

ニジマス卵の周年供給に関する研究－Ⅳ

－長日処理の電照方法の違いについて－

高橋 一孝

前報^{1, 2)}では、ニジマス *Oncorhynchus mykiss* において、冬季採卵後一定期間長日処理を行うだけで早期採卵が可能であることを明らかにし、長日処理の開始時期、最低照度、期間、水温の影響等について検討した。

植物のスターチス類では抽だい（花茎伸長）や開花促進のための長日処理方法として、間歇照明や光中断が有効であることが報告されており³⁾、省エネ・省コスト技術として注目されている。白石⁴⁾はアユにおいて、16時間の長日処理方法として連続照射と点滅（間歇）照射による成熟抑制効果を比較検討したところ、明確な差異はなかったと報告しているが、今のところニジマスでは間歇照明や光中断について検討されていないようである。また、鈴木・日比谷⁵⁾はニジマス1年魚の雄において、明期の開始（5月）より16時間前後に光に対して敏感に反応する時間帯が存在し、この時間帯に光が照射されると生理的体内時間のバランスがくずれ、成熟が抑制されると報告している。すなわち照射時間帯の影響を明らかにしているが、雌魚については検討していない。

そこで、本報では長日処理方法として3つの異なる電照方法、すなわち間歇照明、光中断、夕刻照明の有効性と、照射時間帯の影響について検討した。

材料および方法

供試魚

試験期間は、早期群は1985年12月25日から1986年7月8日まで、晚期群は1987年2月8日から10月13日までである。早期群は、山梨県魚苗センター忍野養魚場（1993年に山梨県水産技術センター忍野支所への新築移転により廃止された）で飼育中のニジマス2年魚雄58尾（平均体重495g）と雌165尾（平均体重486g）を用いた。晚期群は3年魚雌111尾（平均体重1.5kg）を用いた。早期群の供試魚はいずれも成熟魚で、試験開始時の雄の生殖腺体重比（以下GSIという）は2.36%で、すべて排精していた。早期群の雌は1985年12月25日に排卵が確認できた経産魚（卵を搾出後使用）で、そのGSIは0.48%（油球期に相当）であった。晚期群の雌は1986年10月8日～10月27日までに採卵した経産魚で、GSIについては測定しなかった。飼育水は周年11℃の湧水である。

長日処理

長日処理は、早期群は1985年12月25日から2月23日まで、晚期群は1987年2月8日から4月9日までの60日間とした。早期群は24時間タイマーの使用により、18時から6時まで1時間につき15分間照射する方法（以下、間歇照明区という）、23時30分から2時30分まで3時間照射する方法（以下、光中断Ⅰ区という）、16時から20時までと0時から7時まで照射する方法（以下、光中断Ⅱ区という）、17時から23時まで6時間照射する方法（以下、夕刻照明区という）、21時から7時まで照射する方法（以下、通常照明区という）の5区設定した。晚期群は間歇照明区、通常照明区（早期群と同じ）と、長日処理後自然日長に戻さず、代わりに9時から17時まで8時間の短日処理を行う方法（以下、短日照明区という）の3区設定した。

飼育

水路式屋外飼育池（1.5×18×水深0.5m）を10区画（1区画1.5×1.8×0.5m）に仕切り、それぞれに40Wの白色蛍光灯1基を水面1mの高さに設置し、光中断Ⅱ区及び通常照明区は1日20時間、間歇照明区・光中断Ⅰ区・夕刻照明区は自然日長に、蛍光灯照射による補光時間を含めてそれぞれ1日14時間（晚期群は15時間）、14時間、17時間の長日処理を行った。照射中の照度は水面上で平均116～144Luxであった。長日処理終了後、短日照明区以外は親魚の鱗を切断して標識し、別の飼育池（4.5×9.0×0.9m）へ2群に分けて収容し、自然日長の状態で採

卵期まで飼育した。短日照明区は完全遮光可能な屋内池（5 × 8 × 0.5m）に収容し、採卵期まで1日8時間の短日処理を行った（表1, 2, 図1, 2）。

表1 試験区の設定

試験区	試験群	試験内容	長日処理※ (照射時刻)	長日時間	短日処理	備考
1	早期群	間歇照明	18~6	14時間	自然日長	1時間につき15分照射 (合計3時間の補光)
2		光中断Ⅰ	23:30~2:30	14時間	自然日長	
3		光中断Ⅱ	16~20, 0~7	20時間	自然日長	
4		夕刻照明	17~23	17時間	自然日長	
5		通常照明	21~7	20時間	自然日長	
6	晚期群	間歇照明	18~6	15時間	自然日長	1時間につき15分照射 (合計3時間の補光)
7		通常照明	21~7	20時間	自然日長	
8		短日照明	19~7	20時間	9~17	

