

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：20105

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21510242

研究課題名（和文）太平洋沿岸の泥炭地湿原における高茎湿生草原の成立・維持機構の解明とその保全

研究課題名（英文）Mechanism of formation and continuity of fen meadow communities at a lowland peat-forming mire in Pacific coast, northern Japan

研究代表者

矢部 和夫 (YABE KAZUO)

札幌市立大学・デザイン学部・教授

研究者番号：80290683

研究成果の概要（和文）：本研究は、ウトナイ湖で近年急速に減少した高茎湿生草原の成立・維持のしくみを解明し、その保全方法を探ることを目的としている。1975年から2009年の間に急激なハンノキ林化による高茎湿生草原の減少がみられた。このような急激な高茎湿生草原の減少は、フェンが乾燥によって劣化した一時的な中生草原であることを示している。

高茎湿生草原の環境は、水位はフェンとハンノキ湿生林の中間の値であり、窒素や無機イオン量が少なかった。流入河川は養分や無機イオンが多かったため、ウトナイ湖の水位上昇による湖水の供給が高茎湿生草原を再生するために、もっとも適切な方法である。

研究成果の概要（英文）：This study aims to clarify the mechanism of formation and continuity of the fen meadow communities, which have to conserve because they were rapidly decreased. Fen meadow communities rapidly decreased between 1975 and 2009, since *Alnus* forest replaced them. The rapid change of communities suggests that fen meadow communities are temporally formed by the degradation of fens owing to the decline of water level begun before 1960. Hydrochemical conditions which sustain fen meadow communities were intermediate in water level between *Alnus* forest and fens, and low concentrations of major minerals and nitrogen, indicating fen meadow communities are low productive. Water of rivers in this area contained much minerals and nutrients. On the other hand, after flooding of Utonai lake in August 2010, the concentrations of minerals and nutrients fen meadow areas did not rise. Accordingly, water supply by increasing water level of Utonai pond would be most effective, because this method can maintain oligotrophic condition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：生物多様性保全、fen meadow

## 1. 研究開始当初の背景

北海道の太平洋沿岸の湿原では、フェン(fen)とハンノキ林の間に広葉草本の優占

する群落高1m以上の高茎湿生草原が分布している。高茎湿生草原中では多種類の野草が優占しており、希少種も生育しているために、湿原全体の種多様性を大きく高め

るとともに、湿原景観を高めている。このような保全価値の高い高茎湿生草原は、近年ハンノキ林化によって急速に減少した。高茎湿生草原はヨーロッパでみられる fen meadow と極めて類似したものであると思われるが、これまでほとんど注目されておらず、その生態学的研究例はほとんどない。

## 2. 研究の目的

(1) 空中写真から人為的攪乱の有無や群落分布の変化を明らかにし、年輪解析によるハンノキの侵入過程の推定から、湿原群落で起こった急激な群落変化のプロセスを明らかにする。

(2) 急激な群落変化と水文化学環境の変化との関係を解明する。近年起こった群落変化の原因は、ウトナイ湖の水位変化や周辺の土地利用変化に伴うウオッシュロードなどの水文化学環境の変化に伴う群落の劣化なのか明らかにする。

(1) と (2) の結果に基づき、高茎湿生草原の成立と維持の機構を明らかにし保全のための提案をする。

## 3. 研究の方法

### (1) 群落変化のプロセスの解明

#### ①空中写真判読

本研究では、いずれもカラー画像が利用出来る 1975 年国土院発行の航空写真および、2009 年に撮影された高解像度衛星 Geo-eye1 の衛星写真を、ESRI 社製 ArcGIS9.2 を用いて、目視判読により植生区分を行い GIS データを作成した。

