関西自然保護機構会誌 25（1）：7−16, 2003

原　著

ブラジルチドメグサ（*Hydrocotyle ranunculoides* L. f.）の熊本県北部への侵入

大阪市立大学理学部　林田富美子・名波　哲・伊東　明・山倉　拓夫
農林水産省畜産草地研究所　進藤　和政

Invasion of an alien aquatic plant, *Hydrocotyle ranunculoides* (Umbelliferae), into a northern part of Kumamoto Prefecture, southwestern Japan. Humiko Hayashida, Satoshi Nanami, Akira Itoh and Takuo Yamakura (*Laboratory of Plant Ecology, Faculty of Science, Osaka City University*), Kazumasa Shindo (*National Institute of Livestock and Grassland Science, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries*)

はじめに

近年，地域に自然分布していなかった生物種が人為的に持ち込まれ野生化し，生物学的侵入の問題が深刻化している。陸上，水界を問わず，外来のさまざまな動植物の侵入が各地で確認されており，その枚挙にはいとまがない（例えば，日本生態学会，2002）。侵入した生物種は，地域の生態系や産業に重大な影響を及ぼす可能性があるため，対策の緊急性が叫ばれている（環境省，2002）。

生物学的侵入の一例として，熊本県北部菊池川水系に侵入した水生植物，ブラジルチドメグサ（*Hydrocotyle ranunculoides* L. f., セリ科チドメグサ属）がある（伊藤, 2000, 2001；角野, 2001；村田, 2003）。現在，菊池川流域では，国土交通省と地元自治体が除去作業を行うほど問題になっている（熊本日日新聞，2001年5月30日付）。

ここで，外来水生植物の大繁殖が地域の生態系に及ぼす影響について考えてみる。光などの資源やニッチを巡る種間競争により，在来種が排除される可能性がある。水面が水生植物に覆われることにより，水中の溶存酸素量が減少し，魚介類などの生息に不適な環境が作られるかもしれない。植物体の枯死体の埋積による水質の富栄養化も懸念される。次に，地域の産業や人々の生活に対する影響を考えると，植物体が港湾用水路や排水路に繁茂したり漁具に付着することにより，船舶の運航や水利用，漁業の妨げになる可能性がある。枯死した植物体の腐敗による悪臭，水質汚濁や美観阻害が引き起こされることも考えられる。このような侵入種が引き起こすさまざまな問題の解決および予防のためには，その種のもつ生理生態的特性と侵入域の物理化学的特性を調査するとともに，それらの対応関係を明らかにすることが必要不可欠である（日本生態学会，2002）。

これまで，外来の水生植物が繁茂する原因の一つとして，水の富栄養化（窒素およびリンの増加）が挙げられてきた。熊本県北部は田園地帯が続き，酪農農家も見られるので，菊池川水系で外来水生植物が大繁殖する一因として，肥料や畜産排水の流出による水の富栄養化が考えられるだろう。

本研究では，(1) 菊池川水系におけるブラジルチドメグサの分布の詳細な把握，(2) 菊池川水系以外でのブラジルチドメグサの分布の調査，およ

び（3）水質の富栄養化の度合いとブラジルチドメグサの分布との対応関係を明らかにすることを目的とした。

なお，菊池川水系に繁茂するチドメグサ属植物は，専門的な同定を経ないまま一時アマゾンチドメグサ（*Hydrocotyle leucocephala* Cham. et Schlecht.）とされていたが，村田（2003）によりブラジルチドメグサと同定されたことを付記しておく。

材　料

ブラジルチドメグサ（*Hydrocotyle ranunculoides*）は，南米原産のセリ科チドメグサ属の水生植物である。多年生で，水深の浅いところに根を固着させ水上に葉を展開させる抽水植物である。葉の直径は1－5 cm，葉柄の長さは3－30 cm，根は葉柄の基部から出る。葉の切れ込みは浅く，底部は互いにやや重なることがある。春から夏にかけて節から斜上する花茎を出し，その先に花序を1個つける（伊藤，2000）。

日本へは近年，魚の飼育用や鑑賞用として輸入され，ペットショップやインターネット上で市販されている。

調査地

調査は，2002年8月から9月にかけて，熊本県北部を流れる菊池川水系および熊本県中央部を流れる白川水系，熊本市内に位置する江津湖で行った。

熊本県熊本市の年平均気温および年降水量は，それぞれ16.2℃，1976.7 mmであり，最暖月である8月の月平均気温は27.9℃，最寒月である1月の月平均気温は4.9℃である。降水量は，6月が392.8 mmと最も多く，12月が49.1 mmと最も少ない（理科年表，1992，期間；1961－1990）。また，1961年から1990年にかけての年日照時間は1953時間，全天日射量年平均日量は13.1 MJ・m^{-2}（理科年表，1992，期間；1974－1990）である。

