香川県の湖沼におけるブルーギルの生態

誌名	香川県水産試験場研究報告 : Kagawa Ken Suisan Shikenjo kenkyu hokoku
ISSN	09107045
著者名	横川,浩治
発行元	香川県水産試験場
巻/号	2号
掲載ページ	p. 47-74
発行年月	1986年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

香水試研報
Bull. Kagawa Pref. Fish.
Exp. Stn., No.2, 1986

香川県の湖沼におけるブルーギルの生態

横　川　浩　治

Ecology of Bluegill Sunfish, *Lepomis macrochirus* RAFINESQE, in the Lakes and Reservoirs in Kagawa Prefecture

Koji YOKOGAWA

Bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* RAFINESQE, which was imported into Japan from North America in 1960, recently propagate extremely also in our prefecture because of its wide adaptation. However, that propagation becomes great obstraction in inlandwater fishery, so present study was carried out in order to clarify its ecology. Two reservoirs were selected as the locality of investigation, one is Sendai pond which is emptied periodically ones in a year, and another is Manno pond which is the largest pond in Japan and never being emptied. The studied items were the analysis of the stomac contents by using the volumetric measures, the presumption of spawning period by studying the fluctuation of gonad-somatic index, and the presumption of the growth by studying the annuli on the scales. On the food habit, bluegills in Manno pond were very similar to them in North America, namely, they fed principally insects especially the larvae of *Diptera*. While in Sendai pond, most of them were O age fish and rather small, fed principally *Copepoda*. On spawing, they would spawn from June to July in Manno pond, whereas in Sendai pond, O age bluegills which occupy most part of the population did not participate in spawing. And on the growth, it is evident in both ponds that the body weight of bluegill is proportion to more than third powers of its length, and the body depth and the scale radius increase relatively accompanied with the increment of its length. In Manno pond, the annulus formation occurs twice in a year. One is autumn when the level of water drops down and the food of bluegill diminishes, and another is from winter to spring when the growth stagnate because of low temperature. The relationships between total length(ℓ) and number of annuli(n) was expressed by the next formula, $\ell=58.453\{3.941(1-1.076\cdot e^{-0.224n})\}^{0.718}$. Bluegills could

be caught comparatively selectively with trapping and angling. It seemed that they had a fancy for lard that was placed in the trap as bait.

ブルーギル，*Lepomis macrochirus* RAFINESQE，はスズキ目，サンフィシュ科に属する北アメリカ原産の淡水魚であり，原産地では釣りの対象および食用魚として古くから親しまれてきた。日本へは1960年にシカゴから移入されたのが最初で，その後各県の水産試験場や研究所を通じて全国へ広がっていったようである（木村[1]，植松・他[2]）。

本県においては1968年に食用魚としての移殖が試みられ（植松・他[2]），現在ではほとんどの淡水系に広がり，著しく繁殖している（植松・他[3]，植松[4]）。このために在来魚種の生息空間がせばめられ，また漁業者の間では在来の有用魚介類であるフナ，モロコ，エビ類等の卵稚仔を食害しているのではないかとも言われている。さらに本県の内水面漁業の主体となっている溜池養殖においては，養殖魚の漁獲時に小型のフナと同サイズのブルーギルが大量に混獲され，その選別に多大な労力を要するといった問題が起きている。

以上のような理由から，県内の湖沼に生息するブルーギルの食性，成熟，成長等を調べることによってその生態の把握を試み，またその資源量および選択的な捕獲方法についても若干の検討を加えた。

材料と方法

（調査場所）

区画漁業権が設定され，コイ，フナ等の養殖が行なわれている池を2ケ所選定した。調査場所は図1に示す通りで，池の概要は以下の通りである。

A　先代地

丸亀市にある香川県では中規模な溜池である。池には毎年春期にコイ，フナ，モロコ等の種苗を放流し，秋期には養殖魚の取り揚げのために池水を完全に干上げる。その際にはほとんどすべての魚が漁獲されるが，ごく一部には水溜りなどに残留する魚もある。その中には大型のブルーギルもわずかに含まれ，それらが翌年産卵し，夏から秋にかけてはブルーギルの稚魚が大発生する。つまりこの池に生息するブルーギルは大部分がその年に生まれた0歳魚であると考えられる。

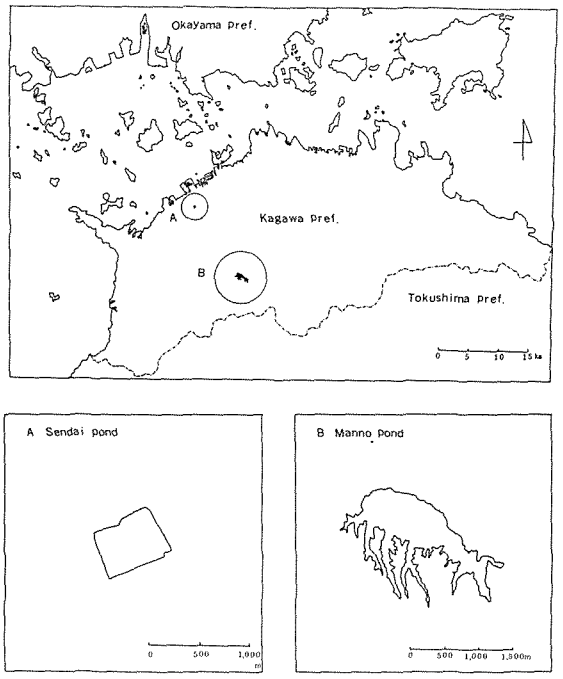


図1　調査場所

Fig.1. Locality of investigation.

また池水は灌漑用にはあまり使用されないため，干上げ時以外の水量の変動は少ない。満水面積61,500 m²，満水時貯水量326,000m³，最大水深5.3m。

B　満濃池

満濃町と一部仲南町にまたがる池で，周囲は20 kmにおよび，池としては全国最大のものである。12世紀に空海によって造築されたものと言われ，現在も灌漑用の池として大きな役割を果たしている。構造的にはダム湖と同じで，金倉川を巨大な提防に

よってせき止めて作られた池である。

毎年6月15日より農業用水としての取水を開始し，そのために水位は徐々に低下して10～11月には最低の水位となる。しかし，その後は徐々に増水していくために周年を通じて干上がることはない。従ってこの池にはさまざまな年級のブルーギルが混生していることになる。満水面積1,385,000m²，満水時貯水量15,414,450m³，最大水深21.2m。

（採集方法）

調査は1983年7月から1984年12月までとし，原則として毎月1回以上，上記の両池において試料のブルーギルの採集を行なった。しかし先代池では1983年7月，12月および1984年1～7月，11月，また満濃池では1983年11月および1984年1～3月，10月には試料が得られなかった。採集は満濃池では投網，籠網，小型地曳網，刺網および釣りにより行ない，先代池では投網および籠網によった。籠網には餌として漁業者の間でブルーギルの嗜好性が強いと言われている豚脂を入れて一昼夜水中に放置した。

（測定・分析方法）

採集物中からブルーギルを選別し，胃内容物の消化を防止するために，ただちに10%フォルマリン溶液により固定し，水試に持ち帰った。得られたサンプルはすべての個体について全長，標準体長，および体重を測定した。さらに1回の採集群が20尾を越える場合は20尾を無作為に抽出し，それ以下の場合は全数について胃内容物重量の測定および分析，生殖腺重量の測定，鱗の採取を行なった。また全採集個体の中から145尾について体高の測定を行なった。

魚体の測定方法については全長は上顎の前端から尾鰭上葉の後端まで，標準体長は同じく上顎の前端から尾椎骨の末端まで，体高は背鰭第4～5棘付近の最も幅の広い部分の長さをそれぞれ測定した。

胃内容物については，腹部を切開して胃を摘出し，内容物を含めた重量を測定後，胃を切開して内容物を取り出し，胃重量だけを測定した。胃内容物重量は前者の重量から後者の重量を差し引いて求めた。胃内容物の分析法は容量法とし，ある項目が全胃内容物中に占める容量割合で表わした。また胃内容物中に出現した昆虫の分類については津田[5]を参考にした。

生殖腺は胃と同時に摘出し，実体顕微鏡により雌雄の判別を行なった後，電子天秤により1mgの精度でその重量を測定した。

鱗については魚体右側の胸鰭基底部から後方に4～6列目の4～5枚を採取した。得られた鱗は5%KOH水溶液で洗浄後，2枚のスライドガラスにはさんで標本を作成した。

輪紋の認められる鱗では図2に示すように鱗の焦

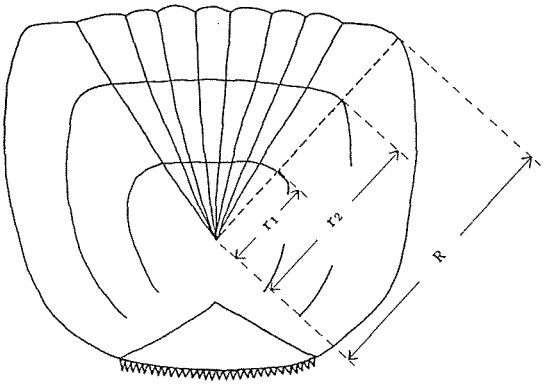


図2　鱗の測定方法

Fig. 2. Measuring method of scale.

点と輪紋の上縁角との直線距離を実体顕微鏡の接眼ミクロメーターにより測定してその輪紋径（r_1，r_2 ‥‥）とし，鱗の最外縁角までの距離を鱗径(R)とした。また輪紋の認められない鱗では鱗径のみを測定した。

なお本文中の回帰式はいずれも最小二乗法により求められたものであり，式の末尾のrは相関係数を表わす。

結果および考察

1　食　性（Food Habit）

胃内容物組成

各個体の胃内容物を分析後，採集月および全長別にその平均値を求め，一覧表を作成した。（表1－1～2－2）また被捕食物を昆虫，魚類，甲殻類等に粗分類し，採集月別にその組成図を作成した。（図3,4）

表1－1　先代池におけるブルーギルの胃内容物（1983年）

Table 1－1. Stomac contents of bluegills in Sendai pond.(in 1983)

(volume %)

Month	August		September		October	November			
Total Length (mm)	<50	50≦	<50	50≦	50～80	<50	50~100	100～150	150≦
Insect									
Odonata（トンボ）							25.0		
Plectoptera（カワゲラ）				3.3			18.7		
Hemiptera（半翅目）				0.8					
Coleoptera（甲虫類）				2.3				12.5	
Diptera（ハエ，カ）				0.5					0.5
Hymenoptera（ハチ，アリ）		1.5		1.0					
Unidentified		4.4		2.8	1.5		25.0		
Crustacea									
Copepoda（ケンミジンコ）	99.0	78.6	96.0	77.8	93.3	95.0			
Isopoda（ダンゴムシ）				2.2					
Decapoda（スジエビ）								28.7	65.5
Pisces									
Gobiidae（ハゼ類）								46.3	
Scale of Fish（鱗）						5.0	6.3		
Aquatic vegetation（水草）	1.0	15.5		9.3	5.2		25.0	12.5	34.0

表1－2　先代池におけるブルーギルの胃内容物（1984年）

Table 1－2. Stomac contents of bluegills in Sendai pond.(in 1984)

(volume %)

Month	July		August		September		October		December	
Total Length (mm)	<50	50	<50	50	<50	50	<50	50	<50	50
Insect										
Monatoi（トンボ）										
Plectoptera（カワゲラ）										
Hemiptera（半翅目）										
Coleoptera（甲虫類）							25.0	1.1		
Diptera（ハエ，カ）	10.0						25.0	20.6		26.4
Hymenoptera（ハチ，アリ）	4.0							0.6		
Unidentified		10.0		25.0		35.9		3.3		
Crustacea										
Copepoda（ケンミジンコ）	86.0	80.0	85.7	60.0	100.0	27.3	50.0	72.7	100.0	71.4
Isopoda（ダンゴムシ）						17.6				
Decapoda（スジエビ）										
Pisces										
Gobiidae（ハゼ類）										
Scale of Fish（鱗）		10.0				2.5		1.7		
Aquatic vegetation（水草）			14.3	15.0		16.7				2.2

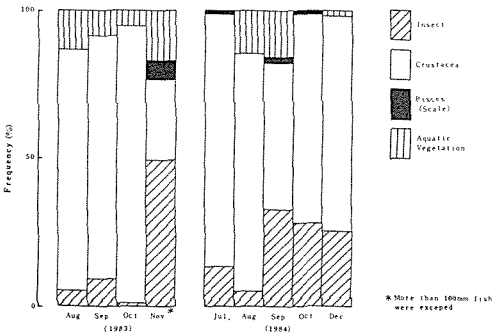


図3　先代池のブルーギルの胃内容物組成

Fig.3. Composition of stomac contents of bluegills in Manno pond.

