

자주복 *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의

종묘 생산에 관한 연구

卞 忠 圭 · 盧 暹

(國立水産振興院 麗水分所)

BREEDING OF THE PUFFER *FUGU RUBRIPES*

by

Choong-Kyu PYEN and Sum RHO

(Fisheries Research & Development Agency Yeosu Branch)

Fingerlings hatched from the eggs of the puffer, *Fugu rubripes*, which were spawned on May 21, 1969, and were cultivated. The results of their growth during 150 days, until October 25th, are summarized as follows:

1. The eggs began to hatch after 163 hours, at a water temperature of 15.9 to 17.4°C, and the hatching rate was 61.56%.
2. They reached the post-larval stage 6 to 7 days after hatching, and at this time a high mortality occurred. The mortality rate was 57.26 to 68.0%.
3. Sixteen days after hatching some of the larger fingerlings (6.7mm in total length) began attacking some of the smaller ones (4.6mm in total length).
4. Twenty five to twenty eight days after hatching, the fish changed their food, and at this time a second high mortality occurred. The total mortality rate amounted to 90.7 to 90.9% of the total hatch.
5. After the fingerling stage, cannibalism occurs. The fish usually attack the caudal part of other fingerlings. It occurs regardless of body length and when the food supply is short.
6. The food coefficient at the age of 46 days (when body length is 53 to 68 mm) was 5.5 for short-necked clams, 8.5 for earth-worms, and 8.7 for fishes.
7. A third high mortality occurred 53 to 63 days after hatching, the total mortality amounting to 95.76 to 97.34%, and the main cause of the mortality was found to be rickets resulting from nutritional deficiency.
8. The growth rates were as follows:
2.68mm just after hatching, 3.84mm at the age of 10 days; 7.96mm after 25 days; 20.96mm or 130mg after 40 days; 73.68 mm or 9.06 g after 80 days; and 123 mm or 31.8 g after 150 days.
9. The water temperature during the above period was 15.7 to 28.4°C with an average of

- 22.10°C and the salinity was 25.53 to 34.50% with an average of 32.07%.
10. The young of this species could endure well a wide range and sudden rise in salinity, and could survive easily when the salinity suddenly fell to 5%, but a considerable mortality occurred when it fell to 3%.
 11. When the fish were transferred directly to fresh water from normal sea water they died out in 9 hours and 40minutes. However, when transferred from water of 5% salinity at which they were reared for 54 days, they survived for 60 hours and 40 minutes longer than in the former case.

머 리 말

자주복 *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)은 참복과 Tetraodontidae에 속하는 전장 700mm에 달하는 대형어이며 한국 및 북해도 북부이남의 일본해와 일본국북부의 室蘭(Muroran) 이남의 태평양연안 그리고 중국, 대만 등지에 널리 분포하고 있으며(松原 1955; Abe 1949), 우리나라 및 일본국에서 고급 요리로 사용되고 있는 복어류중 가장 중요한 자리를 차지하고 있으며 특히 우리나라에서는 수출 대상 어종으로서도 산업상 중요시되고 있는 어종이다.

복어류의 종묘 생산에 관한 연구로서는 藤田(1956), 高井・松井(1963) 등이 인공수정에 의한 발생 및 부화 자어의 사육에 관하여 보고한 바 있고 그 외 Uno(1955)의 복섬(*Fugu niphobles*), 藤田(1956)의 까칠복(*Fugu stictonotus*), 횡점복(*Fugu poecilonotus*), 까치복(*Fugu xanthopterus*) 등에 대한 인공 수정 및 부화 자어의 사육에 관한 보고가 있다. 우리나라에서는 李, 金(1969) 등이 처음으로 자주복의 인공 수정에 의한 발생과 부화 자어의 초기 사육에 대한 보고가 있을 뿐이다.

필자들은 날로 감소되어 가는 연안 자원의 부활과 복어 축양식을 위한 종묘 확보를 기하고자 전남 돌산 동쪽 해안에서 어획된 완속 친어로부터 인공 부화에 의한 종묘생산에 성공하였으므로 우선 중요 생육 시기인 부화부터 150일간의 사육시험을 통하여 얻은 몇 가지 결과를 여기에 발표코자 하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 자주복(*Fugu rubripes*)친어는 1969년 5월 20일에 전남 여천군 돌산면 방죽포(Fig. 1) 지선의 정 치망에서 시험선에 의하여 운반된 축양식 종묘중 성숙상태가 양호한 암수 각 1 미씩을 선정 사용하였다. 완속상태의 친어는 우선 실내(Skylight house) 배양탱크(3.7m × 1.65m × 0.8m)내에 27시간 수용한 후 5월 21일 밤 21:00시에 플라스틱 채받침(23.0cm × 34.0cm)과 유리판(24cm × 34cm)에 알을 고르게 부착시킨 후(알의 부착밀도 1cm²당 3.4개) A탱크(3.7m × 1.65m × 0.8m)에 수하하고 Aeration 및 유수(4(4.3l/min)를 하였다.

부화되어 나온 자어는 A탱크와 동일한 크기인 B탱크에도 그 일부를 옮기고 또 플라스틱 수조(88cm × 44cm × 45cm)와 유리수조(30cm × 60cm × 30cm) 등에도 옮겨 분리 관찰하였고 성장함에 따라서 선별과 엽힘을 하였다.

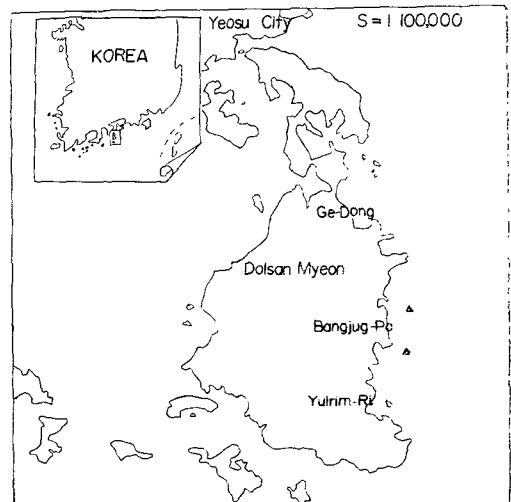


Fig. 1. The map showing the places where the brood fish were caught.

부화기간중의 수온은 (Fig. 2) 15.9~17.4°C(평균 16.4°C)였고 염분농도 (Fig. 3)는 32.10~32.80‰(평균 32.21‰)였다. 또 사육기간중의 수온은 (Fig. 2) 15.7~28.4°C였으며 염분농도는 (Fig. 3) 25.53~34.50‰의 범위였다.