※ 日の出・日の入り時刻の前後30分は長日時間としてカウントした。

表2 供試魚

試験区	雌魚数 (尾)	雄魚数 (尾)	合計 (尾)
1	33	11	44
2	31	11	42
3	35	12	47
4	32	9	41
5	34	15	49
合計	165	58	223
6	27		27
7	60		60
8	24		24
合計	111		111



図1 試験池の外観

傾斜した屋根付き試験池、隣区の光が入らないように境界をベニヤ板で仕切り、1つ置きに魚を収容した。

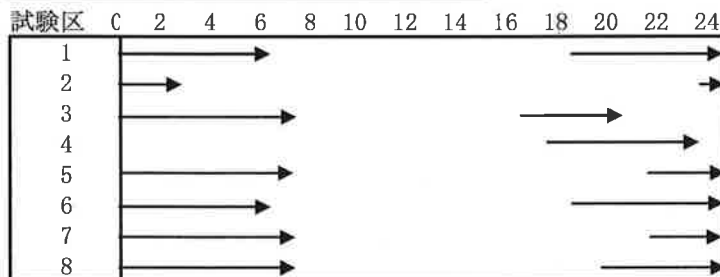


図2 照射時間の模式図

→ は蛍光灯による照射を示す

日の出は6時53分（早期群）・6時41分（晚期群）、日の入りは16時39分（早期群）・17時20分（晚期群）

1, 6区は間歇照明（1時間につき15分）

採卵

産卵期に達したと思われる飼育群については、週1回鑑別し排卵の有無を確認した。排卵した雌魚は直ちに空気採卵法により採卵し、0.9%の食塩水で洗卵した後受精させた。その後発眼期まで縦型孵化槽で飼育し、1粒卵重、卵径、発眼率、1尾あたりの採卵数を測定した。また、早期群の雄魚については2週間に1回採精し、1尾あたりの採精量と採精量の多い（1mL以上）個体の割合を求めた。

結果

各群の飼育成績を表3に示した。7月29日（長日処理終了後156日目、以下処理後という）における早期群の生残率は平均で雌84.8%、雄69.9%と、雌魚は雄魚より高かった。10月13日（処理後187日目）における晚期群

の雌の生残率はいずれの区も 100% と、早期群よりも高く、冬季採卵日から長日処理開始日までの体力回復期間の差によるものと考えられた。

表3 飼育成績

試験区	取上雌魚数 (尾)	生残率 (%)	取上雄魚数 (尾)	生残率 (%)	合計 (尾)
1	28	84.8	11	63.6	39
2	29	93.5	11	45.5	40
3	20	57.1	12	91.7	32
4	32	100.0	9	55.6	41
5	30	88.2	15	93.3	45
合計	139	84.8	58	69.9	197
6	27	100.0			27
7	60	100.0			60
8	24	100.0			24
合計	111	100.0			111

各群の採卵成績を表4～11、累積採卵親魚率の変化を図3、4に示した。早期群の採卵期間は、1区6月3日から7月1日まで、2区6月3日から7月8日まで、3区6月3日から7月1日まで、4区6月3日から7月1日まで、5区5月27日から7月8日までで、2区(光中断1区)を除いた採卵最盛日はいずれも6月18日(処理後115日目)であった。採卵親魚率は6.9～100.0%で、2区を除いては高い採卵親魚率と顕著な採卵期の早期化が見られた。1尾当たりの採卵数は2,258～2,876粒(平均2,543)、発眼率は6.4～61.0%(平均43.7)と、いずれも区間でバラツキがみられ、2区の発眼率が悪かった。1粒卵重は38.1～50.2mg(平均45.7)、卵径は3.90～4.19mm(平均4.03)で、同様に2区の卵は小さかった。

雄1尾あたりの採精量の変化、採精量の多い個体の割合を表12、13、図5、6に示した。雌親魚と同様に2区を除いてはいずれも成熟し、排精していた。ピーク時の採精量は1尾当たり5mLを超え、受精作業に支障はなかった。

