

水生植物種の違いにおけるホウ素吸収能の比較

東北工業大学 正会員 ○藤田光則
東北工業大学 正会員 小浜暁子
東北緑化保全 (株) 正会員 矢野篤男
東北工業大学 正会員 江成敬次郎

1.はじめに

近年、水環境へのホウ素排出が問題となっており、2001 年に水質汚濁防止法排水基準にホウ素が追加され、2007 年 7 月には暫定基準が廃止され一律基準が適用されることになっている。ホウ素は自然界にも存在する物質¹⁾であるが、多量に摂取すると人体に悪影響を及ぼす危険性²⁾がある。一方、ホウ素は植物にとって微量必須元素であることから、植生浄化の可能性がある。しかし、水生植物のホウ素吸収能は明らかになっていない。そこで、本研究では 3 種の水生植物を使い、ホウ素吸収能を把握することを目的とした。

2.実験方法

2-1 実験装置及び実験条件

実験装置の概要を図 1 に示す。ポットにガラスビーズを 13kg 入れ、植物を植えた。なお、空隙は 5.5l である。本実験で使用した水生植物はヨシ、ガマ、マコモの 3 種類である。なお、ヨシとマコモは昨年度の実験³⁾で使用したものを継続使用し、ガマは今年度新たに植栽した。表 1 に流入させる栽培液の組成を示した。栽培液はホウ素濃度のみを変え、0.5mg・l⁻¹ (A 条件)、5.0 mg・l⁻¹ (B 条件)、30 mg・l⁻¹ (C 条件) の 3 条件とした。条件ごとにヨシ、マコモを 3 個ずつ、ガマを 4 個、対照系として無植栽のブランクを 1 個の合計 33 個の実験装置で実験を行った。本実験では 1 期間を 14 日間とし、10 日間滞留後、ローラーポンプを用いて上向流で栽培液を 4 日間通水させた。通水時の流入水量は、滞留水の全量を流出させるために滞留時間を約 2 日間と設定し 3l・d⁻¹とした。なお、流出水は全量を貯留し、その内の約 100ml を採水して分析に供した。実験期間は 2006 年 7 月 10 日～12 月 24 日とし、その時期区分を表 2 に示した。

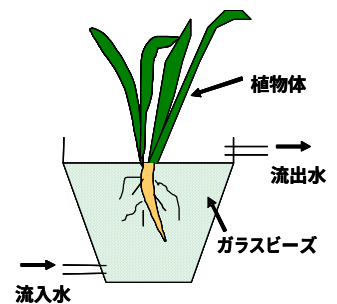


図1 実験装置

表 1 栽培液組成

要素	濃度(mg・l ⁻¹)
NH ₄ -N	14.0
NO ₃ -N	14.0
PO ₄ -P	6.2
K	23.4
S	9.6
Ca	12.0
Mg	14.6
Fe	2.5
Mn	0.5
Cu	0.02
Zn	0.05
Mo	0.01
B	0.5 (A条件)
	5.0 (B条件)
	30.0 (C条件)

2-2 測定項目

測定項目は流入水量、流出水量、pH、EC、ホウ素濃度、各態窒素 (NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N)、PO₄-P である。ホウ素は ICP 高周波プラズマ発光分光分析装置 (JOBIN YVON 社製 JY24) で、各態窒素と PO₄-P はオートアナライザ (BRAN+LUEBBE 社製 AACS-II) で測定した。

3.結果と考察

植物によるホウ素、窒素、リン吸収量は次式を用いて算出した。

$$\text{吸収量} = C_0 \times Q_0 - C_1 \times Q_1$$

C₀ : 流入水濃度 (mg・l⁻¹)

Q₀ : 流入水量 (l)

C₁ : 流出水濃度 (mg・l⁻¹)

Q₁ : 流出水量 (l)

