

섬진강 연어 종자생산 및 방류에 관한 연구

지현일¹⁾ · 정병길 · 임용화 · 박경대 · 유병동

전라남도 해양수산과학원 동부지부 섬진강어류생태관

연구의 배경 및 목적

연어, *Oncorhynchus keta*는 청어목(Salmoniformes), 연어과(Salmonidae) 연어속(*Oncorhynchus*)에 속하는 냉수성 어류로 우리나라 동해안을 비롯하여 일본 연안, 북해도, 캄차카반도, 알래스카, 캐나다, 쿠릴열도 연안까지 널리 분포한다(정, 1977).

우리나라 해역과 하천에서는 연어(*O. keta*, chum salmon), 곱사연어(*O. gorbuscha*, pink salmon), 시마연어(*O. masou*, masou salmon) 3종이 서식하는 것으로 보고되었으나(정, 1977), 현재 우리나라의 하천으로 소상하는 연어는 연어와 시마연어 2종으로 보고되었다(성 등, 1999). 이 중 연어(*O. keta*)는 동해안의 하천과 낙동강, 최남단인 섬진강 하천에 소상하고 있다. 북한 수역에서는 연어, 시마연어(북한명: 은송어)와 함께 곱사연어(북한명: 곱추연어), 왕연어(*Oncorhynchus tshawytscha*, chinook salmon, 북한명: 왕송어), 은연어(*Oncorhynchus kisutch*, coho salmon, 북한명: 은송어)등의 연어과 어류들이 분포하고 있다(손, 1980).

우리나라 해역은 북서태평양의 중위도권에 위치해 있으므로 냉수성 표층 어류인 연어류가 분포하는 남방한계에 해당된다. 또 우리나라 연어는 주 성육장인 북태평양에서 원거리에 위치해 있고, 회유로에 일본열도와 러시아가 놓여있어 회귀여건이 불리한 조건을 지니고 있다. 특히, 1990년대 후반의 기후도약(regime shift)에 의한 동해안의 해양수온 상승, 오염, 폭우 등에 의한 하천환경의 악화 등의 영향으로 2000년대에 들어서는 회귀량이 급격히 감소하여 연어자원 조성사업이 그 어느 때 보다도 어려운 실정이다.

1) 책임저자: 섬진강어류생태관 연구사

연어는 바다에서 살다가 자기가 태어난 하천으로 돌아와 산란하는 모천 회귀성 어류로 일생 한 번 산란하고 죽으며, 그 어린연어는 바다로 내려가 멀리 북태평양을 회유한 후 3~5년 만에 성숙하여 어미가 되어 산란을 위해 회귀한다.

바다로 내려가는 어린연어는 연안에서 30~50일간 머무르는 동안 약 70%가 여러 요인들에 의하여 감모되고 약 30%만이 대양으로 이동한다고 보고되고 있다(주, 1990). 우리나라 연어의 회귀율은 1% 미만으로서, NPAFC(북태평양 소하성 어류 위원회) 국가의 평균 회귀율 3.0~7.0%에 비교하여 대단히 낮은편이다.

우리 섬진강어류생태관에서는 섬진강을 찾아 돌아오는 어미연어를 연구하기 위해 지난 1995년부터 매년 자원량 조사를 실시하였으며, 2020년까지 4,692마리의 어미연어를 확인하였으며, 1998년부터 2020년까지 874만 마리의 어린연어를 섬진강 수계에 방류하였다. 그 동안 축적된 조사자료는 정책연구, 통계자료 등에 활용하고 있으며, 관련 기관간 자료를 공유하여 연어자원 조성에 공동으로 협력해 나가고 있다.

또한 생태관은 생존율 향상을 도모하기 위하여 건강한 어린연어를 자체 대량생산, 방류하여 연어의 모천으로서 지휘 확보 및 북태평양 연어잡이 쿼터제 시행시 우리나라 원양어업 쿼터량 확보 하고, 우리나라 주요하천 중 최남단 섬진강에 연어자원이 지속적으로 증가할 수 있도록 노력하고 있다.

