Chicago, 1982.
- 2) 大泰司紀之: 遺跡出土ニホンジカの下顎骨による性別・年齢・死亡季節査定法, 考古学と自然科学, Vol. 13, pp. 51-74, 1980.
- 3) 八谷 昇, 大泰司紀之「骨格標本作製法」129pp, 北海道大学図書刊行会, 札幌, 1994.
- 4) 大泰司紀之: 切歯の磨滅による奈良公園のシカの年齢推定法, 昭和50年度天然記念物「奈良のシカ」調査報告, pp. 71-95, 春日顕彰会, 奈良, 1976.
- 5) Takahashi, H., K. Kaji and T. Koizumi: Molar wear rates in Sika deer during three population phases: increasing versus decline and post-decline phases. *Mammal Study*, Vol. 24, No. 1, pp. 17-23, 1999.
- 6) 北海道環境科学研究センター「ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書 III」100+6pp, 北海道環境科学研究センター, 札幌, 1997.
- 7) 梶 光一: 洞爺湖中島のエゾシカ個体群動態と個体群の質, 平成8~12年度重点研究報告書 エゾシカの保全と管理に関する研究, pp. 9-17, 北海道, 2001.
- 8) 梶 光一, 小泉 透, 大泰司紀之, 坪田敏男, 鈴木正嗣: ニホンジカの大量捕獲方法の検討. *哺乳類科学*, Vol. 30, pp.183-190, 1991.
- 9) Tsuruga, H., M. Suzuki, H. Takahashi, K. Jinma and K. Kaji: Immobilization of sika deer with medetomidine and ketamine, and antagonism by atipamezole. *Journal of Wildlife Diseases* Vol. 35, pp. 774-778, 1999.
- 10) 高橋裕史, 梶 光一, 吉田光男, 釣賀一二三, 車田利夫, 鈴木正嗣, 大沼 学: シカ用捕獲ワナ アルパインキャプチャーの改良, *哺乳類科学*, Vol. 42, No. 1, 印刷中.
- 11) Kaji, K., T. Koizumi and N. Ohtaishi: Effects of resource limitation on the physical and reproductive condition of Sika deer on Nakanoshima Island, Hokkaido. *Acta Theriologica*, Vol.33, pp.187-208, 1988.
- 12) Takahashi, H. and K. Kaji: Fallen leaves and unpalatable plants as alternative foods for sika deer under food limitation. *Ecological Research*, Vol. 16, No. 2, pp. 257-262, 2001.
- 13) 田中純平: 洞爺湖中島エゾシカ個体群の仔の生存における母親の影響. 北海道大学修士論文. 24+12pp. 2001.
- 14) 鈴木正嗣: 野生ニホンジカ (*Cervus nippon*) における不動化, 成長および繁殖に関する研究. 北海道大学博士論文. 139pp. 1994.
- 15) Suzuki, M., Y. Nakamura, M. Onuma, J. Tanaka, H. Takahashi, K. Kaji and N. Ohtaishi: Acid-base status and blood gas arterial values in free-ranging sika deer hinds immobilized with medetomidine and ketamine. *Journal of Wildlife Diseases*, Vol. 37, No. 2, pp. 366-369, 2001.
- 16) 北海道環境科学研究センター「ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書 I」164+30 pp, 北海道環境科学研究センター, 札幌, 1995.
- 17) Skogland, T.: Tooth wear by food limitation and its life history consequences in the wild reindeer. *Oikos*, Vol. 51, pp. 238-242, 1988.
- 18) Kojola, H., T. Helle, E. Huhta and A. Niva: Foraging conditions, tooth wear and herbivore body reserves: a study of female reindeer. *Oecologia*, Vol. 117, pp. 26-30, 1998.
- 19) 宮木雅美, 堀 繁久, 西川洋子, 梶 光一: 洞爺湖中島における環境収容力に関する研究, 自然度の高い生態系の保全を考慮した流域管理に関するランドスケープエコロジー的研究, pp. 143-147, 北海道森林技術センター, 札幌, 1995.
- 20) 高槻成紀「歯から読みとるシカの一生」156pp. 岩波書店, 東京, 1998.
- 21) 古林賢恒, 三谷奈保: 歯の磨滅分析, 丹沢大山自然環境総合調査報告書, pp. 364-365, 神奈川県, 1997.
- 22) 馬場 稔, 城間恒宏: 死亡個体の分析, 小値賀地区野崎ダム影響評価調査報告書, pp. 17-22, 九州大学大学院理学研究科生態科学研究室, 福岡, 2000.

Age class estimation by tooth wear class for sika deer on Nakanoshima Island, Hokkaido

TAKAHASHI Hiroshi
TANAKA Junpei
KAJI Koichi

Abstract

We tested relationships between wear classes of first incisor (I_1) or lower molars and cementum age to obtain the age class index for sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) on Nakanoshima Island, where the deer population has been monitored. We used 124 mandibular specimens (52 males and 72 females) collected from carcasses by natural mortality on the island between 1992 and 2000. The cementum age was significantly different between the wear classes ($P < 0.001$) but varied widely among individuals. Using the wear class of I_1 in females, however, we could divide the specimens into three age classes: ≥ 4 years when the deer reached reproductive age; ≥ 7 years when the deer have reached prime age; ≥ 11 years when the deer would be over prime age. We could apply this classification to live-captured animals whose age was known. We detected no sexual difference in wear rates.

北海道における物質収支について

環境科学部 田渕 修二 阿賀 裕英

要 約

本道は、人口一人当たりを基本にした場合、物質投入量、資源採取量そして廃棄物発生量など多くの面で全国平均を上回っている。また、廃棄物の再生利用割合は全国と同程度ではあるものの、畜産ふん尿を除くと若干低い状況にある。今後、本道の循環型社会の構築に向け、地域内物質循環システムのより一層の充実や道内各地域における再生資源有効利用システムの確立などが求められる。

Key words: 物質収支、循環型社会、輸出・入、移出・入、資源採取、再生利用

1 はじめに

環境問題が大きな社会問題として顕在化するなか、資源消費国である我が国は西暦2000年を循環型社会元年と位置づけ、大量生産、大量消費、大量廃棄の社会システムを環境への負荷を軽減した循環型の社会システムに改めるべく、「循環型社会形成推進基本法」や各種リサイクル法の制定、廃棄物処理法の改正など一連の法整備を行った。

北海道においても、種々の人間活動の中から排出される廃棄物の発生量は膨大な量となっており、その処理は本道の環境を保全する観点からも大きな課題となっている。このため道においては、本道の環境重視型社会を実現するために策定した「北海道環境基本計画」に基づく重点施策の1つとして、廃棄物の減量化、リサイクル及び適正処理を総合的に推進するための「ごみゼロ・プログラム北海道」を平成12年に策定し、取組を進めているところである。

ここでは北海道における循環型社会を構築するための一助として、平成11年度（一部10年度）の統計資料等に基づき、北海道における物質収支がどのような現状にあり、どのようなことが課題なのか検討した。

2 我が国における物質収支

平成13年版循環型社会白書における我が国の物質収支の概要（平成11年度）は図-1のようであり、20.4億トンの総物質投入量に対し約半分が建物、社会インフラとして蓄積され、約4割がエネルギーや食料消費、廃棄物として環境中に排出されている。なお、ここで廃棄物については十分な情報がなかったため、廃棄物からの再生利用量を含め平成7年度の数値を用いた。

物質収支からみた課題として、①平成11年度の総物質投入量は、昭和45年の1.3倍、また、資源採取量は昭和55年

の1.2倍と高い水準にあること、②資源、製品等の流入量と流出量がアンバランスであること、③再生利用量がエネルギー消費や輸出分を除いた総物質投入量の約7分の1と低い状況にあること、④総廃棄物発生量が経年的に高い水準で推移していること、⑤エネルギー消費量も高い水準で推移しており、また、他先進国と比較しても高水準にあること、などを挙げている。

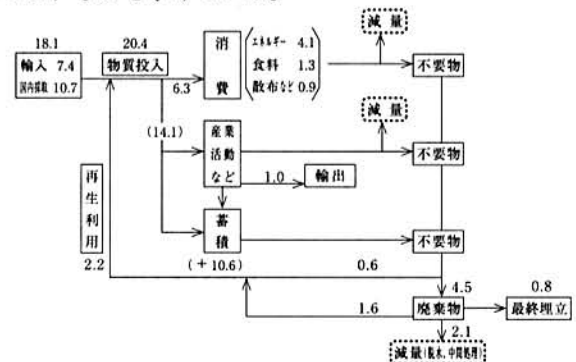


図-1 我が国の物質収支（平成11年度）（単位：億トン）

3 北海道における物質収支

3.1 輸出、輸入の状況

平成11年度における本道の輸出入は表-1のとおり、輸出が134.3万トン、輸入が2821.2万トンとなっており、我が国全体の傾向と同様に圧倒的な輸入超過となっている。

主な輸出品は、鉄鋼等の金属及びその加工品が約50万トン、硫黄、粒状スラグ等の鉱物類約20万トン、硫酸及び発煙硫酸約20万トン、紙類約17万トン、コークス約16万トンなどであり、鉄鋼や紙パルプなどの一次加工品類が主な輸出品となっている。

一方、輸入については、原油・石炭等約1,720万トン、木材・パルプ等約390万トン、鉄鉱石等約260万トン、穀物約200万トンなどであり、圧倒的に自然界から採取または生産された資源が主な輸入品となっている。

表一 北海道の輸出入 (平成11年度)

品名	輸出	輸入
食料品	3.0	34.2
穀物	0.5	204.5
飼料	0.6	73.1
肥料	0	84.2
鉱物類	19.5	263.5
原油・石炭等	16.2	1,721.1
木材・パルプ・紙類及び加工品	17.7	390.4
金属及び加工品	50.6	16.0
機械類、輸送機器類	3.7	2.6
プラ・ゴム及び加工品、化学工業生産品	0.9	6.8
革・綿・人造繊維及び加工品	0.3	2.7
その他	21.3	11.1
総計	134.3	2,821.2

(単位：万トン)

3.2 移出、移入の状況

北海道の平成11年度における移出入は表一のとおり、移出2,783万トン、移入3,333万トンであり、550万トンの移入超過となっている。

移出の主なものは、石油製品などの化学工業品、石炭、砂利・砂、石灰石などの鉱産品、紙・パルプ、食料工業品などの軽工業品などであり、移入については、やはり化学工業品が最も多く、次いで機械、鉄鋼などの金属機械工業品、非金属鉱、石灰石などの鉱産品などとなっている。

北海道の移出入の特徴として、①移出入に占める農林水産品の割合は、軽工業品に分類される食料工業品を含め、移出が約15% (419万トン)、移入が約6% (193万トン)でありそれ程大きな割合を占めてはいないが、226万トンの移出超過であること、②鉱産品については、石炭及び砂利・砂などはそれぞれ約200万トンの移出超過であるが、その他の非金属鉱が400万トン余の移入超過であること、③機械等の金属機械工業品については、移出261万トン、移入699万トンであり圧倒的に移入が多いこと、④石油製品、セメントなどの化学工業品については、移出、移入ともに割合としては最も多く、全体では170万トンの移入超過であること、⑤軽工業品については、紙・パルプが221万トン、食品工業品が75万トンの合わせて296万トンの移出超過であること、などが挙げられ、一次産業及び食料・パルプ・紙関連の製造部門については優位性があるが、それ以外の製造部門については相対的に道外に依存している本道の産業構造の特徴が伺える。

表二 北海道の移出入 (平成11年度)

	移出	移入
農林水産品	233	82
鉱産品	584	638
金属・機械工業品	261	699
化学工業品	876	1,046
軽工業品	446	150
雑工業品	48	109
特種品	32	233
その他	303	377
計	2,783	3,333

(単位：万トン)

3.3 生産の状況

平成11年 (一部11年度) に道内で採取または生産された主な資源を表一に示したが、全国の資源採取量10.7億トンの8.1%が本道で産出されている。

表三 北海道の採取資源

	採取量	内訳
鉱産資源	4,933	石炭272、天然ガス5、砂利・砂1,225、砕石1,956、石灰石903、火山灰等572
植物性資源	3,196	水稲74、小麦31、馬鈴しょ226、てん菜379、豆・野菜・果樹等154、飼料作物2,155、木材178
動物性資源	546	生乳363、枝肉15、卵11、魚98、水産動物14、貝類42、海藻2
計	8,675	

(単位：万トン)

3.4 消費の状況

ここでは主な消費項目として、エネルギー消費、食料消費、飼料消費及び肥料等の消費を対象とした。

まず、エネルギー消費については、石油、石炭等が全てエネルギーとして消費されたと仮定すると、輸・移入と道内生産分から輸・移出を差し引いた1,858万トンが道内でのエネルギー消費量となり、全国の約4.5%となる。内訳は、石油が1,256万トン、石炭が589万トン、その他が13万トンとなっている。

食料については、輸・移入分421万トンと道内生産分1,409万トンから輸・移出分398万トンを差し引いた1,432万トンが道内での消費分となる。

家畜動物による飼料の消費量は、輸・移入から輸・移出分を差し引いた160万トンと道内での生産分2,155万トン (大部分が牧草) の併せて2,315万トンであり、対象動物として乳牛、肉牛、豚、鶏などとなっている。なお、ここでは放牧などに伴う牧草等の消費は把握が難しく除外した。

肥料については、輸・移入分117万トンから輸・移出分4万トンを差し引いた113万トンを道内での消費量とした。なお、ここでも道内で生産、消費された量については把握していないためカウントしていない。

3.5 廃棄物の発生状況等

平成10年度における廃棄物の発生量は、産業廃棄物が3,842万トン、一般廃棄物が276万トンの計4,118万トンであり、うち1,498万トンが再生利用され、脱水、中間処理等による減量化分1,256万トンを除いた1,364万トンについては、保管扱い（畜産ふん尿、廃タイヤ等）958万トン、最終埋立処分405万トンとなっている。

3.6 物質収支

北海道における物質収支の概要を図-2に示す。

総物質投入量は、輸・移入と道内生産分1億4,800万トンと廃棄物からの再生利用分約1,500万トンの合計1億6,300万トンであり、うち約1/3がエネルギーや食料、飼料などとして消費され、残りは主に産業活動などに利用されている。

なお、再生利用量としては、消費や産業活動等から排出される不要物のうち廃棄物としてカウントされていないものも加わるため、実際には1,500万トンよりも多くなるが、量的な把握が困難なためここでは省略した。

産業活動などには1億トン余りが投入されているが、約2,900万トンが輸・移出分として、また建物や社会インフラとしての蓄積分として約6,000万トンが生産され、生産過程での減量分を除いた残りが廃棄物として排出されている。

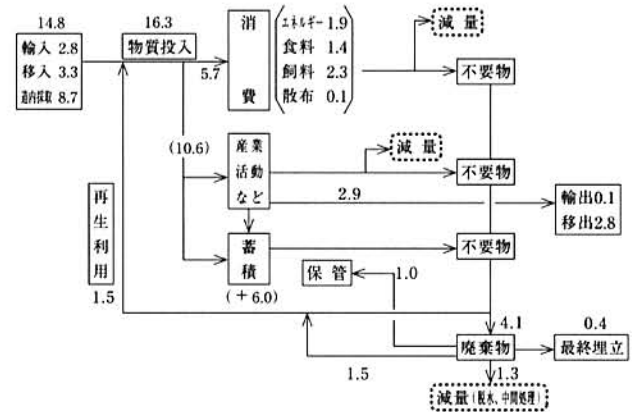


図-2 北海道の物質収支（平成11年度）（単位：千万トン）

次に、全国と北海道の物質収支比較を表-4に示す。

総物質投入量は、輸・移入量、資源採取量、再生利用量の総量であるが、人口の全国比で4.5%の本道が総物質投入量で全国比8.0%と大きい理由は、北海道の集計において全国ではカウントしない他都府県からの移入が加わること（ちなみに、移入分を除くと6.4%となる。）と、とくに、飼料作物（牧草等）や鉱産物（砂利、碎石、火山灰等）などの資源が全国比8.1%と相対的に多く生産または採取されていることによる。

食料消費量については、全国の消費量1億3,000万トンの約11%を占めているが、これは食料消費量としての集計

が製品重量としてだけではなく、生産時点や水揚げ時点におけるものなども含んでいることが主な理由と考えられる。本道は、とくに加工過程で減量化率の大きいてん菜の国内唯一の生産地であり、また、馬鈴薯など主に加工用途向け農産物等の生産割合も全国に比べて高い。

次に、廃棄物についてはその発生量が全国比で見ると極端に多いが、これは本道の特徴といえる酪農業から排出される畜産ふん尿が、道内における総廃棄物発生量のおよそ半分の約2,000万トン排出されていることが大きな理由である。

再生利用量は約1,500万トン、全国比で6.8%であり、廃棄物からの再生利用割合で見ると全国とほぼ同等の約37%程度となっている。但し、再生利用割合が約50%の畜産ふん尿を除くその他の廃棄物の利用割合は約25%であり、同様の全国での利用割合約29%と比較して多少低い状況にある。

表-4 全国と北海道の物質収支比較

	全国	北海道	割合
総物質投入量	204	16.3	8.0(%)
輸入量-輸出货量	64	3.2*	5.1
資源採取量	107	8.7	8.1
エネルギー消費量	41	1.9	4.5
食料消費量	13	1.4	11.0
総廃棄物発生量	44	4.1	9.3
再生利用量	22	1.5	6.8
蓄積	106	6.0	5.7

（単位：千万トン）

※ 北海道については、輸・移入量-輸・移出量とした。

4 まとめ

北海道は人口で対全国比4.5%であるが、面積割合では22.1%を占めており、産業構造として、広大な大地を活用した農作・畜産等の農業や水産業を中心とする一次産業と、製造業においては紙パルプ等の一次加工産業の占める割合が全国に比べて高いことに特徴がある。

循環型社会白書において、我が国が経年的に、物質投入、資源採取、廃棄物発生そしてエネルギー消費等において高水準の状況にあり、再生利用等において低水準であるとする観点から北海道の現状をみると、人口一人当たりを基本とした場合、前述した北海道の地域性、産業構造等を反映して、物質投入量、資源採取量そして廃棄物発生量など多くの面で全国平均をさらに上回る高い水準にあり、また、畜産ふん尿を除く廃棄物の再生利用割合は若干低い状況にある。

物質収支からみた本道の主な課題として、①総物質投入量が全国平均を上回って高水準であること、②資源・製品

の輸・移入量と輸・移出量が約2:1とアンバランスな状態であり、とくに輸出入については、約20:1と一方的な輸入超過であること、③廃棄物の発生量が多くかつ再生利用割合が低いこと、などが挙げられるが、今後は、本道の循環型社会を構築するために、道民、事業者、行政がより一層の連携を図り効率的な資源の利用に努めるとともに、各分野における生産加工消費のシステムいわゆる地域内物質循環システムのより一層の充実や道内各地域における再生資源有効利用システムの確立とネットワーク化などが強く求められる。

引用文献

- 1) 環境省：循環型社会白書（平成13年版），2001.
- 2) 北海道経済部：北海道貿易統計，1999.
- 3) 北海道：北海道統計書，2001.
- 4) 北海道通商産業統計研究会：北海道通商産業統計年鑑，2000.
- 5) 北海道経済部：北海道エネルギー概況，2000.
- 6) 国土交通省総合政策局情報管理部：貨物地域流動調査 旅客地域流動調査（平成11年度），2001.
- 7) 北海道：農業・農村の動向等に関する年次報告付属統計表（平成12年度），2001.
- 8) 北海道水産林務部：北海道水産現勢（平成11年），2001.
- 9) 北海道：北海道産業廃棄物実態調査報告書（平成10年度），2000.
- 10) 北海道環境生活部環境室廃棄物対策課：北海道一般廃棄物事業概要（平成10年度），2001.

Material Balance in Hokkaido prefecture

Shuji Tabuchi, Hirohide Aga

Abstract

The usage of resources, the consumption of natural resources and the amount of wastes discharged per head in Hokkaido prefecture are greater than the Japanese national averages of them. Though the ratio of reused wastes (in the total of whole wastes) in Hokkaido is as high as one in Japan, when we don't take livestock physical wastes into the account the ratio is a little bit smaller than one in Japan.

In order to construct a recycling-based society in Hokkaido we have to reform a domestic regional recycling-based society system and establish measures to promote usage of reproduced products in future.

J R 江差線の等価騒音レベルに関する一考察

環境科学部 小幡 真治 高橋 英明

Key words: J R 江差線 等価騒音レベル

1 はじめに

青函トンネルの開通により1988年3月、函館—青森間に津軽海峡線が開業した。本線は一部在来線と重複しており、この重複区間では1日の列車通過本数が、20数本から100本以上へと大幅に増加した。さらに、夜間にはほとんど運行のなかった貨物列車が頻繁に運行されはじめたため、沿線住民から騒音振動に関する多くの苦情がよせられるようになった。これに対しJR北海道は、枕木の改良やロングレール化等による騒音振動の低減化対策を実施した。

筆者らは開業以来、海峡線の江差線部分（以下江差線と記す）について沿線の列車騒音の調査を行ってきた¹⁾。その中で、騒音の大きさだけでなく、継続時間も考慮する単発騒音暴露レベルを、全通過列車について測定し、その測定値から計算される等価騒音レベルが、様々な種類の列車が昼夜運行する江差線では、騒音の評価指標として適していると考えてきた¹⁾。この等価騒音レベルは、音響エネルギーを時間平均した物理的な騒音評価手法である。

本稿では、江差線の列車運行状況が将来変化する可能性も考えられることから、1998年の単発騒音暴露レベル測定結果を基礎データとして、等価騒音レベルの変動を予測し、考察を行った。

2 予測に用いた基礎データの測定手法について

津軽海峡線とは、函館市から青森市に至る全長約160kmの区間の通称である。そのうち函館駅隣の五稜郭駅から木



図1 測定地点図

古内駅間は、在来線の江差線を併用している。測定点の概要を図1に示す。

函館市とその隣町上磯町、更にその隣町の木古内町の、江差線沿線3地点で下記の条件で測定した。各測定点ともロングレール軌道の防音壁のない、平坦部区間に面した空地内であり、半径10m以内に建物のない場所を選び、軌道中心からの距離25m、地上高1.2mの位置に受音マイクを設置した。騒音計の聴感補正特性はA特性、動特性はslowとし、24時間、通過列車ごとの単発騒音暴露レベルを測定した。これらを基礎データとして、等価騒音レベルを予測し、考察を行った。また、列車種類は目視と列車運行図表から判別した。

3 結果と考察

3.1 現状の等価騒音レベル

現状の等価騒音レベルと列車種類別の単発騒音暴露レベルのパワー平均値を表1に示す。

表1 時間帯別等価騒音レベルと列車種類別単発騒音暴露レベルのパワー平均値

測定地点		函館市	上磯町	木古内町
函館市昭和町22-9		函館市昭和町22-9	上磯町七重浜7丁目	木古内町太平
軌道中心から測定点までの距離		25m	25m	25m
路盤		平坦地	平坦地	平坦地
等価騒音レベル	昼7:00から22:00 15時間	59 (通過列車本数90) 1時間あたり6.0本/時 内貨物1.8本/時	61 (通過列車本数89) 1時間あたり5.9本/時 内貨物1.8本/時	57 (通過列車本数71) 1時間あたり6.0本/時 内貨物2.1本/時
	夜22:00から7:00 9時間	59 (通過列車本数90) 1時間あたり6.0本/時 内貨物1.8本/時	61 (通過列車本数89) 1時間あたり5.9本/時 内貨物1.8本/時	57 (通過列車本数71) 1時間あたり6.0本/時 内貨物2.1本/時
列車種類別	単発騒音暴露レベル	パワー平均値dB (A)	パワー平均値dB (A)	パワー平均値dB (A)
	貨物	89 (52本)	92 (52本)	87 (54本)
	特急	85 (19本)	88 (19本)	83 (19本)
	急行	91 (2本)	91 (2本)	87 (2本)
	快速	89 (15本)	89 (15本)	85 (15本)
普通	83 (38本)	83 (37本)	81 (17本)	

