

낙동강 생태계에서의 외래종 뉴트리아 확산과 근절의 동태성 분석

Analysis on the Dynamics of Distribution and Eradication of Nutria on Nakdong River Area

권순민* · 김선태** · 최남희***

Kwon, Soon-Min · Kim, Sun-Tae · Choi, Nam-Hee

Abstract

Nutria(*Myocastor coypus*) is one of the most notorious invasive species in many countries. The Nutria's original range was South America like Brazil, Chile and Argentina. But it has been introduced to North America, Europe, Africa, and Asia including Korea, by fur ranchers. Like most invasive and disturbing species, nutria not only destroys habitats but also impacts many native species throughout most of its range with destructive feeding behavior.

The purpose of this study is to investigate the dynamics of survival mechanism, population increase and spatial distribution, and eradication effect of Nutria on Nakdong River Area with the systems thinking. The result of this study revealed that Nutria can survive during winter with the behavior that the colder the winter was, the more deeply it burrowed. Further, the study uncovered the dynamics that nutria has survived more and more strongly during the extreme cold winter in almost every region and their population has increased dramatically as a result of the uncontrolled reproduction. Finally, the result showed that the action delay in eradicating Nutria, which was originated from the information delay of perception of nutria's survival and reproduction structure, reinforced the spread of Nutria across the nation.

Keywords: 뉴트리아, 낙동강, 생태계교란종, 시스템다이내믹스, 확산과 근절

(Nutria, Nakdong River, Ecosystem Disturbing Species, System Dynamics, Distribution and Eradication)

* 한국교통대학교 행정정보학과 4학년(제1저자, ksm1217@nate.com)

** 한국교통대학교 행정정보학과 4학년(공동저자, suntae000@nate.com)

*** 한국교통대학교 행정정보학과 교수(교신저자, drnhchoi@ut.ac.kr)

I. 서 론: 생태계 교란종 뉴트리아 문제

신대륙의 발견에서 시작된 글로벌화는 인간은 물론이고 다양한 생물과 공산품의 국가 간 교류를 촉진하였다. 이른바 무역활동의 증가는 경제적으로 부의 폭발적인 증가를 가져 오기는 하였지만 그 못지않게 인류가 이전에는 상상할 수도 없었던 무수히 많은 새로운 위협들을 초래하였다. 이러한 위협들을 가장 잘 표현하는 말 중에 콜럼버스의 교환(The Columbian Exchange)¹⁾이라는 용어가 있다. 이 용어는 1492년 콜럼버스가 신대륙을 발견하면서 신대륙과 구대륙 사이에서 일어난 비대칭적인 생물학적 교환(사람 및 동식물의 이동)이 초래한 의도적, 비의도적 변화와 위협을 의미한다. 알프레드 크로스비(Alfred W. Crosby)가 만든 이 개념은 인간의 교류로 인해 발생하는 생태적 변화나 충격, 질병(천연두, 홍역 등)과 같은 위협 등을 말할 때 사용된다(Cosby, 2003). 최근 들어 ‘콜럼버스의 교환’이라는 말은 특히, 외래종 생물의 유입으로 인해 고유한 생태계를 교란시키거나 파괴하는 현상을 지칭하는 것으로 더 많이 사용된다(위키백과, 2015).

외래종은 고유의 것인 토종과 대비되는 개념으로 다른 지역 또는 국가로부터 유입된 생물이다. 외래 종 생물의 유입은 양날의 칼처럼 약이 될 수도 있고 독이 될 수도 있지만 우리나라뿐만 아니라 세계 여러 나라에서 그 지역의 고유한 생태계를 파괴하거나 사회경제적 악영향을 미치는 경우가 대부분인 것으로 알려지고 있다.

국내 유입된 외래종으로는 황소개구리(*Rana catesbeiana* Shaw), 큰입배스(*Micropterus salmoides*), 붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*), 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*), 뉴트리아(*Myocastor coypus*) 등이 대표적이다. 이러한 외래종들은 국제화물 운송과정에서 다양한 경로를 통해 비의도적으로 유입되거나 식용 또는 모피와 같은 정책적·상업적 목적 등을 이유로 도입된 것들 이었다. 그런데 이들 외래종들은 인공적으로 증식되는 과정에서 시장여건의 변화로 가치가 없게 되자 정부의 무관심 속에 사육농가나 기업 등에 의해서 무책임하게 방치 또는 불법 방사되어 그 결과로 생태계 교란종이 돼 버렸다(길지현외, 2012:7).