재료 및 실험 방법

1. 친어 포획

친어는 2020년 10월 11일 ~ 11월 30일까지 광양시 다압면 고사리, 하동군 악양면 평사리 섬진강 수계에 설치한 포획장에서 산란을 위해 소상하는 연어를 어살(하천을 그물로 차단 유도하여 잡는 어법)로 포획하였다(그림 1).



그림 1. 체포망 설치

2. 채란 및 수정

포획된 연어는 활어상태로 생태관으로 이송하여 미성숙 개체가 성숙할 때 까지 축양수조에서 당일 섬진강수온에 맞게 온도를 조절을 하며 관리하였고, 성숙된 암컷은 복부를 절개하는 절개법으로 머리 부분과 꼬리부분을 고정한 후, 개복칼을 향문부에 얹게 넣어 알주머니와 내장이 손상되지 않게 개복하여 손으로 난소를 서서히 훑어 내렸다.

채란한 난은 수컷의 정액을 짜서(복부압박법) 수정률과 부화율을 높이기 위해 등조법(isotonic method)으로 수정시킨 다음 골고루 혼합 후, 맑은 하천수로 4~5회 세란하여 잔여 정액과 불순물(혈액, 난소막, 체액 등)을 제거하였다. 이 때의 암·수 비율은 3:1이었다.

채란용기에 난을 받은 다음 여기에 수컷 복부를 압박하여 불순물과 체액을 제거한 후 순수한 정액으로 수정(등조법, isotonic method)하였고, 맑은 하천수로 충분히 세란하여 잔여 정액과 불순물(혈액, 난소막, 체액 등)을 말끔히 제거하여 알받이에 수용하였다(그림 2).



<채란>



<수정>



<세란>



<부화기 수용>

그림 2. 채란 및 수정

3. 부화 및 자·치어관리

수정란은 직사각형 박스식 PVC부화기(60×60×70cm)에 수용·관리하였으며, 발안기 까지 수질관리 및 감염 예방을 위해 수산용 포르말린을 사용하여 약욕하였다. 부화한 자어가 난황을 흡수하고 부상하면 트랙형 유수식 수조(1.6×5.0×0.8m)에서 관리하였고, 초기미립자 사료 및 송어용 배합사료를 공급하였다. 양성수는 여과된 하천수를 사용하였다.

4. 어린연어 방류

종자생산한 어린연어는 생태계 보호 및 자원회복을 위하여 전염병검사는 남해수산연구소 양식산업과에 유행성조혈기괴사증(EHN), 바이러스성출혈성패혈증(VHS), 전염성연어빈혈증(ISA), 자이로닥틸루스증(Infection with Gyrodactylus salaris), 연어알파바이러스감염증(Infection with salmon alphavirus)완료 후 섬진강 수계에 전량 방류할 것이다.

결과 및 고찰

1. 친어포획

포획 허가기간 동안(2020년 10월 11일 ~ 11월 30일) 총 569마리(암:244, 수:325)의 친어가 회귀하였으며, 전년대비(692마리) 18% 감소를 보였다.(그림 3).

포획량은 10월 21일날 부터 11월 1일까지 피크를 나타내었으며, 10월 22일 수위상승에 따라 높은 회귀량을 나타내었다. 10월 21일과 22일 높은 포획량을 나타내고, 11월 1일 최고치를 정점으로 감소하는 양상을 나타내었다. 이와 관련하여 수위는 환경부 영산강홍수통제소 데이터를 이용하였고, 수온은 연어 포획장에 온도계 설치 후 측정하였다. 수위와 수온과의 포획량 상관관계는 크지 않은 것으로 나타났다(그림 4).