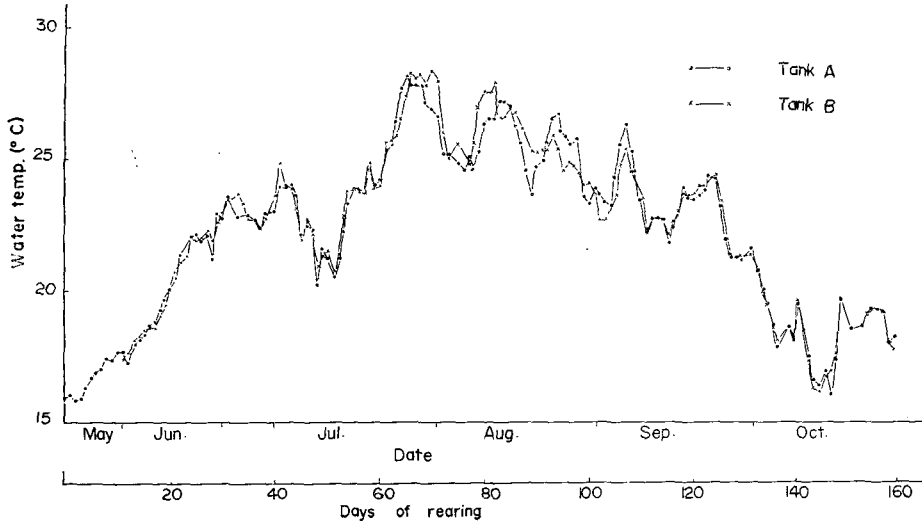


Fig. 2. Water temperature in the rearing aquariums.

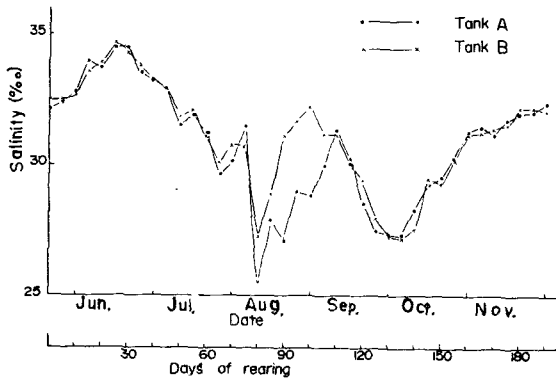


Fig. 3. Salinity in the rearing aquariums.

부화직후에 있어서는 자어의 유영력을 감안하여 300 cc/min 정도로 유수하였으며 치어기부터는 유영력이 약간 강하여 점에 따라 4.3l/min 되게 유수시켰다.

먹이는 부화 후 3일부터 참굴 *Ostrea gigas*의 유생을 급여하면서 여과하지 않은 자연해수를 계속 유수시킴으로써 자연산 동물성먹이 공급을 기하였고 부화 후 10일부터는 *Artemia* 노오플리우수(Nauplius)를 먹기 시작하였으므로 사전에 배양하여 둔 *Artemia* 노오플리우스와 요각류(Copepoda)를 공급하였다.

20일이 경과한 후부터는 먹는 상태가 플랑크톤 식성으로부터 다른 먹이로 전환하기 시작하였으므로 어육으로 먹이를 바꾸어서 계속 사육하였으며 부화부터 월

동기까지에 있어서는 알의 부화율, 부화 치어의 성장, 폐사, 먹이생물 등에 대한 몇가지 점을 계속 관찰하였다.

결 과

가. 인공 수정 및 부화

1969년 5월 20일 전남 여천군 돌산면 죽도지선에서 완숙된 알을 가지고 있는 전장 548mm의 암컷과 410mm의 수컷을 당초의 배양탱크(3.7m×1.65m×0.8m)에서 27시간 수용한 후 5월 21일 21:00시에 습도법에 의하여 48,900개의 알을 채란하여 인공수정시킨 후 플라스틱 채반집과 유리판에 부착 밀도를 1.8~6.5개/cm²(평균 3.4개/cm²)로 부착시켜서 수하시켰다.

최초의 부화는 5월 28일 오후 16:00시인 163시간만에 볼 수 있었고, 전체수 30,140미(61.56%)가 부화 유출되었다.

나. 성장 및 먹이

부화직후의 자어(Fig. 4)는 전장 2.68mm로서 대부분은 수로 바닥에 가라앉는 것이 많고 소수는 꼬리 부분을 흔들면서 약간씩 전진 유영하는 것을 볼 수 있었다.

자주복의 종묘 생산

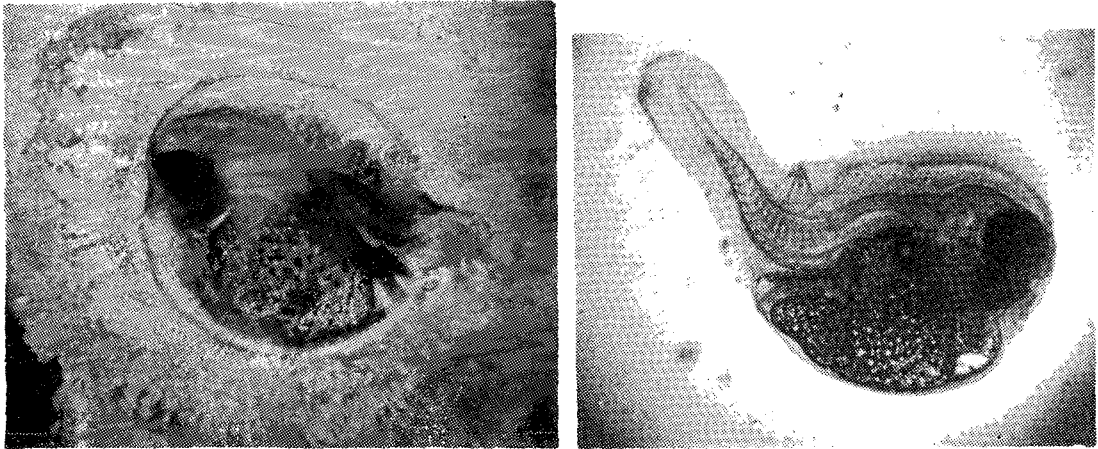


Fig. 4. The fry right after hatch-out(left) and two hours later (right).

