

都市化に伴う周辺環境の変化が帯広市大山緑地の自然湿地林の乾燥化に与えた影響

芦澤 満¹⁾・辻 修^{*2)}・宗岡寿美²⁾・木村賢人²⁾

1) 岩手大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University

2) 帯広畜産大学 Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

摘要: 北海道帯広市に位置する大山緑地は、自然湿地林として市民に親しまれてきたが、近年その乾燥化が進行している。その原因を究明するため大山緑地の地下水位経年変化とそれに影響を与えると考えられる降水量、周辺地域の宅地化および下水道集水面積の経年変化を調査した。その結果、大山緑地の地下水位低下は、降雨の経年変化の影響ではなく、周辺地域の宅地化や下水道整備の進捗などの周辺環境の都市化が影響していることが明らかとなった。

キーワード: 湿地、湿生植物、地下水位、宅地面積、下水道集水面積、市街地化

ASHIZAWA, Mitsuru, TSUJI, Osamu, MUNEOKA, Toshimi, KIMURA, Masato: **The effects of development on the drying of an urban swamp in Obihiro, Hokkaido, Japan.**

Abstract: The Oyama Swamp Park, located Obihiro, Hokkaido, is a remnant of much larger natural swamp. In recent years, the groundwater level has dropped and the ecosystem of the swamp is under stress. In order to identify the causes of this problem, the groundwater levels in the swamp and precipitation of the region were recorded. Also changes in residential land use patterns, and drainage systems that accompanied this urban development were studied. It was found that the drying of the swamp has not been caused by a lack precipitation but the impact residential development and drainage.

Key words: wetland, marsh plants, groundwater level, residential land, drainage, urbanization

1. はじめに

湿地は、水循環調節機能、保水洪水調節機能、水質浄化機能を有するのみではなく、陸域と水域の境界となるエコトーンとして、両系統の生態系の影響を強く受け、陸と水をつなぎ、湿生植物とそこを棲みかとするさまざまな動物の生息域となり、まさに生物多様性の象徴の場とも言える。

現在、北海道の湿地面積は 708.67 km² と全国の約 86 % を占めている。一方、北海道の大正時代の湿地面積は 1,063.32 km² であり、当時に比べ 6 割以上もの湿地が急速に消失したことになる¹⁾。

湿地はこれまで排水不良な土地であり、暗く不毛で役に立たない土地とみなされてきた。昭和 30 年代から始まる工業化の波の中で、日本の湿地の多くは、その豊かな生態系の価値が評価されず、水田化や宅地開発により失われてきた。故に、大山緑地のように市街地に残された湿地は大変貴重である。

アメリカでは 1969 年に世界に先駆けて環境評価制度を法制化した²⁾。やがて、野生生物の生息環境として極めて重要

な意味をもつ低湿地を中心とする生態系の保護を目的としたミティゲーションの考え方が確立され³⁾、1980 年代初頭にはミティゲーション・バンキングの制度が作られた。

また、乾燥した大地であるオーストラリアでは、1991 年、Murray-Darling 川でシアノバクテリアの大発生による深刻な被害を受け、ニューサウスウェールズ州政府は非常事態を宣言した⁴⁾。この事件を契機に過剰取水が社会問題化し、生態系に配慮した流量配分が国家的課題となった⁵⁾。またこれを受けて、流量復元に関する研究も盛んとなり、Arthington らは河川環境劣化のリスクを低いままに維持するには年平均流量の 80 % から 92 % を確保する必要があるとした⁶⁾。また、流量復元に留まらず、水生生物や鳥の生息域の拡大のため、湿地の復元や堰の設置に関する研究も進んでいる⁷⁾。

一方、日本ではラムサール条約の国内登録第 1 号となる釧路湿原(全国でもっとも湿地が減少した湿原であり大正時代の 337.39 km² から現在では 226.56 km² となり約 33 % の湿地が消失した)やサロベツ湿原などでチマキザサ(*Sasa palmate* (Marliac) Nakai) やハンノキ(*Alnus japonica* Steud.) などの植生、地下水位、湿原と排水路の研究が進む。