A　先代池

結果を表1－1および表1－2に，またそれらの組成図を図3に示す。1983，1984年を通じていずれの月も*Copepoda*が圧倒的に多く捕食されており，ブルーギルの嗜好性の強いことが推察された。次に多く捕食されていたのが昆虫類で，また水生植物も少なからず捕食されていた。さらに量的には多くないが，魚の鱗が比較的頻繁に捕食されていたのが注目される。

1983年11月のサンプルは池干上げ時に採集されたものであるが，全長100mm未満は0歳魚，それ以上は1歳以上の魚である。0歳魚の食性は他の多くの月の場合と変わらないが，大型魚になるほど魚類（ヨシノボリと思われる）あるいはスジエビの胃内容物占有率が高くなっている。

B　満濃池

結果を表2－1および表2－2に，またそれらの組成図を図4に示す。満濃池ではさまざまな種類の昆虫（水生，陸生）がかなり捕食されており，特に*Diptera*（ハエ，カ，ブユ類）の幼虫が多かった。また1983年，1984年とも秋期の9，10月には*Daphnia*類，および*Copepoda*類が比較的多く捕食されていた。

1984年の4～6月にかけてはフナの卵が付着した水草ごと捕食されているのが多くの個体でみられた。また1983年9月にはアブラハヤのものと思われる魚卵がわずかの個体に捕食されていた。

表 2—1　満濃池におけるブルーギルの胃内容物（1983年）

Table 2—1. Stomac contents of bluegills in Manno pond. (in 1983)

(volume %)

Month	July		August		September			October		December	
Total Length (mm)	<100	100≦	<50	50≦	<50	50~100	100≦	<50	50≦	<50	50≦
Insect											
Odonata (トンボ)					21.3	2.4	2.7				
Plectoptera (カワゲラ)	0.4	8.1		2.3							9.1
Hemiptera (半翅目)						0.5					
Trichoptera (トビケラ)	1.9						5.4				
Lepidoptera (チョウ, ガ)					26.0	26.3	76.8				
Coleoptera (甲虫類)	0.4	3.1		0.7	8.3	35.5	13.5		0.4		
Diptera (ハエ, カ)	86.4	84.8	47.5	40.5	20.6	13.0		15.6	34.9		7.3
Hymenoptera (ハチ, アリ)										100.0	83.6
Unidentified						6.2			0.2		
Archnida (クモ)						0.9	1.6				
Annelida (イトミミズ)					7.1	0.2					
Crustacea											
Branchiopoda (ミジンコ)								84.4	50.7		
Copepoda (ケンミジンコ)					16.7	4.7			0.2		
Decapoda (エビ)		1.3		0.8							
Pisces											
(Egg)											
Phoxinus (アブラハヤ)						5.5					
Carassius (フナ)											
(Larva)											
(Scale of Fish)				6.8					0.2		
Aquatic vegetation (水草)	5.9	0.8	52.5	35.2		4.8			7.7		
Gravel (小礫)	5.0	1.9		13.7					5.7		

表 2 —2　満濃池におけるブルーギルの胃内容物（ 1984年 ）

Table 2—2. Stomac contents of bluegills in Manno pond. (in 1984)

(volume %)

Month	April		May		June		July		August		September		October
Total Length (mm)	<100	100≦	<100	100≦	<100	100≦	<100	100≦	<100	100≦	<100	100≦	100≦
Insect													
Odonata (トンボ)				25.0	11.9	5.3		9.1					
Plectoptera (カワゲラ)								5.2					
Hemiptera (半翅目)						1.9							
Trichoptera (トビケラ)							1.3	5.7	8.3	10.0	1.3		44.7
Lepidoptera (チョウ, ガ)													
Coleoptera (甲虫類)			0.8	15.0	3.2	8.7	0.4	8.6	1.1	1.3		2.0	1.8
Diptera (ハエ, カ)	43.5	49.0	80.3	60.0	61.3	24.3	80.1	37.8	88.9	60.0	46.8	44.6	43.0
Hymenoptera (ハチ, アリ)					5.4	12.5	3.9	14.6					
Unidentified	7.1		8.3			15.6	1.9	12.4					
Archnida (クモ)							1.8					0.4	
Annelida (イトミミズ)					6.3		0.4						
Crustacea													
Branchiopoda (ミジンコ)							3.7			12.5		1.1	1.8
Copepoda (ケンミジンコ)										11.2	31.3		
Decapoda (エビ)													
Pisces													
(Egg)													
Phoxinus (アブラハヤ)													
Carassius (フナ)	41.3	37.5	5.9			6.9							
(Larva)								1.3					
(Scale of Fish)											1.7		
Aquatic vegetation (水草)	8.1	13.5	4.7		11.9	24.1	5.2	2.4			17.2	50.2	1.8
Gravel (小礫)						0.7	1.3	2.9	1.7	5.0	1.7	1.7	6.9

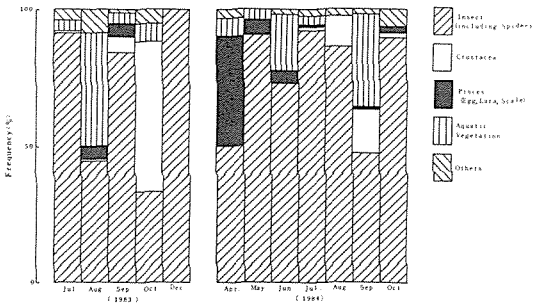


図4　満濃池のブルーギルの胃内容物組成

Fig.4. Composition of stomac contents of bluegills in Manno pond.

その他に水生植物が月によっては多くみられ，また先代池でもみられた魚の鱗がわずかに胃内容物中から検出された。さらに小礫（花崗岩）が毎回の胃内容物中から少量ずつ一定して検出されたのが注目される。

摂餌量

ブルーギルの摂餌状況を知るための指標として摂餌量指数（Feeding index, 以下ＦＩと言う）を求めた。ＦＩの算出には林・山口[6]の方法〔ＦＩ＝SCW/(BW−SCW)〕を改変し，生殖腺重量の増減による体重の変動をなくすために上式の分母から生殖腺重量を差し引いた。つまりＦＩの算出は以下の式による。

ＦＩ＝{SCW/(BW−SCW−GW)}×100

SCW：胃内容物重量，BW：体重，GW：生殖腺重量

A　先代池

全長と雌雄別のＦＩの関係を図5に，ＦＩの時期的な変動を図6に示す。全長とＦＩ値の相関は特に認められなかった。雌雄別のＦＩ値では雄の方がやや高い傾向にあるようであり，図6の雌雄別の平均値をみると，各採集回時ともすべて雄が雌の値を上回った結果となった。時期的な変動では変動幅は比較的小さく，特に傾向的なものは認められなかった。

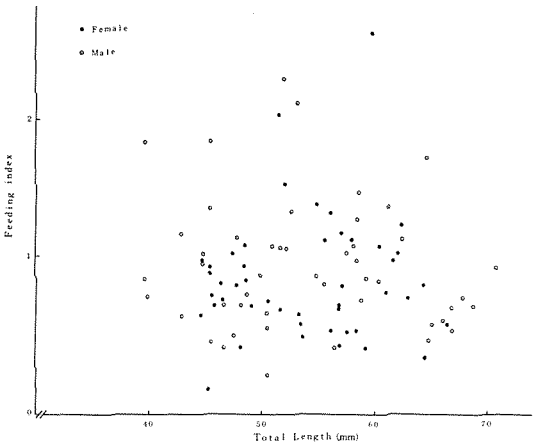


図5　先代池における全長と雌雄別のＦＩとの関係

Fig.5. Relationship between total length and distinct feeding index from sex of bluegill in Manno pond.

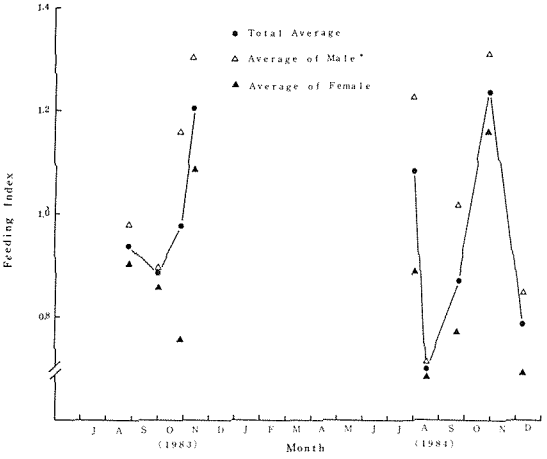


図6　先代池におけるＦＩの時期的変動

Fig.6. Seasonal fluctuation of feeding index of bluegill in Sendai pond.

B　満濃池

全長と雌雄別のＦＩとの関係を図7に，ＦＩの時期的な変動を図8に示す。満濃池では全長とＦＩ，および雌雄とＦＩとの相関は全く認められなかった。時期的な変動では1983年10月と1984年8月にＦＩ値のピークがみられ，1983年の8月と10月および1984年の6月と9月には低下のピークがみられ

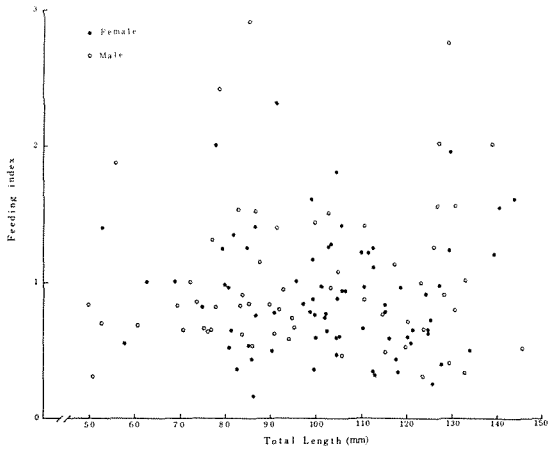


図7　満濃池における全長と雌雄別のＦＩとの関係

Fig.7. Relationship between total length and distinct feeding index from sex of bluegill in Manno pond.

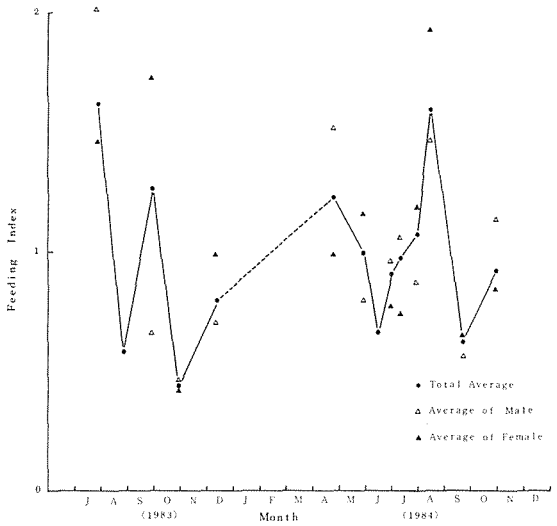


図8　満濃池におけるＦＩの時期的変動

Fig.8. Seasonal fluctuation of feeding index of bluegill in Manno pond.

表3　各所におけるブルーギルの食性

Table 3. General food habit of bluegills in various localities.

Researcher	McCORMICK[7]		BAUMANN[8]	GOODSON[9]		MORGAN[10]	LEONARD[11]	PARKS[12]	丸　山[13]	寺　島[14]
Locality (Lake)	Reelfoot		Wingra	Pine Flat		Buckeye	Ford	Winona	Hitotsuse	Biwa
Size of Bluegill (mm.TL)	80 ~ 123		~ 75	102 ~ 250		–	132 ~ 160	106 ~ 138*	99 ~ 177	ave. 138
Method of Analysis**	V	O	N	V	N	V	V	V	V	W
Insect										
Ephemeroptera (カゲロウ)	1.0	1.0	16.7					9.2		
Odonata (トンボ)	2.8	5.0	13.8	5.6	+	6.0	82.4	0.6		1.4
Hemiptera (半翅目)	1.6	4.0	1.5	1.6	+	0.9.				
Trichoptera (トビケラ)						5.3	0.7	8.5		
Lepidoptera (チョウ, ガ)				+				2.9	6.7	
Coleoptera (甲虫類)	0.1	1.0		2.6	1.2	2.7	0.2	0.4	0.2	
Diptera (ハエ, カ)	34.6	56.0	53.8	49.8	24.0	50.2	0.5	32.8	23.3	1.6
Hymenoptera (ハチ, アリ)				2.7	3.1			0.3		
Other Insects	0.2	2.0	6.0					4.6	46.6	0.1
Archnida (クモ)				6.8	2.3	+				
Annelida (イトミミズ)				+	+		4.0			
Crustacea										
Branchiopoda (ミジンコ)				7.4	30.0			4.9		
Copepoda (ケンミジンコ)				+	1.2					
Decapoda (エビ, ザリガニ)						0.5				90.2
Other Crustaceas	5.8	21.0				0.1				
Mollusca (貝類)	1.3	5.0	2.2			0.5	2.6	4.5		0.3
Pisces										
Egg				7.6	36.4	13.5				0.8
Larva				6.9	+				6.7	3.1
Aquatic vegetation (水草)	52.6	83.0				20.1	0.4	23.1	16.5	0.2
Other Contens			6.0			0.1	9.2	8.2		0.5

*　Fork Length

**　V : Volume percentage　　V：容量法，ある項目の容積が占める胃内容物中の割合

O : Occurrence percentage　　O：出現頻度法，魚の総数に対し，ある項目が出現した魚の個体数の割合

N : Number percentage　　N：個体数法，ある生物の個体数が全捕食生物数に占める割合

W : Weight percentage　　W：重量法，ある項目の重量が全胃内容物重量中に占める割合

(+) means less than 0.1% or trace.

