

地域自然エネルギーを利用したホテイアオイの 冬期増殖システム

高野 安正* , 野上 祐作**,
北岡 正義***, 石井 猛**

* 岡山理科大学, 工学部, 機械工学科

** 岡山理科大学, 水質管理センター

*** 西日本ソーラーエンジニアリング株式会社

(昭和61年9月30日 受理)

1. 緒言

湖沼, 内湾, 内海等の富栄養化の原因の最も大きいものとして, 生活雑排水が指摘されている¹⁾. 下水道の完備していない地域においては, 生活雑排水の処理は主として合併処理浄化槽に依存しているが, 既存の合併処理浄化槽での窒素, 磷の除去はあまり期待できない. 富栄養化現象をおこした湖沼等の水質改善に, 自然の生態系を利用する方法として, 極めて繁殖力の旺盛なホテイアオイのような高等水生植物の利用が数多く試みられている^{2,3)}. 著者らは合併処理浄化槽からの処理水中の窒素・磷の除去に, このホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) の適用の可能性を検討してきた. そして先に合併処理浄化槽からの処理水によるホテイアオイの生育と処理水(栽培水)中の窒素との関係について報告した⁴⁾. しかしその実験を行なっている当地域では, ホテイアオイの生育が初夏から初秋の間(6月~9月)の間に限定されるため, 現時点で年間を通してのホテイアオイによる処理システムの検討をすることができない. そこでこの地域における夏季のホテイアオイの生育条件(気温, 水温そして日射量)を冬季においても補償することができれば, 年間を通してホテイアオイによる処理システムはもっと有効に機能するようになると考えた. 冬季における生育条件の補償に必要なエネルギーは, 岡山という地域の特性を生かした自然エネルギー(主に太陽エネルギー)の変換によってまかなうことにした. この主旨のもとにホテイアオイの冬期増殖システムを設計し, 実験プラントを製作した. 完成した実験プラントについて, エネルギーの立場から検討を加えた結果をここに報告する.

2. 自然条件下でのホテイアオイ

合併処理浄化槽の処理水を200ml/minずつ実験水槽(600×1000×500mm³)に導き, 自

然条件下で栽培したホテイアオイの生長率と水中の窒素含有量の変化との関係について、先に詳しく調べたが⁴⁾今回、その生長率データに、その時の水温変化と日射量変化のデータを対比させ、それらの関係を検討した。この場合水温変化は1週間おきのスポットデータ、日射量は1週間の積算数値が用いられた。その結果を図1に示す。この図で生長率(%)は棒グラフ、水温(°C)は実線の折線グラフで示し、左側の縦軸の目盛を共有している。

