

# ホテイアオイとイネとの共存生態系の可能性

## 1. 目的

本実験においては、水面被覆植物としてホテイアオイを使用することにした。ホテイアオイ (*Eichhornia crassipes*) は、南米原産のミズアオイ科の多年草で、はじめは観賞用植物として各国に導入されたが、繁殖力が旺盛で、いまでは世界十大雑草の一つになっている。反面、その旺盛な繁殖力と水中の窒素やリンを吸収する力が強いことに期待して、富栄養化した水系において水質浄化などの機能を発揮させようという試みが行われている（青山ら 1982）。最近の世界的な資源枯渇問題に対処するために、バイオマスが着目されており、ホテイアオイに関しても飼料化しようという試みもある（椋田ら 1996）。しかし、現段階でホテイアオイの利用可能性は必ずしも否定されるものではないが、実用化への道はまだほど遠いと言わざるを得ない。例えば、湖沼の水質浄化を目的に試行されたホテイアオイ施用では、当初は予期していなかった深刻な問題が現場で生じている（朝日新聞 2003 年 1 月 8 日版）。

以上のべてきたような背景のもとで、本研究では持続可能な生産系を得るためには水田生態系を多様にし、新たなバイオマスを得ることが重要であり、そのための水田被覆植物としてホテイアオイを導入してイネとの共存生態系を構築することの可能性をまず調べることにした。本研究では、ホテイアオイの導入に伴う各種得失を実験的に明らかにすることも目的とした。

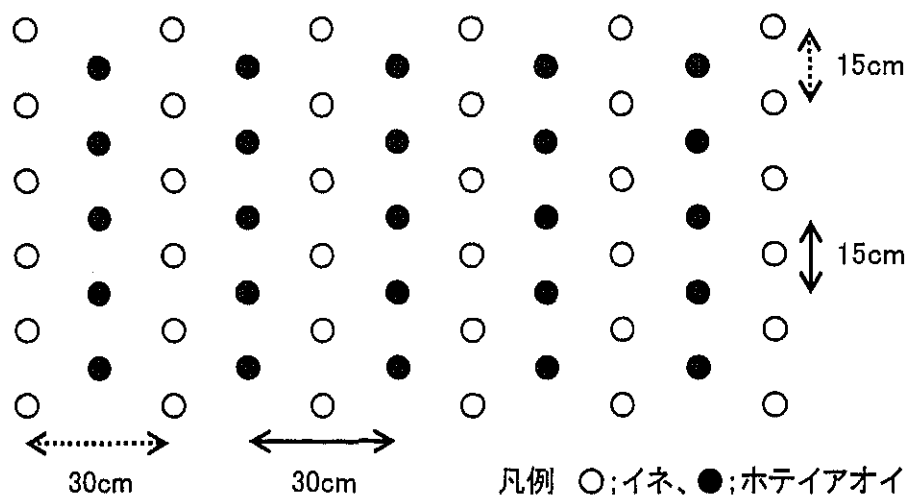
## 2. 材料および方法

実験は筑波大学農林技術センター内実験水田で、2002 年に実施した。ホテイアオイの栽植密度として、 $m^2$  当たり 5.6 株（条間 60cm、株間 30cm）、22.2 株（条間 30cm、株間 15cm）およびホテイアオイを混植しない 0 株の 3 水準を設定した（図 1）。いずれの区もイネは条間 30cm、株間 15cm で栽植した。1 試験区の面積は  $2.65m \times 1.8m$  とし、3 反復の完全無作為化法で配置した。

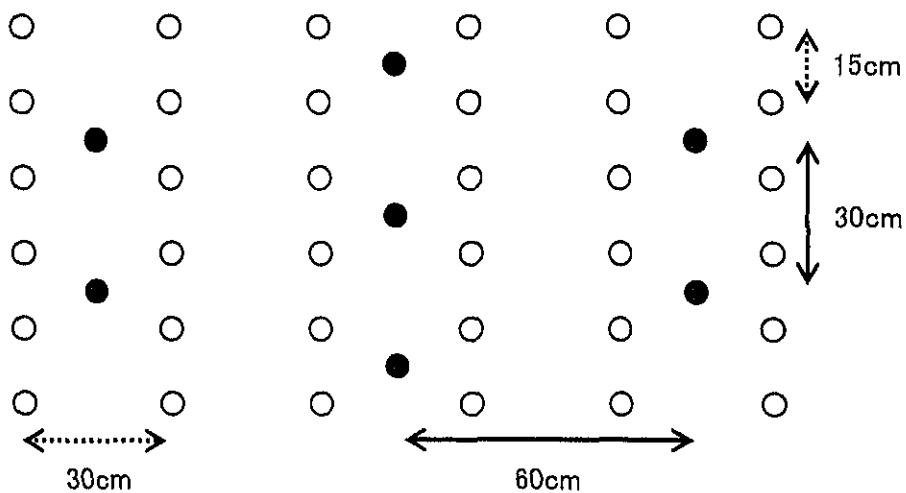
イネの品種にはコシヒカリを供試した。5 月 15 日に殺菌剤処理し、5 月 24 日に播種した。圃場は 6 月 5 日に基肥として高度化成肥料を N 成分量で  $5kg/10a$  施用した。6 月 8 日に 1 株 3 本植えて移植し、6 月 12 日にホテイアオイを設定

