

양양 남대천과 영덕 오십천의 어도 및 어류의 소상

Fish Migration through Fishways on Namdae-cheon in Yangyang and Osib-cheon in Yungdeok

황 중 서* · 허 협*
Hwang, Chong Seo · Hur, Hyub

Abstract

The fishways at Namdae-cheon and Osib-cheon were investigated from July 1998 through October 1999. There are three types of fishways on these rivers. Those are baffled fishway, fish ladder, and fish ladder with gabion. Namdae-cheon has 7 baffled fishways and 19 fish ladders, and Osib-cheon has 7 gabion fishways.

On Namdae-cheon, 1,775 fishes of 24 species were collected. Among these fishes, 452 fishes of 11 species were anadromous fishes occupying 46% in species and 25% in number. On Osib-cheon, 1,953 fishes of 24 species were collected. Among these fishes, 483 fishes of 5 species were anadromous fishes occupying 21% in species and 25% in number.

On Namdae-cheon the species number and abundance decreased gradually upstream. The poor structure of fishways seems to have worked as an obstacle to the upstream migration of fishes in the Namdae-cheon. On Osib-cheon all the observed fish species except three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus aculeatus*) which stay and spawn around downstream of river could migrate upstream. The good structure of fishways on this river is thought to have helped upstream fish migration.

I. 서 론

우리 나라에는 파랑불우럭 등 외래어종을 포함하여 총 170여종의 담수어가 서식하는데 하구에 보나 댐 같은 수리구조물을 설치하면 이들 중 은어, 뱀장어, 황어 같이 바다와 하천을 왕래하며 서식하는 회유성(diadromous) 생물의 이동 통로가 막히게 되어 이들의 상류 회유가 불가능하게 된

다. 또한 이들 수리구조물은 이 지역에 국지회유(potamodromous)하는 피라미, 산천어 등의 이동 통로를 막게 된다.

우리 나라에는 1938년 낙동강 녹산감문에 설치한 어도가 최초일 것으로 추정되며(황등, 1999), 1971년 수산자원보호령에 어도 관련 조항이 신설되면서 어도설치를 의무화하기 시작하였다. 1997년부터는령이 개정되어 댐에도 어도설치가 의무

* 농업기반공사 농어촌연구원

키워드 · 어도, 회유, 소하, 양양 남대천, 영덕 오십천

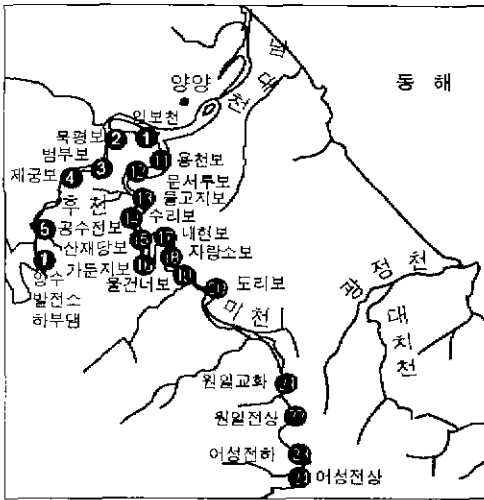


Fig. 1. Fishways on Namdae-cheon

화되어, 1999년 현재는 하구와 직접 연결된 하천에서 조사된 어도가 190개이고 하구 첫 번째 수원공에 어도가 없는 내륙에 분포한 어도를 포함하면 전국에 300개 내외의 어도가 있는 것으로 판단된다(황등, 1999). 우리 나라에서 시공된 어도에서 실제로 어류가 어도를 어떻게 이용하고 있는지에 관한 연구자료는 박(1998)이 동해안으로 유입하는 하천에서 어도 현황과 어류의 이용을 보고하였으며, 황과 김(1991)이 금강하구둑 어도, 황등(1997)이 양양 남대천, 황등(1999)이 전국의 주요하천에서 조사한 자료가 있을 뿐이다

