

# 하구에 설치된 어도(魚道)의 현황과 이용

글 · 황중시  
농어촌진흥공사 농어촌연구원 수석연구원

類) 등의 수서(水棲)생물의 이동 통로가 막히게 되어 이들이 멸종한게 된다. 수산자원보호령 12조 2항에 “하천의 전유폭(全流幅)을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자는 수산청장과 협의하여 하천의 일부를 개방하거나 어도를 설치하여 소하(溯河)어류의

하성(溯河性)생물과 하구에서 배수갑문(排水閘門) 개방시 잘못 나간 붕어, 잉어, 강준치 등 담수생물의 이동을 위하여 댐이나 보에는 어도가 필요한데 우리나라 서남해안에 분포하는 생물 중에서 어도가 필요한 대표적인 어종은 다음과 같다<sup>2)</sup>.

## 하구에 설치된 어도(魚道)의 현황과 이용

### I. 서론

#### 1. 어도의 필요성

어도(魚道)란 하천에 댐이나 보(湫) 등의 수리구조물을 설치하게 되면 이 하천을 오르내리며 살던 어류의 원활한 이동이 어려워지므로 이들이 계속적인 이동이 가능토록 만들어진 수리구조물을 말한다<sup>1)</sup>. 즉 하구(河口)에 보나댐을 설치하면 바다를 왕래하며 서식하던 은어, 뱀장어, 참게 등의 소하성(溯河性)생물의 이동통로가 막히게 되어 댐의 상류에서는 이들이 멸종하게 되며, 내륙의 댐에 어도를 설치하지 않으면 이 지역에서 국지회유(局地回遊)하던 어류, 저서생물(底棲生物), 양서류(兩棲

통로를 확보해야 한다. 다만 공작물이 댐인 경우에는 예외로 한다.”는 조항이 신설되면서 어도의 설치가 의무화되었고 동법 31조에는 12조 2항의 규정을 위반한 자에게는 200만원 이하의 벌금에 처한다는 벌칙조항이 있으나 댐에는 어도를 의무화하지 않았고 법이 홍보되지 않아 어도를 시공하지 않고 있으나 최근 환경부에서는 수산자원보호령의 단서조항을 철폐하려는 움직임이 있고 환경영향평가 과정에서 댐에도 어도를 설치하도록 유도하고 있어 최근에는 댐에도 어도를 설치하려는 움직임이 일고 있다.

#### 2. 어도가 필요한 생물

은어나 뱀장어, 참게처럼 바다와 하천을 왕래하며 서식하는 소

- 성어가 소상(溯上)하여 산란을 하고 부화된 치어(稚魚)가 바다로 다시 내려가 성장하는 어종으로 웅어, 황복, 줄공치, 학공치와 주로 동해안으로 소하(溯河)하는 황어, 연어, 송어, 칠성장어 등이 있다.
- 치어(稚魚)가 소상하여 담수에서 성장한 후 산란을 위하여 강하(降下)하는 것으로 은어, 황복, 꺾정어, 참게 등이 있는데 은어는 하천의 하류 감조수역(感潮水域)에서 산란하고 뱀장어는 심해에서 산란하며 이들 2종은 모두 산란하고 바로 죽는 종들이다.
- 수시로 담수를 왕래하면서 서식하는 종으로는 송어, 가숭어, 농어, 전어가 있다.
- 담수호의 하류에 서식하며 배수갑문 개방시 외해로 나갈 수 있는 종으로 금강 하구둑 어도의

경우에 보면 강의 하류에 서식하는 붕어, 잉어, 강준치 등의 유영력(游泳力)이 좋은 1차담수어(1次淡水魚)가 대부분이었으며 민물새우, 흰수마자, 가시납지리, 각시붕어, 동자개 등도 약간씩 조사 되었다.

### 3. 하구둑 어류의 종류

小山長雄(1982)은 어도를 수로식(水路式)어도, 엘리베이터식어도, 갑문식(閘門式)어도, 특수어도로 분류하였는데<sup>3)</sup> 이들중 우리나라 하구에 설치된 어도를 중심으로 특성을 간략히 기술하면 다음과 같다.