* 連絡先著者 (Corresponding author) : 〒080-8555 帯広市稲田町西 2 線 11 番地 E-mail : tsuji@obihiro.ac.jp

北海道の湿原劣化の典型は、湿原を取り囲む排水路によって湿原の地下水位が低下し、乾燥化が進行することである⁸⁾。

その報告例として、武地らは湿地と流量の研究として、サロベツ湿原内の落合旧水路と湿原横断道路の側溝の流路で流出が促進され、水収支の変化が湿原環境の劣化をもたらしていると報告している⁹⁾。

開拓の時代を思わせる原始の森であるここ帯広市大山緑地も、市街地化に伴い乾燥化が進行している。かつて大山緑地を含むこの一帯は河岸段丘下部に広がる湿地帯であった(図-1)。1975年、この湿地帯の一角に若葉小学校と帯広第八中学校が開校されたのに伴い、グラウンドの暗渠排水、排水路が整備された(図-2)。また、湧水を供給していたと考えられる南側の河岸段丘と大山緑地の境には通学路と素掘りの排水路が整備され、やがて西側には大型コンクリート排水路が設置された。そして、東側、北側の道路も舗装化され、大山緑地は孤立した湿地帯となった(図-3)。

そこで「大山緑地の地下水位の長期的変動、降水量と地下水位との関係」、「大山緑地周辺の市街地化と地下水位の年次的関係」を分析することで、湿地の乾燥化が周辺環境の市街地化に由来するものであることの検証を試みた。

2. 調査方法

2.1 調査地概要

帯広市は人口 18 万弱、道東の中核都市のひとつで平均気温 6.8℃、年降水量 887.8mm(帯広測候所,1981-2010)の農業が主産業の田園都市である。大山緑地は、北海道帯広市の中心部から南西方向に約 3 キロ離れた市街地(西 17 条南 6 丁目)に位置する。南側に隣接する「若葉の森」の河岸段丘下部に位置し、段丘崖の湧水により自然湿地林として発達してきた(図-4)。この大山緑地は 1976 年に都市緑地として都市計画が決定された際、市の所有となった。また、「帯広市環境基本条例」(1996 年 8 月策定)に基づく「緑の基本計画」(2003 年 10 月策定)の中では、環境保全系の拠点として配置されている。

大山緑地では湿地林特有の植生として、ハンノキ、ヤチダモ(*Fraxinus mandshurica* var. *Japonica* Maxim.), ハルニレ(*Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakai), 寒冷地特有のオオアゼスゲ(*Carex thunbergii* var. *appendiculata* (Trautv.) Ohwi)やヒラギシスゲ(*Carex augustinowiczii* Meinsh.ex Korsh)が株化した谷地坊主などが生育している。

一般に冷温帯域の湿地林では、過湿地から適潤地に向かうに従いハンノキ林、ヤチダモ林、ハルニレ林が形成されていく¹⁰⁾。ここ大山緑地においても、北西部のハンノキ-ヤチダモ、中央部のハルニレ-ヤチダモ、南部のハルニレ-ハシドイと続き、かつての大山緑地北西部は標高の低い位置に水が溜まった湿地状態であったと推察できる。

また、大山緑地は、エゾリス(*Sciurus vulgaris orientis* (Thomas))やエゾモモンガ(*Pteromys volans orii* (Kuroda)), 野鳥類など野生動物の生息地としても機能している。このよ

