

那須扇状地の農業用水路における水生植物相とその分布

著者	鈴木 晴美, 吉川 正人, 星野 義延
著者別表示	Suzuki Harumi, Yoshikawa Masato, Hoshino Yoshinobu
雑誌名	植物地理・分類研究
巻	59
号	2
ページ	101-112
発行年	2012-03-30
URL	http://doi.org/10.24517/00053464

鈴木晴美^{1*}・吉川正人²・星野義延²：那須扇状地の農業用水路における水生植物相とその分布

¹〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8 東京農工大学大学院農学府 現所属：〒339-0067 埼玉県さいたま市岩槻区西町 3-6-13 エヌエス環境株式会社東京支社；²〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8 東京農工大学大学院農学研究院

Harumi Suzuki^{1*}, Masato Yoshikawa² and Yoshinobu Hoshino²: Aquatic flora and their distribution in the irrigation channels of the Nasu Alluvial Fan, central Japan

¹The Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan. Present affiliation: NS Environmental Science Consultant Corporation, 3-6-13, Nishi-machi, Iwatsuki, Saitama, Saitama 339-0067, Japan: suzuki-h@ns-kankyo.co.jp (*corresponding author); ²Institute of Agricultural Science, Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

Abstract

This study aimed to estimate the importance of irrigation channels as a habitat for aquatic plants in the agricultural landscapes of alluvial fans. The aquatic flora of the Nasu Alluvial Fan located in the northeastern part of Tochigi Prefecture, central Japan, was surveyed and distribution maps for each species were drawn up in 2007. Thirteen species, including 2 alien species, were recorded in the study area. Most of the native aquatic plants were submerged plants that prefer flowing rather than stagnant water. The occurrence of these submerged species is likely due to the spring outflows that supply cool water to the irrigation channels throughout the year. A comparison of the current flora with those reported in past literature showed that most of the aquatic plants have existed since the 1990s without regional extinction. Moreover, 2 species —*Potamogeton octandrus* and *P. kyushuensis*— were found in the area for the first time. Thus, the survey suggested that the irrigation channels were vital for maintaining the aquatic flora of this area. The distribution patterns of the aquatic plants were classified into 4 types according to their range and constancy in the study area. Aquatic flora of the entire alluvial fan was characterized by species with a wide range distribution and high or medium constancy such as *Callitriche palustris*, *Sparganium* spp., and *Ranunculus nipponicus* var. *submersus*. However, local and restricted distribution plants, such as several *Potamogeton* species, contributed to species richness on a local scale.

Key words : conservation, distribution map, past flora, spring outflow, submerged plants

はじめに

低地の農村景観における水生植物の生育場所としては、これまで西日本を中心に、止水域であるため池の重要性が指摘されてきた(嶺田・日鷹 2002; 石井・角野 2003; Shimoda and Kagawa 2009 など)。日本に生育する約200種の水生植物のうち半数近い約90種が、ため池を主な生育環境とするともいわれている(浜島 2003)。しかし、関東地方では西日本に比べてため池が少なく、その分布も東

部に偏っている(古島 1961; 内田 2003)。

一方で、流水域である農業用水路にも地域や環境によって異なる水生植物相や群落が発達する(角野 1994a)とされており、関東地方のようなため池の少ない地域では、農業用水路が水生植物の重要な生育場所となっていると予想される。特に関東地方周辺の山地と平地との境界には扇状地が多く(齊藤他 1983)、そこでは河川や湧水を利用した農業用水路網が発達している。用水路は人工的な環境ではある

が、水量が人為的にコントロールされるため、自然河川に比べて出水による物理的な攪乱が少なく安定した環境をもつ(角野 1994a)。とりわけ扇状地では湧水があるため、非灌漑期でも通水していることが多く、水生植物の生育に好適な環境にあると考えられる。

しかし、都市化にともなう用水路の機能停止や都市排水路化(新多摩川誌編集委員会 2001)、非灌漑期の断流、用水路のコンクリート化(大平他 2005)などによって、水生植物が生育できる農業用水路は減少してきている。日本では在来の水生植物の40%以上が2000年の全国版レッドデータブックに、約90%が都道府県版のレッドデータブックにリストアップされており(角野 2005)、水生植物が消失する最大の原因は生育環境の悪化や消失であるとされている(角野 1994a, 1997, 2005)。こうした現状の中、生育環境の変化が進む農業用水路において、現時点での水生植物の分布状況を記録しておくことは、水生植物保全の観点から非常に重要である。

農業用水路に生育する水生植物の分布や生育環境に関する報告・研究は全国的にも少ない。水路網全体での広域的な分布情報は、富山県の常願寺川扇状地の用水路(長井・中田 1999)、庄川扇状地の用水路(中田他 2003)、庄川とともに砺波平野を形成する小矢部川の扇状地(中田・長井 2009)、黒部川扇状地の用水路(中田・長井 2006)、石川県の手取川扇状地の用水路(佐野 2004; 上田他 2004)、濃尾平野南部の木曾川・長良川・揖斐川流域の用水路(浜島 1983)など数例に留まる。関東地方では、東京都内の中小河川・用水路での山崎・津久井(1997)、埼玉県熊谷市の用水路における元木他(2007)の報告など数例があるのみで、扇状地の用水路については報告例がない。

本研究で調査対象とした那須扇状地の河川流域は、関東地方の扇状地の中でも農業用水路網がよく発達しており、かつミヤコタナゴやイトヨなど湧水依存性の強い淡水魚が生息する(栃木県自然環境課 2005)など、生物多様性保全上の重要性が高い地域である。この地域の水生植物については、「とちぎの植物Ⅰ、Ⅱ」(栃木県自然環境調査研究会植物部会 2003a, b)に、出現あるいは標本記録のある市町名の記載があるが、農業用水路における詳細な分布状況や生育環境については明らかになっていない。そこで今回、筆者らは、那須扇状地の水生植物保全のための基礎的情報として、この地域の農業用水路における水生植物相とそのメソスケールでの分布パターンを明らかにすることを目的に調査を行った。

調査地概要

那須扇状地は栃木県北部を集水域とする那珂川水系の河川(那珂川本流・箒川・蛇尾川・熊川)によって形成された面積436km²の紡錘型の複合扇状地である(Fig. 1)。扇状部から扇端部にかけて、所々に分離段丘が残存するが、全体的に平坦な地形である。那須扇状地は水利用の困難さから、江戸時代後期まで開発の対象とはなり得なかったが、1885年の那須疎水の開通後は一転して開墾が進み、現在では扇頂部を除く大部分の地域が水田として利用されている(「角川日本地名大辞典」編纂委員会編 1984)。