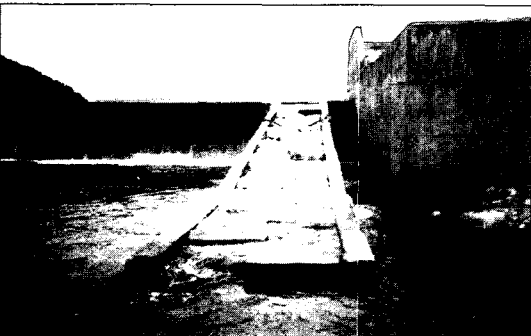
#### 가. 수로식어도

하구 수리구조물에 경사 수로를 설치하여 이를 통하여 소하성(溯河性) 어류가 소상(溯上)할 수 있도록 한 것으로 유속을 줄이는 방법으로 평면식(平面式), 도벽식(導壁式), 계단식(階段式)으로 분류한다. 이중 평면식은 폭 2-3m의 경사수로에

<그림 1> 영덕 강구면 마근보에 설치된 평면식 어도



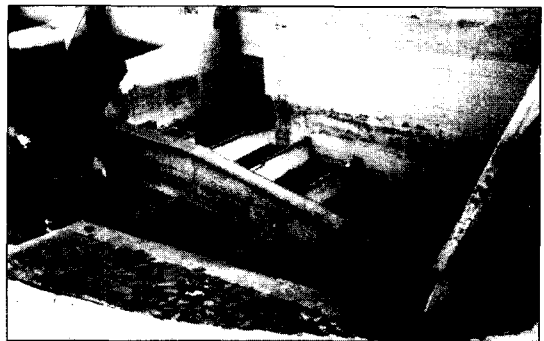
<그림 2> 강릉 연곡면 연곡천에 설치된 도벽식 어도



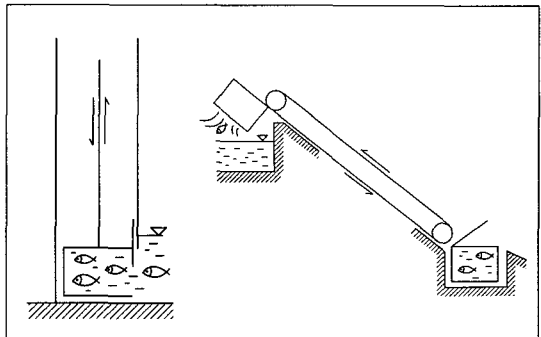
유속을 줄이기 위하여 호박돌을 군데군데 박아 놓은 구조(그림1)이고, 도벽식은 평면식 어도보다 낙차(落差)가 큰 보에서 폭 1m내외에 경사를 만들고 유속을 줄이기 위하여 그림 2와 같은 감쇄공(減殺工)을 설치한 것이고, 계단식은 그림 3에서 보는 바와 같이 풀(pool)을 낙차 20cm내외로 연속해서 설치한 것으로 물고기가 풀(pool)로 된 계단을 뛰어 넘어 소상하게 된 구조이다.

#### 나. 엘리베이터식어도

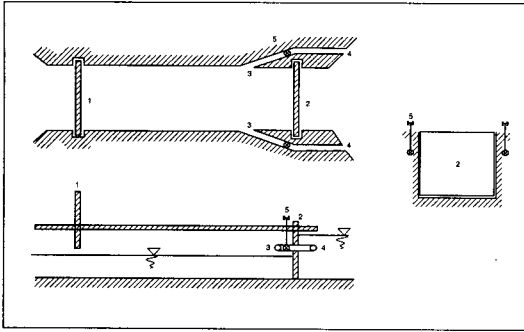
사람이 이용하는 엘리베이터처럼 하류 하천에 물고기가 들어갈 용기를 열어 놓고 물고기가 많이 모였으면 문을 닫고 동력을 이용하여 용기를 상류로 올려 상류에서 문을 열고 물고기를 쏟아 놓는 방법이다(그림 4). 댐이 높아 물고기가 피로해 못 올라간다거나 공사비, 유지 관리비 등의 이유로 다른 형식의 어도를 설치하기 곤란한



<그림 3> 주사지구에 설치된 계단식 어도



<그림 4> 엘리베이터식 어도



(그림5) 갭문식어도의 구조(1. 외해측 갭문 2.담수호측 갭문 3. 유인수 방류구 4. 유인수 방류구 호측입구 5. 전동 발브)

곳에 주로 설치했으며 우리 나라에는 설치한 예가 없고 외국에도 많지 않은 방식이다.

