

55. 下サロベツにおける泥炭の堆積速度に基づく二酸化炭素固定量の評価

Estimating CO₂ fixation by the rate of accumulation of peat in South Sarobetsu

坂本孝博*・亀山貴宏**・五十嵐敏文**・朝倉國臣**・若浜洋***・石島洋二***

Takahiro SAKAMOTO*, Takahiro KAMEYAMA**, Toshifumi IGARASHI**, Kuniomi ASAKURA**,
Hiroshi WAKAHAMA***, Yoji ISHIJIMA***

ABSTRACT: Fixation of CO₂ by peat in the South Sarobetsu mire was estimated based on the rate of accumulation of peat. Carbon-14 in the remains of plants in the peat layer was measured for dating. The results showed that the thickness of the peat layer was from 2.7 to 4.5 m, and that the rate of accumulation of the layer was 0.95 to 1.15 mm/y. The CO₂ accumulation rate in the mire was estimated at 34,000 tons/yr by considering the physical and chemical properties of the peat and the accumulation rate.

KEYWORDS: peat, carbon dioxide fixation, carbon-14, accumulation rate, Sarobetsu

1. はじめに

湿原は、さまざまな動植物が生息する貴重な自然環境の一つであるが、これまでの農地開発、道路整備、河川改修などの人為的行為によってその面積が急速に減少している。近年、この湿原の有する気候緩和作用、水質浄化作用、洪水防止機能などの重要性が認識されるようになるとともに¹⁾、湿原の地下部分である泥炭層では有機物分解速度の遅さから泥炭湿原が有機炭素の貯蔵庫、すなわち二酸化炭素の放出を抑制するということから二酸化炭素の貯蔵庫の役割を有することも期待されている。Shimada et al.は熱帯湿原である中央カリマンタン湿原の炭素含有量を見積もっており²⁾、また、Page et al.は熱帯地域の森林火災によって固定された有機炭素の二酸化炭素としての放出量を評価している³⁾。これらは、熱帯湿原は二酸化炭素の貯蔵庫としては堆積速度が比較的速いため有効であるが、火災などにより一挙に大気中へ放出される可能性のあることを示している。わが国においても、国内の湿原における有機炭素固定量、すなわち二酸化炭素の固定量を評価することは重要である。そこで本研究では、近年地下水位の低下によるササの侵入が顕著なサロベツ湿原、とりわけこれまであまり調査が進んでいない下サロベツを対象として、湿原地下部分の泥炭の有機炭素含有量およびその堆積速度と分解速度を測定し、二酸化炭素の固定量を評価する。

2. 調査方法

2. 1 試料の採取

サロベツ湿原は、サロベツ川流域の豊富町、幌延町、稚内市の3市町にまたがる、東西約7 km、南北約28 km、面積約2万3000 haの広大な湿原である⁴⁾。湿原の西側には幅約3~4 kmの海岸砂丘列群がほぼ直線状に連なり、これに沿って南下しているサロベツ川は湿原南端で天塩川と合流している⁴⁾。地下水位は地

