

## ため池の富栄養化とオニバスの生育 (第3報)

### —オニバス種子の発芽についての考察—

Effects of farm pond Eutrophication on *Euyale ferox* salisb. (3)

—Consideration about Germination of *Euyale ferox* salisb. seed—

白井 康子 石原 暁

Yasuko SHIRAI Akira ISHIHARA

Since 1998, we have reported the water quality of farm ponds which the *Euyale ferox* salisb. grows.

This time, we report the study on germination of the *Euyale ferox* salisb. seeds for last three years. The possibility of genetic variation in each farm pond, in addition, is pointed out because of the characteristic *Euyale ferox* salisb. which principally bears fruit by itself.

We have taken the statistics of the number of seed and gross weight of seeds which are included in one fruit and the weight of a seed based on the data that Kagawa Prefecture has investigated in 1998.

As a result, we suggest that *Euyale ferox* salisb. is classified as the Marugame Plains type or the Mitoyo Plains type.

キーワード オニバス, 絶滅危惧種, 発芽, 統計解析

## はじめに

本県は古くより開けた土地柄で、狭い県土のほぼすべてに人の手が加えられているといっても過言ではない。このため、見るべき希少な動植物は皆無であると思われるがちだが、近年、メダカが絶滅危惧種に指定されるように絶滅の危機がごく身近な動植物にまで及んでくるに従い、ため池という人工の環境に適応して生息している希少な動植物の保護が危急の課題となってきた。

そのひとつにオニバスがある。オニバスは絶滅危惧種Ⅱ類に指定される水草で、全国的にみてもその生育地は100ヶ所程度<sup>1)</sup>で、その半数以上は香川県に所在する。<sup>2) 3)</sup>

オニバスの生育については、謎が多く、種子は数十年発芽能力を保ちつづける<sup>4)</sup>といわれている。池の改修等をきっかけに数十年ぶりに生育したという例が数多く見られ、本県でも平成12年に関ノ池(国分寺町)で25年ぶりに大群落を形成し話題となった。

当センターでは平成10年度よりオニバスに関しての調査研究を行い、オニバスの生育するため池の水質などについて報告を行ってきた<sup>5) 6)</sup>が、今回、3カ年にわたって観察を続けてきた種子の発芽について考察を行ったので報告する。

## 調査方法

平成9年(1997)、10年(1998)、11年(1999)に採取されたオニバス種子(以下、西暦表示とする。)について、ノギスを用いて0.5mm刻みで種子幅ごとに区分したうえで、ピーカーに水を入れた中で保存し、発芽状況を観察した。なお、発芽孔を傷つけないため、大きさは種子幅のみを基準とし、最小幅により分けた。2000年1月より種子を屋外におき発芽状況とともに気温、水温を記録した。

また、平成9年度の県の調査結果<sup>2)</sup>を用い、香川県産オニバス種子に関する統計解析を行った。

## 結果と考察

### 1 オニバス種子の概要

今回観察した種子のうち、1997年産の八丈池、辻池、仁池の種子は香川大学教育学部の末広教授より分けただいたもので、香川県環境局環境土地・政策課自然保護室が行った「香川県希少動植物保護対策調査（オニバス）」<sup>3)</sup>で採取した種子の一部である。その他の種子は、池の水位の下がった秋に石原が採取したものである。

今回、観察した種子の概要について表1に示す。以下、1粒種子重は種子の総重量/種子数で、生重量で示してある。

### 2 種子幅による度数分布及び1粒種子重

また、表2に各池毎の種子幅による度数分布及び1粒種子重(1粒あたり平均)を示した。種子幅を横軸に種子個数を縦軸にとり度数分布を調べると、サンプル毎に平均値は大きく異なるもののそれぞれ正規分布を取ることがわかった。例として図1に仁池(1999)の度数分布を示す。