다. 갭문식(閘門式)어도

그림 5에서 보는 바와 같이 어도 갭실(閘室)을 만들고 하류측 갭문(閘門)을 열고 유인수(誘引水)를 방류하면 물고기가 갭실(閘室)내에 모이는데 충분히 모이면 하류측 갭문을 닫고 상류측 갭문을 열어 물고기가 상류로 올라가게 하는 방법의 어도이다. 이 방법은 시설비나 운영비 등은 수로식에 비하여 많이 드나 높이가 높은 댐, 유영력(遊泳力)이 떨어지는 어종을 위한 곳 등에서 활용된다.

라. 특수 어도

물고기를 채포(採捕)하기 위한 트랩식 어도, 뱀장어를 위한 뱀장어 어도, 계단식 어도에 유인수 방

류를 위한 수로를 붙인 어도, 어도 하류가 점점 넓어지는 선형(扇形)어도, 보 전체를 물고기가 올라갈 수 있도록 한 전면어도 등이 있다.

4. 하구에 설치된 어도의 현황

우리나라의 하구언이나 간척지 담수호 및 하구의 취수 보에 설치된 어도는 표1에서 보는 바와 같이 총 21개가 설치되어 있고 8개가 시공 중이다. 표에서 보는 바와 같이 동해로 흐르는 하천에는 도벽식이 대부분이고 서해로 유입하는 하천에 시공된 어도는 갭문식과 계단식이다. 하천의 규모와 관련하여서는 큰 강의 하구 뚝에는 계단식어도와 갭문식어도가 설치되었으며 작은 하천에는 도벽식어도와 계단식어도가 시공되었다. 시공주체별로 보면 농어촌진흥공사에서

시공한 것은 갭문식과 계단식어도만 있고 시군이나 농지개발조합에서 시공한 보에는 주로 도벽식어도가 시공되어 있다.

<표 1> 하구(河口)에 설치된 어도 현황

\* 각 하천의 최하류에 있는 어도만을 대상으로 조사한 것임. ( )는 시공중인 어도

	동해로 유입하는 하천	남해로 유입하는 하천	서해로 유입하는 하천	계
도벽식	간성북천, 간성남천, 양양남대천, 연곡천, 사천천, 동해전천, 마읍천, 가곡천	광양동천		9
계단식	연곡천, 울진왕피천, 영덕오십천	낙동강, 탐진강, 해남호	시사호, 부사호, 금강호(이원, 만경강, 동진강)	9(3)
갭문식			석문호, 영암호, 금호호, (남양천, 홍성호, 보령호, 만경강, 동진강)	3(5)
계	11	4	6 (8)	21(8)

가. 도벽식(導壁式)어도

간성 북천, 간성 남천, 양양 남대천, 연곡천 송림보 우측어도, 사천천, 강릉 남대천, 동해 전천, 삼척 오십천, 마읍천, 가곡천 등 강원도의 동해로 흐르는 하천에 설치된 어도는 대부분 도벽식어도이다. 어도의 규모는 폭 1m 높이 1m내외의 것이 대부분이며 형식은 대부분 단도벽(單導壁)형이다. 도벽식으로 가장 규모가 큰 어도는 강릉 연곡천의 높이 2m의 송림보에 설치된 우측 어도로 폭2m 길이 15m이다.

나. 계단식(階段式) 어도

금강 하구뚝, 부사호, 시화호, 해남호, 낙동강 하구언, 울진 왕피천 수산보, 영덕 오십천 마근보 좌측

<표 2> 우리나라 하구뚝 계단식 어도 현황<sup>5)</sup>

지구명	시공	폭 * 길이	낙차cm	계단수	수위조절	뱀장어용어도
금강	농진공	9.0*78.0	16	27	가동언	수로에 돌망태 채움
부사	농진공	5.0*30.0	30	10	-	수직흡관에 돌망태
시화	농진공	5.0*38.0	30	13	양수	수직흡관에 돌망태
해남	농진공	6.0*16.0	30	5	각낙판	수로에 돌망태 채움
낙동강	수 공	1.7*17.0	30	6	문비	-

어도, 강릉 연곡천 송림보의 좌측어도, 강진 탐진강 상수도 취수보등에 시공되고 공사중인 것으로 이원지구, 새만금지구의 동진강 배수갑문과 만경강 배수갑문등 주로 강의 하구둑에 설치하였다. 우리나라 하구언(河口堰)에 설치된 계단식 어도는 금강하구둑 어도 등 5개소이며 현황은 다음과 같다.