晩期群の採卵期間は、いずれの区も6月30日から10月13日までで、7、8区の採卵最盛日は8月10、17日(処理後123、130日目)であった。採卵親魚率は77.8～100%で、6区(間歇照明区)を除いては採卵親魚率が高かった。採卵期間は早期群より分散化したが、8区(短日照明区)は他の2区より集中していた。1尾当たりの採卵数は3,511～3,949粒(平均3,802)、発眼率は66.3～69.0%(平均67.5)、1粒卵重は72.3～75.5mg(平均73.7)、卵径は4.69～4.85mm(平均4.77)と、いずれも大きな差はなかった。

表4 採卵成績(1区)

採卵日	5月13日	5月20日	5月27日	6月3日	6月10日	6月18日	6月24日	7月1日	7月8日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	79	86	93	100	107	115	121	128	135		
採卵尾数(尾)				3	1	14	5	2	0	25	
過熟尾数(尾)										0	
合計尾数(尾)	0	0	0	3	1	14	5	2	0	25	3
累積合計尾数(尾)	0	0	0	1	4	18	23	25	25		
採卵親魚率(%)	0.0	0.0	0.0	3.6	14.3	64.3	82.1	89.3	89.3		
1粒卵重(mg)				47.10	53.54	50.50	48.17	56.40		50.22	
卵径(mm)				4.35	4.18	4.03	4.08	4.30		4.19	
発眼率(%)				83.28	34.28	58.42	29.37	66.99		56.91	
1尾採卵数(粒)				2,847	2,599	2,595	1,936	2,249		2,371	

表5 採卵成績(2区)

採卵日	5月13日	5月20日	5月27日	6月3日	6月10日	6月18日	6月24日	7月1日	7月8日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	79	86	93	100	107	115	121	128	135		
採卵尾数(尾)				1	0	0	0	0	1	2	
過熟尾数(尾)										0	
合計尾数(尾)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	27
累積合計尾数(尾)	0	0	0	1	1	1	1	1	2		
採卵親魚率(%)	0.0	0.0	0.0	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	6.9		
1粒卵重(mg)				47.97					28.21	38.09	
卵径(mm)				3.90						3.90	
発眼率(%)				11.64					1.14	6.39	
1尾採卵数(粒)				2,329					3,423	2,876	

表6 採卵成績(3区)

採卵日	5月13日	5月20日	5月27日	6月3日	6月10日	6月18日	6月24日	7月1日	7月8日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	79	86	93	100	107	115	121	128	135		
採卵尾数(尾)				4	5	6	3	2		20	
過熟尾数(尾)										0	
合計尾数(尾)	0	0	0	4	5	6	3	2		20	0
累積合計尾数(尾)	0	0	0	4	9	15	18	20			
採卵親魚率(%)	0.0	0.0	0.0	20.0	45.0	75.0	90.0	100.0			
1粒卵重(mg)				44.60	52.60	50.17	46.00	50.00		48.75	
卵径(mm)				4.00	3.80	3.90	4.05	3.90		3.93	
発眼率(%)				66.65	44.64	26.06	11.8	69.57		42.92	
1尾採卵数(粒)				2,859	2,623	2,702	1,780	2,713		2,578	

表7 採卵成績(4区)

採卵日	5月13日	5月20日	5月27日	6月3日	6月10日	6月18日	6月24日	7月1日	7月8日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	79	86	93	100	107	115	121	128	135		
採卵尾数(尾)				4	5	6	5	3	0	23	
過熟尾数(尾)						2				2	
合計尾数(尾)	0	0	0	4	5	8	5	3	0	25	5
累積合計尾数(尾)	0	0	0	4	9	17	22	25	25		
採卵親魚率(%)	0.0	0.0	0.0	13.3	30.0	56.7	73.3	83.3	83.3		
1粒卵重(mg)				41.50	45.00	53.00	46.50	52.20		47.16	
卵径(mm)				3.80	3.95	4.15	4.03	4.25		4.04	
発眼率(%)				73.44	62.54	53.2	54.54	67.15		60.97	
1尾採卵数(粒)				2,338	2,551	2,169	2,208	1,930		2,258	

表8 採卵成績(5区)