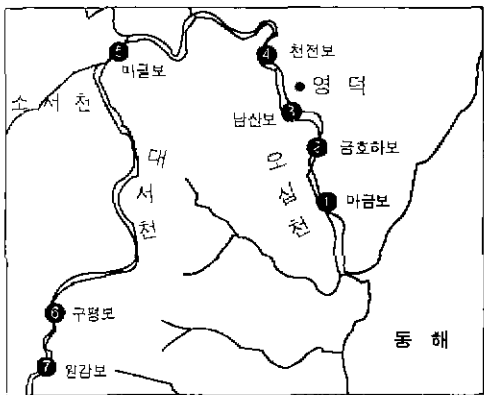


Fig. 2. Fishways on Osib-cheon

본 연구에서는 전국의 하천 중에서 어도를 가장 많이 설치한 동해안의 영덕 오십천과 양양 남대천의 어도 현황 및 어류의 어도 이용현황을 조사 분석하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1998년 7월과 9월, 1999년 3월, 4월, 6월, 10월의 6회 조사에서 양양 남대천과 영덕 오십천에서 어도의 위치, 형식, 높이, 넓이, 유량 조절장치, 어도의 관리상태 등의 현황을 조사하고, 하류에서 4번째까지의 보의 하류와 4번째 보의 상류에서 어류를 조사하여 바다에서 올라오는 소하성(遡河性) 어류가 어디까지 올라오는지를 조사하여 어도의 이용정도를 분석하였다.

어류의 채집은 망목 5mm의 투망, 망목 7mm의 권망, 망목 5mm의 족대 및 망목 2mm의 뜰채를 사용하였으며 현장에서 동정(同定) 후 어류는 다시 방류하였으며 현장에서 동정이 안 되는 종은 formalin으로 고정하여 담수어류 도감(최등, 1990)과 검색표를 사용하여 동정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 어도현황

Fig. 1에서 보는 바와 같이 양양 남대천에는 19개 수원공에 어도가 설치되었으며 그 제원과 관리상태는 Table 1과 같다.

양양 남대천에는 현재 사용이 가능한 어도가 19개 수원공에 26개소가 설치되어 있으며, 유량조절장치로 모두 각각판이 있으며, 관리상태가 불량하여 하류가 심하게 세굴된 곳이 많았다. 어도의 형식은 계단식이 70%이고, 도벽식이 30%로 최근에 새로 시공하는 것은 모두 계단식이다. 어도의 평균제원은 남대천의 계단식은 폭 2.7m, 길이 19.07m, 높이 1.28m로 도벽식에 비하여 조금 컸다.

Table 1. Status of fishways on the two rivers

하천	수원공수	형식	어도수	평균제원(m)			특징
				폭	길이	높이	
양양 남대천	19	계단식	19	2.71	19.07	1.28	유량조절 장치로 모두 각낙판이 있고 경사가 급하며 허류가 세굴된 것이 많다.
		도벽식	7	2.43	13.66	1.10	
		소계	26	2.63	17.61	1.23	
영덕 오십천	7	돌망태식	7	5.29	44.23	2.49	모두 각낙판이 있고 풀에 돌망태를 넣고 경사가 완만하고 세굴된 곳이 없다.
계	26		33	3.19	23.26	1.50	

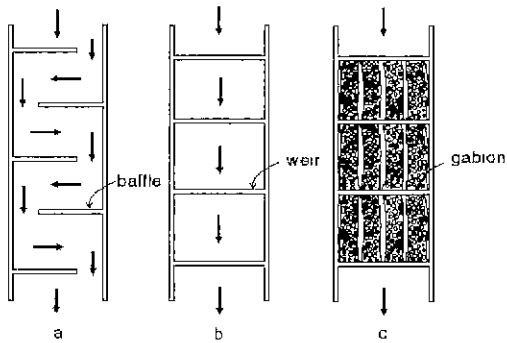


Fig. 3. Diagram of surveyed fishways on the two rivers(a: baffled fishway, b: fish ladder, c: gabion fishway)

영덕 오십천에는 현재 사용하고 있는 어도는 모두 돌망태식(Fig.3c)으로 이는 경사수로에 직경 0.5m 정도의 돌망태를 세로방향으로 넣고 군데 군데 떠나려가지 않도록 격벽을 설치한 일종의 여

울식 같은 역할을 하게 하였으며, 평균제원은 폭 5.29m, 길이 44.23m 높이는 2.49m이다.