표에서 보는 바와 같이 폭은 농진공에서 시공한 어도는 5m-9m였으며 수자원공사에서 시공한 낙동강하구언 어도만 1.7m로 좁았다. 풀간 낙차는 대부분이 30cm였으며 금강하구둑 어도만 16cm였다. 길이는 조차(潮差)가 큰 서해 중북부는 긴 편이고 남해로 갈수록 짧은 편이었다. 내수위 변동에 대비한 유량조절 장치로는 금강하구둑에는 가동연(可動堰)이 설치되어 내수위가 변함에 따라 자동으로 높이가 바뀌게 설계했으며 시화지구는 내수위가 외조위보다 높은 시간이 별로 없어 양수기로 양수하여 유인수를 방류하고 해남지구에는 문바 바로 앞에 각낙판(角落板)이 있어 내수위(內水位)에 따라 여닫게 되었다. 계단식어도에는 뱀장어용 어도가 설치되었는데 금강과 해남지구는 경사수로에 돌망태를 채운 형식이며 부사와 시화지구는 수직으로 홈관을 세우고 돌망태를 채운 형식이다.

다. 갑문식(閘門式)어도

영암군의 영암호, 금호호, 당진군의 석문호에 시공됐으며 공사중인 것으로 화성군의 우정방조제, 새만금지구의 동진강 배수갑문과 만경강 배수갑문, 보령방조제, 홍성방조제에 시공중이다. 갑문식어도는 모두 특허 42218호로 등록된 통선겸용갑문식(通船兼用閘門式) 어도로 농어촌진흥공사가 시공한 담수호에 설치한 것들이고 그 현황은 다음과 같다.

<표 3> 우리나라 갑문식 어도 현황<sup>\*)</sup>

지구	폭(m)	길이(m)	유인수방류관 직경(cm)	통선규모(ton)
석문방조제	4.0	20.2	30	
영암방조제	6.6	30.0	30	30
금호방조제	6.6	30.0	30	30

5. 하구둑 어도의 이용

우리 나라의 대규모 하구둑 어도와 간척지 담수호 어도 및 하구 취수보에 설치한 어도에서 이용 어종을 조사한 결과를 수계별, 어도 형식별로 구분하여 설명하면 다음과 같다.

가. 도벽식(導壁式)어도

강원도의 동해안으로 흐르는 하천에 설치한 어도는 강릉 연곡천 송림보의 좌

측어도 등을 제외하고는 모두 도벽식인데 송림보의 우측 도벽식 어도를 제외하면 대부분 어도의 하류가 세굴(洗掘)되어 기능을 충분히 발휘하지 못하고 있었다. 다만 송림보의 도벽식 어도는 하류가 세굴되지 않고 위치도 좌안(左岸)에 붙여 은어가 잘 이용하고 있었는데 조사 당시 어도에서 소상하는 은어를 잡는 사람들의 것을 조사한 결과 30분에 30마리 이상이 소상하는 것을

<표 4> 수계별, 형식별 어도 이용현황<sup>\*)</sup>

형식	동해로 유입하는 하천	남해로 유입 하천	서해로 유입하는 하천
도벽식	은어, 황어, 꼭지구, 뱀장어, 칠성장어, 검정망둑	은어, 뱀장어	
계단식	은어, 황어, 꼭지구	은어, 빙어, 송어, 뱀장어	은어, 빙어, 송어, 전어, 줄공치, 참게, 정개미새우, (붕어, 잉어, 강준치)
갑문식			은어, 빙어, 뱀장어, 송어, 농어, 줄공치, 학공치, 전어, 꺾정어, 검정망둑, 두줄망둑(붕어, 잉어)

\* 서·남해안의 계단식어도는 모두 장어용도가 붙어 있음.  
( ) 내는 배수갑문을 열 때 질물 나갔다가 다시 들어오려는 것.



<그림 6> 금강 하구둑 어도에 모인 어류 (송어, 붕어, 뱀장어, 줄공치, 전어, 꺾정어, 학공치 등의 소하성 어류와 강준치, 잉어, 붕어, 담수새우 등의 잘못 나간 것들이 다시 호내로 들어가려고 모인다.)