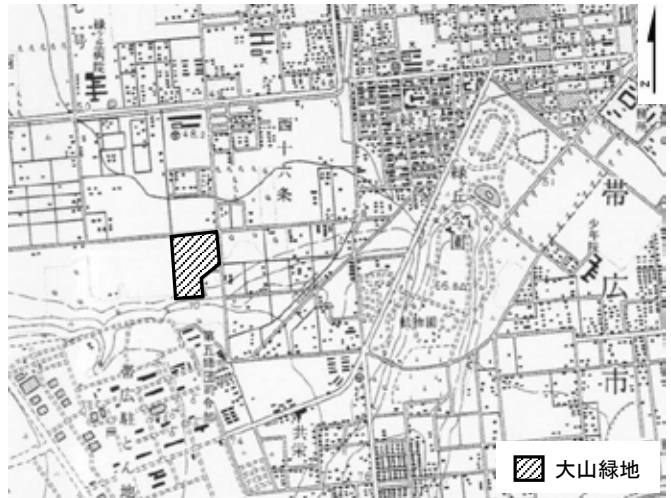


図-1 大山緑地周辺図(1971年)
Fig. 1 Map around Oyama wetland (1971)

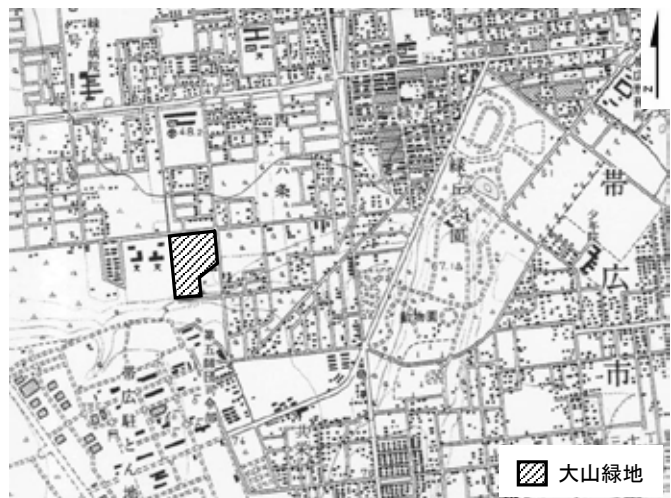


図-2 大山緑地周辺図(1975年)
Fig. 2 Map around Oyama wetland (1975)

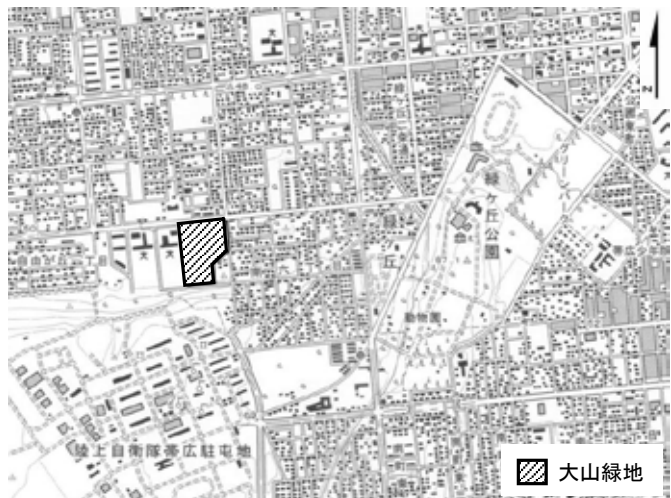


図-3 大山緑地周辺図(2006年)
Fig. 3 Map around Oyama wetland (2006)

うに大山緑地は湿地林特有の植物の生育や野生生物の生息に重要な役割を果たしている。

しかし、近年大山緑地では乾燥化が進行し、ザゼンソウ (*Symplocarpus foetidus* Nutt. var. *latissimus* (Makino)) 等の湿生植物への影響が懸念されている。実際、湿地周囲の南東部、南西部にはミヤコザサ (*Sasa nipponica* Makino et Shibata) の群落が展開しつつある。また、絶滅危惧 II 類に指定されているニホンザリガニ (*Cambaroides japonicus*)、北海道レッドデータ留意種であるエゾサンショウウオ (*Hynobius retardayus*) も以前は確認されていたが、現在は隣接する若葉の森でのみ確認されている¹⁴⁾。

このように、現在の大山緑地は乾燥化の進行が認められ、湿地としての機能が失われつつある。しかし、大山緑地は南側に隣接する若葉の森とともに、広域な緑地帯を形成し、帯広市立第八中学校の生徒や、周辺住民にとって、学習や憩いの場として利用されている自然湿地林であることから、保全、復元が望まれている。