* 北海道大学大学院工学研究科（現富士写真フイルム（株））、** 北海道大学大学院工学研究科、

*** 幌延地圏環境研究所

表面標高とほぼ等しいため、地表は軟弱で、ヨシ等の植物が茂っている。今回対象とした下サロベツは、留萌管内のサロベツ湿原南部に位置する。

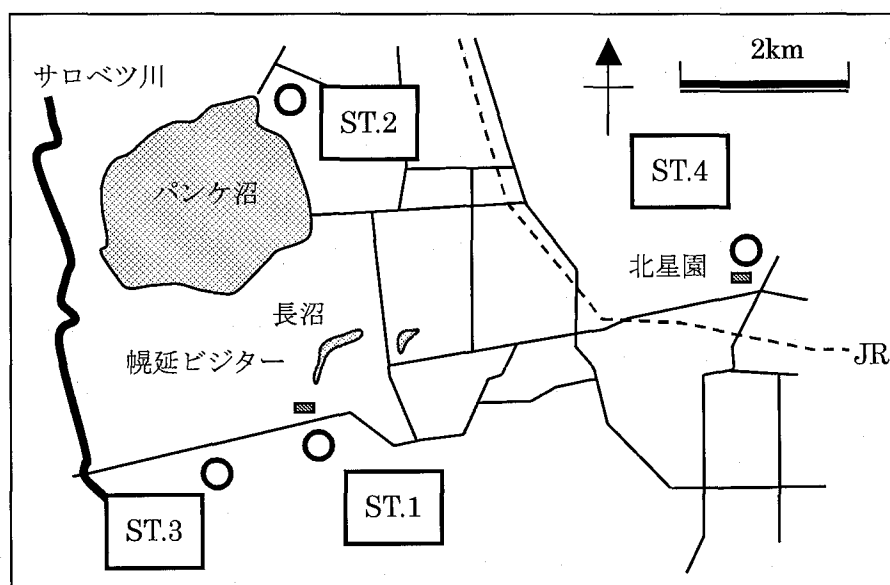


図1 調査地点

泥炭試料は図1に示すST.1～ST.4の4地点で採取した。ST.1とST.2とは南北方向に約4 km, ST.3とST.4とは東西方向に約7 km 離れている。ST.1は幌延町ビジターセンター南側のササが密集している地点で、深度5 m まで泥炭試料を採取した。試料採取時の地下水位はGL -30 cm であった。ST.2はパンケ沼北東部に位置しヨシやササが混交している地点で、深度5 m まで泥炭試料を採取した。試料採取時の地下水位はGL -20 cm であった。ST.3は幌延町ビジターセンターより2 km ほど西に位置しヨシやササが混交している地点で、試料採取時の地下水位はGL -6 cm であった。ここでは泥炭試料を深度2 m まで採取した。どの地点も道路から20 m 程度離れており、人的な影響のない地点を選択し、ピートサンプラーを用いて採取した。ピートサンプラーは、1回の採土につき長さ50 cm の半円柱状の不攪乱試料を採取できる。半円の直径は5 cm である。したがって、表層より50 cm ずつ試料を採取し、同一地点で採取回数とともに採取深度を50 cm ずつ深くしていった。採取試料は、内径5 cm の塩化ビニール製パイプを縦方向に2分割して作製した半円筒容器に入れ、さらに水分の蒸発を防止するためにビニール袋に包み、実験室に持ち帰った。これらの試料は2004年9月10, 11日に採取した。また、2004年6月22, 23日には、幌延町北星園敷地内においてボーリングを行い、深度20 m までの試料を採取した(ST.4) ⑤。ボーリングコアの観察によって泥炭層はGL -3.5 m ～-5.2 m で認められ、表層からGL -3.5 m までとGL -5.2 m 以深はシルト層であった。

2. 2 試料の分析

採取した泥炭の物理化学特性を明らかにするために、「土質試験の方法と解説」(2000)⑥に準拠し、含水比試験、比重試験(土粒子の密度試験)、強熱減量試験、有機炭素含有量試験を実施し、湿潤密度、乾燥密度、含水比、比重、間隙率、強熱減量、有機炭素含有量を測定した。さらに、泥炭の堆積年代を明らかにするために、ST.2, ST.3の近傍のST.3', ST.4の植物残渣を対象としてβ線計測法あるいは加速器質量分析法によって炭素-14(C-14)を測定した。

