特集「外来種と植生管理」

外来水生植物オオフサモ *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.の駆除手法の検討

金丸拓央¹⁾・澤田佳宏^{*2,3)}・山本 聡^{2,3)}・藤原道郎^{2,3)}
大藪崇司^{2,3)}・梅原 徹^{2,4)}

1) 西宮市役所 Nishinomiya City

2) 兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科 Graduate School of Landscape Design and Management, University of Hyogo

3) 兵庫県立淡路景観園芸学校 Awaji Landscape Planning and Horticulture Academy

4) 株式会社建設環境研究所 Civil Engineering and Eco-technology Consultants Co., Ltd.

摘要：オオフサモは主に関東以西の各地で水路の閉塞や在来種の圧迫などの問題を引き起こしており、特定外来生物に指定されている。近年、各地でオオフサモの駆除が行われているが、どの事例でも駆除後にオオフサモが再繁茂し、根絶できていない。本研究では、オオフサモの根絶手法を検討するため、オオフサモの生育状況調査、室内での遮光実験、野外での駆除試験をおこなった。生育状況調査の結果、オオフサモはため池全面を高被度で覆っていたが、定着しているのは水深の浅い水際部だけで、水深が30 cmを超える場所には生えていなかった。室内での遮光実験の結果、長さ約20 cmのオオフサモの苗は、遮光期間が長くなるにつれて主茎の上部から枯れ下がり、短くなっていった。遮光158日目にはまだ生残個体があったが、遮光197日目には生残個体は確認されなかった。野外での駆除試験の結果、底泥剥ぎ取りと遮光を併用した場合に限り、駆除後にオオフサモが再生しなかった。これは、大部分の根茎断片が底泥剥ぎ取りによって除去され、残された少数の断片が遮光によって枯死したためと考えられる。底泥剥ぎ取りと遮光を併用すれば、オオフサモを局所的には根絶させられる可能性がある。

キーワード：オオフサモ、特定外来生物、水草、駆除、遮光処理

KANAMARU, Takuo, SAWADA, Yoshihiro, YAMAMOTO Satoshi, FUJIHARA, Michiro, OYABU, Takashi and UMEHARA, Toru: **Test for exterminating the invasive aquatic plant Parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc.)**

Abstract: *Myriophyllum aquaticum* is an invasive alien aquatic plant and causes many problems such as water pollution, elimination of native plants, and obstructs water ways. To prevent these problems, suppression of *M. aquaticum* has been often implemented by local governments and/or NPOs. However *M. aquaticum* regenerate rapidly and suppression is not effective. In this study, to establish a method for eradicating *M. aquaticum*, vegetation and population surveys and test extermination were carried out in the field, and shading experiment took place in the laboratory. *M. aquaticum* covered the whole of the pond, but it rooted only on the shallow area near the waterside. During the laboratory shading experiment, *M. aquaticum* individuals survived the darkness for 158 days, but the length of *M. aquaticum* stems decreased through that period. It suggests that shorter fragments of *M. aquaticum* can die by short periods of darkness. At test extermination in the field, *M. aquaticum* did not regenerate after shading treatment with soil removed. Most fragments of *M. aquaticum* were removed with soil, and remnants of fragments were killed by the long darkness period. Exterminating *M. aquaticum* might be possible by using shading together with removing soil.

Key words: *Myriophyllum aquaticum*, invasive alien species, aquatic plant, exterminating, shading treatment

1. はじめに

オオフサモ (*Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc., アリノトウグサ科) は南アメリカ原産の多年生の抽水植物で、湖沼・ため池・河川・水路などに群生する³⁾。現在では、アジア・オーストラリア・ニュージーランド・南アフリカ・北アメリカに野生化しており、世界的な侵略的外来種として認識されている²⁾。日本では、1920年頃に兵庫県須磨寺の池で野生化した記録があり¹⁸⁾、また、2000年代前半までは水辺の緑化資材として流通しており、現在では北海道から沖縄までの各地(主に関東以西)に分布している^{6, 18)}。本種は雌雄異株で、日本には雌株のみが侵入しているため結実はないが³⁾、栄養繁殖によって爆発的に増えている。冬季でも地上部は完全には枯れずに越冬し、殖芽をつくることはない³⁾。

オオフサモは、侵入先の水路、河川、ため池などで優占し、さまざまな問題を引き起こす¹⁷⁾。例えば、密度の高い純群落は水の流れを阻害し、氾濫などを引き起こすことがある。南アフリカでは、飲料水の供給を妨げた例がある¹⁾。日本でも、筑後川水系で繁茂した純群落による流水阻害が生じている⁶⁾。また、霞ヶ浦では湖や周辺水路で大繁茂し、在来種への影響が懸念されている⁶⁾。滋賀県でも絶滅危惧種アサザ (*Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze) の生育地でオオフサモが増加し、アサザが減少しているという⁹⁾。本種は2005年に外来生物法にかかる特定外来生物に指定された(特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律施行令)。