그림 3. 어미연어 포획 및 운반

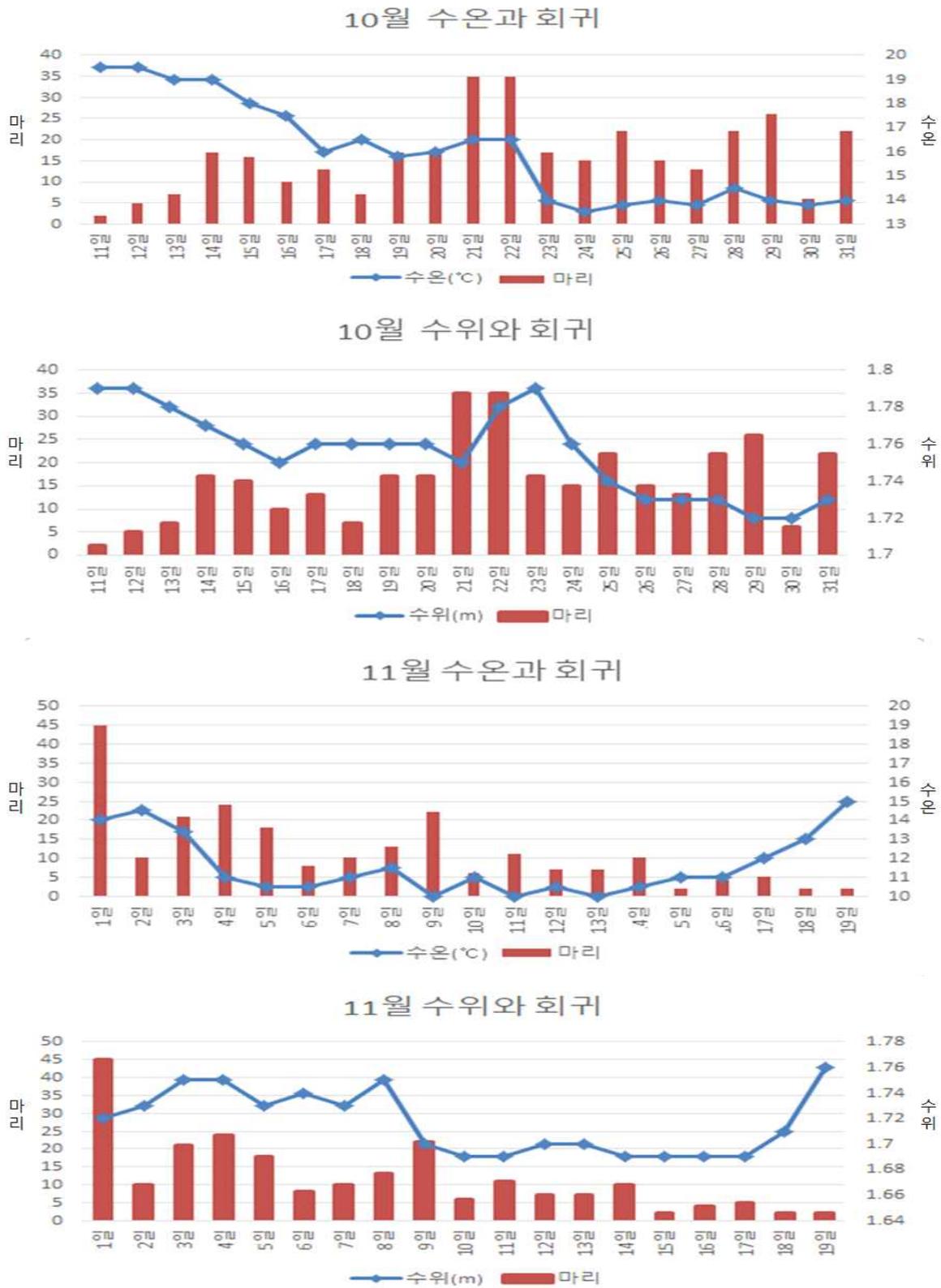


그림 4. 수온 및 수위 대비 회귀량

2020년 섬진강 수계에서 회귀된 연어는 <표 1>과 같았다.