3. 調査結果

3. 1 泥炭の物理化学特性

採取試料の肉眼による観察から、泥炭層はST.1では表層からGL-2.7 mまで、ST.2では表層からGL-3.0 mまで、ST.3では表層からGL-4.5 mまで、ST.4ではGL-3.5 m～-5.2 mで認められた。泥炭試料の特徴としては、表層付近では植物の根や茎が多く見られ、深くなるにつれてそれらが不明瞭となった。またシルト層は、ST.1のGL-2.7 m以深、ST.2のGL-3.0 m以深、ST.3のGL-4.5 m以深、ST.4の表層からGL-3.5 mまでとGL-5.2 m以深であった。ただし、これらは2002年に実施した調査結果をも考慮している。このことから、下サロベツのほぼ中央に位置するST.3では泥炭層が4.5 mと厚く、農地に近接するST.1、ST.2ではそれよりも薄く分布することがわかる。本調査の範囲では、泥炭層厚は場所によって異なるが、内陸側のボーリング試料を除き2.7～4.5 mとなった。

湿潤密度、乾燥密度、含水比、比重、間隙率、強熱減量、有機炭素含有量の鉛直分布を図2～8に示す。図2の結果から、湿潤密度は泥炭層では $1.1 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$ 、シルト層では $1.2 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ となった。したがって、ST.1、ST.2では見かけ上、湿潤密度は深度方向にやや増加した。なお、ST.4では深度依存性はあまりみられなかった。図3からは、乾燥密度は泥炭層では $0.07 \sim 0.15 \text{ g/cm}^3$ 、シルト層では $0.2 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ となった。