확인할 수 있었으며 주민의 말로는 30분에 200마리 정도는 소상한다고 하였다. 그러나 하류가 세굴되고 보 전체로 물이 흐르는 등 상태가 좋지 않아도 양양 남대천등 동해로 흐르는 하천에서는 하구 어도의 상류에서 은어, 꼭저구, 칠성장어, 황어가 상당히 채집되는 것으로 보아 이들 종이 도벽식어도를 이용하는 것을 확인할 수 있었다.

나. 계단식(階段式) 어도

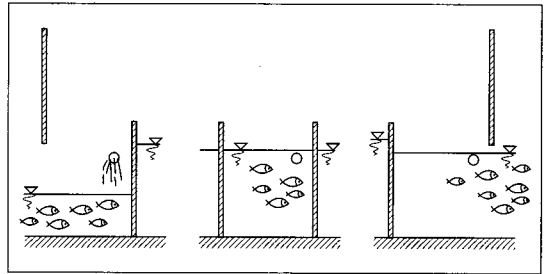
시공된 계단식 어도중 금강하구둑 어도가 '95년부터 운영되기 시작했는데 송어, 웅어, 줄공치, 학공치, 꺾정어, 전어, 뱀장어, 참게, 징개미 새우 등이 어도를 이용하는 것을 확인하였으며 이들 소하성어류 외에 잉어, 붕어, 강준치, 흰수마자, 가시납지리 등의 1차담수어가 배수갑문을 열 때 바다로 나갔다가 다시 들어오는 것을 확인하였다. 특히 송어는 치어부터 30cm 이상의 성어도 수시로 이용하고 있었으며 그 수도 상당히 많은 것을 확인하였다. '95년 7월 금강하구둑 어도에서는 송어, 웅어, 전어, 뱀장어, 줄공치, 꺾정어, 두줄망둑이 채집되었으며, 9월에는 송어, 전어, 줄공치가 채집되고 11

월에는 송어, 전어만 채집되고", '96년 1월 조사에서는 소상하는 것이 거의 없어 계절별로 변화가 컸으며 소상량도 계절별로 변이가 심하였다.

다. 갑문식(閘門式) 어도

갑문식 어도는 수위의 변화가 심하고 이용하는 물고기의 종이 다양할 때 시공하는 어도로 은어, 송어 등 유영력이 큰 물고기는 물론 웅어, 황복 등 물고기의 유영력에 관계없이 이용할 수 있으며 조위(潮位)의 변화나 내수위의 변화에 관계없이 시공이 가능하다. 통선겸용갑문식 어도의 경우 통선시(通船時) 소음이 어류의 소상에 영향을 줄 것을 우려하였으나 '95년 봄부터 운영을 시작한 영암방조제 어도의 경우 통선시에도 어류가 같이 이동하며 통선은 일주일에 몇회밖에 하지 않으므로 문제가 크지 않았다. 영암방조제 어도의 경우 '95년 3월, 5월, 7월, 11월의 조사에서 송어, 꺾정어, 줄공치, 학공치, 웅어, 두줄망둑, 꼭저구, 은어 등 유영력에 관계없이 모두 이용하며 '95년 봄의 경우 어도를 통하여 소상한 송어를 어민들이 호(湖)내에서 어획할 정도로 많은 양이 소상하였다. 영암호

의 경우 유인수로 담수를 양수하여 방류하는데 '95년 11월에는 강하하려고 어도 주위에 몰린 웅어와 줄공치가 유인수 양수기(揚水機)에 끌려 들어가 죽은 것이 어도 갑실 내에 많이 있어 양수기 입구

