ホテイアオイによる水域の富栄養化の浄化

東北大学大学院　学生会員　○小山　峻平
東北大学大学院　正 会 員　　小森　大輔
東北大学大学院　正 会 員　　朝岡　良浩
東北大学大学院　正 会 員　　風間　聡

1. はじめに

近年注目され始めた汚染修復技術にファイトレメディエーションが挙げられる. ファイトレメディエーションは植物の生理的作用や共生する微生物などを利用する環境修復技術であり, 金属・有機物汚染を対象とする. 長所としては低コスト, 周辺環境への低負荷, 長期・広範囲にわたっての浄化が可能といったことが挙げられ, 短所としては実施の難さ, 効率性の悪さ, 深層浄化の難しさ, 後処理が必要, 周辺環境の影響を受ける, といったことが挙げられる(1).

さらに, ファイトレメディエーションを実施するのに用いられる, 汚染に対して強い植物には外来種などの繁殖力が強い植物が多く, 異常繁殖などで自然の生態系に影響を及ぼす可能性があるなどのことが挙げられ, 総じて自然の生態系を考慮してファイトレメディエーションを効率的に実施する方法を模索しなければならなく, 前提となる環境が違うため既に実証済みの事例をそのまま引用しても上手くいくとは限らない.

そこで､本研究では川などの水域でのファイトレメディエーションの既往研究から, 他の場所での富栄養化の浄化に対する実用化の可否を検討する. 具体的には, 気候・気象条件や汚染状況の程度・種類に応じてファイトレメディエーションにより除去される汚染物質を計算するモデルを開発し, ファイトレメディエーションの有用性を検討することを目的とする.

2. ホテイアオイの窒素吸収モデル

本研究では, ファイトレメディエーションに使用する水生植物としてホテイアオイを取り上げ, 対象とする汚染物質を窒素とし, 既往研究を基に気温の要素を持った窒素吸収モデルを作成した.

ホテイアオイは単子葉植物ミズアオイ科に属する水草である. 外来種であるホテイアオイは水域生態系の害草として, その成長や繁殖に関して多くの研究がなされてきた. 近年はその強い成長力ゆえファイトレメディエーションに有用な植物として考えられている. 式の作成に当たっては青山ら(2)（1981）及び冨久(3)（1980）の研究を参考とした.

2-1. ホテイアオイの成長量推定モデル

ホテイアオイの気温と成長率の関係を日単位で表した式として, 冨久（1980）から(1)の式を引用した.

$$Y=-0.06+0.0072x \qquad (1)$$

ここで, Y：成長率 %　x：気温 ℃である.

また, ホテイアオイの現存量を初期量から求める式として、青山ら（1981）から(2)の式を引用した.

$$W_t=W_0(1+Y)^t \qquad (2)$$

ここで,W_t：現存量 kg/m^2　W_0：初期現存量 kg/m^2　t：経過時間 h である.

ここで, (1)の式を時間単位に直すため 24 で割った上で、これら(1) ・(2)の式を組み合わせ気温からホテイアオイの現存量を算出する式(3)を作成した.

$$W_t=W_0\{1+(-0.06+0.0072x)/24\}^t \qquad (3)$$

なお、青山ら（1981）及び冨久（1980）の実験地は同じ場所では無いが, 冨久（1980）の式が広範囲の気温を補完していたため, ここでは組み合わせられると考えた.

さらに, (3)の式から得られた植物量の乾燥重量を求めるため, 青山らの式から(4)の式を引用した.

$$W_D=W_t\times\text{乾物率} \qquad (4)$$

ここでは,W_D：乾燥重量　mg である.

2-2. ホテイアオイの窒素吸収率

ホテイアオイが水中から吸収する窒素量を計算するための窒素吸収率を求めるため, 青山ら（1981）から濃縮係数(5)を引用した.

$$(\text{C.F.})=\frac{\text{乾物中有機物濃度}\ \text{mg/kg}}{\text{水中有機物濃度}\ \text{mg/l}} \qquad (5)$$

ここで, 濃縮係数：(C.F.)である.

これに, 対象地の窒素濃度をかけることでホテイアオイの窒素吸収率を算出する式(6)を作成した.

$$\mathrm{A}=\mathrm{N}\times(\mathrm{C.F.}) \qquad (6)$$

ここで, A：窒素吸収率　mg/kg である.