近年、関東・東海・近畿・九州などで、自治体や市民団体によってオオフサモの駆除活動がおこなわれている^{7-9, 11-13, 15, 16)}。駆除後のモニタリングを実施しているいくつかの事例について、公表されている資料やヒアリングによって駆除効果を確認したところ、どの事例でもオオフサモが再繁茂しており、根絶に至っていないことがわかった。オオフサモは根茎の断片からも容易に再生できるため¹⁴⁾、たとえ丁寧に抜き取っていたとしても、作業後に残された少数の根茎断片から再生すると考えられる。ポルトガルでは、除草剤を用いてオオフサモの駆除を試みた事例があるが、成長を抑制するにとどまり、根絶はできていない¹⁰⁾。駆除後に再繁茂する状況下では、半永久的に駆除努力を強いられ、長期にわたって行政の予算を圧迫することになる。有効な駆除をおこなうためには、オオフサモを局所的に根絶する技術が必要である。根絶のためには、再生の元となる根茎断片を残さずに取り除くか、残された根茎断片を何らかの方法で死滅させる必要がある。そこで本研究では、オオフサモの根絶手法を探ることを目的として、ベルトトランセクトでのオオフサモの生育状況調査、室内での遮光実験、野外での底泥剥ぎ取りおよび遮光による駆除試験をおこなった。

2. 調査地および方法

2.1 調査地

野外での調査および実験は、兵庫県淡路市にある兵庫県立

淡路景観園芸学校構内にある修景用のため池でおこなった。この池は直径約11mの小さなため池で、例年、夏季には池全面がオオフサモで覆われる。オオフサモのほかに、スイレ (*Nymphaea* sp.)、マコモ (*Zizania latifolia* (Griseb.) Turcz. ex Stapf)、フトイ (*Schoenoplectus tabernaemontani* (C.C. Gmel.) Palla)、クワイ (*Sagittaria trifolia* L. var. *edulis* (Sieb. ex Miq.) Ohwi) などの水生・湿生植物が生育し、メダカ (*Oryzias latipes* (Temminck et Schlegel))、イシガメ (*Mauremys japonica* Temminck et Schlegel)、ニホンアカガエル (*Rana (Rana) japonica* Gunther)、トノサマガエル (*Rana (Pelophylax) nigromaculata* Hallowell)、シュレーゲルアオガエル (*Rhacophorus schlegelii* (Gunther))、カスミサンショウウオ (*Hynobius (Hynobius) nebulosus nebulosus* Schlegel)、マツモムシ (*Notonecta triguttata* Motschulsky)、コオイムシ (*Diplonychus japonicus* Vuillefroy) などの水生動物が生息している。池の周囲は年に2回程度の草刈りがおこなわれる草地で、一部にヤナギ類 (*Salix* sp.) やコナラ (*Quercus serrata* Murray) などの木本が植栽されている。水際に護岸は施されていない。池底は砂泥質で、腐植の堆積もある。

室内での栽培を伴う実験は、兵庫県立淡路景観園芸学校の実験室でおこなった。特定外来生物であるオオフサモを栽培するにあたり、環境省近畿地方環境事務所よりオオフサモの飼養許可(許可番号11000375)を得た。

2.2 オオフサモの生育状況(ベルトトランセクト調査)

オオフサモ群落の種組成・構造と水深との関係を把握するため、2012年5月に調査対象池でベルトトランセクト法による植生調査および生育状況調査を実施した。調査ベルトは、池の西側水際部を起点とし、池の中央部を通して東側の水際部を終点とする長さ11m、幅1mのベルトとし、1mピッチで11個のコドラートに分割した(図-1)。

植生調査では、コドラートごとに、植被率および生育している維管束植物の被度(%)を記録した。生育状況調査では、コドラートごとに、オオフサモの葉群の厚さ、茎の密度、生重および乾重を測定した。茎密度(本/m²)は、各コドラートの中央部30cm×30cm内で、池底から生えているオオフサモの茎の本数を数えて算出した。生重および乾重は、各コドラートの中央部30cm×30cmのオオフサモをすべて切り出して(坪刈り)測定した。生重は切り出し後、約60分間静置して水気を切った状態で計量し、乾重は送風乾燥機による80℃・7日間の乾燥後に計量した。また、植生調査時にベルトに沿って水深を測定した。

2.3 室内での遮光実験

長期間の遮光がオオフサモの成長や生残に与える影響を把握するため、2012年9月3日から2013年3月19日にかけて、室内に設置した水槽で遮光実験をおこなった。

実験に用いたオオフサモの苗は、2012年8月15日に調査対象池のオオフサモから茎の先端約10cmを採取し、実験室の水槽に沈水状態で植え付け、実験開始までの19日間にわたって明条件下で養生し、発根させたものとした。実験開始時の苗はいずれも分枝はなく、茎の長さは13cm〜23

図-1 調査対象池におけるコドラート等の配置模式図。
ベルトトランセクトは池の中央を通るように設置した。
野外での駆除試験のための4つの処理区と対照区はいずれも2m×2mの大きさで、池の東側の水際に設置した。各処理区および対照区に茎密度を測定するためのコドラート(30cm×30cm×5個)を設置した。

Fig. 1 Scheme of study site and distribution of experimental plots.
Study site was a small pond located in Awaji island, Japan. A belt transect (1m×11m) traversed center of the pond. Five experimental plots (2m×2m) were placed at east waterside of the pond and five quadrats (30cm×30cm) were set in each experimental plot.

cmであった。

実験に用いた水槽は、底面60cm×30cm、高さ44cmのガラス水槽4個で、このうち3個を遮光区とし、1個を無遮光(明条件)の対照区とした。いずれも底面に川砂を厚さ5cmで敷き、水深30cmまで水道水を入れた。