菊池川水系はその源を，阿蘇外輪山や熊本県北部の山間，および熊本県中北部の平野部とし，66に及ぶ支流を合わせて有明海に流れる。幹川流路延長71 km，流域面積996 km^2，流域内人口約22万人の一級河川である。ブラジルチドメグサが繁殖している範囲は中流域で，菊池郡泗水町・合志町・七城町，山鹿市，鹿本郡菊鹿町・鹿本町・鹿央町・植木町などである。これらの地域では農業，酪農がさかんで，メロンやスイカの産地になっており，菊池川水系は農業用水源として利用されている。

白川水系は，阿蘇カルデラ内の数々の水源を源とする支流や，阿蘇外輪山や阿蘇山を削りながら流れる支流を集め，熊本市内から有明海へ流れる。幹川流路延長74 km，流域面積480 km^2の一級河川である。

江津湖は，熊本市街部の南東にある周囲6 kmの湖であり，水源は水前寺の清水で，湖中からも湧水が出ている。その後，加勢川として有明海に注いでいる。国の天然記念物である水前寺海苔の発生地でもある。

調査方法

分布調査

2002年8月から9月にかけて，菊池川水系の支流である合志川，鴨川，迫間川，上内田川およびそれらの河川の合流後である菊池川，さらに白川，江津湖を加えた165地点においてブラジルチドメグサの分布調査を行った。調査区間は菊池川水系中流部およそ50 km，白川水系中流部およ

そ 20 km，江津湖湖岸およそ 300 m である。携帯型 Global Positioning System「map 21 EX」（エンペックス気象計株式会社，東京）を用い，ブラジルチドメグサの分布が確認された地点の緯度と経度を記録した。

水質調査

分布調査を行った 165 地点から，菊池川水系のそれぞれの支流，白川水系，江津湖が含まれるよう71地点を選び，簡易水質検査キット「シンプルパック」（柴田科学株式会社，東京）を用い，水中の亜硝酸濃度を測定した。採水は川岸から約 1 m のポイントで行った。

バイオマス調査

ブラジルチドメグサのバイオマスと水質との関係を調べるため，水質調査を行った 71 地点のうち 5 地点において，それぞれ 5 個体をランダムに選んだ。選んだ各個体からは，葉 3 枚をつけた 2 つの節間で構成される部分を採集し，生重量を測定した。

水中窒素濃度がブラジルチドメグサの成長に及ぼす影響

ブラジルチドメグサの成長量と水中窒素濃度との関係を調べるため，大阪市立大学植物生態学研究室内において施肥実験を行った。1 リットルの蒸留水に，硫酸アンモニウム（$(NH_4)_2SO_4$）をそれぞれ 0.002 g，0.005 g，0.01 g，0.02 g，0.05 g，0.1 g，0.2 g，0.5 g，1 g，2 g を溶かした溶液 200 ml，バーミキュライト 100 g，水適宜およびブラジルチドメグサ 1 個体ずつをプラスチック容器に入れた。各個体の最初の状態は，葉柄の基部に芽と根が見られる，葉のついた葉茎 1 本とし，生重量は 0.5 g 前後に統一した。それらの各処理は 3 サンプル用意し，人工気象器（日本医化器械製作所，LPH-200-RDMP）内で，気温 25℃，湿度 80 %に保ち，24 時間連続で光を当てた。人工気象器内での栽培は 2002 年 11 月 1 日から 29 日にかけての，28 日間行った。実験終了後，葉数，節数をカウントし，根，茎，葉の器官別および個体全体の乾燥重量を測定した。

データ解析

菊池川水系におけるブラジルチドメグサの個体群構造を調べるため，個体の空間分布パターンを解析した。解析では，ブラジルチドメグサが分布していた地点のランダム分布からのずれをモンテカルロシミュレーションにより検定した。まず，ブラジルチドメグサが分布していた各地点について，最も近い他のブラジルチドメグサの分布地点までの距離（最近接分布地点間距離）を算出し，その平均値と中央値を計算した。次に，観察された分布地点数と同じ数のランダム多点を，計算機シミュレーションにより菊池川水系上に分布させ，最近接分布地点間距離の平均値と中央値を計算した。この試行を 100 回繰り返すことにより，帰無仮説であるランダム分布のもとでの最近接分布地点間距離の平均値と中央値の分布を作り出した。この分布を用いて，実際に観察されたブラジルチドメグサの分布から算出された最近接分布地点間距離の平均値と中央値のランダム分布からの偏りを検定した。