た。ＦＩ値の変動状況は先代池の場合に比べ，かなり激しいようであった。

ブルーギルの食性については，原産地の北アメリカでは古くから数多くの報告があり，日本でも数例の知見が得られている。それらの成果をとりまとめ一覧表にしたのが表３である。

北アメリカにおけるブルーギルの食性は*Diptera*（主にユスリカ類の幼虫）を主とする昆虫食であり，次いで水生植物も少なからず捕食されている。満濃池の場合はこれらの胃内容物組成と酷似し，また４～６月にかけてのブルーギルは魚卵を相当量捕食しているとの報告もあり，（MORGAN[10], APPLEGATE *et al.*[15], GOODSON[9]）この点においても満濃池の場合と一致する。GOODSON[9]はブルーギルはその季節に最も多い食物を捕食すると指摘しているが，満濃池の場合もそれに当てはまるようである。

一方先代池では*Copepoda*が周年を通じてブルーギルの主食となっていたが，これは餌料となる生物相が北アメリカの例や満濃池などとは大きく相異していることによるものと考えられる。満濃池は前述のようにダム的要素の強い池であり，流入する河川も数本存在する。従って周年を通じてさまざまな昆虫類が生息し，それがブルーギルの主食となっているものと思われる。一方先代池の場合は流入河川もなく，生息する昆虫相は貧弱である。しかし田中[16]の報告にみられるように，栄養塩類が豊富であり，それが*Copepoda*等のプランクトンの発生を助長している可能性が考えられる。

さらに先代池のブルーギルは大部分がその年に発生した小型魚であるため，大型の昆虫類を捕食できないことも考えられる。SIEFERT[17]は全長５～16mmのブルーギル仔稚魚の食性を調べた結果，胃内容物の大部分が*Copepoda*を主とする小型甲殻類で占められていたと報告しており，このことからも*Copepoda*が小型のブルーギルに利用されやすいことが推察できる。

先代池での全長100mm以上の大型ブルーギルの食性は寺島[14]の琵琶湖における食性に酷似し，魚類あるいはエビ類が主体となっている。ところが原産地の北アメリカでは，エビ類の多く生息する水域でもそれらを捕食するのはオオクチバス，グリーンサンフィシュ等の魚であり，ブルーギルにはほとんど捕食されていない。（PARKS[12], APPLEGATE *et al.*[15]）

寺島[14]によれば琵琶湖では近年，水草地帯の拡大によりエビ類の資源量が増加し，また同湖にはエビ類を主食とする魚類が存在しなかったため，ブルーギルの主食となったのであろうと述べている。

先代池ではスジエビは養殖対象種となっており，1983年11月の池干上げ時には約50kgの漁獲があり，エビの平均体重0.69gで割ると生息尾数は約72,000尾となる。それを池底1m²に換算すると1.18尾／m²の生息密度となる。

一方満濃池でもスジエビの生息は確認されており（田中[16]），1956年当時約17kgのスジエビが生息していたという。いささか古い記録ではあるが，池の状況は当時とほとんど変わっていないものと思われるので，先代池の場合と同様に生息密度を試算すると，0.01尾／m²となる。

つまり満濃池ではスジエビの生息密度が著しく低いことに加えて，ブルーギルの嗜好性のより高い昆虫類が多いためにエビ類はほとんど捕食されないものと考えられる。一方先代池では琵琶湖と同様にエビ類の生息密度が高く，また他の昆虫類が少ないため，スジエビを捕食し得る大型のブルーギルによってかなり捕食されているものと思われる。

ところで本研究では胃内容物中に満濃池では小礫および魚の鱗が，先代池でも鱗が検出された。これらのものは従来の知見にはみられず，特筆すべきものと言えよう。満濃池は底質の大部分が風化した花崗岩で形成されており，胃内容物中にみられた小礫はおそらくこの花崗岩の細片が他の餌料生物と同時に捕食されたものであろう。MORGAN[10]はブルーギルは普通水底付近で摂餌活動をするとし，APPLEGATE *et al.*[15]は胃内容物中からわずかながらデトライタスが検出されたと報告している。これらの知見を考え合わせると，満濃池のブルーギルも水底近くで索餌行動をし，水底をさかんについばんでいる様子が想像される。

鱗については，それが捕食された理由は明確にできなかった。一部の魚族（淡水魚では*Cichlidae*，*Characidae* 等）には魚の鱗を選択的に捕食する魚種も知られているが（松原・他[18]，SAZIMA[19]，NSHOMBO *et al.*[20]），それらの魚は泳いでいる魚の体表を攻撃して鱗をはぎ取るのであり，従来の知見をみる限りにおいてはブルーギルにそのような習性は認められないようである。可能性としては，水底を索餌中に落下している鱗が捕食されたこと，あるいは死んだ魚の体表をついばんでいることなどが考えられる。

ブルーギルの摂餌量については，その時期的な変動に関する報告は見当たらなかった。摂餌量は当然魚の摂餌欲に大きな関係があると思われるが，湖沼のような比較的閉鎖的な水域では魚の摂餌欲よりもむしろその時の餌料生物量に左右される可能性が高いと考えられる。つまり餌料生物の多い時期には摂餌量も多く，少ない時期には当然減少すると考えるのが一般的であろう。先代池，満濃池ともＦＩ値の低い時期は何らかの原因で餌料生物が不足しているものと考えられる。

満濃池においては，1983，1984年とも秋期にＦＩ値の急激な低下がみられるが，これは後述するように水位の低下による餌料不足が原因であると思われる。またMORGAN[10]は産卵期のブルーギルは摂餌活動が活発になるとしているが，満濃池で6月から8月にかけてＦＩ値が漸増しているのはこのことも一つの原因となっているものと考えられる。

2 成　熟（Maturation）

性　比

A　先代池

全長別の性組成を図9に示す。全長40mm 未満および90mm 以上の個体はサンプル数が少なかったために正確な性比は表わされていない。その間のサイズでは雌雄とも全くといっていいほど同じ頻度で出現しており，性比に差は認められないようであった。

B　満濃池

全長別の性組成を図10に示す。こちらの方も全長50mm 未満と150mm以上の魚では正確な性比は表わされていないが，全長80～120mmの間で明らかに雌の方が多い傾向が認められた。

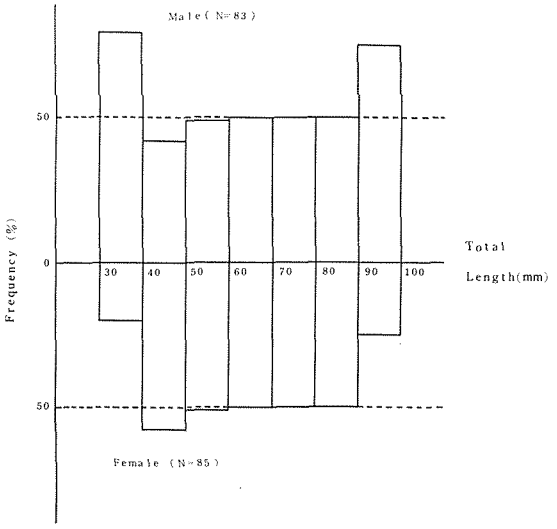


図9　先代池における全長別の性組成

Fig. 9. Sexual composition of bluegill divided with total length in Sendai pond.

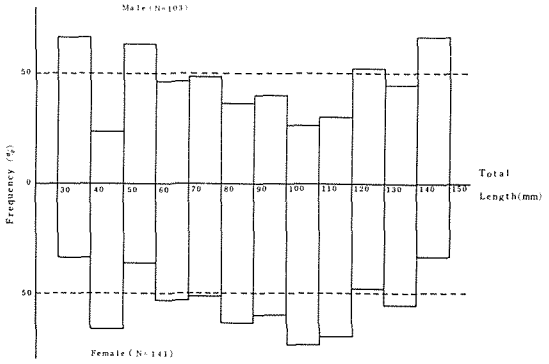


図10　満濃池における全長別の性組成

Fig.10. Sexual composition of bluegill divided with total length in Manno pond.

産卵期

産卵期を推定する指標として生殖腺指数（Gonad-somatic index，以下ＧＳＩと言う）を算出した。ＧＳＩは通常生殖腺重量の体重に占める割合，あるいは体重が体の長さの３乗に正確に比例する魚では標準体長の３乗に占める割合で表わされる。

ブルーギルの場合，後述するように体重は体の長さの３乗には比例しないので，前者の方法を用いることとし，摂餌状態の差による体重の変動を取り除くために胃内容物重量を，また生殖腺自体の増減による体重の変動を取り除くために生殖腺重量をそれぞれ体重から差し引いた。すなわちＧＳＩの算出は以下の式による。

ＧＳＩ＝｛GW/(BW−SCW−GW)｝×100

GW:生殖腺重量，BW:体重，SCW:胃内容物重量

A　先代池

ＧＳＩの時期的な変動を図11に示す。図に示した

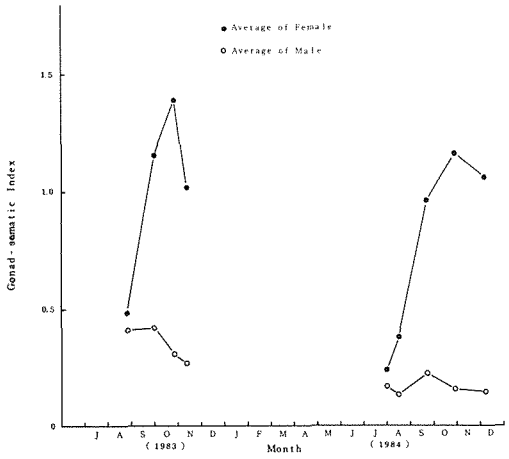


図11　先代池におけるＧＳＩの時期的変動

Fig. 11. Seasonal fluctuation of gonad-somatic index of bluegill in Sendai pond.

値はすべて０歳魚のものであるが，雌の最大値でも２以下であり，全体的に低水準にある。傾向的には1983，1984年ともほとんど同じであり，雄の場合はほとんど変化がなく，雌は10月までＧＳＩの増加が続き，その後やや減少するようである。しかしブルーギルに関する多くの知見から考えても０歳魚は産卵に関与しないものと思われ，ＧＳＩの変動から産卵期の推定はできなかった。

B　満濃池

ＧＳＩの時期的な変動を図12に示す。1984年の

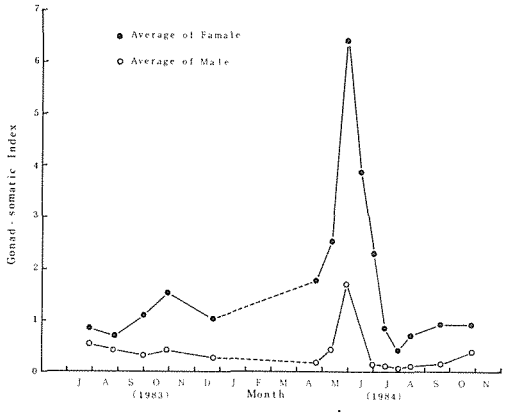


図12　満濃池におけるＧＳＩの時期的変動

Fig. 12. Seasonal fluctuation of gonad-somatic index of bluegill in Manno pond.

結果をみると，４月下旬から雌雄ともＧＳＩの急激な増加がみられ，５月の最下旬にそれぞれ最大値を示した。その後は７月下旬まで低下が続き，８月以降はやや増加の傾向が認められるようであった。

個体別のＧＳＩでは，５月中旬に全長87.1mm（１歳魚と思われる）の雌で値が3.4を示すものが現れ，SCHOFFMAN [21]，CARLANDER [22] の報告にみられるように，満１歳で成熟し，産卵に関与している個体もあるものと思われる。またＧＳＩのピーク時には全長110mm 以上の雌でＧＳＩ値が10を越えるものも現れ，大型魚ほど産卵量が多いものと思われた。この点においてはSNOW *et al.*[23] の報告と一致する。

以上のように満濃池のブルーギルには産卵に関与していると思われる個体が多く，ＧＳＩの変動から産卵期を推定すると，６月上旬から７月下旬までの約２ケ月間ではないかと考えられる。

ところで性比については，雌雄の成長差が関係している可能性が強いので，次の成長の章で考察を加えることにする。

次に産卵期について，先代池の場合，大部分がその年発生した0歳魚であり，従来の知見には0歳ですでに成熟し，産卵すると報告しているものはみられない。実際に生殖腺を調べても，明らかに成熟しているものは1個体もみられなかった。従って先代池の場合も0歳魚では産卵に関与せず，図11のＧＳＩの変動は翌年以降の産卵に備えての生殖腺の発達を表わしているものと考えられる。

一方満濃池の場合は，産卵に関与していると思われる個体が比較的多く得られたため，ＧＳＩの変動によりその産卵期は6月上旬～7月下旬であろうと推定され，その時の表層水温はおよそ22～30℃であった。

従来の知見ではブルーギルの産卵期は5～8月（MORGAN [10]，SNOW *et al.* [23]），6～9月（SCHOFFMAN [21]，中村・他[24]），6～7月（寺島[14][25]）とされており，水温がおよそ20℃を越えるようになると雄が産卵巣を作り始め，産卵活動に入るようである。

満濃池の場合も従来知られている産卵期および水温とほぼ一致するが，産卵期間はやや短いようである。また1尾の雌が多回産卵することも知られているが（SCHOFFMAN [21]，CARLANDER [22]，中村・他[24]），本研究においては多回産卵の実態は確認できなかった。

3　成　長（Growth）

相対成長

(1)　全長－体重関係

A　先代池

先代池のブルーギルは前述のように大部分が0歳魚で占められているが，1983年11月の池干上時に得られた大型魚を含めて全長－体重関係を求め，その結果を図13に示す。全長－体重関係は他の多くの魚類と同じくべき乗式で表わされ，以下のようになった。

$$BW = 1.752 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.562} \quad (r = 0.971)$$

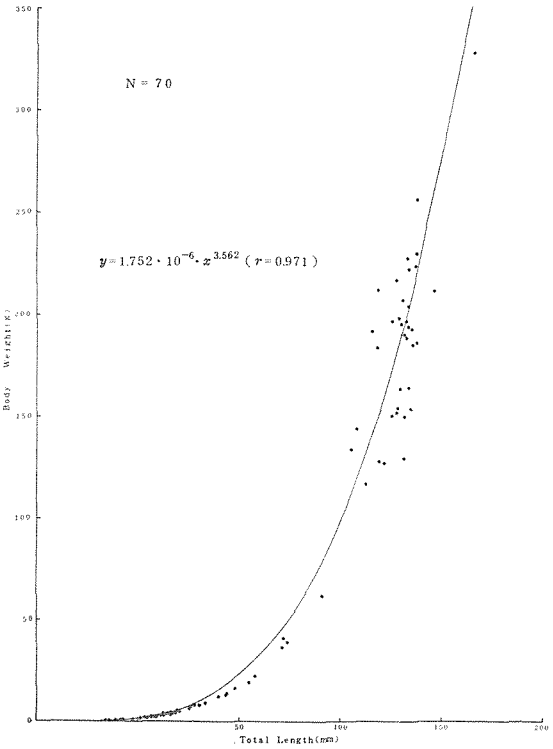


図13　先代池のブルーギルの全長と体重の関係

Fig. 13. Relationship between total length and body weight of bluegill in Sendai pond.