江差線では、昼間と夜間の等価騒音レベルは、ほぼ同じ値を示している。一般的には、1時間あたりの通過列車本数が減少する夜間には、等価騒音レベルは昼間に比べて低くなることが知られている。江差線においても、夜間の、全列車の1時間あたりの通過本数は減少しているが、貨物の1時間あたりの通過本数は、逆に夜間に増加している。

図2に示すように、縦軸の騒音の大きさを代表するピーク値は、各列車種とも同じような範囲の分布傾向を示しているが、横軸を見ると、貨物列車の騒音継続時間は、列車長が長いため、他の列車種に比べて、長い傾向に分布している。単発暴露騒音レベルは、騒音の大きさだけではなく、騒音の継続時間も考慮する値である。そのため、図3に示すように、貨物列車は、ピーク値が同じくらいの値であっても、他の列車種と比べて、高い単発騒音暴露レベルを示す傾向にある。

昼間と夜間の等価騒音レベルに、あまり差が現れなかったのは、貨物列車の1時間あたりの通過本数が増え、その高い単発騒音暴露レベルが、等価騒音レベルを計算する際に、夜間の列車本数の減少分を補ったためと思われる。

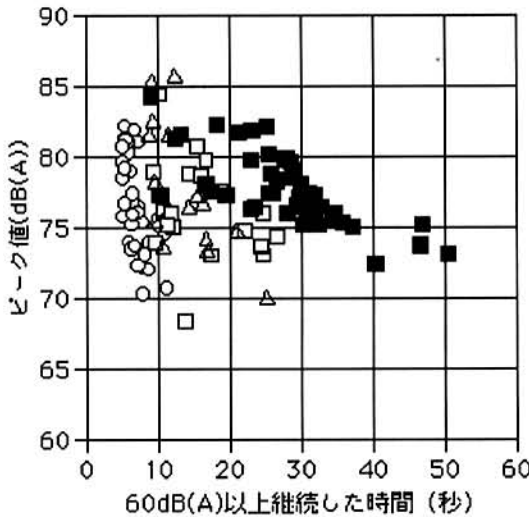


図2 各列車種の騒音継続時間の分布

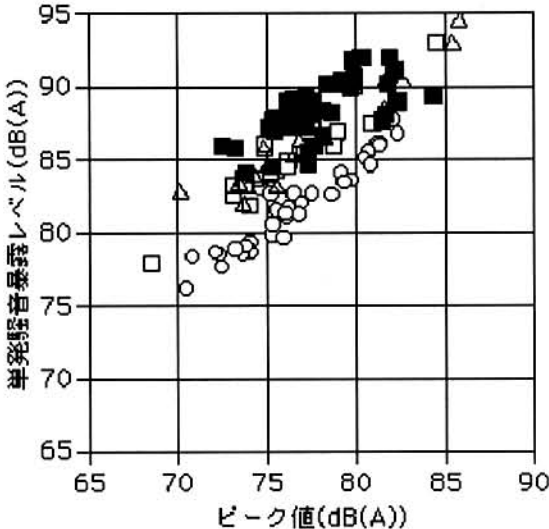


図3 各列車種の単発騒音暴露レベルの分布

○普通 □急行 △快速 ■貨物

3.2 運行状況の変動に伴う等価騒音レベルの変化予測

現在、海峡線には新幹線を運行する計画がある。もし新幹線が運行されたならば、江差線の旅客列車の運行状況は

大きく変わる。2つの場合を想定して、それに伴う等価騒音レベルの変化を予測し、現状の値と共に表2に示す。

表2 運行状況の変動に伴う等価騒音レベルの変化予測

		函館市	上磯町	木古内町
測定地点		函館市昭和町22-9	上磯町七重浜7丁目	木古内町太平
軌道中心から測定点までの距離		25m	25m	25m
路盤		平坦地	平坦地	平坦地
環状	昼7:00から22:00	59.1 (通過列車本数90) 普通35 特急13 急行0 快速15 貨物27	61.2 (通過列車本数89) 普通33 特急13 急行0 快速15 貨物28	56.7 (通過列車本数71) 普通14 特急11 急行0 快速15 貨物31
	夜22:00から57:00	58.3 (通過列車本数36) 普通3 特急6 急行2 快速0 貨物25	61.6 (通過列車本数36) 普通4 特急6 急行2 快速0 貨物24	56.8 (通過列車本数36) 普通3 特急8 急行2 快速0 貨物23
江差線での特急急行快速の運行が無くなった場合	昼7:00から22:00	57.3 (通過列車本数62) 普通35 貨物27	59.7 (通過列車本数61) 普通33 貨物28	55.2 (通過列車本数45) 普通3 貨物23
	夜22:00から57:00	57.3 (通過列車本数28) 普通3 貨物25	60.9 (通過列車本数28) 普通4 貨物24	56.3 (通過列車本数26) 普通3 貨物23
江差線にミニ新幹線が運行する場合	昼7:00から22:00	57.5 (通過列車本数75) 普通35 ミニ新幹線13 貨物27	59.7 (通過列車本数74) 普通33 ミニ新幹線13 貨物28	55.3 (通過列車本数56) 普通14 ミニ新幹線11 貨物31
	夜22:00から57:00	57.4 (通過列車本数36) 普通3 ミニ新幹線8 貨物25	60.9 (通過列車本数36) 普通4 ミニ新幹線8 貨物24	56.1 (通過列車本数36) 普通3 ミニ新幹線10 貨物23

3.2.1 江差線での特急・急行・快速の運行が無くなった場合

江差線で現在運行する特急と急行と快速が、新幹線に移行すると考え、江差線での特急・急行・快速の運行が、無くなった場合の、等価騒音レベルを予測してみた。予測結果は、例として函館の昼間の予測値をみると59.1dBから57.3dBという値になり1.8dB減少した。他の測定点についても昼間は1.5dBの減少が予測された。しかし、夜間は各測定点とも1.0dB以下の減少にとどまった。

3.2.2 ミニ新幹線が江差線を走る場合

現在、既存の在来線を活用して、安価に新幹線の乗り入れを行う、通称「ミニ新幹線」という新幹線運行方法が、山形新幹線や秋田新幹線で採用されている。江差線にもこの方法が採用された場合の、等価騒音レベルを予測してみた。ミニ新幹線乗り入れ後の江差線の運行状況は、山形新幹線開通前後の奥羽本線を参考に、現行の全ての特急・急行がミニ新幹線に置き換わり、快速の運行はなくなると仮定した。また、ミニ新幹線の単発騒音暴露レベルは、山形新幹線「つばさ」のデータ²⁾を用いた。予測結果は例として、上磯の昼間の予測値をみると61.2dBから59.7dBという値になり、全地点の昼夜において0.7dBから1.6dBの若干の減少が予測された。

4 まとめ

江差線の等価騒音レベルは、単発騒音暴露レベルの高い貨物列車に支配されているため、特急・急行・快速の運行が無くなっても、もしくはミニ新幹線に置き換わっても、等価騒音レベルの変化は微小であると推測される。これらのことから、旅客列車の運行状況の変化は、現状の江差線

沿線における等価騒音レベルの変化に、あまり関与しないものとみなすことができる。

5 謝 辞

本調査にあたり山形県環境保全センターの水戸盛雄氏、秋田県環境センターの児玉仁氏の両氏に、御協力を賜りました。ここに記して深く感謝いたします。

6 引用文献

- 1) 高橋英明、齋藤卓也：JR津軽海峡線の騒音調査、北海道環境科学研究センター、Vol16 21-26 (1989)
- 2) 山形県の環境情報No41「山県新幹線新庄延伸に伴う騒音調査結果」(2001)

Study of Equivalent Continuous Sound Pressure Level along Esashi Line

Shinji Obata
Hideaki Takahashi

Abstract

The equivalent continuous sound pressure level along Esashi Line is determined mainly by freight trains, which have high sound exposure levels, and hence if all express and rapid trains services were abolished or switched with mini-Shinkansen trains the equivalent continuous sound pressure level along Esashi Line would not change so much.

Accordingly, we could consider that passenger trains have little to do with the equivalent continuous sound pressure level along Esashi Line.

Key word: JR Esashi Line

Equivalent Continuous Sound Pressure Level

常呂川・網走川の河川水質汚染の特性 その1

－ 全域調査結果 －

石川 靖 齊藤 修 三上 英敏 今泉 晴夫*

要 約

北海道の北東部、網走支庁管内にある常呂川と網走川は、農業や工業等の生産活動に加えて飲用としても利用される流域の住民にとって重要な水資源である。しかし、近年、両河川ともに水質汚濁が懸念されてきている。筆者らは、上流から下流までに調査点を設け、1998年（年4回）及び1999年（年5回）に調査を行った。その結果、COD、窒素成分、リン成分のような水質汚濁指標濃度やその関連物質が、流下に伴って、ほぼ上昇する傾向が見られた。この結果を基に調査地点流域の比流出量を算出した。人為的汚染源のない上流の比流出量に比べ、人為活動が活発な中流域で比流出量が高い傾向があり、これらの流域にCOD、窒素成分、リン成分等の成分を多く供給する汚染源があると考えられた。

Key words: 常呂川、網走川、河川負荷量、濃度変動、比流出量

1 はじめに

常呂川と網走川は、網走支庁管内流域の農業振興や水道水源に寄与していると共に、オホーツク海に流れ出て漁業資源を育てている。また、常呂川上流のダム湖（おけと湖）や網走川下流の網走湖は、風光明媚な観光資源である。

しかし、1998年度の北海道主要15河川の下流測定点における、主な項目の年平均値の比較では、常呂川（測定点、忠志橋）の全窒素（以下TN）は2.08mg/lと最も悪く、全リン（以下TP）は0.072mg/lと2番目に悪く、網走川（測定点、網走橋）のそれぞれは、1.09mg/l（悪い方から5番目）、0.059mg/l（同じく5番目）と¹⁾良好とは言えない。それ以外にも常呂川は、畜産系排水等による糞便汚染が問題化²⁾している。網走湖は、*Anabaena*の発生に伴う富栄養化や青潮による漁業被害³⁾の水質環境問題があり、地元では網走湖環境保全対策推進協議会や網走湖水質保全対策検討委員会を設置して、様々な流域対策等の検討⁴⁾を進めている。

この様に近年、両河川とも湖沼の富栄養化や水域の開発等による水質汚濁が進行し、その対策が急がれていることから、地域住民や関係機関が一体となり、両水域の環境保全対策を行う必要が出てきている。

本調査は、環境保全対策事業を推進する基礎資料を得るために、常呂川及び網走川の汚濁負荷と環境の現況を把握する目的で行った。本報告は、1998年から2000年までの3年間行った調査のうち、源流部に近い上流から河口までの全域調査を行った1998年と1999年の結果である。

2 調査地点概況

2.1 常呂川の概況と環境監視状況

常呂川は、1市（北見市）5町（常呂町、端野町、留辺蘂町、訓子府町、置戸町）を流域とし、流域面積1930km²、流路延長は120.0kmの一級河川である⁵⁾。

置戸町南西部境、石狩山地の三国山（1,514m）東麓より発し、支流を集めながら北東へ流れ、勝山でニトロコ川、中里でオンネアンズ沢を集水し、置戸町を貫流して、北見盆地に流入する。訓子府町で南部山地の山谷を集水して、北見市の北東を流れ無加川を合わせ、端野町で北に転じ、北見市北部山地より発した仁頃川を集め、常呂平野を灌流して常呂町内でオホーツク海に注ぐ河川である。

上流は、森林資源に富み流路一帯は網走支庁における重要な農耕地で⁶⁾、河岸段丘の発達も良く、玉葱、馬鈴薯のほか麦類が栽培されている。本川は生活、産業用水として水利用が多く、また河川生態系を保護する河川として極めて重要である。流域内における主要汚濁源は食品加工業、し尿処理場及び都市下水等の他に、季節操業の甜菜製糖等の工場が中流域の北見市に見られ、無加川上流には休止したイトムカ水銀鉱山がある。1970年9月に設定された環境基準⁷⁾を表-1に示す。健康項目については、各項目とも検出されていないが、BOD75%値は、1996年⁸⁾金比羅橋で1.2mg/l、忠志橋で2.9mg/l、1997年⁹⁾は、それぞれ1.7mg/l、2.8mg/lと基準超過が報告されている。最新の報告は、忠志橋で3.2mg/lと、引き続き常呂川下流部では基準超過が続いている⁴⁾。

*網走支庁環境生活課

表-1 常呂川水系における環境基準⁷⁾

水域の範囲	類型	達成期間	暫定目標	施策	環境基準地点名
常呂川上流 (北見市取水口より上流)	A	イ		1. 排水規制の強化 2. 共同処理技術の開発 3. 下水道整備の促進	北見市浄水場取水口
常呂川中流 (北見市取水口より下流)	B	ロ			忠志橋

常呂川には、90.7%を占める農業用水の他に上水、工業用水、その他の全体で18.359m³/secの水利権が、地域別に若松橋(無加川合流直後の橋)上流域に17.427m³/sec、下流域に0.932m³/secと設定されている⁷⁾。

表-2に常呂川流域の市町村別人口を示す。常呂川流域中流部にある北見市の人口が80%近い比率を占めている。ただし、直接海に注ぐ小河川を有する常呂町の人口には、常呂川流域以外の人口も含まれている。

表-2 常呂川流域の市町村別人口(単位:人)¹⁰⁾

常呂川流域		
町名	人口	比率
常呂町	5,385	3.8%
端野町	5,412	3.8%
北見市	111,520	77.7%
訓子府町	6,645	4.6%
留辺蘂町	10,208	7.1%
置戸町	4,305	3.0%
常呂川流域計	143,475	

表-3 経営耕地面積、乳肉用牛と豚の頭数(常呂川)

町名	水田	畑	乳用	肉用	豚
常呂町	0.0	48.0	825	64	160
端野町	13.6	73.1	1,059	738	370
北見市	11.1	42.1	4,706	747	1,790
訓子府町	2.92	57.3	5,735	1,446	1,042
留辺蘂町	0.03	34.0	2,459	810	821
置戸町	0.02	43.5	5,662	1,026	250
合計	27.7	298.0	20,446	4,831	4,433

単位:田、畑:km²、乳用牛、肉用牛、豚:頭

また、汚濁低減に向けた下水道整備状況⁶⁾は、常呂川流域の6市町とも整備中であり、整備率は30.9%(常呂町特定環境保全公共下水道)~100.0%(端野地区農業集落排水)となっている。最も人口の多い北見市では94.9%である。

表-3に経営耕地面積、乳肉用牛と豚の頭数を示す¹⁰⁾。常呂川流域の水田の比率は1割以下であり、畑の耕作面積が大きい。後述の網走川流域と比較すると乳肉用牛が多い。

表-4 網走川水系における環境基準⁷⁾

水域の範囲	類型	達成期間	暫定目標	施策	環境基準地点名
網走川上流(大正橋より上流)	A	イ		1. 排水規制の実施 2. 共同排水処理施設の整備	大正橋
網走川中流(大正橋~網走湖)	B	ロ			治水橋
網走川下流(網走湖より下流)	B	ロ			網走橋
美幌川上流(みやこ橋より上流)	A	イ			みやこ橋
美幌川上流(みやこ橋より下流)	B	ロ			美幌橋
網走湖	湖沼A	イ			湖心

2.2 網走川の概況と環境監視状況

網走川は、1市(網走市)3町(女満別町、美幌町、端野町)を流域とし、流域面積1380km²、流路延長115kmの一級河川である⁵⁾。本川は津別町南部端、阿幌岳(978m)南麓より発し、初め南西を流れて阿幌岳の南西裾を迂回して北に走り、相生で支流を集め、ドートロマップ沢を集水して、本岐でケミチャップ川、チミケップ川を合わせて北北東に転じ、北流して来たオンネキキン川、津別川と東流して来た達古布川を合わせて美幌町に入る。支流を集水しながら美幌町内を貫流、美幌川を合し女満別町を流入し網走湖に注ぐ。網走市でオホーツク海域に注がれるが、同湖からの流出は緩く、干満の影響を受ける。本流、支流を通じて河岸段丘が発達し、美幌町付近より上流は畑地が、下流の平野には水田が開けている⁶⁾。

本川は、河川生態系を保護する河川として極めて重要であり、網走湖についても魚貝類の漁場として利用度が高い。主要な水質汚濁源は、中流部に都市下水、季節操業の甜菜製糖工場があり、下流部に都市下水、食品加工場等がある。

1971年5月に網走湖を含めて設定された環境基準等⁷⁾を表-4に示す。また、網走湖では青潮の発現や富栄養化によるアオコの発生が確認されている。調査前の1996年のBOD75%値は⁸⁾大正橋で1.1mg/l、治水橋地点で1.7mg/l、網走橋地点で2.3mg/lであり、1997年⁹⁾は大正橋で1.4mg/l、治水橋で2.2mg/l、網走橋で3.2mg/lと報告され、最近の水質の変動が少ない。

網走川には、農業に65.7%、発電に30.6%、工業用水、その他を含め、合計15.444m³/secの水利権が、地域別には治水橋上流域に15.295m³/sec、下流域に0.149m³/secが設定されている⁷⁾。

表-5に網走川流域の市町村別人口を示す。網走川流域は、下流にある網走市が50%程度であり、中流の北見市に80%が集積している常呂川とは違いがある。ただし直接海に注ぐ小河川を有する網走市の人口は網走川流域以外の人口も含まれている。

表-5 網走川流域の市町村別人口（単位：人）¹⁰⁾

網走川流域		
町名	人口	比率
網走市	43,288	53.3%
女満別町	6,153	7.6%
美幌町	24,461	30.1%
津別町	7,280	9.0%
網走川流域計	81,182	

下水整備状況⁹⁾は、網走川流域の4市町で整備中であり、整備率は62.5%（網走市特定環境保全公共下水道）～96.2%（網走市公共下水道）である。

経営耕地面積、乳肉用牛と豚の頭数¹⁰⁾について表-6に示す。常呂川同様に水田の比率は1割以下であり、畑の耕

表-6 経営耕地面積、乳肉用牛と豚の頭数

町名	水田	畑	乳用	肉用	豚
網走市	0.0	72.0	3,221	1,989	290
女満別町	8.01	66.7	1,250	1,473	4,194
美幌町	2.88	97.2	2,756	1,464	6,014
津別町	0.60	51.6	2,262	3,189	269
合計	11.50	287.0	9,489	8,115	10,767

単位：田、畑：km²、乳用牛、肉用牛、豚：頭

表-7a 常呂川調査地点間の河川数と流域面積

調査点	調査地点名	河川数	山地	平地	合計
単位			km ²	km ²	km ²
常呂川合計		259	1505.5	200.9	1696.4
河川一覧の常呂川		<263>*1	<1660.6>*1	<269.4>*1	<1930.0>*1
	太幌橋下流	4	6.8	1.1	7.9
常呂1	太幌橋	57 (22.0)	288.4 (19.2)	18.1 (18.1)	306.5 (18.1)
常呂2	忠志橋	18 (6.9)	78.7 (5.2)	17.3 (5.7)	96.0 (5.7)
常呂3	中央橋	11 (4.2)	39.4 (2.6)	21.1 (3.0)	50.5 (3.0)
常呂4 (無加川末流)	第1観月橋	57 (22.0)	475.9 (31.6)	60.2 (31.6)	536.1 (31.6)
常呂5	第2観月橋	16 (6.2)	77.5 (5.1)	20.3 (5.8)	97.8 (5.8)
常呂6	蘭国橋	14 (5.4)	58.7 (3.9)	32.2 (5.4)	90.9 (5.4)
常呂7	日の出橋	26 (10.0)	134.3 (8.9)	26.7 (9.5)	161.0 (9.5)
常呂8	4号橋	14 (5.4)	75.0 (5.0)	1.2 (4.5)	76.2 (4.5)
常呂9	中里大橋	32 (12.4)	194.8 (12.9)	3.8 (11.7)	198.6 (11.7)
常呂10	鹿の子ダム下	14 (5.4)	82.8 (5.5)	0.0 (4.9)	82.8 (4.9)
〃	〃				(124.0)*2

*1 河川数、山地、平地の括弧内の数値は北海道河川一覧に掲載されている常呂川の値

*2 括弧内は「鹿の子ダム」資料（鹿の子ダム管理所発行）に記載の流域面積

作面積が大きい。常呂川流域に比べ、豚が多い。

3 調査分析方法と調査日時

3.1 調査地点の選定

調査地点は常呂川、網走川への支河川流入の状況を勘案して両河川とも10地点を選定した。調査地点の橋等の名称と括弧内に示す調査地点番号名、位置は表-7a、7b、図-1の通りである。図-1に常呂川流域と、網走川流域の調査点及び支流とその流域界を示した。

それぞれの調査地点間の山地、平地別の流域面積、流入河川数を、常呂川については表-7aに、網走川については表-7bに示した。これらの値は北海道河川一覧に掲載されているものを基に、両河川の調査地点間に流入する一次河川の状態を合計して算出した。そのため、調査対象の合計値は常呂川、網走川ともに、河川一覧が示す両河川の値（破線の下に二重括弧に示す）より小さくなった。表中、括弧内の数字は、両河川の1から10までの合計に対する比率（寄与率）である。

表-7b 網走川調査地点間の河川数と流域面積

調査点	調査地点名	河川数	山地	平地	合計
単位			km ²	km ²	km ²
網走川合計		214	1087.8	193.9	1281.7
河川一覧の網走川		<216>*1, 2	<1138.2>*1	<241.8>*1	<1380.0>*1
網走1	網走橋	29 (13.6)	123.5 (11.4)	127.8 (65.9)	251.3 (19.6)
網走2	治水橋	15 (7.0)	42.9 (3.9)	4.6 (2.4)	47.5 (3.7)
網走3 (美幌川末流)	花見橋	28 (13.1)	183.4 (16.9)	33.9 (17.5)	217.3 (17.0)
網走4	大正橋	21 (9.8)	102.9 (9.5)	6.5 (3.4)	109.4 (8.5)
網走5	活汲橋	21 (9.8)	103.8 (9.5)	5.5 (2.8)	109.3 (8.5)
網走6 (津別川末流)	緑栄橋	26 (12.1)	165.5 (15.2)	9.8 (5.1)	175.3 (13.7)
網走7	共和橋	25 (11.7)	138.0 (12.7)	2.2 (1.1)	140.2 (10.9)
網走8	共栄橋	23 (10.7)	159.7 (14.7)	2.8 (1.4)	162.5 (12.7)
網走9	三渡瀬橋	12 (5.6)	44.8 (4.1)	0.8 (0.4)	45.6 (3.6)
網走10	採石の沢橋	14 (6.5)	23.3 (2.1)	0.0 (0.0)	23.3 (1.8)