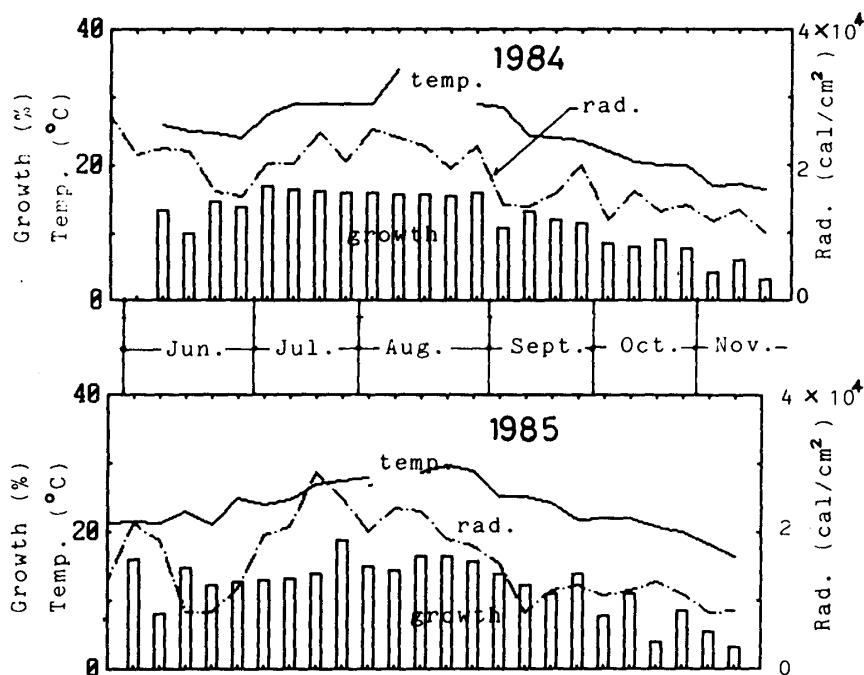


図1 自然条件下におけるホテイアオイの生長率*(Growth)、栽培水温(Temp.)及び日射量(Rad.)の経時変化

$$* W = W_0(1+x)^T$$

ここで、 x 生長率(棒グラフに示す)

T : 経過日数(ここでは7日間)

W_0 : ホテイアオイの初期投入量(600g)

W : 7日後のホテイアオイの現存量(g)

日射量は本学5号館屋上に設置されている日射計のデータによる。図1には1984年と1985年の結果を載せてみたが、共通して水温低下と日射量の減少につれて、10月頃より生長率が低下しているのがみられる。

3. 冬期増殖のための実験プラントの製作

冬期(10月～翌年3月まで)ホテイアオイの生長が衰え遂には枯死する現象を防ぎ、年間を通じて生長率10%を保つことを目的として、次の基本構想のもとにシステム全体を設計し、実験プラントを製作した。

- 1) 実験水槽を市販の0.5坪ガラス張り家庭用温室に入れる。

- 2) 水槽は自然条件では8月の状態に調整するため、28℃とする。この温度補償のエネルギー源は、水質管理センター屋上にソーラー集熱板（有効面積1.94mjのもの）3枚を設置して得られる温水からのみとする。
- 3) 日射量は8月の平均値を基準にとり、9月以降の不足分を温室内に吊り下げる人工太陽（陽光ランプ）の照射により補う。今回はランプ数を1個としてやって見る。
- 4) この実験プラント運転に必要とする電力は太陽電池からのもので全てまかなう。