2개 하천의 어도를 비교하면 양양 남대천의 어도가 영덕 오십천의 어도보다 폭, 길이, 수위차 등에서 모두 절반 정도로 규모가 작고, 양양 남대천에는 아직 소규모의 도벽식 어도가 남아있는 반면에 영덕 오십천에는 당초의 수로식이나 암거식 어도를 모두 돌망태를 넣은 수로식 어도로 바꾸었다.

이 어도의 규모는 황과김(1991)이 조사한 전국 평균치보다 영덕의 어도는 폭과 높이는 2배, 길이는 3배 컸으며, 양양의 어도는 큰 차이가 없다. 황등(1999)이 조사한 전국의 평균치 폭 3.2m, 길이 20.2m, 높이 2.5m와 비교하면 영덕은 폭과 길이는 2배 정도 규모가 크고 높이는 같아 어도의 경사가 크게 완화되었음을 알 수 있고 양양은 평균치와 비슷하였다. 藤邊(1989)이 조사한 일본 어도의 평균제원은 폭은 2m 이하가 50%, 길이는 20m 이하

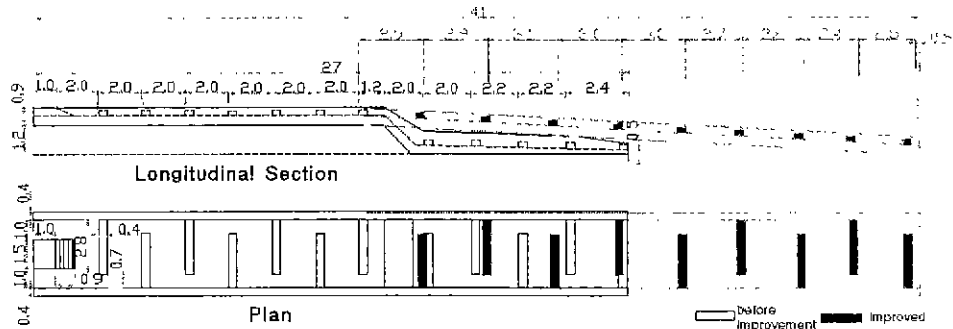


Fig. 4. Improved baffled fishway at Bukpyong weir



Fig. 5. Improved baffled fishway at Bukpyung weir(A : before improvement, B : improved)

가 68%, 높이는 1.5m 이하가 65%이어서 양양 남대천은 일본 어도의 평균 제원과 비슷하고 영덕은 일본 어도의 제원보다 훨씬 규모가 크고 경사가 완만하였다.

2. 어류의 어도 이용 현황

은어와 황어와 같이 바다에서 올라오는 소하성 어류가 어도를 이용하여 어디까지 올라오는지를 조사하기 위하여 하구에서 첫번째 수원공의 어도로부터 4번째 보의 하류와 상류에서 조사한 어류는 Table 2~5와 같다

양양 남대천에서는 Table 2와 3에서 보는 바와 같이 총 24종 1,775개체를 채집하였는데 이 중에서 11종(46%) 452(25%)개체가 소하성어류였다. 하구에서 첫번째 어도인 임천보 하류에서는 칠성장어, 연어, 은어 등 11종의 소하성 어류가 채집되었다. 임천보 어도를 통과하여 북평보 하류에서 조사된 소하성 어류는 이들 11종 중에서 은어, 황어, 꼭져구, 뱀장어, 한독중개의 5(33%)종이고, 연어, 칠성장어, 큰가시고기, 송어 등 6종은 임천보 어도 상류에서는 조사되지 않았다. 이들 6종은 주로 하