BW：体重，TL：全長

B　満濃池

満濃池の全長－体重関係は図14に示す通りで，上と同様に回帰式を求めると以下のようになった。

$$BW = 6.102 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.221} \quad (r = 0.978)$$

べき乗回帰式における全長の乗数は，多くの魚類では3に極めて近いのが通常であるが，ブルーギルの場合は先代池，満濃池とも3をかなり上回った値となった。特に満濃池のブルーギルでは，全長130 mmを越える個体の値はすべて回帰曲線の上方に位置しており，大型の個体になるほどこの乗数はさらに大きくなるものと思われる。

また先代池の場合，全長の乗数が3.562と著しく

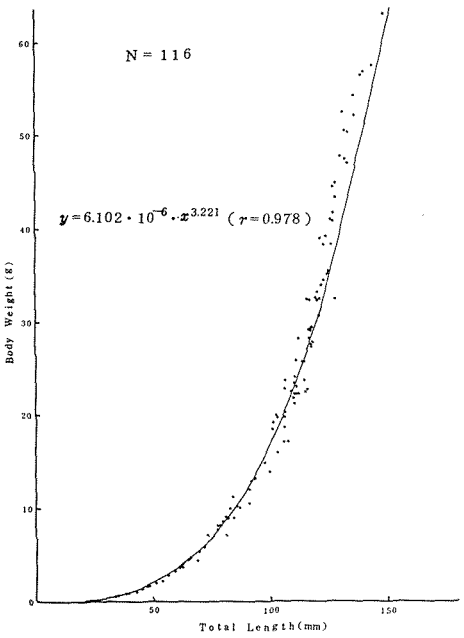


図 14 満濃池のブルーギルの全長と体重の関係

Fig. 14. Relationship between total length and body weight of bluegill in Manno pond.

大きな値になったが，これは食性の章でも述べたように，大型魚の生息密度が著しく低く，また小型魚には捕食できない大型の餌料生物が大量に生息しているため，それが成長に反映したものと考えられる。

全長の増加に伴う体重の増加状況をさらに詳しくみるために，上記の2つのグラフを両対数目盛を用いてプロットし直したものを図15－A，Bに示す。先代池では全長65mm付近に，満濃池では全長60mmおよび110mm付近にそれぞれ変曲点が認められ，その時点から体重の増加率が高くなっていることを示している。

ブルーギルの全長－体重関係については，原産地の北アメリカでも調べられているが，（LANE [26] SERNS and STRAWN [27]）全長の乗数は3.018～3.306の範囲であり，体重の増加率は本研究におけるブルーギルよりもやや低いようである。また CARLANDER [22] は北アメリカにおいてはほとんどの場合全長の乗数は3を上回り，さらに栄養状態がよければ体重の増加率はさらに高くなるとしており，

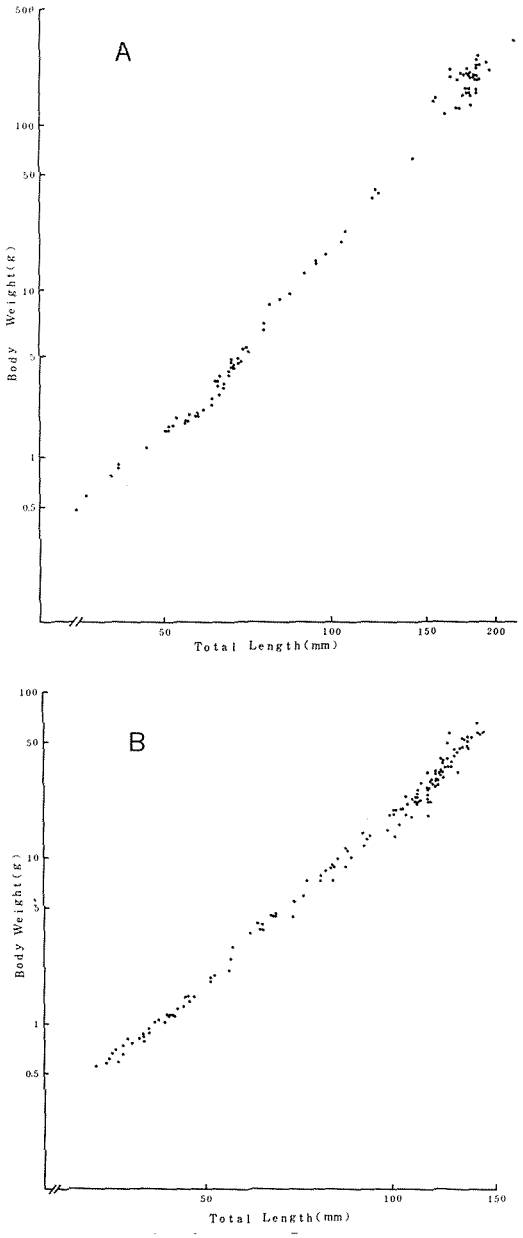


図15 対数表示によるブルーギルの全長と体重の関係（A先代池，B満濃池）

Fig. 15. Relationship between total length and body weight of bluegill expressed with logarithm. (A Sendai pond, B Manno pond)

先代池のブルーギルの場合，全長の乗数が著しく大きくなったのはこのことからも説明できよう。

(2) 全長－体高関係

ほとんどの魚類では全長と体の各部の長さとは全長の大小にかかわらず，一定の比率を示すものである。しかし本研究で調べたブルーギルの全長と体高の関係は必ずしもその一般論に当てはまらないようである。その全長—体高関係を調べるために，全長—体重関係と同様にその関係を求めた。

A 先代池

先代池のブルーギルの全長—体高関係を図16に示す。各種の回帰式を用いて回帰分析を試みたが，べき乗回帰における相関が最も高く，（r = 0.997）全長の増加に伴って体高が相対的に大きくなることが示された。回帰式は以下の通りである。

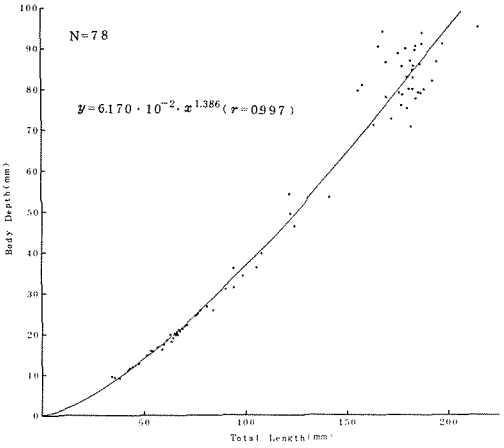


図16 先代池のブルーギルの全長と体高の関係

Fig. 16. Relationship between total length and body depth of bluegill in Sendai pond.

$$BD = 6.170 \cdot 10^{-2} \cdot TL^{1.386} \quad (r = 0.997)$$

BD：体高 ； TL：全長

B 満濃池

満濃池のブルーギルの全長—体高関係を図17に示す。①一次回帰②指数回帰③べき乗回帰によりそれぞれ回帰式を求めると

① $BD = -6.664 + 0.408 \cdot TL \quad (r = 0.995)$

② $BD = 6.140 \cdot e^{0.0165 \cdot TL} \quad (r = 0.978)$

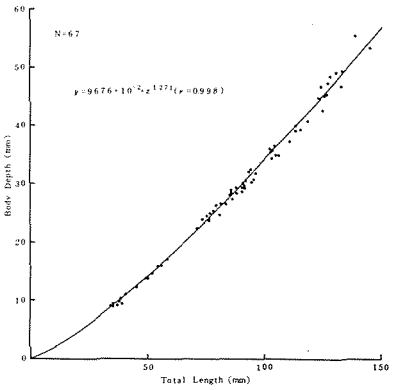


図17 満濃池のブルーギルの全長と体高の関係

Fig. 17. Relationship between total length and body depth of bluegill in Manno pond.

③ $BD = 9.676 \cdot 10^{-3} \cdot TL^{1.271} \quad (r = 0.998)$

となりやはりべき乗回帰が最も相関係数が高かったが，他の2式も相関は決して低くなかった。しかし①式では全長16.3mmから体高の増加が始まることになり，また②式では逆に全長が0の時の体高が6.1mmになるといった現実との矛盾が生じてくる。

従って実際の成長に近く，かつ相関の最も高い③式を採用することにした。また全長－体重関係式において，全長の増加に伴って体形の変化しない魚では3であるべき全長の乗数が3よりも上回っていることから考えても，成長につれて体形に何らかの変化が生じていると考えるのが自然であろう。

つまり満濃池のブルーギルも先代池と同じく全長の増加に伴って体高の増加率が増しているということになる。

(3) 全長－鱗径関係

鱗による年令査定の一環として全長－鱗径関係を調べた。

A 先代池

先代池のブルーギルの全長－鱗径関係を図18に示す。全長－鱗径のグラフは図17の全長－体高のグラフに非常によく似ており，体高と同じく次のようなべき乗回帰が最も高い相関を示した。

$$SR = 4.168 \cdot 10^{-3} \cdot TL^{1.349} \quad (r = 0.993)$$

SR：鱗径，　TL：全長

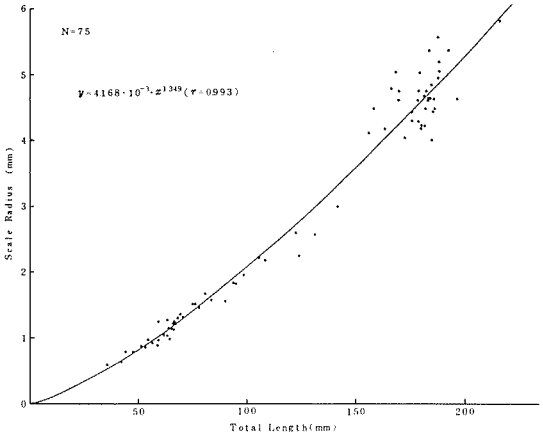


図18. 先代池のブルーギルの全長と鱗径の関係

Fig.18. Relationship between total length and scale radius of bluegill in Sendai pond.

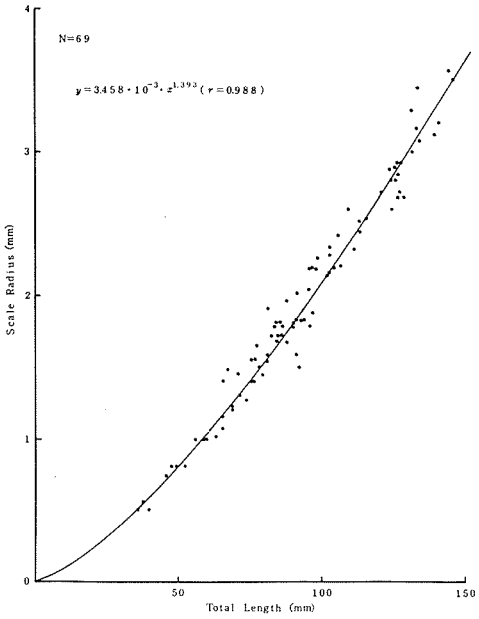


図19　満濃池のブルーギルの全長と鱗径の関係

Fig.19. Relationship between total length and scale radius of bluegill in Manno pond.