2.2 大山緑地の地下水位と降水量

この大山緑地の乾燥化の指標としての地下水位の長期的変動を把握するため、図-4 で示した位置に北海道開発局が大山緑地内に設置した地下水位観測井(標高 50.58m)における 1980 年から 2009 年までの地下水位データ(十勝平野地下水位資料年表, 帯広開発建設部発行)を用いた。気象条件として 1980 年から 2009 年までの降水量は大山緑地近隣の帯広測候所のデータを用いた。また、この両者の関係を明らかにするために、年平均地下水位を目的変数 $y(\text{cm})$ 、年降水量を説明変数 $x(\text{mm})$ として Excel を用いカーブフィッティングを行った。

2.3 大山緑地周辺の市街地化調査

大山緑地周辺の市街地化と地下水位との年次的関係を検証するため、図-5 に示す大山緑地を中心とした周辺の約 120ha を対象とし、GIS ソフト(ArcView ver.9.2:ESRI ジャパン社)を用い宅地面積を算出した。

まず、宅地面積を求めるには、GIS ソフトのジオリファレンス機能を用い、衛星写真(DigitalGlobe 社, 2005)、地形図(数値地図 25000, 帯広, 国土地理院, 平成 11 年 6 月 1 日発行)、および各年の航空写真(帯広市所有)を重ね合わせ、この面積を ArcView 内の空間統計ツールの面積計算機能を用い 1971 年, 1979 年, 1984 年, 1989 年, 1994 年, 2002 年の宅地面積を求めた。なお、宅地面積とは、個人の庭や学校のグラウンドも排水整備がされており、大山緑地周辺の地下水位に影響を及ぼすと考えられるため、これらの面積を含めて宅地面積とした。

この宅地面積と地下水位との関係を明らかにするために、年平均地下水位を目的変数 $y(\text{cm})$ 、宅地面積を説明変数 $x(\text{ha})$ として Excel を用いカーブフィッティングを行った。なお、大山緑地の地下水位が観測され始めた 1980 年以降の航空写真データが少なかつたため、回帰分析の際、1979 年の宅地面積

を 1980 年の宅地面積として、地下水位と対応させた。

次に、宅地面積と同様に 1981~2007 年の各年の大山緑地周辺の下水道集積面積を求めた。下水道集水面積を求める際も、宅地面積の算出方法と同様にして、地図データとして衛星写真、地形図、そして、雨水区画割施設平面図(帯広市)を重ね合わせた。その上で下水道台帳図(帯広市)に示された施行年をもとに、各年の下水道集水範囲を新規ポリゴンデータとして作成した。

なお、下水道には、家庭用排水を集める污水管と、雨水を集める雨水管があるが、污水管は上水道からの水が排出されるだけで、地下水位変動に影響を及ぼすとは考えにくいので、ここで示す下水道集水面積とは雨水管の集水面積のことである。

この下水道集水面積と地下水位との関係を明らかにするた



図-4 大山緑地の観測
Fig. 4 Observation well on the Oyama Wetland



図-5 大山緑地周辺の下水道整備対象区
Fig. 5 The drainage division of surrounding of the Oyama Wetland

めに、年次平均地下水位を目的変数 $y(\text{cm})$ 、下水道集水面積を説明変数 $x(\text{ha})$ として Excel を用いカーブフィティングを行った。

3. 結果および考察

3.1 大山緑地の地下水位と降水量

大山緑地の過去 30 年間の地下水位変動と年降水量との関係を図-6 に示す。この 30 年間で開発局の観測井の地下水位は約 1 m の低下が認められた。そこで、降水量が地下水位変動に影響を及ぼしてきたのかを検証した。しかし、30 年間で年降水量に多少の変動はみられるものの、減少傾向にはないため、地下水位低下に大きな影響を及ぼしたとは考えにくい。また、カーブフィティングを行った結果も、決定係数 $R^2=0.0004$ と両者の相関は得られなかった。このことから大山緑地の地下水位低下は降水量の経年変化によるものではないと言える。