採卵日	5月13日	5月20日	5月27日	6月3日	6月10日	6月18日	6月24日	7月1日	7月8日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	79	86	93	100	107	115	121	128	135		
採卵尾数(尾)			1	2	5	16	1	1	1	27	
過熟尾数(尾)						1				1	
合計尾数(尾)	0	0	1	2	5	17	1	1	1	28	2
累積合計尾数(尾)	0	0	1	3	8	25	26	27	28		
採卵親魚率(%)	0.0	0.0	3.3	10.0	26.7	83.3	86.7	90.0	93.3		
1粒卵重(mg)			42.94	48.30	44.80	41.80	54.55	43.20	51.00	44.06	
卵径(mm)			4.10	4.20	4.20	4.02	4.20	4.00	4.00	4.10	
発眼率(%)			33.79	84.01	59.72	45.9	13.17	68.05	65.26	51.34	
1尾採卵数(粒)			2,054	2,464	2,414	2,556	3,290	3,979	3,906	2,634	

表9 採卵成績(6区)

採卵日	6月30日	7月6日	7月13日	7月22日	7月29日	8月10日	8月17日	8月25日	9月1日	9月8日	9月14日	9月21日	9月29日	10月13日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	82	86	95	104	111	123	130	138	145	152	158	165	173	187		
採卵尾数(尾)	0	0	1	1	0	1	0	3	0	1	2	3	0	2	2	14
過熟尾数(尾)	4	0	2	1	0	0	0	0								7
合計尾数(尾)	4	0	3	2	0	1	0	3	0	1	2	3	0	2	2	21
累積合計尾数(尾)	4	4	7	9	9	10	10	13	13	14	16	19	19	21	21	
採卵親魚率(%)	14.8	14.8	25.9	33.3	33.3	37.0	37.0	48.1	48.1	51.9	59.3	70.4	70.4	77.8		
1粒卵重(mg)		61.35		59.50		88.10		77.65	78.70	64.60		93.50		75.53		
卵径(mm)		4.60		4.43		5.20		4.88	4.90	4.55		5.40		4.85		
発眼率(%)		94.5		16.14		64.73		94.12	87.66	72.82		28.86		87.30		
1尾採卵数(粒)		5,330	2,771	3,432		3,629		3,403	4,000	2,976		3,205		3,511		

表10 採卵成績(7区)

採卵日	6月30日	7月6日	7月13日	7月22日	7月29日	8月10日	8月17日	8月25日	9月1日	9月8日	9月14日	9月21日	9月29日	10月13日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	82	86	95	104	111	123	130	138	145	152	158	165	173	187		
採卵尾数(尾)	1	0	1	0	2	9	6	5	1	5	3	3	1	0	0	39
過熟尾数(尾)	7	5	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2	2	18
合計尾数(尾)	8	5	2	0	2	9	7	5	2	5	3	4	1	2	2	57
累積合計尾数(尾)	8	13	15	15	17	26	35	40	42	47	50	54	55	57	57	
採卵親魚率(%)	13.3	21.7	25.0	25.0	28.3	43.3	58.3	66.7	70.0	78.3	83.3	90.0	91.7	95.0		
1粒卵重(mg)		49.70		69.50	67.40	67.70	71.30	72.20	81.00	77.10	89.90	82.45		72.28		
卵径(mm)		3.50		4.75	4.63	4.98	4.85	4.75	4.95	5.20	5.15	4.83		4.76		
発眼率(%)		64.64		58.51	76.67	76.89	32.70	46.48	90.73	68.36	35.74	96.22		69.00		
1尾採卵数(粒)	3,480	4,837	3,135	3,681	4,466	3,997	1,975	4,871	2,890	3,412	5,293			3,949		

表11 採卵成績(8区)

採卵日	6月30日	7月6日	7月13日	7月22日	7月29日	8月10日	8月17日	8月25日	9月1日	9月8日	9月14日	9月21日	9月29日	10月13日	合計・平均	残尾数
終了後の日数	82	86	95	104	111	123	130	138	145	152	158	165	173	187		
採卵尾数(尾)	1	0	1	0	4	5	4	3	0	0	0	1	0	1	1	20
過熟尾数(尾)	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
合計尾数(尾)	3	0	2	0	4	5	5	3	0	0	0	1	0	1	1	24
累積合計尾数(尾)	3	3	5	5	9	14	19	22	22	22	22	23	23	24	24	
採卵親魚率(%)	12.5	12.5	20.8	20.8	37.6	58.3	79.2	91.7	91.7	91.7	91.7	95.8	95.8	100.0		
1粒卵重(mg)			83.95		69.14	69.50	83.25	86.10				53.20		54.30		73.24
卵径(mm)			4.75		4.65	4.75	5.07	5.05				4.33		4.20		4.69
発眼率(%)			16.11		63.9	57.07	94.95	49.06				84.67		67.05		66.30
1尾採卵数(粒)	4,179	2,513	3,876	3,252	3,889	4,631						5,772		5,272		3,947