以上の構想のもとにでき上がった実験プラントのシステム系統を模式的に図2に示す。このシステムの具体的機能は次の通りである。

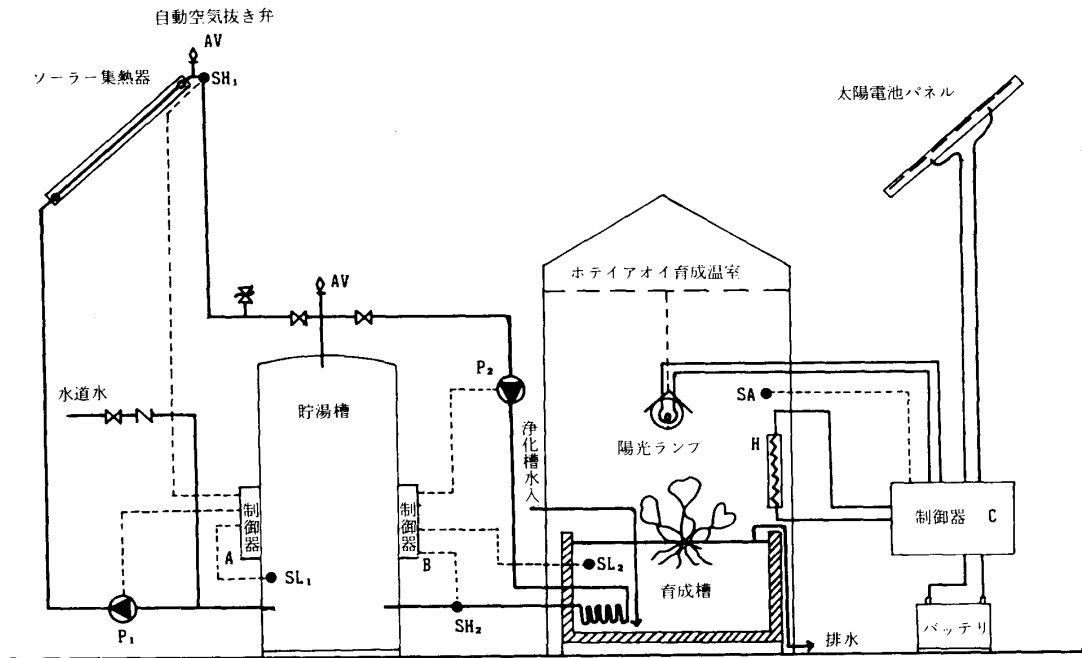


図2 太陽エネルギーのみを利用する、ホテイアオイ冬期育成システムの系統図

集熱板内の水が太陽熱で温められ、その温度を上部に取り付けられているセンサSH₁が感知する。この温度値と貯湯槽内の下部に入っているセンサSL₁からの温度値との差が7℃となったとき、送水ポンプP₁が駆動し始める。貯湯槽には上から温水が循環してくることになる。SH₁とSL₁の示す温度差が3℃になるまで水の循環は続く。冬期日射量が少なくなって貯湯槽の温度が低くなった上に、更に夜間の気温の低下が起きたとき、SH₁とSL₁の示す温度差がマイナス5℃に達するとそのときにもP₁が作動して循環系の凍結は防止されている。

栽培水槽の温度はセンサSL₂が感知する。28℃を境にしてプラスマイナス1℃でポンプP₂の駆動停止が行なわれ、貯湯槽上部からの温水循環回路の開閉につながる。水槽内では熱交換器を通じての熱のやりとりとなっている。

日射量の補償は、8月の平均日射時間を基準にとり、10月以降は不足分を陽光ランプの点灯によって補われるが、点灯時間の設定にはタイマーが使われる。また温室内の温度を28°C以上にするためにヒーター（H）が設置されている。この回路の開閉の信号は室内に置かれたセンサSAが出すのである。このシステムの制御回路は制御器A、B、Cにそれぞれ組み込まれている。

4. 暖房負荷計算

温室と水槽温度とを28°Cに保つことを前提として、暖房用ヒーターは除外した上でこの温室に関する暖房負荷計算をした。ホテイアオイは5月から8月にかけては自然条件下で放置しても十分生長するので、除外されるのはもちろんである。

1日平均の暖房負荷を求めるためには次式を使用した。

$$Q_{dh} = 1.4 \times K \times \Delta T_h \times A_h \times \epsilon \times H_h \quad (1)$$

$$\Delta T_h = T_{hr} - T_{ho} - \frac{E}{K} \quad (2)$$

ここで、 Q_{dh} ：日平均暖負荷 [kcal/day]

K ：熱損失係数 [kcal/m²・h・°C]

（一般に使われている、木造住宅で断熱仕様なしの、一重ガラス窓の実績数値7.8を使用）

A_h ：暖房面積 [m²]

（温室の床面積1.62m²を使用）

ϵ ：同時使用率

（陽光ランプの稼働率として0.5とした）

H_h ：1日の暖房運転時間

ΔT_h ：暖房時室内外平均温度差 [°C]

T_{hr} ：暖房設定温度 [°C]

T_{ho} ：平均外気温 [°C]

E ：1時間あたりの平均室内発熱量 [kcal/m²・h]

（陽光ランプの発熱量に水槽面からの発熱量を加えたもので、陽光ランプは107.5kcal/hの発熱量をもち、その点灯照射時間は8月の平均日射時間を基準にして、各月のそれとの差から求めた）

上記(1)、(2)式から求めた日平均暖房負荷（ Q_{dh} ）の値と日平均総発熱量（ $E \times 24$ ）およびその不足分を月毎に比較してグラフにしたものが図3である。棒グラフの黒色部分は不足分を示している。