2012年9月3日、遮光区の3個の水槽にオオフサモの苗を20本ずつ計60本植え(予備を含む)、無遮光の対照区の水槽には3本の苗を植えて実験を開始した。遮光区の苗には1個体ずつ不透明の塩ビ管を被せて遮光処理を施した。塩ビ管は内径6cm、高さ30cmで、上端を不透明の塩ビキャップで塞ぎ、側面中央に直径6mmの通水孔を2個設けた(図-2a)。遮光処理は、この塩ビ管に加え、水槽側面のガラスをアルミホイルで覆い、水面上をアルミマット(発砲ポリエチレン+アルミ蒸着フィルム)で覆った(図-2c)。これらにより、塩ビ管内の相対照度を約1/10,000まで下げた。一方、対照区の苗には1個体ずつ透明の亚克力パイプを被せた。亚克力パイプは内径6cm、高さ30cmで、上端を透明亚克力板で塞いだ。側面中央に直径6mmの通水孔を2個設け、遮光区と同等の通水状況とした(図-2b)。対照区の水槽の側面や水面にはアルミホイルなどによる遮光はほどこさず、水槽内に周囲の光がとどくようにした(図-2d)。遮光区および対照区の水槽はすべて実験室内の窓際の明るい場所に設置した。

9月3日の遮光処理開始後、3日～数週間おきに遮光区の

図-2 室内実験における遮光処理の方法。
遮光区では、3つの水槽に計約60本の苗を植えた後、(a)不透明の塩ビパイプを被せ、さらに(c)水槽全体をアルミホイルおよびアルミマットで覆って遮光した。対照区では、1つの水槽に3本の苗を植えた後、(b)透明亚克力パイプを被せた。対照区の水槽は(d)外部からの光をさへぎらないようにした。

Fig. 2 Schemes of the shading experiment in laboratory.
For shading treatment, 60 plants were planted in three water tanks covered by aluminum foil (c) and each plant was covered by opaque PVC pipe (a). For control, three plants were planted in an unshaded water tank (d) and each plant was covered by transparent acrylic resin pipe (b). Stem length of tested plants was 13–23 cm at start of the experiment

3つの水槽から1個体ずつ、計3個体を取り出して色や形状を観察し、主茎の長さを計測した。

計測を終えた苗は対照区の水槽に移植し、その後の数日のうちに新葉が展葉するかどうかを確認して、生死の判定をおこなった。計測は、遮光開始後7日目から28日目までは3日おき、その後40日目までは6日おき、その後158日目までは2週間～3週間おき、その後197日目に1回、計18回おこなった。

実験期間中は常にポンプで水を循環させ、フィルターでろ過をおこなって水質悪化を防いだ。また、実験開始から10月中旬までは水槽の冷却や加温はおこなわずに室温の下に置き、10月中旬から実験終了までは熱帯魚用の水中ヒーターを用いて加温し、約26℃の水温を維持した。

2.4 抜き取り後の残存根茎の密度と再生率

ため池での抜き取り作業後に水中や土壌に残存する根茎断片の量とそこからの再生率を把握するため、2012年11月に調査対象池で以下の実験をおこなった。

まず、池の水際部に1m×2mの実験区を1個設置した。実験区の4隅に杭を打ち込み、実験区内外の根茎断片の流出・流入を防ぐため、実験区を囲むように防草シートで壁を

つくった。防草シートの壁の上端は水面上約 10 cm、下端は水底とした。つぎに、実験区内のオオフサモを手作業ですべて抜き取った。

以上の作業の後、目合い約 3 mm のタモ網を使って実験区内の水中に浮遊しているオオフサモの茎の断片を回収し、その本数と長さを記録した。また、池底の土壌を面積 30 cm×30 cm×深さ 20 cm の塊として 3 個切り出した。この土壌塊を流水で洗い、目視確認可能な大きさの地下茎断片を回収し、その本数と長さを記録した。

2012 年 11 月 25 日、回収した根茎断片のうち、水中に浮遊していた断片 20 本と土壌中に残存した断片 70 本を室内の水槽（明条件）に植え付け、約 2 週間後に発根やシュートの出現がみられた断片の数を記録した。

2.5 野外での駆除試験

オオフサモを根絶するには、再生の元となる根茎断片を残さず完全に取り除くか、残された根茎断片を何らかの方法で死滅させる必要がある。残さずに取り除く方法として、抜き取り後に池底の土壌をある程度の厚さで剥ぎ取る方法（底泥剥ぎ取り）が考えられる。また、残された断片を死滅させる方法として遮光が考えられる。そこで、底泥剥ぎ取りや遮光による根絶の可能性を検討するため、調査対象池で駆除試験をおこなった。

まず調査対象池の水際部に以下の 4 つの処理区を設けた。すなわち、抜き取りだけを行う「抜き取り区」、抜き取り後に池底の土壌を 15 cm 厚で剥ぎ取りさらに水中に浮遊する根茎断片をタモ網で回収する「底泥剥ぎ取り区」、抜き取りだけをおこなった後に約 3 ヶ月間遮光する「抜き取り+遮光区」、抜き取りと土壌の剥ぎ取りおよび水中浮遊断片の回収をおこなった後に約 3 ヶ月間遮光する「底泥剥ぎ取り+遮光区」、以上の 4 処理区である。これに加えて、抜き取り・底泥剥ぎ取り・遮光のいずれもおこなわない「対照区」を設置した。処理区および対照区はいずれも面積 2 m×2 m で、池の東側の水際部に 1 つずつ設置した（図-1）。いずれの処理区も 4 隅に木杭を打ち込み、側面には水面上から池底まで防草シートの壁をつくって、実験期間中に外部から処理区内にオオフサモが侵入するのを防いだ。各処理区および対照区に、茎密度を調べるための 30 cm×30 cm のコドラートを 5 つずつ設置した（図-1）。