표 1. 2020년 섬진강 수계 회귀된 연어 전장, 체장 및 체중

회귀량 569(암 244, 수 325)							
암				수			
항목	전장(cm)	체장(cm)	중량(kg)	항목	전장(cm)	체장(cm)	중량(kg)
평균값	69.5	59.0	2.85	평균값	69.2	58.4	2.68
최대값	79	73	5.06	최대값	85	72	4.90
최소값	52	43	1.26	최소값	49	41	0.82

섬진강어류생태관은 섬진강으로 소상하는 어미연어 회귀량 조사를 1995년부터 실시하였으며, 2007년 높은 포획량(419마리)을 기록한 이래 태풍 및 하상변화(하천 바닥의 패임(세굴)이나 퇴적현상), 가뭄 등 환경변화로 급격히 감소하다 2012년 이후 연어 포획량이 점차 증가하여 2018년도 역대최대 포획(704마리)되었다(표 2).

표 2. 최근 5년간 연도별 어미연어 회귀량 및 방류실적

기관명	하천명	'16 ~ '17		'17 ~ '18		'18 ~ '19		'19~ '20		'20	비고 회귀량 전년대비 증 감
		회귀량	방류량	회귀량	방류량	회귀량	방류량	회귀량	방류량	회귀량	
합 계		21,324	18,810	13,380	13,220	17,636	11,150	13,157	8,660	12,110	△ 9%
전라남도	섬진강	124	500	265	200	704	400	692	450	569	△ 18%
한국수산자원 관리공단	남대천	17,945	14,600	10,078	10,710	13,000	8,600	10,477	6,800	6,054	△ 32%
삼척시	오십천	2,017	1,500	1,755	1,500	2,159	1,200	424	230	1,367	322%
경상북도	왕피천	1,103	1,200	1,133	700	1,500	600	1,402	750	3,235	231%
울산광역시	태화강	123	550	143	60	267	300	162	430	885	546%
경상남도	일광천	-	330	3	50	6	50	-	-	-	-
부산광역시	낙동강	12	130	3	-	-	-	-	-	-	-
전국 대비 비율 (%)	섬진강	0.6	2.7	2.1	1.5	4.0	3.5	5.3	5.2		

2. 채란 및 수정

포획 허가기간 동안 하천에서 총 569마리(암:244, 수:325)의 친어가 회귀하여 46만개의 난을 채란하여 관리하였다. 발안량은 43만개(93.4%)이고, 부화량은 42만마리(91.3%)였다(표 3).

표 3. 연어 채란 및 발안·부화량(동해생명자원센터 10만개 지원 포함)

구 분	수정란(만개)	발안량(만개)	부화량(만마리)
합 계	56	53(93.4%)	52(91.3%)

양성수는 9~11℃(평균 10.0℃)의 하천수로 관리하였고, 주수량은 1분에 20ℓ로 공급하였으며, 수정란은 수생균 감염을 위하여 1일 1회 30분간 수산용 포르말린 200ppm을 사용하여 약욕하였으며, 용존산소 10.5~12.5mg/ℓ(평균 11.5mg/ℓ)로 유지하였다

발안 전 수정란은 충격과 빛에 약하므로 암처리하여 관리하였다. 또한 발안이 완료된 후 적산수는 320~340℃가 될 때 검란집계와 고무호스로 1차 검란하여 사란을 제거 하였으며, 유수형 박스식 PVC부화기에서 관리하였으며, 부화 직전 2차 검란하여 사란을 제거하였다(그림 5).



그림 5. 수정란 및 발안란 관리(사란제거)

3. 부화 및 자·치어 관리

부화한 자어(적산수온, 480~500℃) 520천 마리는 10개의 트랙형 유수식 수조(1.6×5.0×0.8m)로 양성 관리하였고, 양성수조의 수심은 50~70cm 정도로 유지하였다. 양성수는 하천수를 주수하였고, 양성수온은 9~10℃(평균 9.5℃)였으며, 환수는 10회전/일이 되도록 주수량을 조절하였다.