した栽植密度で移植した。追肥には硫酸を用い、6月17日および8月20日にそれぞれ2kgN/10a表面施用した。ホテアオイ0株区のみ6月14日に除草剤を散布した。

ホテアオイの収穫は9月30日に行い、イネは10月11日に坪刈りおよび収量構成要素調査のための代表株の収穫を実施した。



A. ホテアオイ 22.2株/㎡



B. ホテアオイ 5.6株/㎡

図1 ホテアオイの栽植様式

乾物収量として、ホテイアオイ、イネおよび雑草を調査した。ホテイアオイは各区から無作為に50株を収穫して乾物重を測定した。イネは各区50株収穫し、収量構成要素および坪刈収量を測定した。また、ホテイアオイ、イネおよび雑草は乾物重測定後、0.25mmのメッシュで粉碎し、CNコーダーで窒素および炭素の含有率を測定した。

### 3. 結果および考察

#### 1) イネの生育

草丈は移植後40日目からホテイアオイの栽植密度による差が見られるようになった。収穫時における草丈は、5.6株/m<sup>2</sup>区が他の2区に比較して草丈が高くなった。(表1)これは、ホテイアオイとイネとの間で光競合がおこり、その結果ホテイアオイの栽植密度により、イネの草丈に違いが見られるようになったものと考えられた。茎数は移植後60日目からホテイアオイの栽植密度による差が見られはじめ、22.2株/m<sup>2</sup>区の茎数が最も少なくなった。これは、ホテイアオイの密度が高いとイネとの間に養分競合が生じたためと考えられた。SPADは移植後40日目からホテイアオイの栽植密度による差が見られはじめ、22.2株/m<sup>2</sup>で最も小さくなった。これもホテイアオイとイネとの養分競合の結果

表1 イネの生育調査結果

ホテイアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	移植後日数(日)			
	20	40	60	80
草丈(cm)				
0	36.3	75.8 b	92.6 b	116.5 b
5.6	35.9	79.1 a	95.4 a	123.8 a
22.2	36.5	77.0 ab	91.4 b	114.4 b
茎数(本/株)				
0	7.6 a	15.6	16.3 a	16.0 a
5.6	6.7 ab	16.0	16.0 a	16.0 a
22.2	6.5 b	14.6	14.8 b	14.5 b
SPAD値				
0	33.8	36.7 a	28.6 a	35.9 a
5.6	34.3	37.2 a	30.0 a	35.0 a
22.2	33.0	34.4 b	25.9 b	32.1 b

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

果であると考えられた。

## 2) 有効茎歩合

イネの最高茎数、有効茎数および有効茎歩合を表2に示す。最高茎数および有効茎数はいずれも22.2株/m<sup>2</sup>区が他の区より少なくなったものの、有効茎歩合にはホテアオイの栽植密度による差は見られなかった。

表2 ホテアオイがイネの有効茎数に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	最高茎数 (本/株)	有効茎数 (本/株)	有効茎歩合 (%)
0	17.4 a	16.0 a	92
5.6	16.9 a	16.0 a	95
22.2	15.5 b	14.5 b	94

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

## 3) ホテアオイの生育および収量

イネ収穫時におけるホテアオイの草丈、根長を表3に、乾物重を表4に示す。草丈は22.2株/m<sup>2</sup>区が5.6株/m<sup>2</sup>区に比べ約10%高くなったが、根長には明らかな差が見られなかった。ホテアオイの栽植密度が高くなるとイネとの光競合により草丈が高くなるものと推測された。乾物重は、茎葉、根、個体ともホテアオイの栽植密度の違いによる明らかな差は見られなかった。