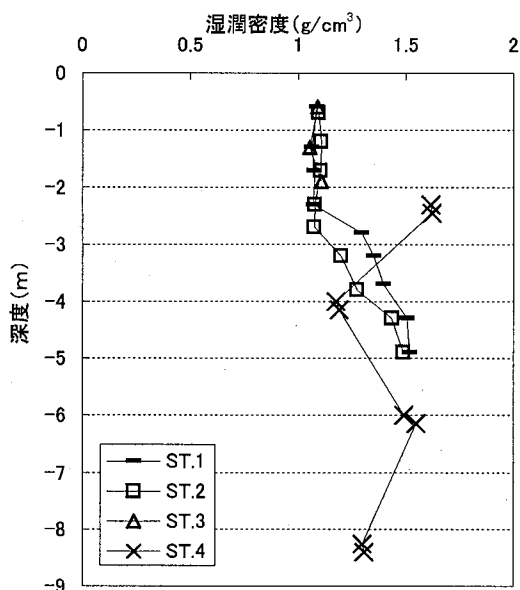


図2 湿潤密度の鉛直分布

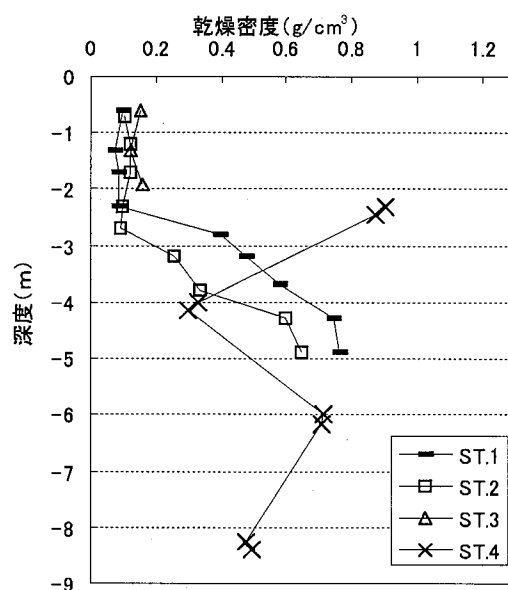


図3 乾燥密度の鉛直分布

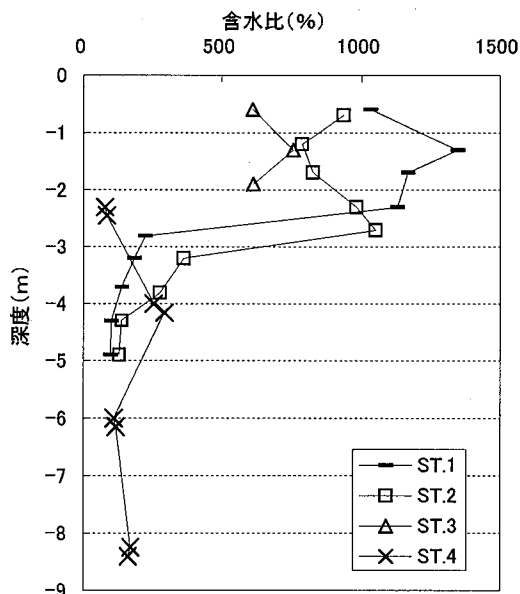


図4 含水比の鉛直分布

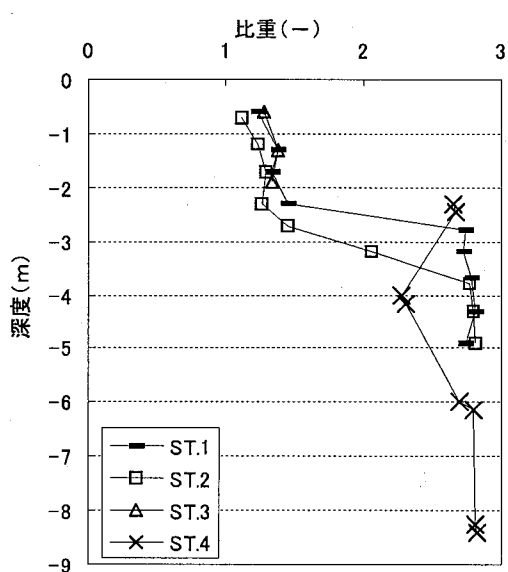


図5 比重の鉛直分布

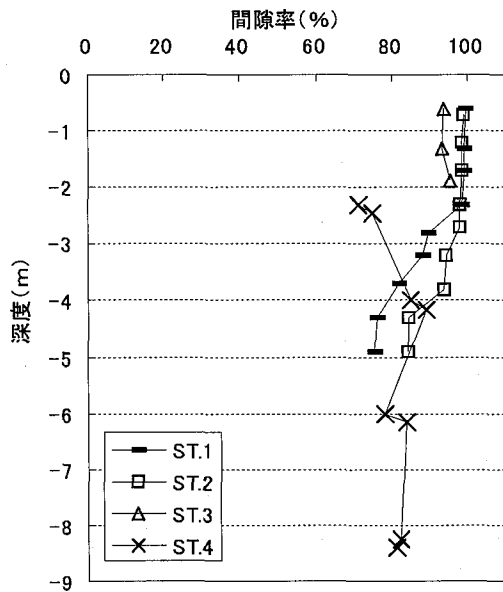


図6 間隙率の鉛直分布

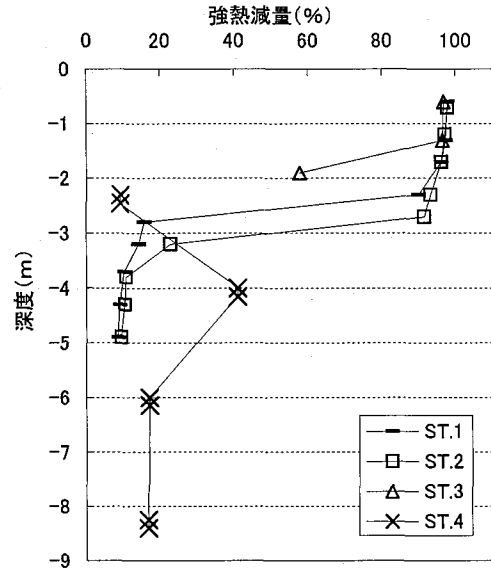


図7 強熱減量の鉛直分布

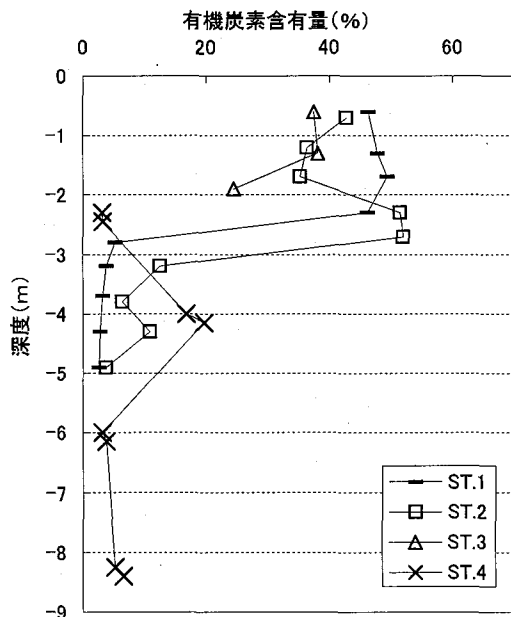


図8 有機炭素含有量の鉛直分布

したがって、ST.1, ST.2 では見かけ上、乾燥密度は深度方向に増加した。しかし、ST.4 では深度依存性はみられず、ST.4 の泥炭層では 0.3 g/cm^3 と、ST.1~ST.3 の泥炭よりも高い値となった。これは ST.4 の泥炭層にはシルト分が混入しているためであると考えられる。図 4 に示した含水比は泥炭層では 600~1400%、シルト層では 80~360%となり、ST.4 の泥炭層では 250~300%となった。なお、同一地層での含水比の深度依存性は認められなかった。図 5 の結果から、比重は深度方向に増加し泥炭層では 1.1~1.4、シルト層では 2.0~2.8 となった。