ブラジルチドメグサの分布と水質との関係を調べるため，水質調査を行った 71 地点を，ブラジルチドメグサが観察された地点と観察されなかった地点の 2 つのグループ，また菊池川水系とそれ以外（白川水系と江津湖）の 2 つのグループに分け，亜硝酸濃度をグループ間で比較し，t 検定により統計的有意性を検討した。

ブラジルチドメグサのバイオマスと水質との関

係は，穂積ら（1960）の式を用いて解析した。光，二酸化炭素，窒素やリンなど栄養塩類といった植物の成長に必須の資源は，多くの場合，線形要因として植物の成長を促進する効果と，逆数要因として植物の成長を阻害する二面性をもつ。したがって植物の成長にとっての資源の最適量が存在し，それ以上の資源量では成長はむしろ阻害される。このような植物の成長と資源量の関係を表すため，穂積ら（1960）は次のような好適曲線（optimum curve）を提案した。すなわち，

$$\frac{1}{w}=\frac{A_1}{f}+A_2 f+B \qquad (1)$$

ここで，w は植物の個体重，f は資源量，A_1，A_2，B は成長の一時間断面ごとに決まる係数である。本研究では，w には採取したブラジルチドメグサの植物体の生重量，f には水中の亜硝酸濃度を用いた。

硫酸アンモニウムの施肥量とブラジルチドメグサの成長量との関係の解析の際は，生嶋ら（1958）がウキクサを用いた実験で指摘したように，植物体中に含まれる栄養塩類を「もちこみ」として考慮することが必要である。このような現象に対応するため穂積ら（1960）は，（1）式にパラメータ f_0 を加えた，次のような好適曲線（optimum curve）を提案した。すなわち，

$$\frac{1}{w}=\frac{A_1}{f+f_0}+A_2(f+f_0)+B \qquad (2)$$

本研究の施肥実験の解析では（2）式を用いた。w は実験終了後のブラジルチドメグサの生重量，f は与えた硫酸アンモニウム量，f_0 は実験に用いられたブラジルチドメグサの植物体内に含まれる栄養塩類の硫酸アンモニウム当量，A_1，A_2，B は成長の一時間断面ごとに決まる係数である。

結　果

ブラジルチドメグサの分布

菊池川水系，白川水系および江津湖におけるブラジルチドメグサの分布を記す（図1，2）。ブラジルチドメグサは菊池川水系では，中流域を中心に約 50 km の範囲に分布していた。下流では白石堰まで分布していたが，それより下流では分布