表3 収穫時におけるホテアオイの草丈、根長

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	根長 (cm)
5.6	62.6	17.1
22.2	69.3	17.6
t-test	*	NS

注) \*は5%で有意、NSは有意差なし。

表4 収穫時におけるホテアオイの乾物重

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	茎葉 (g/個体)	根 (g/個体)	個体 (g/個体)
5.6	9.58	2.67	12.27
22.2	10.14	2.43	12.58
t-test	NS	NS	NS

注)NSは有意差なし。

#### 4) 雑草

イネ収穫時における雑草の乾物重を表5に示す。ホテアオイを混植しなかった区では通常の除草剤を使用したがる、雑草発生量は13.0gであった。これに対し、除草剤を散布しなくても、ホテアオイを混植することにより雑草発生量が減少した。これはホテアオイにより水面が被覆されたことが雑草発生を抑制した結果と判断された。

表5 ホテアオイが雑草乾物重に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	乾物重 (g)
0	13.0 a
5.6	8.6 b
22.2	11.1 ab

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

#### 5) イネの稈長、穂長

イネの稈長は5.6株/m<sup>2</sup>区で最も高く、22.2株/m<sup>2</sup>区で最も低かった。これはホテアオイとの混植によりイネとの競合がおき、混植の程度が小さい範囲ではイネの伸長生長が促進されるが、混植の程度が大きくなるとイネはホテアオイとの競合に負けて伸長生長も抑制されるものと推測された。穂長はホテアオイ栽植密度の違いによる差は見られなかった。

表6 ホテアオイが収穫期におけるイネの稈長、穂長に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)
0	94.4 b	17.4
5.6	96.3 a	17.1
22.2	90.2 c	17.3

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyの  
スチューデント化した範囲検定において5%水準  
で有意差がないことを示す。

#### 6) 収量構成要素

イネの収量構成要素および玄米収量を表7に示す。イネの玄米収量はホテアオイの栽植密度が高いほど減少し、イネ単作区に比べ、5.6株/m<sup>2</sup>区で13%減、22.2株/m<sup>2</sup>区で20%減となった。この玄米収量の減少は、主に1株穂数の減少に起因しており、有意差はみられなかったものの、1穂穎花数および玄米千粒重もホテアオイ栽植密度が高まるに従って減少する傾向がみられた。

表7 ホテアオイがイネの収量構成要素に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/株)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	一穂穎花数 (個/穂)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	玄米収量 (g/m <sup>2</sup> )
0	15.5 a	341.8 a	70.0	86.2	22.2	456.8
5.6	15.1 a	331.5 a	64.8	82.8	21.9	395.7
22.2	13.5 b	299.0 b	65.4	85.6	21.8	367.3

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのスチューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

#### 7) イネの坪刈収量および粉わら比

イネの坪刈収量を表8に示す。わら重は22.2株/m<sup>2</sup>区が他の区に比し減少した。粗粉重および精粉重はいずれもホテアオイ栽植密度が高まるにつれて減少し、イネ単作区に比べ、5.6株/m<sup>2</sup>区で12~13%減、22.2株/m<sup>2</sup>区で19%減となった。一方、粉わら比はホテアオイ栽植密度による有意な差はみられなかった。

表8 ホテアオイがイネの坪刈収量および粉わら比に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	わら重 (g/m <sup>2</sup> )	粗粉重 (g/m <sup>2</sup> )	精粉重 (g/m <sup>2</sup> )	粉わら比 (%)
0	649 a	576 a	524 a	0.89
5.6	675 a	503 ab	462 ab	0.75
22.2	524 b	456 b	413 b	0.87

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

#### 8)イネ地上部の炭素固定量および窒素固定量

イネの炭素含有率は、子実で39%、茎葉で37%程度であり、窒素含有率は、子実で1.08%、茎葉で0.53~0.63%であった。イネの炭素含有率または窒素含有率と乾物重との積で求まる炭素固定量を表9に、窒素固定量を表10に示す。

イネ茎葉の炭素固定量は22.2株/m<sup>2</sup>区が他の区に比し少なかった。一方、子実の炭素固定量はホテアオイの栽植密度が高いほど減少した。その結果、イネ地上部の炭素固定量はホテアオイ栽植密度が高いほど少なく、5.6株/m<sup>2</sup>区で5%減、22.2株/m<sup>2</sup>区で21%減となった。