이 논문에서 다루려고 하는 뉴트리아(*Myocastor coypus*)는 1985년 육용·모피용 등으로 국내에 처음 도입된 이후 2001년 정부가 가축법에서 가축으로 지정할 당시까지만 해도 전국의 470여 농가에서 15만 마리가 사육되고 있었으나¹⁾ 수익성이 떨어지게 되자 사육농가의 사육포기 및 관리부실로 불법 방사된 것들이다. 그러나 동사하여 도태될 것으로만 알았던 뉴트리아들은 죽지 않고 추운 우리나라 자연생태계에 적응할 수 있게 되었다. 결국 뉴트리아는 영상 5도 이하로 떨어지는 기온에 적응하지 못하여 죽거나 생식 능력을 잃어버리

1) 환경부가 2009년 뉴트리아를 생태계 교란종으로 지정하였으나 농림축산식품부가 뉴트리아를 가축에서 제외한 것은 2013년이다.

지 않고 몇 세대를 지나오면서 우리나라 겨울에 완전히 적응하게 되었고 낙동강을 중심으로 매년 수천마리씩 급속하게 퍼져나가게 되었다(김도훈, 2014).

뉴트리아는 세계자연보전연맹(IUCN)에 의해 세계 100대 악성 침입 외래종(100 of the World's worst invasive species) 목록(Lowe et al, 2000)에 올라 있을 정도로 확산에 따른 토속 생태계 교란의 심각성 및 농작물 피해가 매우 클 것으로 경고되고 있다(한겨레 21, 2013' Jojola et al., 2005). 그러나 정부는 IUCN에 의해 1996부터 1999년까지 진행된 경남 창녕 우포늪 포유류 서식 실태 조사 결과에서 밝혀진 뉴트리아의 대량 서식 가능성을 무시한 채 방치하다 낙동강 유역에서 뉴트리아 개체수가 급증하자 10년 후가 지난 2009년이 되어서야 뒤늦게 뉴트리아를 생태계 교란종으로 지정하는 한편 수매제를 통한 인위적 포획 등과 같은 여러 가지 대응 방안들을 모색하여 뉴트리아의 지역적 확산을 막고 개체수를 근절하기 위한 노력을 기울이고 있는 실정이다(머니투데이, 2014). 이러한 뉴트리아는 국내 개체수가 정확하게 파악되고 있지는 않지만 일부 자료에서는 약 10만 마리까지도 될 수 있다고 추정되고 있다.

이 연구의 최종 연구목적은 낙동강 지역을 중심으로 생태계 교란종인 뉴트리아의 개체수가 얼마나 늘어나고 공간적으로 확산될 것인가를 예측하는 한편 뉴트리아의 개체수를 근절하기 위한 정부의 대응 방안들이 얼마나 효과적인가, 그리고 언제쯤 뉴트리아 개체수를 종식시킬 수 있는가를 시뮬레이션 해 보는데 있다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여 이 논문에서는 먼저 1단계 연구로서 뉴트리아 확산과 근절의 동태성을 인과순환적 구조로서 규명하고자 하였다.

이러한 1단계 연구의 핵심 내용은 문헌고찰을 통해 뉴트리아의 생물학적 특성, 외국에서의 뉴트리아 확산 문제와 대응 정책, 우리나라 낙동강 지역에서의 뉴트리아 생존·증식·확산 현황, 그리고 뉴트리아를 퇴치하기 위한 정부의 노력과 정책 수단의 성과 및 문제점 등에 대한 다양한 자료들을 수집하고 검토한 후 시스템사고를 통해 인과지도 분석을 수행하여 뉴트리아 개체수 확산과 근절의 동태성을 규명하는데 있다.

II. 뉴트리아종의 생태적 특성과 영향

1. 뉴트리아 종의 생태적 특성

남아메리카 남부가 원산지인 뉴트리아는 생물학적으로 포유류강·설치목·뉴트리아 과로서 학명인 *Myocastor coypus* 외에도 늪너구리·물쥐·섬비버·비버렛·카프스 등으로

불린다. 이러한 명칭에 알맞게 형태적으로 수달·사향쥐와 비슷하고 반수서 생물로서 식별이 곤란한 경우가 많지만 뉴트리아는 사향쥐 보다 크고 수달보다 작은 개체에 속한다. 뉴트리아의 평균 무게는 5-9kg, 크기는 100cm 내외(몸통의 길이 40~60cm, 꼬리 길이 30~45cm)이다(낙동강유역환경, 2012; 이도훈 외, 2012; 이도훈 외, 2013a:316-326).

뉴트리아의 머리는 삼각형으로 체구에 비해서 큰 편이고 수중에서의 호흡을 위해 코는 비교적 높게 위치한다. 털색은 개체와 부위에 따라 상이한 모습을 보이지만 전체적으로 다갈색에서 흑갈색의 털이 몸을 덮고 있으며 백색을 띠는 경우도 존재한다. 뉴트리아는 이빨이 매우 단단하고 강하여 조류나 작은 동물들을 잡아먹을 수 있으며, 수중생활을 하는 생물 종답게 뒷발가락 사이에 물갈퀴가 있고 앞발은 물갈퀴가 없이 물체를 잡기 쉽도록 길게 발달해있다. 꼬리는 끝이 가늘어지는 붓 모양으로 쥐와 비슷하나, 털이 별로 없고 연속된 가로줄이 드러나 있다(이도훈 외, 2013a:316-326; 위키백과, 2015: 뉴트리아).