処理をおこなった日は、「抜き取り区」では 2012 年 8 月 23 日、「抜き取り+遮光区」では 9 月 4 日、「底泥剥ぎ取り区」では 9 月 5 日、「底泥剥ぎ取り+遮光区」では 9 月 18 日とした。抜き取りは手作業でおこない、底泥剥ぎ取りはシャベルを用いて人力でおこなった。遮光処理は、水面上約 10 cm の高さに 5 mm 厚のベニヤ板を水平に固定して天蓋とし、側面には遮光率 85% の防草シートを 3 枚重ねにして池底まで垂らした。これらにより、遮光区内の相対照度を 1/5,000 まで下げた。上記の各処理日に、処理直前の茎密度を調査した。また、処理後約 3 ヶ月目の 12 月 11 日に、すべての処理区および対照区で処理後の茎密度を調査した。

3. 結 果

3.1 オオフサモの生育状況（ベルトトランセクト調査）

調査ベルトの水深を図-3e に示す。水際部のコドラート No. 1 および No. 11 の水深はそれぞれ 10 cm と 7 cm で、池の中心部のコドラート No. 4~No. 7 の水深は 85 cm~87 cm であった。この池は、全体に単純な皿型の断面を呈していた。

各コドラートの植生調査結果を表-1 に示す。植被率はすべてのコドラートで 100% であった。オオフサモは水際から池の中央まで、すべてのコドラートに生育していた。オオフサモの被度は、コドラート No. 3~No. 9 で 100% で、このうち No. 3~No. 7 ではオオフサモ以外の植物はみられなかった。No. 8~No. 9 でもスイレンが被度 1% でわずかに混生するだけで、ほぼオオフサモ 1 種からなる群落であった。水深の浅い水際のコドラート No. 1, No. 2 および No. 11 ではオオフサモの被度はいずれも 30% で、セリ (*Oenanthe javanica* (Blume) DC.), ヒメガマ (*Typha domingensis* Pers.), スギナ (*Equisetum arvense* L.), マコモなどが混生していた。

各コドラートのオオフサモの茎密度（池底に定着している茎の本数）を図-3a に示す。オオフサモが池底に生えていたコドラートは No. 1 と No. 11 のみで、茎密度はそれぞれ 670 本/m², 420 本/m² であった。水際部以外のコドラート No. 2~No. 10 では、オオフサモの被度は高いが、池底から生えているオオフサモはなかった。

各コドラートのオオフサモの生重と乾重を図-3b および図-3c に、水面上と水面下のオオフサモの葉群の厚さを図-3d に示す。生重および乾重は、水深の深い No. 3~No. 10 でやや大きく、水際部ではやや小さい傾向があった。オオフサモの生重および乾重が最も大きかったのはコドラート No. 3 で、それぞれ 39.0 kg/m², 2.1 kg/m² であった。もっとも小さかったのはコドラート No. 1 で、生重 5.0 kg/m², 乾重 0.4 kg/m² であった。各コドラートの生重と乾重の比から、オオフサモの水分含量は約 95% であった。水面上のオオフサモの葉群の厚さは 24 cm~40 cm、水面下では 12 cm~22 cm で、これらを合わせると、どのコドラートも厚さ 30 cm~50 cm のオオフサモのマットで覆われていた。

3.2 室内での遮光実験

遮光処理を受けた苗の形態を図-4 のスケッチに示す。遮光下におかれたオオフサモの苗は、まず葉の黄変・褐変・脱落がおこった。遮光 7 日目には緑色の葉は約 20% まで減少し、13 日目以降は緑色の葉はなくなり、すべてが褐変または脱落した。遮光 10 日目には、一部のサンプルで主茎の上位の節から新しいシュートが出現し、遮光 22 日目以降は、いずれのサンプルでも新しいシュートが認められた。新しいシュートは黄白色で、太さは通常の茎が約 3 mm~5 mm であるのに対し約 0.8 mm~1 mm しかなかったが、長さは 20 cm 程度まで伸びていた。新しいシュートを伸ばす一方で、主茎は先端より徐々に褐変して枯れ下がった。主茎の枯れ下がりが新しいシュートの付け根の節に達すると、新しい

図-3 ベルトトランセクトにおけるオオフサモ個体群の構造。

(a) 茎密度, (b) 生重, (c) 乾重, (d) 水面上および水面下の葉群の厚さ, (e) 水深。

Fig. 3 Population structure of *M. aquaticum* and water depth in belt transect.

(a) density of established stem, (b) fresh weight, (c) dry weight, (d) thickness of leaf mat, (e) water depth of the pond

表-1 ベルトトランセクトにおける植被率および各出現種の被度 (%)。

Table 1 Vegetation cover (%) and species composition of the belt transect. The values of each plant species indicates cover rate (%)

コード番号 Plot No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
植被率 (%) Vegetation cover (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
オオフサモ <i>Myriophyllum aquaticum</i>	30	30	100	100	100	100	100	100	100	80	30
セリ <i>Oenanthe javanica</i>	30	20									10
ヒメガマ <i>Typha domingensis</i>	10	20									
スギナ <i>Equisetum arvense</i>	30										40
オーデコロンミント <i>Mentha x piperita citrate</i>	1	30									
マコモ <i>Zizania latifolia</i>										25	40
スイレン <i>Nymphaea</i> sp.									1	1

図-4 遮光開始後, 0日目, 40日目, 67日目, 95日目のオオフサモのスケッチ。

(a) 上位の節から新しい細いシュートを伸ばす。
(b) 主茎が先端より枯れ下がり, 黒変している。
(c) 下位の節から新しいシュートを伸ばす。

Fig. 4 Changes of *M. aquaticum* plant in the shading experiment in the laboratory. (a) A new thin shoot sprouted from upper node of plant. (b) Stem died back from the top and turned into black color. (c) A newer shoot sprouted again. During the shading experiment, plants seemed to repeat shoot sprouting and dying back.