一方、窒素固定量は、茎葉では5.6株/m<sup>2</sup>区で最も多く、22.2株/m<sup>2</sup>区で最も少なかったが、子実ではホテアオイ栽植密度が高いほど少なくなった。地上部の窒素固定量は5.6株/m<sup>2</sup>区で最も多く、イネ単作区の3%増で、22.2株/m<sup>2</sup>区で最も少なく、イネ単作区の15%減であった。

表9 ホテアオイがイネ地上部の炭素固定量に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	茎葉 (gC/m <sup>2</sup> )	子実 (gC/m <sup>2</sup> )	地上部 (gC/m <sup>2</sup> )
0	243.3 a	225.6 a	468.9 a
5.6	250.4 a	196.1 ab	446.5 a
22.2	192.0 b	177.7 b	369.6 b

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

表10 ホテアオイがイネ地上部の窒素固定量に及ぼす影響

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	茎葉 (gN/m <sup>2</sup> )	子実 (gN/m <sup>2</sup> )	地上部 (gN/m <sup>2</sup> )
0	3.45 b	5.99	9.45 a
5.6	4.25 a	5.46	9.71 a
22.2	3.1 b	4.92	8.00 b

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。

#### 9)ホテアオイの炭素固定量および窒素固定量

ホテアオイの炭素含有率は、根で31~32%、茎葉で38%程度であり、窒素含有率は、根で1.19%、茎葉で1.18~1.45%であった。ホテアオイの炭素含有率または窒素含有率と乾物重との積で求まる炭素固定量を表11に、窒素固定量を表12に示す。

ホテアオイの炭素固定量は、根、茎葉とも5.6株/m<sup>2</sup>区に比べ22.2株/m<sup>2</sup>区で多く、個体全体では5.6株/m<sup>2</sup>区で175gC/m<sup>2</sup>、22.2株/m<sup>2</sup>区で282gC/m<sup>2</sup>であった。

ホテアオイの窒素固定量は根、茎葉とも5.6株/m<sup>2</sup>区に比べ22.2株/m<sup>2</sup>区で多く、個体全体では5.6株/m<sup>2</sup>区で5.8gN/m<sup>2</sup>、22.2株/m<sup>2</sup>区で10.8gN/m<sup>2</sup>であった。

表11 ホテアオイによる炭素固定量

ホテアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	根 (gC/m <sup>2</sup> )	茎葉 (gC/m <sup>2</sup> )	個体 (gC/m <sup>2</sup> )
5.6	32.2	143.0	175.2
22.2	47.3	234.2	281.5
t-test	*	**	**

注)\*は5%で有意、\*\*は1%で有意。



表12 ホテイアオイによる窒素固定量

ホテイアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	根 (gN/m <sup>2</sup> )	茎葉 (gN/m <sup>2</sup> )	個体 (gN/m <sup>2</sup> )
5.6	1.2	4.5	5.8
22.2	1.8	9.0	10.8
t-test	NS	**	**

注)\*\*は1%で有意、NSは有意差なし。

10)ホテイアオイとイネとの共存生態系における炭素固定量

ホテイアオイとイネとの共存生態系における炭素固定量を表 13 に示す。イネ単作区の炭素固定量は 469gC/m<sup>2</sup>であった。また、雑草によって固定された炭素量はいずれの試験区も系全体の 1 %程度であった。ホテイアオイとイネとの共存生態系では系による炭素固定量がイネ単作区に比べ多くなり、5.6 株/m<sup>2</sup>区で 32%、22.2 株/m<sup>2</sup>区で 38%固定量が増加した。系全体の炭素固定量に占めるホテイアオイの割合は、5.6 株/m<sup>2</sup>区で 28%、22.2 株/m<sup>2</sup>区で 43%で、ホテイアオイの栽植密度が高いほど、系全体の炭素固定量が高まり、かつ、それが共存するホテイアオイに依存していることが明らかとなった。

表13 ホテイアオイとイネとの共存生態系における炭素固定量

ホテイアオイ密度 (株/m <sup>2</sup> )	イネ (gC/m <sup>2</sup> )	ホテイアオイ (gC/m <sup>2</sup> )	イネ+ホテイアオイ (gC/m <sup>2</sup> )	系全体 (gC/m <sup>2</sup> )
0	469 a	-	469 b	474 b
5.6	477 a	175 b	622 a	626 a
22.2	370 b	282 a	651 a	656 a

注)同一英文字を付した平均値間にはTukeyのステューデント化した範囲検定において5%水準で有意差がないことを示す。