구에서 산란 서식하는 종이라 상류로 올라가지 않는 종이다. 3번째 어도인 범부보 하류에서는 은어, 황어, 꼭져구 3종만 조사되었으며, 4번째인 제공보 상류에서 조사된 소하성 어류는 은어 1종이었다. 이와 같이 북평보 상류에서 조사되는 소하성 어류의 종수와 개체수가 급격히 줄어드는 것은 북평보의 도벽식 어도가 Fig 4에서 보는 바와 같이 구조가 나빠서 소하성 어류가 통과하지 못하였기 때문이다. 북평보 어도는 1999년 6월 Fig. 5에서 보는 바와 같이 개수 공사를 끝냈으나 공사 후 어류의 이용은 봄철 소상기가 돌아오지 않아 조사하지 못하였다. 북평보 상류에서 조사된 은어는 공수전 제곱에 내수면 연구소에서 방류한 것으로, 꼭져구는 배에 빨판이 있어 경사진 곳도 쉽게 올라간 것으로, 황어는 치어가 홍수때 올라간 것으로 사료된다.

영덕 오십천에서는 Table 4와 5에서 보는 바와 같이 총 24종 1,953개체의 어류를 채집하였는데 이 중에서 소하성 어류는 은어, 황어 등 5종(21%), 483(25%)개체였다. 영덕 오십천에서는 하구에서 첫 번째 수원공의 어도 하류에서 채집된 어류가 5종으로 양양 남대천의 절반 이하로 적었으나 4번째 수원공의 어도 상류에서도 큰가시고기 1종을 제외하고는 모두 조사되어 영덕 오십천의 어도는 소하성 어류가 잘 이용하고 있음을 알 수 있다. 큰가시고기는 보통 상류까지는 올라가지 않는 종이다.

영덕 오십천에서 양양 남대천보다 다양하고 많은 물고기가 어도를 이용하는 것은 영덕 오십천은 어도를 모두 돌망태식으로 다시 설치하고 Fig. 3c

Table 2. Migratory fishes in Namdae-cheon

구 분		임천보 하류	북평보 하류	범부보 하류	제공보 하류	제공보 상류	계
전 체	종 수	21	15	13	13	11	24
	개체수	510	293	325	290	357	1,775
최유성	종수(%)	11(52)	5(33)	3(25)	2(15)	1(11)	11(46)
	개체수(%)	308(60)	97(33)	22(7)	17(6)	12(3)	452(25)
어 종	종 명	칠성장어, 연어, 은어, 황어, 뱀장어, 큰가시고기, 송어, 꼭져구, 한독중개 등	은어, 황어, 뱀장어, 꼭져구, 한독중개	은어, 황어, 꼭져구	은어, 꼭져구	은어	