*1 河川数、山地、平地の括弧内の数値は北海道河川一覧に掲載されている網走川の値

*2 網走湖とチミケップ湖は河川数から除く

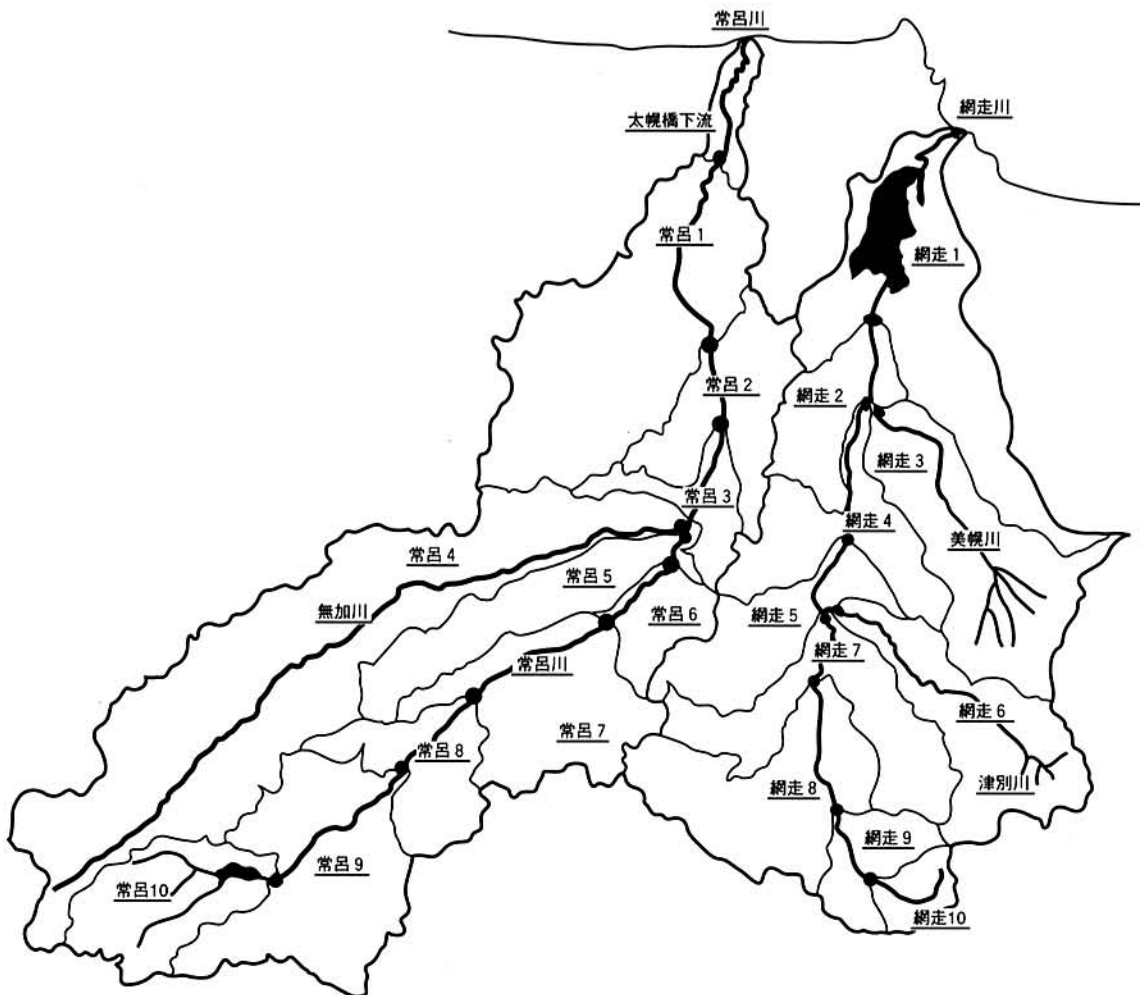


図-1 常呂川と網走川と調査地点の流域界

3.2 調査日と気象条件

3.2.1 調査日と天候

1998年は、5月12日（網走川、晴れ）、5月13日（常呂川、雨）、7月7日（両河川、晴れ）、9月9日（網走川、雨、常呂川、雨のち晴れ）、11月4日（両河川、曇り）の計4回行った。1999年は、5月18日（網走川上流部、晴れ）、5月19日（網走川下流部、常呂川、小雨）、7月12日（網走川、晴れ）、7月13日（常呂川、晴れ）、8月17日（網走川、晴れ）、8月18日（常呂川、晴れ）、10月20日（網走川、晴れ）、10月28日（常呂川、雨）、11月25日（両河川、曇り）と両河川の調査は合計9回行った。なお、天候は、流域における時間帯の全体的な傾向を示した。

3.2.2 調査日の気象条件

河川の流量、含有物質濃度は降雨状況に大きく影響される。調査域における調査時前後の降雨状況について検討した。常呂川流域には常呂、仁頃山、北見、留辺蘂、境野、北見中山までの6点に、網走川流域には網走、美幌、チミケップ山、津別までの4点の気象庁所管の降雨測定点がある。

1998年の常呂川調査時の日降雨量は5月に10～27mm、9月に17～30mm、11月に1～4mmが観測された。網走川調査時の日降雨量は5月に1mm、9月に10～22mm、11月に1mmが観測された。両河川とも調査前4日間の降雨を見ると、5月は0～10mm、7月は0～5mm、9月は0～7mm、11月は0～5mmの降雨が10地点のいずれかで観測され、地域的に突出した値も見られた。また、9月は約2週間前の8月28日～30日にかけて合計雨量100mm以上も観測された。10mm以上の降雨があった5月と9月の、常呂川流域における時間別の降雨量を表-8aに示す。両日とも16時以降の降雨は観測されていないので、表に掲載していない。

表-8a 1998年5月と9月の常呂川流域における時間別の降雨量
(単位：mm)

5月13日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	日合計
常呂				2	1	1		1		1	1	1	1	1	1		10
北見	1		4	4	3	2	1		1	1		1	1	2			21
仁頃山																	—
境野		2	5	3	3	1		1	2	2	1	1	1	1	1		24
留辺蘂		1	5	5	2	2		2	1	1	2	2	1	1	2		27
北見中山																	—
9月9日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	日合計
常呂						1	2	3	7	4							17
北見						1	1	1	5	19	1						28
仁頃山				2		1	1	5	14	5					1	1	30
境野								4	11	2	1			1			19
留辺蘂		1	3	2		3	4	12	2							1	28
北見中山	1	1	6	2		2	1	2	8								23

注：太字は10mm以上、5月の仁頃山と北見中山のデータは欠測、時間は0～1時までの観測値が0、1～2時までを1とした。以下同様である

5月は夜中から16時の観測まで5mm以下の降雨が断続的に続いているが、9月は7時から9時まで10mm以上の降雨が、常呂川上流地点から下流部に移行している傾向が見られる。日合計に対して半分近い雨量が1時間内に集中的に降った9月の降雨傾向は、5月のそれと大きく異なった。

表-8bに網走川流域における9月の時間別の降雨量を示す。降雨の無かった6時以前と17時以降は省略してある。常呂川と同様に網走川は9時から10時の時間帯に上流域で10mm以上の降雨があった。

表-8b 1998年9月の網走川流域における時間別の降雨量
(単位：mm)

9月9日	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	日合計
網走		1		1	4	3	1					10
美幌					8	1	2				1	12
津別				1	12	2	3	1				19
チミケップ山	1			10	3	8						22

太字は10mm以上

1999年も同様に検討すると、常呂川調査時の日降雨量は、5、7、8、11月は0～6mmの範囲であり、10月に32～45mmを示し、全観測点で30mm以上の雨量が観測された。網走川調査時は、5、7、8、10、11月いずれの月も0～1mmの範囲であった。

両河川とも調査の前日には、各観測点で降雨はなかった。また、調査前6日間でも常呂川流域の3点で7mm以下、網走川流域の2点で4mm以下の降雨が1日程度見られたが、2日以上に渡る降雨はなかった。

10月の常呂川調査時の時間降雨量を表-9に示す。なお、表中の数値は調査終了の16時直前までの1時間毎のデータである。

降雨は朝方、5時台から7時台に始まって以後、1時間間隔では1～4mm降雨が断続的に続いていた。12時までに累積で9～14mmに達していた。これは日降雨量の20～44%に達し、調査終了時では16～17mmに累積した。無加川流域の留辺蘂では16時で22mmに累積され、降雨による流入負荷が増大すると報告されている累計20mmに達していた。

表-9 1999年10月における常呂川流域における時間別の降雨量
(単位：mm)

10月28日	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	日合計
北見						1	2	1	1	1	2	1	2	2	3	1	45
留辺蘂						1	3	2	1	3	2	2	1	1	4	2	32
境野								2	1	2	2	1	1	2	3	2	37

なお、これらの降雨データは、財団法人日本気象協会Micro Web Mr.より抽出した。

表-10 調査分析項目と分析法 (分析法は環境庁告示またはJISによった)

項目(単位)	単位	略号	分析方法	現地観測	室内分析
天候				○	
気温	℃	A.T	デジタル温度計	○	
水温	℃	W.T	デジタル温度計	○	
色相				○	
臭気				○	
透視度	cm	TSP	透視度計	○	
溶存酸素量	mg/l	DO	ウインクラー法		○
流量	m ³ /min	Flux	流量計(電磁流速計)*	○	
水素イオン濃度		pH	ガラス電極法	○	
電気伝導度	μs/m	EC	電気伝導度計	○	
懸濁物質	mg/l	SS	GF/B(ポアサイズ1μm)ろ過		○
化学的酸素要求量	mg/l	COD	過マンガン酸100℃法		○
生物学的酸素要求量	mg/l	BOD	20℃-5日間培養法		○
硝酸態窒素	mg/l	NO ₃ -N	銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法**)		○
亜硝酸態窒素	mg/l	NO ₂ -N	ナフチルエチレンジアミン吸光光度法**)		○
アンモニア態窒素	mg/l	NH ₄ -N	インドフェノール青吸光光度法**)		○
リン酸態リン	mg/l	PO ₄ -P	モリブデン青-アスコルビン酸還元吸光光度法**)		○
全窒素	mg/l	TN	アルカリ性ペルオキソ二硫酸カリウム分解-銅・カドミウムカラム還元 ナフチルエチレンジアミン吸光光度法**)		○
全リン	mg/l	TP	ペルオキソ二硫酸カリウム分解-モリブデン青-アスコルビン酸還元吸光光度法**)		○

*) アレック電子 ACM-3D、**) Blan+Luebbe AACS-II

3.2.3 調査分析方法

表-10に分析項目と各調査分析方法を示す。

4 結果と考察

4.1 常呂川

4.1.1 流量の変動

忠志橋、第一観月橋の2点は、北海道開発局の流量監視点があり、本調査では速報値データの提供を受けたので、逐次、現地データと比較を行い、流量の参考とした。常呂川上流には洪水調整、灌漑用水、水道用水供給の目的で設置された人造湖のおけと湖がある。ここでは例年、7月1日から9月30日まで洪水調整のため水位を下げ、5月1日から7月30日まで灌漑用水の供給等を行うなど、上流部の流量は人為的な影響を受けている。同様に日の出橋と4号橋の間に、常呂川第1(下流側)と常呂川(上流側)の2つの頭首工が、無加川合流後に常呂川第2頭首工が灌漑用水取水の目的で設置されている。

以下結果については、前述の地点番号で報告する。

1998年の9月は、降雨の影響で区間毎の流量変動が大きいものの、それ以外の月は、上流部の常呂10から常呂8までは流量が増加している。最大流量は、常呂1ではなく、常呂2または常呂3であった。常呂1は、利水に加えて潮位変動の影響を受けるためにこのような結果となったと思われる。常呂8から常呂5までは下流に向かって大きな増加傾向は見られない。

無加川末流の流量は、今回の調査では4.3~13.5m³/secの範囲にあった。これは合流直前の常呂5の72~97%にあた

るが、1998年9月だけは2.9倍と、無加川の流量が圧倒的に大きかった。上流の常呂10と、下流の常呂1の流量を比較すると5.3~21.8倍の範囲で増大していた。

図-2に常呂川における流下に伴う流量の変動を調査年度別に示した。

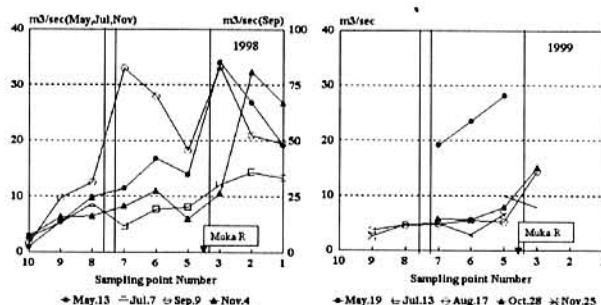


図-2 常呂川における調査月別の流量の変動 (左1998年、右1999年、図中の縦線は頭首工を表現している)

1999年は、前年の調査結果でダムの放水や潮汐の影響を受けていた常呂10、常呂2、常呂1を調査点から除いた。7地点(支流の常呂4を含む)の調査は8月と11月に行った。図-2で5月以外を除くと、一部の地点は調査が2回と少ないものの常呂9から常呂3地点で、月ごとの流量差は1998年より少なかった。常呂7~常呂5の3地点のみの調査を5月に行ったが、他の月より流量が多い傾向が見られた。これは1998年と同様に融雪の影響と考えられた。

無加川の末流である常呂4の流量は4.7~12.7m³/secであり、これは、合流直前の常呂5の同時測定流量に対して45~136%と1998年と同様に大きな比率を占めていた。

4.1.2 透視度、水温、pHの変動

透視度は、1998年の11月に全地点30cm以上であったが、5月に北見市街の下流側の常呂6と常呂4が25cm前後、7月に常呂5と常呂3が30cm以下の値を示した。降雨の影響を受けた9月は常呂2～9間まで20cm以下の値を示し、中でも常呂4～常呂7は1cmと濁っていた。

1999年は7、8、11月いずれも全地点30cm以上であった。それ以外は、5月の常呂3で22cm、10月の常呂4で11cmであった。それぞれのSS濃度が23mg/l、55mg/lで、同時に調査している他の地点ではほとんどが10mg/l以下であったのと比較して高い傾向を示した。

水温は、測定時刻に差があるので一概に比較出来ないが、1999年のデータを検討すると5、7、10、11月は、上流調査地点と下流地点の差は、+0.2～-2.3℃であり、上流が下流より高い値を示す（+と表す）事もあった。8月は、-7.5℃と更に差があった。1999年8月の調査では、常呂6から常呂3まで25℃以上を示した。ほとんど同じ時刻に採水している常呂4と常呂5の水温差は、8月に1.3℃と常呂川本流の方が高い温度であったものの、他時期の水温差は1℃以内であった。この傾向は、1998年にも見られ、7月に無加川が1.5℃高い値を示したほか、水温差は1℃以内であった。

pHは、1998年には6.5～8.5の範囲であった。11月の常呂8～6間は、pHは8.6～8.8の比較的高い値を示した。1999年は、7月調査時の両観月橋と端野橋間と、8月日の出橋から中央橋の間の本流部と流入河川等（含む樋門）のpHが8.5を超えた。本流は、ほぼ20℃以上であったが、流入河川等は20℃以下（最低では12.9℃）でも、pH8.5以上の値を示した。この現象は、生態活動の活発化によると考えられ、長期調査を行っている北見工大の7月調査結果でも同様の傾向が示されている。pHが高い傾向は、例年と比較して、この時の気温・水温が高く、流量が少なかったために顕著に現れた¹⁾としている。

4.1.3 SS、COD、BODの変動

SS濃度は、1998年では流下に伴う増加は見られず5、7、9月は常呂3、常呂4の中流域を中心に高い値を示していた。また、1999年も増加傾向は見られなかった。無加川末流のSS濃度は、5月以外は本流より高かった。

COD濃度範囲は、1998年調査月毎の本流において2.2～6.2mg/l、4.1～11.7mg/l、5.0～120.3mg/l、2.2～6.7mg/lであり、9月を除くと10mg/l以下の事が多かった。1999年は、5、7、8、10、11月で、4.0～5.8mg/l、5.2～5.4mg/l、2.8～6.4mg/l、3.4～7.7mg/l、2.2～4.8mg/lの範囲にあり、流下に伴い高くなる傾向が見られた。

BODは、本調査では検出限界値を0.5mg/lとし、1998年のみ測定した。常呂川のBOD環境基準は、北見市上水取

水口を境に上流部がA類型、下流部がB類型、常呂7と6間でその基準値が1mg/lから2mg/lへと変わる事になる。上流も下流も1mg/l以下の値を示すことが多く、流下に伴う値の変動は見られなかった。

4.1.4 栄養塩

4.1.4.1 硝酸態窒素 (NO₃-N)、亜硝酸態窒素 (NO₂-N)、アンモニア態窒素 (NH₄-N)、全窒素 (TN) の変動

図-3aにNO₃-NとNO₂-N、図-3bにNH₄-NとTNの調査時毎の流下に伴う濃度変動を示した。

1998年5月の常呂2とTNの11月の常呂3～1についてはNO₃-N濃度が異常値を検出したので図示していない。

NO₃-Nは常呂10から流下に伴い濃度の上昇傾向が見られた。いずれの時期でも常呂7が常呂8の2.8～4.0倍に増加した。7月と11月は、さらに下流部まで増加傾向を示した。NO₂-Nは7月に下流部まで一定割合で増加する傾向を示し、常呂7～6間で増加傾向も一時期見られた。NH₄-Nは5月と11月に常呂3から下流にかけて、7月と9月に常呂6～3で最大濃度範囲を示す傾向が見られた。TNは5月と7月には下流部まで一定の濃度上昇傾向が見られたが、9月には常呂6が最も高い濃度を示した。無加川末流におけるN各態濃度は、本流とほぼ同じか低濃度を示す事が多かった。

1999年のNO₃-Nは、1998年度と同様に流下に伴い濃度の上昇傾向が見られた。濃度が増加した地点も前年同様の常呂7と常呂3であり、それぞれ上流の調査点と比較して、1.8～3.8倍、1.4～9.3倍に増大していた。無加川末流は0.171～0.872mg/lと、本流と大きな差がない。同年は、常呂5と常呂3のほぼ中間点ある北見大橋の調査を実施した。ここは、無加川合流後にある頭首工から更に約2.5km下流にあり、北見市と端野町の境に位置する橋である。いずれの項目も上流の測点である常呂5と類似し、北見大橋の下流に常呂3の濃度を増加させる供給源があることが示唆される。これについては、北見工大の報告¹⁾で、BOD測定値から北見市下水処理場の放流水の影響が、忠志橋付近にまで及んでいる事を指摘している。

1999年のNO₂-Nは、常呂5～3間にかけて、5回の調査いずれも増加が見られた。兩年とも無加川末流のN各態濃度は、本流とほぼ同じか低い値を示した。

1999年のNH₄-Nは、常呂7～6間と、常呂5～3間で、1998年同様5、9、10、11月に濃度が増加する傾向を示した。1998年の7月と1999年の8月の常呂7～6間は、他の月に比較すると濃度の変動幅は小さかった。また、常呂5～3間の増加量は、年毎に違いがあった。1998年は、常呂3で5月以外は、0.5mg/lを超えていなかったのに対して、1999年は、7月以外で0.5mg/lを超えていた。常呂3の5月の濃度は、1998年が0.886mg/l、1999年が1.00mg/lと他の月より大きい値を示した。兩年ともこの地点の上流側は、5月に高い

傾向が見られ、融雪の影響と考えられるが、常呂5から急増しているのには、他の要因も考慮する必要がある。1999年5月には、常呂5～3間までの常呂川に架かる若松大橋、北見大橋、端野橋についても調査を行った。常呂5から下流に向かって常呂3まで濃度は、0.113 mg/l、0.055mg/l、0.128mg/l、0.677mg/l、1.0mg/lと変動し、北見大橋と常呂5では、ほぼ同じ値を示した。北見大橋から端野橋まで約0.55mg/l、端野橋から常呂3まで0.3mg/l増加していた。

TNはNO₃-NとNH₄-Nと同様の濃度変動を示しており、これらの溶存態の濃度変動を反映したものと考えられる。

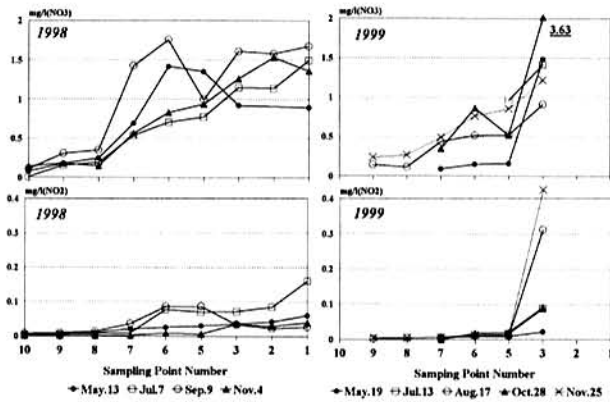


図-3a NO₃-N、NO₂-Nの調査時毎の変動

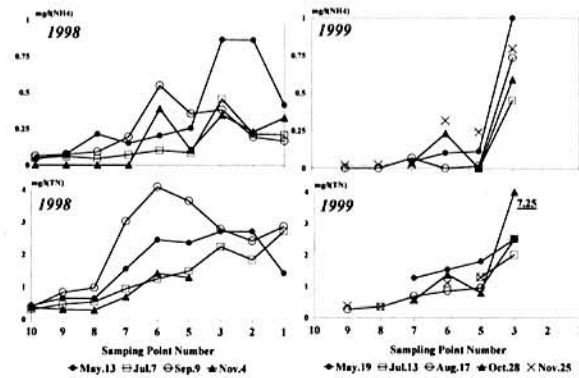


図-3b NH₄-N、TNの調査時毎の変動

各調査時における地点毎の形態別濃度変動を比率で表したものを、1998年は図-4aに、1999年は図-4bに示す。

1998年は、いずれの調査月もTNの変動とNO₃-Nの挙動がほぼ一致している。NO₃-N/TNの割合は3～81.6%と幅があるものの、多くは50%以上であり、NO₃-N濃度比率が常呂川水中のTN濃度を左右することが分かった。1999年の調査では、TNに対するNO₃-N、NO₂-N、NH₄-Nの無機溶存態の合計濃度比率が50%以上を占める時期や地点が多く、特に11月は高く、70～99%であった。NO₃-Nの比率は、無機溶存態の90%以上を占める場合が多く、TNの50～65%、48～83%と高かった。NO₂-Nは、ほとんど検出されていないが、8月と11月では常呂5から常呂3にかけて急激に増加していた。加えて、他の月でも比率は高く

ないが、流下に伴う濃度増加があった。両月では、NH₄-Nも無機溶存態の中でNO₃-Nに次いで比率が高まっている。

NH₄-N/TNの割合は、常呂5より上流では10%以下を示したが、既に記述したように常呂5～3間にかけて無機溶存態への比率が一挙に増加する傾向を示した。1998年は、上流でも10～20%程度の比率を示した。

調査月毎に比較すると、7、9、11月は無機溶存態成分が優占的であったのに対して、5月は、常呂7～常呂5で無機溶存態以外（多くは懸濁成分と考えられる）が81～88%と他の月に比して比率がかなり高かった。1998年5月は、このような傾向は示されていない。1999年は、調査時に降雨（小雨）があったものの、日合計でも0.5～1mmであり、流域からの成分を流出させているとは考えにくい。

1999年の流量は、常呂3（実際は測定不可であったので端野橋のデータで代用）で44.7m³/sec、常呂5で28.1m³/secで、前年の32.2m³/secと13.9m³/secと12～15m³/sec程度多い。しかし、透視度はむしろ1999年の方が良い傾向を示している。この違いは、融雪期と他の季節に底質の洗い出しに差があるためと考えられる。常呂5から常呂3では大きく成分構造が変化していることから、この中間にある常呂川第2頭首工による堰き止め効果により、懸濁成分が除去されたことを示唆している。

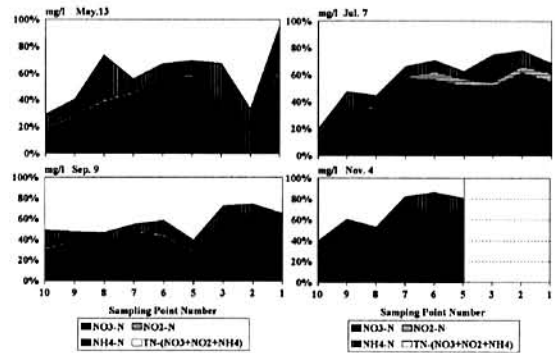


図-4a 窒素形態別の調査時毎の比率変動（1998年）

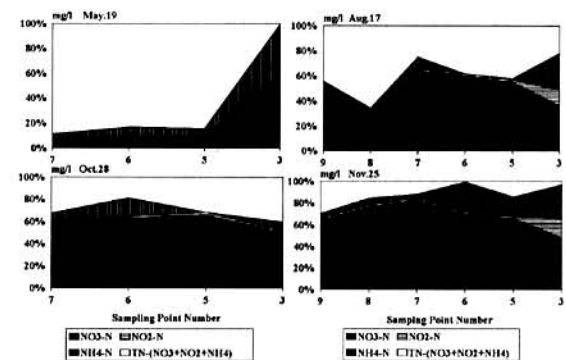


図-4b 窒素形態別の調査時毎の比率変動（1999年）

4.1.4.2 リン酸態リン (PO₄-P)、全リン (TP) の変動

1998年、1999年の流下に伴うリンの濃度を、図-5に示す。

1998年の PO_4-P は、5月と7月には常呂8~6と常呂5~3の間で濃度増加の傾向が見られた。TPは、5月と7月に流下に伴う上昇傾向が見られた。5月以外は PO_4-P とTPの挙動は一致する傾向を示した。