뉴트리아는 일몰 후에 주로 활동을 하고 일출 무렵에 활동을 중지하는 야행성이며, 활동하는 시간에는 일정 간격으로 안전이 확보되는 공간에서 배변, 휴식 등 제한적이고 반복적인 행동패턴을 보인다. 뉴트리아의 일일 행동반경은 140~200m로 비교적 짧은 편이나 섭식하는데 장애가 발생하는 특수한 경우에는 장거리 이동능력이 뛰어나 행동반경이 수km로 늘어나거나 낮 동안에도 활동을 하는 것으로 알려져 있다(이도훈 외, 2013a: 316-326).²⁾

뉴트리아는 해수 환경 보다 유속이 완만하고 수생식물이 풍부한 담수 환경(호수, 늪, 연못, 강)을 선호하며 굴을 파는 습성이 강해 수면에 있는 독에 굴을 파고 그 속에서 서식한다(굴의 입구는 수면 아래에 만들고, 생활공간은 수면보다 높은 길이 1~6m의 직선 터널 속에 만드는데 16~46m까지 연장하기도 함). 뉴트리아는 하나의 서식 굴에서 수컷 한 마리와 암컷 몇 마리 그리고 그들의 새끼로 구성된 최소 2개체 에서 13개체 또는 그 이상의 개체가 가족 단위로 군집생활을 한다. 성체가 된 어린 수컷 뉴트리아는 독립적으로 집단을 구성하기위해 홀로 생활하는 경우도 있다(이도훈 외, 2013a:316-326; USDA, 2010:1-4).

2) 동유럽에서는 2년 동안 뉴트리아의 서식범위가 120km 이상 확장된 사례도 있으며, 미국 루이지애나 주에서는 서식범위 면적이 약 13ha, 프랑스에서는 암컷 약 2.47ha, 수컷 약 5.68ha로 보고된바 있다고 한다(이도훈 외, 2012)

〈표 1〉 뉴트리아의 생물학적 특성

구 분		특 성
형태	크기	100cm 내외
	체중	10kg 내외(최대 15kg)
	물갈퀴	뒷발가락 사이(수영 및 잠수)
먹이	먹이 종류	잡식(수중식물 잎과 뿌리, 감자, 당근, 옥수수, 물고기, 철새, 곤충 등)
	먹는 량	체중의 25%: 700~1500g(최대 2.5kg)
	먹이 활동	야행성
서식	생존 온도	5도 이상이나 이하에서도 적응
	서식지	담수지역(하천, 강)의 독
	군집생활	1개 군집 당 2-13 개체
	이동성	장시간 수영과 장거리 이동가능
	서식 범위	수백 m에서 수 km까지 가능
번식	수명	6.5년
	초산 가능시기	생후 4개월 이후
	번식 시기	비계절성
	임신 기간	4개월(127-139일)
	년간 번식 횟수	3회
	1회 출산 마리수	3-6마리
년간 출산 가능 마리수	최대 20마리	

뉴트리아는 영상 5도 이상의 따뜻한 지역에서 생존하기 때문에 영상 4도 이하 기온이 연간 17일 지속되면 생존이 불가하다는 연구결과가 있으나 해발 고도 1000m 이상인 안테스 산맥에서도 생존을 확인할 수 있을 정도로 추위에 적응하는 능력이 강하며, 스스로 굴의 깊이와 구조 등을 변화시키면서 굴 내부의 온도를 8~10도로 유지할 수 있는 항온기능도 갖춘 것으로 알려지고 있다(이도훈 외, 2012; 이도훈 외, 2013a). 때문에 우리나라의 겨울 기온에 적응하는 능력이 점점 더 강해지고 기후온난화가 진행되면 뉴트리아의 분포가 더욱 추운 지역 쪽으로 확대될 가능성이 커진다고 할 수 있다.

뉴트리아는 매일 쉬지 않고 하루에 자신의 체중에 25% 정도 해당되는 700~1500g의 먹이를 먹을 정도로 식욕이 왕성하며, 수생 및 육상식물의 잎·줄기·뿌리는 물론이고, 감자, 당근, 옥수수, 미나리 등의 농작물과 곤충, 물고기, 조류, 다른 설치류 등의 동물까지 잡아먹기도 한다. 때문에 뉴트리아의 개체수 밀도가 높아지게 되면 생태계에 미치는 영향이 클 수밖에 없다는 것이다.3)

한편, 국내외 뉴트리아 연구 및 조사 자료들에 대한 검토를 통해 뉴트리아의 번식 특성

을 살펴보면 자연 상태에서 뉴트리아의 평균 수명은 6.5년 정도이나 환경에 따라서는 15-20년을 살 수 있다. 뉴트리아는 설치류와 같이 번식력이 높아 기온이 온화하고 먹이가 충분할 경우 새끼수가 급격히 증가할 수 있다.