Table 1. The Growth of the Larvae Fed on Various Foods

Date (1969)	Days after hatching	Body length(mm)	Body weight(mg)	Kind of foods*
May	28	Hatched	2.69	—
Jun.	2	5	3.21	O
◇	7	10	3.84	An.C.T.
◇	12	15	4.90	◇
◇	17	20	5.42	An.Aa.C.T.
◇	22	25	7.96	F ◇
◇	27	30	9.20	◇
Jul.	2	35	15.61	Aa.C.T.P.
◇	5	38	18.92	◇ F.
◇	7	40	20.96	C.Aa.P.M.E.
◇	12	45	25.84	◇
◇	14	47	29.81	Aa.P.M.W.E.
◇	17	50	32.14	P.E.M.W.
◇	22	55	41.63	◇
◇	27	60	48.36	E.M.W.
◇	29	62	49.62	◇
◇	31	64	56.42	◇
Aug.	3	67	58.17	◇ I.
◇	6	70	60.43	◇
◇	16	80	73.68	◇
◇	26	90	81.34	E.P.W.I.
Sep.	5	100	90.63	E.P.W.
◇	15	110	99.65	◇
◇	20	115	105.1	◇
◇	25	120	111.4	E.W.I.
Oct.	5	130	123.2	E.I.
◇	15	140	135.0	E.P.
◇	25	150	140.2	E.W.

*An..... *Artemia* nauplius Aa.....*Artemia* adult(5mm) C..... Copepoda E.....*Engraulis japonica*
 F.....*Scomber japonica* M.....Mosquito larvae O.....Oyster larvae P.....*Tapes japonica*
 T.....*Tigriopus* W.....Earth Worm

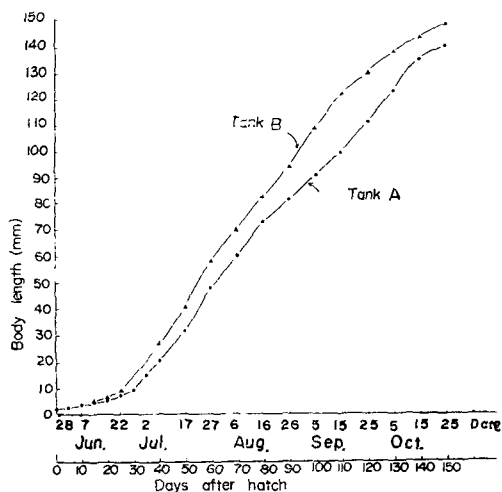


Fig. 5 Relation between the body length and the reared time.

35일째부터는 바지락의 육편도 잘 먹었으며 외부의 소리나 동작에 대하여 민감해지고 먹는 동작이 민첩하여 먹이를 줄 때 수면을 두드려서 소리를 내면 그 장소로 일체로 모여드는 현상을 볼 수 있었다.

부화 후 40일이 경과한 7월 초순에는 장구벌레의 생체나 멸치 육편을 잘 포식하였으며 이 때는 벌써 전장 19.1~36.5mm 체중 130~1,300mg으로 자랐고 대부분의 개체는 가슴지느러미 뒤에 대형의 흑반점이 생기고 피부에는 가시비늘이 완성되어 어미와 같이 본 종의 독특한 체형을 갖추게 되었으며 이 시기부터는 청각 및 시각을 통한 반응이 더욱 민감하여 저서 먹이 공급자가 조용히 나타나거나 보행 소리만 들려도 먹이주는 쪽으로 모여드는 현상을 볼 수 있었다.

부화 후 50일에는 전장 25.4~49mm, 체중 420~1,830mg으로 성장하였으며 사육장 근처에서 많이 살고 있는 담수산 지렁이(전장 6~10cm, 체중 500~1,000mg)를 잘 포식하였다.

부화 후 70일째인 8월 초순경에는 전장 46~83mm, 체중 6,660mg으로 성장하였으며 이 후부터는 주로 멸치와 바지락을 급여하면서 사육한 결과 부화 후 100일이 경과한 9월 상순경에는 전장 69.5~131mm, 체중 30g으로 성장하였으며 150일이 경과한 10월 말경에는 전장 102~177mm, 체중 25.3~116g으로 성장하였다(Fig. 5).

부화 후 70일이 경과한 시기부터는 무투이에 따른 공식 현상을 관찰하였으며 그 결과는 다음과 같다. 실내 수조에서 전장 47~54mm 되는 5마리를 선정하여 먹이를 12일간 중단시킨 결과 Fig. 6에서 보는 바와 같이 꼬리 부분을 식해하는 현상이 일어나고 최종에는 49mm 되는 것이 자기 보다 큰 54mm 되는 것을 식해하였으며 식해를 당한 것은 꼬리 부분에서 빼만 남기고 23mm 부분까지 식해당한 후에 죽었고 전장 47mm되는 것은 꼬리에서 18mm부분까지 식해당하면서도 살아서 유영하는 것을 관찰할 수 있었다.

즉 자주부의 상호 공식 현상은 유영력이 활발한 치어기에서는 먹이가 부족할 때 크기에 관계없이 공식현상이 일어나며 식해하는 부분은 반드시 꼬리 부분에서 일어나는 것을 알 수 있었다.

부화 후 83일째인 8월 19일에 체장 53~68mm, 체중 3.5~6.5g인 19마리를 3개의 유리 수조에 수용하여 각각 바지락 육편과 잠

먹이는 (Table 1)부화 후 3일부터 굴의 유생을 투여하였으며 부화 후 6일째부터는 난황(Yolk)을 흡수하여 전장 3.6mm의 후기 자어기에 들어가게 되었다(Fig. 5).

이때부터 B 탱크에는 사전에 배양되어 있는 각종의 Copepoda(요각류) 노오플리우스 등을 투여하였으며 A 탱크에는 굴의 유생을 투여하면서 여과하지 않은 자연해수를 3 l/min되게 유수시켜 주면서 사육하였다.

8일째부터는 *Artemia*의 노오플리우스를 잘 포식하였으며 부화 후 13일째에는 이 (Teeth)의 형성이 시작되면서 전장 4.1mm로 자랐고 16일경에는 전장 6.7mm의 비교적 큰 것이 전장 4.6mm의 작은 것을 공격하여 식해하는 것을 볼 수 있었다. 부화 후 25일 경에는 전장 7.6~13.3mm로 자랐으며 지느러미의 연조(Soft ray)가 정수(D 16, A14, P18, C11)로 되어 치어기에 이행(移行)하였으며 A 탱크의 일부와 B 탱크의 대부분은 사이기(死假期)에 접어들어 고등어의 육편(肉片)을 받아먹기 시작하였다.