この扇状地のうち、那須塩原市千本松とJR宇都宮線那須塩原駅を結ぶ線以南の扇央部から扇端部を調査対象地とした(Fig. 1)。扇頂部は、予察の段階で扇央部から扇端部への導水のための三面コンクリート化された水路や暗渠化された水路が多く、水生植物の生育が確認できなかったため調査対象から除いた。また、扇央部には数多くの湧水がみられ

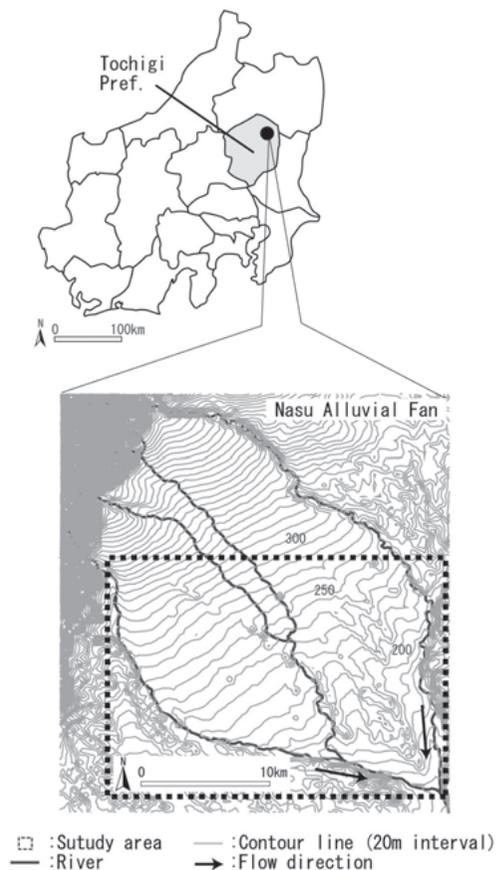


Fig. 1. Location and geography of the study area.

(Fig.2), 湧水起源の小河川と用水路が一体となって水路網を形成している。そのため本調査では、用水路に加えて、水路が集まってできた小河川や、いずれ水路とつながる、あるいは農業用水としての利用がある湧水起源の小河川も調査対象とした。調査対象地の用水路は、改修によって部分的に暗渠化、3面コンクリート化されたところもあるが、ほとんどが底面に堆積物がある開水路であり、水生植物の定着が可能な状態にある。調査対象となった水路は、上流域や住宅地の中では用水路、河川周辺の水田地帯では排水路が多い傾向にあった。しかし本研究では用排水の違いによる解析は行わなかったため、本稿では一括して用水路として扱った。

調査対象地域の標高は120~320m, 調査地域の南東端にあたる大田原での年平均気温は12.5℃, 年平均降水量は1469.9mm(気象庁2011)である。

調査方法

調査は多くの水生植物の最盛期である夏季を選び、2007年8月に行った。水路に沿って移動しながら、幅1m以上の暗渠化されていない水路を対象に、水路壁面の構造や底面の堆積物の状態が一定の区間(0.2~2 km程度)を単位として、358区間で生育する水生植物種とその被度を調べた。調査区間の位置をFig. 3に示す。なお、地図上のプロットは各区間の中央を示す。

種の同定および学名は角野(1994a)に従った。被度は、各区間の代表的な地点において水路幅×5mの仮想長方形区を設定し、植物社会学的な調査方法に準じ、目視により6段階(+ : <5%, 1 : 5-20%, 2 : 20-40%, 3 : 40-60%, 4 : 60-80%, 5 : 80-100%)で記録した。なお、本研究では一時的に抽水する種を含む沈水植物および浮葉植物を水生植物として調査対象とした。得られたデータを用いて、それぞれの水生植物の分布図を作成した。

また、水生植物の分布に対する河川水と湧水の水質の違いの影響を知るため、両者の水質の代表値として、河川から取水している用水路7地点、湧水5地点(Fig. 2)の水温, pH, EC(電気伝導度: electrical conductivity)を2008年9月4日~5日に現地測定した。測定にはポータブルpH/伝導率/TDS/温度計(HI 991300/991301, ハンナ製)を用い、採水せずに流水中に直接電極を入れ測定した。

結果

調査地域には6科7属13種の水生植物が出現した(Table 1)。13種のうち、ミクリとナガエミクリの2種が国の準絶滅危惧種および栃木県の要注目種、

ホソバミズヒキモが栃木県の準絶滅危惧種に指定されている(環境省生物多様性センター2011, 栃木県自然環境課2005)。また、外来種はオオカナダモ、コカナダモの2種のみだった。なお、オオカナダモとナガエミクリを除く出現種は最低1カ所で採集し、乾燥標本を東京農工大学植生管理理学研究室に保管してある。

各出現種の分布をFigs. 4~12, 被度ごとの出現区間数をFig. 13に示した。以下に各種の分布の概略について述べる。

1. コカナダモ *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John (Fig. 4)

出現区間は139区間で、本調査で確認された水生植物の中で最も多く、分布域も調査地のほぼ全域にわたっていた。また、多くの区間で優占種となっていた。

2. ミズハコベ *Callitriche palustris* L. (Fig. 5)

出現区間は119区間とコカナダモに次いで多く、調査地のほぼ全域に出現した。ただし、優占している区間は少なかった。

3. ミクリ *Sparganium erectum* L., ナガエミクリ *S. japonicum* Rothert, ミクリ属植物 *Sparganium* spp. (Fig. 6)

ミクリ属植物は、少なくともミクリ, ナガエミクリの2種が出現したが、花序の確認により種を同定できたのはそれぞれ4区間, 3区間のみだった。ミクリ属植物は沈水状態では同定が不可能であったため、花序が確認できなかった区間に関してはミクリ属植物として記録した。ミクリ属植物の出現区間は合計111区間で、調査地のほぼ全域に出現した。比較的多くの区間で優占していた。

4. オオカナダモ *Egeria densa* Planch. (Fig. 7)

オオカナダモは32区間に出現し、箒川下流の1区間を除き、那珂川右岸に流入する水路に分布が集中していた。分布区間では被度が高いことが多く、著しく優占する区間もみられた。

5. バイカモ *Ranunculus nipponicus* (Makino) Nakai var. *submersus* Hara (Fig. 8)

出現区間は28区間であった。蛇尾川沿いや箒川沿いの湧水のある一帯を中心に、比較的広範囲に出現したが、出現区間は本川に近い区間に限られる傾向があった。出現区間では被度が比較的高くなり、優占する区間もみられた。

6. エビモ *Potamogeton crispus* L. (Fig. 9)

出現区間は23区間と多くはないものの、広い範囲に出現した。箒川や蛇尾川につながる水路では、本川に近い区間に出現する傾向があった。優占する区間はほとんどなかった。

7. アイノコイトモ *P. orientalis* Hagstr. (Fig.