シュートも枯れて脱落しているように見受けられた。主茎の枯れ下がりによって新しいシュートを脱落させた苗は、さらに下位の節から、再び同じような細長く黄白色の新しいシュートを伸ばした。以降、主茎の枯れ下がりと一緒にシュートの枯死脱落、より下位の節からの新しいシュートの伸張を繰り返しながら、主茎が徐々に短くなっていった。一方、遮光をほとんどこさなかった対照区の3個体の苗は、実験

期間を通して緑葉を着けており、正常に生育しつづけた。

158日目までのサンプルで得たデータをもとに、遮光日数と主茎の長さの関係を散布図にプロットした(図-5)。遮光開始から約30日目までは茎の長さは20cm前後で、それほど変化はなかったが、遮光開始から50日をすぎると顕著に短くなっていき、137日目には平均が5cm以下となった。回帰直線の式は $y = -0.123x + 21.76$ ($R^2 = 0.693$)で、1日あたり約0.1cmずつ小さくなる計算となった。

遮光日数とオオフサモの生残数(各回にサンプリングした3個体中の生存個体数)の関係を表-2に示す。遮光開始から55日目までは枯死はまったく確認されなかった。遮光67日目および95日目に3個体中1個体の枯死が確認され、遮光137日目および158日目には3個体中2個体の枯死が確認された。しかし、158日目でも、まだ生残個体が確認されていた。197日目のサンプリングでは3個体すべての枯死が確認された。

図-5 遮光日数とオオフサモ苗の茎の長さの関係。

Fig. 5 The relationship between shading period (days) and stem length (cm) of *M. aquaticum* in the shading experiment in the laboratory

表-2 遮光実験中のオオフサモの生存状況。

(遮光区の水槽から取り出した3サンプル中の生存個体数)

Table 2 The survival status of *M. aquaticum* during the shading experiment in the laboratory. (The number of surviving plants in three samples picked up from shaded water tanks)

遮光日数 (日)	7	10	13	16	19	22	25	28	34	40	55	67	81	95	116	137	158	197
Shading period (days)																		
3 サンプル中の生存個体数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1	1	0
The number of surviving plants in three samples																		

3.3 抜き取り後の残存根茎の密度と再生率

抜き取り直後に水中に浮遊するオオフサモの根茎断片の密度は59.5本/m²であった(表-3)。長さ別にみると0cm~5cmの小さな断片が最も多く31.5本/m²、次いで5cm~10cmが17本/m²、10cm~15cmが6本/m²となり、小さな断片ほど数多く発生する傾向がうかがえた。抜き取り直後に土壌中に残存する地下茎の密度は311.1±7.8本/m²であった(表-4)。長さ別にみると0cm~5cmの断片が約107本/m²、5cm~10cmの断片が約96本/m²、10cm~15cmの断片が約56本/m²、15cm以上が約52本/m²となり、浮遊断片と同様に、小さな断片が多数残存する傾向がうかがえた。

水中に残存する茎の断片20本、土壌中に残存する地下茎の断片70本を明条件の水槽に植え付けて再生の有無を観察した結果、水中に残されていた茎の断片のうち3本(15.0%)が再生し、土壌中の地下茎の断片では13本(18.6%)が再生した(表-5)。

3.4 野外での駆除試験

各処理区の処理直前および処理3ヶ月後のオオフサモの茎密度と、それをもとに算出した残存率(処理3ヶ月後の茎密度/処理直前の茎密度)を表-6に示す。対照区では実験期間中に茎密度は増加し、残存率は139.9%となった。

「抜き取り区」では23.0%で、駆除の効果は低かった。「底泥剥ぎ取り区」の残存率は8.0%、「抜き取り+遮光区」では6.5%で、いずれも抜き取り区よりは低い値となったが、オオフサモは再生し、根絶に至らなかった。「底泥剥ぎ取り+遮光区」のみ残存率が0%で、処理後の再生がみられ

表-3 抜き取り後に水中に浮遊する茎の断片の密度。(n=1)

Table 3 The density of stem fragments remained in water after weeding. (n=1)

茎断片の長さ (cm)	密度 (本/m ²)
Length of stem fragment (cm)	Density (number/m ²)
0~ 5	31.5
5~10	17.0
10~15	6.0
15~	5.0
Total	59.5

表-4 抜き取り後に土壌中に残存する根茎断片の密度。(平均±SD, n=3)

Table 4 The density of stem and rhizome fragments remained in bottom soil after weeding. (mean ± SD, n=3)

根茎断片の長さ (cm)	密度 (本/m ²)
Length of stem and rhizome fragments (cm)	Density (number/m ²)
0~ 5	107.4 ± 4.5
5~10	96.3 ± 5.7
10~15	55.6 ± 1.0
15~	51.9 ± 2.1
Total	311.1 ± 7.8

表-5 オオフサモの茎の断片からの再生率。

Table 5 Regeneration rate from stem fragment of *M. aquaticum*.