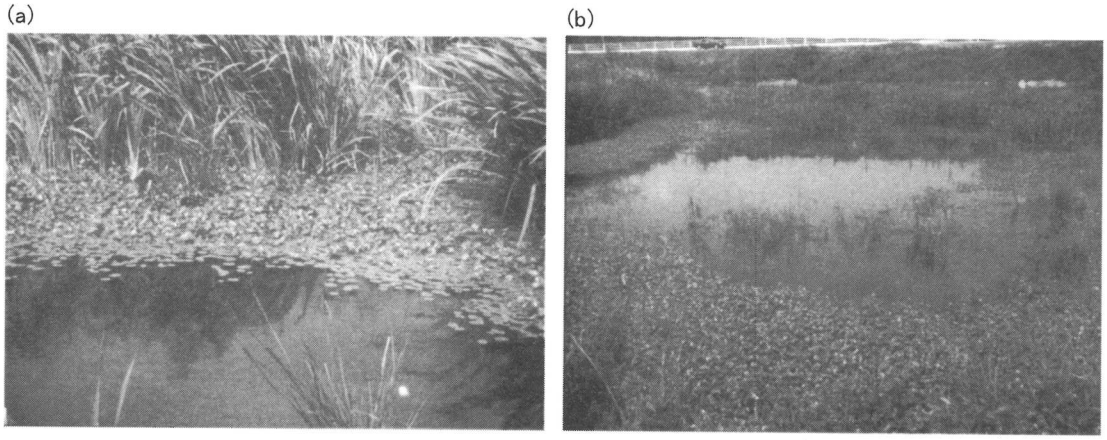


図1． 熊本県菊池川水系に繁茂するブラジルチドメグサ．(a) 鴨川，(b) 合志川．

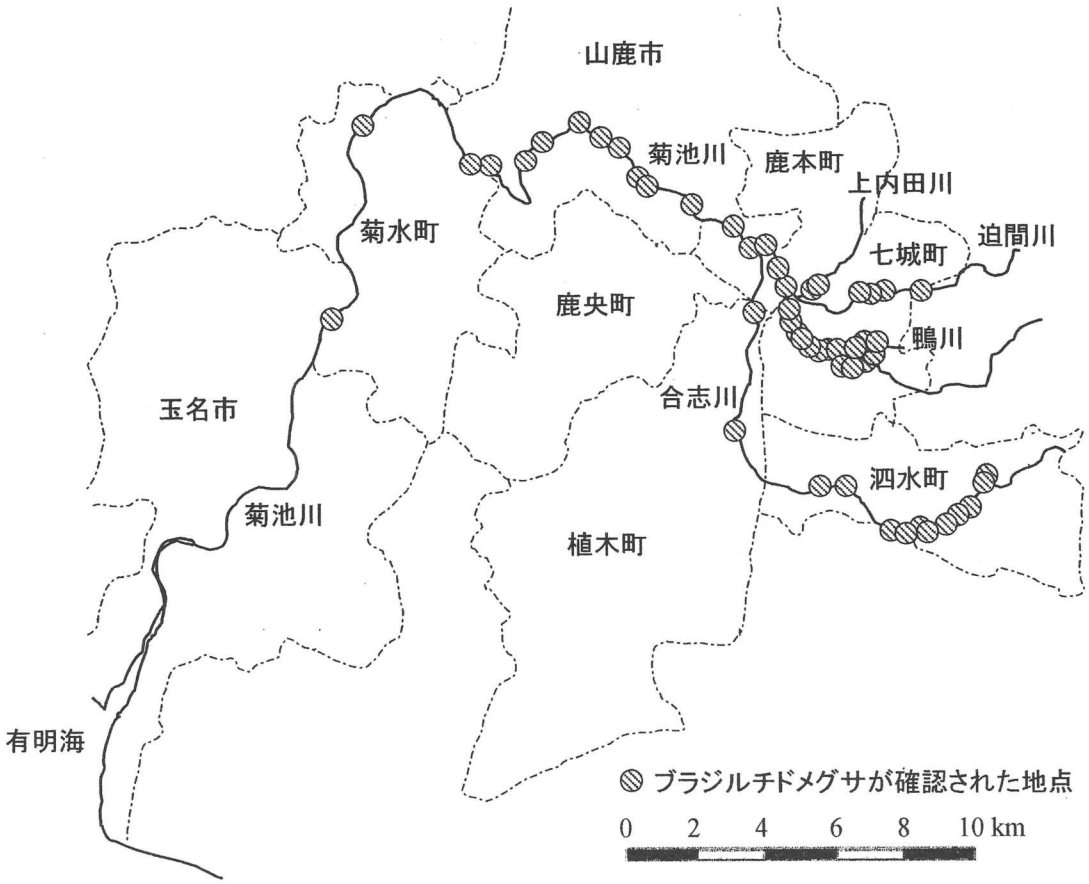


図2． 熊本県菊池川水系におけるブラジルチドメグサの分布.

を確認できなかった。中流域ではブラジルチドメグサの他にも，ホテイアオイ（*Eichhornia crassipes*, ミズアオイ科ホテイアオイ属），ボタンウキクサ（*Pistia stratiotes*, サトイモ科ボタンウキクサ属），オオフサモ（*Myriophyllum aquaticum*, アリノトウグサ科フサモ属），オオカナダモ（*Egeria densa*, トチカガミ科オオカナダモ属）などの帰化水生植物が見られた。白川水系では，帰化水生植物は見られなかった。江津湖にはオオカナダモ，ボタンウキクサ，ホテイアオイといった帰化水生植物が繁茂していたが，ブラジルチドメグサは確認されなかった。

ブラジルチドメグサ分布の各地点の距離を測定し，距離の平均値と中央値を求めたところ，実測平均値と実測中央値は，それぞれ 239.7 m, 143.1 m で，ともにランダム分布試行範囲内にあった（図3）。

成長の水質依存性

ブラジルチドメグサが分布していた地点のほうが，分布していなかった地点より，亜硝酸濃度は高かったが（表1），この傾向は有意ではなかった（$P>0.05$）。また菊池川水系とそれ以外（白川水系，江津湖）の間でも亜硝酸濃度に統計的有意差は認められなかった。