Table 1. Aquatic plants found in the irrigation channels of the Nasu Alluvial Fan and their characteristics

Species	Japanese name (和名)	Growth form ^{*1}	Distribution range ^{*2}
Hydrocharitaceae			
<i>Egeria densa</i>	オオカナダモ	Submerged	South America and naturalized North America, Europe, Asia, Australia
<i>Elodea nuttallii</i>	コカナダモ	Submerged	North America and naturalized Europe and East Asia
Potamogetonaceae			
<i>Potamogeton fryeri</i>	フトヒルムシロ	Floating-leaved	Korean Peninsula, Sakhalin and Kuril Islands
<i>P. distinctus</i>	ヒルムシロ	Floating-leaved	Korean Peninsula and China
<i>P. octandrus</i>	ホソバミズヒキモ	Floating-leaved	Asia and Africa
<i>P. crispus</i>	エビモ	Submerged	All over the world except for South America
<i>P. kyushuensis</i>	アイノコセンニンモ	Submerged	Indigenous to Japan
<i>P. orientalis</i>	アイノコイトモ	Submerged	East Asia
Sparganiaceae			
<i>Sparganium erectum</i>	ミクリ	Emerged, floating-leaved (submerged)	Widely throughout the Northern Hemisphere and Australia
<i>S. japonicum</i>	ナガエミクリ	Emerged, floating-leaved (submerged)	Far Eastern Asia
Ranunculaceae			
<i>Ranunculus nipponicus</i> var. <i>submersus</i>	バイカモ	Submerged	Indigenous to Japan
Haloragaceae			
<i>Myriophyllum spicatum</i>	ホザキノフサモ	Submerged	Eurasia Continent
Callitrichaceae			
<i>Callitriche palustris</i>	ミズハコベ	Submerged, floating-leaved, hygrophyte	Widely throughout the temperate zone of the Northern Hemisphere

*1 Based on Kadono (1994a) and the observation in the study area.

*2 Based on Kadono (1994a).

10)

出現区間数は15区間であった。那珂川本流に流入する水路にはみられず、箒川と蛇尾川とつながる水路に分布が限られていた。いずれの出現区間でも優占することはなかった。

8. フトヒルムシロ *P. fryeri* A. Benn. (Fig. 11)

出現区間は12区間であった。1区間を除き、蛇尾川西側の湧水が豊富な地域に分布が集中し、優占する区間もみられた。

9. ヒルムシロ *P. distinctus* A. Benn. (Fig. 12)

出現区間は5区間と少なかった。蛇尾川と那珂川の本川近くに断片的にみられ、まとまった分布はみられなかった。

10. ホザキノフサモ *Myriophyllum spicatum* L. (Fig. 12)

出現区間は4区間と少なかった。分布は調査地南部の扇端部に限られていた。

11. アイノコセンニンモ *P. kyushuensis* Kadono & Wiegand (Fig. 12)

出現区間は那珂川本流西側の近接した2区間のみ

であった。いずれの出現区間でも優占することはなかった。

12. ホソバミズヒキモ *P. octandrus* Poir. (Fig. 12)

出現区間は1区間のみであったが、そこではまとまった群落を形成していた。

Table 2に調査地域での水質測定結果を示す。夏の日中の水温は、湧水由来の水路で平均16.4℃、河川由来の水路で平均19.0℃であった。河川から取水している水路においても、水温が20℃以上にならず、低く保たれていることがわかった。pHは湧水由来の水路のほうが低く、ECは湧水由来の水路で高かったが、いずれの測定地点でも、既往研究(角野 1982: 沖他 1988: 小林他 2006)で多くの水生植物種の生育が確認されている範囲の値だった。

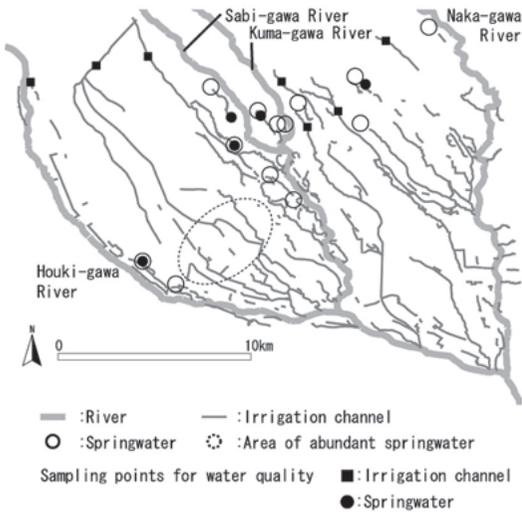


Fig. 2. Distribution of irrigation channels, springwaters, and sampling points for water quality.

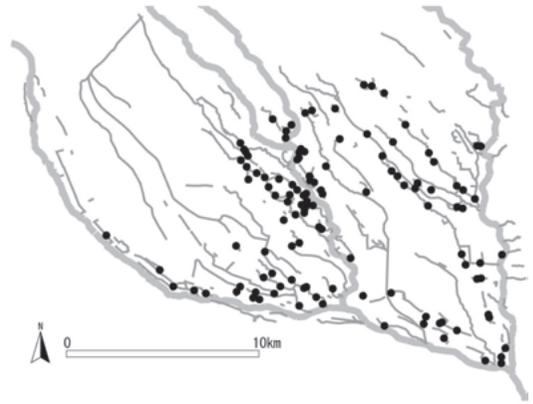


Fig. 5. Distribution of *Callitriche palustris*.