1999年のTPについては、8月と11月で流下に伴う増加傾向を示した。1999年の PO_4-P については、そのような傾向は見られなく、同年の NO_2-N か NH_4-N のように常呂5から3への流下で急激な濃度上昇を示した。

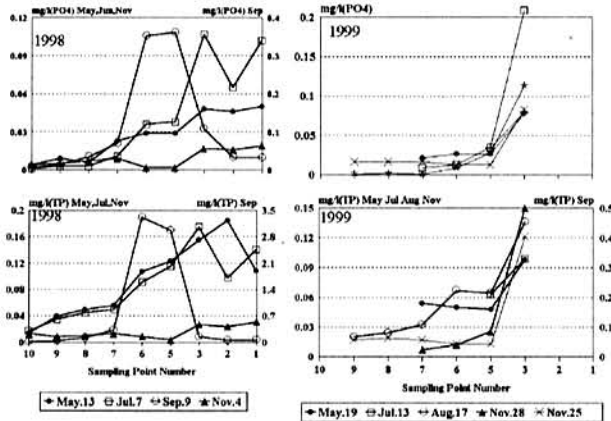


図-5 流下に伴う濃度変動 (右1999年、左1998年)

各調査時における地点毎の形態別濃度変動を比率で表したものを、1998年は図-6aに、1999年は図-6bに示す。

両年ともTPに対する PO_4-P の比率は、調査時や地点で大きく変動していた。1998年の7月の調査では、常呂8から流下に従い PO_4-P の比率が増していた。1999年の結果より、一般的に、河川中水では、溶存性有機態Pが懸濁体Pに比較して少ないことが過去に多く報告されている。TP中の PO_4-P 以外の構成成分としては主に懸濁態由来のPと考えられる。(以下は懸濁態Pとする) その比率を見ると、10月と11月では、数値の違いは、流下に伴う変動が少ない傾向を示した。 PO_4-P に注目すると、5月は、常呂5から常呂3にかけて7月は、常呂6から常呂3にかけて増加傾向が見られ、市街地由来の可能性が示唆された。

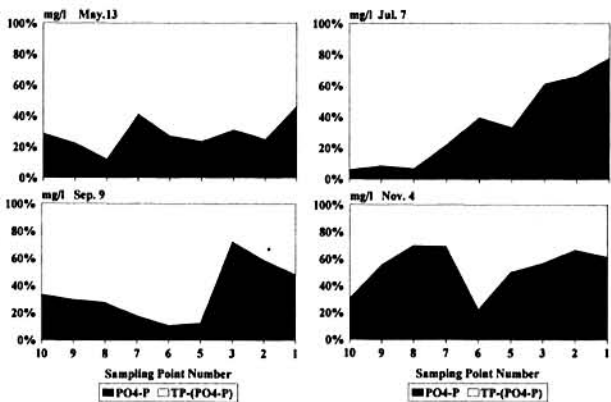


図-6a リン形態別の調査時毎の比率変動 (1998年)

懸濁態のP成分は降雨のあった1998年5月、9月や1999年10月などに周辺からの流入や流速の増大による河床沈降物の再懸濁により増加していた。

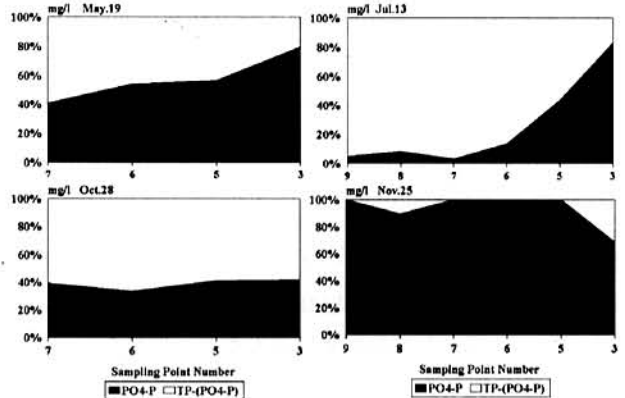


図-6b リン形態別の調査時毎の比率変動 (1999年)

4.2 網走川

4.2.1 流量の変動

網走川には、網走橋 (観測地点名、大曲：以下同様)、治水橋 (本郷)、花見橋 (美幌) の北海道開発局の流量観測点がある。治水橋と花見橋は、速報値データと現地データの比較を行い適宜参照し、他は調査時に流量を測定した。網走橋は、調査時に干満の影響を受けることや、後年に流量データが公表されるので、1993~1997年の調査月のデータを5年間平均化したものを使用し、負荷の計算をし参考値とした。大正橋下流直下に東幹線頭首工、大正橋と活汲橋の間に西幹線頭首工がある。

以下、結果については常呂川と同様に地点番号名で報告する。図-7に網走川流下に伴う流量の変動を調査年度別に示した。

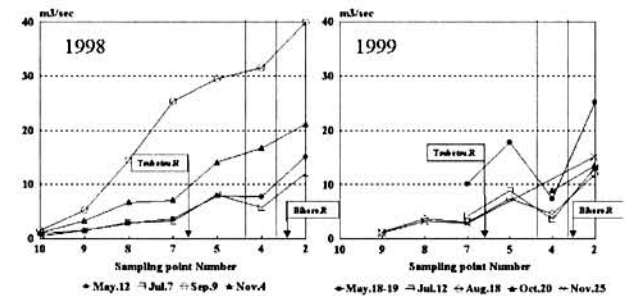


図-7 網走川における調査月別の流量の変動 (左1998年、右1999年、図中の縦線は頭首工を表現している)

1999年は、最上流部の網走10と潮汐の影響を受けている網走1を調査点から除き、全8地点の調査を常呂川と同様に8月と11月に行った。しかし、11月は途中で流量計が損傷し、網走5~4間の2地点のデータは欠測であった。

1998年の調査では、網走10から網走5までの上流から中流まで、1999年と比較して、ほぼ顕著な増加傾向を示した。

主要な支川の津別川（網走6）と美幌川（網走3）の流量は、2.3～4.8 m³/sec、3.2～4.6 m³/sec（9月を除く）の範囲であった。これは合流直前の網走7、網走4に対して69～89%、37～59%であり、各合流地点での支流対本流の割合は津別川の方が大きかった。また、上下端の網走10と網走2を比較すると16.9倍から25.9倍の範囲で流量が増大していた。

1999年は、5月を除いて、各地点の流量の変動幅は小さい。5月に流量が多いのは常呂川と同様に融雪の影響と考えられる。支流流量は前者が2.3～6.0m³/sec、後者が2.8～6.1 m³/secの範囲であった。これは合流直前の網走7、網走4に対して、60～85%、32～143%であった。灌漑時期の5～8月間に、美幌川の本流比は83～143%となっており、西幹線頭首工の取水などの影響によると考えられた。

4.2.2 透視度、水温、pHの変動

透視度は、1998年は、9月の網走7で3cm（SS量191mg/l）を観測した以外5、7、11月の全地点で30cm以上であった。9月の網走3は透視度30cm以上であったのに対して網走6は8cm（SS量77mg/l）と支川毎に違う傾向を示した。1999年は7、8、10、11月でいずれの地点も30cm以上あった。しかし、5月の網走3と網走4は24cm、25cmであった。これは、SS濃度が33、23mg/lと他の地点より高いためと考えられる。この時の日合計降雨は津別で1mm、美幌で0mmであり、調査前7日間も降雨がなかったことから、好天が続いたことにより流域の融雪が進んだ影響であろう。

水温は、1999年の結果では、下流より上流が高い値を示したこともあったが、必ずしも傾向は、一定でなく温度差は+1.2～-2.5℃であり、8月には網走2が網走9に対して+5.2℃の高い温度差を示していた。支流と本流の温度差は、両年とも津別川末流が本流に対して0.2～2.4℃低い傾向が見られたが、美幌川ではこのような傾向は見られなかった。

pHは、1998年はおおむね6.5～8.5の範囲にあった。1999年の結果では水温と同様に、上流域と下流域で大きな差はなかった。常呂川のようにpHが8.5を超えたのは、7月網走5（活汲橋）のみでpH8.6であった。また、1998年の調査では網走川7（共和橋）がpH8.5（水温23.1℃）の値を示していた。

4.2.3 SS、COD、BODの変動

SSは、1998年については、流下に伴って増加する傾向はなく、雨天天下であった9月を除くと10mg/l以下の値を示したのは、常呂川と同様であった。1999年も同様の傾向が示された。津別川合流後の網走5は、前後の地点より小さい傾向が見られたが、美幌川合流後の網走2では、このような傾向は見られなかった。

COD濃度は、1998年の本流8地点で、調査月毎の範囲は3.6～7.9mg/l、3.5～6.1mg/l、4.8～12.0mg/l、1.8～5.2mg/l

であり9月を除くと10mg/l以下の値を示すことが多く、流下に伴い濃度が増加する傾向はなかった。気象的な影響が少ない7月と11月で、本流地点におけるCOD平均値は、網走川で4.9mg/l、3.0mg/l、常呂川で7.2mg/l、3.7mg/lと両月も常呂川の方が高かった。また、1999年は、5、7、8、10、11月で支流を除くと、それぞれ3.3～5.9mg/l、3.8～5.0mg/l、3.3～5.8mg/l、2.5～4.3mg/l、2.7～3.6mg/lの範囲にあり、この時は1998年と違い、ほぼ流下に伴って値が増加する傾向があった。

BODは、網走川本流は、網走4より上流がA類型、下流はB類型に指定されている（網走湖のみCOD基準）。1998年の調査では、常呂川同様に1mg/l以下の値を示すことが多く、上流から下流にかけて値の変動は見られなかった。9月の降雨時にも上昇傾向は見られず、このため、1999年に測定は行わなかった。

4.2.4 栄養塩

4.2.4.1 NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、TNの変動

図-8aにNO₃-NとNO₂-N、図-8bにNH₄-NとTNについて調査時毎の上流から末流までの濃度変動を示す。

1998年は、流下に伴いNO₃-N濃度の上昇傾向が見られたが、その増加割合や増加地点は調査時毎に違っていた。NH₄-Nは明確な増減傾向は見られなく、5月以外は各地点で0.1mg/l以下の値を示していた。NO₂-N、TNも明確な増減傾向は見られなかった。支流河川は、それぞれ異なる傾向があり、津別川末流は、網走7とほぼ同様の濃度値を示したのに対して、美幌川末流は、網走4よりNO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、TNとも本流の2倍以上の濃度であった。

1999年は、前年と同様に網走9から流下に伴って、NO₃-N濃度が上昇する傾向が見られた。濃度変動は、両年で差があり、1999年のNO₃-Nは、調査回数少ない10月を除き、1998年の地点間で比較して0.1～0.2mg/lの割合で増加していた。両年とも、NO₃-N濃度は、本流に対して津別川が低く、美幌川が高い傾向が示され、津別川は本流に対しては負荷源とならず、逆に本流の濃度を低下させる希釈作用を有する河川と考えられた。この差をもたらす要因として、土地利用の違いが推測される。GISによる土地利用の検討結果（金子私信）では、美幌川流域と津別川流域では、土地利用に差がある事が分かった。水田、畑等の15分類で検討し、津別川流域は、畑が7.4%、森林が87.4%と、美幌川流域は、畑が20.1%、森林72.1%と算出した。美幌川流域が津別川流域に比べて畑が12.7%多く、森林が15.2%少なく、25%程度流域面積が広い事が、水質に反映したのかもしれない。また、河川年鑑¹²⁾によると花見橋の約1km上流に、美幌下水処理場の放流口がある。処理水は、水量5900m³/日、NH₄-N濃度が12.8mg/lと報告されている。これは日算出量として75.5kg/dayとなるが、今後

データの蓄積を行い、花見橋への負荷量を検討する必要がある。

NO₂-Nは、1998年より1999年の方が明確な増加傾向を示した。8月の網走7のデータを除くと、ほぼ網走5から下流で（特に7月と8月）網走4から網走2の下流に伴い、他の区間より濃度が大きく増加していた。これについては、NO₂-N濃度が網走4より高く、流量も5~7月は、網走4に匹敵する負荷を持つ網走3の影響が考えられる。しかし、1998年は、美幌川の方が逆に4割~6割と少なかったことから、網走2までに流入する他の小河川の影響も無視出来ないと考えられる。

NH₄-NもNO₂-Nと同様であり、1999年には、網走5から下流で増加する傾向が示された。特に10月と11月は、他の月に比して増加が大きかった。

TNは、これまでの3つの無機成分の濃度変動を反映して、1998年より明確に、1999年は下流に伴い増加する傾向がほぼ各調査月で見られた。

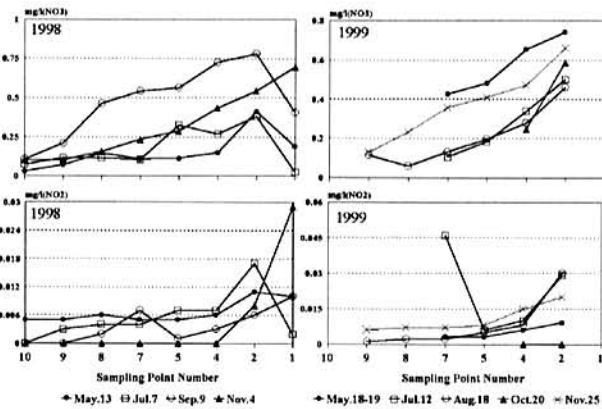


図-8a NO₃-N、NO₂-Nの調査時毎の変動（右1999年、左1998年）

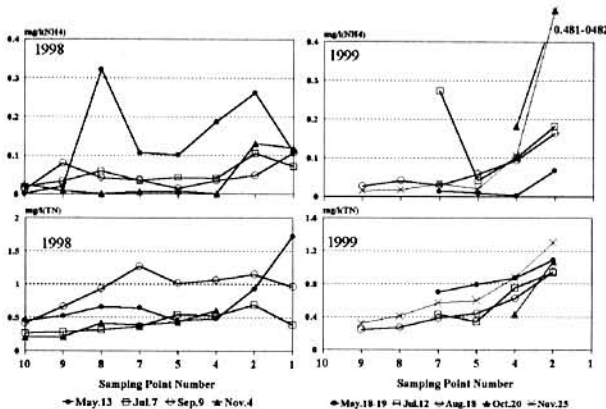


図-8b NH₄-N、TNの調査時毎の変動（右1999年、左1998年）

各調査時における地点毎の形態別濃度変動比率で表したものを、1998年は図-9aに、1999年は図-9bに示す。

1998年は、各調査月ともTNの変動とNO₃-Nの挙動はほぼ一致していた。NO₃-N/TNの割合は6.4~72.3%の範囲にあったが40%以上を占める地点が半分以上であり、常呂

川と同様にNO₃-N濃度比率が河川中のTN濃度を左右することが分かった。

1999年も、前年と同様に、流下に伴ってTN濃度が増加しており、NH₄-N濃度が高かった7月の網走7や網走2以外では、TNの変動とNO₃-Nの挙動はほぼ一致していた。

組成的には、50%以上を占めるNO₃-Nが優占することが最も多く、次にNH₄-Nが優占していた。月別の傾向では、9月にTNと溶存態無機N成分の差（ほとんど懸濁態由来のN成分と考えられる）が30~63%と他の月より多く占める傾向が見られた。7月、8月は、上流から網走4まで、21~45%程度と半分の比率を示すことが多かった。NH₄-Nの割合は、10%~45%の範囲で変動し、地点間での割合も大きく変動していた。しかし、7~8月にかけて、ほぼ全調査点で10%~20%に収まっていたが、10%以下を示すことが多かった常呂川と比較すると、高い割合を示した。

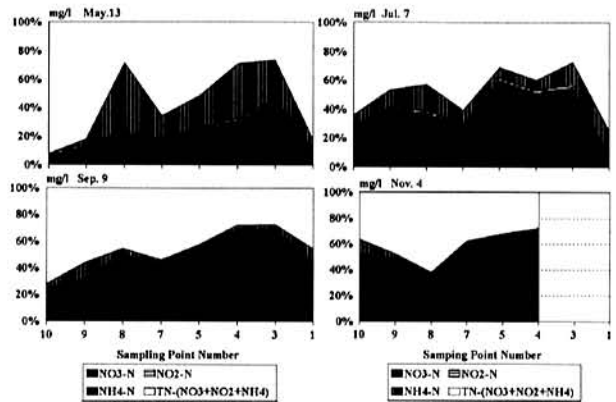


図-9a 窒素形態別の調査時毎の比率変動（1998年）

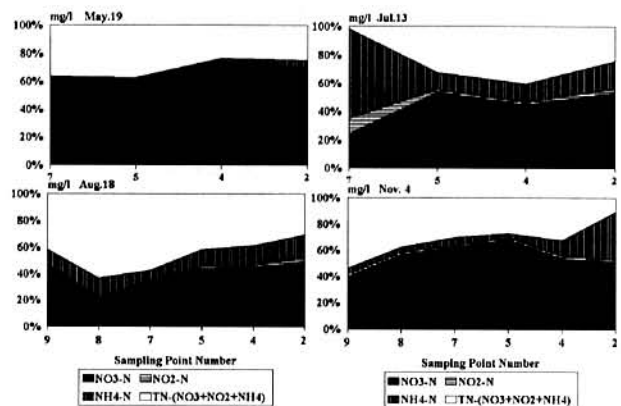


図-9b 窒素形態別の調査時毎の比率変動（1999年）

4.2.4.2 PO₄-P、TPの変動

1998年、1999年の流下に伴うリンの濃度を図-10に示す。

1998年のPO₄-PとTPの挙動は一致する傾向を示したが、PO₄-P、TPともに濃度の変動は小さかった。

1999年の7~8月は、網走8~5間にかけてわずかにPO₄-Pが減少する傾向が見られた。TPは、網走2を除くと、変動があるものの、全体的な濃度は、0.04mg/l±0.02mg/lの範

圏内にあり、1998年より、その変動は小さかった。網走2でTP値が増加する理由は、Nと同様に美幌川の濃度が高いためと考えられる。

1998年の結果では、窒素態成分と同様に、流入する二支流では異なる傾向が示された。津別川末流が PO_4-P 、TPとも網走7より低い濃度であったのに対して、美幌川末流は網走4より高濃度であった。また、1999年は調査時毎で PO_4-P 以外の成分（大部分は懸濁物由来が占めると見られる）が優占するか拮抗することが多く、流下に伴う明らかな増減がないのは1998年とほぼ同様であった。

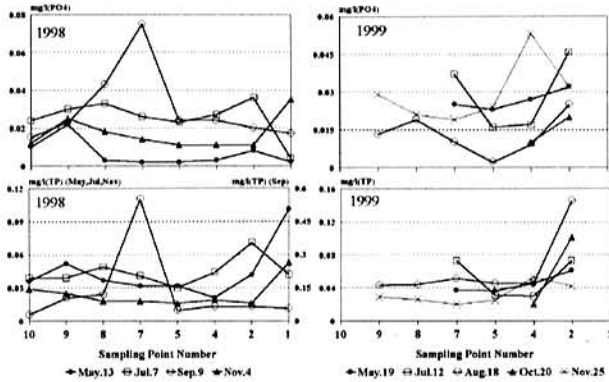


図-10 流下に伴うリンの濃度変動 (左1998年、右1999年)

各調査時における地点毎の形態別濃度変動の比率を、1998年について図-11aに、1999年について図-11bに示す。

両年ともTPに対する PO_4-P の比率は、調査時や地点で大きく変動していたのは、常呂川と同様であった。

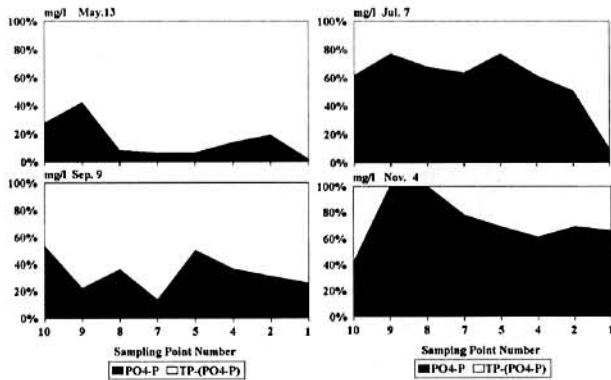


図-11a リン形態別の調査時毎の比率変動 (1998年)

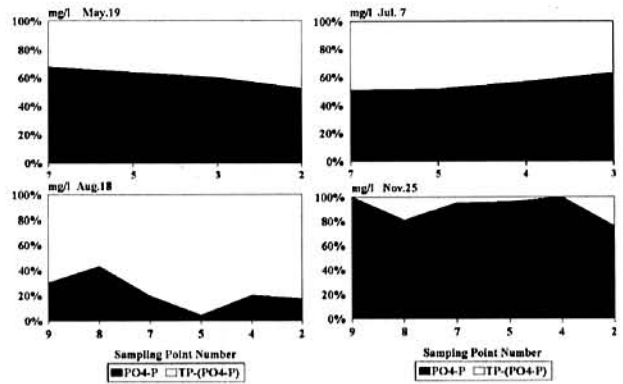


図-11b リン形態別の調査時毎の比率変動 (1999年)

4.3 両河川における調査区間毎の負荷量

1998年の結果から、各地点についての調査毎の負荷量(日量)を求め、SSとCODは図-12a、 NO_3-N と PO_4-P は図-12b、TNとTPは図-12cに示した。なお、強い降雨下の調査であった9月は考察から除いた。また、網走1は、過去5年間の報告値を用いて負荷量を算出して図示したが考察は行っていない。図示した成分の全区間調査日から求めた日換算負荷量を表-11に示す。

表-11 主な成分の全区間の負荷量範囲 (単位: t/day)

	常呂川		網走川	
	最大	最小	最大	最小
SS	30.4	0.13	7.6	0.1
COD	14.4	0.17	8.1	0.07
NO_3-N	4.1	0	0.5	0
TN	7.5	0.01	1.2	0.01
PO_4-P	133.9	0.3	37.4	0.28
TP	432.5	1.06	73.9	1.19

* PO_4-P とTPはkg/day

常呂川の最小負荷量を示す地点は、各調査月で概ね常呂10であったが、最大負荷量の地点は、成分や調査月により常呂3~1のいずれかになった。この理由としては、最下流の常呂1が最大流量でなかった事に関係していると思われる。無加川末流の負荷量は常呂5に対して11月のTN、TPを除けば45%から82%であった。

網走川の最小負荷量を示した地点は、成分や調査月に寄らず最上流の網走10であり、最大負荷量は下流部の網走2であった。それぞれの合流前の本流と比較して津別川は負荷量が少ないのに対し、美幌川は、それを越えることが多く、支流毎に違いが見られた。

4.4 両河川における調査区間毎の比流出量

4.3の負荷量の結果を基に、調査地点間の負荷量差を求めた。両河川で無加川、美幌川、津別川の主要な支流が流入している区間は、その負荷量も差し引いた。この差を区間負荷量として下端の番号で表す。化学、生物等の影響が