#### ②年輪解析

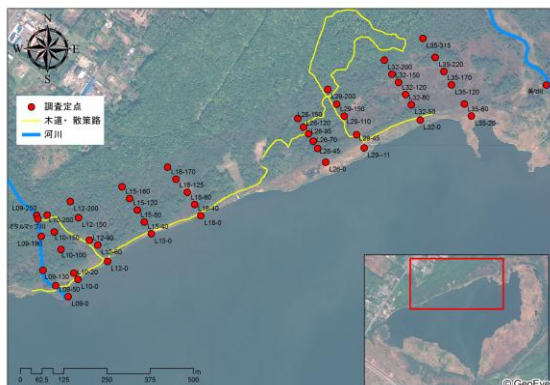


図 1. ウトナイ湖北西岸における調査地点位置

2008 年から 2010 年にかけて、ウトナイ湖北西岸に長さ 230 m から 320 m、幅 5 m の帯状区を 5 本設定した。各帯状区においては樹高 2 m 以上のすべての樹木個体について胸高直径 (樹高 1.3 m での直径) を測定した。生長錐を用いて年輪コアサンプルを幹の高さ約 30 cm から 60 cm の位置で採取した。

### (2) 水文環境の変化の解明

オタルマップ川と美々川の間には 9 ラインを選定し、相観の異なる群落 48 ヶ所、オタルマップ川と美々川に各 1 ヶ所、合計 50 ヶ所の調査地点を設置した (図 1)。

2010 年 6 月 10 日から 10 月 29 日にかけて、およそ 28 日に 1 回全定点で合計 6 回の地下水位測定と採水を行った。試水は pH と EC を測定し、持ち帰って主要アニオンとカチオンを、イオン分析計 (東亜 IA-300) で分析した。地点標高は GPS 測量 (Magellan PromMark3) で求めた。

2011 年 8 月に 1 m×1 m 方形区を設置し (林内は 3 m×3 m)、方形区内に出現した維管束植物の種名と被度 (%) を記録した。

TWINSPAN で分類された各群落タイプにおける環境特性の差異を検討するため、各環境要素を群落タイプ間で Steel-Dwass 法で多重比較した。この結果、群落間差が認められたイオンについて全調査地点での濃度分布の季節変動を比較した。さらに、ウトナイ湖からの氾濫水の流入の可能性を把握するために、各調査期間でのウトナイ湖最高水位が標高よりも高くなる地域を特定した。

## 4. 研究成果

### (1) 群落変化のプロセスの解明

#### ①空中写真判読

南東部では、ハンノキ林およびミズナラ-コナラ林の拡大と高茎湿生草原 (広義、ホザキシモツケ群落を含む) の減少が目立った。高茎湿生草原 (広義) の多くはハンノキ林ではなくミズナラ-コナラ林と接していた (図 2)。ミズナラ-コナラ林の拡大による高茎湿生草原 (広義) の急激な減少は、乾燥化が顕著に起こったため、高茎湿生草原 (広義) からハンノキ林ではなく、陸域植生であるミズナラ-コナラ林へ遷移したためであると推定される。

湿地の植生分布は水位によって強く規定されているので、近年起こった激しい植生変化は 1970 年台に観測された湖水位の

大きな低下が主要な原因と思われる。

## ②年輪解析

### 樹齢分布

ハンノキは生長の速い陽樹であり、発芽後、50 cm 程度のコア採取高には数年で到達したと考えられるので、この高さでの樹齢はほぼ個体の樹齢を示している。

带状区 A においては距離 174.4 m から 47.6 m の区間において、平均樹齢が 37.2 年（最大で 50 年、最小で 28 年）であった。以下、同様に带状区 B の距離 174.5 m から 61.9 m の区間では 45.8 年（最大 62 年、最小 38 年）、带状区 C ではすべての幹の平均値で 52.3 年（最大 68 年、最小 38 年）、带状区 D の距離 199.8 m から湖岸側で 36.1 年（最大 47 年、最小 21 年）、带状区 E の距離 285.1 m から湖岸側で 31.1 年（最大 38 年、最小 19 年）であった。

以上より、ウトナイ湖北西岸においては、ハンノキ林の侵入・定着は今から 65 年ほど前から始まり、約 50 年前から約 30 年前の期間に急激に進行したといえる。さらにその後、ウトナイ湖の水位が再び上昇して安定した時期のわずかな後に相当する今から 30 年ないし 25 年ほど前以降は、ハンノキの侵入定着はほぼ終息したと結論できる。