B　満濃池

満濃池のブルーギルの全長－鱗径関係を図 19 に示す。満濃池の場合は以下の 2 式が高い相関を示した。

④ $SR = -0.654 + 2.781 \cdot 10^{-2} \cdot TL \quad (r = 0.983)$

⑤ $SR = 3.458 \cdot 10^{-3} \cdot TL^{1.393} \quad (r = 0.988)$

上記の 2 式は相関係数がほとんど変わらないのでどちらを採用するかが問題となってくる。従来はブルーギルの鱗径と体の長さとは一次式的な関係にあるとされてきた（RICKER [28], LANE [26], SERNS and STRAWN [27]）。

④の一次回帰式では鱗径が 0 の時の全長は 23.5 mm となり，つまりその時点から鱗の形成が開始されるということになる。中村・他[29]によればブルーギル仔魚の鱗の形成は全長 14mm～15mmから開始されるとし，23.5 mmという値はそれよりはかなり大きいが，しかし実際の成長過程を表わしているという点では④式は妥当性があると言える。

しかし前述のように全長－体高関係では全長の増加に伴って体高が相対的に大きくなることが判明しており，その体高の相対的増加につれて体表を覆っている鱗も相対的に大きくなっていると考えるのが自然ではないだろうか。

もし体高が大きくなっても鱗径は相対的に変化しないとするならば，体表の横列鱗数が増えていることが考えられる。この点を検討するために各サイズのブルーギルの横列鱗の計数を試みたが，特に小型魚では背鰭基底部および腹部の微細な鱗の計数が難しく，正確な数値は得られなかった。

しかし体表の横列鱗数はおおむね側線鱗の上方が 6 枚，下方が 13～16 枚の範囲であり，全長の差による変異は認められないようであった。

以上のことから考えて，鱗径は体高の相対的増加に伴って大きくなっており，鱗の形成が全長 0 mm から始まることになるという矛盾点はあるが，全長－鱗径関係は全長－体高関係と同じくべき乗式で表わされるのが妥当であると思われる。

雌雄の成長

前章で両池のブルーギルの性比を図 9，図10に示したが，先代池では雌雄の性比はほとんど同じであり，満濃池では全長80～120mmの間で雌の方が多い

傾向が認められた。つまり全長80 mm程度までは雌雄の成長に差はないが，それ以降は雌の方が雄の成長を上回っている可能性が考えられた。

ブルーギルの成長については雄の方がよいとするもの（SCHOFFMAN [21], LANE [26], 中村・他 [24], 赤崎・他 [30], 大阪淡水試 [31][32]），雌の方がよいとするもの（MORGAN [10], SERNS and STRAWN [27]），およびほとんど差がないとするもの（RICKER [28]）があり普遍的な傾向は認められていない。

ところで大阪淡水試[32]によればブルーギルの雌雄には明らかに胃重量の相異が認められるという。つまり雄は雌よりも大きな胃を持っており，その差が摂餌量にも現れ，さらには成長差に影響をおよぼしているとしている。

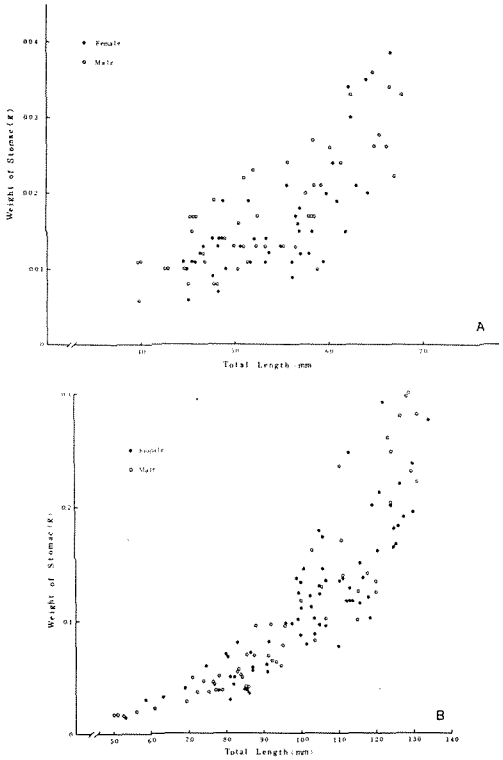


図20　ブルーギルの全長と胃重量の関係
（A先代池，B満濃池）

Fig. 20. Relationship between total length and weigth of stomac of bluegill (A Sendai pond , B Manno pond).

摂餌量については前に述べたが，先代池では雄の方が若干多い傾向があり，満濃池では雌雄による差は認められなかった。さらに大阪淡水試の報告している胃重量については，全長との関係を雌雄別に図20－A（先代池）および図20－B（満濃池）に示す。

全長と胃重量の関係はいずれもべき乗式で表わされ，それぞれの回帰式は以下の通りであった。

A　先代池

雄　$SW = 2.317 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{2.247}$ ($r = 0.606$)

雌　$SW = 1.773 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{2.265}$ ($r = 0.671$)

B　満濃池

雄　$SW = 4.419 \cdot 10^{-8} \cdot TL^{3.192}$ ($r = 0.957$)

雌　$SW = 6.449 \cdot 10^{-8} \cdot TL^{3.100}$ ($r = 0.893$)

SW：胃重量，TL：全長

上記の4式はすべて危険率 $P < 0.01$ のレベルで有意な相関が認められたので，各式を $\log SW = A + B \log TL$ の形に変形し，両池の雌雄について t 検定により，AおよびBの値を比較した。t 検定の結果，両池の雌雄とも危険率 $P > 0.05$ となり統計的に有意な差はないと判断された。すなわち，香川県におけるブルーギルの胃重量は，大阪府の場合のように雌雄による差は認められなかった。

ところで本研究において性比に差がみられたサイズのブルーギルは，ほとんどが釣りにより採集されたものであり，MORGAN によれば産卵期に釣れるのは大部分が雌であったという。もしMORGAN[10]の報告が普遍的なものであるとするならば，満濃池においては採集方法の偏りによる誤差も否定できない。さらに大阪淡水試[32]の報告したような雌雄の胃重量の差も，本研究においては全く認められなかったことから考えても，少なくとも香川県に生息するブルーギルには雌雄の成長差はほとんどないとみるべきではないだろうか。

年間成長

年間の成長状況を知るために，採集個体の月単位の成長を調べた。

A　先代池

全長組成は1983年11月に得られた1歳魚以上の大型魚は除いて表わし，1983年8月から1984年12月までの結果を図21に示す。また平均全長の変動

状況を図22に示す。

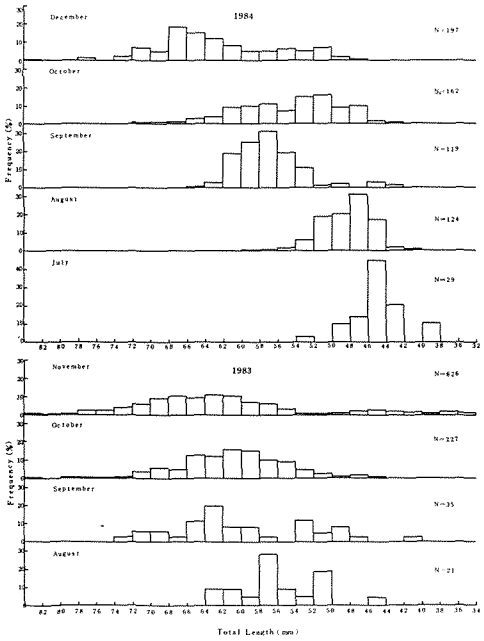


図 21 先代池における採集魚の全長組成

Fig. 21. Size composition in total length of bluegill in Sendai pond.

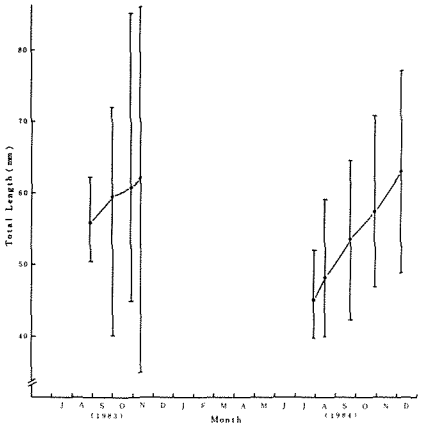


図 22 先代池における採集魚の全長の変動状況（ •は平均値，縦軸は範囲を示す）

Fig. 22. Fluctuation of total length of captured bluegill in Sendai pond. (•mean the average, and longitudinal bars mean the ranges)

先代池では産卵期の特定はできなかったが，おそらく他の多くの場合と同じように5～8月にかけて産卵が行なわれるものと思われる。1984年の場合では産卵期の初期に発生した仔魚が7月下旬の時点で平均全長約45mmに成長し，12月には47.8～84.0mm，平均63mmになっている。

0歳魚の成長にはかなりばらつきがみられるが，先代池は前述のように餌料生物が豊富であると思われるので，餌料不足ということは考えにくい。可能性としてはSCHOFFMAN [21], SNOW *et al.*[23] が指摘しているように産卵期が比較的長いことに起因していることが考えられる。

B　満濃池

1983年7月から1984年10月までの全長組成を図23に示す。満濃池では魚の採集方法がさまざまで，

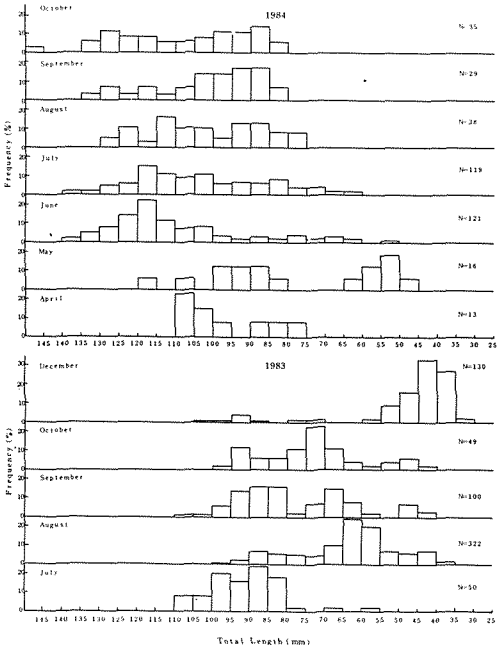


図 23 満濃池における採集魚の全長組成

Fig. 23. Size composition in total length of bluegill in Manno pond.

また十分な標本数も得られなかったため全長組成に一般的な傾向はみられなかった。1983年は12月以外

は投網および籠網による採集物であり，1984年は主として釣りによる採集物であるが，釣りによるブルーギルは他の採集法よりも大型魚が得られている。

HUBBS and COOPER* は水槽内で大小のブルーギルを同時に飼育したところ，大型魚の方が圧倒的強者になり，小型魚に餌を取らせなかったという。釣りによる採集で大型魚が多かったのはこのことから説明できよう。

肥満度

成長に伴って体形の変化しない魚では体重は魚体の体積に比例し，体積は体の長さの3乗に比例する。つまり理論上は$BW = a \cdot SL^3$という関係が成立するわけである。肥満度の考え方はこの理論に基づき，上式のaの値を表わしたもので，一般に

$$CF = (BW/SL^3) \times 10^3 \cdots\cdots ⑥$$

CF：肥満度，BW：体重，SL：標準体長

で求められる。久保・吉原[33]によればこの方法による肥満度は通常の魚で5～50の範囲に入るとしている。本研究でもまずこの方法による肥満度の算出を試みた。

全長100mmまでのブルーギルでは肥満度がおおむね20～40の範囲に入ったが，全長100mmを越えるものでは前述のように体重の相対的増加がかなりあるため，肥満度の値が100を越えるものも現れた。

つまりブルーギルのように体重が体の長さの3乗に比例しない魚では肥満度の算出に上式を用いるのは不適当であると考えられる。従って本研究では⑥式の標準体長の乗数に全長－体重関係で求められた全長の乗数を用いることにした。さらに摂餌状況および生殖腺重量の変動による体重の変動をなくすために，体重から胃内容物重量および生殖腺重量を差し引いた。すなわち両池のブルーギルの肥満度の算出は以下の式による。

A 先代池 $CF = \{(BW-SCW-GW)/SL^{3.365}\} \times 10^3$

B 満濃池 $CF = \{(BW-SCW-GW)/SL^{3.221}\} \times 10^3$

CF：肥満度，BW：体重，SCW：胃内容物重量，GW：生殖腺重量，SL：標準体長

先代池の場合，全長100mm以上の大型魚を含めた回帰式の全長の乗数は3.562であったが，ここでは0歳魚だけの肥満度を求めるために0歳魚だけの全長－体重の回帰式を求めると

$BW = 2.882 \cdot 10^{-6} \cdot TL^{3.395}$ ($r = 0.998$)

となり，大型魚を含めた場合より高い相関が得られた。従って上式の全長の乗数3.395を用いることにした。

A 先代池

先代池におけるブルーギルの肥満度の時期的変動を図24に示す。1983，1984年とも同様の傾向を

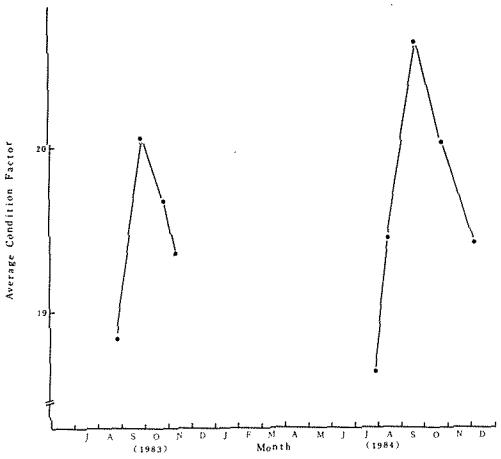


図24 先代池における肥満度の時期的変動
Fig.24. Seasonal fluctuation of condition factor of bluegill in Sendai pond.

示し，いずれも10月まで増加し，その後は減小している。これをGSIの変動（図11）と比較すると，ピークがGSIの場合に比べて約1ケ月早く現れている。これは夏期には肥満度が増加するが，その後生殖腺の発達に伴って体がいく分やせてくるのではないかと考えられる。

B 満濃池

満濃池におけるブルーギルの肥満度の時期的変動を図25に示す。満濃池の場合，肥満度の変動は先代池に比べかなり激しかった。1983，1984年とも10月の値が大きく低下しているが，これは後述する水位の低下による餌料不足が大きく影響しているものと考えられる。

* SCHOFFMAN[21] より引用

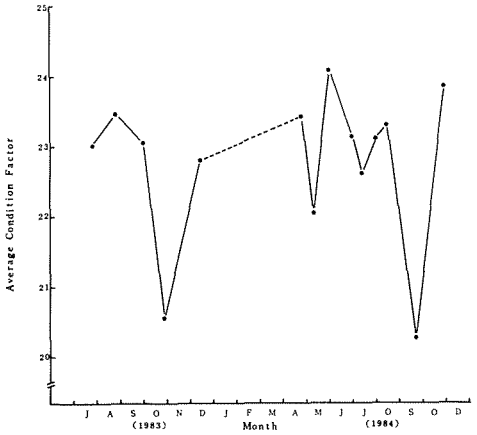


図25　満濃池における肥満度の時期的変動

Fig. 25. Seasonal fluctuation of condition factor of bluegill in Manno pond.