Table 3. Collected fishes in Namdae-cheon

Date: '98. 7 - '99. 10

Scientific name Common name	Station					Total	%	Remark
	1	2	3	4	5			
Cyclostomi 원구강								
Myxiniida 먹장어목								
Peteromyzonidae 피장어과								
Lamperla japonica 철성장어	2	-	-	-	-	2	0.1	P
Osteichthyes 경골어강								
Clupeida 청어목								
Salmonidae 연어과								
Oncorhynchus keta 연어	8	-	-	-	-	8	0.5	P
Oncorhynchus masou v.ishikawai 산천어	-	3	12	18	12	45	2.5	P
Plecoglossidae 은어과								
Plecoglossus altivelis 은어	43	21	12	8	11	95	5.4	P
Cypriniformes 잉어목								
Cyprinidae 잉어과								
Carassius auratus 붕어	3	12	12	1	-	28	1.6	F
Tribolodon hakonensis 황어	16	21	3	-	-	40	2.3	S
Moroco lagowski 비둘개	20	34	82	92	130	358	20.2	F
Moroco sp 금강모치	-	-	-	10	4	14	0.8	F특
Zacco platypus 피라미	80	33	61	15	20	209	11.8	F
Cobitis granoei 북방종개	13	16	-	-	-	29	1.6	F
Misgurnus anguillicaudatus 미꾸리	16	23	1	18	4	62	3.5	F
Barbatula tomii 종개	3	-	5	-	-	8	0.5	F
Siluridae 메기과								
Silurus microdorsalis 미유기	3	15	20	19	21	78	4.4	F
Amblicipitidae 통가리과								
Liobagrus andersoni 통가리	-	-	-	4	3	7	0.4	F
Liobagrus mediadiposalis 자가사리	10	2	1	3	1	17	1.0	F
Anguilliformes 뱀장어목								
Anguillidae 뱀장어과								
Anguilla japonica 뱀장어	7	9	-	-	-	16	0.9	P
Gadiformes 대구목								
Gasterosteidae 큰가시고기과								
Gasterosteus aculeatus 큰가시고기	6	-	-	-	-	6	0.3	P특
Pungitius sinensis 가시고기	16	-	-	-	-	16	0.9	P
Perciformes 농어목								
Mugilidae 농어과								
Mugil cephalus 농어	3	-	-	-	-	3	0.2	M
Sarranidae 농어과								
Coreoperca herzi 썩지	17	18	46	44	31	156	8.8	F
Gobiidae 망둥어과								
Rhinogobius brunneus 밀어	37	40	63	49	120	309	17.4	P
Chaenogobius urotaenia 꼭저구	106	42	7	9	-	164	9.2	P
Tridentiger brevispinis 민물검정망둑	59	-	-	-	-	59	3.3	P
Scorpaeniformes 돛대목								
Cottidae 독중개과								
Cottus hangiongensis 한독중개	42	4	-	-	-	46	2.6	P
Total	510	293	325	290	357	1775	100.0	

Station 1. 임천보 하류, 2. 북평보 하류, 3. 범부보 하류, 4. 계궁보 하류, 5. 계궁보 상류

Table 4. Migratory fishes in Osib-cheon

구 분	마근보 하류	금호하보 하류	남산보 하류	천전보 하류	천전보 상류	계	
전 체	종 수	17	20	19	16	18	24
	개체수	395	354	396	401	407	1,953
소하성	종수(%)	5(29)	4(20)	4(27)	4(25)	4(25)	5(21)
	개체수(%)	156(39)	96(27)	94(24)	81(20)	56(14)	483(25)
어 종	종 명	은어, 황어, 뱀장어, 큰가시고기, 꼭저구	은어, 황어, 뱀장어, 꼭저구	은어, 황어, 뱀장어, 꼭저구	은어, 황어, 뱀장어, 꼭저구	은어, 황어, 뱀장어, 꼭저구	