## (2) 水文環境の変化の解明

### 各群落タイプの水文化学環境

有意差検定によって各植生タイプ間における環境変量を比較した結果、地表面水位 (WL)、標高 (Elevation)、無機イオン濃度 ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ) と栄養イオン濃度 ( $NO_3^-N$ ,  $T-N$ ,  $PO_4^{3-}$ ) で有意差が認められた (表 1)。標高が高く、地表面水位が低い環境にハンノキ林やホザキシモツケ群落が発生し、標高が低く、地表面水位が高い環境にフェンが発生していた。高茎湿生草原は両者の中間的な水分環境に成立していた。 $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  と  $Cl^-$  の濃度は同一の群落間差異を示し、高茎湿生草原ではこれらの無機イオン濃度が共通して低かった。また、フェンと高茎湿生草原では  $NO_3^-N$  濃度が他の群落に比べて極めて低かった。

### イオン濃度の季節変動

これらのイオンについて、各季節のイオン濃度分布図を作成した結果、 $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  の各無機イオン濃度は共通した分布を示しており、 $Cl^-$  濃度を例示するとオタルマップ川周辺で非常に高いことが判明した (図 3)。

ハンノキ林において  $NO_3^-N$  の変動が確認され、特に L15-80、120、160 で高い値



図 2. 1975 年と 2009 年のウトナイ湖周辺の植生図

表 1. 各群落の環境変量 (平均±SD)。分散分析による F 値と Kruskal-Wallis 検定による  $\chi^2$  値。数値右上にある同じアルファベットは有意差のないことを示す (Steel-Dwass 検定)

WL (cm)	-51.638±6.913 <sup>c</sup>	-37.183±12.789 <sup>c</sup>	-42.964±13.325 <sup>c</sup>	-24.988±8.984 <sup>b</sup>	-3.915±8.137 <sup>a</sup>	(27.5002)	2.317E-11
Elevation (m)	2.775±0.376 <sup>b</sup>	2.487±0.541 <sup>a</sup>	2.462±0.114 <sup>a</sup>	1.945±0.097 <sup>a</sup>	1.719±0.075 <sup>b</sup>	35.4588	3.739E-07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0.773±0.469 <sup>b</sup>	0.387±0.400 <sup>ab</sup>	0.419±0.532 <sup>ab</sup>	0.275±0.615 <sup>ab</sup>	0.104±0.121 <sup>b</sup>	17.696	0.001415
Cl <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	7.104±1.385 <sup>ab</sup>	8.126±2.457 <sup>a</sup>	9.230±3.529 <sup>a</sup>	6.320±1.390 <sup>b</sup>	8.323±1.855 <sup>a</sup>	16.7132	0.002197
Mg <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1.583±0.377 <sup>ab</sup>	1.807±0.633 <sup>ab</sup>	1.824±0.652 <sup>ab</sup>	1.341±0.260 <sup>b</sup>	2.051±0.499 <sup>a</sup>	16.0921	0.002898
T-N (mg L <sup>-1</sup> )	0.900±0.478 <sup>a</sup>	0.519±0.402 <sup>ab</sup>	0.542±0.535 <sup>ab</sup>	0.426±0.622 <sup>ab</sup>	0.274±0.140 <sup>b</sup>	15.4777	0.003806
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0.134±0.180 <sup>ab</sup>	0.079±0.145 <sup>ab</sup>	0.082±0.127 <sup>a</sup>	0.037±0.026 <sup>b</sup>	0.086±0.050 <sup>ab</sup>	13.0277	0.01114
Na <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	7.782±1.105 <sup>ab</sup>	8.090±1.992 <sup>ab</sup>	8.434±2.569 <sup>a</sup>	6.850±0.989 <sup>b</sup>	7.568±1.410 <sup>ab</sup>	12.0512	0.01697
Ca <sup>2+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	7.119±1.714 <sup>ab</sup>	7.137±2.175 <sup>ab</sup>	7.303±2.321 <sup>ab</sup>	5.377±1.305 <sup>b</sup>	7.361±1.124 <sup>a</sup>	(3.0397)	0.02715
-----							
K <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	2.101±1.438	1.569±0.704	1.578±0.994	1.150±0.454	1.572±0.401	8.8856	0.06402
pH	6.236±0.130	6.195±0.238	6.250±0.236	6.070±0.155	6.213±0.119	(1.903)	0.1273
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	7.844±2.117	7.803±4.433	5.649±3.458	8.815±4.651	5.769±4.724	1.1135	0.3626
EC (μ S cm <sup>-1</sup> )	97.667±12.709	99.033±27.200	107.476±30.182	90.922±18.753	105.926±13.062	(1.0673)	0.3844
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )	0.128±0.058	0.132±0.117	0.123±0.121	0.152±0.070	0.169±0.074	(0.4025)	0.8058