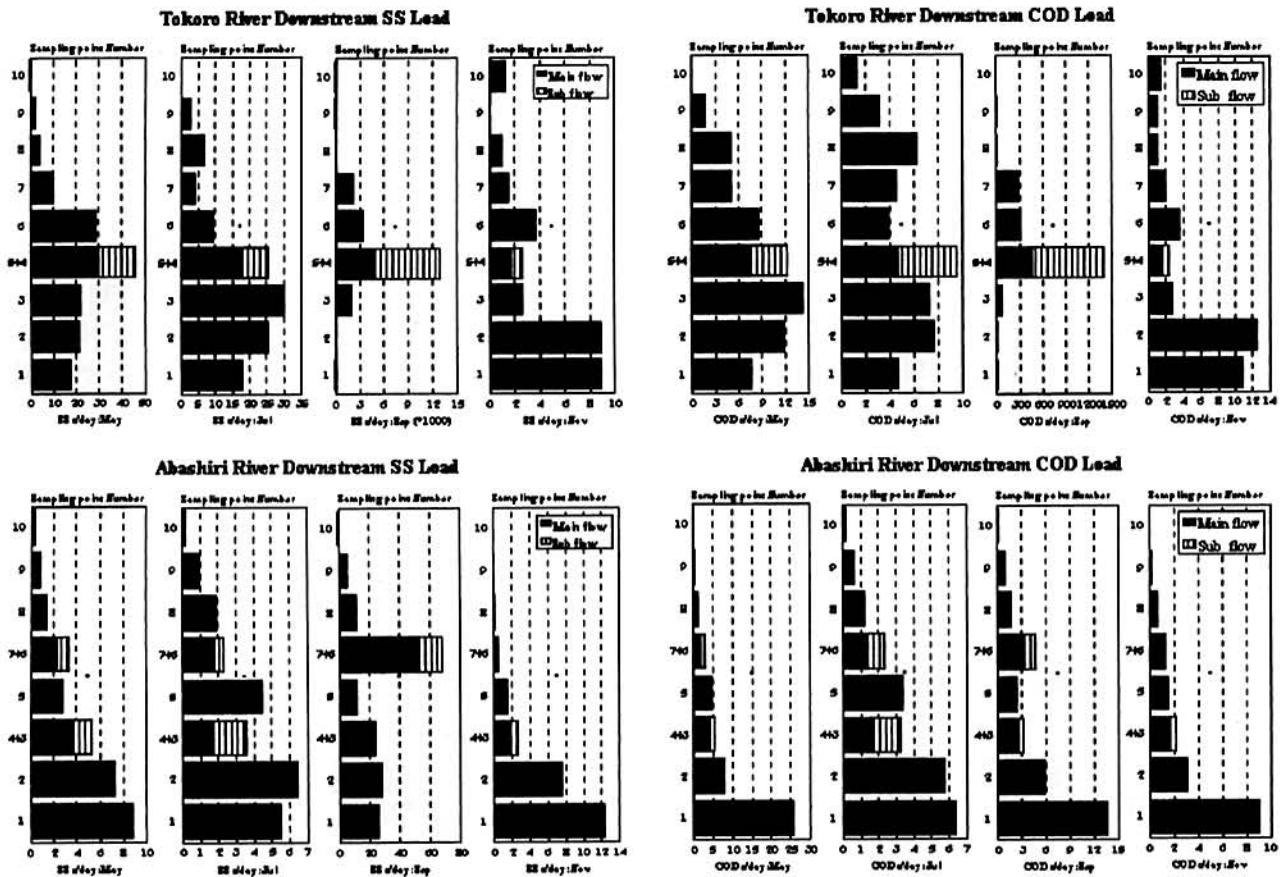


図-13a SSとCODの負荷量 (上部: 常呂川、下部: 網走川、左側: SS、右側: COD)

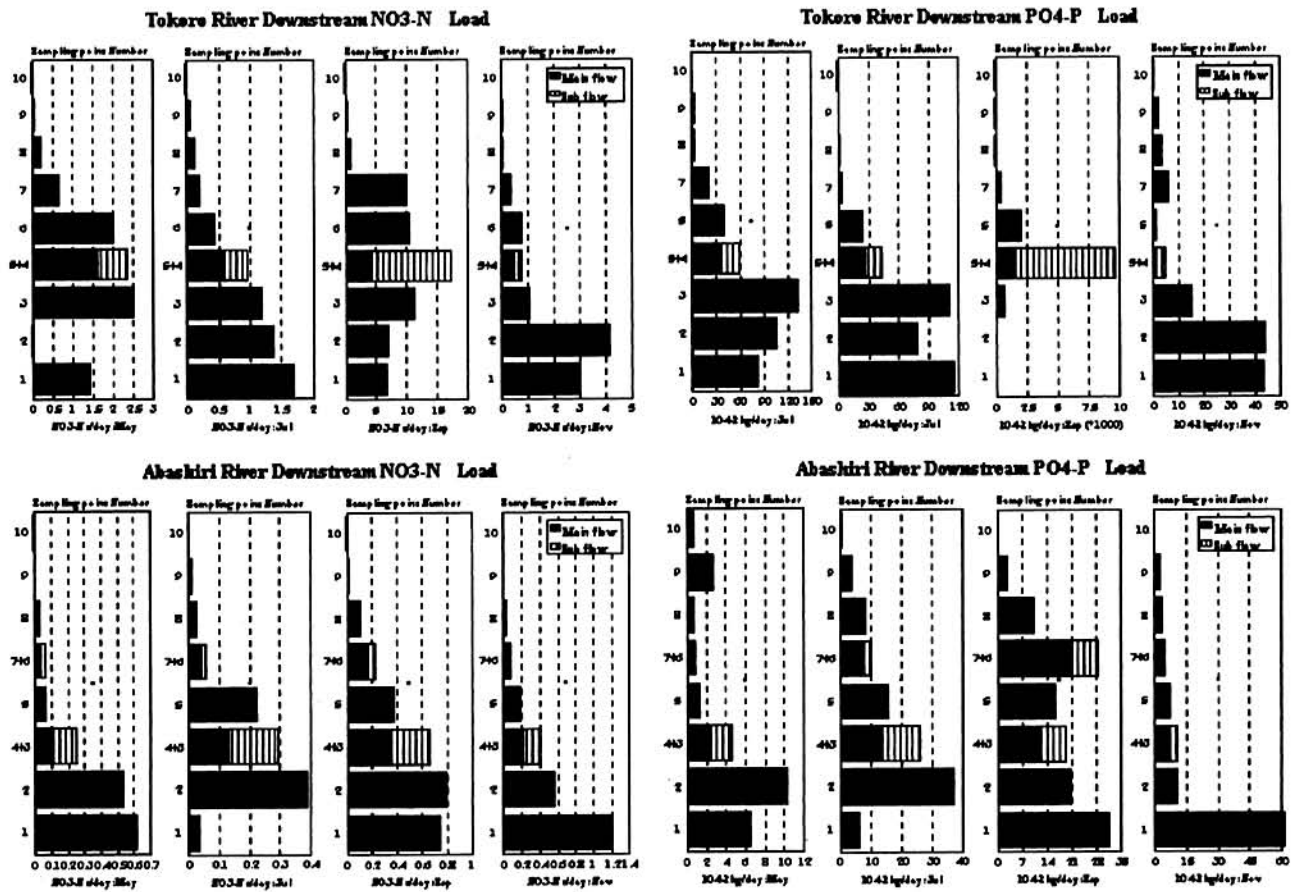


図-13b NO₃-NとPO₄-Pの負荷量 (上部: 常呂川、下部: 網走川、左側: NO₃-N、右側: PO₄-P)

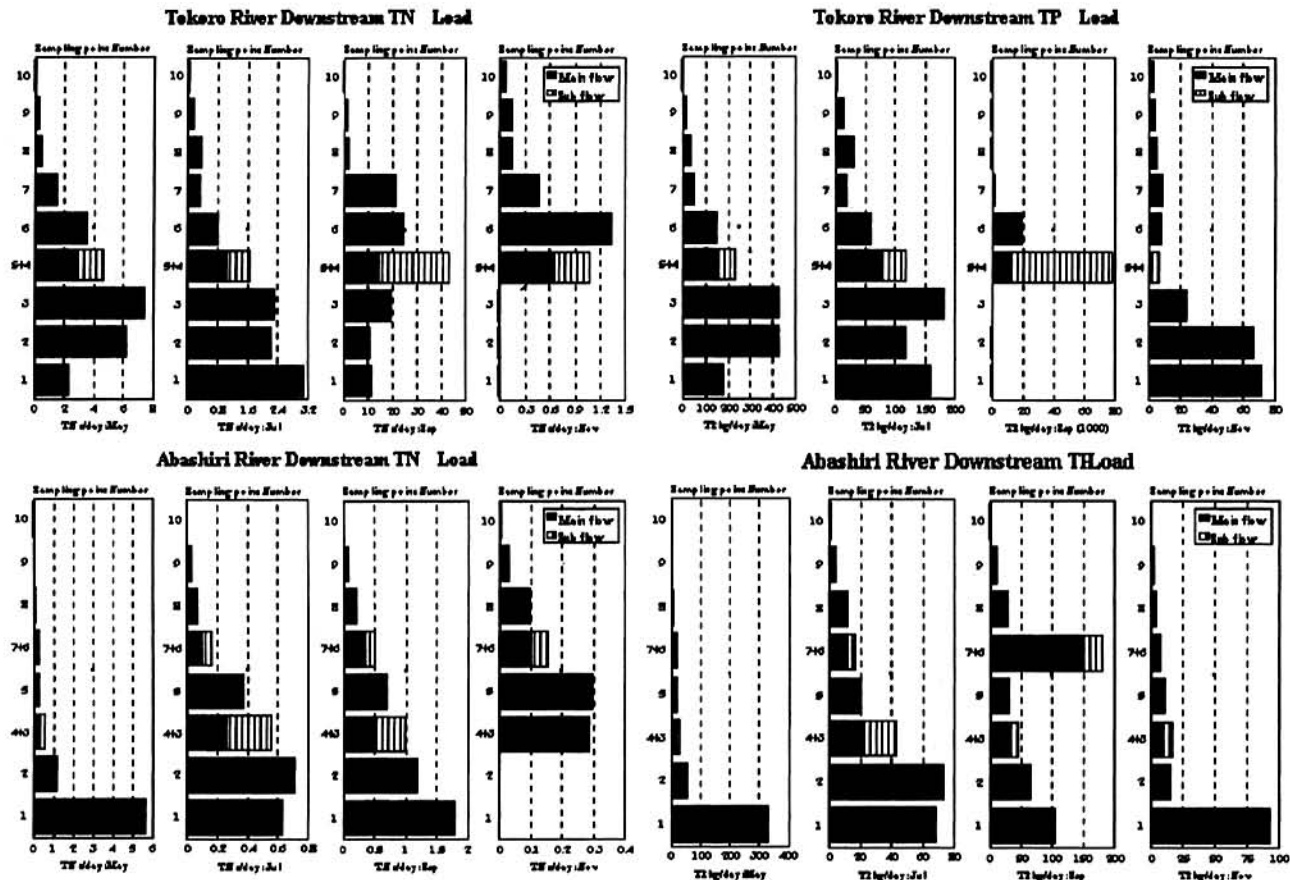


図-13c TNとTPの負荷量 (上部：常呂川、下部：網走川、左側：TN、右側：TP)

ないと仮定すれば、区間の流入の総負荷量を意味している。

常呂川における区間負荷量は、項目毎に違う傾向が示された。SSとCODは常呂7～5間で最大を示していたが、TNの負荷量は流下に伴い、ほぼ上昇傾向を示し、下流部常呂3～1間の負荷は、上流部の常呂10や常呂9の5倍から10倍以上になっている。SSやCOD濃度は、懸濁物の現存量に影響される事から、常呂5の下流に頭首工がある事や、干満の影響でこれらが沈降し、負荷（濃度）を下げる要因になったと思われる。これに対して、TN濃度と関連するのは4.1.4で述べたようにNO₃-N濃度であり、TNに対するNO₃-Nの比率は5、7月で常呂10や常呂9でその寄与が大きく、常呂3～1間では小さかった。起源としては、NO₃-Nと同様にNO₂-N、NH₄-Nの濃度も流下に伴って、ほぼ上昇する傾向が見られることから、NH₄-Nの酸化生成物として、NO₃-N濃度が上昇した可能性がある。

TPもTNと同様の傾向を示している。一般的にTPはSSと関連があると言われるが、今回の調査結果では、必ずしもそのような傾向が見られない。

網走川における区間負荷量は、SS、COD、TN、TPの各成分とも流下に伴い負荷量が増していることから、常呂川とは異なって各成分の起源は同じ物である可能性が考えられる。津別市街下流の網走5と美幌市街下流の網走2にお

いて、著しく負荷が増加しているため、この区間での負荷供給源を検討する必要がある。

この区間負荷量の結果を基に比流出量（流域の単位当たりの面積負荷量）を求めた。比流出量は、先の考察した区間負荷量を、表7-a、bに示した流域面積で割ったものである。

表-12aに常呂川流域の比流出量を示す。常呂川10・9、6、3は上中下流域の代表で、常呂4は無加川末流である。

常呂10の水質は、ダムの放水後を測定している事になり生態系影響の可能性があると考えられるものの、5月と7月のTN、TPの比流出量は、常呂9より低い値である。CODのその量は、常呂6、常呂3と比較すると常呂10と常呂9の差に違いはほとんどないと言える。常呂10については、常呂9と集水域環境に差がないと考える。

常呂10、常呂9、常呂6、常呂3で見ると5月がいずれの値も比較的高い傾向を示している。常呂9を基準とすると常呂6、常呂3でCOD、TN、TPいずれもその値は高くなっており、これらの流域に負荷供給源があることが考えられる。また、中～下流域では上流部からもたらされた物質が河床に泥積したり、再浮遊することもあり、その比率を求めることも必要である。

無加川末流のTN、TPは、合流前の常呂5より高い値を

示しているものの、常呂6、常呂3より低い値である。調査区間中で無加川流域面積は、最大の約3割を占め、そのほとんどが留辺蘂町内である。

表-12a 常呂川の比流出量 (単位: kg/km²・day)

名 前	COD	TN	TP
常呂10	1.37	0.26	0.009
	11.52	0.52	0.030
	13.11	0.71	0.026
常呂9	8.46	1.35	0.088
	9.42	0.71	0.060
	-	0.38	0.009
常呂6	39.11	22.18	1.096
	-	4.96	0.442
	17.45	9.39	-
常呂3	213.69	126.72	6.943
	35.72	29.62	2.465
	80.13	5.04	0.505
支 流			
常呂4 (無加川)	9.37	3.49	0.166
	9.46	1.21	0.074
	2.08	0.80	0.010

*上段5月13日、中段7月7日、下段11月4日

表-12bに網走川流域の比流出量を示す。網走川10・9、5、2は上中下流域の代表で、網走6、3は支流の津別川と美幌川である。

表-12b 網走川の比流出量 (単位: kg/km²・day)

名 前	COD	TN	TP
網走10	12.03	1.50	0.120
	10.63	0.46	0.068
	3.18	0.35	0.051
網走9	9.03	0.73	0.090
	9.73	0.57	0.077
	4.36	0.42	0.046
網走5	16.40	-	0.030
	9.21	1.87	0.030
	1.58	1.27	0.033
網走2	54.97	13.32	0.500
	55.75	3.42	0.670
	19.70	-	-
支 流			
網走6 (津別川)	6.79	0.73	0.050
	6.23	0.42	0.036
	2.19	0.33	0.015
網走3 (美幌川)	7.04	1.32	0.080
	7.40	1.41	0.100
	2.70	-	0.036

*上段5月12日、中段7月7日、下段11月4日

上流側の網走9~10の比流出量は、網走2~5と比較した場合、これらの量の差は小さい。また、常呂9~10と網走9~10でもTN、TPの比流出量に大きな差がなく、両河川の上流部の集水域環境に大きな差がないことを示している。

網走川は下流部の網走2で比流量値が大きくなっており、この流域の特性を明らかにする必要がある。津別川末流である網走6のCOD、TN、TP値は、上流部の網走9~10より

さらに低く、美幌川末流である網走3は上流2点より、TN濃度が若干高い傾向が見られた。美幌川の集水域が217km²と網走1について2番目に大きく、全体でも2割近い比率を占めるため、下水処理場排水と合わせて大きい負荷量を示したと考えられ、網走2の半分から10分の1程度であった。

常呂3と網走2はその上流にある頭首工が、懸濁物の除去効果があると思われるものの、集水域からの負荷量は大きいと考えられる。また、津別川、美幌川の比流出量は、大部分の成分で小さい傾向が見られた。

区間負荷量と比流出量の結果を併せて考察すると、常呂川、網走川とも上流から中流(常呂川10~7、網走川10~6)にかけてCOD、TN、TPの各成分の負荷量が増加する。これは比流出量から見て河川の集水域の面積増加と関係していることが分かった。しかしながら、常呂川における常呂6と北見市街下流・常呂3、網走川における津別市街下流・網走5と美幌市街下流・網走2の比流出量は大きく、これらの集水域での負荷供給源を検討する必要がある。

支流の負荷量は、網走6を除くと、常呂4、網走3とも本流合流前の地点の負荷量にほぼ匹敵するか、より大きい負荷を示した。この原因は、これらの集水域の面積が調査区間で各々1~2に大きい面積に比例して大きくなったものと考えられた。しかし、TNの比流出値は両地点の各河川の上流部より大きい傾向が示されていることから、その原因を検討する必要がある。1999年には、この比流出量の結果を基に、詳細な調査を行った¹³⁾。

5 まとめ

常呂川、網走川を対象に1998年に4回、1995年に5回、支流を含む主要10点で水質調査を実施した。

流量は、常呂川、網走川とも、流下過程で頭首工による水量調整や利水による取水の影響と思われる水量変動が見られた。無加川末流は、合流前の常呂川と比較すると31~77%の範囲にあったが、降雨条件によっては逆転することもあった。網走川の2支流は、いずれも近接の本流地点より少なかったが、頭首工の取水状況により本流の流量が支流より少なくなる可能性があった。

透視度は、両河川ともほとんどの地点で30cm以上であった。しかし、降雨によって網走川中央部は10cm、常呂川中央部は1cm以下であった。これは流域の土壌からの表面流出や河床の懸濁物質が影響したと考えられる。

pHも流下に伴う大きな差はなかったが、1999年7月~8月の常呂川中流部では、例年より好天の気候が、河川内の生物活動を活発にしたためか、pHが8.5以上の地点が多く見られた。同時期の網走川では、そのような傾向はなかった。

BODは、両河川ともほぼ全地点1mg/l以下で、上流から

下流まで大きな変動はなかった。

CODは、常呂川では、流下に伴わずかな上昇傾向が見られたが、網走川では季節によって上流が高い時期があるなど、その変動は大きかった。

栄養塩は、常呂川では、無機態の窒素態成分は季節を問わず、常呂8から下流で増加する傾向が示され、この地点から下流に供給源があると考えられた。また、TNとNO₃-Nの挙動がほぼ一致し、NO₃-NがTNの変動を左右していることが明らかになった。リン成分については明確な傾向は見られなかった。網走川では、季節的な変動が大きく、窒素、リンとも明確な傾向は見られなかった。

流量と主な項目の濃度から算出された負荷量は、下流部では物質により1日当たり数100kg～数10tの負荷量があると算定された。また、支流負荷量は常呂4（第1観月橋：無加川）で常呂5（第2観月橋）に対して、流量がほぼ同等であったものの、負荷量としてはほぼ45%から82%と低かった。

網走川の主要2支流の負荷量は、上流部の津別川が本流より小さいのに対して、美幌川は本流に対してより大きかった。

区間負荷量と比流出量の結果より、常呂川における常呂6と常呂3、網走川における網走5と網走2で比流出量が大きく、これらの集水域に負荷供給源のあることが考えられた。

謝 辞

現地調査に際しましては、網走支庁環境生活課環境保全係の皆様のご協力を得ました。現地での試料処理に関しましては、網走市下水処理場、津別町下水処理場、北見市下水処理場の方々に多大なるご配慮を頂きました。以上記して感謝申し上げます。常呂川、網走川の流量データをいただいた網走開発建設部河川課のご厚意にお礼申し上げます。また、BODとDOの分析に際しましては、水質環境科奥山秀樹研究主査のご協力を頂き感謝申し上げます。

なお、本報告は平成10年度 常呂川・網走川水質調査報告書（みどり広がるエコ・リバー推進事業）、平成11年度常呂川・網走川水質調査報告書（みどり広がるエコ・リバー推進事業）の調査結果を基に、加筆、修正を加えたものです。同報告書には、調査時のオリジナルデータが載っている事を付け加えます。

引用文献

- 1) 平成11年度 常呂川水系環境保全協議会 常呂川水系水質調査報告書（2000）北見工業大学地域共同研究センター編，1-111.
- 2) 常呂川における水質汚濁調査（1999）鈴木智宏，高野敬志，上田祥久，宇野豊子，内山康裕，伊藤八十男，道衛研所報，Vol49,p.82-88.
- 3) 例えば、網走湖の陸水学的特徴と長期的環境変化（2000）三上英敏，国立環境研究所研究報告（高村典子編，湖沼環境の変遷と保全に向けた展望），第153号，p.5-33.
- 4) 北海道環境白書'00（2000）北海道，p.106-127.
- 5) 北海道河川一覧 河川番号編（1995）（社）北海道河川協会，P.115-133.
- 6) 全国河川ハンドブック（1988）全国河川協会編，Vol.10，p.168.
- 7) 1996 日本河川水質年鑑（1998）日本河川協会編，p.120-131.
- 8) 北海道環境白書'97（1997）北海道，p.99-122.
- 9) 北海道環境白書'98（1998）北海道，p.88-112.
- 10) 統計オホーツク圏（1998）北海道網走支庁地域政策部振興課編.
- 11) 平成10年度 常呂川水系環境保全協議会 常呂川水系水質調査報告書（1999）北見工業大学地域共同研究センター編，1-92.
- 12) 1997 日本河川年間（2001）社団法人日本河川協会編，山海堂，p.125-136.
- 13) 平成11年度 常呂川・網走川水質調査報告書（2000）北海道環境科学研究センター，1-41.

The characteristics of river water pollution in Tokoro River and Abashiri River. - Water research to downstream in this rivers -

Yasushi Ishikawa, Osamu Saitoh,
Hidetoshi Mikami and Haruo Imaizumi

Abstract

The river water of Tokoro River and Abashiri River that there are in northeastern Hokkaido were used industrials and agricultural water, and drinking water for a river basin community resident. These rivers water is an important water resource in inhabitants of the basins. But many papers were reported that these river water qualities were become worst in recent years. We were researched from upstream bridge point to downstream bridge point of these rivers in 1998 to1999. This research was made forth or fifth a year. This research results was shown that COD, NO₃-N, TN, PO₄-P and TP concentration were kept increasing along with downstream. From these results, these loads per unit area in basin (LAB) were calculated at every research

points. When the LAB amount of upstream and middle stream were compared, middle stream LAB amount was high. This reason was thought that on the other hand the human work wasn't little at upstream basin, this work was activity at middle's. The middle stream basin was had any pollution sources to supply COD, $\text{NO}_3\text{-N}$, TN, $\text{PO}_4\text{-P}$ and TP components.