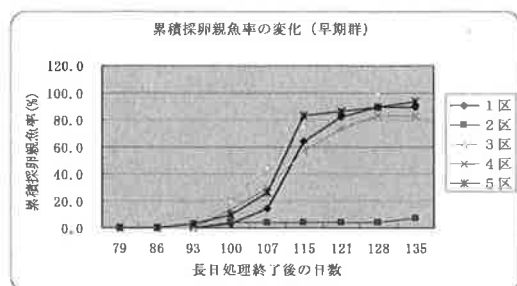


図3 累積採卵親魚率の変化（早期群）

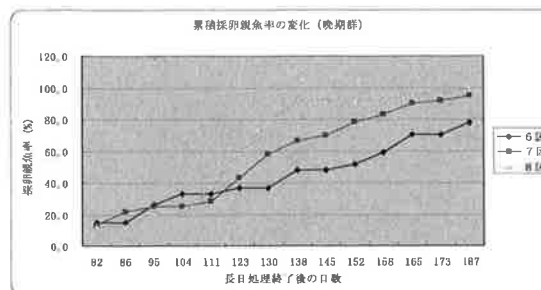


図4 累積採卵親魚率の変化（晚期群）

表12 採精量の変化 (ml)

採精日	5月13日	5月27日	6月10日	6月24日	7月8日	平均
終了後の日数	79	93	107	121	135	
1区	2.3	5.3	2.8	2.7	1.4	2.9
2区	0.1	0.8	0.1	1.7	0.7	0.7
3区	2.0	4.0	5.7	3.8	2.9	3.7
4区	3.5	6.8	5.0	2.9	1.9	4.0
5区	3.4	5.7	7.1	5.5	4.4	5.2

表13 採精量の多い個体の割合 (%)

採精日	5月13日	5月27日	6月10日	6月24日	7月8日	平均
終了後の日数	79	93	107	121	135	
1区	90.0	100.0	75.0	70.0	42.9	75.6
2区	0.0	16.7	20.0	30.0	20.0	17.3
3区	60.0	81.8	100.0	70.0	54.5	73.3
4区	87.5	100.0	75.0	33.3	40.0	67.2
5区	70.0	80.0	90.9	90.9	78.6	82.1

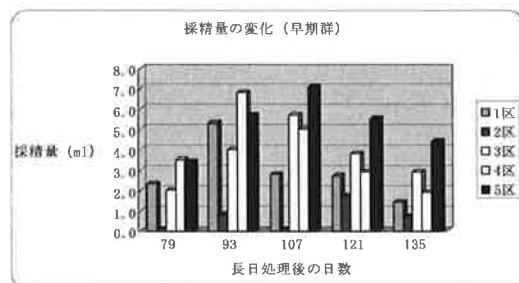


図5 採精量の変化（早期群）

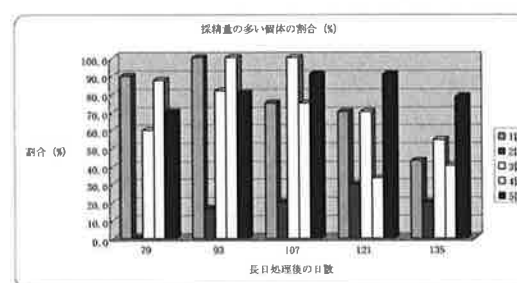


図6 採精量の多い個体の割合（早期群）

考察

1 間歇照明の効果

早期群では、間歇照明区、光中断Ⅱ区、通常照明区の3区はいずれも採卵期の早期化とともに高い採卵親魚率を示した。夕刻照明区がそれに続いたが、光中断Ⅰ区では採卵期の早期化は起こらなかった。光中断Ⅱ区および通常照明区は20時間の長日処理となっており、その有効性は実用的な長日処理時間が18時間以上必要とした過去の報告²⁾と一致していた。間歇照明区は照射時間を積算すると14時間の長日処理時間となり、前二者より照射時間は少なかったが、同様に顕著な採卵期の早期化が起こった。このことは植物のスターチス類の事例と一致し³⁾、本方式がニジマスでも有効であることを示した。また、夕刻照明区は積算で17時間の長日処理となり、採卵親魚率は83.3%とやや低かったが、前述の前報²⁾の結果を反映しているものと考えられた。