表1 種子の概要

名称 (所在地)	産年	種子数	種子幅 (mm)	1粒種子重 (g)
八丈池 (丸亀市)	1997	194	5.0~10.0	0.12~0.66
	1999	952	5.5~14.5	0.16~1.48
辻池 (丸亀市)	1997	144	8.0~13.5	0.45~1.39
仁池 (丸亀市)	1997	392	6.0~13.5	0.22~1.42
上池 (多度津町)	1998	409	6.5~15.0	0.17~1.74
前池 (丸亀市)	1999	151	5.0~11.0	0.14~0.90
計		2242	5.0~15.0	0.12~1.74

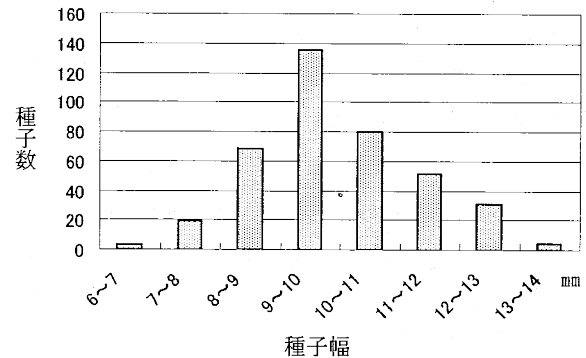


図1 種子幅による度数分布 (仁池)

表2 各池ごとの種子幅による度数分布及び1粒種子重(生重g)

種子幅(mm)	八丈池 (1997)		辻池 (1997)		仁池 (1997)		上池 (1998)		前池 (1999)		八丈池 (1999)	
	個数	1粒種子重	個数	1粒種子重	個数	1粒種子重	個数	1粒種子重	個数	1粒種子重	個数	1粒種子重
5.0~5.5	1	0.12								1	0.14	
5.5~6.0										11	0.17	3
6.0~6.5	5	0.23			1	0.22				15	0.23	4
6.5~7.0	25	0.28			2	0.28	3	0.17	33	0.27	20	0.28
7.0~7.5	31	0.32			4	0.33	4	0.26	30	0.33	35	0.33
7.5~8.0	46	0.38			15	0.44	7	0.30	21	0.37	85	0.40
8.0~8.5	38	0.44	3	0.45	29	0.49	6	0.34	14	0.43	114	0.46
8.5~9.0	29	0.51	1	0.51	39	0.53	9	0.49	8	0.50	139	0.49
9.0~9.5	15	0.57	10	0.62	74	0.61	15	0.54	8	0.58	124	0.65
9.5~10.0	4	0.66	10	0.67	62	0.68	20	0.67	3	0.61	93	0.68
10.0~10.5			15	0.77	52	0.77	30	0.76	4	0.73	112	0.77
10.5~11.0			25	0.86	28	0.88	43	0.88	2	0.78	66	0.84
11.0~11.5			20	0.98	27	0.95	55	0.99	1	0.90	64	0.97
11.5~12.0			28	1.05	24	1.10	68	1.09			39	1.03
12.0~12.5			18	1.16	17	1.20	45	1.21			26	1.13
12.5~13.0			11	1.31	14	1.26	40	1.31			23	1.25
13.0~13.5			3	1.39	4	1.42	43	1.43			1	1.03
13.5~14.0							31	1.56			2	1.27
14.0~14.5							9	1.71			2	1.48
14.5~15.0							3	1.74				
計	194		144		392		431		151		952	

1粒種子重(生重 g)と種子幅との関係は図2のとおりで、産地及び産年にかかわらず一定の関係 ( $y = 0.0034x^{2.3}$ ) を持っていることがわかった。

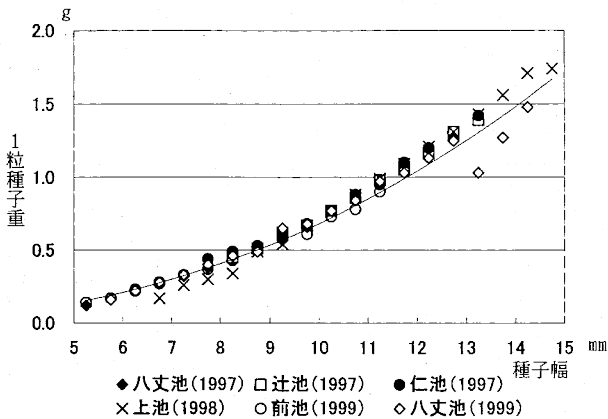


図2 種子幅と1粒種子重

### 3 種子密度

種子幅の異なる種子数十個を水中に沈め体積を測り、種子総重量(生重量)を除することにより、種子密度を求めた。結果は表3のとおりで、種子密度は種子幅にかかわらず、 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 程度と推定された。