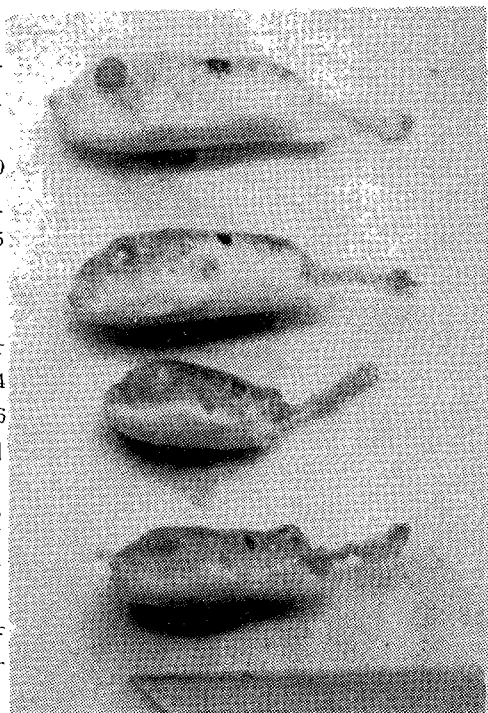


Fig. 6. Fingerlings with their caudal part lost by cannibalisation.

Table 2. The Growth of the *Fugu* Larvae Fed on Various Foods

Partition	Kind of foods	<i>Tapes japonica</i>	Fishes	Earth worm
Beginning date		Aug. 19, 1969	Aug. 19, 1969	Aug. 19, 1969
Ending date		Oct. 3, 1969	Oct. 3, 1969	Oct. 3, 1969
Days of rearing		46	46	46
Beginning of experiment				
Total weight of fish		45.9	25.0	24.3
No. of fish reared		9	5	5
Average body length (cm)		6.0	6.0	5.9
Average body weight (g)		5.1	5.0	4.9
End of experiment				
Total weight of fish (g)		234.5	49.7	70.6
No. of survivals		9	4	5
Average body length (cm)		10.2	8.4	8.5
Average body weight (g)		26.1	12.4	14.1
Body weight increased (g)		188.6	24.7	46.3
Quantity of food (g)		1.028	215	394
Growth coefficient		5.5	8.7	8.5
Survival rate (%)		100	80	100

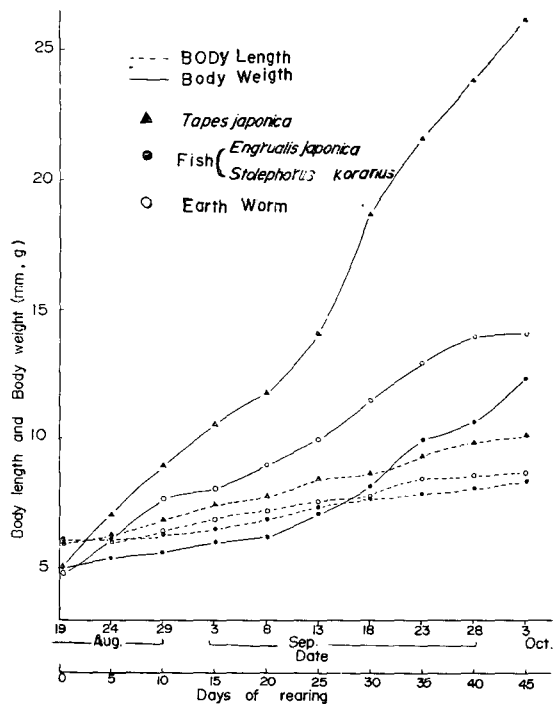


Fig. 7. The Larval growth fed on various foods.

어의 육편, 담수산 지렁이 등의 3종만을 투여하면서 46일간 수용 사육한 결과 Table 2와 (Fig. 7) 같은 사육 성적을 얻을 수 있었으며, 이 기간의 증육계수는 바지락 5.5, 지렁이 8.5, 잡어 8.7로서 바지락을 투여한 것이 생장도 양호하였고 성장율도 높은 편이었다.

필자 등이 기대하였던 담수산 지령이를 급여한 것에는 먹는 도중에 환절부가 절단되면서 지령이의 체액이 사육수 중으로 용출 유실되어 영양물질의 유실과 사육수의 혼탁 및 부패를 초래하게 됨으로써 양호한 사육 성적을 얻을 수가 없었다.

Table 3. Daily Rate of Mortality and Total Mortality of the Larvae of *Fugu rubripes* Reared in the A Aquarium During the Experiment

Date	Days after hatching	No. of survived fish	No. of dead fish	Daily mortality (%)	Accumulative No. of dead fish	Total mortality (%)	
May	28	2,300	—	—	—	—	
Jun.	4	7	1,623	677	29.43	677	29.43
〃	5	8	1,018	605	37.27	1,283	55.73
〃	6	9	983	35	3.43	1,317	57.26
〃	7	10	916	67	6.81	1,384	60.17
〃	12	15	897	19	2.07	1,403	61.00
〃	16	19	881	16	1.78	1,419	61.69
〃	17	20	881	0	0	1,419	61.69
〃	18	21	878	3	0.34	1,422	61.82
〃	20	23	394	484	55.12	1,906	82.86
〃	22	25	279	115	29.18	2,021	87.86
〃	23	26	224	55	19.71	2,076	90.26
〃	25	28	144	80	35.71	2,156	93.73
〃	27	30	137	7	4.86	2,163	94.04
〃	28	31	134	3	2.18	2,166	94.17
〃	29	32	134	0	0	2,166	94.17
〃	30	33	130	4	2.98	2,170	94.34
Jul.	1	34	130	0	0	2,170	94.34
〃	2	35	130	0	0	2,170	94.34
〃	5	38	128	2	1.53	2,172	94.43
〃	6	39	121	7	5.46	2,179	94.73
〃	7	40	121	0	0	2,179	94.73
〃	13	46	120	1	0.82	2,180	94.78
〃	20	53	119	1	0.83	1,181	94.82
〃	21	54	117	2	1.68	2,183	94.91
〃	22	55	103	14	11.96	2,197	95.52
〃	23	56	99	4	3.88	2,201	95.69
〃	25	58	81	18	18.18	2,219	96.47
〃	27	60	76	5	6.17	2,224	96.69
〃	31	64	60	16	21.05	2,240	97.39
Aug.	1	65	58	2	3.33	2,242	97.47
〃	16	80	56	2	3.44	2,244	97.56
〃	26	90	56	0	0	2,244	97.56
〃	28	92	56	0	0	2,244	97.56
〃	29	93	54	2	3.57	2,246	97.65
Oct.	4	129	54	0	0	2,246	97.65
〃	5	130	53	1	1.85	2,247	97.69
〃	10	135	52	1	1.88	2,248	97.73
〃	15	140	49	3	5.76	2,251	97.86
〃	25	150	48	1	2.04	2,252	97.91
〃	30	155	48	0	0	2,252	97.91