一方、晚期群の間歇照明区は、早期群と比較して採卵親魚率（処理後138日目）も48.1%と低く、しかも分散化していた。また、通常照明区は早期群と比較して採卵親魚率は66.7%とやや低く、分散化傾向にあった。短日照明区は通常照明区より採卵日が短期間に集中しており、過去の知見と一致した¹⁾。なお、通常飼育群の採卵期は10月8日～11月13日までで、採卵親魚率50%日は10月27日頃（処理後の日数にすると201日目に相当）であった。

白石⁴⁾はアユにおいて、16時間の長日処理方法として連続照射と点滅照射による成熟抑制効果を比較検討したところ、明確な差異はなかったと報告しているが、本試験では植物のスターチス類の結果同様間歇照明（点滅照明）の有効性が確認できた。なお、間歇照明の効果は晩期群に比べ早期群の方が顕著であった。

間歇照明は24時間型タイマーを用いて設定しており、実質的な照射時間は3時間のため、省エネ・省コストに繋がる技術と考えられる。ニジマスでは夜間の点灯の際、狂奔行動はあまり見られなかったが、他魚種（ヒメマス、未発表）では壁への衝突による斃死があったことから、応用する場合、こうした点も考慮する必要がある。

2 光中断Ⅰの効果

光中断Ⅰ区は長日処理時間が14時間で間歇照明区とほぼ同じであったが、採卵期の早期化は起こらなかった。また、前述の植物のスターチス類の事例³⁾とも異なっており、間歇照明で同様の効果が得られただけに、この点については今後さらに検討したい。

3 照射時間帯の影響

鈴木・日比谷⁵⁾はニジマスの1年魚の雄魚において、明期の開始より16時間前後に光に対して敏感に反応する時間帯が存在し、この時間帯に光が照射されると生理的体内時間のバランスがくずれ、成熟が抑制される報告している。また、山口・大久保⁶⁾はアユの成熟抑制においても、16時間以上の照射と、そのうちの2時間は20:00～24:00に行われるべきであると報告している。本試験（光中断Ⅱ区）では明期開始、すなわち日の出時刻が早期群で6:53、晩期群で6:41であるため、16時間後の22:53、22:41の前後2時間に相当する、20:00～24:00に照射を行わなかった。その結果、成熟が抑制されるとの予想に反し、通常照明と同等な成熟促進の効果が見られ、鈴木らの指摘した照射時間帯の影響はニジマス（雌魚）では認められなかった。したがって、ニジマスの場合、長日処理時間が20時間であれば照射はいずれの時間帯でも良いことが示唆された。

要約

1. ニジマスの早期採卵を目的とし、長日処理方法として3つの異なる電照方法、すなわち間歇照明、光中断（Ⅰ、Ⅱ）、夕刻照明の有効性と、照射時間帯の影響について検討した。
2. 間歇照明の効果は、晩期群より早期群で顕著に現れ、省エネ・省コストに繋がる技術と考えられた。
3. 植物のスターチス類で効果のあった方式の光中断Ⅰ区は、ニジマスでは効果がなかった。
4. 光中断Ⅱ区は、採卵期の早期化が可能であり、照射時間帯の影響を受けないことが示唆された。
5. 夕刻照明区も採卵期の早期化に効果があった。
6. 晩期群の短日照明区は、採卵期の早期化及び集中化に効果があった。

文献

- 1) 山梨県魚苗センター忍野養魚場（1985）：ニジマス卵の周年供給について。昭和59年度指定調査研究総合助成事業報告書、1-30。
- 2) 山梨県魚苗センター忍野養魚場（1986）：ニジマス卵の周年供給について。昭和60年度指定調査研究総合助成事業報告書、1-76。
- 3) 吾妻浅男（1985）：スターチス・シヌアータの電照栽培。農林水産技術会議事務局編、新しい技術（第2集）、東京、182-186。
- 4) 白石芳一（1965）：アユの成熟に及ぼす光周期の影響、第4報、照射光の波長と点滅効果。淡水研報、15（1）、77-84。
- 5) 鈴木敬二・日比谷京（1972）：ニジマスにおける光周感受性のサーカディアン・リズム、日本水産学会春季大会講演要旨、115。
- 6) 山口元吉・大久保英次（1984）：アユの春季採卵による種苗養成に関する研究-I、光周期による性成熟と産卵の統御。東海水研報、第114号、133-140。