鉄山・北檜山・貝取澗川・椴川鳥獣保護区の鳥類リストについて

富沢 昌章 福島 豪*

要 約

北海道南西部の4箇所の鳥獣保護区で2000年(平成12年)1月から2000年(平成12年)12月まで鳥類のセンサスを実施し、鳥類リストを作成した。4箇所の鳥獣保護区全体で観察された鳥類は留鳥22種、夏鳥28種、旅鳥4種、冬鳥9種の合計63種であった。鉄山・北檜山鳥獣保護区ではそれぞれ合計47種が観察されたのに比べ、貝取澗川・椴川鳥獣保護区では合計34種、43種と観察された種数が少なかったが、これは貝取澗川では夏鳥が14種、旅鳥や冬鳥も3種と少なく、また、椴川では夏鳥が18種と少ない傾向にあったためである。

留鳥ではヒガラ、シジュウカラ、ヒヨドリ、ヤマガラ、ハシブトガラ、コゲラ、ハシブトガラスの7種の観察回数が多く、ヒガラ、シジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラは観察数も多かった。夏鳥ではウグイス、アオジ、カワラヒワ、キジバト、ヤブサメ、キビタキの6種の観察回数も多く、ウグイス、アオジ、カワラヒワ、ヤブサメは観察数も多かった。ホオジロは観察回数は多くないが、これら3種よりも観察数は多かった。旅鳥、冬鳥ではカケスは観察回数が多かったが、ほかの旅鳥、冬鳥も含めて観察数は少なかった。

繁殖期には鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所は広葉樹林であるため、ヒヨドリ、ヤブサメ、キビタキ、シジュウカラが共通して観察され、これらの鳥類は北海道南西部の広葉樹林で繁殖期に優占する種であるとともに、北海道中央部の広葉樹林で繁殖期に優占している種とも共通していた。ただし、センダイムシクイとハシブトガラは観察数が少なく、この2種については相違点であった。また、ヒヨドリとヤマガラは北海道東部や北部では希であるが、中央部では比較的普通に記録され、今回の4箇所の鳥獣保護区でも北海道南西部で調査を実施した1998年の3箇所、1999年の4箇所と同様に普通に記録された。椴川は主に針葉樹林であるため、針葉樹を好むヒガラが優占しており、針葉樹人工林の比率が高い鉄山でもヒガラが優占していた。鉄山・椴川では調査路とした林道沿いに開けた環境があるため、ホオジロが優占しているとともに、アオジ、カワラヒワが観察された。貝取澗川では溪流が流れているため、キセキレイが優占しているとともに、オオルリ、カワガラスも観察され、椴川にも溪流が流れるため同様にキセキレイ、オオルリ、カワガラスが観察された。これらの鳥類は北海道中央部では比較的平坦な地域が多いためあまり多くは観察されず、この点は北海道中央部とは異なる南部の特徴であると考えられる。

Key words: 北海道南西部、広葉樹林、針葉樹林、鳥獣保護区、鳥類、リスト

1 はじめに

北海道南西部では森林における鳥類の生息状況を報告した例は少ない。1998年には北海道南西部に位置する歌才・檜山・大釜谷の3箇所の鳥獣保護区での鳥類の生息状況を¹⁾、1999年には花岡・見市・濁川・湯の沢の4箇所の鳥獣保護区での鳥類の生息状況を報告した²⁾。今回はさらに鉄山・北檜山・貝取澗川・椴川の4箇所の鳥獣保護区で調査を実施したので報告する。

2 調査地

調査地は北海道南西部に位置する鉄山・北檜山・貝取澗川・椴川の4箇所の鳥獣保護区である(図1)。鉄山鳥獣

保護区は函館市内の民有林に、北檜山鳥獣保護区は北檜山町、貝取澗川鳥獣保護区は大成町、椴川鳥獣保護区は江差町内の国有林にそれぞれ設定されている。面積は鉄山鳥獣保護区は891ha、北檜山鳥獣保護区は面積507ha、貝取澗川鳥獣保護区は面積339ha、椴川鳥獣保護区は面積499haである。

北檜山鳥獣保護区は最高標高でも140mと比較的低い丘陵に位置し、急傾斜地も少ない傾向にあった。北檜山以外の3箇所の鳥獣保護区では区域内に川が流れ、川沿いは急傾斜地が多く、多数の沢地形が入り組んで複雑な地形となっている。特に貝取澗川鳥獣保護区は標高10mから600mと高く、急傾斜地も多くなっている。

植生は鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所の鳥獣保護区ではブナを中心に、ミズナラ、シナノキ等の広葉樹林である

*前道南地区野生生物室臨時研究補助員

が、広葉樹大径木は多くは存在していなかった。また、スギ、トドマツ、カラマツの人工林が存在し、特に鉄山では人工林の比率が高かった。椴川鳥獣保護区は主にヒノキアスナロ林であり、トドマツなどの人工林も点在する針葉樹を中心とする森林であったが、沢沿いにはブナを中心とした広葉樹林もある。鉄山・椴川鳥獣保護区では調査路とした林道の法面がかなり広いので、調査路沿いに高木がなく草本や低木が茂る開けた環境が多く存在した。林床の植生は鉄山・北檜山鳥獣保護区ではクマイザサが優占していたが、貝取澗川・椴川鳥獣保護区ではササは少なく、草本や低木が茂っていた。



図1. 各鳥獣保護区の位置

3 調査方法

調査は鳥獣保護区内を通る林道（北檜山鳥獣保護区では歩道）に2.0kmの調査路を設け、線センサス法を実施した。調査路を設けた林道（歩道）は大部分は尾根沿いを通っているが、貝取澗川鳥獣保護区では川沿いを通っている。調査路を時速1.5～2.0kmで歩きながら、調査路の両側それぞれ25m、計50mの範囲に出現する鳥類の種類と個体数を記録した。なお、調査範囲外に出現した鳥類についても、種類を記録した。鉄山・北檜山・椴川の3箇所の鳥獣保護区では2000年（平成12年）4月、5月、6月、10月、11月、12月の各月1回、計6回調査を実施した。貝取澗川鳥獣保護区では2000年（平成12年）1月から12月までの各月1回、計12回調査を実施した。

4 調査結果及び考察

4箇所の鳥獣保護区全体で観察された鳥類は留鳥23種、夏鳥28種、旅鳥4種、冬鳥8種の合計63種であった（表1）。このうち、半数を超える37種は3箇所以上で観察されたが、特に留鳥では16種（73%）が3箇所以上で観察された。反対に旅鳥は4種すべてが1～2箇所観察されただけであり、夏鳥と冬鳥は3箇所以上で観察された種と1～2箇所観察された種の割合がおおよそ半々であった。

各鳥獣保護区別には、鉄山鳥獣保護区では留鳥17種、夏鳥22種、旅鳥3種、冬鳥5種、合計47種、北檜山鳥獣保護区では留鳥18種、夏鳥21種、旅鳥2種、冬鳥6種、合計47種であった。貝取澗川鳥獣保護区では留鳥17種、夏鳥14種、冬鳥3種、合計34種、椴川鳥獣保護区では留鳥19種、夏鳥18種、旅鳥1種、冬鳥5種、合計43種であった。鉄山・北檜山鳥獣保護区ではそれぞれ合計47種が観察されたのに比べ、貝取澗川・椴川鳥獣保護区では合計34種、43種と観察された種数が少なかった。これは貝取澗川鳥獣保護区では夏鳥が14種、旅鳥や冬鳥も3種と少なく、また、椴川鳥獣保護区では夏鳥が18種と少ない傾向にあったためである。

留鳥は年間を通して観察され、種別の観察回数はヒガラ（23回）、シジュウカラ（23回）、ヒヨドリ（23回）、ヤマガラ（21回）の4種が20回以上と多く、ハシブトガラ（18回）、コゲラ（18回）、ハシブトガラス（16回）の3種が続いた（表1）。これら7種は4箇所すべての鳥獣保護区で観察されるとともに、ヒガラ、シジュウカラ、ヒヨドリ、ハシブトガラは77羽、69羽、54羽、49羽と観察数も多かった。また、エナガの観察回数は12回と少なかったが、観察数は41羽と前記の4種の次に多かった。これらの種は4箇所の鳥獣保護区とも観察回数や観察数が多い傾向にあるとともに、1999年調査を実施したブナを中心とした広葉樹林に設定されている4箇所の鳥獣保護区においても同様に観察回数や観察数が多い傾向にあった²⁾。ただし、ヒガラは鉄山・椴川鳥獣保護区の2箇所で観察回数と観察数とも多かった（表2、5）。これはヒガラが針葉樹を好む種であり、椴川が主に針葉樹林であり、鉄山が針葉樹人工林の比率が高いためと考えられる。1999年調査を実施した4箇所の鳥獣保護区においても針葉樹人工林が混在するためヒガラの観察回数や観察数が多い傾向にあった²⁾。また、一昨年調査を実施した檜山鳥獣保護区は主に針葉樹林であったため、ヒガラの観察回数や観察数は多かった¹⁾。反対に、主に広葉樹林である北檜山ではヒガラの観察数は少ない傾向にあった（表3）。

夏鳥は4月から11月までに観察されるため留鳥に比べ観察回数は少なかったが、ウグイス（12回）、アオジ（10回）、カワラヒワ（10回）、キジバト（9回）、ヤブサメ（9回）、キビタキ（9回）の6種は観察回数が9回以上と多かった

(表1)。このうちヤブサメ、アオジ、カワラヒワ、ウグイスは29羽、29羽、27羽、26羽と観察数も多かった。ホオジロは観察回数は8回であったが、観察数は40羽とこれら4種よりも多かった。ホオジロは鉄山・楡川鳥獣保護区の2箇所だけで観察されたが、これは調査路沿いに開けた環境が多く存在したためであり、この2箇所では観察数も多かった(表2、5)。

旅鳥、冬鳥ではカケスは観察回数が11回と多かったが、それ以外は観察回数は少なく、ウソ4回が続いていた。また、観察数はマヒワ、カケス、ツグミ、ハギマシコが10～16羽観察された程度で、あまり多くなかった。

繁殖期の6月についてみると、鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所はブナを中心とした広葉樹林に設定されており、共通する点が見られた。ヤブサメは鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所でも優占し、シジュウカラは鉄山で優占しているとともに北檜山・貝取澗川においても優占度は比較的高かった(表2～4)。ヒヨドリとキビタキは鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所でも観察され、ヒヨドリは北檜山では優占していた。1999年調査を実施したブナを中心とした広葉樹林に設定されている4箇所の鳥獣保護区においてはヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラなどは共通して観察され、ヤブサメ、センダイムシクイは優占していた²⁾。1998年調査を実施した歌才・檜山鳥獣保護区もブナを主体とした広葉樹林であり、センダイムシクイ、ヤブサメ、シジュウカラ、コルリ、ウグイス、アオジ、エゾムシクイ、キビタキの8種が優占していた¹⁾。また、北海道中央部の広葉樹林では繁殖期にはヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、ゴジュウカラなどが優占していることが報告されている^{3), 4), 5)}。今回調査した鉄山・北檜山・貝取澗川の3箇所でもヤブサメ、シジュウカラ、ヒヨドリ、キビタキなどが共通して観察され、また、ヤブサメは3箇所ともに優占し、シジュウカラも1箇所でも優占するとともに残り2箇所でも優占度は高く、これらは昨年調査した4箇所の鳥獣保護区などと共通する点であった。一方、ハシブトガラは1箇所では観察されず、残り2箇所でも観察数は少なく、センダイムシクイは2箇所でも観察されず、残り1箇所での観察数も少なく、これら2種については相違点が大きかった。また、ヒヨドリとヤマガラは北海道北部や東部では繁殖期に希であることが報告されているが^{6), 7)}、中央部では比較的普通に記録され^{3), 4)}、1998年の3箇所¹⁾、昨年の4箇所²⁾においても比較的普通に記録されている。今回の4箇所において普通に記録されていた(表2～5)。

貝取澗川鳥獣保護区ではキセキレイ(14.3%)が優占し、オオルリ、カワガラスも観察された(表4)。キセキレイ、オオルリ、カワガラスは溪流沿いに生息する種であり、調査路が川沿いに設定されているためと考えられた。楡川に

おいても同様にキセキレイ、オオルリ、カワガラスが、鉄山においてはオオルリが観察された(表2、5)。1999年調査を実施した4箇所の鳥獣保護区においても区域内には川が流れているため、溪流沿いに生息するオオルリ、ミソサザイ、キセキレイ、カワガラスが共通して観察され²⁾、また、1998年調査を実施した大釜谷鳥獣保護区でも同様にオオルリ、ミソサザイ、キセキレイ、カワガラスが観察された¹⁾。これらの鳥類は北海道中央部では比較的平坦な地域が多く、優占種とはならず^{3), 4), 5)}、この点は北海道中央部とは異なる南部の特徴であると考えられる。

楡川鳥獣保護区では6月にヒガラ(16.0%)とホオジロ(12.0%)が優占していた(表5)。ヒガラは鉄山と楡川で優占しているが、これは前述したとおり主に針葉樹林であることや針葉樹人工林の比率が高いためと考えられる。ホオジロも鉄山と楡川で優占しているが、これも前述したとおり調査路沿いに開けた環境が多く存在したためと考えられる。また、鉄山ではアオジ、カワラヒワが優占しているが、アオジは林縁性の鳥類であり、林道を調査路にしたため、カワラヒワは開けた環境を好む種であり、林道沿いに開けた環境があるためと考えられる。

5 おわりに

1998年、1999年に引き続き北海道南部の4箇所の鳥獣保護区で調査を実施し、鳥類リストを作成した。3箇所の鳥獣保護区はブナを中心とした広葉樹林であり、観察された鳥類は共通する種が多かった。一方、これらの3箇所の鳥獣保護区には針葉樹人工林も存在し、1箇所は主に針葉樹林であるため、針葉樹を好む種も観察された。また、区域内には川が流れていたり、調査路とした林道沿いに開けた環境があることにより、それらの環境を好む種も観察された。今後、さらに多くの鳥獣保護区で調査を実施し、北海道の他の地域と比較して、南部に生息する鳥類相の共通点と相違点を明らかにしていく必要がある。

6 参考文献

- 1) 富沢昌章, 歌才・檜山・大釜谷鳥獣保護区の鳥類リストについて. 北海道環境科学研究センター所報 26: 63—71 (1999)
- 2) 富沢昌章・福島豪, 花岡・見市・濁川・湯の沢鳥獣保護区の鳥類リストについて. 北海道環境科学研究センター所報 27: 31—41 (2000)
- 3) 石城謙吉・松岡茂, 北海道大学苫小牧地方演習林の鳥類相 その1 広葉樹天然林と針葉樹人工林における夏期の種構成と生息密度. 北海道大学農学部演習林研究報告 29: 43—54 (1972)

- 4) 鈴木悌司・斉藤新一郎・斉藤満, 岩見沢地方の天然生
落葉広葉樹林における繁殖期の鳥類群集. 北海道林業
試験場報告 21:95-103 (1983)
- 5) 富沢昌章, 羊ヶ丘白旗山鳥獣保護区の鳥類リストにつ
いて. 北海道環境科学研究センター所報 22:61-68
(1995)
- 6) 富沢昌章・島田明英, 北大天塩・中川演習林の鳥類.
「すぐれた自然地域」自然環境調査報告書(道北圏域
道央圏域). 北海道環境科学研究センター:165-168
(1994)
- 7) 富沢昌章・島田明英, 留真の鳥類. 「すぐれた自然地域」
自然環境調査報告書(大雪山・日勝圏域). 北海道
環境科学研究センター:92-96 (1995)

Birds List in Tetuzan, Kitahiyama, Kaitorimakawa and
Todogawa Wild Life Protected Area

Masaaki Tomisawa and Go Fukushima

Abstract

Survey on birds were carried out in four Wild life
Protected Area in Southwestern Hokkaido, from January
to December 2000, drawn up the Birds List. A total of 63
species of birds including 22 residents, 28 summer visitors,
4 transients and 9 winter visitors were recorded
throughout the present study. Forty-seven species of
birds were recorded in Tetuzan Wild Life Protected Area
and Kitahiyama Wild Life Protected Area. Forty-three
species of birds were recorded in Todogawa Wild Life
Protected Area and recorded thirty-four species of birds
in Kaitorimakawa Wild Life Protected Area were less
than other two Areas and summer visitors were
particularly less.

Parus ater, *Parus major*, *Hypsipetes amaurotis*, *Parus
varius*, *Parus palustris*, *Dendrocopos kizuki* and *Corvus
macrorhynchos* were residents, were frequent observed
and moreover *P. ater*, *P. major*, *Hypsipetes amaurotis* and
P. palustris were observed in large numbers. *Cettia
diphone*, *Emberiza spodocephala*, *Carduelis sinica*,
Streptopelia orientalis, *Urosphena squameiceps* and
Ficedula narcissina were summer visitors, were frequent
observed and moreover *C. diphone*, *E. spodocephala*, *C.
sinica*, and *U. squameiceps* were observed in large
numbers. *Emberiza cioidea* was not frequent observed,
but in large numbers. *Garrulus glandarius* was winter
visitors, was common observed, but not in large
numbers. Other transients and winter visitors were not

common observed and not in large numbers.

In breeding season *H. amaurotis*, *U. squameiceps*, *Ficedula
narcissina*, and *P. major* were common observed at
Tetuzan, Kitahiyama and Kaitorimakawa Wild life
Protected Area consisted of the broad-leaved trees. Their
species are dominant in broad-leaved forest at
Southwest Hokkaido and also dominant in broad-leaved
forest at Central Hokkaido. But it was different
Phylloscopus coronatus and *Parus palustris* were
observed comparatively little. *H. amaurotis* and *P. varius*
were observed common in the four areas and also
common at Southwest and Central Hokkaido, but rare at
Northern and Eastern Hokkaido. *P. ater* were abundant in
Todogawa and Tetuzan consisted of the needle-leaved
trees. *E. cioidea* which inhabited open area, was abundant
and *E. spodocephala* and *Carduelis sinica* were observed
in Tetuzan and Todogawa Wild Life Protected Area. In
Kaitorimakawa and Todogawa Wild Life Protected Area
Motacilla cinerea, *Cyanoptila cyanomelana* and *Cinclus
pallasii* which inhabited near the stream, were common
observed. These birds were not common at Central
Hokkaido because their were not many of stream and
slope land at Central Hokkaido, so their were characteristic
in Southwestern Hokkaido

表1. 鉄山、北檜山、貝取澗川、椴川鳥獣保護区で観察された鳥類の観察回数・箇所数

No.	種名	移動習性	鉄山	北檜山	貝取澗川	椴川	観察箇所数	観察回数	観察羽数
1	ミサゴ	S		○			1	2	0
2	トビ	R	○	○	○	○	4	6	2
3	オオタカ	R			○	○	2	2	1
4	ハイタカ	R				○	1	1	2
5	ノスリ	W		○	○	○	3	3	1
6	エゾライチョウ	R	○	○	○	○	3	5	8
7	キジバト	S	○	○	○	○	4	9	10
8	アオバト	S	○		○	○	4	5	5
9	ジュウイチ	S			○	○	2	2	0
10	カッコウ	S	○	○		○	3	3	0
11	ツツドリ	S	○	○			2	4	0
12	アマツバメ	S		○			1	1	0
13	アカショウビン	S				○	1	1	0
14	クマゲラ	R		○		○	2	4	2
15	アカゲラ	R	○	○	○		3	7	4
16	コゲラ	R	○	○	○	○	4	18	24
17	キセキレイ	S			○	○	2	8	16
18	ピンズイ	S	○				1	2	3
19	ヒヨドリ	R	○	○	○	○	4	23	56
20	モズ	S	○	○		○	3	5	4
21	キレンジャク	W		○			1	1	2
22	ヒレンジャク	W		○			1	1	4
23	カワガラス	R			○	○	2	13	23
24	ミソサザイ	R	○	○	○	○	4	7	13
25	カヤクグリ	W			○		1	1	2
26	コルリ	S	○	○			2	4	6
27	ジョウビタキ	T	○	○			1	1	0
28	トラツグミ	S	○	○	○	○	4	6	0
29	クロツグミ	S	○	○	○	○	4	8	2
30	アカハラ	S	○	○	○	○	3	4	3
31	シロハラ	T	○	○			2	2	4
32	ツグミ	W	○	○		○	3	3	11
33	ヤブサメ	S	○	○	○	○	4	9	29
34	ウグイス	S	○	○	○	○	3	12	26
35	メボソムシクイ	T		○			1	1	1
36	エゾムシクイ	S		○			2	3	3
37	センダイムシクイ	S	○	○	○	○	4	6	7
38	キクイタダキ	R	○	○	○	○	4	11	17
39	キビタキ	S	○	○	○	○	4	9	14
40	オオルリ	S	○	○	○	○	4	8	15
41	コサメビタキ	S	○	○			1	1	1
42	エナガ	R	○	○	○	○	4	12	41
43	ハシブトガラ	R	○	○	○	○	4	18	49
44	コガラ	R	○	○	○	○	4	8	9
45	ヒガラ	R	○	○	○	○	4	23	77
46	ヤマガラ	R	○	○	○	○	4	21	37
47	シジュウカラ	R	○	○	○	○	4	23	69
48	ゴジュウカラ	R	○	○	○	○	4	14	22
49	キバシリ	R		○			1	1	0
50	メジロ	S		○			1	2	7
51	ホオジロ	S	○			○	2	8	40
52	ミヤマホオジロ	T	○			○	2	2	7
53	アオジ	S	○		○		4	10	29
54	カワラヒワ	S	○	○	○	○	4	11	27
55	マヒワ	W	○			○	2	3	16
56	ハギマシコ	W	○				1	1	10
57	ベニマシコ	S	○				1	1	2
58	ウソ	W	○	○		○	3	4	5
59	イカル	S	○	○	○	○	4	7	16
60	シメ	R	○				1	1	1
61	カケス	W	○	○	○	○	4	11	15
62	ハシボソガラス	R	○	○	○	○	4	8	1
63	ハシブトガラス	R	○	○	○	○	4	17	11
種数			47	47	34	43	63		
合計			17	18	16	19	22		
留鳥			22	21	14	18	28		
夏鳥			3	2	0	1	4		
旅鳥			5	6	4	5	9		
冬鳥									

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

表2. 鉄山鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.14		5月 5.19		6月 6.19		10月 10.14		11月 11.23		12月 12.17		観察 回数	観察数 (羽)
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
1	トビ	R			+		+						1	(5.9%)	3	1
2	エゾライチョウ	R	2	(6.3%)					1	(2.0%)					2	3
3	キジバト	S	+												1	0
4	アオバト	S					+								1	0
5	カッコウ	S					+								1	0
6	ツツドリ	S			+		+								2	0
7	アカゲラ	R									1	(2.9%)			1	1
8	コゲラ	R									2	(5.9%)			1	2
9	ビンズイ	S			2	(3.7%)	1	(3.1%)							2	3
10	ヒヨドリ	S			2	(3.7%)	1	(3.1%)	+		+		1	(5.9%)	5	4
11	モズ	S			1	(1.9%)	1	(3.1%)							2	2
12	ミソサザイ	R											1	(5.9%)	1	1
13	コルリ	S			2	(3.7%)	1	(3.1%)							2	3
14	ジョウビタキ	T	+												1	0
15	トラツグミ	S			+		+								2	0
16	クロツグミ	S			+										1	0
17	アカハラ	S			1	(1.9%)	+								2	1
18	シロハラ	T							1	(2.0%)					1	1
19	ツグミ	W									1	(2.9%)			1	1
20	ヤブサメ	S			2	(3.7%)	3	(9.4%)							2	5
21	ウグイス	S	+		3	(5.6%)	2	(6.3%)	8	(16.3%)					4	13
22	エゾムシクイ	S			+										1	0
23	センダイムシクイ	S			2	(3.7%)	+								2	2
24	キクイタダキ	R	2	(6.3%)	1	(1.9%)	1	(3.1%)			2	(5.9%)	2	(11.8%)	5	8
25	キビダキ	S			2	(3.7%)	1	(3.1%)							2	3
26	オオルリ	S			3	(5.6%)	1	(3.1%)							2	4
27	コサメビタキ	S			1	(1.9%)									1	1
28	エナガ	R	3	(9.4%)					11	(22.4%)	2	(5.9%)			3	16
29	ハシブトガラ	R	5	(15.6%)							1	(2.9%)			2	6
30	コガラ	R	+								+				2	0
31	ヒガラ	R	1	(3.1%)	11	(20.4%)	4	(12.5%)	4	(8.2%)	9	(26.5%)	1	(5.9%)	6	30
32	ヤマガラ	R	+		2	(3.7%)	1	(3.1%)			1	(2.9%)			4	4
33	シジュウカラ	R	3	(9.4%)	1	(1.9%)	3	(9.4%)	2	(4.1%)	1	(2.9%)	2	(11.8%)	6	12
34	ゴジュウカラ	R	+						1	(2.0%)	3	(8.8%)	1	(5.9%)	4	5
35	ホオジロ	S	2	(6.3%)	8	(14.8%)	4	(12.5%)	11	(22.4%)					4	25
36	ミヤマホオジロ	T							1	(2.0%)					1	1
37	アオジ	S			4	(7.4%)	4	(12.5%)	6	(12.2%)					3	14
38	カワラヒワ	S	1	(3.1%)	1	(1.9%)	3	(9.4%)	1	(2.0%)					4	6
39	マヒワ	W									5	(14.7%)	5	(29.4%)	2	10
40	ハギマシコ	W	10	(31.3%)											1	10
41	ベニマシコ	S	2	(6.3%)											1	2
42	ウソ	W									1	(2.9%)	1	(5.9%)	2	2
43	イカル	S			4	(7.4%)	+								2	4
44	シメ	R									1	(2.9%)			1	1
45	カケス	W			1	(1.9%)	1	(3.1%)	+		2	(5.9%)			4	4
46	ハシボソガラス	R	+		+								+		3	0
47	ハシブトガラス	R	1	(3.1%)	+		+		2	(4.1%)	2	(5.9%)	2	(11.8%)	6	7
生息数 (羽/km)			32		54		32		49		34		17			218
種数			合計	18	27	25	14	17	11	11	17	11	11	47		
			留鳥	11	8	7	7	13	9	9	9	9	17			
			夏鳥	5	18	17	4	0	0	0	0	0	22			
			旅鳥	1	0	0	2	0	0	0	0	3				
			冬鳥	1	1	1	1	4	2	4	2	5				