菊池川水系の5地点で調査した水質と植物体

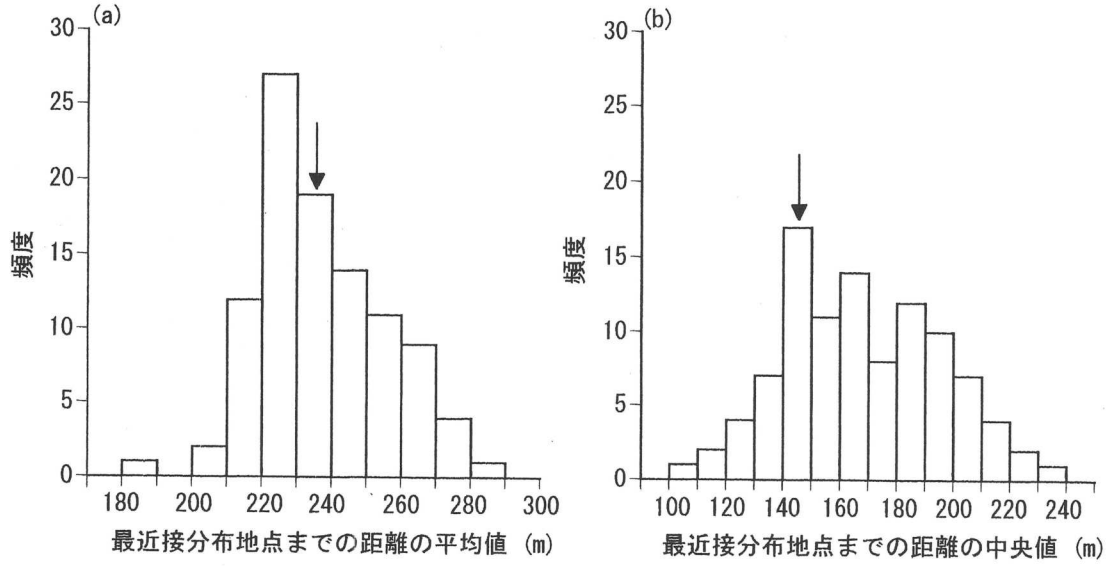


図3．熊本県菊池川水系においての，モンテカルロシミュレーションによるブラジルチドメグサの最近接分布地点間距離の(a) 平均値と(b) 中央値の頻度分布（いずれも$n=100$）．矢印は実際の分布から導かれた平均値と中央値の属する階級を示す．

表1．菊池川水系，白川水系，江津湖の水中の亜硝酸濃度．

	ブラジルチドメグサが分布する地点		ブラジルチドメグサが分布しない地点		全体	
河川および湖沼	調査地点数	亜硝酸濃度(mg/l)	調査地点数	亜硝酸濃度(mg/l)	調査地点数	亜硝酸濃度(mg/l)
菊池川水系	36	0.0853	23	0.0478	59	0.0655
白川水系，江津湖	−	−	12	0.0492	12	0.0492

サイズとの関係を図4に示す。回帰曲線を微分することにより求められたブラジルチドメグサにとって亜硝酸濃度の最適値は，0.0088 mg/lであった。

施肥実験では，硝酸アンモニウムの濃度により平均乾燥重量は0.081 gから0.294 gの範囲でばらつき，最も成長が良かった場合と悪かった場合では3.6倍の差があった。また，ブラジルチドメグサにとっての硫酸アンモニウム濃度の最適値は，0.27 g／l（図5）であった。平均乾燥重量を器官別に見ると，葉は0.041 gから0.118 gの範囲でばらつき2.9倍の差，茎は0.020 gから0.097 gの範囲でばらつき4.9倍の差，根は0.019 gから0.080 gの範囲でばらつき4.2倍の差があった。これに対し平均葉数，平均節数のばらつきは小さく，葉数は6枚から9.3枚の範囲でばらつき1.6倍の差，節数は4.3本から7.3本の範囲でばらつき1.7倍の差であった。