알받이 위에서 부화자어를 관리하였고, 자외선과 형광등의 광선이 직접적으로 비추지 않도록 차광하여 주었으며, 부상이 완료되면 알받이를 제거한 후 자치어를 양성하였다. 부상 완료한 자어는 총 52만 마리로 적정밀도를 유지하여 양성 관리하였다(그림 6).

먹이급이는 난황 흡수 후 부상시기에 초기미립자 사료를 매 시간 공급하여 먹이붙임을 하였으며, 부상이 완료된 후 치어기에는 초기미립자 사료를 7회/일 공급하였고, 성장에 따라 크기별로 공급하였다. 이때 사료 공급시 영양제를 흡착하여 공급하였다.

수조 바닥의 찌꺼기와 배설물은 2회/일 제거해 주었으며, 매일 1/3씩 환수하여 주었다.



<부화 전>



<부화 직 후>



<부상 직 후>



<어린연어>

그림 6. 부화 및 자·치어 관리

4. 어린연어 방류

2020년도 생산된 어린연어 총 50만 마리를 2021년 2월말 생물자원회복을 위해 섬진강 수계에 방류할 것이며, 방류사이즈는 체장 4.7~6.7cm이다.

방류기간은 환경여건을 고려, 활어 수송차량을 이용하여 방류 할 것이며, 방류 행사는 코로나 19로 인하여 예년에 비하여 소규모로 진행 예정이다.

어린연어 방류량은 <표 4, 표 5>와 같다.

표 4. 2020년 섬진강 수계 어린연어 방류현황

구 분	방류일시	방류장소	방류량(만마리)	비 고
섬진강어류생태관	3. 6.	섬진강	45	'19년도 생산

1998년부터 2020년까지 우리 생태관에서 방류한 어린연어는 총 874만마리로 섬진강 수계 연도별 어린연어 방류량은 다음과 같다(표 5).

표 5. 연도별 어린연어 회귀량 및 방류량

구 분 \ 연 도	계	'95~'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
	방류량 (만마리)	874	452	20	13	14	65	75	80	50	20	40
회귀량 (마리)	4,692	1,642	59	79	162	188	208	124	265	704	692	569

5. 해수 시험양성

'20년 3월에 진도지원에 5~7cm의 어린연어 958마리 분양 하여, 현재(' 21년 1월) 약 280마리 양성 중이며, 길이는 25~30cm, 무게 290g 정도를 유지 하였다.

양성수는 해수를 직수로 사용하고, 사료는 넙치사료를 급이 하여 양성중이다(그림 7).



그림 7. 해수 시험양성

6. 고찰

‘14년 ~ ‘17년에 이어지는 꾸준한 방류량 증대로, ‘18년부터 회귀량 증대로 이어지는 결과를 가져온 것은 상당히 고무적인 일이라고 생각된다. 어린연어가 방류이후 3~5년 만에 모친회귀를 하는 것과 일맥상통한 결과이며, 북태평양 연어자원조성사업의 결실로 사료 된다. 진도지원 업무협의를 통하여 958마리를 입식하여 해수 순치 후 1년여 동안 양성하여 ’ 21년 1월 현재 처음 추진하는 시험양성임에도 불구하고, 약 290마리 생존으로 약 30%의 생존율을 나타내는 성과를 보였다. 양성중인 연어는 9℃내외로 관리되었고, 무게 290g정도에 크기는 30cm를 나타내었다. 앞으로도 해수 양성으로 완전양식 시험연구 지속적 추진을 통하여 어미연어 생산을 통하여 회귀량에 구애 받지 않고 어린연어를 양성 할 수 있는 양식기술 개발에 도전하고자 한다.’ 20년은 회귀량과의 환경적 상관관계를 수위와 수온을 중심으로만 분석 하였으나, 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않았다. 앞으로의 연구는 영역을 확장하여 연어 회귀량과 태풍, 엘니뇨, 대양의 수온변화 등을 종합적으로 고려하여 상관관계를 분석하면 유용한 자료가 나올 거라 기대된다.