表3 種子密度 (八丈池種子(1999)によるデータ)

種子幅(mm)	密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
7.0~ 7.5	1.25
8.0~ 8.5	1.25
9.0~ 9.5	1.25
10.0~10.5	1.22
11.0~11.5	1.20
12.0~12.5	1.23

### 4 発芽の推移

保存種子のうち、発芽孔の蓋が取れ白い芽が発芽孔より1mm程度出たもの(目視による)を発芽種子として数えた。

発芽率の推移は表4のとおりである。どの池でも1年目は発芽が少なく、2年目、3年目と発芽率は上昇し、3年目がピークとなった。いずれの池についても、3年目には総種子数に対して7割程度の種子が発芽した。

図3に各池ごとの3ヵ年の発芽状況を種子幅ごとにグラフ化した。種子はその大きさに関わらず、発芽能力を持っていることが伺われる。

表4 発芽率の推移(発芽数/総種子数)

八丈池 (1997年産種子)

	総種子数	発芽数			残種子数
		1年目	2年目	3年目	
種子数	194	1	4	143	46
発芽率(%)		0.5	2.1	73.7	23.7
発芽率累計		0.5	2.6	76.3	

辻池 (1997年産種子)

	総種子数	発芽数			残種子数
		1年目	2年目	3年目	
種子数	145	2	37	60	46
発芽率(%)		1.4	25.5	41.4	31.7
発芽率累計		1.4	26.9	68.3	

仁池 (1997年産種子)

	総種子数	発芽数			残種子数
		1年目	2年目	3年目	
種子数	398	36	50	202	110
発芽率(%)		9.0	12.6	50.8	27.6
発芽率累計		9.0	21.6	72.4	

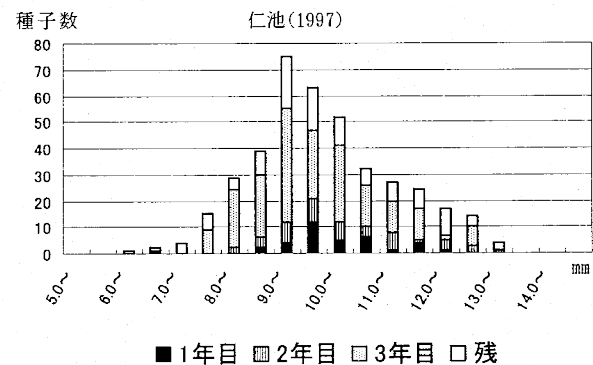
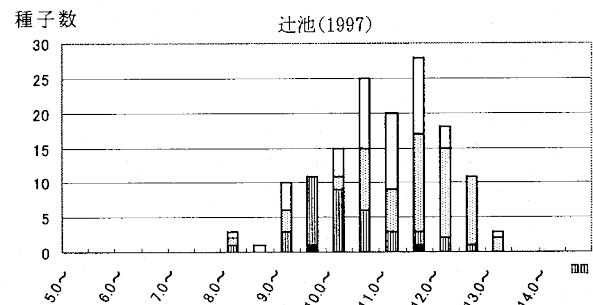
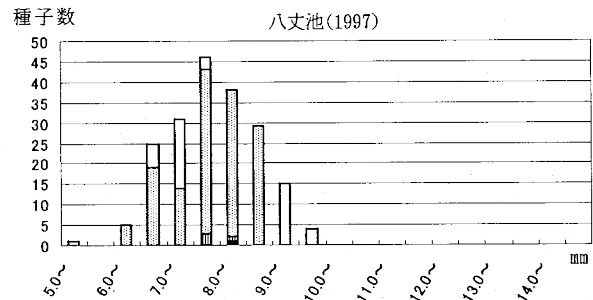