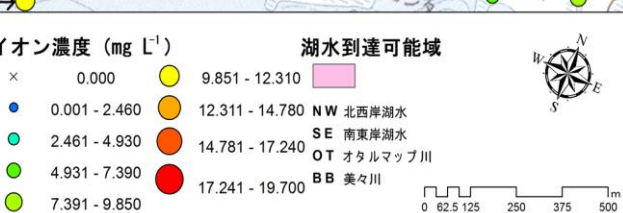
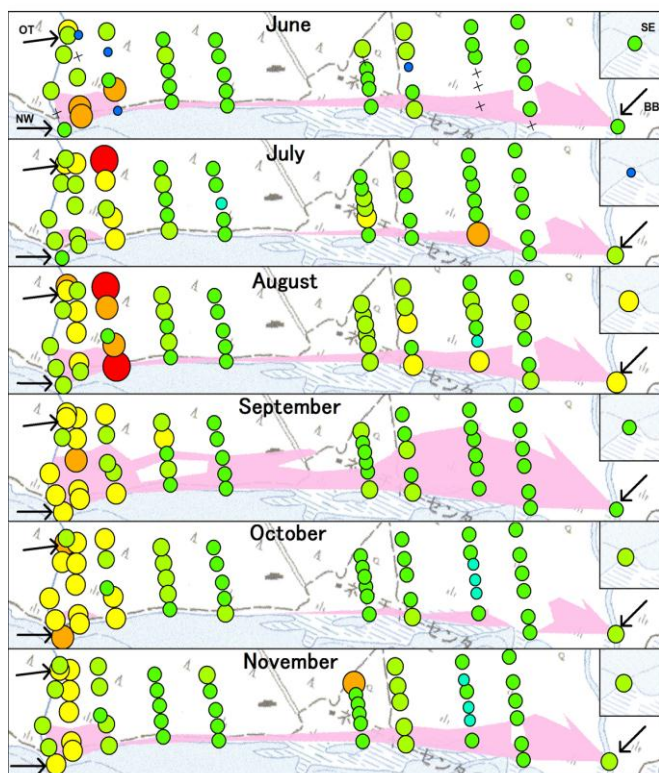