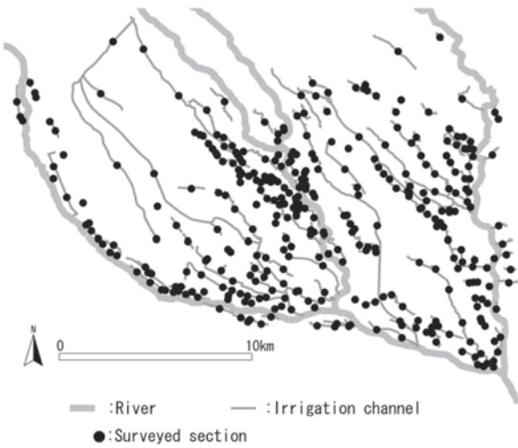


Fig. 3. Distribution of surveyed sections in the study area.

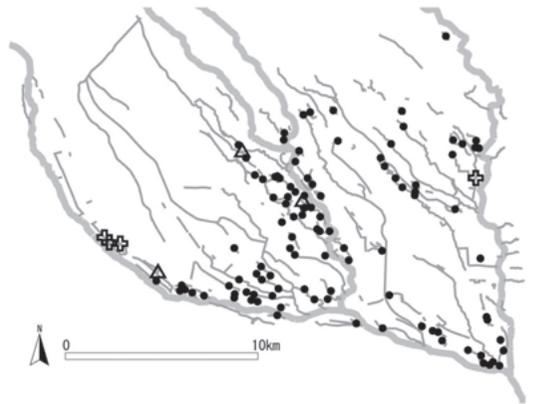


Fig. 6. Distribution of *Sparganium erectum* (⊕), *S. japonicum* (△) and *Sparganium* spp. (●).

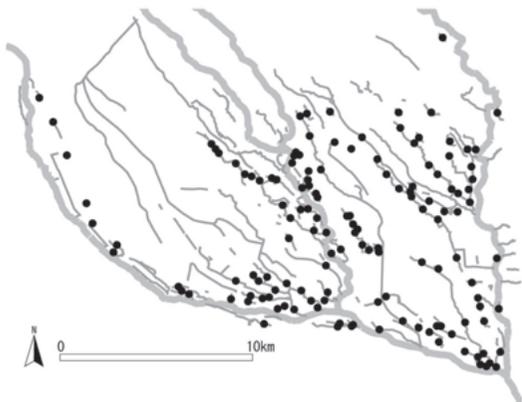


Fig. 4. Distribution of *Elodea nuttallii*.

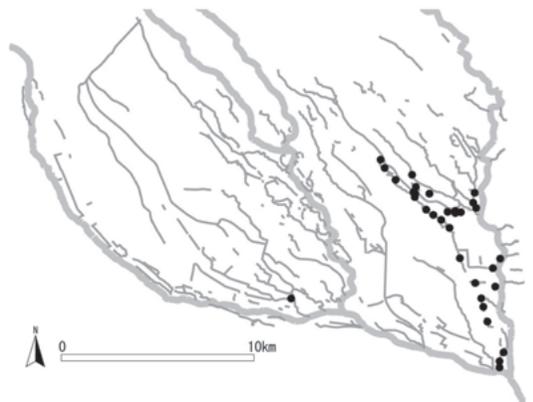


Fig. 7. Distribution of *Egeria densa*.

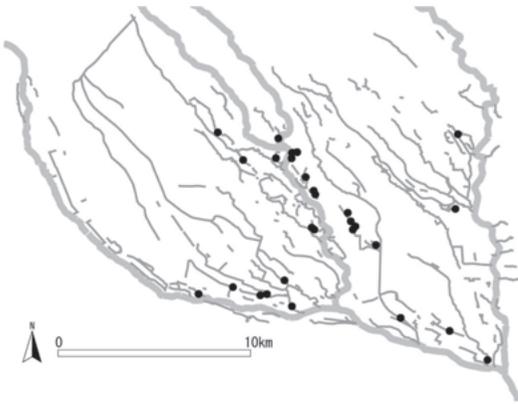


Fig. 8. Distribution of *Ranunculus nipponicus* var. *submersus*.

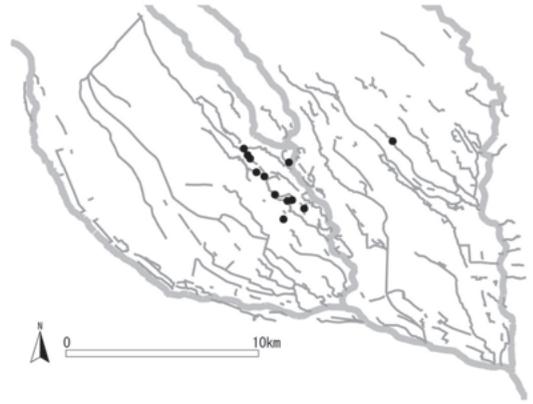


Fig. 11. Distribution of *Potamogeton fryeri*.

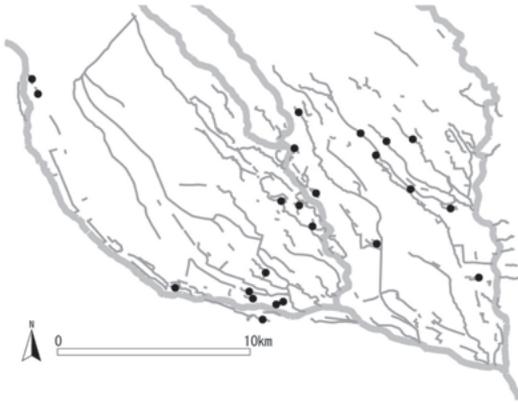


Fig. 9. Distribution of *Potamogeton crispus*.

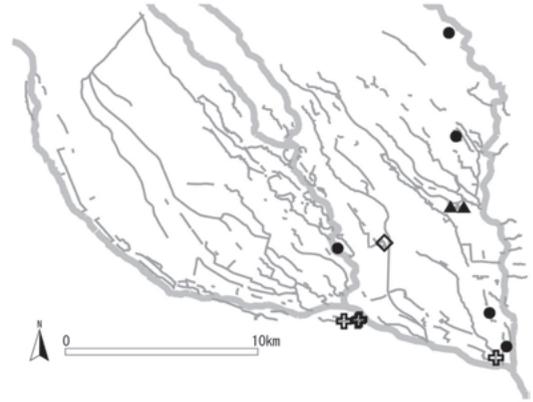


Fig. 12. Distributions of species which showed restricted occurrences. *Potamogeton distinctus* (●), *Myriophyllum spicatum* (⊕), *P. kyushuensis* (▲) and *P. octandrus* (◇).