図3 3ヵ年の発芽状況

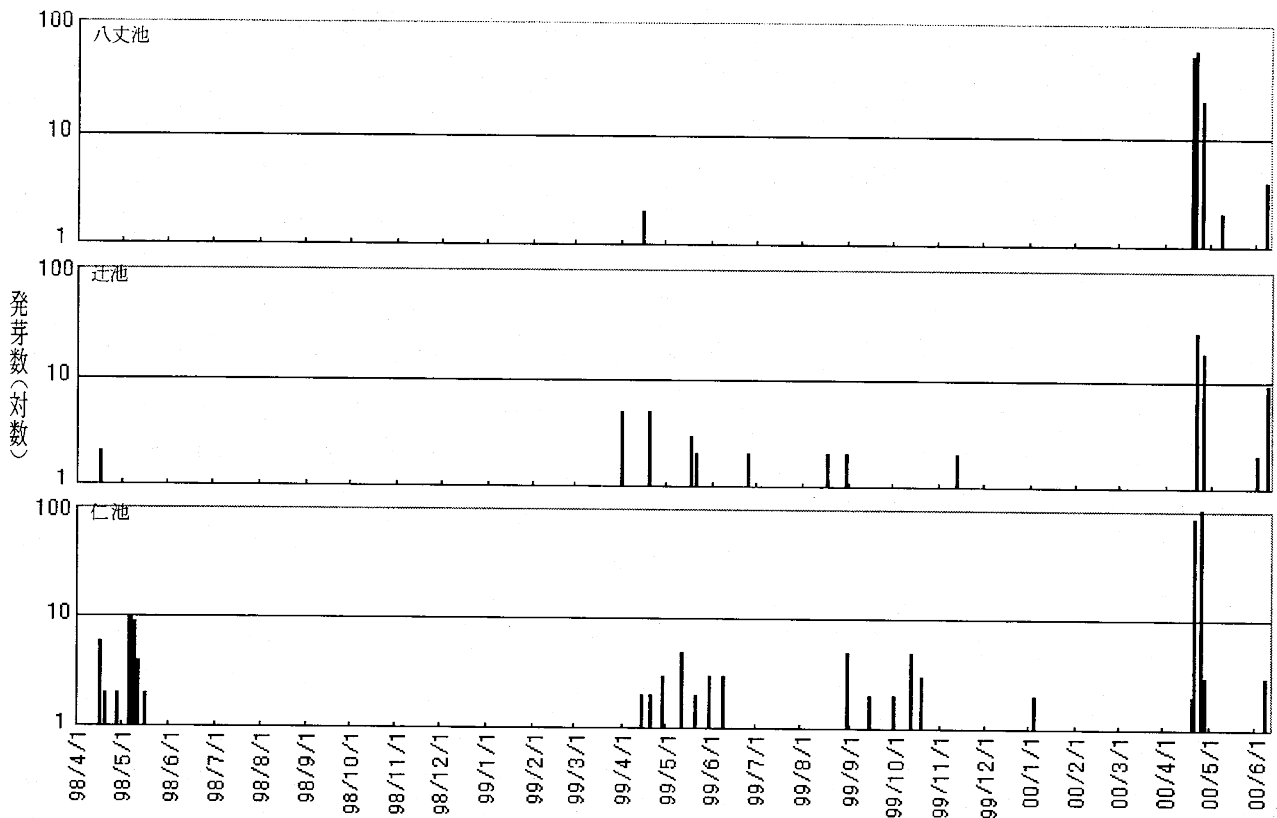


図4 発芽数経時変化

図4に3ヵ年にわたる発芽数経時変化(ただし、縦軸は対数表示になっている)を示した。

八丈池の種子は、1年目、2年目ともあまり発芽せず、3年目に7割以上の種子が発芽した。

辻池の種子は、1年目にはわずかに、2年目にはバラバラと発芽し、3年目に4割の種子が発芽した。

仁池の種子は1年目、2年目に1割程度の種子が発芽し、3年目に5割の種子が発芽した。

オニバスの種子の発芽については、何年目にピークを迎えるのか、これまでも多くの研究があるが、その結果については必ずしも一致していない。<sup>4)7)</sup>