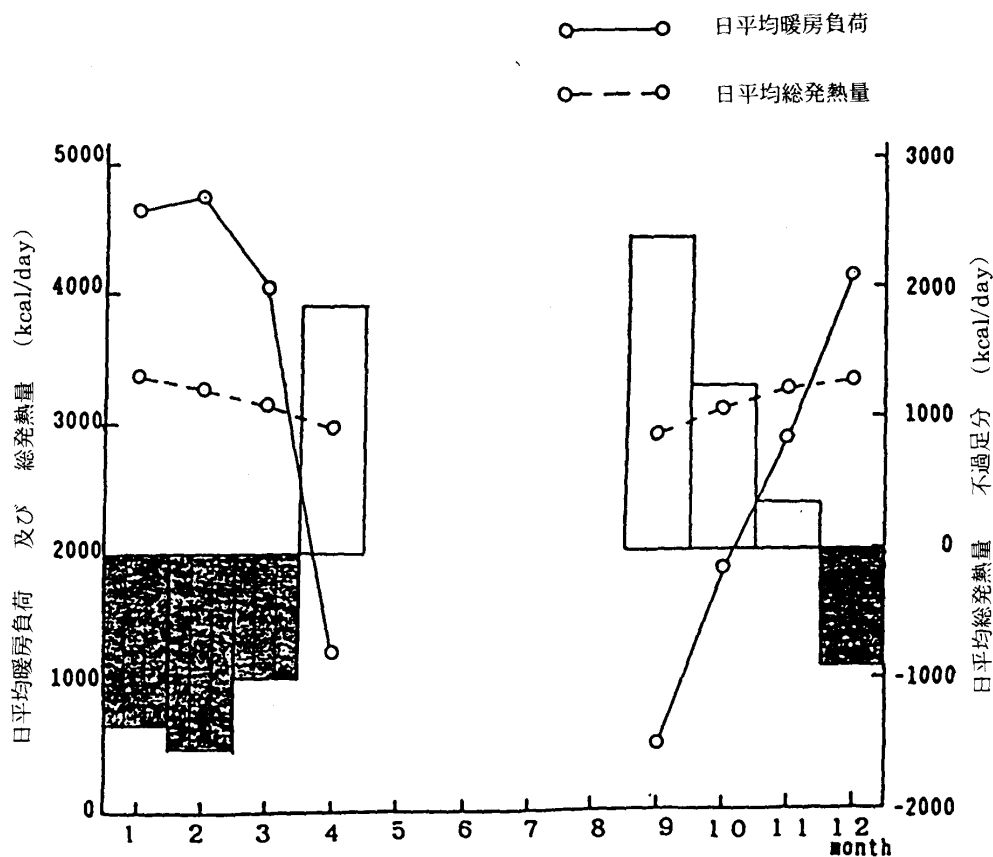


図3 月別の日平均暖房負荷と日平均総発熱量の関係

5. 計算結果の検討

日平均総発熱量の計算には温室に照射する太陽光の影響は全く考慮していないので、実際には不足分の値は小さくなると考えられる。今回の計算で最も暖房負荷の値が大きくなっているのは2月であり、このときの総発熱量の不足分は $1488.93 \approx 1500 \text{ kcal/day}$ となった。これを電力に換算すると 0.073 KW/h となる。これは室内のヒーターの使用で十分まかなえる量なのである。

参考文献

1. 須藤隆一, 稲森悠平; 用水と廃水, 28(8), 825, 1986
2. Wolverton B. et al.; New Scientist, 12, 318, 1976
3. 青山勲; 用水と廃水, 24(1), 87, 1982
4. 野上祐作他; 岡山理科大学紀要, 21, 17, 1986

Whole Utilization of Solar Energy for Water Hyacinth
Aquatic Treatment Systems in Winter Season

Yasumasa TAKANO, Yusaku NOGAMI*, Masayoshi KITAOKA**,
and Takeshi ISHII*

*Department of Mechanical Engineering, Okayama University
of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama, 700 JAPAN*

** Department of Water Research, Okayama University
of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama, 700 JAPAN*

*** Nishinohon Solar Engineering Co. Ltd., Hamano
2-8-11, Okayama, 700 JAPAN*

(Received September 30, 1986)

Abstract

A pilot plant system in winter season is designed and produced to keep the growth (10%) of Water Hyacinth, which is cultivated in secondary treatment water of domestic and flush toilet waste water. Whole energy required in this system has to be supplied by solar energy, and excess and deficiency of the capacity accepted from the solar radiation for quantity of every month in need is calculated and discussed.