3.1 ホウ素吸収量

図 2、3、4 に各条件のホウ素積算吸収量の経期変化を示した。A 条件では全ての水生植物が 11 期までは吸収傾向であったが、ヨシとガマが 12 期で吸収量が大きく負の値を示した。全期間の積算吸収量はマコモ>ガマ>ヨシの順となり、マコモはガマの 4.5 倍となったが、ヨシは負の値であった。B 条件では 1、3、4、12 期で各植物とも吸収量が大きく負の値であった。全期間の積算吸収量ではガマ>マコモ>ヨシの順となり、ガマはマコモの 6.5 倍となったが、ヨシは負の値になった。C 条件は増減が激しく、殆どが負の吸収量であった。全期間の積算吸収量はガマ>マコモ>ヨシの順となり、ガマは正の値を示したが、ヨシ、マコモは負の値であった。

図 5 に各植物のホウ素吸収率を示した。ヨシの吸収率は全ての条件で負の値になり、ホウ素が高濃度条件ほど負の値が大きく A>B>C の順となった。ガマの吸収率は全ての条件で正の値になり、B>A>C の順となった。マコモの吸収率は C 条件で負の値となり、A>B>C となった。

表2 実験期間

期	時期
1	7/10～7/23
2	7/24～8/6
3	8/7～8/20
4	8/21～9/3
5	9/4～9/17
6	9/18～10/1
7	10/2～10/15
8	10/16～10/29
9	10/30～11/12
10	11/13～11/26
11	11/27～12/10
12	12/11～12/24

以上の結果より、ヨシのホウ素吸収能は低く、ホウ素が高濃度下でも低濃度下でもホウ素除去が期待できないと考えられる。ヨシは汽水域（約 $4.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ）でも生育しているが、ホウ素を吸収しているのではなく、選択的に排除している可能性が考えられる。ガマはホウ素が高濃度下でも低濃度下でも吸収が期待できる。マコモはホウ素が高濃度下では吸収は期待できないが、低濃度下では期待できると考えられる。

3-2 窒素・リンについて

ホウ素濃度の植物の生育への影響を考察するため窒素・リン吸収能の比較を行った。

3-2-1 TIN 積算吸収量の比較

図6に全期間のTIN積算吸収量を示した。ヨシのTIN積算吸収量は $B > C > A$ の順となり、B条件の積算吸収量はA条件の1.6倍、C条件の1.3倍となった。ガマのTIN積算吸収量は $B > C > A$ の順となり、B条件の積算吸収量はA条件の1.7倍、C条件の1.1倍となった。マコモのTIN積算吸収量は $B > A > C$ の順となり、B条件の積算吸収量はA条件の1.1倍、C条件の1.7倍となった。A、B条件の積算吸収量が多く、A条件はC条件の1.5倍、B条件はC条件の1.6倍となった。これらの結果より、どの植物もホウ素濃度により窒素吸収能が影響を受けていると考えられた。そして、B条件での吸収能が最も高くなった。マコモは他の植物に比べ、ホウ素濃度が高い条件下で窒素吸収能が影響を受け吸収能が低下すると考えられる。

3-2-2 $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量の比較

図7に全期間の $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量を示した。ヨシの $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量は $B > C > A$ の順となった。B条件はA条件の3.2倍、C条件の2.4倍と高い値になった。ガマの $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量は $B > A > C$ の順となった。マコモの $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量は $B > A > C$ の順となった。C条件での積算吸収量が低く、A条件はC条件の5.5倍、B条件はC条件の6.9倍となった。これらの結果より、ヨシ、マコモはホウ素濃度により $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸収能が影響を受けていると考えられる。どの植物もB条件で最大になりTINと同じ傾向になった。ヨシはA、C条件での吸収能が低くなり、マコモの $\text{PO}_4\text{-P}$ 吸収能はC条件で著しく低くなった。これらの傾向もTINの場合と同様である。ガマは他の植物に比べホウ素濃度により影響を受けにくいと考えられる。