다. 폐 사

사육 기간 중의 폐사에 대하여 (Table 3, 4 와 Fig. 8) 관찰한 결과 부화 후 6일째부터는 폐사 현상이 일어나기 시작하였으며 난황 흡수가 끝나고 후기 자어기로 이행되는 6~9 일 사이에서는 A 탱크에서 57.26%, B 탱크에서 68.0

Table 4. Daily Rate of Mortality and Total Mortality of the Larvae of *Fugu rubripes* Reared in the B Aquarium During the Experiment

Date	Days after hatching	No. of survived fish	No. of dead fish	Daily mortality (%)	Accumulative No. of dead fish	Total mortality (%)
May. 30	2	3,000	--	—	0	0
Jnu. 3	6	1,478	1,522	50.73	1,522	50.73
〃 4	7	1,319	159	10.75	1,681	56.03
〃 5	8	964	355	26.91	2,036	67.86
〃 7	10	843	121	12.55	2,157	71.90
〃 9	12	803	40	4.74	2,197	73.23
〃 11	14	801	2	0.24	2,199	73.30
〃 12	15	793	8	0.99	2,207	73.56
〃 13	16	793	0	0	2,207	73.56
〃 14	17	781	12	1.51	2,129	73.96
〃 17	20	760	21	2.68	2,240	74.66
〃 18	21	757	3	0.39	2,243	74.73
〃 19	22	702	55	7.26	2,298	76.60
〃 22	25	312	390	55.55	2,688	89.60
〃 24	27	283	29	9.29	2,717	90.56
〃 27	30	273	10	3.53	2,727	90.90
〃 29	32	271	2	0.73	2,729	90.96
〃 30	33	271	0	0	2,729	90.96
Jul. 1	34	259	12	4.42	2,741	91.36
〃 2	35	254	5	1.93	2,746	91.53
〃 5	38	249	5	1.96	2,751	91.70
〃 7	40	241	8	3.21	2,759	91.96
〃 12	45	224	17	7.05	2,776	92.53
〃 17	50	219	5	2.23	2,781	92.70
〃 20	53	203	16	7.30	2,797	93.23
〃 22	55	174	29	14.28	2,826	94.20
〃 23	56	159	15	8.62	2,841	94.70
〃 27	60	129	30	18.86	2,871	95.70
Aug. 1	65	124	5	3.87	2,876	95.86
〃 16	80	124	0	0	2,876	95.86
〃 26	90	124	0	0	2,876	95.86
〃 29	93	123	1	0.08	2,877	95.90
Sep. 5	100	116	7	5.69	2,884	96.13
〃 15	110	114	2	1.72	2,886	96.20
〃 26	121	114	0	0	2,886	96.30
Oct. 5	130	98	16	14.03	2,902	96.73
〃 15	140	94	4	4.08	2,906	96.86
〃 25	150	93	1	1.06	2,907	96.90
〃 30	155	92	1	1.07	2,908	96.93

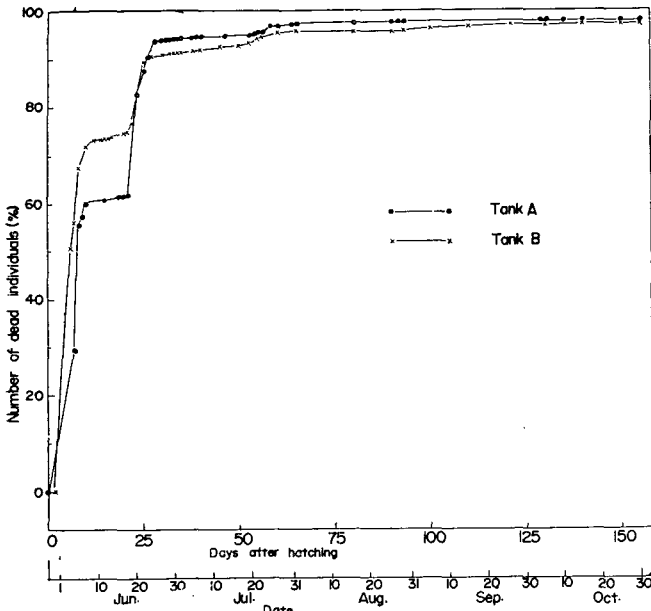


Fig. 8. Total mortality of *fugu rubripes* reared in the aquarium A and B.

총 폐사율은 부화 미수에서 A 탱크 97.91%, B 탱크 96.93%로서 각각의 최종 생잔미수는 전자가 48미 후자가 92미생잔하였다.

라. 염분 농도에 따른 저항 시험

자주복의 생리 생태에 관한 연구 논문중 치어기의 염분 농도에 따른 저항성 시험 자료는 찾아볼 수 없었으므로 필자 등은 자주복의 장기간 축양에 따른 저염분 농도에 대비하고자 69년 8월 18일~69년 11월 13일 까지 88일간 2차에 걸쳐 저염분농도별 저항성 시험을 실시하였다.