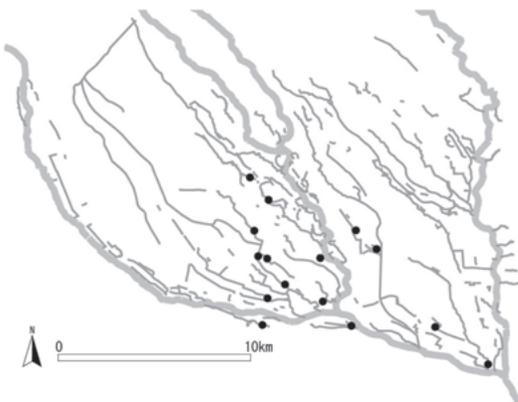


Fig. 10. Distribution of *Potamogeton orientalis*.

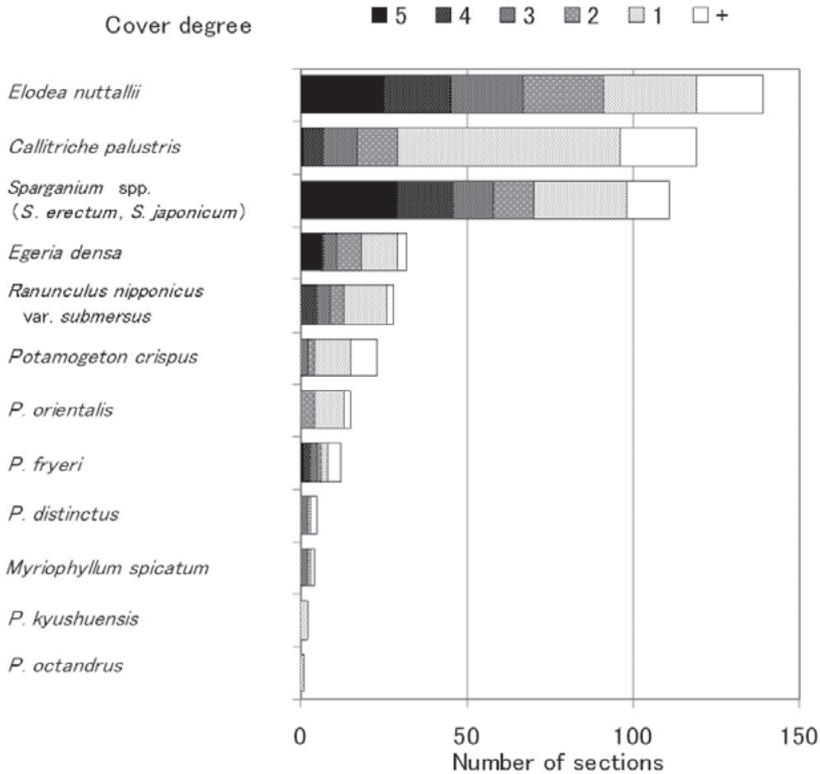


Fig. 13. Number of sections in which each species occurred.

Table 2. Water quality of spring outflows and irrigation channels drawn from rivers in the study area

	Spring outflows	Irrigation channels drawn from rivers
Water temperature (°C)	16.4 (14.7-17.5)	19.0 (17.9-20.9)
pH	6.1 (5.8-6.4)	7.3 (6.7-7.9)
EC (μS/cm)	138.4 (108-184)	99.1 (53-162)

考察

1. 水生植物相の特徴

今回の調査で比較的出現区間数が多かった、あるいは高被度で確認された種のうち、ミズハコベ、バイカモ、ナガエミクリ、エビモ、アイノコイトモは、主に流水域に生育する在来種である。また、出現回数は少なかったものの、アイノコセンニンモも流水域に生育するとされている。上述した種の中でも、特にミズハコベ、バイカモ、ナガエミクリは湧水のある流水域に多く見られる(角野 1994a)。分布域が広がった外来種のコカナダモも湧水への侵入が目

立つとされている(角野 1994a)。また地理的分布をみると、日本固有のバイカモとアイノコセンニンモ、北東アジアに分布するナガエミクリとフトヒルムシロを含め、在来種11種のうち8種は北半球の温帯域に分布する種であった(Table 1)。したがって那須扇状地の農業用水路では、好流水性・好冷水性の種がフロラの主体を占めているといえる。

流水域の水生植物相について、長井(1996)は水路では瀧や池沼に比べて種数が少ない代わりに好冷水性(長井は「清水性」と呼んでいる)の水生植物がみられると述べているが、今回の結果からこの傾向が強くみられた。このことは、湧水が流入している水路が多く、河川水も夏でも比較的水温が低いといった、地域的な水環境を反映したものと考えられる。

一方で、出現区間数が少なかった種や分布域が限定的だった種には、ヒルムシロやフトヒルムシロといった浮葉を形成する種が含まれた。一般に浮葉植物は河川や水路よりも池などの止水域に多い(宇根他 1988)が、本調査地域には、局所的に止水域と共通するような種も生育していることがわかった。このような種の出現も、本調査地における種数の豊

富さに寄与している。

2. 過去の分布記録との比較

栃木県自然環境調査研究会植物部会 (2003a, b) によれば, 本研究の調査対象に該当する水生植物で, 栃木県内で分布記録があるのは73種, このうち那須扇状地を含む市町村で記録がある水生植物は, Table 3に示す20種 (標本記録があるものは10種) であった。今回の調査では, これら20種のうち10種の分布が再確認できた。特に標本記録のある10種では, ヒメミクリ *S. subglobosum* Morongを除く9種が今回の調査でも確認された (Table 3)。さらに, 本調査地内では過去に記録がなかった水生植物も3種確認できた。

分布記録に用いられた標本は1994年に採取されたものがほとんどであり, 本調査地内では1994年からの13年間, ほとんどの種が絶滅することなく生育し続けてきたことがわかる。特に国の準絶滅危惧種および栃木県の要注目種であるミクリとナガエミクリが, 過去から継続して確認できた。ミクリ spp. が記録された区間数が非常に多いことから, 本

調査地はミクリ属植物の安定した生育地となっているといえる。

外来種であるコカナダモとオオカナダモについても, 過去から継続しての確認となった。これらが分布する区間では優占種となっている場合が多く, 在来種の生育を阻害している可能性がある。オオカナダモについては, まだ分布が蛇尾川流域に限られているため, 分布を拡大させないよう留意する必要がある。一方で, 近年問題となっているオオフサモ *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Velde. など他の外来種の新たな侵入が確認されなかったことは注目すべき点である。