考　察

本研究で確認されたブラジルチドメグサの分布は，菊池川水系中流域のおよそ50 kmの範囲で

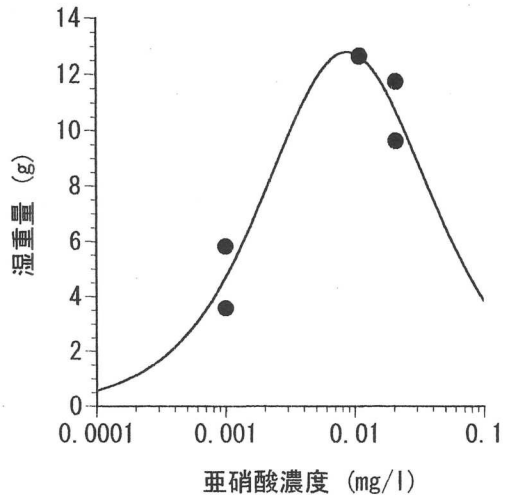


図4．熊本県菊池川水系における水中の亜硝酸濃度（f）とブラジルチドメグサの湿重量（w）の関係．$1/w = 0.000171/f + 2.19f + 0.0394$（$n = 5, r^2 = 0.921$）．

あり，伊藤（2001）の調査結果とほぼ同じであった。調査地では，ブラジルチドメグサが川底や川岸にしっかりと根付いている個体の他に，川岸のよどみに浮いたり，他の水草の中に堰き止められたりしているものがあった。大雨や除去作業によって流された個体が，偶然止まった場所で生育するのかもしれない。そのようなプロセスでブラジルチドメグサが分布を拡大するならば，本研究で確認された広い範囲でのランダム分布の形成も説明可能である。しかし，ちぎれた植物体が流されて分布が拡大するのであれば，河口付近までブラジルチドメグサが分布することも予想されるが，本研究においては下流域での分布は確認されなかった。下流域では，有明海より入る海水による塩分濃度の上昇により，定着が阻害されているのかもしれない。

施肥実験では，葉，節といった植物体を構成するユニットの数と重量はともにばらついたが，後者のほうがばらつきは大きかった。したがってブラジルチドメグサは，好適な栄養条件のもとでのバイオマスの増加に対しては，ユニットの数が増えるというよりも，個々のユニットの重量が増加することの寄与のほうが大きいと言える。

野外においてブラジルチドメグサの分布と水質との関係をみると，ブラジルチドメグサが分布していた地点のほうが，分布していなかった地点に比べて亜硝酸濃度が高かった。したがって，ブラジルチドメグサも一般に言われているように，富栄養化した水質を好む侵入種なのであろうか？この点に関しては，ブラジルチドメグサの分布の有無や水系間で亜硝酸濃度に統計的有意差が認められなかったこと，また，ブラジルチドメグサにとっての亜硝酸濃度の最適値が 0.0088 mg/l と低濃度であったことからは疑問が残る。施肥実験より導かれた 0.27 g/l という硫酸アンモニウム濃度の最適値も，ハツカダイコン（*Raphanus sativus*, アブラナ科ダイコン属）の場合（Yamakura, 1984）の 10 分の 1 という低い値である。

次に，菊池川は富栄養化が進んだ河川なのだろうか？この点を検討するため，菊池川水系（国土交通省九州地方整備局，http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/），近畿地方の主要河川と湖沼（国土交通省，http://www1.river.go.jp/），およびアマゾン川（Schmidt, 1972）の水質データを比較した（図6）。これによると，菊池川水系，中でも迫間川は，水中の総窒素濃度，総リン濃度が決して高いとは言えない。つまり，菊池川水系は一般に富栄養化している河川に比べて水質はきれいなのである。また，ブラジルチドメグサの原産地であるアマゾン川の水質はさらに貧栄養である。このことはブラジルチドメグサの最適亜硝酸濃度，硫酸アンモニウム濃度は低いという個体サイズ測定結果および成長実験の結果とも矛盾しない。したがってブラジルチドメグサは富栄養化の進んでいない水系でも生育する可能性のある，新しいタイ