1) 1차 시험

1969년 8월 18일부터 크기가 비슷한 20마리(전장64~66mm)를 선정하여 원형 수조(295×31cm) 4개에 5마리씩을 수용하여 염분 농도를 각각 5, 10, 15, 20‰로 구분한 후 전기 염분 농도로 2일 간격으로 환수하면서 54일간 사육하여 Table 5와 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 사육 기간의 수온은 15.2, 27.6°C였고, 수조내에는 계속

Table 5. The First Rearing Experiment of the Fish in water of Varied Salinity

Date	Salinity	5‰	10‰	15‰	20‰
(Start of rearing experiment)					
Aug.	18	Frantic swimming(2)	Frantic swimming(1)	Normal swimming	Normal swimming
〃	19	Normal swimming All didn't take food.	Normal swimming All took food.	〃 All took food,	〃 All took food.
〃	20	Normal swimming Two didn't take food.	〃	〃	〃
〃	25	One didn't take food.	〃	1 died by jumping out.	〃
Sep.	5	I died the others took food.	〃	Normal swimming All took food.	〃
〃	25	Normal swimming All took food.	1 died by jumping out.	〃	〃
Oct.	10	〃	Normal swimming	〃	〃

Size of fish: 64-66mm. Number of fish: 5 each. Water temperature: 23.6-26.1°C

의 대량 폐사가 일어났고 부화 후 25~28일 사이의 치어기에 접어들면서부터는 식성의 변화가 생겨 A 탱크에서는 부화미수에서 90.73%, B 탱크에서는 90.9%의 두 번째의 폐사가 있었다.

이 2회에 걸친 대량 폐사가 지난 후부터는 당분간 안정된 사육을 계속할 수 있었으나 부화 후 53~63일 사이인 7월 20~30 일경에 또 다시 먹는 상태가 매우 불량하여 지고 등지느러미 뒷부분이 좌우 또는 상하로 굽어지면서 어체가 쇠약하여져서 구루병이 발생하여 A 탱크는 부화미수에서 97.34% B 탱크는 95.76%가 줄어들었다. 그러나 이 현상을 최대한 방지하기 위하여 사육수의 전량 환수를 실시하였고 선도가 좋은 먹이(바지락, 멸치, 담수산 지렁이등)을 투여하면서 병어를 격리 수용시킨 결과 8월부터는 또 다시 안정된 사육을 계속할 수가 있었다.

그리하여 성장 수온이 거의 끝나게 되는 시기인 부화 후 150일째되는 10월 말까지의

자주복의 증묘 생산

Aeration을 하였다. 사육중의 폐사에 대하여 10%구와 15%구의 폐사 현상을 비교 관찰해 보면 다음과 같다.

처음 방양시 10% 수조에서는 5마리중 1마리가 약 5분정도 광분 유영을 하였으나 곧 정상적인 유영을 할 수 있었고, 15%수조에서는 아무 이상이 없이 정상적인 유영을 하면서 먹이를 먹는 것을 볼 수 있었다.

사육 도중 15%수조와 10%수조에서는 각각 1마리씩이 수조 밖으로 튀어나오으로써 죽었고, 5%수조에서는 5마리중 3마리는 3일이 경과한 때부터 정상 섭이활동에 들어갔으나, 2마리는 방양 직후 약 7시간 정도 광분유영을 하였고, 사육후 19일째까지 계속 먹지 않다가 20일째에 들어서 1마리는 폐사하고 1마리는 차츰 먹기 시작하게 되었다.

이상의 결과로 볼 때 급변하는 저염분 농도에 대하여도 저항성이 매우 강한 것을 알 수 있으며 10%농도까지는 별로 심한 영향력이 미치지 못하는 것을 알 수 있었다. 그러나 5%농도에서는 피해 현상이 있었으므로 그 이하 농도에 대하여는 2차시험을 실시하였다.

2) 2차시험

1969년 10월 11일부터는 ABCD 4개의 수조를 사용하여 AB를 담수(수도물), C를 1%, D를 3%로 하여 각 수조에 전장 79~81mm 크기의 자주복 3마리씩을 수용하여 저항성 여부를 관찰하였다.

Table 6. The Second Rearing Experiment of the Fish in Various Salinities

State of fish Time elapsed	I	II	III	IV	V	VI
	Oct. 11, 1969. 0 h.	A. B. C. D.	—	—	—	—
0:40m	A ₁₋₃ B _{2,3} D ₁₋₃	B ₁ C ₃	C _{1,2}	—	—	—
1:10	A ₁₋₃ D ₁₋₃ C ₃	B ₃ C _{1,2}	B ₂	B ₁	—	—
1:20	A _{1,3} B ₃ C _{2,3} D ₁₋₃	A ₂ B ₂ C ₁	B ₁	—	—	—
1:30	A _{1,3} C _{2,3} D ₁₋₃	C ₁	A ₂ B _{1,3}	B ₂	—	—
2:20	A _{1,3} C _{2,3} D _{1,2}	D ₃	C ₁	A ₂ B ₁₋₃	—	—
2:40	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	A ₂ B ₃ C ₁₋₃	B _{1,2}	—
3:30	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	A ₂ C ₁₋₃	B ₃	B _{1,2}
4:10	A _{1,3} D _{1,2}	—	C ₁ D ₃	B ₃ C _{2,3}	A ₂	—
5:30	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	B ₃ C _{2,3}	C ₁	A ₂
9:10	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	C ₁₋₃	B ₂	—
9:40	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	C ₂	C _{1,3}	B ₃
13:10	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	—	C ₁₋₃	—
20:30	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	—	C _{2,3}	C ₁
21:40	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	—	C ₂	C ₃
25:50	A _{1,3} D _{1,2}	—	D ₃	—	—	C ₂
58:20	D _{1,2}	—	A ₃ D ₃	A ₁	—	—
60:30	D _{1,2}	—	D ₃	A ₃	A ₁	—
60:50	D _{1,2}	—	—	—	A ₃	A ₁
70:20	D _{1,2}	—	D ₃	—	—	A ₃
143:30	D _{1,2}	—	—	—	D ₃	—
145:00	D ₁	D ₂	—	—	—	D ₃
173:00	D ₁	—	—	D ₂	—	—
231:40	D ₁	—	—	—	—	D ₂
812:00	D ₁	—	—	—	—	—

Note 1.

Tank	Salinity	No. of fish	Marks for each fish
A	0‰ (fresh water)	3	A ₁ A ₂ A ₃
B	0‰	3	B ₁ B ₂ B ₃
C	1‰	3	C ₁ C ₂ C ₃
D	3‰	3	D ₁ D ₂ D ₃

Note 2

Marks for the state are as follows:

I: Normal swimming

II: The fish occasionally falls into convulsions and swells its belly, but is sensitive to the external touch.

III: The fish lose body equilibrium and become insensitive to external touch.

IV: The fish hardly breath, stop swimming, and become insensitive to the external touch. Number of opercle movement below 50/min.

V: The suspended state. Number of opercle movement 4-5 /min.

VI: Death.