また, ヒルムシロとホソバミズヒキモ, アイノコセンニモの3種は, 本調査地での生育はこれまで確認されていなかった。

特に, 栃木県のレッドデータブックにおいて準絶滅危惧種に指定されているホソバミズヒキモの新たな生育地が確認できたことは, 本地域の保全上の重要性を示すものである。なお, 今回確認されたホソバミズヒキモは沈水葉のみを形成しており, 浮葉はみられなかった。本種は浮葉を形成する種であるが,

Table 3. Aquatic species list of the study area in past literature compared with this study

Species	Japanese name (和名)	Specimen records ^{*1}	Literature records ^{*2}	This study
<i>Egeria densa</i>	オオカナダモ	○		○
<i>Elodea nuttallii</i>	コカナダモ	○		○
<i>Potamogeton fryeri</i>	フトヒルムシロ	○		○
<i>P. crispus</i>	エビモ	○		○
<i>P. orientalis</i>	アイノコイトモ	○		○
<i>Sparganium erectum</i>	ミクリ	○		○
<i>S. japonicum</i>	ナガエミクリ	○		○
<i>Ranunculus nipponicus</i> var. <i>submersus</i>	バイカモ	○	○	○
<i>Callitriche palustris</i>	ミズハコベ	○	○	○
<i>S. subglobosum</i>	ヒメミクリ	○		
<i>Myriophyllum spicatum</i>	ホザキノフサモ		○	○
<i>Isoetes japonica</i>	ミズニラ		○	
<i>Hydrilla verticillata</i> (L.f.) Royle	クロモ		○	
<i>Brasenia schreberi</i>	ジュンサイ		○	
<i>Nymphaea tetragona</i>	ヒツジグサ		○	
<i>Ludwigia ovalis</i> Miq.	ミズユキノシタ		○	
<i>Elatine triandra</i> Schk.	ミヅハコベ		○	
<i>Limnophila sessiliflora</i>	キクモ		○	
<i>Utricularia vulgaris</i> var. <i>japonica</i>	タヌキモ		○	
<i>U. intermedia</i> Heyne	コタヌキモ		○	
<i>P. distinctus</i>	ヒルムシロ			○
<i>P. octandrus</i>	ホソバミズヒキモ			○
<i>P. kyushuensis</i>	アイノコセンニモ			○
Total		10	12	13
		20		

*1 Specimen records in the study area in the list of 'Plants of Tochigi II'.

*2 Literature records in the study area in the list of 'Plants of Tochigi I'.

河川や水路等の流水域では沈水葉のみを形成する型があるとされており(角野 1994a), 今回確認されたものはこの型にあてはまるものと考えられる。確認地点の流速は, Haslam (1987) のカテゴリー分類による Moderate (水生植物がはっきりと動いており, 水面が少し乱れる) に該当した。

また, アイノコセンニンモは栃木県では初めての記録となる。アイノコセンニンモはヤナギモ *P. oxyphyllus* Miq. とセンニンモ *P. maackianus* A. Benn. の雑種とされており, 宮城県・鹿児島県の河川や水路で発見された種である(角野 1994a)。本州では, 1998年に富山県において初めてその分布が記録された(中田・長井 1998)。これまでに確認されている分布地点は九州, 富山と非常に隔離的であるが, 識別が困難であるためヤナギモなどに誤同定されている可能性があり, 実際には日本に広く分布している可能性があるという(中田・長井 1998; 中田 2000)。今回発見したものについては, 生育場所が近接した2区間のみであったこと, 推定両親種であるヤナギモおよびセンニンモの生育が調査地域内では確認されなかったこと(Table 3)から, 本地域で生じた雑種ではなく, 他地域の個体が水鳥などに付着して偶発的に散布され, 定着したものである可能性が考えられる。いずれにしろ, 今回の調査で全国的にも報告例の少ないアイノコセンニンモの分布が関東地方でも確認されたことは注目される結果である。

一方, 今回の調査で確認できなかった種の大半は, ジュンサイ *Brasenia schreberi* J.F.Gmel., ヒツジグサ *Nymphaea tetragona* Georgi. タヌキモ *Utricularia vulgaris* L. var. *japonica* (Makino) Tamura など主に止水域に生育する種や, ミズニラ *Isoetes japonica* A.Braun, キクモ *Limnophila sessiliflora* Blume など放棄水田のような浅い水中に生育する種である。流水環境に生育する種のほとんどは農業用水路に生育していたことになり, 那須扇状地においては, 農業用水路が流水性の水生植物の生育場所として重要な役割をもっていることが示された。

3. 分布パターン

本研究では, 那須扇状地全域の水生植物の分布状況を, 詳細かつ面的に捉えることができた。これまで太平洋側の扇状地において水生植物の分布パターンを明らかにした研究例はほとんど存在しなかった。ここでは日本海側の扇状地で, 水生植物の分布パターンが調査されている常願寺川(長井・中田 1999), 庄川(中田他 2003), 手取川(佐野 2004; 上田他 2004), 黒部川(中田・長井 2006)

における調査結果と比較をすることで, 扇状地における水生植物の分布パターンの特徴について考察をすすめたい。

那須扇状地でみられた水生植物の分布の特徴としては, 以下の2つの点があげられる。

まず, 水生植物の分布が主に扇中央部から扇端部に偏っていたことである。扇頂部に関してはコンクリート張りや暗渠化された水路が大半を占めていたため調査対象としなかったのは既に述べた通りであるが, 分布図から明らかなように, 各水生植物種の分布は今回の調査対象範囲の中でも上流側にはほとんどなく, Fig. 2に示した湧水の多い扇中央部から下流側に集中していた。

上流から下流にかけての水生植物の分布に変化がみられることは, 常願寺川, 庄川, 手取川, 黒部川の調査結果でも報告されている。いずれも水生植物が扇端部(下流域)に多く生育する傾向が示されており, 常願寺川, 庄川, 黒部川については, 那須扇状地と同様, 扇頂部は3面コンクリート張りの流速の速い水路が多く, 水生植物が生育していなかったことが記載されている。

次に, 出現種の分布の仕方は一様ではなく, 広域に出現する種と局地的にしか出現しない種, 常在度が高い種と低い種があることがあげられる。那須扇状地における水生植物の分布様式を, 分布域の広さと出現区間数から類型化すると, 以下の4つのパターンが認められる。