図 3. Cl<sup>-</sup>濃度分布の季節変動。ピンクの領域は定点の標高とウトナイ湖面水位から割り出した湖水到達可能域。

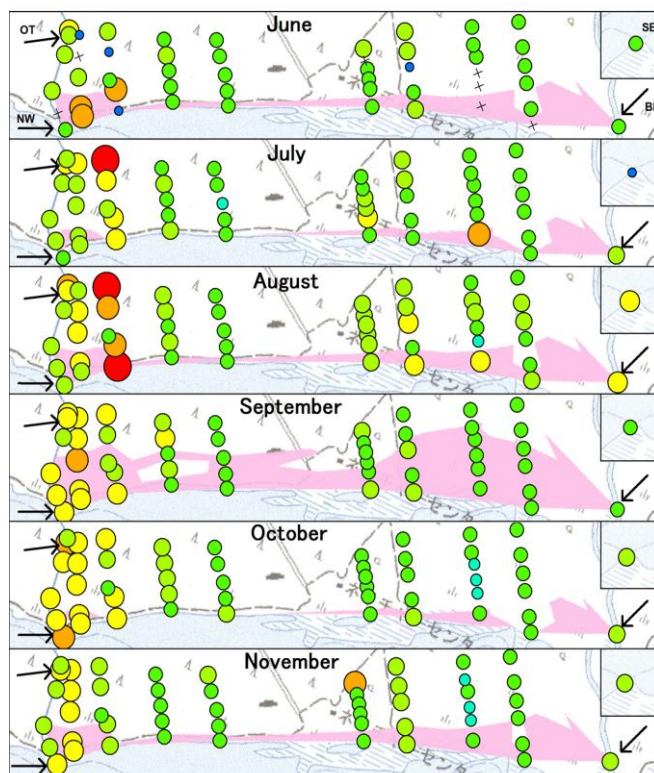


図 4. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 濃度分布の季節変動。ピンクの領域は定点の標高とウトナイ湖面水位から割り出した湖水到達可能域。

が検出された。また、ウトナイ湖水やオタルマップ川に比べ美々川の $\text{NO}_3^-$ -Nは高く、高茎湿生草原と比べると常に3倍以上の濃度があった(図4)。

8月-9月の間に大雨によるウトナイ湖水の水位上昇が観測されており、これによるウトナイ湖水の高茎湿生草原への流入が可能であったが、各イオン濃度の顕著な変動はなく、高茎湿生草原の各イオンは低濃度を維持していた。このためウトナイ湖が氾濫しても、各イオンが高茎湿生草原に流入するということはなかったとみなされる。

ヨーロッパにおいて fen meadow は貧栄養状態の環境で生育するとされている。高茎湿生草原は、他の群落タイプに比べて無機イオンや栄養イオン濃度の低い貧栄養状態の環境に生育しており、fen meadow の特徴と一致する。このことから、高茎湿生草原の成立にはイオン濃度を低く保つ事が重要であると考えられる。

高茎湿生草原の成立・維持機構と保全  
高茎湿生草原はヨーロッパで研究が進んでいる二次植生である fen meadow とほぼ同一の植生である。釧路湿原のような他の未攪乱の湿原ではフェンとハンノキ湿生林の間に高茎湿生草原は分布していない。ウトナイ湖でみられる高茎湿生草原は急激な水位低下によってフェンに中生の草本が侵入・優占したものであると推察される。航空写真をもとにした植生図解析から、1975年から2009年の間に急激なハンノキ林化による高茎湿生草原の減少がみられた。このような急激な高茎湿生草原の減少は、この植生が乾燥化後にフェンの劣化によって成立した一時的な植生であることを示している。

ヨーロッパにおいて fen meadow は貧栄養状態の環境で生育するとされている。高茎湿生草原は、他の群落タイプに比べて無機イオンや栄養イオン濃度の低い貧栄養状態の環境に生育しており、fen meadow の特徴と一致する。このことから、高茎湿生草原の成立にはイオン濃度を低く保つ事が重要であると考えられる。

結果高茎湿生草原はフェンとハンノキ湿生林の中間の水位であり、窒素や無機塩類量の少ない低生産的な環境に成立していることが判明した。

オタルマップ川では $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 濃度が高く、美々川では $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ -N濃度が高い。オタルマップ川の流入によってL9とL10の無機イオン濃度が上昇したように、オタルマップ川や美々川の直接的な流入は、高茎湿生草原の無機イオンや栄養イオンの濃度を上げる可能性がある。そのため、