뉴트리아 암컷은 생후 4개월 정도가 되면 성체가 되어 생식이 가능하고 2~4주마다 발정하며, 또한 수컷은 연중 지속적으로 정자를 생산할 수 있어 계절의 영향을 받지 않고 언제든 수정이 가능하기 때문에 4개월(127~139일)의 임신기간이 지난 후 새끼를 낳고 바로 그 다음날에도 임신이 가능하여 1년에 최대 3번 새끼를 낳을 수 있는 등 번식력이 강하다. 태어난 새끼들은 생후 7~8주가 지나면 어미 곁을 떠나 독립생활이 가능하다(용환율, 2014).

뉴트리아 암컷은 1회에 평균 3~6마리를 출산 하지만 환경이 적절하고 먹이가 풍부하면 1회에 13 마리까지 출산이 가능하여 암컷 한 마리가 1년에 10-20마리 정도를 낳을 수 있는 것으로 보아 번식력이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 이론적으로 계산하면 뉴트리아 암컷 한 마리가 3-4년만 번식해도 50~60마리까지 새끼를 낳기 때문에 천적이 없는 우리나라 자연생태계에서는 인위적으로 개체수가 근절 되지 않을 경우 개체수가 빠른 시간 동안에 기하급수적으로 증가할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다(환경부, 2009; 이도훈 외, 2012; USDA, 2010:1-4).

2. 뉴트리아의 생태계 교란 영향

뉴트리아는 국내에 유입된 다른 외래종들처럼 기존의 서식지와 생태적 환경이 상이 함에도 불구하고 성공적으로 적응을 마친 후 우리나라 자연 생태계를 파괴하는 매우 심각한 영향을 미치고 있다. 외래종인 뉴트리아는 특히 토착종을 잡아먹고 사는 ‘피식자-포식자 관계(predator-prey interaction)’를 이미 형성하고 있으며, 먹이사슬에서 국내의 천적이 없기 때문에 자연적으로 개체수도 근절되지 않아 그 개체수가 어느 순간 급격히 증가하여 토종 동식물을 멸종 직전까지 만드는 생태계 붕괴상황을 초래하고 있는 것으로 알려지고 있다.

앞으로 뉴트리아 개체수가 급속히 증가하여 낙동강 유역 등의 지역에서 뿐만 아니라 다른 지역으로까지 서식지가 확산되어 나간다면 이는 앞에서 살펴본 바와 같은 뉴트리아의 생태적 특성으로 인해 토속 동식물의 생존과 생물 다양성에 위협을 가하는 생태계 교란을 초래하는 것은 물론이고 심각한 농작물 피해, 하천 제방 등의 훼손, 외래종 동물에 대한 두려움 등 여러 가지 심각한 영향을 초래할 수밖에 없을 것으로 보인다.

뉴트리아는 천연기념물인 청둥오리를 잡아먹을 정도로 식욕이 강하고, 활동력과 번식력

3) 낙동강 유역의 뉴트리아는 청둥오리까지 잡아먹는 것으로 알려지고 있다(JTBC, 2013).

등이 매우 강하기 때문에 천적이 없는 우리나라 고유 생태계의 균형을 무너뜨릴 가능성은 매우 크다. 뉴트리아 서식지에 대한 현장 조사나 보도 자료들에 따르면 뉴트리아가 침투한 서식지 주변은 수초 등의 수생식물이 초토화되고, 미나리 밭이 쑥대밭이 되는 농작물 피해도 매우 큰 것으로 조사되고 있다(KBS, 2013).⁴⁾⁵⁾ 뉴트리아는 어류, 곤충, 쥐, 소형 동물까지 다 잡아먹어 생태계의 균형을 깨뜨릴 뿐만 아니라 수생 생태계에서는 수생식물의 부드러운 뿌리를 먹어치워 습지의 자생능력을 크게 떨어뜨리는 문제도 초래한다. 또한, 교목과 관목이나 과일의 줄기 둘레를 파내어 피해를 주고 잔디밭과 골프장의 식물뿌리를 파먹고, 목재나 목재구조물을 갉아 놓고, 연안이나 호안과 하안의 심각한 침식을 가져오는 피해를 입히기도 한다.

뉴트리아의 생태계 교란 문제는 뉴트리아 한 마리가 축구장 1개 면적의 넓이를 초토화시킬 정도로 매우 심각한 상태인 것으로 알려지고 있다(조선일보, 2007; 머니투데이, 2014; 낙동강환경유역청, 2011). ⁶⁾ 뉴트리아 피해가 심각한 미국의 경우 루이지애나주와 텍사스 주의 벼, 당근, 무 등의 피해 면적만 1,500km²에 달하며, 연안습지 파괴 면적만 320km²에 이르는 것으로 알려지고 있다.