3.2 大山緑地周辺の市街地化と地下水位の年次的関係

大山緑地周辺の市街地化は大山緑地の地下水位低下に大きな影響を及ぼすと思われる。この市街地化の要因としては、道路や排水路の整備、下水道整備、宅地造成などいくつかの候補が考えられる。そこで、年次面積の算出可能な宅地面積と下水道整備に着目し、それぞれについて地下水位との関係を検証した。

3.2.1 大山緑地周辺の宅地面積と地下水位との関係

1971 年の宅地面積は 23.04 ha であった。この時期までは大山緑地周辺での宅地造成は進んでいない。1972 年には若葉小学校が、1974 年には帯広第八中学校が開校した。1979 年の宅地面積は 49.07 ha で 1971 年の 2 倍を超えこの期間に急速に宅地造成が進んだことがわかった。その後、宅地面積は徐々に増加し、1984 年には 60.49 ha、1989 年には 65.86 ha、1994 年には 69.75 ha、2002 年には 72.55 ha であった。

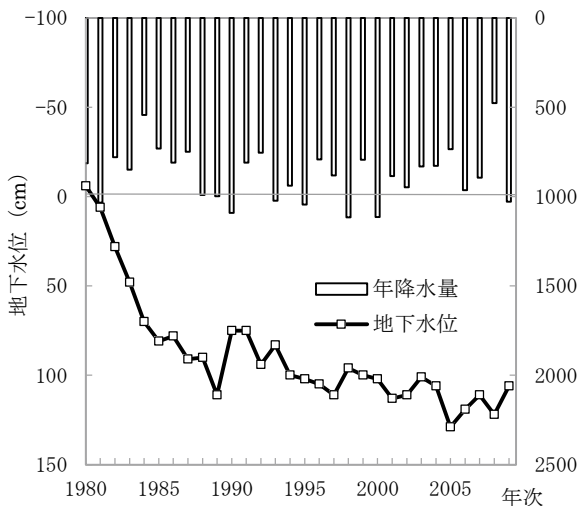


図-6 大山緑地における地下水位の長期的変動と降水量との関係
Fig. 6 Relation between the secular drift of the groundwater level, and precipitation in the Oyama Wetland.

そこで、この宅地面積と大山緑地の地下水位との年次的関係を図-7 に示す。1971~1979 年にかけては宅地面積が大幅に増加したが地下水位データがないため 1979 年以降について検討した。1979~1984 年にかけて宅地面積が増加する一方、この期間の大山緑地の地下水位は約 80cm 低下した。1984 年以降、宅地造成は落ち着き、この期間の地下水位は上昇低下を繰り返すもののゆるやかに、かつ確実な地下水位低下が見られた。

この宅地面積と地下水位との関係を明らかにするために、カーブフィティングを行った。その結果を式(1)に示す。

$$Y = 292.5\ln(x) - 1133.3 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.94^{**}$$

式(1)に示したように宅地面積と地下水位との関係は、決定係数 $R^2=0.94$ と高く、かつ 1%有意水準であったことから、この両者には高い相関のあることがわかった。これより、大山緑地周辺の宅地面積の増加は、大山緑地の地下水位低下に大きな影響を及ぼしたといえる。

3.2.2 大山緑地周辺の下水道集水面積と地下水位との関係

1981 年の下水道集水面積は 6.62 ha で、対象区域中央部に図-8 の通りの実線で囲まれている東西と北に伸びる下水道のみが整備されていた。1982 年の下水道集水面積は 10.48 ha で、大山緑地の北西側に位置する区域で下水道整備が始まった。以降集水面積は拡大し、1985 年には大山緑地の南西、上流側で下水道整備が行われ、下水道集水面積は 20.85 ha となった。1988 年には大山緑地の東側で下水道整備が進み、西側の帯広市立帯広第八中学校や帯広市立若葉小学校のグラウンドの下水道整備もされ、この年の下水道集水面積は 44.27 ha となった。1989 年には大山緑地の東側から北東側の上流部でも下水道整備が進み、下水道集水面積は 51.05 ha となり、以降 1993 年まで下水道整備は進捗していない。1993 年に大山緑