	再生した 断片の数 Number of regenerated fragment	供試本数 Number of tested fragment	再生率 Regeneration rate
水中に残存した茎の断片 Fragments remained in water	3	20	15.0%
土壌中に残存した地下 茎の断片 Fragments remained in bottom soil	13	70	18.6%

表-6 野外での駆除試験の結果。

処理直前および処理3ヶ月後のオオフサモの茎密度。
(平均±SD, n=5)

Table 6 The results of test extermination in the field.
Stem density of *M. aquaticum* before and three month after each treatment. (mean ± SD, n = 5)

処 理 区 Treatments	処理直前の茎密度 (本/m ²) Stem density before treatment (number/m ²)	処理後の茎密度 (本/m ²) Stem density three months after treatment (number/m ²)	残 存 率 (%) Survival rate (%)
抜き取り区 Weeding	57.8 ± 2.1	13.3 ± 1.3	23.0
抜き取り+遮光区 Weeding and shading	102.2 ± 5.0	6.7 ± 0.5	6.5
底泥剥ぎ取り区 Weeding and soil removing	106.7 ± 3.2	8.9 ± 0.8	8.0
底泥剥ぎ取り+遮光区 Weeding, soil removing and shading	237.8 ± 25.0	0.0 ± 0.0	0.0
対照区 Control	277.8 ± 15.0	388.8 ± 28.8	139.9

なかった。

4. 考 察

4.1 オオフサモ群落の構造

生育状況調査の結果、オオフサモは厚さ30 cm～50 cmにもなる葉群のマットで池全体を覆っていることがわかった(図-3d)。特に、水深が30 cmを超える場所ではオオフサモの被度は100%であった(表-1)。このことから、オオフサモは、池の大部分の水面付近で高被度の厚い葉群マットを形成して光を遮り、より低位に生育する沈水植物を被圧している可能性が示唆された。実際、この池では、水際の浅瀬にはオオフサモよりも高く成長するマコモやヒメガマなどの抽水植物や、水面に葉をひろげるスイレンの混生が確認されたが、水深が30 cmを超える場所では混生種がなかった(表-1)。ただし、本研究では水質などの環境要因を調べていないため、オオフサモ以外に原因がある可能性もある。また、過

写真-1 水深がやや深くなった位置に衝立てを設置することで、葉群が水際部から中央部へと広がるのを防いだ。
(2013年4月に撮影)

Phot. 1 A wall built on shallows could prevent expansion of *M. aquaticum* from waterside toward to the pond center, since this aquatic weed is established only on shallow waterside

去数年の植生の変化を見ていないので、実際にオオフサモが沈水植物に影響を与えているかどうかは明らかにはできていない。オオフサモが他種に与える影響について、除去区と放置区を設けて植生の変化を観察する方法で、明確にする必要がある。

オオフサモの葉群の湿重量(生重)は水際部を除くと20 kg/m²～40 kg/m²であった。このことから、厚い葉群マットは人力で運搬するにはかなりの重量であり、駆除活動には大きな労力がかかることが推察された。本研究の調査地は面積100 m²程度の小さな池であるが、そのような小さな池でさえ、オオフサモを取り除くためには2 t～4 t程度のオオフサモを運搬する必要がある。

本研究の調査地では、オオフサモが根を張っている場所は水深0 cm～20 cm程度の浅い水際部に限られ、水深30 cm以上となる中央部では、葉群が水面付近を覆ってはいるが、池底に定着している個体はなかった(図-3、表-1)。つまり、池の中央部を覆う葉群は、水際の浅瀬から伸びてきたものであった。Sutton (1985)¹⁷⁾も同様に、本種が水路・河川・池の浅瀬に定着することを報告していることから、本種が浅瀬に集中して定着することは一般的な傾向である可能性がある。このことから、オオフサモの駆除を実行するにあたっては、一旦オオフサモ植物体を除去したあとは、水深30 cm程度の浅い場所に重点的に労力を投下して再定着・再繁茂を防ぐことが効率が良いと考えられる。また、この調査結果を受けて、2013年の春季、オオフサモの茎が伸びる前に、水際の水深40 cmほどの位置に衝立てをつくってみたところ、浅場から池の中央に向かってオオフサモが伸長することを一時的に防止できた(写真-1)。ただし、この方法では水際の推移帯(エコトーン)を分断し、魚類や水生昆虫などの水生生物の移動を阻害する問題が考えられるため、それらの生物への影響に配慮する必要がある。

4.2 オオフサモの暗黒耐性

室内での遮光実験では、対照区（明条件）のオオフサモは実験期間中も枯れることなく生育をつづけていた。したがって、遮光区のオオフサモで観察された葉の脱落、新たなシュートの出現、主茎の枯れ下がりなどの現象は、いずれも遮光の影響と考えられる。遮光区のオオフサモは、主茎の節から葉のない細いシュートを急速に伸ばしていたが、これは、茎が底泥に埋もれるなど暗黒の環境におかれたときに、光を求めて伸張する反応と考えられる。

水槽での遮光実験では、オオフサモの約 20 cm の苗は、暗黒下で 4 ヶ月以上にわたって生存しつづけ、158 日目までには一部の個体の枯死は観測されたものの、生存しつづける個体もあった（表-2）。オオフサモは同化産物を主に茎に貯蔵することが知られている¹⁹⁾。このため暗黒下におかれた場合には、茎に貯蔵されたデンプンを物質的基盤として新しいシュートを形成したり、個体を維持していると考えられる。本実験のように長期にわたって暗黒下におかれた場合にも、貯蔵デンプンを利用して長期間にわたって生残するが、デンプンを使い切ったときに枯死するものと考えられる。