ST.4 の泥炭層では 2.3 程度となり、シルト層の比重に近い値となった。図 6 からは、間隙率は深度依存性は明瞭には認められず泥炭層では 93~99%、シルト層では 71~94%で、ST.4 の泥炭層では 85~89%となった。図 7 に示した強熱減量に関しては、ST.1~ST.3 の泥炭層では 90~97%で深度方向に若干減少し、シルト層では 8~22%で、ST.4 の泥炭層では 40%程度となった。さらに、図 8 から、有機炭素含有量は泥炭層では 35~51%、シルト層では 2~12%となったが、ST.4 の泥炭層ではシルト分も混入しているため 16~20%となった。

以上の結果から、泥炭層とシルト層との性質が明らかに異なる他、湿原の泥炭層と内陸 (ST.4) の泥炭層との性質も異なった。これは、内陸の泥炭層にはシルト分が混入しているためであると考えられる。

有機炭素含有量の指標とされている強熱減量と有機炭素含有量との関係を図 9 に示す。この図から、採取位置によらず強熱減量と有機炭素含有量

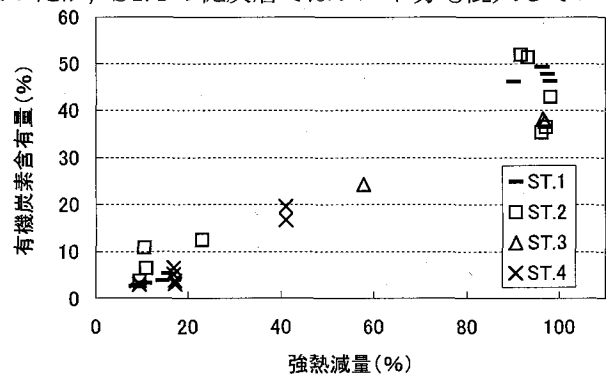


図9 有機炭素含有量と強熱減量との関係

とは明らかな正の相関を有することがわかる。このことは、本試料に対しても強熱減量は有機炭素含有量の有効な指標となることを示している。しかし、強熱減量が90%を超える泥炭層だけに注目すると、有機炭素含有量が35~52%に分布することが認められる。図7の強熱減量は泥炭層では深度とともに若干ではあるが単調に減少する傾向が見られるが、図8ではそのような傾向を示さない。この不一致は湿原植生の相違などに起因すると考えられる。