이때 담수를 넣은 AB수조중 A수조에는 1차 시험에서 염분 농도 5%로 54일간 사육하였던 3마리를 그대로 계속 수용하였고 B의 담수 수조에는 정상 해수(34%정도)에서 사육하였던 것을 수용하였다. 또 CD수조에는 1차 시험 때에 15~20%에서 사육하였던 것을 그대로 수용하여 812시간(34일) 사육하였으며 편의상 아래 6단계로 나누어 관찰하였다(Table 6).

I : 정상적인 유영.

II : 때때로 경련 및 팽복(膨腹)현상을 볼 수 있고 광분하나 접촉 반응은 민감하다.

III : 평행상실, 접촉 반응이 약하다.

IV : 호흡이 약하고 유영을 하지 않고 가라앉은채 접촉 반응이 없다(새개골 운동 회수 50회 미만/min).

V : 호흡이 극히 미약한 가사 상태(새개골 운동 회수 4~5회/min).

VI : 폐사(호흡정지).

상기와 같이 6단계로 구분하여 관찰한 결과 정상 해수에서 담수에 투입시킨 B수조에서는 방양당시부터 3마리가 전부 광분, 평행상실, 침전 상태를 나타내었다가 3시간 30분만에 2마리가 폐사하였고 9시간 40분만에는 나머지 1마리도 폐사하였다.

그러나 5%농도에서 54일간 사육시킨 후 담수에 옮긴 A 수조에서는 5시간0분만에 1마리가 폐사하였고 60시간 50분만에 1마리, 70시간 20분에 나머지 1마리가 폐사하였다.

1%농도의 C 수조와 3%인 D수조에 있어서는 1차시험에서 비교적 높은 염분 농도에서(15~20%) 사육한 3마리씩을 동시에 투입한 결과 C수조에 있어서는 20시간35분~25시간 50분만에 전부 폐사하였으나 D수조에서는 145시간만에 1마리, 232시간 정도에서 1마리가 폐사하였으나 나머지 1마리는 812시간까지 생존하였으며 가끔 먹이를 먹는 것을 볼 수 있었다. 위의 실험을 통하여 얻은 결과를 정리해 보면 다음과 같다.

1. 대체로 저염분인 5%농도에서도 저항성이 강한 편이다.
2. 같은 담수 수조 내에 사육한 AB의 결과로 보아 저염분 농도에서 54일간 단련된 치어를 투입한 A 수조에서는 전연 단련되지 않았던 치어를 바로 투입한 B 수조에서의 경우보다 60시간 20분이나 더 장시간 견디는 것을 알 수 있었다.
3. 따라서 점차적으로 저염분 농도로 다루어져 간 것은 5%이하의 저염분 농도에도 상당히 장시간 견디어 나갈 수 있을 것으로 예상되나 앞으로 더 이에 대한 연구 검토가 필요할 것 같다.

고 찰

북어류의 알은 수온의 고저에 대한 허용 범위가 넓고 또한 급격한 변동에 대하여서도 저항력이 강하다고 알려져 있다. Uno(1955)에 의하면 북섬(*Fugu nipholes*)의 온도 허용 범위는 16.96~29.47°C로 되어 있고 藤田(1962)는 졸복 알은 12~24°C 범위에서, 자주복은 13~22°C의 온도 범위에서 정상적인 발육이 행하여 졌다고 하며 또 자주복의 부화 소요 시간은 수온 15.6~17.2°C에서 약 243시간, 수온 16.2~17.5°C에서는 288시간이라는 장시간이 소요되었음을 보고하고 있다. 또 高井(1963) 등은 수온 15°C에서 168시간, 20°C에서 120시간이 소요되었고, 李, 金(1969) 등은 18.85~20.47°C에서 148시간만에 부화된 것을 기록하고 있다. 금번에 있어서 필자들이 관찰한 것은 수온 15.9~17.4°C의 범위에서 163시간이 소요되었으므로 대체로 高井등이 발표한 것과 일치됨을 볼 수 있는데 이것은 부화 시기 및 부화 당시의 수온이 비슷하였기 때문이라고 생각되어진다. 자어기의 초기 먹이로서 藤田, 高井등은 난황 흡수 전인 부화 후 3~5일부터는 200 μ 전후의 요각류 및 따개비의 노오폴리우스, 바지락, 굴 등의 수정난을 투여하였고 후기 자어기부터는 400 μ 정도의 *Artemia*의 노오폴리우스, 저서성 부착 소형 갑각류나 요각류의 성체를 섞어 투여하였다고 하나 필자 등은 먹이로서 배양한 요각류의 양이 충분치 못하여 B 탱크에만 일부 투여하였고 A 탱크에는 굴의 유생을 투여하면서 여과하지 않은 자연 해수를 유수시켜 사육하였다. 후기 자어기에 접어들면서부터 A 탱크에는 *Artemia* 노오폴리우스를 투여하였고, B 탱크에는 배양된 요각류와 *Artemia* 노오폴리우스를 약간씩 투여하였으나 먹이량은 비교적 부족한 편이었다.

부화 후 9일만에 藤田가 말하고 있는 해산어 치어 사육상의 위기인 소위 Critical period 라는 시기에 들어가

따라서 1차 대량 폐사 현상이 일어났으며 부화 후 25~28일경 후기 자어기에서 치어기로 이행되면서부터 식성이 사(死餌)로 바뀔 때 따라 2차 폐사가 일어났다. 이러한 폐사 시기에 있어서 요각류, 장구벌레 *Artemia* 의 성체 등을 먹인 B탱크는 주로 *Artemia* 유생만을 투여한 A 탱크에 비하여 비교적 생장율이 양호하였다. 따라서 이 시기에 드는 이전부터 요각류의 성체나 저서성 소형 갑각류 등의 육질이 비교적 많은 산먹이를 투여하면서 차츰 바지락이나 어육편을 주려는 먹이 다루기가 용이하여지며 동시에 생산율도 높일 수 있을 것으로 생각되었다. 부화 후 53일경부터는 또다시 먹는 상태가 불량해지면서 담수 어류의 치어 사육에서 볼 수 있는 구루병(곰추병) 현상이 나타났으며 高井(1963) 등이 말하는 3차 대량 폐사 현상이 일어났다.