향후 계획

‘20년산 어린연어를 생존율을 높이기 위한 10개 양성수조 분산 관리 및 환경관리로 제 24회 어린연어 방류행사(’ 21년 3월초)까지 건강한 연어를 양성 하고자 한다. 진도지원과의 업무협의를 통하여 해수 시험양성을 하고, 이석표지 방류 시험방류를 위한 시설 구축 및 섬진강어류생태관 고유 코드번호 부여 관련 행정절차를 추진하고자 한다.

‘21년산 연어 생산에 있어서는 동일한 부화시기의 어린연어를 실내양성수조와 실외양성수조의 샘플 측정을 통하여 성장도 비교를 추진해볼 계획입니다. 샘플 30개체를 기준으로 무게 및 길이를 주단위로 측정해보고자 한다. 또한, 태풍, 엘니뇨, 대양의 수온변화 등과 회귀 연어 성비의 상관관계 분석을 추진하고자한다.

방류수산생물 전염병검사 증명서					
신청인	전라남도 해양수산과학원 섬진강어류생태관	접수일 (시료접수일)	2021. 2. 8. (2021. 2. 15.)		
검사시료	품종 연어 (자체생산 / 134x585x70cm 10개 수조)	크기(cm)	4.7 ~ 6.7		
입상검사 결과	육안 관찰 양 호				
	그 밖의 검사 결과 특이적 질병 증상 없음				
정□검사 결과	검사항목	합격기준	검사결과	판정	비고
	유행성조혈기피사증 (EHN)	불검출	불검출	합격	
	바이러스성출혈성괴혈증 (VHS)	불검출	불검출		
	전염성연어빈혈증 (ISA)	불검출	불검출		
	자이로닥틸루스증 (Infection with <i>G. salaris</i>)	불검출	불검출		
	연어알파바이러스감염증 (SAV)	불검출	불검출		
종합의견	상기 시료(연어)에서 검사대상 병원체가 불검출 되었음.				
검사기간	2021. 2. 15. ~ 2021. 2. 22. (6일)				
<p>* 이 질병검사 결과의 유효기간은 증명서 발급일부터 15일입니다.</p> <p>- 검사기관 : 국립수산과학원 남해수산연구소 (연락처 : 061-890-8995)</p> <p>수산생물질병 관리법 제20조 제1항 및 같은 법 시행규칙 제22조 제2항에 따라 위와 같이 방류수산생물의 전염병 검사 결과를 증명합니다.</p>					
국립수산과학원장			2021년 2월 22일		

210mmx297mm[백상지 80g/m²]

참 고 문 헌

- 경상북도 민물고기연구센터 2014년도 시험·연구사업 보고서, 61~65pp.
- 국립수산진흥원, 1987. 한국의 연어 인공부화 방류사업현황. 양식자료집 제6호, 예문사, 101pp.
- 성기백, 2004. 남대천에 연어가 올라오고 있어요, 보림출판사.
- 성기백, 1999. 한국산 연어의 생물학적 특성 및 집단유전학적연구. 박사학위논문 , 부경대학교, 부산 125 pp.
- 손용호, 1980. 조선동해어류지. 과학, 백과사전 출판사, 평양, 464pp.
- 이채성·김창화·박기영·홍관의·백국기, 2001. 연어 *Oncorhynchus keta* 치어의 장·호흡 및 동화 효율, 수진연구보고, 59: 140~145pp.
- 이채성·성기백·이철호, 2007. 연어 방류사업의 역사와 현황, 한국해양학회지 바다 12권 2호 73pp.
- 장창익, 1995. 연어, *Oncorhynchus keta* 전기자어의 난황흡수 및 초기성장, 한국 수산학회지, 28(5): 539~548pp.
- 정문기, 1977. 한국어도보, 일지사, 124~128pp.