今回調査した種子は、いずれも2年目にはバラバラと発芽し、3年目にいっせいに発芽している様子が目を引く。八丈池の種子は4月19日から24日の間に137個(2000年発芽数の96%)、辻池の種子は4月21日から25日の間に46個(同77%)、仁池の種子は4月21日から25日の間に190個(同94%)が発芽し、わずか1週間ほどの間に集中している。

また、1998年産の上池、1999年産八丈池及び前池の種子についても、2000年における発芽率が高く、上池で63%(251/431, 2年目)、八丈池で40%(377/952, 1年目)、

前池で11%(16/151, 1年目)であり、これらの池の種子の発芽についても同様に4月下旬に集中していた。

これは、5に述べる種子の管理とも関係しているのではないかと思われる。

## 5 温度との関係

種子は1999年12月まで室内に、2000年1月より4月13日まで室外(ベランダ)に置き、その後、再び室内に置いた。4月14日より室内に置いたのは、午前中ベランダに直射日光があたり水温が短時間であるが、一時的に25℃を超えるようになったためである。

2000年1月より、種子の保管場所及び1999年12月までの種子保管場所(室内)で気温及び水温を記録した。2000年1月から5月までの種子保管場所における水温の変化を図5に示す。

石原ら<sup>5)</sup>によれば、香川県におけるため池の下層付近の水温(午後のデータ)は、最低温度が2月上旬頃の5℃、最高温度が35℃であるが、種子保管場所(屋外)での最低温度は-0.8℃(2000/1/28)であった。これは、ため池下層の温度に比べ、かなり低い温度であり、この低温に曝されたことで、種子の発芽が誘発され、2000年における

発芽率が高くなった可能性がある。

ため池などの改修により底泥が露出され、この間に厳寒期を迎えた場合には、埋土種子が低温に曝されることになり、これにより発芽が誘発されるとするならば、池の改修後の大発生の事例に説明可能ではないかと考える。

また、いっせいに種子が発芽した時期は最低水温が17℃を越えた時期であった。

なお、1999年には種子を室内に置いていたためか、冬期にもバラバラと発芽した。翌年の温度記録によると、冬期、建物内には暖房が入るため、最低水温でも10℃を下回ることにはなかった。

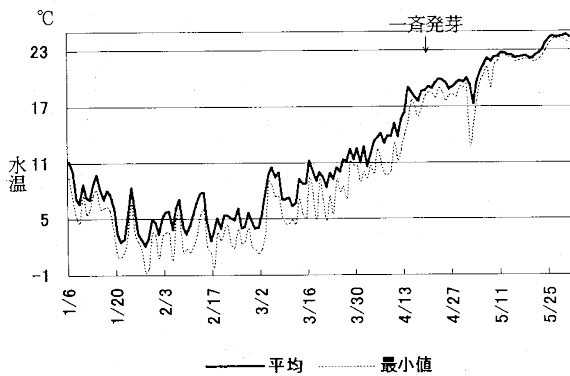


図5 種子保管場所における水温の変化

## 6 種子間の相互作用の可能性

今回の観察により、定性的にはであるが、次の可能性が考えられた。

種子はビーカー中に各サンプルを保存していたが、種子数の多いサンプルは数個のビーカーに分けた。

同一種子にもかかわらず、ビーカー中の全種子が発芽してしまったビーカーがある一方、何割かの発芽にとどまったビーカーも認められた。発芽した種子あるいは植物体より何らかの発芽促進物質が放出されている可能性がある。