イオン濃度を上げずに水文環境を改善するためにはウトナイ湖水位の堰上げなどによる上昇が有効である。

河川氾濫によってハンノキの実生が水没、枯死することで分布拡大が抑制されることが推察されているため、湖水位の上昇に際しては現状の大きな湖水位の変動を維持することが重要である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① Yazaki Tomotugu and Yabe Kazuo. Effects of snow load and shading by vascular plants on the vertical growth of hummocks formed by *Sphagnum papillosum* in a mire of northern Japan. *Plant Ecology* (査読有) 2012 *in press*
- ② 永井 雄基、矢部 和夫、矢崎 友嗣、水位および、表層水の酸性度と電気伝導度の季節変動とその周期を考慮したフェンの分布に対する影響の評価、SCUジャーナル(査読有)12巻、2012、pp.175-185
- ③ 金井紀暁・矢部和夫・金子正美、空中写真判読による1975年と2009年の間に起こったウトナイ湖とその周辺地域の植生変動の解析、SCUジャーナル(査読有)11巻、2011、pp.35-44
- ④ Katagiri Koji, Yabe Kazuo, Nakamura Futoshi, and Sakurai Yoshio. Factors controlling the distribution of aquatic macrophyte communities with special reference to the rapid expansion of a semi-emergent *Phalaris arundinacea* L. in Bibi River, Hokkaido, northern Japan. *Limnology* (査読有)vol. 12. 2011 pp. 175-185
- ⑤ 永美暢久、矢部和夫、中村太士、北海道勇払地方における安平川河道閉鎖後の残存フェン群落の種組成と分布パターンの変化、保全生態学研究(査読有)、15巻、2010 pp. 29-38
- ⑥ Yabe Kazuo, Nakamura Takatoshi. Assessment of flora, plant communities and hydrochemical

conditions for adaptive management of a small artificial wetland made in a park of a cool-temperate city. Landscape and Ecological Engineering (査読有). Vol. 6 2012 pp. 201-210

- ⑦ Yazaki Tomotugu, Urano Shinichi, Yabe Kazuo. Fog deposition measurement in a wetland developed at a flat terrain in the Pacific coast of eastern Hokkaido, northern Japan. Journal of Agricultural Meteorology (査読有) vol. 66 2012 pp. 57-61

〔学会発表〕(計7件)

- ① 石川幸雄、矢部 和夫、年輪判読によって解析されたウトナイ湖北西岸におけるハンノキ林の侵入、成立過程、日本生態学会、2012年3月20日、滋賀県大津市
- ② 永井雄基、矢部 和夫、矢崎 友嗣、酸性度と電気伝導度の変動周期の抽出によるフェン群落の分布に対する影響評価、日本生態学会、2012年3月21日、滋賀県大津市
- ③ 金井紀暁、山田浩之、矢部和夫、ウトナイ湖北西岸における高茎湿生草原の分布を規定する水文化学条件の解明、日本生態学会、2012年3月21日、滋賀県大津市
- ④ 矢部和夫、猪子長、坂元直人、高田雅之、辻井達一、石狩泥炭地跡地における幌向湿原の再生計画、日本湿地学会、2011年9月3日、佐賀県武雄市
- ⑤ 矢部和夫、種村直子、北海道ウトナイ湖における高茎湿生草原の群落種組成と分布環境、日本湿地学会、2010年9月3日、東京都千代田区
- ⑥ 矢部和夫、永美暢久、中村太士、北海道勇払地方における安平川河道閉鎖後の残存フェン群落の種組成と分布パターンの変化、日本生態学会、2010年3月18日、東京都目黒区
- ⑦ 矢部和夫、石川幸男、北海道太平洋沿岸のウトナイ湿原における高茎湿生草原とハンノキ林の分布動態の解析、日本陸水学会、2009年9月16日、大分県大分市

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

矢部 和夫 (YABE KAZUO)  
札幌市立大学・デザイン学部・教授  
研究者番号：80290683

### (2) 研究分担者

石川 幸男 (ISHIKAWA YUKIO)  
専修大学北海道短期大学・みどりの総合科学科・教授  
研究者番号：80193291

山田 浩之 (YAMADA HIROYUKI)  
北海道大学・大学院農学研究院・助教  
研究者番号：10374620

金子 正美 (KANEKO MASAMI)  
酪農学園大学・環境システム学部・教授  
研究者番号：00347767