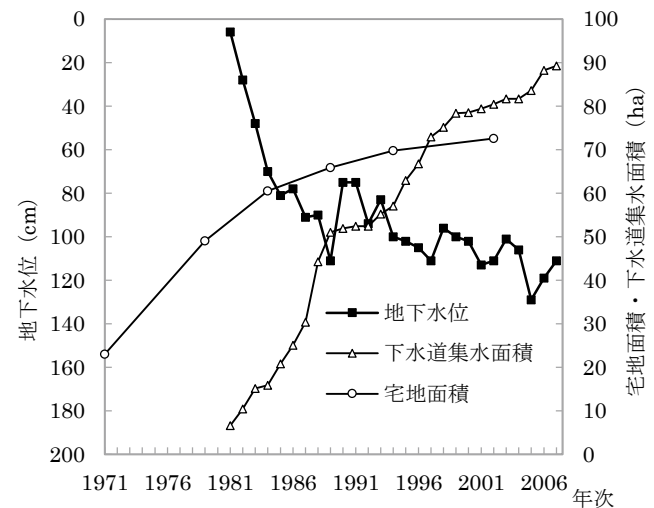


図-7 住宅面積並びに下水道集水面積と地下水位との年次関係
Fig. 7 Annual relation between the residential land and groundwater, relation between the drainage and groundwater

地北側で下水道整備が再開され下水道集水面積は 55.22 ha となり以降 1999 年まで拡大しこの年の下水道集水面積は 78.36 ha であった。2007 年の対象区域では大山緑地やその後背地の若葉の森、河岸段丘上部にある自衛隊帯広駐屯地を除くほぼ全域で下水道整備が完了し、その下水道集水面積は 89.21 ha となった(図-9)。

次に下水道集水面積と大山緑地の地下水位との年次的関係は、下水道整備が開始された 1981~1989 年にかけて、下水道集水面積の大幅な増加がみられた(図-7)。一方、この期間における大山緑地の年平均地下水位は 105 cm 低下した。1993 年の下水道整備の再開以降、下水道集水面積は順次増加し、この期間の地下水位もほぼ低下していた。2000 年以降は大山緑地や若葉の森、自衛隊帯広駐屯地を除いてほぼ全域で下水道整備は完了し、下水道集水面積の増加は進まず、この期間の地下水位低下も低くなっていた。このように下水道集水面積の増加に伴って大山緑地の地下水位が低下する傾向が見られた。

そこで、この下水道集水面積と地下水位とのカーブフィティングを行い、その結果を式(2)に示す。

$$Y = 34.9\ln(x) - 43.7 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.83^{**}$$

これにより下水道集水面積と地下水位との関係は、決定係数 $R^2=0.83$ と高く、かつ 1%有意水準であったことから、この両者には高い相関関係があることが明らかになった。

この結果より、大山緑地周辺の下水道集水面積の増加もま

た大山緑地の地下水位低下に大きな影響を及ぼしたことがいえる。

報告例が少ないものの周辺の市街地化により、湿地の地下水位が低下し、その復元に成功した例としては、北海道登別市市街地のキウシト湿原がある。この湿原はもともと丘陵縁に発達した谷湿原であったが、昭和 40 年代から続く都市化の影響で現在では周囲を宅地で囲まれ、かつての水系が遮断されている。1997 年からの調査によりワラミズゴケ (*Sphagnum subnitens* Russow et Warnst. var. *nitidum* (Warnst.) H.A.Crum) などのレッドデータ種数種の自生していることがわかり平成 13 年度に環境省の「日本の重要湿地 500」に選定された。登別市は 2002 年にこの湿原を保全することを決定し、キウシト湿原とその周辺地域を市の緑化重点地区に設定し、湿原の保全対策と周辺環境の整備を推進している¹²⁾。