①広域・高常在度種: コカナダモ, ミズハコベ, ミクリ属植物

いずれも全調査区間の約3分の1に出現し, 調査地全域に分布している。地域の水生植物相の中核となる主要な種である。

②広域・中常在度種: バイカモ, エビモ

広域・高常在度種ほどではないが出現区間数が比較的多く, 広範囲に出現している。広域・高常在度種と共に地域の水生植物相の主要な構成種である。

③偏在・中常在度種: オオカナダモ, アイノコイトモ, フトヒルムシロ

出現区間数は比較的多いが, 一部の水路網に偏在して分布している。前2グループより小スケールの地域の水生植物相を特徴づける種である。

④局在種: ヒルムシロ, ホザキノフサモ, アイノコセンニンモ, ホソバミズヒキモ

出現区間数が非常に少なく, 局地的に分布している。

常願寺川や庄川, 黒部川でも, 河川を挟んで右岸側・左岸側のみ分布する種や局地的に分布する種が注目されており, 種による分布パターンの違いが確認されている。そこで, 常願寺川, 庄川, 手取川,

Table 4. Comparison of the distribution patterns of aquatic plants in different alluvial fans

Species	Japanese name (和名)	Distribution pattern*				
		Nasu Alluvial Fan	Joganji River Alluvial Fan	Shou-gawa River Alluvial Fan	Tedori River Alluvial Fan	Kurobe River Alluvial Fan
<i>Elodea nuttallii</i>	コカナダモ	W-H	W-M	W-H	W-H	
<i>Egeria densa</i>	オオカナダモ	L-M	L-M	R		R
<i>Hydrilla verticillata</i>	クロモ			L-M	R	
<i>Vallisneria asiatica</i> Miki	セキショウモ			R		
<i>Potamogeton fryeri</i>	フトヒルムシロ	L-M				
<i>P. distinctus</i>	ヒルムシロ	R	L-M	R	R	
<i>P. malainoides</i> Miki	アイノコヒルムシロ			R		
<i>P. octandrus</i>	ホソバミズヒキモ	R	W-M	L-M		R
<i>P. malaianus</i> Miq.	ササバモ				R	
<i>P. crispus</i>	エビモ	W-M	W-H	L-M	W-H	L-M
<i>P. kyushuensis</i>	アイノコセンニンモ	R	L-M	W-H		L-M
<i>P. oxyphyllus</i>	ヤナギモ		W-H	R	W-M	
<i>P. orientalis</i>	アイノコイトモ	L-M	L-M	R		
<i>P. kamogawaensis</i> Miki	オオミズヒキモ				W-H	
<i>Sparganium erectum</i>	ミクリ			R		R
<i>S. japonicum</i>	ナガエミクリ			W-M	R	L-M
<i>S. subglobosum</i>	ヒメミクリ					R
<i>Sparganium</i> spp.	ミクリ属植物	W-H	W-H			
<i>Ranunculus nipponicus</i> var. <i>submersus</i>	バイカモ	W-M	W-M	W-M	L-M	W-H
<i>Nuphar japonicum</i> DC.	コウホネ		R	R		
<i>Myriophyllum spicatum</i>	ホザキノフサモ	R	R	W-M	W-M	R
<i>Callitriche palustris</i>	ミズハコベ	W-H				R

* W-H: Wide range distribution with high constancy.

W-M: Wide range distribution with medium constancy.

L-M: Local distribution with medium constancy.

R: Restricted distribution.

黒部川における調査結果の分布図から、それぞれの出現種に上述の4つの分布パターンをあてはめるとTable 4のようになる。なお、Table 4に記載した種は本研究の調査対象に該当する水生植物のみを対象とした。また、庄川におけるミクリ属植物に関しては、本研究同様、少なくともミクリ・ナガエミクリの2種が確認されているが同定が不可能なものも多いとされているため、ミクリ・ナガエミクリを合わせてミクリ属植物として扱った。

それぞれの扇状地において、那須扇状地において確認されたのと同様の概ね4つの分布パターンが見受けられた (Table 4)。このように、同じ扇状地内でも広域に分布する種と偏在・局在する種があること、また、偏在・局在する種の存在によってより小スケールでのフロラに違いがみられる、という共通性があることがわかった。異なる構成種をもつ複数の水路網の集合が、地域全体のフロラの豊かさを支えていることも、扇状地の水生植物分布パターンと特徴ということができよう。

一方、4つの分布パターンに分類された種を地域

間で比較すると、黒部川を除くいずれの扇状地でも外来種のコカナダモが広域に分布していることは共通するが、その他の種については広域に分布する場合と偏在・局在する場合があります。扇状地ごとに種の分布パターンは一致しなかった。このことから、どの扇状地でどの種が主要な種となるかには、地域的な環境要因や歴史的な要因が働いている可能性が考えられる。

ため池では同じ地域内であっても池によって異なる種組成をもつ事例が多数報告されている (中村 1992; 西野 1997; Shimoda 1997 など)。ため池のような止水域はお互いに隔離された環境であり、水質の違いが生じやすいため、近接した水域間でも植物相に違いが生じやすいが、用水路のような流水域であっても、水系ごとにより隔離的な環境にあることが指摘されている (角野 1994b; Riis and Sand-Jensen 2002)。今回確認された偏在種や局在種は、なんらかの理由により散布体の移動が制限され分布を広域に拡大できないでいる可能性がある。

以上のように、扇状地の農業用水路網では、好流水性・好冷水性の種を中心とした水生植物相が形成されるという共通性をもちながら、地域や種によって異なる分布パターンが確認された。したがって、扇状地における水生植物相の維持機構を解明するためには、環境条件や水域の隔離などを含めた分布状況の比較・解析を行う必要がある。本稿では用いなかったが、調査では各調査区間の水路幅、水質、低質、流速等の物理条件も記録しているため、水生植物の分布パターンと物理環境の関係については稿を改めて解析したい。