Table 5. Collected fishes in Osib-cheon

Date '98. 7 ~ '99. 10

Scientific name Common name	Station					Total	%	Remark
	1	2	3	4	5			
Osteichthyes 경골어강								
Clupeidae 청어목								
Plecoglossidae 은어과								
Plecoglossus altivelis 은어	52	18	11	16	10	107	5.5	P
Cypriniformes 잉어목								
Cyprinidae 잉어과								
Cyprinus carpio 잉어	1	2	-	-	-	3	0.2	F
Carassius auratus 붕어	10	15	13	2	1	41	2.1	F
Squalidus gracilis majimae 진물개	20	56	16	5	14	111	5.7	F
Squalidus multimaculatus 점물개	-	-	12	28	22	62	3.2	F
Pseudorasbora parva 참붕어	18	42	1	-	3	64	3.3	F
Pungtungia herzi 돌고기	-	5	-	5	-	10	0.5	F
Tribolodon hakonensis 황어	38	31	26	32	32	159	8.1	S
Moroco oxycephalus 버들치	22	4	12	60	78	176	9.0	F
Zacco platypus 피라미	12	7	5	-	-	24	1.2	F
Zacco temminckii 갈겨니	18	5	59	89	127	298	15.3	F
Cobitis longicorpus 왕종개	3	7	11	11	6	38	1.9	F
Misgurnus anguillicaudatus 미꾸리	10	14	22	14	17	77	3.9	F
Lefua costata 쌀미꾸리	-	-	6	4	13	23	1.2	F
Siluridae 메기과								
Silurus asotus 메기	-	4	-	-	-	4	0.2	F
Ambloplitidae 등가리과								
Liobagrus mediadiposalis 자가사리	-	3	23	11	11	48	2.5	F
Anguilliformes 뱀장어목								
Anguillidae 뱀장어과								
Anguilla japonica 뱀장어	9	7	2	6	6	30	1.5	P
Gadiformes 대구목								
Gasterosteidae 큰가시고기과								
Gasterosteus aculeatus 큰가시고기	11	-	-	-	-	11	0.6	P특
Cyprinodontiformes 송사리목								
Oryziatidae 송사리과								
Oryzias latipes 송사리	-	36	32	-	13	81	4.1	S
Perciformes 농어목								
Sarranidae 농어과								
Coreoperca herzi 낚지	-	-	2	9	9	20	1.0	F
Belontiidae 극락어과								
Odontobutis platycephala 동사리	11	8	9	-	5	33	1.7	P
Gobidae 망둥어과								
Rhinogobius brunneus 밀어	9	43	79	82	33	246	12.6	P
Chaenogobius urotaenia 꼭져구	46	40	55	27	7	175	9.0	P
Tridentiger brevispinis 민물검정망둑	105	7	-	-	-	112	5.7	P
Total	395	354	396	401	407	1953	100.0	

Station: 1 남산보 하류, 2.금호하보 하류, 3.교회옆보 하류, 4:천천보 하류, 5:천천보 상류

에서 보는 바와 같이 풀(pool)에 돌망태를 넣어 유속을 줄였기 때문에 판단된다.

양양 남대천과 영덕 오십천의 채집된 어류를 비교하면 Fig. 6에서 보는 바와 같이 양양 남대천은 상류로 올라갈수록 종수와 개체수가 줄어드는 경향이며, 영덕 오십천에서는 상하류의 어류상의 변

화가 작았다. 채집된 개체수는 두 하천에서 큰 차이는 없었다.

두 하천의 소하성 어류를 비교하면 Fig. 7에서 보는 바와 같이 영덕 오십천에서는 종수나 개체수 모두 상하류 큰 차이가 없으나 양양 남대천은 북평보 아래는 종수와 개체수가 많은 반면에 상류로