また1984年5月にピークが認められるが，これは前述のＧＳＩのピークと一致する。（図12）先代池の産卵に関与しない0歳魚の場合は，ＧＳＩのピーク時には肥満度の減少がみられたが，満濃池のように産卵に関与するものはMORGAN [10] の言うように摂餌活動が活発になり，それに伴って肥満度も増加するものと推測される。

年　令

鱗に出現する輪紋を用いた年令査定を試みた。先代池においては0歳魚が大部分を占め，0歳魚で鱗に輪紋が形成されている個体は全くみられなかった。1983年11月の池干上時に採集された大型魚の中には数個の輪紋が認められるものもあったが，得られた個体数が少なく，また周年にわたり輪紋形成魚が得られていないため，輪紋による年令査定を行なうまでには至らなかった。

一方満濃池ではほとんどの採集個体に明瞭な輪紋がみられ，これを用いて年令査定をなった。つまり以下の年令査定は満濃池のブルーギルに関するものであり，また雌雄の成長差については明確にできなかったため，ここでは成長差はないものとして雌雄を一括して取り扱った。

(1)　輪紋の形成時期

輪紋の形成時期の推定には一般に鱗の縁辺成長率（Marginal growth rate，以下ＭＧＲと言う）の変動が用いられており（三尾[34]，国行・他[35]，岡田・他[36]），これらの例では以下の式によってＭＧＲが算出されている。

$$MGR=(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$$

Ｒ：鱗径，r_n：ｎ番目の輪紋径

本研究でも上式を用いてＭＧＲの算出を試みたが，満濃池の場合，後述するように輪紋径に非常にばらつきが多く，ＭＧＲの値が1を越えるものも少なくなかった。

そこで上式の分母を鱗径Ｒに置き換え，縁辺の鱗径全体に対する割合でＭＧＲを表わすことにした。すなわち本研究で用いたＭＧＲの算出式は以下の通りである。

$$MGR=\{(R-r_n)/R\}\times 100$$

上式を用いて算出したＭＧＲの時期的な変動状況を図26に示す。ＭＧＲは1983，1984年とも8月

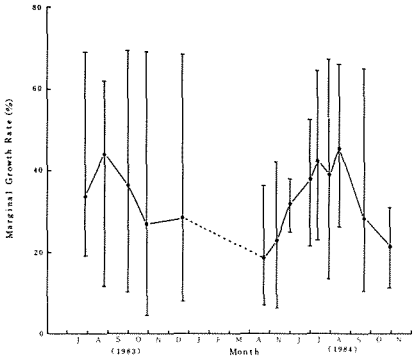


図26　満濃池における鱗の縁辺成長率の時期的変動（・は平均値，縦軸は範囲を示す）

Fig. 26. Seasonal fluctuation of maginal growth rate of scale on bluegill in Manno pond.（•mean the average, and longitudinal bars mean the ranges）

にその年の最大値を示した。それ以降は徐々に減小していき，1983年12月には再び増加の傾向を示した。

個体としてのＭＧＲは鱗の成長に伴って増加して

いき，新たな輪紋が形成されると同時に0になり，その後また次の輪紋の形成時まで増加していくものである。1983，1984年とも8月に最大となり，その後減少したのは，8月以降新たな輪紋の形成が開始されているものと思われ，MGRの減少が急激ではないことから輪紋の形成はかなり長期にわたり緩慢に行なわれているものと考えられる。

また1983年12月にはわずかながらMGRの増加が認められるが，これは群としての輪紋の形成が一応終了し，再び鱗が成長を開始したことを示しているものと考えられる。その後1984年4月までサンプルが得られなかったが，4月のMGRの値は前年の12月よりかなり低くなっていることから推定すれば，12月から4月までの間にも新たな輪紋が形成されていることが予想される。

北アメリカにおける例ではいずれの報告も輪紋の形成は年1回とされ，形成時期は1～6月，遅くとも8月までであり，形成の最盛期は2～5月とされている。SCHOFFMAN[18], RICKER[28], MORGAN [7], LANE[28], SERNS and STRAWN[24], CARLANDER[27]) またSERNS and STRAWN[24]は輪紋形成時の水温は6.3～8.0℃であるとし，RICKER[28]は春に水温が5℃になった時点で輪紋の形成が起こると報告している。

輪紋の形成は多くの魚の場合，冬期の低水温による成長の停滞のために生じるとされているが，ブルーギルの場合も冬期の輪紋形成はこの原因によるものであろう。

図27に1983年，1984年の満濃池における水温の変動状況を示すが，1984年2月には表層，底層とも水温が3℃台まで低下している。これは北アメリカの湖沼よりかなり低い値であり，当然ブルーギルの成長も停滞しているはずである。もしRICKER[28]の言うように5℃で新たな輪紋の形成が起こるとすれば，図27より満濃池での輪紋形成時期は3月下旬～4月上旬ということになる。また，秋期に輪紋の形成が起こる原因についてはこの池の水位の変動が大きく関係しているものと思われる。図28に1983，1984年の水位の変動状況を示すが，6月15日より農業用水としての取水を開始し，その後9月中旬まで継続的に水位は低下して冬期にはかなり回復するのが例年のパターンである。1984年は例外的に秋期に台風による降水が全くなかったため，水位の回復は翌年の早春まで遅れた。

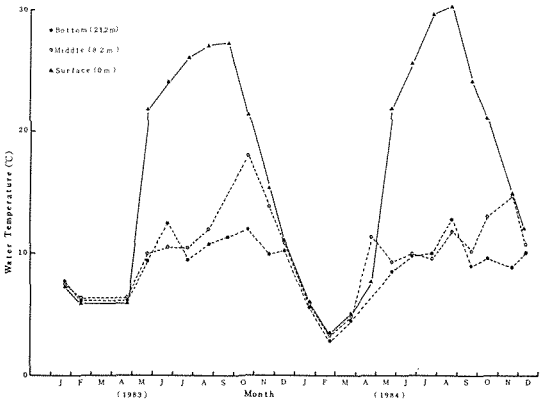


図27　満濃池における水温の時期的変動*

Fig. 27. Seasonal fluctuation of water temperature in Manno pond.

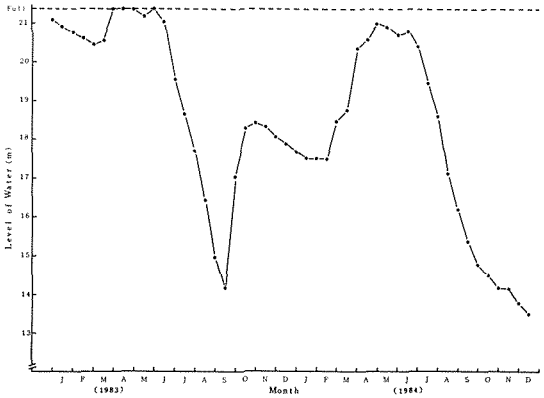


図28　満濃池における水位の時期的変動**

Fig. 28. Seasonal fluctuation of water level in Manno pond.

満濃池は前述のように非常に水深のあるダム的要素の強い池であり，水生昆虫，水生植物等の餌料生物の多い浅場はかなり限定される。従って毎年の秋期のような水位の低下が起こると，ブルーギルの餌となる生物の生息する浅場はほとんど消失してしまうわけである。そうなると当然摂餌量の減少が起こ

*　丸亀市浄水場の観測結果による

**　満濃池土地改良区事務所の観測結果による

り，（図８）肥満度も低下して，（図25）成長が停滞するものと考えられる。

このような理由から秋期にも輪紋の形成が起こるものと考えられ，これは従来の知見には全く見られない特異な例と言えよう。以上の考察より満濃池における輪紋の形成は年２回，９～11月および１～４月に起こるものと考えられ，ブルーギルの輪紋形成は環境条件に非常に影響を受けやすいと言えよう。

(2) 成長曲線の推定

鱗径Ｒと輪紋径 r_n との関係を図 29 に示す。

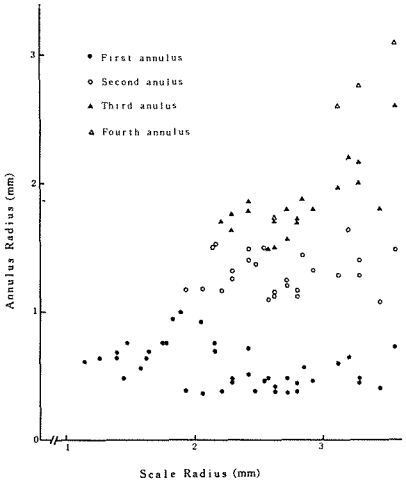


図29 満濃池のブルーギルの鱗径（Ｒ）と輪紋径（r_n）との関係

Fig. 29. Relationship between scale radius (R) and annulus radius (r_n) of bluegill in Manno pond.

他の多くの魚の場合，輪紋の形成が年１回であるので各輪紋径は明瞭に分離されるのが通常である。しかし満濃池のブルーギルの場合，輪紋が年２回形成され，その間の間隔が短いため，各輪紋径にはかなりの重複がみられ，特に r_1 では個体によりその変異が著しい。

r_1 は６～８月にかけて発生した稚魚の鱗に９～11月にかけて形成される最初の輪紋である。しかし中村・他[29]が報告しているように鱗の形成が開始されるのは全長14～15 mm 以降であると思われ，産卵期の後期に生まれた仔魚には最初の輪紋形成時期までにまだ鱗が形成されていないものもあると思われる。そのような魚では r_1 の形成は翌年の春期となり，秋に r_1 が形成された魚では r_2 の形成時期と重複する。またこのことは1983年12月に採集された全長60 mm 未満の魚の鱗に全く輪紋がみられなかったことからも説明できる。

r_1 の変異が著しいのは以上のような理由によるものと思われ，そのほかに産卵期および輪紋形成期が長いことも輪紋径の変異を引き起こす要因となっているものと思われる。

以上のような理由で r_n には非常に変異が多いとは思われるが，一応その平均値を輪紋群別に求めたものを表４に示す。r_1 は図29にもみられるようにばらつきが著しく，低輪紋数群になるほど値が大きい傾向が認められた。また標準偏差も低輪紋数群ほど大きく，ばらつきの大きいことを示している。

しかし r_2 以降はどの輪紋数群もほぼ近い値を示したので，すべての輪数群の平均値をWALFORDの定差図に当てはめた。（図30）r_n と r_{n+1} は一直

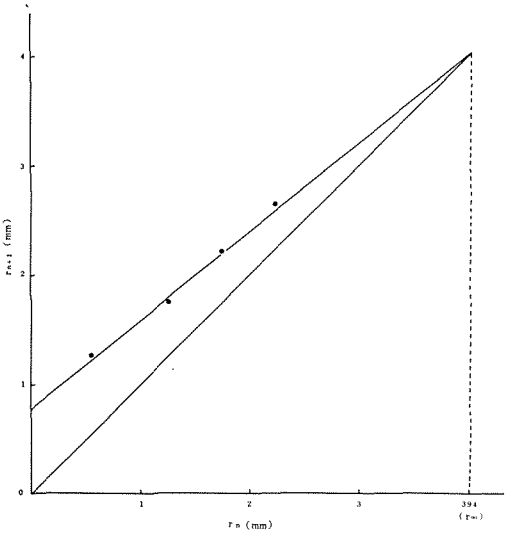


図30 平均輪紋径によるWALFORDの定査図

Fig.30. WALFORD'S growth transformation with average annulus radius.

表4　輪紋数群ごとの各輪紋径の平均値

Table 4. Average values of each annulus radius in each annulus group.

Annulus Group	Number of Specimens	Annulus Radius in (mm) ± Standard Diviation				
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
1	73	0.64± 0.18				
2	92	0.55± 0.16	1.29± 0.25			
3	62	0.49± 0.11	1.23± 0.17	1.74± 0.22		
4	24	0.46± 0.08	1.20± 0.16	1.75± 0.28	2.20± 0.43	
5	1	0.44± 0	1.22± 0	1.60± 0	2.31± 0	2.56± 0
Average Annulus Radius		0.552	1.256	1.741	2.216	2.560

線上に回帰し，その回帰式は以下の通りであった。

$$r_{n+1} = 0.793 + 0.799\, r_n \ (r=0.995) \cdots\cdots ⑦$$

回帰式はかなり高い相関が得られたが，これは輪紋の形成がかなり周期的に起こっていることを示している。

WALFORDの定差図よりvon BERTALANFFYの式のパラメーター，$r_\infty=3.941$, $k=0.224$, $t_0=0.328$ が求められ，これらをvon BERTALANFFYの成長式に代入すると

$$r_n = 3.941(1-e^{-0.224(n-0.328)})$$
$$= 3.941(1-1.076 \cdot e^{-0.224n})$$

が得られる。

以上のようにして r_n と n の関係式が得られたが，これを全長に回帰させるために満濃池のブルーギルの全長－鱗径関係式⑤の逆関数に代入すると

$$TL=58.453\{3.941(1-1.076 \cdot e^{-0.224n})\}^{0.718} \cdots\cdots ⑧$$

となる。

また⑦式より輪紋が周期的に形成されていることが実証されたので，模式的に r_1 の形成時期を10月，r_2 の形成時期を6ケ月後の4月とし，以後同じ間隔で形成が継続されているものとして⑧式を図示した。（図31）

これによると満濃池のブルーギルは生まれた年の冬までに全長約50 mm，翌年の夏に79 mm，3年目の夏に109 mm，4年目の夏には127mm になることになる。

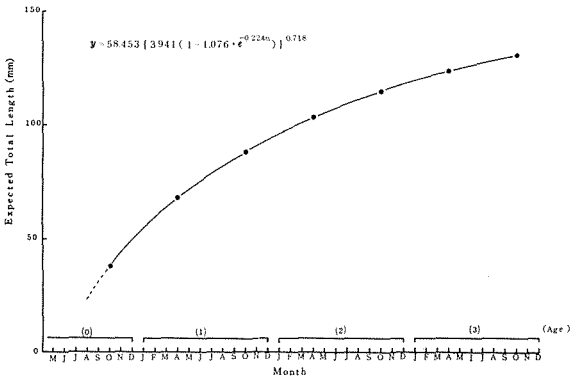


図31　満濃池のブルーギルの推定成長曲線

Fig. 31. Expected growth curve of bluegill in Manno pond.