## 7 生育

種子は堅牢な種皮に覆われているが、乾燥に極めて弱く、数日乾燥すると、再度水に浸しても浮き上がり回復しない。

いったん発芽した種子は培土などに半分ほど埋めれば容易に固着する。この苗を池などに入れば浮葉を浮かべるまでに成長する。

一般にオニバスは富栄養の沼沢の植物とされているが、土に養分が含まれていれば充分成長可能である。大きめの浅い素焼きの鉢(平13号鉢、直径約40cm)に定植し、当センターのビオトープ池に入れたオニバスは、直径70cm程度の浮葉を広げるまでに成長している。このオニバスは小さいながら種子(種子幅5mm程度)を实らせ、翌年にはこの種子から生育したオニバスが認められた。

このビオトープは面積約18m<sup>2</sup>、平均水深約0.5mで、水質はCOD 2.8mg/l(平成9~11年度平均)と、満濃池同3.7mg/lと同程度かややきれいに見積もられている。

## 8 統計解析

オニバスは主に自家受粉で結実するため、各池ごとで遺伝子の変異が存在する可能性が指摘されている<sup>9)</sup>。

また、これまでの研究での種子の大きさだけを比べてもその平均値にはかなりのばらつきが認められ、これは調査対象池が異なることに起因する可能性がある。富山県十二町潟のオニバスの種子は平均で幅14.5mm、1粒種子重2.06gと記録<sup>9)</sup>されており、これは香川県産オニバスの最大値を超える大きさである。

香川県西部ではオニバスの自生するため池がいくつかあるが、これらため池については山地により丸亀地区と三豊地区に隔てられており、人為的移動が無視できるならば、これら種子は遺伝的に異なっている可能性があるものと思われる。

そこで、平成9年度の調査結果データ<sup>9)</sup>をもとに統計解析を試みた。

今回、解析に用いた種子の概要については、表5のとおりである。以下、図中の番号は池を表し、表5に示した番号を使用している。

表5 解析に用いた種子の概要

地区名	名称	調査果実数(個)	果実毎平均		
			種子数(個)	種子総量(g)	1粒重(g)
丸亀	1 上池	11	121.5	94.9	0.83
	2 前池	10	72.4	52.8	0.73
	3 籠池	11	84.5	72.1	0.87
	4 仁池(丸亀)	11	117.3	87.4	0.73
	5 八丈池	35	59.1	39.1	0.59
三豊	6 島の池	11	68.1	68.1	0.99
	7 鴻の池	9	22.1	24.9	1.15
	8 仁池(観音寺)	12	15.1	8.6	0.59
	9 小原池	11	16.5	13.6	0.98

また、各池の所在地及び地形分類については図6のとおりである。地形分類については国土庁の土地分類図<sup>10)</sup>を参照した。



図6 各池の所在地及び地形分類

ここで各因子の相関を調べたところ、表6のとおりであり、種子数と1粒種子重( $r = -0.203$ ), 果実毎の種子総重量と1粒種子重( $r = -0.025$ )は相関が認められなかったが、種子数と果実毎の種子総重量は相関係数  $r = 0.975$  と強い相関(危険率1%で有意)があった。

表6 各因子の相関係数

	種子数	種子総重量	1粒種子重
種子数	1.000		
種子総重量	0.975	1.000	
1粒種子重	-0.203	-0.025	1.000

相関の認められなかった1粒種子重と種子数についての散布図は図7のとおりである。併せて、図中( )内に水質汚濁の指標として、仁池(丸亀)(4)を除く各池の5月下旬の電気伝導度(mS/cm)を示してある。

散布図によると、丸亀地区の池がグラフの上部に、三豊地区の池が下部に集中しているように見える。

これら池の水質についてのデータは少ないが、同調査で記録された対象池の電気伝導度によれば、5月下旬のデータで丸亀地区は0.10~0.33mS/cm、三豊地区は0.09~0.30mS/cmとなっており、2つのグループの間には差は認められない。