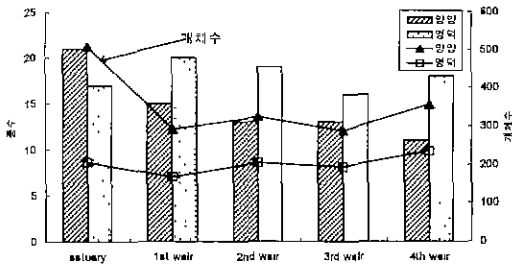


Fig. 6. Collected fishes in the two rivers

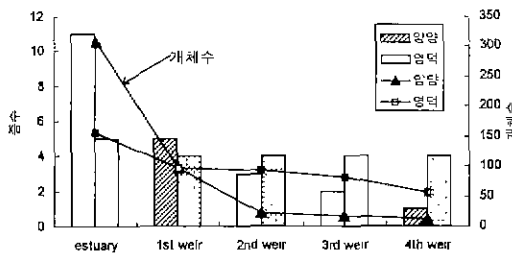


Fig. 7. Collected migratory fishes in the two rivers

갈수록 종수 개체수 모두 급격히 줄어들어 양양 남대천에 시공된 어도의 구조가 소하성 어류의 소상에 좋지 않음을 알 수 있다. 양양 남대천의 어도는 영덕 오십천의 어도에 비하여 폭이 좁고, 길이가 짧아 경사가 급하며, 풀(pool)의 낙차가 크며 고르지 않고, 하류가 세굴되었고 특히 북평보 도벽식 어도는 어도 중앙부의 경사가 급해서 소하성 어류가 이용하기 곤란한 구조였다. 그러나 영덕 오십천의 어도는 모두 돌망태식으로 경사가 완만하고, 폭도 넓으며 위치도 가장자리에 있어 적당하였고 하류의 세굴도 없었다. 어도의 하류가 퇴적되거나 세굴되는 현상은 일본에도 조사된 자료가 있는 것으로 일본 어도의 16%가 하류가 퇴적되고, 28%는 세굴되어 기능에 문제가 발생하였다(條邊, 1989). 이런 어도 하류(입구)의 세굴이나 퇴적으로 인한 기능 저하를 막으려면 설계할 때 수리전문가가 참여하고, 세굴을 고려하여 미리 어도의 입구를 현 하상보다 세굴 가능한 깊이까지 내려 시공해 두고, 중요한 어도는 수리모형시험을 실시해서 설계해야 할 것이다.

양 하천 어도에 모두 유량을 조절할 수 있는 낙판이 설치되어 황과 김(1991)의 조사보다 훨씬 개선되는 등 구조는 많이 개선되었지만 아직도 어류의 소상시에 낙판판을 열지 않아 물이 어도로 흐르지 않는 곳이 있었다. 평수량은 어도로만 흐를 수 있어야 하는데 폭이 좁아 보 전체로 물이 넘어 흐르고 있어 소하성 어류가 어도의 입구로 유인되기 힘들며, 하류가 세굴되고, 어도에서 물고기를 잡는 등 어도의 관리상태가 좋지 않았다.

IV. 결 론

1998년 7월부터 1999년 10월까지 조사한 양양 남대천과 영덕 오십천의 어도와 소하성 어류를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 양 하천에서 조사된 어도는 도벽식, 계단식, 돌망태식 등 3가지 형식이었으며, 이중 양양 남대천에서는 도벽식이 7개소, 계단식이 19개소이고 영덕 오십천에는 돌망태식 7개소가 사용되고 있었다.
2. 양양 남대천에서는 총 24종 1,775개체의 어류를 조사하였는데 이중 11종 452개체가 소하성 어류로 종수로는 46%, 개체수로는 25%였다. 영덕 오십천에서는 총 24종 1,953개체의 어류를 조사하였는데 이중 5종 483개체가 소하성어류로 종수로는 21%이고, 개체수로는 25%이다.
3. 양양 남대천에서는 구조가 나쁜 계단식 혹은 도벽식어도로 상류로 갈수록 소하성 어류의 종수와 개체수가 급격히 줄어든 반면 영덕 오십천에서는 돌망태식 어도로 기울기가 낮아 큰가시고기처럼 하류에서 산란하는 종 외에는 모두 상류까지 잘 올라갈 수 있어 어도의 구조는 소하성어류의 이동에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. 박상덕, 1998, 동해안지역 어도시설 및 관리, 수자원학회지, 31(4), pp. 28~33.

2. 최기철, 전상린, 김익수, 손영목, 1990, 원색 한국 담수어 도감, 향문사, p. 277.
3. 황종서, 김미옥, 1991, 담수호의 어도 이용에 관한 연구, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, 연구 보고서, p. 177.
4. 황종서의 5인, 1997, 양양양수발전소 1-4호기 설계기술용역 하부담 어도설치 연구용역 보고서, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, 삼안기술공사, p. 173.
5. 황종서, 이승호, 허협, 1999, 하구에 설치한 어도 이용에 관한 연구, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, 연구과제 보고서, p. 185.
6. 황종서, 2000, 농업기반 시설의 어도설치 현황과 개선방안, 수자원학회지, 33(2), pp. 41~51
- 7 條邊三郎, 1989, 魚道の設置數, 形式, 句配について一わか國における頭水工の魚道の現状(1)-農土誌, 57(12), pp. 67~72.