寺島[14]によってとりまとめられた北アメリカおよび琵琶湖におけるブルーギルの成長を図32に示す。一般に魚の成長は生息環境に大きな影響を受けるものであるが，ブルーギルの場合も水温，餌料生物等の条件によって著しく成長に差が生じるようである。

満濃池の場合，初期成長はそれほど悪くないものの，それ以降は北アメリカにおける低成長の例に近い成長が成長式により示された。これは餌料不足および低水温による成長の停滞期が年に2回あることが大きく原因しているものと思われる。

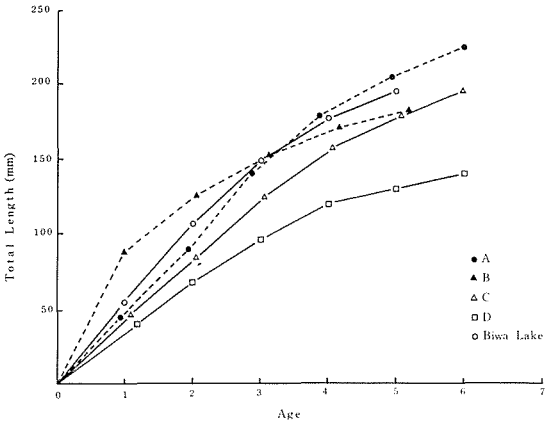


図32　北アメリカ各地および琵琶湖におけるブルーギルの成長*

Fig. 32. Various growth in many localities in North America and Biwa Lake.

A～Dは北アメリカにおけるブルーギルの成長を表わし，数多くの報告をもとに高い成長(A)，若年齢時に高い成長(B)，中程度の成長(C)，低い成長(D)に大別された。

一方先代池の場合は0歳魚がその年の12月までに平均約63mmに成長しており，こちらの方はかなり成長がよいと言える。先代池は給餌こそ行なわれていないが，本来養殖を目的とした池であり，富栄養化した池水のためにプランクトン量が豊富であると思われる。そのため本来養殖対象魚に捕食されるべきプランクトンをブルーギルも利用し，このような成長を示したものと考えられる。

4　資源量（Resources）

満濃池についてはその水域があまりにも大きく，地曳網等による採集法を用いても，ブルーギルの資源量を推定するに足るだけのサンプル数は得られなかった。一方先代池については1983年11月に池水を完全に干上げ，池中に生息する全生物が漁獲されたので，ここでは先代池のブルーギル資源量について述べる。

池干上げ時にはまず目合い9節（19mm平方）の網を用いて大小の魚の選別を行なったが，小型（0歳魚）のブルーギルは当然この網を通過する。次に網を通過した漁獲物をサンプルとして無作為に相当量抽出し，種組成を調べたものを表5に示す。また池中の全生物が漁獲された後，魚種ごとに重量を測定したものを表6に示す。

表5　先代池干上げ時の小型魚の組成**

Table 5. Number composition of small fish caught when Sendai pond was emptied.

Species	Number of Individuals	Frequency(%)
Lepomis mocrochirus	203	42.20
Carassius auratus（フナ）	237	49.27
Gnathopogon sp.（モロコ類）	41	8.52
Cyprinus carpio（コイ）	0	0
Palaemon paucidens（スジエビ）	uncounted	—

表6　先代池干上げ時の魚種別総漁獲量**

Table 6. Weight composition of fish caught when Sendai pond was emptied.

Species	Total weight(kg)	Frequency(%)
Lepomis macrochirus	150	1.26
Carassius auratus（フナ）	11,500	96.40
Gnathopogon sp.（モロコ類）	80	0.67
Cyprinus carpio（コイ）	150	1.26
Palaemon paucidens（スジエビ）	50	0.42

ブルーギルは表6のように重量では全体のわずかに1.3％にすぎないが，数の上では養殖上重要な小型のフナとほとんど同率で生息していることになる。最初に述べたようにこのような小型のブルーギルの選別が養殖上の大きな問題となっており，また養殖対象魚との餌の競合も見過せない問題である。

なおこのときに漁獲された大型のブルーギル（網を通過しなかったもの）はわずかに37尾であり，その重量は表6に含まれていない。つまり表6の150kgはすべて0歳魚の重量であり，これをそのときの平均体重4.16gで割ると約36,000尾となる。さらにこれを池の貯水量で単純に割ると0.11尾／m^3の生息密度ということになる。

＊寺島[14]より

＊＊横川・大林[37]より

ごく一部には水溜りなどに残留して，翌年以降産卵するものもあるが，その数はこのときに漁獲された大型魚の尾数から推定しても100尾に満たないものと思われる。わずかそれだけの親魚から1年でこれだけの幼魚が繁殖しているわけであり，実にすさまじい繁殖力であると言えよう。

また先代池では前述のようにスジエビあるいは魚類が大型魚によってかなり捕食されていた。しかし大型魚の資源量は尾数にすれば全体のわずか0.3％に満たないものと推定される。従って個体当たりの捕食量は多いにしろ，この程度の数の大型魚がスジエビあるいは魚類をさかんに捕食したとしても，池全体の生態系にはほとんど影響をおよぼさないものと思われる。

ここで池干上げ時に確認された池の生物相を表7に示す。この池には魚類で4目13種，および無脊椎動物2種が生息していた。先代池の生物相は植松・他[3]の報告にみられる香川県では一般的な溜池であると言えるようである。

表7　先代池に生息する生物*

Table 7. List of inhabitants in Sendai pond.

Japanese Name	Scientific Name
（ウナギ目）	(Anguilliformes)
ウナギ	*Anguilla japonica*
（コイ目）	(Cypriniformes)
カワムツ	*Zacco temmincki*
タモロコ	*Gnathopogon elongatus*
モツゴ	*Pseudorasbora parva*
コイ	*Cyprinus carpio*
フナ	*Carassius auratus*
ドジョウ	*Misgurnus anguillicaudatus*
（ナマズ目）	(Siluriformes)
ナマズ	*Silurus asotus*
（スズキ目）	(Perciformes)
タイワンドジョウ	*Channa maculata*
ブルーギル	*Lepomis macrochirus*
チチブ	*Tridentiger obscurus*
ヨシノボリ	*Rhinogobius brunneus*
ウキゴリ	*Chaenogobius annularis*
（無脊椎動物）	(Invertebrata)
スジエビ	*Palaemon paucidens*
ヒメタニシ	*Sinotaia quadrata histrica*

5　選択的捕獲法（Selective Catching Method）

本研究ではさまざまな方法を用いてブルーギルの採集を行なったが，ここではブルーギルの駆除法の一つとして，ブルーギルだけを選択的に捕獲する方法について検討した。

投網，籠網，小型地曳網，刺網および釣りによる捕獲状況を表8～表11に示す。投網による捕獲では満濃池においては比較的ブルーギルが主体となって捕獲されているが，先代池ではブルーギルよりもむしろフナ，モロコ類の方が多く網にかかっている。

次に豚脂を餌に用いた籠網による捕獲では，両池ともほとんどブルーギルばかりの組成となっている。しかし先代池ではスジエビも相当数混獲されており，スジエビも豚脂に対し嗜好性の高いことが推察できる。

小型地曳網では多数の小型ブルーギルが捕獲され，一度に大量に捕獲する方法としては有効であると思われた。しかし満濃池の池底には木の株，巨石等の障害物が多く，網を円滑に引くことは非常に困難であった。

また刺網では，網を投入後魚を威嚇して網の方向へ追い込み，約30分後に網を揚げるという方法を数回試みたが，いずれの回次も1尾の魚も捕獲されなかった。表9に示したのは刺網を一昼夜放置して引き揚げた結果であるが，ブルーギルはほとんど捕獲されず，網にかかった魚も他魚に食害されて著しく損傷していた。また網にかかった魚を捕食しようとしたタイワンドジョウが数尾捕獲された。

最後に釣りによる捕獲法であるが，これはブルーギル，オオクチバス以外の魚は捕獲されず，ブルーギルの選択的な捕獲に有効であると思われた。しかし秋期には前述のように水位が低下してきたために釣りのできる場所がほとんどなくなり，10月以降釣りによる捕獲はできなくなった。

以上のようにブルーギルの選択的な捕獲には籠網および釣りが効果的であり，籠網の餌に用いた豚脂に強い嗜好性を示すことが認められた。また釣りによる捕獲法は，ボートを使用するなど場所の確保さえできればかなり有効であると思われる。

＊魚類の分類，学名は日本魚類学会[38]による。

表8　投網による捕獲状況（1983年）

Table 8. Catching condition of fish caught with cast net.

(Individuals)

Species	Manno pond				Sendai pond		
	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Aug.	Sep.	Oct.
Lepomis mocrochirus	51	137	55	29	3	6	109
Micropterus salmoides	8	6	2	4			
Carassius auratus	19		2		55	74	90
Gnathopogon elongatus						2	15
Pseudorasbora parva						1	7
Cyprinus carpio							1

表9　籠網による捕獲状況

Table 9. Catching condition of fish caught with trap.

(Individuals)

Species	Manno pond			Sendai pond		
	Aug.	Sep.	Oct.	Aug.	Sep.	Oct.
Lepomis macrochirus	185	45	21	18	18	22
Carassius auratus				1	1	2
Pseudorasbora parva						1
Palaemon paucidens					46	24
Clemmys japonica	3					

表10　小型地曳網および刺網による捕獲状況（満濃池）

Table 10. Catching condition of fish caught with beach seine and gill-net.

(Individuals)

Species	Dec. 1983	Jun. 1984
	Beach Seine	Gill-net
Lepomis macrochirus	132	6
Micropterus salmoides	1	
Carassius auratus		7
Zacco platypus		10
Channa maculata		6

表11　釣りによる捕獲状況（満濃池，1984年）

Table 11. Catching condition of fish caught with angling.

(Individuals)

Species	June	July	August	September
Lepomis macrochirus	102	119	38	29
Micropterus salmoides		6	7	5

要　　約

香川県の湖沼に生息するブルーギルの生態に関する研究を行なった。調査場所として年1回定期的に干上げる先代池，および周年干上がらない満濃池を選定した。調査項目は容量法による胃内容物分析，ＧＳＩの変動による産卵期の推定および鱗に出現する輪紋を用いての年令査定等である。

食性に関しては，満濃池では原産地の北アメリカでの食性に酷似し，ユスリカ類の幼虫を主とする昆虫食性であった。一方先代池では，0歳の小型魚が主に生息しており，*Copepoda* が主な餌料となっていた。つまりブルーギルは摂餌し易い食物を食べ，特に摂餌の選択性は認められなかった。

産卵期は満濃池ではＧＳＩの変動より6月上旬～7月下旬と推定され，満1歳で成熟するようであった。

両池のブルーギルとも体重は体の長さの3乗以上に比例し，体高および鱗径は全長の増加に伴って相対的に大きくなることが明らかとなった。満濃池においては，9～11月の水位の低下時と1～4月の低水温時に鱗に輪紋が形成され，全長（ℓ）と輪紋数（n）は次式により表わされた。

$$\ell \fallingdotseq 58.453\{3.941(1-1.076\cdot e^{-0.224n})\}^{0.718}$$

またブルーギルは籠網および釣りにより比較的選択的に捕獲され，籠網の餌に用いた豚脂に強い嗜好性があることが認められた。

謝　　辞

本研究に用いたブルーギルの採集に際し，並々ならぬ御協力をいただいた満濃池免許権者の石田嘉太郎氏，および先代池免許権者の大森八美氏およびその関係の方々に心からお礼を申し上げる。

また文献の入手に際し，大変お手を煩わせた京都大学理学部の寺島彰博士，高知大学農学部教授落合明博士，愛媛大学理学部教授水野信彦博士，同学理学部助教授柳沢康信博士，および東海区水産研究所資源研究室長石田力三氏に深謝の意を表する。

また満濃池の水位および地形に関する資料を提供していただいた満濃池土地改良区事務所および水温に関する資料をいただいた丸亀市浄水場の方々にも

お礼を申し上げる。

さらに胃内容物中に出現した昆虫類の同定に関し大変な御協力をいただいた元香川県農業試験場主任研究員小阪和人氏，および香川大学教育学部助教授渡辺直博士に深く感謝する。

最後に本研究を進めていくに当たり，非常に有益な御助言をいただいた石川県水産課技師敷田麻実氏にお礼を申し上げる。

引　用　文　献

1）木村　重：1983，魚紳士録（下巻）．初版，緑書房，東京，237－252．

2）植松辰美・川田英則・須永哲雄：1973，香川県の淡水魚6，小田池，衣掛池，平池，辻堂池，大池および野間池．香大教育研報，Ⅱ（223），1－10．

3）植松辰美・須永哲雄・川田英則：1979，香川県の淡水魚．動物と自然，9（1），11－17．

4）植松辰美：1981，香川の自然，人間とのかかわりによる変化と保全．遺伝，35（3），65－72．

5）津田松苗：1962，水生昆虫学．4版，北隆館，東京，v＋269 pp.