뉴트리아의 이러한 생태계 교란과 파괴 문제가 심각해지자 정부에서는 2009년에 뉴트리아를 ‘생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률(2012년 제정)’에 의거 ‘생태계 교란종’으로 지정하였으며, 미국, 유럽, 일본 등의 나라에서도 뉴트리아를 심각한 생태계 교란종으로 보고 국가적 차원에서 퇴치 노력을 하고 있다. 영국은 1970년대에 10년에 걸쳐 100만 마리를 포획해 박멸에 성공했으며, 미국의 루이지애나주는 매년 40만 마리를 포획하는 근절 프로그램을 실시 중에 있다. 미국의 메릴랜드주는 뉴트리아를 내버려둘 경우 피해가 커져 메릴랜드주에서 만 매년 3천700만 달러의 경제적 손실이 발생할 것이라는 조사 결과를 내놓기도 한바 있다.⁷⁾

청정국가 뉴질랜드는 1996년부터 뉴트리아의 생태계 파괴 문제를 알고 뉴트리아를 ‘절대 들여와서는 안 되는 유기체’로 정해 법으로 수입을 금지하고 있는 것으로 알려지고 있다(용환율, 2014).

4) 특히, 뉴트리아는 식물체를 잘라 연한 부분이나 뿌리 같은 선호하는 부위 외에는 절단한 식물체의 약 90%는 버리는 형태로 섭식하는 습성이 있기 때문에 문제가 더욱 심각하다고 한다.

5) 낙동강 지역 농민들에 따르면 뉴트리아 2-30 마리가 무리를 지어 다니는 경우 대파, 감자, 당근 등의 경작지가 초토화 된다고 말하고 있다(조선일보, 2007).

6) 특히 뉴트리아는 가시연꽃과 같은 우리나라 멸종위기 식물, 하천제방의 안정화와 오염물질 제거 기능을 갖고 있는 버드나무, 벼, 과일까지 먹기 때문에 생태계를 파괴하는 정도가 매우 심각한 것으로 나타나고 있다(이도훈 외, 2013b:479).

7) WKTV. “생태계 파괴자 뉴트리아 퇴치 골물”(http://wktvusa.com/, 2015년 1월 15일 확인)

III. 낙동강 지역의 뉴트리아 서식 현황과 개체수 근절정책

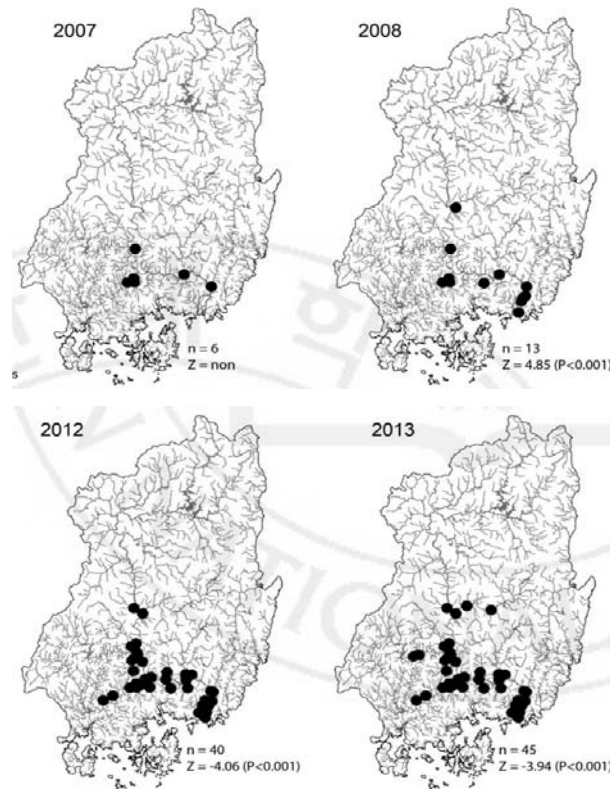
1. 낙동강 지역의 뉴트리아 서식과 확산

1985년 7월 처음 도입된 뉴트리아 100마리는 우리나라의 겨울을 이겨내지 못하고 2년 만에 모두 폐사하였으나 1989년 불가리아에서 다시 도입된 뉴트리아 60마리는 충남 서산의 한 농장에서 적응을 거친 후 번식에 성공해 1990년대 중반까지 2,400마리로 늘어났다. 비록 농장이라는 인공적인 환경이었지만 불과 5-6년 만에 39배로 늘어나는 기하급수적인 증가를 보여준 것이다. 그리고 다시 5-6년 뒤인 2001년 정부가 뉴트리아를 가축으로 지정할 시기에 이르러서는 전국의 470여 농가에서 무려 15만 마리까지 증식되어 있었다. 그러나 이렇게 증식된 뉴트리아는 경제성이 떨어지고 활용방법을 찾지 못하게 되자 생태적 재앙은 전혀 생각하지도 못한 채 대책 없이 유기되고 말았다.