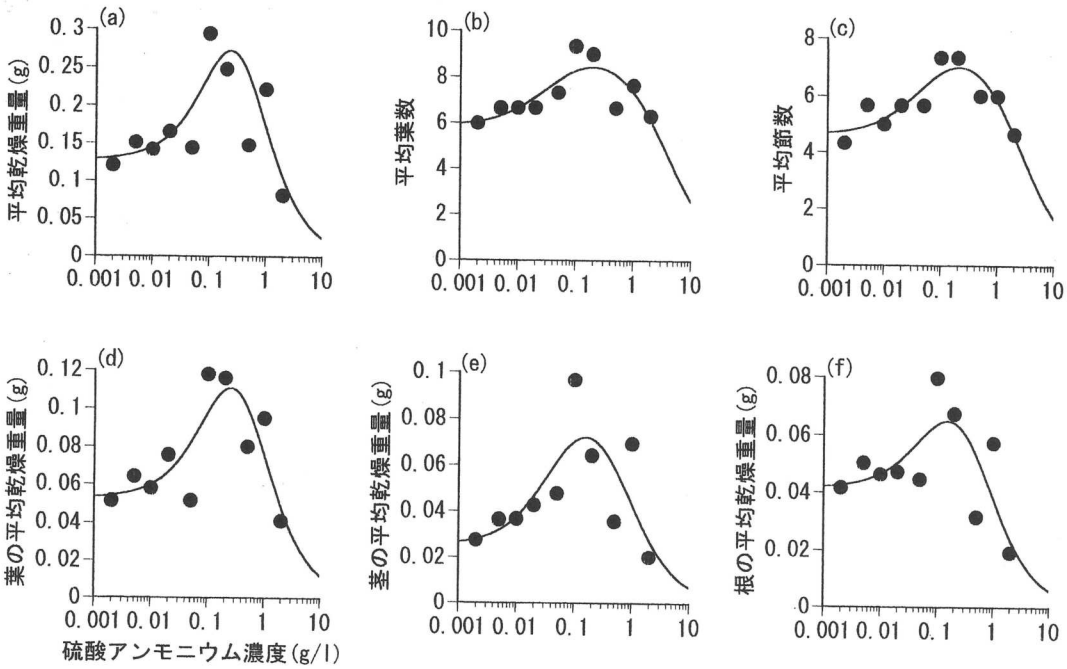


図5．施肥実験における水中の硫酸アンモニウム濃度とブラジルチドメグサのサイズとの関係．(a) 平均乾燥重量．$1/w = 0.314/(f + 0.0507) + 3.85(f + 0.0507) + 1.48$ ($n = 10$, $r^2 = 0.527$)，(b) 平均葉数．$1/w = 0.00134/(f + 0.0213) + 0.0278(f + 0.0213) + 0.106$ ($n = 10$, $r^2 = 0.624$)，(c) 平均節数．$1/w = 0.00270/(f + 0.0286) + 0.0476(f + 0.0286) + 0.120$ ($n = 10$, $r^2 = 0.771$)，(d) 葉の平均乾燥重量．$1/w = 0.695/(f + 0.0489) + 7.82(f + 0.0489) + 4.38$ ($n = 10$, $r^2 = 0.640$)，(e) 茎の平均乾燥重量．$1/w = 0.380/(f + 0.0126) + 13.2(f + 0.0126) + 9.42$ ($n = 10$, $r^2 = 0.520$)，(f) 根の平均乾燥重量．$1/w = 0.588/(f + 0.0419) + 15.8(f + 0.0419) + 9.33$ ($n = 10$, $r^2 = 0.488$)．

プの侵入種と言えるかもしれない。侵入した河川においては一刻も早く除去作業を進めるとともに，販売業者や市民に管理を徹底するように注意を促すことが緊急に必要であろう。

引用文献

生嶋功・吉良竜夫. 1958. 光の強さと培養液濃度がウキクサの増殖成長におよぼす影響について. 生理生態，8：50－60.

伊藤麗子. 2000. 菊池川に繁茂するチドメグサ属の一種. Botany，50：108－110.

――. 2001.菊池川に繁茂するアマゾンチドメグサ. Botany，51：133－136.

角野康郎. 2001.侵入する水生植物.「移入・外来・侵入種」(川道美枝子・岩槻邦男・堂本暁子編)，築地書館，東京.

環境省. 2002. 新生物多様性国家戦略. ぎょうせい，東京.

熊本日日新聞，2001. 異常繁殖 アマゾンチドメグサ（南米原産）生態系に影響の恐れ 菊池川流域（2001年5月30日付記事）. 熊本日日新聞，熊本.

国土交通省. ホームページ. http://www1.river.