謝辞

本研究を行うにあたり、大田原市役所都市計画課都市計画係には水路網が表示された白地図をご提供いただきました。富山県中央植物園の中田政司氏にはアイノコセンニンモの同定をしていただきました。東京植生研究会の井関智裕氏にも種の同定にご協力をいただきました。また、東京農工大学植生管理学研究室の卒業生、学生の皆様には現地調査にご協力いただいたほか、論文執筆に際し貴重なご助言をいただきました。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- * 古島敏雄. 1961. 農業の発展—稲作を中心に. 日本産業史大系, 1総論編 (地方史研究協議会編), pp.87-134. 東京大学出版会, 東京.
- 浜島繁隆. 1983. 濃尾平野における農業用水路の水生雑草の分布と2, 3の環境要因. 雑草研究 **28**: 38-42.
- 浜島繁隆. 2003. ため池の水草. 水環境学会誌 **26**: 252-256.
- Haslam, S.H. 1987. River plants of Western Europe: the macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. Great Britain at the University Press, Cambridge.
- 石井禎基・角野康郎. 2003. 兵庫県東播磨地方のため池における過去約20年間の水生植物相の変化. 保全生態学研究 **8**: 25-32.
- 「角川日本地名大辞典」編纂委員会 (編). 1984. 角川日本地名大辞典, 9 栃木県. 角川書店, 東京.
- 角野康郎. 1982. 水草とpH (2). 水草研究会報 **8**: 8-10.
- 角野康郎. 1994a. 日本水草図鑑. 文一総合出版, 東京.
- 角野康郎. 1994b. 特集 生物はなぜ絶滅するか 水

- 辺環境の危機と水草の絶滅. 科学 **64**: 691-693.
- 角野康郎. 1997. 環境庁レッドリスト (1997) に挙げられた水生植物. 水草研究会報 **62**: 18-21.
- 角野康郎. 2005. 絶滅危惧植物の現状 日本の水草の危機. プランタ **100**: 38-43.
- 環境省生物多様性センター. 2011. 生物多様性情報システム/絶滅危惧種情報. http://www.biodic.go.jp/rdb/rdb_f.html
- 気象庁. 2011. 気象統計情報. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>
- 小林浩幸・山本 眞・國弘 実. 2006. 農村地域における水生植物の生育地の水質. 雑草研究 **51**: 133-138.
- 嶺田拓也・日鷹一雅. 2002. 水生植物相による香川県仲多度地方のため池群の類型化. 水草研究会報 **74**: 35-44.
- 元木理寿・中島功雄・久米健太郎・渡辺泰徳. 2007. 熊谷市用水路に生息する水生植物および二枚貝シジミの分布. 地球環境研究 **9**: 51-56.
- 長井真隆. 1996. 黒部川扇状地湧水地帯の水生植物. 水草研究会報 **59**: 15-16.
- 長井真隆・中田政司. 1999. 水生植物部門. 富山県富山農地林務事務所・富山県水生生物研究会 (編). 常願寺川流域生態系調査報告書. pp.37-62. 富山県富山農地林務事務所, 富山.
- 中村俊之. 1992. 大阪府堺市におけるため池の水生植物の現状. 水草研究会報 **48**: 24-27.
- 中田政司. 2000. アイノコセンニンモ. 鳴橋直弘 (編). 富山植物物語. pp.70-73. シー・エー・ピー, 富山.
- 中田政司・長井真隆. 1998. アイノコセンニンモの新産地と染色体数. 富山県中央植物園研究報告 **3**: 53-56.
- 中田政司・長井真隆. 2006. 水生植物部門. 富山県魚津農地林務事務所・富山県水生生物研究会・水土里ネット富山 (編). 黒部川合口流域地区生態系調査報告書. pp.103-139. 富山県魚津農地林務事務所, 魚津.
- 中田政司・長井真隆. 2009. 水生植物部門. 富山県高岡農林振興センター・富山県水生生物研究会・水土里ネット富山 (編). 小矢部川流域地区生態系調査報告書. pp.82-123. 富山県高岡農林振興センター, 高岡.
- 中田政司・長井真隆・吉田 孝・砂田龍次. 2003. 水生植物部門. 富山県砺波農地林務事務所・富山県水生生物研究会 (編). 庄川合口ダム流域生態系調査報告書. pp.67-118. 富山県砺波農地林務事務所, 砺波.
- 西野 敦. 1997. 吹田市におけるため池の水生植

- 物の現況 (1996). 水草研究会報 **60**: 25-27.
- 大平 裕・中野芳輔・弓削こずえ. 2005. 農業用水路の生物相調査に基づく環境保全目標の設定. 九州大学大学院農学部研究員学芸誌 **60**: 233-251.
- 沖 陽子・宇根和正・中川恭次郎. 1988. 山陰地方の水系における水生雑草の分布と水質との関係 2. 種組成に関与する水質について. 雑草研究 **33** (別): 73-74.
- Riis, T. and Sand-Jensen, K. 2002. Abundance-range relationships in stream vegetation in Denmark. *Plant Ecology* **161**: 175-183.
- 齊藤享治・磯 望・米沢 宏・小泉武栄・相馬秀広・原 芳生・山口一俊・山川克己・杉谷隆・平井幸弘・西山芳明. 1983. 山地と扇状地. *URBAN KUBOTA* **21**: 18-25.
- 佐野 修. 2004. セキ用水の水生植物. 石川県農業短期大学研究報告 **33**: 27-37.
- Shimoda, M. 1997. Differences among aquatic plant communities in irrigation ponds with differing environments. *Jpn. J. Limnol.* **58**: 157-172.
- Shimoda, M. and Kagawa, H. 2009. Aquatic plant distribution of irrigation ponds in relation to land use and water quality in an agricultural landscape dominated by citrus orchards in Hojo area, Shikoku Island, Southwestern Japan. *Vegetation Science* **26**: 65-78.
- 新多摩川誌編集委員会. 2001. 新多摩川誌/本編 [上]. 財団法人河川環境管理財団, 東京.
- 栃木県自然環境調査研究会植物部会. 2003a. 栃木県自然環境基礎調査 とちぎの植物 I. 栃木県林務部自然環境課.
- 栃木県自然環境調査研究会植物部会. 2003b. 栃木県自然環境基礎調査 とちぎの植物 II—栃木県自然環境基礎調査収集標本目録—. 栃木県林務部自然環境課.
- 栃木県自然環境課. 2005. レッドデータブックとちぎ. 栃木県.
- 内田和子. 2003. 日本のため池 防災と環境保全. 海青社, 東京.
- 上田哲行・一恩英二・村島和男. 2004. セキ用水の生物相について. 石川県農業短期大学研究報告 **33**: 87-97.
- 宇根和昌・沖 陽子・中川恭二郎. 1988. 山陽地方の水系における水生雑草の分布と水質との関係 1. 水生雑草の出現頻度と種組成. 雑草研究 **33** (別): 71-72.
- 山崎正夫・津久井公昭. 1997. 東京都内における水生植物の分布と生育環境について. 水草研究会報 **60**: 7-13.
- *は直接引用できなかったもの
- (Received December 9, 2011; accepted March 16, 2012)