2-3. ホテイアオイの窒素吸収式

上記の(4)・(6)を組み合わせ, ホテイアオイの窒素吸収式(7)を作成した.

$$W_N=W_D\times\mathrm{A} \qquad (7)$$

キーワード：ファイトレメディエーション,
窒素吸収量,　モデル

連絡先：koyama@kaigan.civil.tohoku.ac.jp

ここで, W_N : ホテイアオイの窒素吸収量　mg/kg である

.

3. シミュレーション計算

対象地を仮定し, 観測による実測値を使い作成した式を用いたシミュレーション計算を行い, ホテイアオイの吸収量を算出した.

対象地は宮城県柴田郡にある釜房ダムとした. 気温は気象庁の2013年における気象データから宮城県刈田郡蔵王町の日平均気温のうち, 平均気温がホテイアオイの成長可能な7~8℃を上回っていた4~11月の値を使用し[4], 青山らの論文から乾物率を0.0451, 濃縮係数を 1.12×10^4 の値を引用し, 環境省のデータから釜房ダムの窒素濃度を0.52の値を引用した. また, 釜房ダムの平常時の貯水量は150万 m^3 より、A=0.52から釜房ダムの窒素量は7800kgであると仮定した.

冨久（1980）を参考にホテイアオイの窒素吸収効率が最大となる栽培量は $1m^2$ 当たり4~10kgの時であるとし栽培面積を $10m^2$, 初期重量を40kgとし, 植物量が100kgを越えた時点で40kgに戻すと仮定した.

上記の条件で出た計算結果を基に, 植物量と乾燥重量の数値をグラフに表したものを図1に, 窒素吸収量の積算値をグラフに表したものを図2にそれぞれ表した.

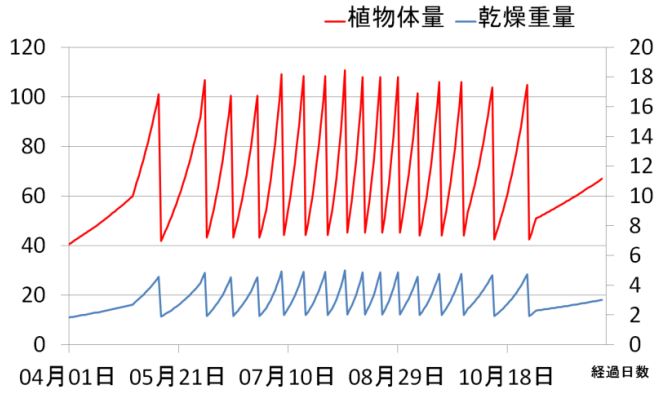

図 1, ホテイアオイの成長量

図 2, 積算窒素吸収量

4. 結果と考察

作成した植物量のグラフからは、以下のことが分かった. 気温が 10℃よりも上になると成長量は一気に増え, この方法では特に夏場の繁殖力が強すぎるため, 1週間に1回は除去しなくてはならないことが分かった. また, 吸収量のグラフから 8 カ月間の積算で約 4.3kg の窒素の除去が期待できることが分かった. このことから, 釜房ダムの窒素量を 7800kg とした場合, 約5%程を除去することができることとなる.

この結果をみると, 今回想定した方法では除去頻度が多すぎる割には吸収量がそれほど多くなく, 実用性が期待できない. そのため, シミュレーションの前提とする方法の決め方に栽培面積を広げるなどの効率性を高めるための改善が必要になると考えられる.

今後モデルをさらに改良し, 富栄養化に適したファイトレメディエーションの実施方法を検討していく.

5. まとめ

本研究から, ホテイアオイをファイトレメディエーションに用いる場合, 4月から11月までの8カ月間の積算でおおよそ約 4.3kg の窒素除量が期待できることが分かった. また, ホテイアオイは夏季においての生長量が極めて大きく, 仮定した管理手法ではおおよそ2週間に1度は回収しなければ適切な生育密度を越えてしまうことが分かった. これら2点を踏まえ, より効率良くより多くの量の汚染物質を除去できるファイトレメディエーションの実施方法を今後模索する.

参考文献

1) 吉田　光毅, 秋吉 美穂, 藤原 靖：ファイトレメディエーションの現状と課題, 成建設技術センター報 第38号2005
2) 青山 勲, 沖 陽子, 西崎 日佐夫, 中川 恭二郎：自然水域における水質変動とホテイアオイ Eichhornia crassipes(Mart.) Solmsの生長特性, 農学研究 59-3, pp 125-139, 1981-03-30
3) 冨久 保男：岡山県におけるホテイアオイの生態と防除に関する研究, 雑草研究 34(2), 94-100, 1989-08-30
4) 気象庁　過去の観測データ, http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php