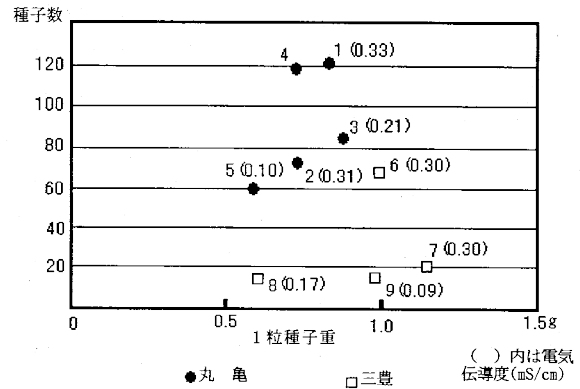


図7 散布図及び電気伝導度

各池の1粒種子重及び種子数を用いてクラスター分析(ユークリッドの距離計算による)を行ったところ、結果は図8のとおりで、島の池(6)を除くと丸亀地区のオニバスと三豊地区のオニバスの2グループに分けられることがわかった。このことから、香川県西部のオニバスは、ひとつの果実に比較的小さな種子を数多く実らせる丸亀グループと、種子数の極端に少ない三豊グループに分類されることが示唆された。

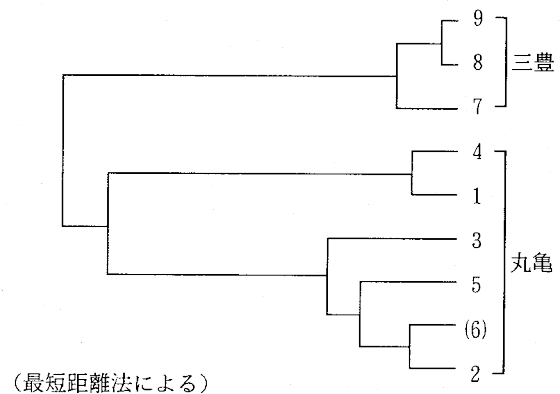


図8 クラスター分析による樹形図

## ま と め

### 香川県産オニバス種子の諸元

香川県産オニバスの種子幅は5.0~15.0mm, 1粒種子重(生重量)は0.12~1.74g, 種子の大きさは池ごとに異なる平均値を持つ正規分布になる。また, 種子の密度は $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ (生重量)であった。

### オニバスの発芽

これまで, オニバスについては, 発芽時期のピークがいつなのか様々の観察記録がある。今回の観察結果では, 3年目に発芽のピークを迎えた。発芽は最低水温 $17^{\circ}\text{C}$ を超えた4月下旬の1週間に集中したが, これは, この年の1月から種子を屋外に置き, 低温に曝したことと関係があるかもしれない。

また, 種子は大きさによらず発芽能力を持つことがわかった。

### 統計解析結果

種子の諸元を用いた統計解析の結果, ひとつの果実と比較的小さな種子を数多く実らせる丸亀地区のオニバスと, 種子数の極端に少ない三豊地区のオニバスに分類されることが示唆された。

## 謝 辞

貴重な種子を快く分けて下さった香川大学教育学部の末広教授, 調査データの解析について許可いただいた香川県環境局環境・土地政策課自然保護室に感謝する。

## 参 考 文 献

- 1) 角野 康郎: 水草研究会報, 53, 15-19(1994)
- 2) オニバス生育状況調査報告書, 香川県(1998)
- 3) オニバス保護管理マニュアル, 香川県(2000)
- 4) 大滝 末男: 日本の生物1(4), MAY, 48-55, 1987
- 5) 石原 暁, 川波 誉大, 白井 康子, 小山 健, 笹田 康子: 香川県環境研究センター所報, 23, 41-49 (1998)
- 6) 石原 暁, 小山 健, 笹田 康子, 白井 康子, 安藤 友継: 香川県環境研究センター所報, 24, 29-41 (1999)
- 7) 久米 修: 水草研究会報, 57, 18-19(1995)
- 8) 小山 健, 白井 康子, 笹田 康子, 増井 武彦: 香川県環境研究センター所報, 24, 79-86 (1999)
- 9) 角野 康郎: Nature Study, 29(6), 63-66(1983)
- 10) 国土庁土地局国土調査課監修, 土地分類図(香川県) 昭和48年, 復刻版