〈표 2〉 뉴트리아 서식 및 확산 관련 주요 사항

구분	내용	자료
뉴트리아 발견지역	- 2006년: 진주, 함안, 창녕, 의령, 양산, 창원 - 2010년: 부산, 대구 - 2011년: 경남밀양, 경북 경산, 제주 - 2012년: 경남 김해, 경북 성주 - 2013년: 경남 합천, 충북 충주 - 2014년: 안동, 상주, 문경, 예천 목격신고	(수원문화저널, 2014) (원주지방환경청, 2013)
뉴트리아 분포확인 지역	- 2006년: 6개 행정구역 - 2013년: 19개 행정구역 - 2014년: 26개 행정구역	(뉴스클릭, 2013) (이도훈, 2014)
서식지 현황	- 629개의 조사지점 중에서 95.9% 흔적 확인(2012) - 1,502개 서식 지점 확인(2013-2014년)	(이도훈 외a, 2013) (이도훈, 2014)
서식지 분포	- 2006년 6개 지점 확인, 2013년 45개 지점 확인	(홍성원, 2014)
서식지 확산	- 1999년 이후 연평균 31.2km의 속도로 서식지 확산 - 2014년 현재 낙동강 수계의 약 20.6%(318.3km)가 뉴트리아에 잠식 낙동강수계, 남한강 수계, 금강수계에 서도 서식확인	(동아일보, 2014b) (이도훈, 2014)
뉴트리아 총 개체수	- 8,700 마리(국립생태원 추정) - 10,000마리(환경부 추정)	(국립생태원, 2013) (매일경제, 2015)

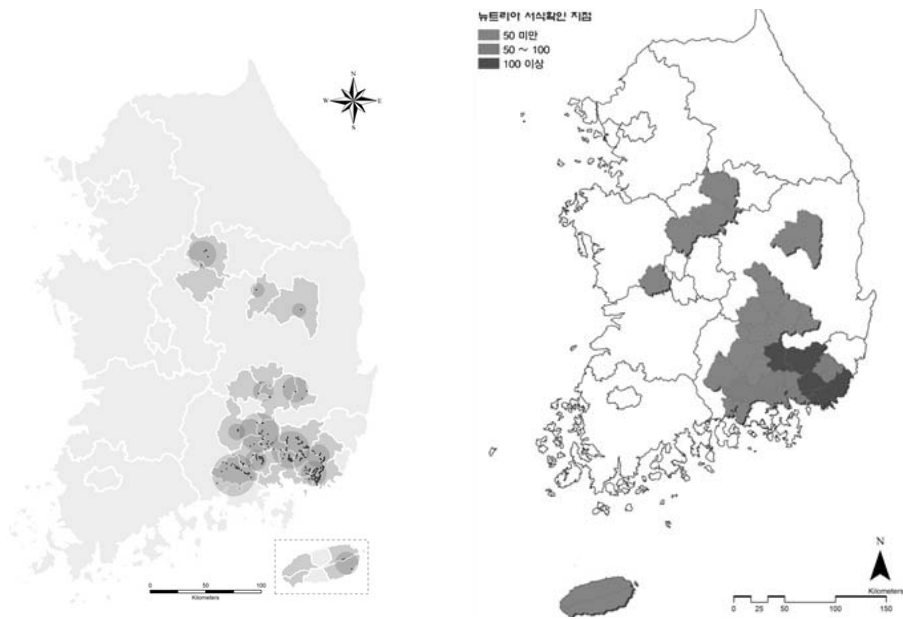
낙동강 유역의 자연 생태에 서식하는 뉴트리아는 1996~1999년 사이 경남 창녕 우포늪에서 대량 서식하기 시작하여 매년 그 개체수가 급속히 증가하고 있지만 2014년 말 현재까지 낙동강 지역에 서식하고 있는 뉴트리아 전체 개체수가 얼마나 되는가를 정확하게 파악하고 있지는 못하다. 다만 낙동강 지역에서 지역주민들에게 뉴트리아가 목격되거나 몇몇 서식 흔적 및 실태조사 결과, 그리고 뉴트리아 퇴치를 위해 수매제를 실시하고 있는 지방자치단체 수 및 수매실적 등으로 판단해 볼 때 낙동강 지역뿐만 아니라 우리나라 전체 뉴트리아 개체수가 크게 증가하고 있으며, 서식지역도 빠르게 확산되고 있는 것으로 나타나고 있다.