このキウシト湿原は大型排水路の堰上げを行い水路の水位を高く保つことにより湿原水位の保全と回復を行った。

大山緑地の湿地保全、復元を考える時、大山緑地の乾燥化は周辺環境の市街地化、すなわち宅地化と下水道整備が拡大し排水が促進されたことと、湧水が流れ込んでいた若葉の森との水系が遮断され湿地への地下水供給が途絶えたことによる。キウシト湿原の例のように湿地復元には排水路の堰上げや大山緑地の後背地の段丘崖の豊富な湧水の有効利用といった方法が考えられる。しかし、既に市街地に位置する大山緑地の湿地としての保全、復元には管理する帯広市、地域住民との十分なコンセンサスが必要であり、これらの団体との協



図-8 下水道集水面積(1981)
Fig. 8 Drainage area (1981)



図-9 下水道集水面積(2007)
Fig. 9 Drainage area (2007)

議の上で対策を見出すことが重要であろう。

4. おわりに

本研究で得られた知見を下記に示す。

大山緑地の地下水位は、この30年間で1 m以上低下したが、この地下水低下は、降水量の経年変化によるものではないことが確認された。

また、この大山緑地の地下水位低下の原因は、周辺地域の市街地化に伴う宅地面積の拡大、下水道集水面積の増加が大山緑地の乾燥化に大きな影響があることが明らかになった。

大山緑地の植生を始めとする豊かな生態系を保全させるためには、湿地の復元が急がれる。大山緑地は帯広市の都市公園であり、今後、行政、地域住民を含めての検討が望まれる。都市化の影響による自然湿地林の乾燥化を検証した本論がその一助になればと願う。

謝辞: 本研究を行うにあたり、帯広市都市建設部みどりの課、同下水道部下水道課、北海道開発局帯広開発建設部治水課および若葉の森と大山緑地を愛する会の関係各位には、調査の実施および資料の提供等に多大な協力を頂きました。ここに記して厚く感謝いたします。

引用文献

- 1) 国土地理院(2000)湖沼湿原調査結果 <http://www1.gsi.go.jp/geowww/lake/shicchimenseki2.html> (参照: 2015年3月1日)。
- 2) 藤田洋輔・森本幸裕(2007)アメリカにおけるミティゲーション・バンク事例研究. 緑化工技術, 33(1):266-269.
- 3) 森本幸裕・亀山 章(2001)ミティゲーション, 自然環境の保全・復元技術. ソフトサイエンス社, 354pp.
- 4) Maier.H.R., Burch M.D. & Bormans M. (2001) Flow management strategies to control blooms of the cyanobacterium, *Anabaena circinalis*, in the River Murray at Morgan, South Australia, Regulated Rivers: Research & Management, Regul. Rivers: Res.Mgmt.17:637-650.
- 5) 中村圭吾・天野邦彦・Klement Tockner(2006)ヨーロッパを中心とした先進国における河川復元の現状と日本の課題. 応用生態学, 8(2):201-214.
- 6) Angela H. Arthington; Bradley J. Pusey(2003) River Research and Applications, Flow restoration and protection in Australian rivers, River Research and Applications, River Res.Applica.19:377-395.
- 7) Nick Romanowski(2010) Wetland Habitats, A Practical Guide to Restoration and Management. CSIRO Publishing, 208pp.
- 8) 富士田裕子(2007)北海道の湿原生態系とその保全.地球環境, 12: 7-20.
- 9) 武地遼平(2011)平坦な泥炭湿地における流路を通じた流出. 農業農村工学会全国大会講演要旨集, pp. 232-233.
- 10) 崎尾 均, 山本福壽編(2002): 水辺林の生態学, 東京大学出版局,206pp
- 11) 帯広土木現業所, 株式会社ズコーシャ:平成10年度3・3・46 弥生新道改良工事(1 工区)環境調査委託業務報告書. 75pp.
- 12) 浦野慎一・矢部和夫・河内邦夫・中村隆俊・大谷健一・福地伸一(2009)登別市キウシト湿原における排水路への堰設置による水位回復.北海道の農業気象, 61:19-27.

(2015.6.11 受理)