3. 2 泥炭の堆積年代

C-14の測定結果をC-14年代に換算し、その鉛直分布を図10に示す。なお、図中のST.3'は、ST.3のごく近傍で採取した別試料である。この図から、各採取地点においてGL-6mまでは深度とともに堆積年代が直線的に増加することがわかる。この直線の勾配から堆積速度を求めると、ST.2では1.13 mm/y, ST.3'では1.15 mm/y, ST.4では0.95 mm/yとなった。ここで、C-14年代の計算に際しては、C-13による補正も行っているが⁹⁾、その補正による差は非常に小さかった。各地点の地表付近の堆積年代を比較すると、ST.3'はST.2と比較して堆積年代が古い。このことは、ST.3'の地表付近はST.2の地表付近よりも有機物が速く分解することを示唆する。表層の泥炭層は空気の流通が良くなるので好気性微生物の活動が盛んになり分解が速く進むことから⁹⁾、ST.3'の表層はST.2の表層よりも好氣的であったと推察される。また、ST.4のGL-6m付近とGL-8m付近では堆積年代が7000年程度でほぼ等しい結果となった。これは過去の河川の氾濫や海岸線の進退によって、堆積層が攪乱されたことなどが考えられる。このことは、サロベツ湿原縁辺部では泥炭層中に砂泥質の堆積物が侵入したり、泥炭の薄層が砂泥質層中にはさまる不安定な堆積環境であったという報告¹⁰⁾とも一致する。

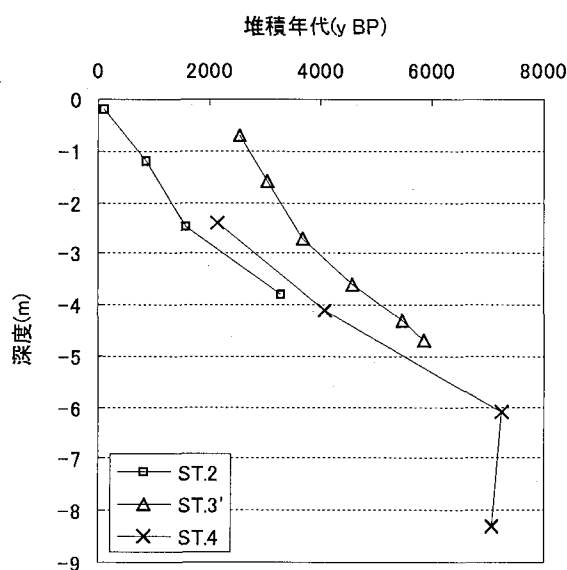


図10 堆積年代と深度との関係

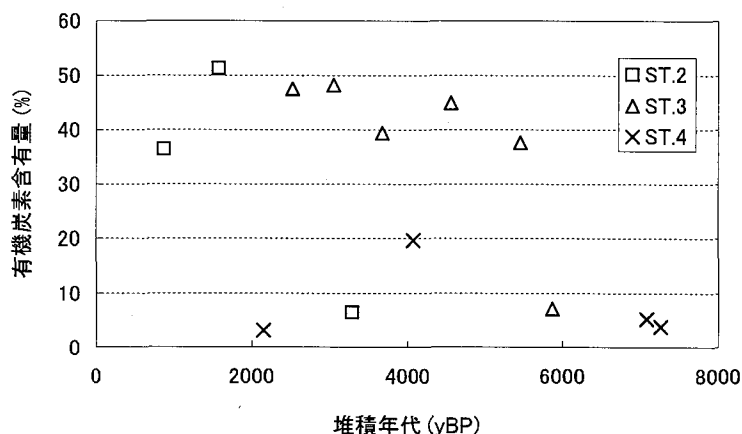


図11 有機炭素含有量と堆積年代との関係

3. 3 湿原における炭素固定量評価

図11に有機炭素含有量と堆積年代との関係を示す。なお、図中のST.3は同一深度のST.3'のC-14年代とST.3の有機炭素含有量を用いてプロットした。この図から、ST.2の約2000年前、ST.3の約5800年前以前で有機炭素含有量が激減することがわかる。ST.3では堆積年代の増加とともに徐々に有機物が分解する傾向も若干認められるが、それよりもシルト層への移行によって有機炭素含有量が激減した。ST.4ではシルト分の混入が認められ、その混入率によって有機炭素含有量が変化すると判断される。このことから、泥炭中の有機物分解量を無視し、泥炭の堆積速度から炭素固定量を評価することにする。