[그림 1] 낙동강 유역에서의 뉴트리아 서식 분포 변화 (2007-2013)

자료: 홍성원.(2014). "Distribution and ecological characteristics of nutria (*Myocastor coypus*) in Nakdong River basin". 부산대학교 석사학위논문, p.5

낙동강 지역에서의 뉴트리아 서식은 2006년 경남 진주, 함안, 창녕, 의령, 양산, 창원 등 6개 시·군에서 확인된 이후 전국으로 서식 범위가 확대되어 2010년에는 부산, 대구에서, 2011년에는 경남 밀양, 경북 경산과 제주, 2012년에는 경남 김해, 경북 성주, 2013년에는 경남 합천, 그리고 충북 충주 등지까지 서식지가 넓어진 것으로 확인됐다(원주지방환경청, 2013). 국립환경과학원의 조사에서는 2006년 6개의 행정구역에 서식하는 것으로 조사되었던 뉴트리아가 2013년에는 무려 세배가 늘어나 19개 행정구역에서 서식하는 것으로 알려졌다. 한편 뉴트리아의 급속한 확산으로 인해 뉴트리아가 남한강 유역인 충주지역에서도 수매제를 시행할 정도로 서식이 확인됨에 따라 서울까지 들어오는데 133km만을 남겨두고 있다는 주장도 제기되면서 생태계 교란종 뉴트리아 문제는 국정감사의 이슈로까지 부상하게 되었다(수원문화저널, 2014).⁸⁾



[그림 2] 우리나라 전체의 뉴트리아 서식 분포 현황(2014)

자료: 이도훈, (2014). “국내 서식 뉴트리아의 생태와 관리”. 광역적 뉴트리아 퇴치 추진 기반 마련을 위한 관계 기관 워크숍 발표자료. 낙동강유역환경청. 12월11일.

8) 이와 관련하여 뉴트리아의 서식지가 한라산과 부산시 해안가까지 확장되고, 심지어 강원 양구·충남 공주·충북 제천 등 다양한 지역에서까지 출현하고 있다는 신고는 뉴트리아 확산의 심각성을 의미한다.

2. 뉴트리아 퇴치를 위한 개체수 근절정책

90년대 말에서 2000년대 사이에 본격적으로 우리나라 자연생태계에 적응하며 개체수를 늘려가던 뉴트리아의 심각한 토속 자연생태계 파괴 문제가 심각하게 나타나자 정부는 2009년에 가서야 뉴트리아를 생태계교란종으로 지정하고 퇴치를 위한 개체수 근절에 들어갔다. 그러나 낙동강 유역의 뉴트리아를 퇴치하기 위한 개체수 근절 정책은 뉴트리아의 강한 번식력과 지자체간의 개별적 포획으로 인한 인접 지역으로의 이동·확산, 그리고 정부와 지방자치단체의 인식부족에 따른 안이한 대처와 전담인력 및 예산 부족으로 인해 부분적·단기적 포획에 그쳐 뉴트리아 개체수 근절 효과가 미미할 수밖에 없었다(원주지방환경청, 2013; 수원문화저널, 2014).⁹⁾

뉴트리아를 퇴치하기 위한 초기 대응의 실패는 뉴트리아 개체수의 급속한 증가와 지역적 확산을 초래하였고 그로인해 더 많은 생태계 교란 피해가 발생하고 또 더 많은 비용과 노력을 투입해야만 하는 상황에 직면하게 되었다. 특히, 정부의 뉴트리아 퇴치를 위한 초기 대응실패가 가져 온 가장 심각한 결과는 뉴트리아 개체수가 얼마나 늘어났는지 추정하기조차 어려울 정도가 됐으며, 또한 뉴트리아 개체들이 어떻게 우리나라 자연 생태계에 적응하여 어느 지역까지 확산될 수 있는지를 정확하게 파악하기 곤란해 졌다는 것이다(머니투데이, 2014).¹⁰⁾

그러나 최근 들어 정부(환경부와 낙동강환경유역청)와 지방자치단체들이 뉴트리아 확산 문제를 심각하게 인식하고 개체수를 근절하기 위한 보다 적극적인 노력을 기울이고 있는 것으로 알려지고 있다. 정부 및 지방자치단체의 뉴트리아 퇴치 방법은 총기, 석궁, 활, 독극물 사용을 제외하고 인력을 동원하여 직접 타살하여 잡거나 다양한 종류의 트랩을 통해 포획하는 방법을 사용하고 있다. 그리고 이러한 포획방법의 실행 가능성과 효과성을 높이기 위하여 낙동강환경유역청과 뉴트리아 서식지 관할 시, 군, 구청이 협력하여 ‘상시 퇴치 전담반(2014년 20명)’을 운영하고 있으며, 지역주민들을 대상으로 마리당 2-4만원의 보상비를 지급하는 광역 수매제를 실시하고 있다(낙동강유역환경청, 2014a). 또한 지방자치단체들이 협력하여 연중 또는 특정기간에 걸쳐 동시 다발적이고 집중적으로 뉴트리아를 포획하는 광역 집중퇴치 방안 등도 시행하고 있다(낙동강유역환경청, 2014b). 이러한 낙동강유역환경청과 지방자치단체들의 노력으로 <표 2>에서 보는 바와 같이 2014년에만 5,805마리를 포획

9) 즉, 지자체 간의 정보교환 및 협력 없이 서로 다른 시기에 뉴트리아 포획에 나서면 바람에 인접 지역으로 도망가는 ‘풍선효과’가 발생해 오히려 전국적인 확산을 부추기는 결과를 초래했다는 것이다.