4 まとめ

本実験の結果から以下の結論が得られた。

ヨシはホウ素吸収能が低く、積算吸収量、吸収率はどの条件下でも負の値になった。ガマは他の植物に比べるとホウ素濃度の高い条件下での吸収能が高い。マコモはホウ素濃度の低い条件下では吸収能が高い。窒素・リンの吸収能はどの植物もB条件で高くなった。このことより、ホウ素濃度は窒素・リン吸収能に影響を及ぼし、それにより生育へも影響があると考えられる。特にマコモはホウ素濃度の高いC条件での吸収能が他の条件に比べ低く、ホウ素耐性が低いと考えられる。

参考文献

1)環境保健クライテリア

<http://www.nihs.go.jp/DCBI/PUBLIST/ehchsg/ehctran/syoyaku/204.pdf>

2)環境省（人の健康の保護に関する環境基準）

3)藤田光則、江成敬次郎、小浜暁子、矢野篤男、石炭灰含有栽培液におけるマコモとヨシのホウ素除去に関する実験的検討平成17年度東北支部技術研究発表会講演概要、pp.828-829、2006

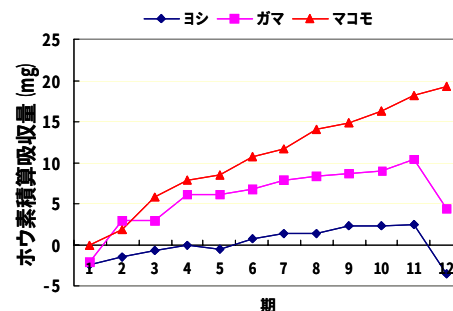


図2 ホウ素積算吸収量 (A条件)

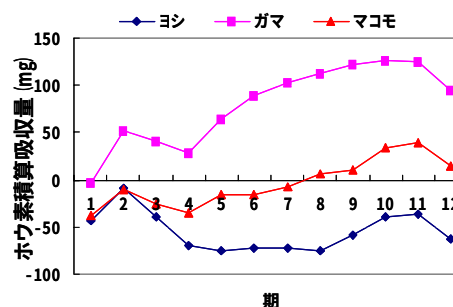


図3 ホウ素積算吸収量 (B条件)

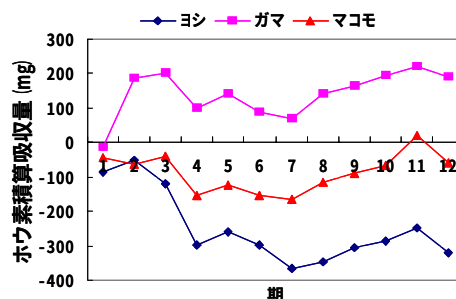


図4 ホウ素積算吸収量 (C条件)

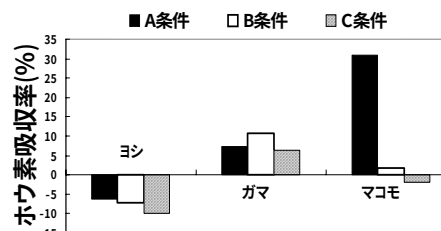


図5 ホウ素吸収率

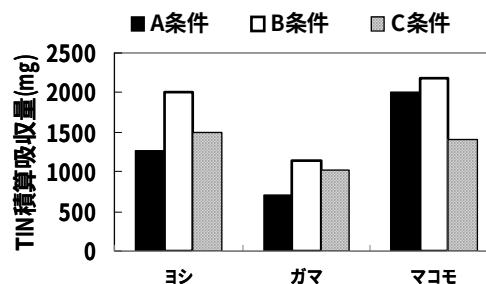


図6 TIN積算吸収量

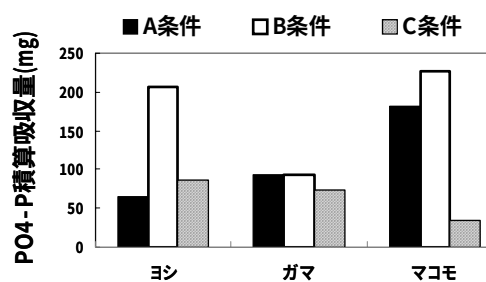


図7 $\text{PO}_4\text{-P}$ 積算吸収量