泥炭の堆積速度を図 10 から 1 mm/y とし、乾燥密度を図 3 から 0.1 g/cm³、有機炭素含有量を図 8 から 40% とし、泥炭中の有機物分解速度を無視するとともに、サロベツ湿原全体にこの物性値を適用すると、

$$1 \times 10^{-3} \text{ m/y} \times 0.1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 0.4 \times 23000 \times 10^4 \text{ m}^2 = 9.2 \times 10^6 \text{ kg/y}$$

すなわち、炭素固定量として年間 9,200 トン、二酸化炭素固定量に換算すると年間 34,000 トンになる。この数値は、日本における 2000 年度の 1 人あたりの二酸化炭素排出量 9.75 トンの約 3500 倍に相当する。

4. まとめ

下サロベツを対象として、泥炭の物理化学特性および C-14 による堆積年代を測定し、二酸化炭素固定量を評価した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 泥炭層の厚さは、場所によって異なるが 2.7~4.5 m 程度となった。また、湿原の泥炭層の物理化学的性質は深度に依存しなかった。
- (2) 泥炭に含まれる植物残渣の堆積年代を測定し、その堆積速度は 0.95~1.15 mm/y となった。
- (3) 泥炭中の有機物分解速度を無視し、上記の結果から有機炭素固定量を二酸化炭素固定量に換算すると、年間 34,000 トンとなった。

今後は、本試算結果の信頼性を向上させるだけでなく、サロベツ湿原での調査範囲を広げるとともに、他の湿原についても調査していきたい。

謝辞 本研究の実施にあたり、北海道大学大学院工学研究科岡野谷哲平氏には現地調査に際し協力いただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 池田光良・瀧正博 (2003) : 湿原の植生と地下水対策工法—トキサタマップ湿原を中心として—, 日本地下水学会 2003 年秋季講演会講演要旨, pp.66-71.
- 2) Shimada, S., Takahashi, H., Haraguchi, A., and Kaneko, M. (2001) The carbon content characteristics of tropical peats in Central Kalimantan, Indonesia: Estimated their spatial variability in density, Biogeochemistry, Vol.53, pp.249-267.
- 3) Page, S.E., Slegert, F., Rielet, J.O., Boehm, H.D.V., Jaya, A., and Limin, S. (2002) The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997, Nature, Vol.420, 7 November, pp.61-65.
- 4) 梅田安治・清水雅男・出村昌史 (1986) サロベツ泥炭地の形成過程—泥炭地の形態的研究(II)—, 北海道大学農学部邦文紀要, Vol.15, No.1, pp.28-35.
- 5) 新田昭・三橋順・石島洋二 (2004) 北海道幌延町における地温利用研究 その 1 原位置観測結果について, 日本地熱学会平成 16 年度学術講演会講演要旨集, A13.
- 6) 地盤工学会 (2000) 土質試験の方法と解説—第一回改訂版—.
- 7) 亀山貴宏・五十嵐敏文・朝倉國臣・若浜洋・石島洋二 (2004) 鉛直ボーリングによる湿原の地下環境調査, 2004 年日本地下水学会秋季講演会講演要旨, pp.248-251.
- 8) 兼岡一郎 (1998) 年代測定概論, 東京大学出版会, pp.93-101.
- 9) 阪口豊 (1989) 尾瀬ヶ原の自然史 景観の秘密をさぐる, 中公新書, pp.83-86.
- 10) 海津正倫 (1990) 沖積低地の地形発達と泥炭地の形成, 植生史研究, No.6, pp.3-13.