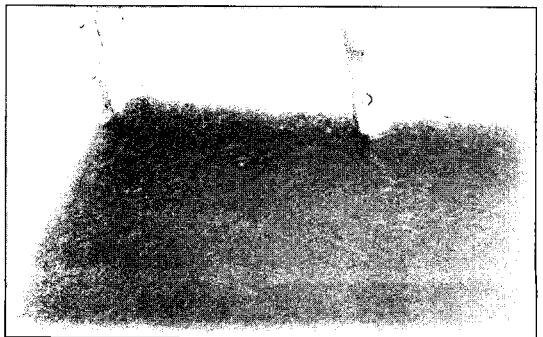


<그림7> 갑문식어도의 운영(그림 a에서 보는 바와 같이 외해측 수위가 담수호측 수위보다 낮을때 외해측 갑문(1)을 열고 유인수(3)를 방류하면 소하성 어류가 갑실내에 모인다. b그림에서 보는 바와 같이 만조가 가까워 외해측 수위가 담수호측 수위와 비슷할때 외해측 갑문(1)을 닫고 c그림에서 보는 바와 같이 담수호측 갑문(2)을 열면 갑실내의 소하성 어류는 담수호로 모두 소상한다. 다시 외해측 수위가 떨어지면 a그림과 같이 외해측 문비(1)를 열어 유인수를 방류한다. 이런 작업은 수위 센서를 가지고 모두 자동으로 운영된다.)

<그림 8> 영암호 갑문식 어도의 유인수 방류 (주변에 줄공치와 송어가 모인 것이 보인다.)



<그림 9> 영암호 갑문식 어도에 모인 어류 (송어, 줄공치, 학공치, 전어, 웅어, 꺾정어)



에 철조망을 씌워 양기로 들어 오는 것을 방지하였다. 하천에 설치된 갑문식 어도의 문제점은 갑실 내에 모인 물고기가 상류측 갑문을 열면 올라가지 않는 것"이라 하는데 영암호에서는 바다에서 담수를 따라 올라온 소하성 어류이기 때문에 문扉(門扉)를 열면 곧바로 담수호로 소상하여 일반 하천의 갑문식어도에서와 같은 문제는 없었다.

## 6. 문제점 및 대책

어도는 현재 수산자원보호령 12조 2항의 "하천의 전유폭을 차단하는 공작물을 설치하고자 하는 자는 수산청장과 협의하여 하천의 일부를 개방하거나 어도를 설치하여 소하어류의 통로를 확보하여야 한다." 라는 규정이 있고 동법 31조 2항에 위반자는 200만원 이하의 벌금에 처한다는 조항이 있으나 한강의 첫 번째 댐인 팔당댐 등 많은 수리구조물에 어도를 설치하지 않았으며 우리 나라에 27,000개 이상 있는 저수지 보에도 어도가 설치되지 않았다. 이와 같이 어도의 설치가 부진한 이유는 수산자원보호령이 홍보가 안되었

기 때문이며 더구나 12조 2항 "다만 공작물이 댐인 경우에는 예외로 한다.(신설 76. 7. 9)"라는 단서 조항이 있기 때문에 지금까지 댐에는 어도의 설치가 소극적이었다. 다행히 최근에는 환경영향평가와 환경부의 그린네트워크계획 상태 Corridor의 개념으로 어도를 설치하자는 움직임이 있어 환경영향평가 과정에서 어도설치를 권고하고 있는 상황이어서 앞으로 댐에도 어도를 설치해야 할 것이다. 아울러 막대한 예산을 들여서 시공한 기존의 어도들도 관리를 철저히 하여 어류들이 이용할 수 있게 관리해야 하며 조속히 어도의 설계기준을 만들어 보급하여 설계기준이 없어 제멋대로 설계하고 시공하여 시공한 어도가 시공하고 첫 장마에 떠내려가는 것이 없어야 할 것이다. 또한 어도가 운영되어 물고기가 잘 이용할 수 있다 해도 어도 상하류 이들의 소상로에서 물고기를 잡는다면 어도의 효과가 빈감하므로 어도 주변을 어로금지구역으로 지정해야 할 것이다.

## 7. 참고 문헌

1. 黃鍾瑞 1986, 錦江 河口 獨에 施工中인 魚道와 魚類生態, 자연보존 54, 32-40.
2. 黃鍾瑞 1988, 防潮堤 建設과 魚道, 農工技術 5(1):12-25
3. 小山長雄 1982, 魚道の 診斷と設計(2), にほんのかわ, 25, 33-61
4. 全國內水面漁業協同組合聯合會 1987: 全國內水面魚環境場·利用實態調查報告書-魚のすみよい川への設計指針.
5. 농어촌진흥공사 1995, 한국의 간척 4장5절 魚道
6. 황중서 1996, 하구둑 어도의 이용과 문제점, 농공기술 55호 인쇄중
7. 中村俊六 1995. 魚道のはなし(魚道建設のためのガイドライン) 山海堂
8. 농어촌진흥공사 농어촌연구원 1991, 淡水湖의 魚道 利用에 關한 研究, 단행본