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

表3. 北檜山鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.13		5月 5.13		6月 6.11		10月 10.8		11月 11.12		12月 12.14		観察 回数	観察数 (羽)
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
1	ミサゴ	S	+		+										2	0
2	トビ	R							1	(23%)					1	1
3	ノスリ	W											+		1	0
4	エゾライチョウ	R									2	(7.4%)			1	2
5	キジバト	S			+		+								2	0
6	アオバト	S					+								1	0
7	カッコウ	S					+								1	0
8	ツツドリ	S			+		+								2	0
9	アマツバメ	S			+										1	0
10	クマゲラ	R			+								1	(2.8%)	2	1
11	アカゲラ	R	+		+		1	(2.9%)	1	(2.3%)			1	(2.8%)	5	3
12	コゲラ	R	2	(8.7%)	1	(2.6%)	1	(2.9%)	2	(4.5%)	1	(3.7%)	2	(5.6%)	6	9
13	ヒヨドリ	R	1	(4.3%)	3	(7.7%)	5	(14.3%)	9	(20.5%)	2	(7.4%)	5	(13.9%)	6	25
14	モズ	S					+								1	0
15	キレンジャク	W									2	(7.4%)			1	2
16	ヒレンジャク	W									4	(14.8%)			1	4
17	ミソサザイ	R	1	(4.3%)							1	(3.7%)			2	2
18	コルリ	S			2	(5.1%)	1	(2.9%)							2	3
19	トラツグミ	S					+								1	0
20	クロツグミ	S			+		+								2	0
21	アカハラ	S			1	(2.6%)									1	1
22	シロハラ	T							3	(6.8%)					1	3
23	ツグミ	W											10	(27.8%)	1	10
24	ヤブサメ	S			5	(12.8%)	4	(11.4%)							2	9
25	ウグイス	S	1	(4.3%)	2	(5.1%)	2	(5.7%)	2	(4.5%)					4	7
26	メボソムシクイ	T					1	(2.9%)							1	1
27	エゾムシクイ	S			1	(2.6%)	2	(5.7%)							2	3
28	センダイムシクイ	S			2	(5.1%)									1	2
29	キクイタダキ	R									1	(3.7%)	2	(5.6%)	2	3
30	キビタキ	S			1	(2.6%)	2	(5.7%)							2	3
31	オオルリ	S			+										1	0
32	エナガ	R			1	(2.6%)							2	(5.6%)	2	3
33	ハシブトガラ	R	4	(17.4%)			1	(2.9%)	5	(11.4%)	4	(14.8%)	3	(8.3%)	5	17
34	コガラ	R							2	(4.5%)	1	(3.7%)			2	3
35	ヒガラ	R			2	(5.1%)			1	(2.3%)	2	(7.4%)			3	5
36	ヤマガラ	R	1	(4.3%)	+				2	(4.5%)	+		1	(2.8%)	5	4
37	シジュウカラ	R	1	(4.3%)	1	(2.6%)	2	(5.7%)	3	(6.8%)	5	(18.5%)	5	(13.9%)	6	17
38	ゴジュウカラ	R	3	(13.0%)	1	(2.6%)	3	(8.6%)	2	(4.5%)			3	(8.3%)	5	12
39	キバシリ	R	+												1	0
40	メジロ	S					1	(2.9%)	6	(13.6%)					2	7
41	アオジ	S			5	(12.8%)	2	(5.7%)	1	(2.3%)					3	8
42	カワラヒワ	S	9	(39.1%)	4	(10.3%)	4	(11.4%)	1	(2.3%)					4	18
43	ウソ	W											+		1	0
44	イカル	S			7	(17.9%)	3	(8.6%)							2	10
45	カケス	W							3	(18.8%)	2	(14.3%)			2	5
46	ハシボソガラス	R					+						1	(2.8%)	2	1
47	ハシブトガラス	R	+		+		+				+				4	0
観察数			23		39		35		44		27		36		204	
種数			合計	13	26	25	16	14	14	14	14	14	14	47		
			留鳥	10	10	8	10	11	11	11	11	11	11	18		
			夏鳥	3	16	16	4	0	0	0	0	0	21			
			旅鳥	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2			
			冬鳥	0	0	0	1	3	3	3	3	3	6			

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

表5. 楸川鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月 4.16		5月 5.20		6月 6.13		10月 10.7		11月 11.11		12月 12.9		観察 回数	観察数 (羽)
			観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
1	トビ	R					+								1	0
2	オオタカ	W							1	(3.2%)					1	1
3	ハイタカ	R									2	(6.9%)			1	2
4	ノスリ	W									1	(3.4%)			1	1
5	エゾライチョウ	R							2	(6.5%)			1	(3.1%)	2	3
6	キジバト	S			3	(13.0%)	2	(8.0%)	1	(3.2%)	1	(3.4%)			4	7
7	アオバト	S					2	(8.0%)							1	2
8	ジュウイチ	S			+										1	0
9	カッコウ	S					+								1	0
10	アカショウビン	S					+								1	0
11	クマガラ	R							1	(3.2%)	+				2	1
12	コゲラ	R			1	(4.3%)	+				1	(3.4%)	1	(3.1%)	4	3
13	キセキレイ	S					+								1	0
14	ヒヨドリ	R			1	(4.3%)	2	(8.0%)	2	(6.5%)	4	(13.8%)	2	(6.3%)	5	11
15	モズ	S			+		2	(8.0%)							2	2
16	カワガラス	R			+										1	0
17	ミソサザイ	R									3	(10.3%)	1	(3.1%)	2	4
18	トラツグミ	S			+										1	0
19	クロツグミ	S			2	(8.7%)	+								2	2
20	ツグミ	W											+		1	0
21	ヤブサメ	S			2	(8.7%)	2	(8.0%)							2	4
22	ウグイス	S	1	(9.1%)	1	(4.3%)	1	(4.0%)	3	(9.7%)					4	6
23	センダイムシクイ	S			1	(4.3%)	1	(4.0%)							2	2
24	キクイタダキ	R			+								3	(9.4%)	2	3
25	キビタキ	S			1	(4.3%)	2	(8.0%)							2	3
26	オオルリ	S			2	(8.7%)	+								2	2
27	エナガ	R	2	(18.2%)	1	(4.3%)									2	3
28	ハシブトガラ	R	1	(9.1%)					3	(9.7%)	1	(3.4%)	1	(3.1%)	4	6
29	コガラ	R									2	(6.9%)			1	2
30	ヒガラ	R	1	(9.1%)	3	(13.0%)	4	(16.0%)	3	(9.7%)	11	(37.9%)	6	(18.8%)	6	28
31	ヤマガラ	R			1	(4.3%)	2	(8.0%)	2	(6.5%)	1	(3.4%)	1	(3.1%)	5	7
32	シジュウカラ	R	1	(9.1%)					2	(6.5%)	1	(3.4%)	1	(3.1%)	4	5
33	ゴジュウカラ	R									1	(3.4%)			1	1
34	ホオジロ	S	3	(27.3%)	4	(17.4%)	3	(12.0%)	5	(16.1%)					4	15
35	ミヤマホオジロ	T											6	(18.8%)	1	6
36	アオジ	S					1	(4.0%)	4	(12.9%)					2	5
37	カワラヒワ	S	2	(18.2%)	+										2	2
38	マヒワ	W											6	(18.8%)	1	6
39	ウソ	W											3	(9.4%)	1	3
40	イカル	S			+		1	(4.0%)							2	1
41	カケス	W			+				2	(14.3%)					2	2
42	ハシボソガラス	R											+		1	0
43	ハシブトガラス	R	+		+		+		+						4	0
観察数			11		23		25		31		29		32		151	
種数			合計	8	22		21		14		13		14		43	
			留鳥	5	8		6		9		11		10		19	
			夏鳥	3	13		15		4		1		0		18	
			旅鳥	0	0		0		0		0		1		1	
			冬鳥	0	1		0		1		1		3		5	

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

表4. 貝取瀧川鳥獣保護区で観察された鳥類

No.	種名	移動 習性	4月		5月		6月		7月		8月		9月		10月		
			調査月日	4.9	5.12	6.12	7.16	8.13	9.17	10.9	観察数	優占度	観察数	優占度	観察数	優占度	観察数
1	トビ	R															
2	オオタカ	W					+										
3	ノスリ	W															
4	キジバト	S							2	(11.1%)			1	(7.7%)			
5	アオバト	S					2	(9.5%)			1	(20.0%)					
6	ジュウイチ	S					+										
7	アケゲラ	R															
8	コゲラ	R	1	(6.3%)			1	(4.8%)	1	(5.6%)						1	(5.0%)
9	キセキレイ	S	2	(12.5%)	4	(18.2%)	3	(14.3%)	2	(11.1%)	1	(20.0%)	1	(7.7%)	3	(37.5%)	
10	ヒヨドリ	R			2	(9.1%)	1	(4.8%)	3	(16.7%)							
11	カワガラス	R	1	(6.3%)	1	(4.5%)	2	(9.5%)	1	(5.6%)	2	(40.0%)	5	(38.5%)	2	(10.0%)	
12	ミソサザイ	R	3	(18.8%)													
13	カヤクグリ	W															
14	トラツグミ	S			+		+										
15	クロツグミ	S			+		+		+								
16	アカハラ	S							1	(5.6%)							
17	ヤブサメ	S			5	(22.7%)	5	(23.8%)	1	(5.6%)							
18	センダイムシクイ	S									1	(20.0%)					
19	ククイタダキ	R															
20	キビタキ	S			2	(9.1%)	2	(9.5%)	1	(5.6%)							
21	オオルリ	S			5	(22.7%)	2	(9.5%)	2	(11.1%)							
22	エナガ	R	1	(6.3%)									4	(30.8%)			
23	ハシブトガラ	R	3	(18.8%)			1	(4.8%)							3	(15.0%)	
24	コガラ	R															
25	ヒガラ	R							1	(5.6%)			2	(15.4%)	1	(5.0%)	
26	ヤマガラ	R	1	(6.3%)											4	(50.0%)	
27	シジュウカラ	R					2	(9.5%)							5	(25.0%)	
28	ゴジュウカラ	R	2	(12.5%)													
29	アオジ	S			1	(4.5%)			1	(5.6%)							
30	カワラヒワ	S							1	(5.6%)							
31	イカル	S							1	(5.6%)							
32	カケス	W			2	(9.1%)									1	(5.0%)	
33	ハシボソガラス	R	+						+								
34	ハシブトガラス	R	2	(12.5%)			+										
観察数			16		22		21		18		5		13		20		
種数			合計	10	10	15	15	4	5	8	5	8	6	1	1	0	1
			留鳥	9	2	7	5	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0
			夏鳥	1	7	8	10	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0
			旅鳥	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			冬鳥	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

移動習性 R:留鳥 S:夏鳥 T:旅鳥 W:冬鳥

11月 11.20		12月 12.15		1月 1.9		2月 2.12		3月 3.19		観察 回数	観察数 (羽)
観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)	観察数 (羽)	優占度 (%)		
								+		1	0
										1	0
								+		1	0
										2	3
										2	3
										1	0
								+		1	0
		2	(80%)			3	(65%)	1	(7.7%)	7	10
										7	16
+		2	(80%)	2	(7.4%)	6	(13.0%)			7	16
2	(15.4%)	1	(40%)	2	(7.4%)	2	(4.3%)	2	(15.4%)	12	23
3	(23.1%)									2	6
2	(15.4%)									1	2
										2	0
										3	0
										1	1
										3	11
										1	1
		1	(40%)					2	(15.4%)	2	3
										3	5
										3	9
		2	(80%)	2	(7.4%)	10	(21.7%)			5	19
		3	(120%)	5	(18.5%)	4	(8.7%)	1	(7.7%)	7	20
		1	(40%)	1	(3.7%)	2	(4.3%)			3	4
1	(7.7%)	2	(80%)	3	(11.1%)	3	(6.5%)	1	(7.7%)	8	14
1	(14.3%)	4	(160%)	3	(11.1%)	7	(15.2%)	2	(15.4%)	7	22
4	(30.8%)	7	(280%)	8	(29.6%)	8	(17.4%)	1	(7.7%)	7	35
				1	(3.7%)	1	(2.2%)	+		4	4
										2	2
										1	1
										1	1
								1	(7.7%)	3	4
										2	0
								2	(15.4%)	3	4
13		25		27		46		13			239
7		10		9		10		13		34	
6		10		9		10		11		16	
0		0		0		0		0		14	
0		0		0		0		0		0	
1		0		0		0		2		4	

野幌森林公園内の鳥類リストについて

梅木 賢俊 武田 忠義* 永安 芳江**

要 約

北海道中央部に位置する野幌森林公園で、1999年（平成11年）7月から2001年（平成13年）3月までに公園内の代表的な環境である、森林地区と草原地区において鳥類の調査を実施し、鳥類リストを作成した。森林地区で観察された鳥類は1999年度に43種、2000年度に52種、全期間を通して58種、草原地区で観察された鳥類は1999年度に43種、2000年度に60種、全期間を通して63種が確認された。観察された種類や種数は、石狩低地帯の大規模な成熟した落葉広葉樹林で観察が期待される種類をほぼ網羅した豊かなものとなっており、森林性鳥類にとって良好な環境となっていることがうかがわれる。また、確認された種類の9割を超える種が3月から9月までの間に出現していた。

Key words: 北海道中央部、野幌森林公園、道立自然公園、鳥類、リスト

1 はじめに

野幌森林公園は都市部近隣にあり、多くの道民が利用する身近な自然であると同時に、石狩低地帯における開拓以前の姿を大規模にとどめる、貴重な森林でもあり、周辺地域の生物多様性を保持するために重要な存在である。

しかしながら、野幌森林公園の鳥類相を概観できる自然環境調査は意外と少ない。

また、近年隣接地の開発が進む中で、その資質を把握しておくことは重要である。

本調査は、当公園内の鳥類相や鳥類の季節変動を把握するために行うものであり、また、年ごとの情報を比較していくことにより長期的な変動を把握することを目的として行うものである。

今回は、1999年度、2000年度に行った調査結果について報告する。

2 調査地

野幌森林公園は、札幌市の中心部から東方約11~15kmに位置し、1968年（昭和43年）に北海道百年を記念して指定された面積約2,051haの道立自然公園である（図1）。

本調査地は標高が30m~90mと低く、全体としては傾斜に乏しいゆるやかな丘陵となっている。中央には南北方向にやや小高い分水嶺があり、東側は千歳川、西側は豊平川の支流が深い沢となって入り込んでいるため、地形が複雑

である。さらに、農業用の溜池などもあるため、変化に富んだ環境を有している。

植生は、天然林の部分は温帯林から亜寒帯林への移行帯に位置する森林の様相が比較的良好に残されており、ミズナラ、カツラ、シナノキなどの温帯性の広葉樹、トドマツを主体とする亜寒帯性の針葉樹が入り交じった針広混交林からなる多様な林相が見られ、100種を超える自生の樹木が記録されている。ただし、公園面積の40%程度をトドマツ・カラマツなどの針葉樹人工林が占めている。本地域は

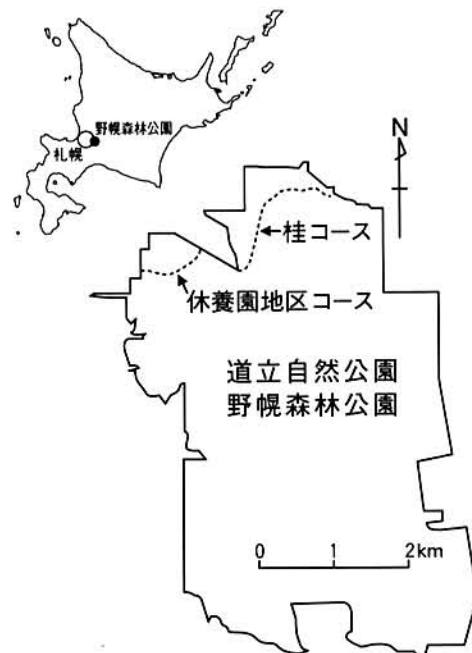


図1 野幌森林公園の位置及び調査路

* 北海道環境生活部環境室自然環境課

**北海道野幌森林公園事務所公園利用課

多雪地帯であり、林床はクマイザサやチシマザサが優占するほか、エゾユズリハ、ハイヌガヤ等の低木が茂っている。

また、公園の一部には草原が分布するが、ここは休養園地区とよばれ、耕作放棄時に表土を搬出されたと思われる状態で、堅く乾いた土壌である。そのため、セイタカアワダチソウ、オオアワダチソウなどが優占する帰化植物群落からなり、群集構造的にも空間構造的にも特異かつ単調となっている。

3 調査方法

調査場所は、野幌森林公園内の代表的な環境である森林地区（桂コース）と、草原地区（休養園地区コース）の2カ所であり、いずれも遊歩道等を利用して、桂コースに2 km、休養園地区コースに1 kmの調査路を設け、線センサスを実施した（図1）。

桂コースはハルニレ・ミズナラの大径木を主体とするトドマツを交えた成熟した針広混交林内を、休養園地区コースはオオアワダチソウ等が優占する草原と沢沿いに残された天然性二次林等を通っている。沢沿いの天然性二次林は樹高10数mまでのミズナラ、ハルニレ、ヤナギ類を主体とし、林床はクマイザサが優占している。特に林縁部はクマイザサ及び外套植物群落がみられる。

調査は日の出後1時間前後を開始時刻とし、荒天日は避けて行った。調査路を時速1～2 kmで歩きながら、調査路の両側それぞれ25m、計50mの範囲に出現する鳥類の種類と個体数を記録した。調査範囲外に出現した鳥類については、種類のみ記録した。

調査は1999年7月～2000年3月まで各月1回の、計9回、2000年4～6月の各月2回、2000年7月～11月、及び2001年1月、3月に各月1回、計13回を両コースとも同日に実施した。

4 調査結果及び考察

森林地区の桂コースでは1999年度に43種（表1）、2000年度に52種（表2）、2年間を通して58種が確認された。草原地区の休養園地区コースでは1999年度に43種（表3）、2000年度に60種（表4）であり、2年間を通しての合計は63種であった。また、2000年度の調査結果から、厳冬期のみ確認される種類は1～2種と少なく、3月から9月までの間に9割を超える種が確認された。

両コースあわせて確認された種数は74種（表5）であったが、このうち47種が両コースに共通して観察された。これは休養園地区コース沿いに天然性二次林が存在するため、桂コースと共通する森林性の鳥類が相当数観察された

ためである。

桂コースのみで確認された種類としては、オオタカ、ハイタカ、ヤマシギ、フクロウ、ヒバリ、キセキレイ、コマドリ、メボソムシクイ、キバシリ、アトリ、カケスの11種で、ほとんどは森林性鳥類であった。

なお、ヒバリは草原を好む種であるが、観察路に隣接して草地が存在していたため、さえずりが聞かれたこと、また移動する個体が上空を通過し、観察されたものである。また、ヤマゲラ、アカゲラ、コゲラ、クロツグミ、コルリ、ヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ククイタダキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、ゴジュウカラ、アオジ、ウソ、イカル、ニューナイスズメも森林性鳥類であり、両コースに共通して観察されているが、休養園地区コースに比べ本コースで観察数が多い傾向にあった。

一方、休養園地区コースのみで確認された種類はマガモ、キジ、オオジシギ、アリスイ、クマゲラ、ハクセキレイ、タヒバリ、ノゴマ、ノビタキ、シロハラ、エゾセンニュウ、ホオジロ、ホオアカ、カシラダカ、オオジュリン、コムクドリとの16種で、草原や耕作地などを好む種類が多くなっている。ただし、クマゲラは森林性であり沢沿いの天然性二次林や隣接する森林内の枯損木に採餌のために飛来するものが観察された。このほかにもモズ、メジロ、ベニマシコ、シメ、ムクドリも草原や灌木林などの開けた環境を好む種類であり、両コースに共通して観察されているが、桂コースに比べ本コースでは観察数が多い傾向にあった。

コースごとに出現種類の特徴をみると、桂コースでは、留鳥ではハシブトガラ、シジュウカラ、ヒヨドリ、ゴジュウカラなど、夏鳥ではアオジ、カワラヒワ、ヤブサメの観察数が多かった。繁殖期の5月から7月にかけてヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、アオジ、カワラヒワ、ニューナイスズメが優占していた。

次に桂コースで記録された鳥類の種類数を、同じ石狩低地帯の大規模な、成熟した落葉広葉樹林における記録と比較した。札幌市の南東部に位置する羊ヶ丘白旗山鳥獣保護区では57種が¹⁾、苫小牧市の北海道大学苫小牧地方演習林では61種が²⁾確認されている。本コースで観察された58種はこれらと同等の種類数であり、羊ヶ丘白旗山鳥獣保護区とは46種が、北海道大学苫小牧地方演習林とは45種が共通していた。また、上記2カ所とも繁殖期にはヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、ゴジュウカラ、ニューナイスズメなどが優占しているが、本コースでも同様であった。

以上から、桂コースの鳥類相は石狩低地帯の落葉広葉樹林で観察が期待される種類をほぼ網羅したものと考えられ、森林性鳥類にとって良好な環境となっていることがうかがわれる。

休養園地区コースでは留鳥ではヒヨドリ、ハシブトガラ、シジュウカラ、シメなど、夏鳥ではアオジ、カワラヒワ、ムクドリの観察数が多かった。繁殖期の5月から7月にかけてヒヨドリ、ヤブサメ、センダイムシクイ、キビタキ、ハシブトガラ、シジュウカラ、アオジ、カワラヒワ、シメが優占していた。これらの種類の多くは森林性であり、草原や灌木林などの開けた環境を好む種類としてはアオジ、カワラヒワ、シメ、ムクドリの4種類であった。この地方の平野部の灌木・草原を選好する代表的な種類としては、ヒバリ、ノゴマ、ノビタキ、コヨシキリ、ホオアカ、オオジュリンなどが報告されている^{3) 4)}。しかし、本コースではヒバリ、コヨシキリは観察されず、ノゴマ、ノビタキ、ホオアカ、オオジュリンも、少ないか偶発的な出現にとどまった。

5 おわりに

野幌森林公園内の鳥類相を長期的にモニタリングすることにより、鳥類の季節変動や鳥類相の変化等を把握することを目的として、1999年の7月から鳥類調査を開始した。

公園内の鳥類相を把握するために月1回から2回程度の調査を行ったが、今後長期的に観察を続けていくためにはどの程度の観察頻度が必要か、検討したところ、厳冬期のみ確認される種類は少ないこと、4月については上旬と下旬で観察される種類が異なることなどから、3月から9月までの間で4月のみ2回、それ以外は月1回程度の調査を行うことにより、出現種数の9割以上を確認することが可能であることが分かった。

このことから、この期間を中心に観察を行うことにより鳥類相の概要を把握することが可能と考えられる。

今後は、春から秋の期間を中心とした調査を継続して出現種数をモニタリングするとともに、数年ごとに今回実施したような高頻度の調査を実施し、種ごとの個体数の変動を把握することが望ましい。

この調査を行うにあたり多くの方々に協力をいただいたが、特に調査に協力をいただいた野幌森林公園事務所の魚津幸一氏（現・空知支庁）、大沼治氏（現・室蘭土木現業所）、瀧下佳穂氏に対し、この場を借りて厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 富沢昌章：羊ヶ丘白旗山鳥獣保護区の鳥類リストについて、北海道環境科学研究センター所報、22：61-68, 1995.
- 2) 石城謙吉, 松岡茂：北海道大学苫小牧地方演習林の鳥類相その1 広葉樹天然林と針葉樹人工林における夏

期の種構成と生息密度、北海道大学農学部演習林研究報告、21：95-103, 1983.