이것은 단일 종류의 먹이를 계속 먹이거나 선도가 좋지 못한 먹이를 먹이므로서 먹는 상태가 불량해지고 최종에는 영양 부족으로 폐사하게 되는 것으로 생각되었으며 선도가 좋은 어육이나 구둑이 용이한 실지렁이등의 산 먹이를 주는 것이 효과적인 것으로 생각되어 진다. 사육 도중에 일어나는 공식 현상은 상호 체장의 크고 작음에 관계없이 꼬리 부분에서 일어났으며 이것은 高井(1963) 등이 말한 것처럼 먹이의 부족이 주원인인 것으로 생각되어 지나 사육 장소가 협소한 것도 영향이 있는 것으로 사료되었다.

자주복의 성장에 대하여 藤田(1962)는 자어 후기로 이행되는 시기의 전장은 2.3~3.5mm라 하였고 치어기에 달할 때의 전장은 6.6~11.9mm, 부화 후 46일 경에는 전장 27mm, 체중 0.5g로 성장하며, 이 때에 양쪽 가슴지느러미 밑의 후방 몸 옆면에 대형의 흑반점이 생기며 부화 후 62일까지는 전장 47mm, 체중 2.45g으로 성장함을 보고하였고 高井(1963) 등은 자어 후기에 이행하는 시기에는 2.9~3.5mm, 부화 후 32일 때에는 8.70~11.20mm 45일 경에는 16.0~23.0mm, 60일 경에는 26~35mm로 성장되었다고 보고하고 있다.

필자들이 시험한 결과는 대체로 사육 초기인 후기 자어기가 되는 시기까지의 체장은 모두 전기한 바와 비슷하나 치어기의 체장은 7.6~13.3mm였고 부화 후 40일 때에는 전장이 19.1~36.5mm, 체중 0.13~1.3g으로 성장되었으며, 이때 가슴지느러미의 대형 흑반점이 현저하게 나타나므로 藤田, 高井 등의 기록에 비하여 약간씩 빠른 성적을 나타내고 있었다. 그 이유는 자어후기 말에서 치어기로 이행될 무렵 식성의 변화가 일어남에 따라서 급속히 성장하게 되므로 이 때에 급여하는 먹이의 질과 먹이를 주는 양 및 수온 등에 관계가 있는 것으로 생각되었다. 또 자주복축양식 사업을 위한 저염분 농도에 따른 치어의 저항성. 시험에 있어서도 1, 2차의 실험 결과를 고찰해 볼 때 1차 시험에서 5%정도의 저염분에서도 자주복 치어의 생존이 가능하였으며, 2차 시험에서는 3% 농도에서도 생존할 수가 있었으므로 이 이하의 농도에 대하여는 단계적으로 서서히 단련을 시킨다면 상당히 장기간을 생존할 수 있게 될 것으로 사료되어 앞으로 이에 대한 검토가 요망되는 바이다.

요 약

1969년 5월 21일에 채란하여 부화시킨 후 월동 사육중에 있는 자주복의 치어 사육 과정에 있어서 우선 150일간 이 되는 10월 25일까지의 시험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자주복의 인공 수정란은 수온 15.9~17.4°C에서 163시간만에 최초의 부화를 볼 수 있었고, 부화율은 61.56%였다.
2. 부화 후 6~7일경에 후기 자어에 달하나 이 때에 1차 대량 폐사가 일어나서 부화 치어의 57.26%~68.0%가 감소되었다.
3. 부화 후 16일경부터는 전장 6.7mm의 것이 4.6mm의 치어를 공격하는 것을 볼 수 있었다.
4. 부화 후 25~28 일 경에는 식성의 변화가 생기게 되며, 이 때는 다시 제 2차 대량 폐사가 일어나서 부화 수량의 90.7%~90.9%가 감소되었다.
5. 치어기 이후의 공식 현상은 체장에 관계없이 적정 먹이의 부족에서 일어나며 식해당하는 위치는 꼬리지느러미쪽에서 시작된다.
6. 46일간 사육한 유어기(체장 53~68mm)의 먹이 종류별 증육 계수는 바지락 5.5, 지렁이 8.5, 잡어 8.7이었다.
7. 부화 후 53~63일 경부터는 제 3차 폐사가 일어나서 부화 수량의 95.76~97.34%가 감소하였으나 주원인은 영양 실조에 의한 구루병(곰추병)이었다.

8. 성장 결과는 부화 직후의 것은 전장이 2.68mm이나 부화 후 10일째는 전장 3.84mm, 25일째는 전장 7.96mm 40일째는 전장 20.96mm, 체중 130mg, 80일째는 전장 73.68mm, 체중 9.06g, 150일째는 전장 123mm 체중 31.8g로 성장하였다.
9. 이 때의 전사육 기간 중의 수온은 15.7~28.4°C(평균 22.10°C) 범위였고 염분 농도는 25.53~34.50‰(평균 32.07‰) 범위였다.
10. 자주복의 유어는 저염분 농도에 대한 저항력이 높아서 5%까지의 급변에도 잘 견디었으나 3% 이하부터는 폐사율이 많은 편이었다.
11. 정상 해수에서 담수로 바로 옮긴 것은 9시간 40분 후에 폐사했는데 비하여 저염분 농도(5%)에서 54일간 단련시킨 것은 60시간 40분이나 더 생존할 수 있었다.

참 고 문 헌

- 藤田矢郎(1962): 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎縣水産試験場論文集 第2集 pp. 1~175
- 高井徹, 松井魁(1963): 트라프그의種苗生産に関する豫察的研究. 水産増殖 臨時號 2. pp. 1~7.
- 安田治三郎(1963): 海産魚の種苗生産に関する研究 特にサヨリの人工種苗について. 水産増殖 臨時號 2. pp. 1~94
- 平野禮次郎(1963): 種苗生産用飼料の問題点. マダイを中心として. 水産増殖 臨時號 2. pp. 93~99.
- 李秉喆, 金容億(1969): 한국산 주요해산어류의 증묘생산에 관한 연구. 1. 자주복 *Fugu rubripes* (Temminck et Schlegel)의 난발생과 자어 및 성장에 대하여. 부산수산대학 임해연구소 연구보고 2, 1~11.
- 丹下勝義(1968): シラウオのふ化飼育實驗—Ⅱ. 水溫とふ化の關係について. 水産増殖 16 (2), 81~86.
- 大塚雄二, 池田武彦(19-): 海産動物の活魚輸送に関する研究 Ⅱ. 麻酔効果. 山口縣内海水試研業績 第106號 pp. 12~20.
- 정문기(1968): 어류생태학 pp. 50~104. 과학기술후원회. 서울.
- 松原喜代松, 落合明(1965): 魚類學(下) 水産學全集(19) pp. 885~891. 恒星社厚生閣. 東京.