オオフサモの主茎は遮光下で徐々に枯れ下がり（図-4、図-5）、遮光 158 日目までの結果による回帰式は、枯れ下がりの速度が約 0.12 cm/日であることを示した。20 cm の苗であれば、計算上、177 日目にゼロとなる（図-5）。実際、今回の調査でも 197 日目のサンプリングでは 3 個体とも完全に枯死し、ほぼ腐敗していた。苗の枯れ下がる速度が苗の初期のサイズによらず一定であると仮定すると、短い根茎断片はより短期間で枯死することになる。例えば 6 cm の断片であれば 50 日程度の遮光で枯死する計算となる。抜き取り作業後に残存する断片のサイズを調べた結果は、5 cm 以下の小さなものが多く、大きなサイズのものほど少なかった（表-3、表-4）。したがって、作業後に残された断片の多くは、50 日程度の遮光によって枯死する可能性が高いが、一部の大きな断片がより長期にわたって生き残ると考えられた。

4.3 根茎断片からの再生

Orchard (1981)¹⁴⁾は、オオフサモの茎の断片が容易に発根し、新しい群落を形成することを野外で観察している。今回の調査でも、抜き取り後の水中には約 60 本/m²、土壌中には約 310 本/m²の根茎断片が残っており、さらに、前者の 15%、後者の 19% が短期間のうちに再生した（表-3～表-5）。これらの結果から、計算上、抜き取り作業のみをおこなった場合、水中に浮遊する断片から 9 本/m²、地下に残存する断片から約 59 本/m²が直ちに再生することになる。Kane (1991)⁵⁾は、数節を含むだけの小さな断片を組織培養したところ 2 週間で 6 cm まで成長したことを報告しているが、今回の再生実験でも 5 cm に満たない小さな断片からも再生が生じていた。現在おこなわれている駆除作業で根絶ができていないのは、抜き取りだけでは断片が数多く残され、それらが直ちに再生するためといえる。根絶を目指すにあたっては、栄養繁殖のもととなる断片を極力残さずに除去することが重要と考えられる。

4.4 根絶手法の検討

4.4.1 抜き取り

「抜き取り区」では、抜き取り作業から約 3 ヶ月後の茎密度が抜き取り前の 23% まで回復していた（表-6）。これは、4 つの処理区の中で最も駆除効果が低い結果であった。上述のとおり、抜き取り後の水中や土壌中には多量の根茎断片が残り、これらから速やかに再生するため、抜き取りによって根絶に至らしめることは不可能であることがうかがえる。

4.4.2 底泥剥ぎ取り

「底泥剥ぎ取り区」では、駆除 3 ヶ月後の残存率は 8% で、根絶にはいたらなかったものの、抜き取り区より駆除効果が高かった（表-6）。これは、水中および土壌中に残存する根茎断片を回収したことによる効果と考えられる。ただし、根絶には至らなかったのは、何らかの理由で、断片を完全には取り除けなかったことを示している。その理由として、まず、底泥を剥がす厚さが不十分であったことが疑われる。しかし、今回は、事前調査で根茎の深度が 15 cm よりも浅いことをたしかめており、断片を完全に除去するのに十分な厚さで底泥の除去をおこなっていた。つぎに、作業が不完全であった可能性が考えられる。実験をおこなった池は排水設備がなく、水位を下げるができなかったため、底泥剥ぎ取りの作業では、シャベルで池底の土や泥を掘り起こし、水中から水面上へとすくい上げた。この際、水に流されて土壌の取りこぼしが発生したり、あるいは、水が濁ったために底泥剥ぎ取りの完了確認が不十分となった可能性がある。底泥剥ぎ取りによりオオフサモを根絶させるには断片を確実に回収する必要があるが、今回のように、確実に期することが困難な場合があると考えられる。

4.4.3 遮光

駆除試験の「抜き取り+遮光区」では、駆除 3 ヶ月後の残存率は 6.5% で、「抜き取り区」の 23% にくらべて大きく低下したが根絶にはいたらなかった（表-6）。一方、「底泥剥ぎ取り+遮光区」では、駆除 3 ヶ月後の残存率は 0% で、2 m×2 m の試験区レベルでは根絶に成功した（表-6）。

室内での遮光実験から、短い根茎断片であれば比較的短期間で枯死する可能性が示されている。このことから、「抜き取り+遮光区」の残存率が、「抜き取り区」の残存率よりも低かったのは（表-6）、抜き取り作業後に残存したオオフサモ断片のうち、短い断片が約 3 ヶ月間の遮光によって枯死したためと考えられる。

同様に、「底泥剥ぎ取り+遮光区」の残存率が「底泥剥ぎ取り区」よりも低かったのは、剥ぎ取り作業後に残存した断片が遮光によって枯死したためと考えられる。「底泥剥ぎ取り+遮光区」では、「抜き取り+遮光区」に比べて遮光開始時点での断片量はより少なく、また、大型断片はほとんど残されていなかったと考えられる。このため「底泥剥ぎ取り+遮光区」では残存していた断片が 3 ヶ月間の遮光によって死滅した可能性がある。