6）林　知夫・山口義昭：1960，魚食性底魚類の食性に関する研究．農林水産技術会議研究成果，2，1－113．

7）McCormick, E.M.：1940，A study of the food of some Reelfoot Lake fishes. Tennesee Acad. Sci., 4, 64－75.

8）Baumann, P. C. and Kitchell, J. F.：1974, Diel paterns of distribution and feeding of bluegill (*Lepomis macrochius*) in Lake Wingra, Wisconsin. Trans. Amer. Fish. Soc., 103 (2), 255－260.

9）Goodson, L. F. Jr.：1965, Diets of four warm-water game fishes in a fluctuating, steep-sided, California Reservoir. California Fish and game, 51 (4), 259－269.

10）Morgan, G. D.：1951, The life histry of bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*, of Buckeye Lake. Jour. Sci. Lab. Denison Univ., 42 (4), 21－59.

11）Leonard, J. W.：1940, Further observations on the feeding habits of the Montana grayling (*Thymallus montanus*) and the bluegill (*Lepomis macrochirus*) in Ford Lake, Michigan. Trans. Amer. Fish. Soc., 69, 244－256.

12）Parks, C. E.：1949, The summer food of some game fish of Winona Lake. Invest. Indiana Lake and streams, 3 (4), 235－245.

13）丸山為蔵・古田能久・平林秀則：1972，ブルーギル（Bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*）が放流されている人工湖の環境調査．淡水区水研資料，(56)，Bシリーズ（13），1－38．

14）寺島　彰：1980，ブルーギル，琵琶湖にも空いていた生態的地位，日本の淡水生物（川合禎次・川那部浩哉・水野信彦編）．初版，東海大学出版会，東京，63－70．

15）Applegate, R. L., Mullan, J. W. and Moris, D. I.：1967, Food and growth of six centrarchids from shoreline areas of Bull Shoals Reservoir. Proc. 20th Ann. Conf. Southeast Assoc. Game Fish comm., 469－482.

16）田中小治郎：1956，満濃池の生産力調査研究．香水試事報，昭和30年度，2－24．

17）Siefert, R. E.：1972, First food of larval yellow perch, white sucker, bluegill, emerald shiner, and rainbow smelt. Trans. Amer. Fish. Soc., 101 (2), 219－225.

18）松原喜代松・落合明・岩井保：1979，新版魚類学（上）．初版，恒星社厚生閣，東京，159－168．

19）Sazima, I.：1983, Scale-eating in characoids and other fishes, Emvirom. Biol. Fish., 9 (2), 87－101.

20）Nshombo, M., Yanagisawa, Y. and Nagoshi, M.：1985, Scale-eating in *Perissodus microlepis* (Cichlidae) and change of its food habits with growth. Japan. J. Ichthyol., 32 (1), 66－73.

21）Schoffman, R. J.：1938, Age and growth of the blue-gills and the large-mouth black bass in Reel-foot Lake. Jour. Tenessee Acad. Sci., 13, 81－103.

22) CARLANDER, K.D. : 1977, Handbook of fresh-water fishry biology, volume two. Iowa state university press, Iowa, 73－118.

23) SNOW, H. ENSIGN, A. and KINGBIEL, J. : 1960, The bluegill, its life history, ecology and management. Publ. Wisconsin Conserv. Dept., 230, 2－14.

24) 中村中六・笠原正五郎・矢田敏晃：1969，実験動物としてのブルーギルサンフィッシュに関する研究，I. 産卵習性について．広大水畜産学部紀要，8 (1)，1－10.

25) 寺島　彰：1977，琵琶湖に棲息する淡水魚，特に，ブルーギルについて．淡水魚，3，38－43.

26) LANE, C.E. Jr. : 1954, Age and growth of the bluegill, *Lepomis m. macrochirus* (RAFINESQUE), in a new Missouri impoundment. Jour. Wildl. Manage., 18 (3), 358－365.

27) SERNS, S.L. and STRAWN, K. : 1975, Age and growth of bluegill, *Lepomis macrochirus*, in two heated Texas reservoirs. Trans. Amer. Fish. Soc., 104 (3), 506－512.

28) RICKER, W.E. : 1942, The rate of growth of bluegill sunfish in lakes of northern Indiana. Invest. Indiana Lakes and Streams, 2, 161－214.

29) 中村中六・笠原正五郎・矢田敏晃：1971，実験動物としてのブルーギルサンフィッシュに関する研究，II. 卵内発生と稚仔の成長．広大水畜産学部紀要，10 (2)，139－151.

30) 赤崎正人・松岡正浩・新崎　勉：1970，ブルーギルの産卵と卵発生．水産増殖　18(4)，191－199.

31) 大阪府淡水魚試験場：1975　ブルーギル養成試験．大阪淡水試業報，昭和48年度　41－64.

32) 大阪府淡水魚試験場：1976　ブルーギル養成試験．大阪淡水試業報，昭和49年度　5－22.

33) 久保伊津男・吉原友吉：1957　水産資源学．初版，共立出版，東京　114－136.

34) 三尾真一：1965，キスの年令と成長．日水研報，(14)，1－18.

35) 国行一正・矢野　實・川西正衛：1965，広島県中部海域におけるマダイ未成魚の年令と成長．南西水研報，(8)，81－100.

36) 岡田容典・谷口順彦・原田直門：1981，土佐湾産ニベの年齢と成長．高知大海洋生物センター研報，(3)，73－81.

37) 横川浩治・大林萬鋪：1985，ブルーギル生態調査．香水試事報，昭和58年度，95－96.

38) 日本魚類学会：1981，日本産魚名大辞典．初版，三省堂，東京，ii＋vii＋833 pp.

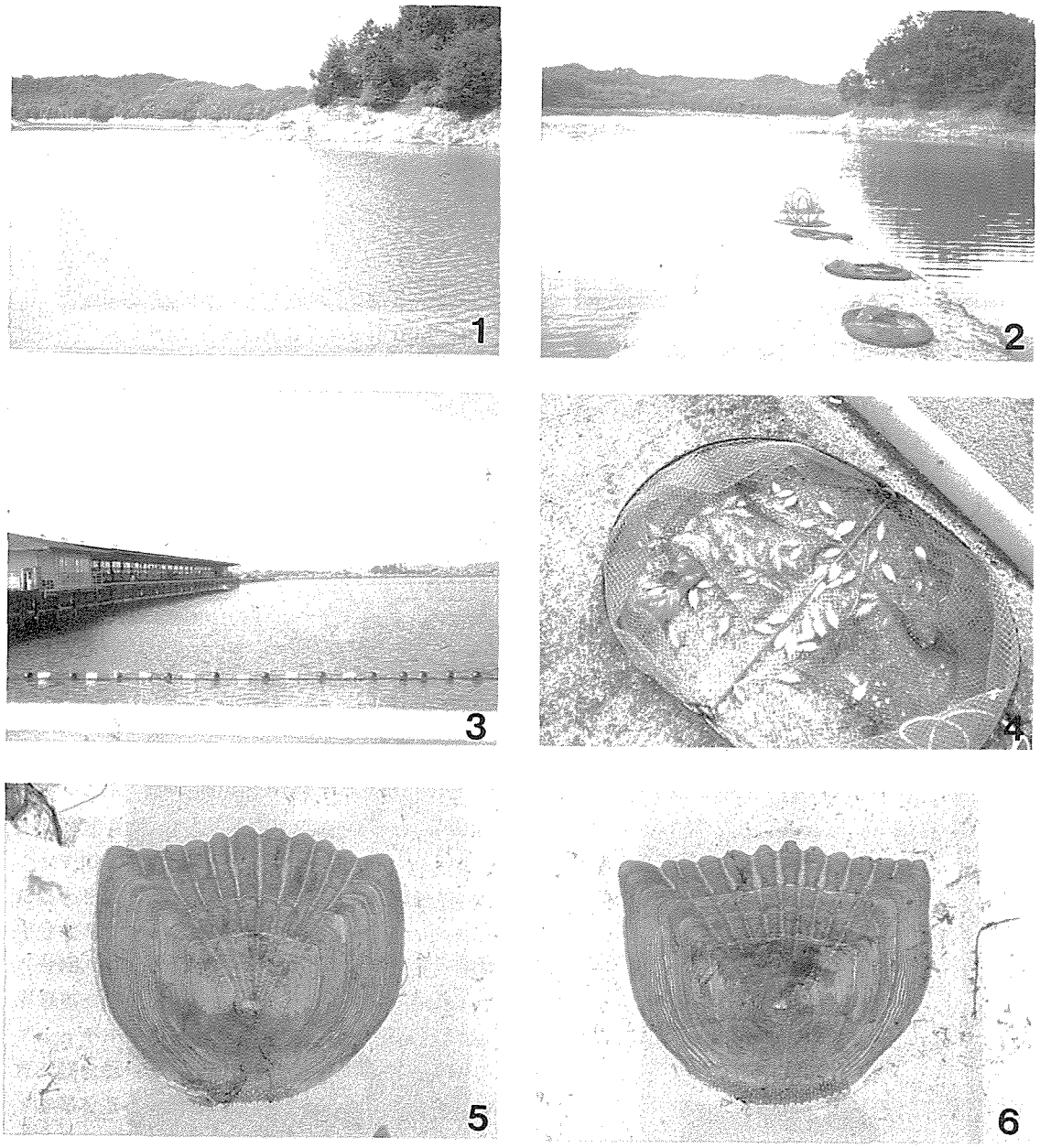
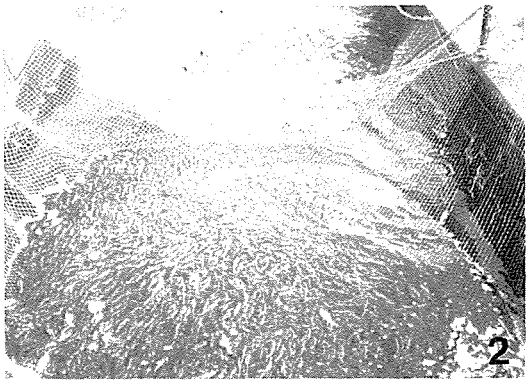
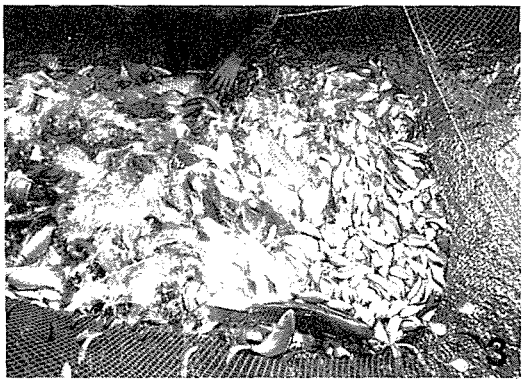
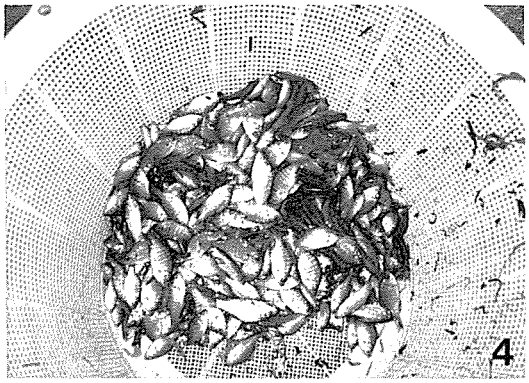


Plate I

1. 満濃池調査地点（1983. 10. 1）
2. 満濃池において準備された籠網
3. 先代池調査地点（1983. 10. 29）
4. 先代池で籠網により採集された0歳ブルーギル
5. 全長139.6mmのブルーギルの鱗，4個の輪紋が認められる。（1984. 7. 30，満濃池）
6. 全長116.8mmのブルーギルの鱗，3個の輪紋が認められる。（1984. 7. 10，満濃池）







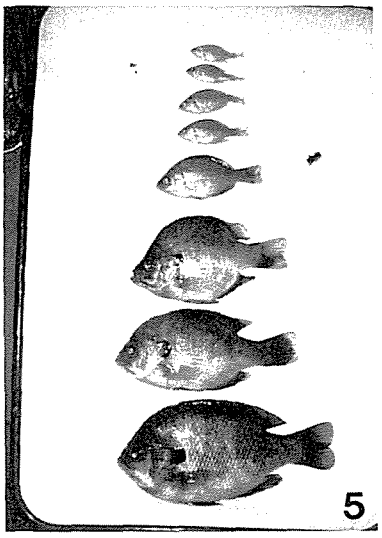


Plate Ⅱ

1. 先代池干上げ風景（1983. 11. 11）
2. 干上げ時に漁獲された魚を9節の網で選別
3. 選別された大型魚
4. 網を通過した小型魚（特にブルーギルが多い）
5. 干上げ時に得られた各サイズのブルーギル
6. 先代池の大型ブルーギル