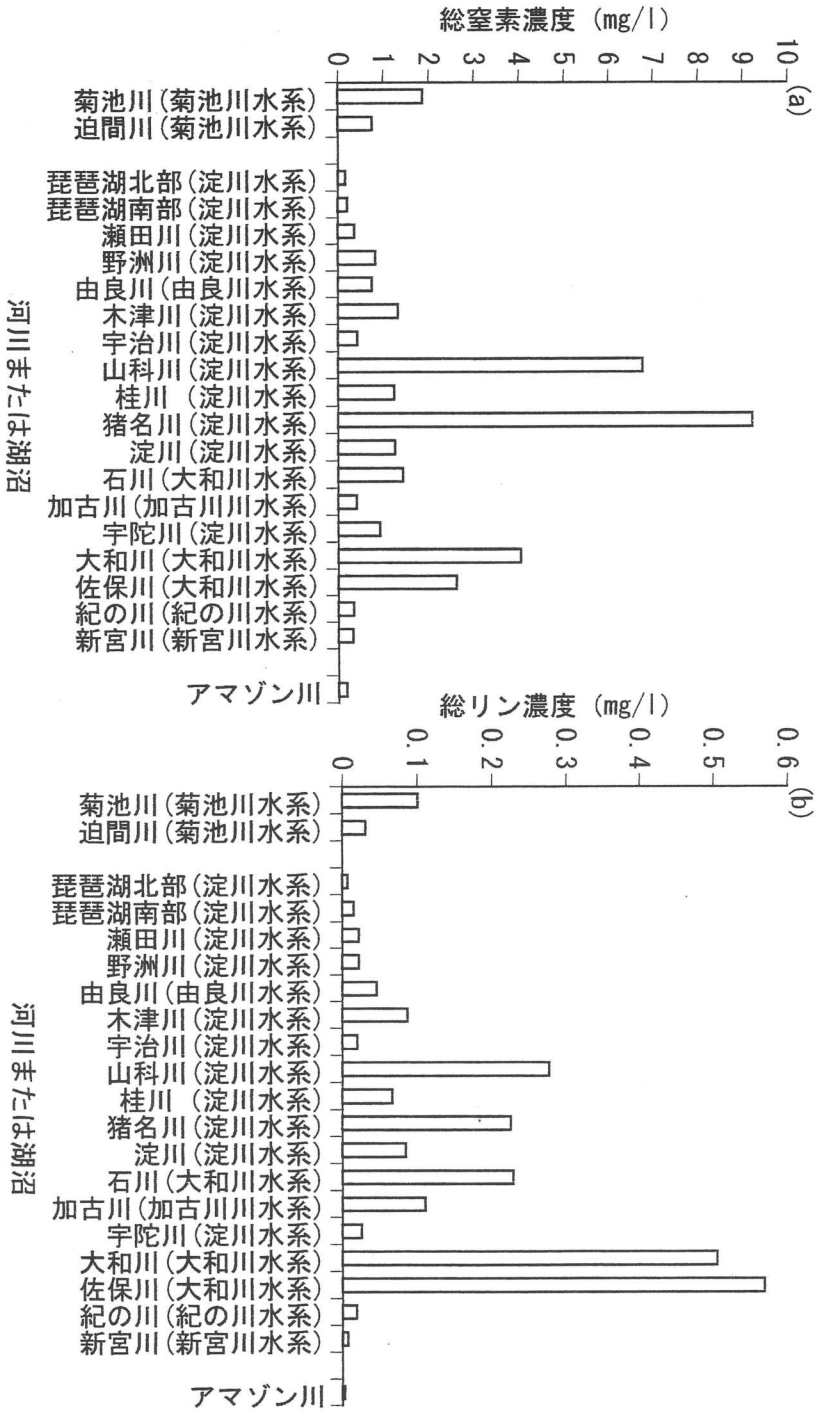


図6． 熊本県菊池川水系，および近畿地方の主要河川と湖沼における水中の(a) 総窒素濃度と(b)総リン濃度. 国土交通省，国土交通省九州地方整備局のデータベース (http:www1.river.go.jp/, http://www.qsr mlit. go. jp/n-kawa/) による.

go.jp/.
国土交通省九州地方整備局. ホームページ. http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/.
国立天文台. 1992. 理科年表, 丸善, 東京.
日本生態学会. 2002. 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京.
穂積和夫・篠崎吉郎・吉良竜夫. 1960.両性要因としての無機塩類濃度と植物の成長 I. 窒素施用量と葉菜の成長との好適曲線関係の解析. 生理生態, 9 : 5−69.
村田源. 2003. セリ科. 日本の帰化植物 (清水建美編), 平凡社, 東京.
Schmidt, G. W. 1972. Chemical properties of some waters in the tropical rain-forest region of Central-Amazonia along the new road Manaus-Caracarai. *Amazonia*, 3 : 199−207.
Yamakura, T. 1984. A model for the growth of individuals in plant populations cultivated at different concentrations of fertilizer solution. *Annals of Botany*, 53 : 611−624.