- 3) 北海道自然保護協会, 石狩川中、下流域における鳥類生息調査報告書、pp.17, 1979.
- 4) 北海道自然保護協会, 石狩川中、下流域における鳥類生息調査報告書、pp.15, 1980.

The Birds List of Nopporo Forest Park

Umeki Masatoshi,
Takeda Tadayoshi,
Nagayasu Yoshie

Abstract

A bird species list of Nopporo Forest Park, a park with representative natural environment located in the middle of Hokkaido, was made after a survey was done on this area between July 1999 to March 2001. A total of 58 species of bird was recorded, including the 43 species, and the 52 species recorded in 1999 and 2000 respectively in the forest area. In terms of grassland area, 63 species was recorded, in which 43 species was recorded in 1999, and 60 species in 2000. Most of the bird species type and numbers were observed at the mature broad-leaved forest of the Ishikari lowland area. And the species observed exceeded 90 percents from March to September.

表1. 1999年度に森林地区（柱コース）で観察された鳥類

(調査日の列の数字は、確認羽数。*印はコース外でのみ確認された種)

科名	種名	7/16	優占度	8/19	優占度	9/22	優占度	10/21	優占度	11/18	優占度	12/16	優占度	1/26	優占度	2/16	優占度	3/15	優占度	出現頻度
タカ科	オオタカ							1	1.8									1	4.3	2/9
	ハイタカ			2	3.9															1/9
ハト科	キジバト	1	1.9	5	9.8															2/9
	アオバト	*																		1/9
カッコウ科	ツツドリ	*																		1/9
フクロウ科	フクロウ																	1	4.3	1/9
キツツキ科	ヤマゲラ							1	1.8											1/9
	アカゲラ	1	1.9	1	2	2	2.3	1	1.8	3	3.8	2	5	4	12.5			1	4.3	8/9
	オオアカゲラ									1	1.3			2	6.3			*		3/9
	コゲラ	1	1.9	2	3.9	1	1.1	2	3.6	2	2.5	2	5	5	15.6			1	4.3	8/9
ヒヨドリ科	ヒヨドリ	7	13	5	9.8	7	8	3	5.4	20	25.3	5	12.5					3	13	7/9
ツグミ科	コルリ	1	1.9																	1/9
	ルリビタキ							2	3.6											1/9
	クロツグミ	1	1.9																	1/9
	アカハラ	1	1.9																	1/9
	ツグミ									10	12.7	18	45							2/9
ウグイス科	ヤブサメ	5	9.3	4	7.8															2/9
	ウグイス					3	3.4	5	8.9											2/9
	エゾムシクイ			2	3.9															1/9
	センダイムシクイ	3	5.6	4	7.8															2/9
	キクイタダキ					2	2.3	2	3.6					3	9.4					3/9
ヒタキ科	キビタキ	1	1.9																	1/9
	オオルリ	3	5.6																	1/9
	コサメビタキ			1	2															1/9
エナガ科	エナガ					2	2.3	1	1.8	5	6.3									3/9
シジュウカラ科	ハシブトガラ	2	3.7	6	11.8	10	11.5	7	12.5	12	15.2	4	10	9	28.1	4	80	4	17.4	9/9
	コガラ					2	2.3													1/9
	ヒガラ	2	3.7			3	3.4	2	3.6					4	12.5	1	20	2	8.7	6/9
	ヤマガラ	*		3	5.9	7	8	4	7.1	2	2.5	2	5							6/9
	シジュウカラ	9	16.7	4	7.8	28	32.2	3	5.4	9	11.4	1	2.5					6	26.1	7/9
ゴジュウカラ科	ゴジュウカラ	*		3	5.9	12	13.8	8	14.3	2	2.5	2	5	1	3.1			2	8.7	8/9
キバシリ科	キバシリ									1	1.3			1	3.1					2/9
メジロ科	メジロ							1	1.8											1/9
ホオジロ科	アオジ	16	29.6	1	2	7	8													3/9
アトリ科	カワラヒワ			2	3.9			7	12.5											2/9
	ベニマシコ							*												1/9
	ウソ									2	2.5	3	7.5	3	9.4					3/9
	イカル	*		5	9.8	*														3/9
	シメ			1	2			3	5.4	5	6.3									3/9
ハタオリドリ科	スズメ							1	1.8											1/9
カラス科	カケス					1	1.1	2	3.6											2/9
	ハシボソガラス									3	3.8									1/9
	ハシブトガラス	*								2	2.5	1	2.5					2	8.7	4/9
確認種数	43	21	17	15	15	20	15	10	9	2	11									

表2. 2000年度に森林地区(柱コース)で観察された鳥類

(調査日の列の数字は、確認羽数。*印はコース外でのみ確認された種)

科名	種名	4/14	優占度	4/25	優占度	5/9	優占度	5/25	優占度	6/6	優占度	6/20	優占度	7/19	優占度	8/24	優占度	9/19	優占度	10/17	優占度	11/27	優占度	1/24	優占度	3/14	優占度	出現頻度
サギ科	アオサギ	*										1	1.2	2	3.1													3/13
カモ科	オシドリ			2	2.6																							1/13
タカ科	トビ	*		*		*																			1	1.7		4/13
シギ科	ヤマシギ			1	1.3																							1/13
ハト科	キジバト	2	2.8	1	1.3	1	0.7	*		1	1.1	*		3	4.7	*												8/13
	アオバト									*		1	1.2	3	4.7	*												4/13
カッコウ科	ツツドリ					*		*		*																		3/13
キツツキ科	ヤマゲラ			3	3.8	2	1.4	*																	*			4/13
	アカゲラ	4	5.6	2	2.6	1	0.7	1	1.4	2	2.2	1	1.2			2	3.8	1	1.7	3	4.3	3	3.6	4	8.5	2	3.3	12/13
	オオアカゲラ	2	2.8	*																								2/13
	コゲラ	4	5.6			3	2.1	1	1.4	2	2.2	7	8.1	2	3.1	3	5.7	3	5.1	1	1.4	3	3.6	6	12.8	3	5	12/13
ヒバリ科	ヒバリ	*																*										2/13
セキレイ科	キセキレイ					1	0.7																					1/13
ヒヨドリ科	ヒヨドリ	2	2.8	3	3.8	7	5	2	2.9	4	4.3	2	2.3	6	9.4	5	9.4	6	10.2	12	17.1	20	24.1	7	14.9	6	10	13/13
モズ科	モズ															*												1/13
ミンサザイ科	ミンサザイ	6	8.5													1	1.9											2/13
ツグミ科	コマドリ					1	0.7																					1/13
	コルリ					6	4.3			1	1.1																	2/13
	ルリビタキ					1	0.7																					1/13
	トラツグミ			*		*		1	1.4					*														4/13
	クロツグミ			1	1.3	2	1.4	1	1.4	3	3.2	3	3.5	1	1.6			1	1.7									7/13
	アカハラ			*		*																						2/13
	ツグミ																			1	1.4	5	6	5	10.6	4	6.7	4/13
ウグイス科	ヤブサメ			2	2.6	20	14.3	4	5.7	11	11.8	8	9.3	8	12.5			1	1.7									7/13
	ウグイス			*		4	2.9	1	1.4	*		*		*		1	1.9											7/13
	メボソムシクイ									3	3.2																	1/13
	エゾムシクイ					2	1.4																					1/13
	センダイムシクイ					18	12.9	3	4.3	8	8.6	1	1.2	2	3.1													5/13
	キクイタダキ	4	5.6	2	2.6																			2	4.3			3/13
ヒタキ科	キビタキ					1	0.7	6	8.6	15	16.1	7	8.1	6	9.4													5/13
	オオルリ					2	1.4	1	1.4	2	2.2																	3/13
	コサメビタキ					*																						1/13
エナガ科	エナガ	2	2.8																				4	4.8	4	8.5		3/13
シジュウカラ科	ハシブトガラ	7	9.9	8	10.3	4	2.9	8	11.4	5	5.4	8	9.3	5	7.8	15	28.3	11	18.6	13	18.6	8	9.6	3	6.4	10	16.7	13/13
	ヒガラ	2	2.8			5	3.6			2	2.2	1	1.2	1	1.6			1	1.7	2	2.9	1	1.2	2	4.3	2	3.3	10/13
	ヤマガラ	2	2.8	5	6.4	3	2.1	4	5.7	3	3.2	2	2.3	1	1.6					3	4.3	2	2.4	1	2.1	5	8.3	11/13
	シジュウカラ	8	11.3	8	10.3	4	2.9	3	4.3	5	5.4	3	3.5	2	3.1	15	28.3	11	18.6	14	20	4	4.8	6	12.8	9	15	13/13
ゴジュウカラ科	ゴジュウカラ	7	9.9	7	9	2	1.4	1	1.4	*		1	1.2	5	7.8	6	11.3	3	5.1	1	1.4	3	3.6	4	8.5	5	8.3	13/13
キバシリ科	キバシリ					1	0.7											1	1.7			1	1.2			1	1.7	4/13
メジロ科	メジロ													1	1.6			4	6.8									2/13
ホオジロ科	アオジ			11	14.1	22	15.7	11	15.7	11	11.8	25	29.1	12	18.8	4	7.5	8	13.6	6	8.6							9/13
アトリ科	アトリ																					6	7.2					1/13
	カウラヒワ	5	7	9	11.5	9	6.4	7	10	6	6.5	3	3.5	1	1.6	1	1.9	2	3.4	11	15.7	8	9.6					11/13
	マヒワ																			2	2.9		9	10.8				2/13
	ウン	1	1.4																			*		3	6.4	9	15	4/13
	イカル					2	1.4			3	3.2	1	1.2	3	4.7			5	8.5	1	1.4				2	3.3		7/13
	シメ	1	1.4			*		*														3	3.6					4/13
ハタオリドリ科	ニューナイスズメ			11	14.1	15	10.7	13	18.6	5	5.4	9	10.5															5/13
ムクドリ科	ムクドリ																					*						1/13
カラス科	カケス	10	14.1	*														1	1.7						1	1.7		5/13
	ハシボソガラス															*												1/13
	ハシブトガラス	2	2.8	2	2.6	1	0.7	2	2.9	1	1.1	2	2.3							*		2	2.4	*		*		10/13
確認種数	52	21		23		33		22		24		21		20		14		16		14		19		13		16		

表3. 1999年度に草原地区(休養園地区コース)で観察された鳥類

(調査日の列の数字は、確認羽数。*印はコース外でのみ確認された種)

科名	種名	7/16	優占度	8/19	優占度	9/22	優占度	10/21	優占度	11/18	優占度	12/16	優占度	1/26	優占度	2/16	優占度	3/15	優占度	出現頻度
タカ科	トビ									*								*		2/9
ハト科	キジバト	1	4	1	2.9			1	2.9											3/9
	アオバト	1	4																	1/9
キツツキ科	ヤマゲラ											1	5.9							1/9
	アカゲラ			2	5.9			*				1	5.9					*		4/9
	オオアカゲラ													1	11.1	2	50			2/9
	コゲラ											1	5.9	1	11.1					2/9
セキレイ科	ハクセキレイ					1	3.3													1/9
	タヒバリ							2	5.9											1/9
ヒヨドリ科	ヒヨドリ	3	12	8	23.5	5	16.7	4	11.8	8	16.7	6	35.3	3	33.3	*		6	27.3	9/9
モズ科	モズ	*				1	3.3	2	5.9											3/9
ミソサザイ科	ミソサザイ							2	5.9											1/9
ツグミ科	ノゴマ					1	3.3													1/9
	クロツグミ	1	4																	1/9
	アカハラ	*		2	5.9			1	2.9											3/9
	ツグミ							2	5.9	*										2/9
ウグイス科	ヤブサメ	1	4																	1/9
	ウグイス	*		3	8.8	1	3.3													3/9
	エソセンニュー	*																		1/9
	センダイムシクイ	2	8	2	5.9															2/9
	クイタダキ											*								1/9
ヒタキ科	キビタキ	1	4																	1/9
	コサメビタキ			3	8.8															1/9
エナガ科	エナガ					*				3	6.3			3	33.3					3/9
シジュウカラ科	ハシブトガラ	1	4	2	5.9	3	10	2	5.9	3	6.3					2	50	7	31.8	7/9
	ヒガラ					1	3.3													1/9
	ヤマガラ	1	4	2	5.9	4	13.3			1	2.1	1	5.9					4	18.2	6/9
	シジュウカラ	1	4	3	8.8	1	3.3	7	20.6	*		4	23.5					2	9.1	7/9
ゴジュウカラ科	ゴジュウカラ					1	3.3	3	8.8	1	2.1	3	17.6					2	9.1	5/9
メジロ科	メジロ	1	4			6	20													2/9
ホオジロ科	ホオジロ	*																		1/9
	ホオアカ	1	4	1	2.9															2/9
	アオジ	3	12	2	5.9	3	10	1	2.9											4/9
	カワラヒワ	2	8	1	2.9			5	14.7											3/9
アトリ科	ベニマシコ			1	2.9			1	2.9											2/9
	ウソ									2	4.2	*								2/9
	イカル	4	16																	1/9
	シメ	1	4			1	3.3							1	11.1					3/9
	ニュウナイスズメ			1	2.9															1/9
ムクドリ科	スズメ							1	2.9											1/9
	ムクドリ					1	3.3			28	58.3									2/9
カラス科	ハシボソガラス																	*		1/9
	ハシブトガラス							*		2	4.2							1	4.5	3/9
確認種数	43	21	15	15	16	11	9	5	3	9										

表4. 2000年度に草原地区(休養園地区コース)で観察された鳥類

(調査日の列の数字は、確認羽数。*印はコース外でのみ確認された種)

科名	種名	4/14	優占度	4/25	優占度	5/9	優占度	5/25	優占度	6/6	優占度	6/20	優占度	7/19	優占度	8/24	優占度	9/19	優占度	10/17	優占度	11/27	優占度	1/24	優占度	3/14	優占度	出現頻度	
サギ科	アオサギ	1	1.8	*		*		*						1	2.1													5 /13	
	オシドリ					1	1.9																					1 /13	
	マガモ					4	7.7																					1 /13	
キジ科	トビ									1	4.2																	1 /13	
	キジ			*		1	1.9	*		*		*																5 /13	
シギ科	オオジシギ			6	11.5	1	1.9	*						*														4 /13	
	キジバト	1	1.8	4	7.7	4	7.7	3	5.2			*		2	4.2			2	3.8	3	5.4							8 /13	
カッコウ科	アオバト					*		*						2	4.2													2 /13	
	ツツドリ					*		*				2	5															2 /13	
キツツキ科	アリスイ					*		*										1	1.9									2 /13	
	ヤマゲラ	*		*		*		*				1	2.5															5 /13	
	クマガラ			*		1	1.9	*																				3 /13	
	アカゲラ	1	1.8			1	1.9					2	5	2	4.2			2	3.8	1	1.8				1	3.7	7 /13		
セキレイ科	コゲラ	*		1	1.9	1	1.9					2	5	*		1	2.3											7 /13	
	コゲラ																											2 /13	
ヒヨドリ科	ハクセキレイ	1	1.8	*				*																				3 /13	
	ヒヨドリ	4	7	4	7.7	4	7.7	2	3.4	2	8.3	5	12.5	6	12.5	4	9.1	4	7.5	13	23.2	4	80	7	77.8	1	3.7	13 /13	
モズ科	モズ	1	1.8	2	3.8			1	1.7	*		2	5	3	6.3	*		2	3.8									8 /13	
ミソサザイ科	ミソサザイ	3	5.3																			1	20					2 /13	
	ツグミ科																		1	1.9								1 /13	
ツグミ科	ノゴマ																											1 /13	
	コルリ							1	1.7																			1 /13	
	ルリビタキ			1	1.9																							1 /13	
	ノビタキ			1	1.9																							2 /13	
	トラツグミ	1	1.8																									1 /13	
	クロツグミ			*		*		*		*				1	2.1													5 /13	
	アカハラ					*														1	1.9							3 /13	
	シロハラ			1	1.9																							1 /13	
	ツグミ																												2 /13
	ウグイス科	ツグミ																											1 /13
ウグイス科	ヤブサメ					3	5.8	6	10.3	3	12.5	4	10	*		6	13.6	2	3.8									7 /13	
	ウグイス			2	3.8	1	1.9	1	1.7	1	4.2	*		2	4.2	2	4.5	2	3.8	1	1.8							9 /13	
	エソセンニュー												1	4.2														1 /13	
	エソムシクイ					2	3.8																					1 /13	
	センダイムシクイ					4	7.7	3	5.2	3	12.5	2	5	2	4.2			2	3.8									6 /13	
	キクイタダキ	1	1.9			*		4	6.9	4	16.7	5	12.5	*														1 /13	
ヒタキ科	キビタキ					*		4	6.9	4	16.7	5	12.5	*														5 /13	
	オオルリ							*						*		1	2.3											2 /13	
	コサメビタキ													*				3	5.7									2 /13	
エナガ科	エナガ	2	3.5	2	3.8																				4	14.8	3 /13		
	シジュウカラ科	2	3.5	2	3.8	2	3.8			1	4.2	3	7.5			4	9.1	3	5.7	3	5.4		1	11.1	5	18.5	10 /13		
シジュウカラ科	コガラ			1	1.9			1	1.7																			2 /13	
	ヒガラ	*						20	34.5												2	3.6			2	7.4	4 /13		
	ヤマゲラ	1	1.8	3	5.8	1	1.9	1	1.7					6	12.5	1	2.3	2	3.8	3	5.4		1	11.1			9 /13		
	シジュウカラ	3	5.3	4	7.7	1	1.9	2	3.4			2	5	6	12.5	3	6.8	3	5.7	3	5.4				8	29.6	10 /13		
ゴジュウカラ科	ゴジュウカラ	1	1.8	2	3.8			*						1	2.1			1	1.9	1	1.8				1	3.7	7 /13		
	メジロ科							1	1.7					2	4.2	2	4.5	3	5.7	3	5.4							5 /13	
ホオジロ科	メジロ							1	1.7					2	4.2	2	4.5	3	5.7	3	5.4							8 /13	
	ホオジロ	2	3.5	3	5.8	3	5.8	1	1.7	*		1	2.5	3	6.3					1	1.8							5 /13	
	ホオアカ					1	1.9	*		*		*		*														1 /13	
	カシラダカ																					*						1 /13	
	アオジ			2	3.8	6	11.5	1	1.7	4	16.7			5	10.4			6	11.3	11	19.6							7 /13	
アトリ科	オオジュリン													*														1 /13	
	カワラヒワ	5	8.8	7	13.5	7	13.5	7	12.1	3	12.5	2	5	4	8.3	1	2.3	5	9.4	10	17.9							10 /13	
	マヒワ																											2 /13	
	ベニマシコ									*											1	1.8						2 /13	
	ウソ	3	5.3											*														1 /13	
	イカル					*		*		*		*		*		*		*										6 /13	
ハタオリドリ科	シメ	20	35.1			1	1.9	3	5.2	1	4.2	4	10			7	15.9	5	9.4									7 /13	
	スズメ																				*							1 /13	
ムクドリ科	コムクドリ													*														1 /13	
	ムクドリ															12	27.3											1 /13	
カラス科	ハシボソガラス			1	1.9							1	2.5															2 /13	
	ハシブトガラス	5	8.8	2	3.8	2	3.8	*		*		2	5	*		*		*				*	*		2	7.4	12 /13		
確認種数	60	21	27	28	31	19	22	26	15	22	16	4	6	10															

表5. 1999年度・2000年度に森林地区及び草原地区で確認された鳥類

科名	種名	森林地区(桂コース)		草原地区(休養園地区コース)	
		1999年度	2000年度	1999年度	2000年度
サギ科	1 アオサギ		○		○
カモ科	2 オシドリ		○		○
	3 マガモ				○
タカ科	4 トビ		○	○	○
	5 オオタカ	○			
	6 ハイタカ	○			
キジ科	7 キジ				○
シギ科	8 ヤマシギ		○		
	9 オオジシギ				○
ハト科	10 キジバト	○	○	○	○
	11 アオバト	○	○	○	○
カッコウ科	12 ツツドリ	○	○		○
フクロウ科	13 フクロウ	○			
キツツキ科	14 アリスイ				○
	15 ヤマゲラ	○	○	○	○
	16 クマゲラ				○
	17 アカゲラ	○	○	○	○
	18 オオアカゲラ	○	○	○	○
	19 コゲラ	○	○	○	○
ヒバリ科	20 ヒバリ	○	○		
セキレイ科	21 キセキレイ	○	○		
	22 ハクセキレイ			○	○
	23 タヒバリ			○	
ヒヨドリ科	24 ヒヨドリ	○	○	○	○
モズ科	25 モズ		○	○	○
ミソサザイ科	26 ミソサザイ		○	○	○
ツグミ科	27 コマドリ		○		
	28 ノゴマ			○	○
	29 コルリ	○	○		○
	30 ルリビタキ	○	○		○
	31 ノビタキ				○
	32 トラツグミ		○		○
	33 クロツグミ	○	○	○	○
	34 アカハラ	○	○	○	○
	35 シロハラ				○
	36 ツグミ	○	○	○	○
	ウグイス科	37 ヤブサメ	○	○	○
38 ウグイス		○	○	○	○
39 エソセンニュー				○	○
40 メボソムシクイ			○		
41 エゾムシクイ		○	○		○
42 センダイムシクイ		○	○	○	○
43 キクイタダキ		○	○	○	○
ヒタキ科	44 キビタキ	○	○	○	○
	45 オオルリ	○	○	○	○
	46 コサメビタキ	○	○	○	○
エナガ科	47 エナガ	○	○	○	○
シジュウカラ科	48 ハシブトガラ	○	○	○	○
	49 コガラ	○			○
	50 ヒガラ	○	○	○	○
	51 ヤマガラ	○	○	○	○
	52 シジュウカラ	○	○	○	○
ゴジュウカラ科	53 ゴジュウカラ	○	○	○	○
キバシリ科	54 キバシリ	○	○		
メジロ科	55 メジロ	○	○		
ホオジロ科	56 ホオジロ			○	○
	57 ホオアカ			○	○
	58 カシラダカ				○
	59 アオジ	○	○	○	○
	60 オオジュリン				○
	アトリ科	61 アトリ		○	
62 カワラヒワ		○	○	○	○
63 マヒワ			○		○
64 ベニマシコ		○		○	○
65 ウソ		○	○	○	○
66 イカル		○	○	○	○
67 シメ		○	○	○	○
ハタオリドリ科	68 ニュウナイスズメ		○	○	○
	69 スズメ	○		○	○
ムクドリ科	70 コムクドリ				○
	71 ムクドリ		○	○	○
カラス科	72 カケス	○	○		
	73 ハシボソガラス		○	○	○
	74 ハシブトガラス		○	○	○
確認種数	74	43	52	43	60
		58		63	