このように、底泥剥ぎ取りと遮光の併用は、オオフサモの根絶に有効な手法と考えられる。ただし、オオフサモは 70

%程度の遮光下では正常に生育することが知られており¹⁹⁾、遮光の強度は十分に強くする必要がある。

4.5 今後の課題

本研究の野外実験から、底泥剥ぎ取りと遮光の併用によって根茎断片を除去・枯死させることで、局所的にオオフサモを根絶させられる可能性が示された。ただし、これは2 m×2 mの小規模な試験区での限定的な結果である。今後、より大きな規模で実験をおこない、実際の駆除現場に適用する際の課題を抽出し、手法を改善していく必要がある。

実際の駆除現場の水際には大型の抽水植物やヤナギなどの木本が生育するなど、遮光のための設備を設置しにくい場合が多いと思われる。また、水位変動や増水など、遮光設備の維持への問題も生じうる。また、底泥剥ぎ取りと長期間にわたる遮光は、同所に生育する他のさまざまな動植物にも大きな影響を及ぼすと考えられる。この手法を現場に適用する際は、施工箇所の生物相を事前に把握して適宜避難させたり、対象地を分割して複数年度に分けて施工するなど、生物への影響を低減するための配慮が必要である。施工上の課題と保全上の課題があることから、実際の駆除現場に適用するには、土木技術者と生物技術者の協力が不可欠であろう。

謝辞：本研究を進めるにあたり、淡路景観園芸学校インストラクターであった首藤健一氏（現：兵庫県阪神南県民局尼崎港管理事務所尼崎21世紀プロジェクト推進室）には、駆除試験区の施工等で多くのご協力をいただきました。当時、兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科の学生であった長尾貴人氏、大久保智佳子氏、久野航氏には調査や実験を手伝っていただきました。本稿の審査を担当して下さった担当編集委員および2名の校閲者からは有益な指摘を多数いただきました。以上の皆様にお礼申し上げます。

引用文献

- Guillarmod, A.J. (1977) *Myriophyllum*, an increasing water weed menace for south Africa. S. African J. of Sci 73: 89-90
- Guillarmod, A.J. (1979) Waterweeds in Southern Africa Aquatic Botany 6: 377-391
- 角野康郎 (1994) 日本水草図鑑, 文一総合出版, 179 pp.
- 角野康郎 (2002) 公共事業と外来水草～「自然復元」の勘違い, 日本生態学会編, 外来種ハンドブック, 地人書館, p. 210.
- Kane, M.E., Gilman, E.F., & Jenks, M.A. (1991). Regenerative capacity of *Myriophyllum aquaticum* tissues cultured in vitro. J. Aquat. Plant Manage, 29, 102-109.
- 環境省自然環境局外来生物法ウェブサイト「特定外来生物の解説：オオフサモ [外来生物法]
- (<http://www.env.go.jp/nature/intro/1outline/list/L-syo-09.html>)
- かわごえ環境ネット自然部会 (2007) 仙波河岸史跡公園に於ける特定外来植物の駆除活動. 月刊かわごえ環境ネット 8: 2-3.
(<http://kawagoekankyo.net/archives/pdf/MKKN008-200706.pdf>)
- 北川かつばの会ウェブサイト, 北川のオオフサモを駆除しました: 北川かつばの会
<http://kitagawakappanokai.cocolog-nifty.com/blog/2012/11/post-3f95.html>
- 京都新聞 (2012) アサザの花, 今年も鮮やか 東近江市, 住民活動実る. 2012/6/20 記事
(http://www.47news.jp/smp/news/201206/SM0620_829946.html)
- Moreira, I., Monteiro, A., and Ferreira, T. (1999). Biology and control of parrotfeather (*Myriophyllum aquaticum*) in Portugal. Ecology Environment and Conservation, 5, 171-179.
- なごや東山の森づくりの会ウェブサイト
<http://higashiyama-mori.sakura.ne.jp/kiroku/231204teirei.pdf>
- 名古屋テレビウェブサイト げりらっパバックナンバー
<http://www.nagoyatv.com/rappa/bangumi/071218/index.html>
- 大分県生活環境企画課 (2010) オオフサモの河川等への流入にご注意ください—大分県ホームページ.
<http://www.pref.oita.jp/soshiki/13000/oohususamo.html>
- Orchard, A.E. (1981) A revision of South American *Myriophyllum* (Haloragaceae) and its repercussions on some Australian and North American species. Australian Systematic Botany Brunonia 4(1): 27-65.
- 静岡県静岡土木事務所河川改良課／ともえランド／やすらぎのみずべ巴川 (ウェブサイト)
<http://doboku.pref.shizuoka.jp/desaki2/shizuoka/tomoegawa/1wada/H22/100515/100515.html>
- 墨田区公式ウェブサイト 2008 年度「大横川親水公園フィールドワーク夏」
https://www.city.sumida.lg.jp/sumida_info/kankyou_hozen/sizen_ikimono/tonbosupporter/2008.8oyoko.html
- Sutton, D.L. (1985) Biology and ecology of *Myriophyllum aquaticum*. In: Proceeding 1st International symposium on watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) and related Haloragaceae species. Vancouver, B.C. 59-71
- 多紀保彦・財団法人自然環境研究センター (編著) (2008) 日本の外来生物, 平凡社, 480pp.
- Wersala, R.M., Cheshiera, J.C., Madsena, J.D., Gerardb, P.D. (2011) Phenology, starchallocation, and environmental effects on *Myriophyllum aquaticum* Aquatic Botany 95(3): 194-199.

(2014. 12. 23 受理)