10) 미국의 루이지애나 주는 뉴트리아를 퇴치하기 초기 대응의 실패로 그 개체수가 2,000만 내지 3,000만 마리로까지 늘어나게 되었다.

하는 등 최근 들어 포획된 마리수가 크게 늘어난 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 낙동강 지역에서의 뉴트리아 포획 마리수

년도	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
포획 마리수 (수매+ 퇴치반)	437마리	627마리	837마리	3,343마리	5,805마리

자료: 이도훈 외(2013 a) 및 낙동강환경영역청(2015) 보도 자료에서 재작성.

한편, 국립생태연구원을 중심으로 인력을 동원한 뉴트리아 포획방법 외에 뉴트리아의 천적이라고 추정되는 삶, 너구리, 수달을 이용해 뉴트리아 개체수의 균형을 맞출 수 있는 장기적인 방법이 연구되고 있기도 하나 이 방법은 삶과 수달 자체가 멸종 위기로 보호와 복원이 필요한 상황이기 때문에 뉴트리아퇴치에 이용하는데 현실적 한계가 있다고 평가되고 있다(은수미, 2014).

또한, 뉴트리아의 항문을 봉합하면 배변이 불가능하게 되어 극심한 스트레스로 일정 지역 내에서 동족을 물어 죽이는 카니발리즘을 유도해 뉴트리아를 멸종 시킬 수 있다는 항문 봉합법이 주장되고 있기도 하다. 이 방법은 뉴트리아를 몽둥이로 때려잡는 것보다 덜 잔인하며 쥐를 소탕하는데 100% 효과적이었다는 근거로 제시되고 있지만 이 방법에 대해서는 효과성 측면보다는 동물학대라는 이유로 논란에 휩싸이고 있다. 그러나 이 방법을 주장하는 찬성론자들은 포획 또한 역시 잔인한 방법일 수밖에 없으며, 뉴트리아로 인한 토속 생태계 파괴, 농작물 피해, 예산부족 등의 이유를 들면서 다양한 퇴치 방법 중의 하나로서 시행해 볼 것을 주장하고 있다(용환울, 2014; 동아일보, 2014a).¹¹⁾

뉴트리아 퇴치를 위한 근절정책과 관련하여 볼 때 미국, 영국 등과 같은 나라에서는 많은 예산을 들여 전문포획단을 장기간 운영하는 방법을 통해 성과를 거두고 있는 것으로 알려지고 있다. 그러나 우리나라의 경우는 자치단체의 예산확보 수준이 수백 만원 정도 수준으로 낮고, 지속적인 예산 확보도 어렵기 때문에 뉴트리아 퇴치 노력이 일회성으로 끝나거나 장기적으로 지속되지 못할 가능성이 있다. 즉, 지자체 보상금이 소진 될 경우 포획 활동이 눈에 띄게 감소하게 되면 완전히 박멸되기도 전에 일시적인 포획활동에서 생존한 뉴트리아 개체들이 또 다시 빠른 시간 동안에 번식하여 퇴치 이전의 상황으로 돌아가게 되는 악순환이 반복될 가능성도 있다는 것이다(KBS, 2015; 이도훈 외, 2013b).¹²⁾

11) 본 연구에서는 만약 항문봉합법의 동물학대 문제와 관련된 논란이 정리되고, 정책수단으로서 그 효과가 검증될 수 있다면 일정한 범위의 지역 내에서 굴을 파고 군집단위를 이루며 살아가는 뉴트리아 특성상 번식률을 억제하는데 효과적일 수 있다고도 보았다.

뉴트리아 퇴치와 관련하여 환경부(2014)는 ‘제1차 외래생물 관리계획(2014.06)’에서 ‘뉴트리아 퇴치프로그램 실천계획(2014-2023)’을 수립하고 2018년까지 69억원을 투입하여 다양한 퇴치사업 등을 통해 2023년까지 뉴트리아를 제로화 한다는 목표를 설정해 놓고 있어 그 성공 여부에 관심이 집중되고 있다.

IV. 낙동강 지역의 뉴트리아 확산과 근절의 동태성 분석

1. 뉴트리아 확산과 근절의 동태성에 대한 인과지도 분석

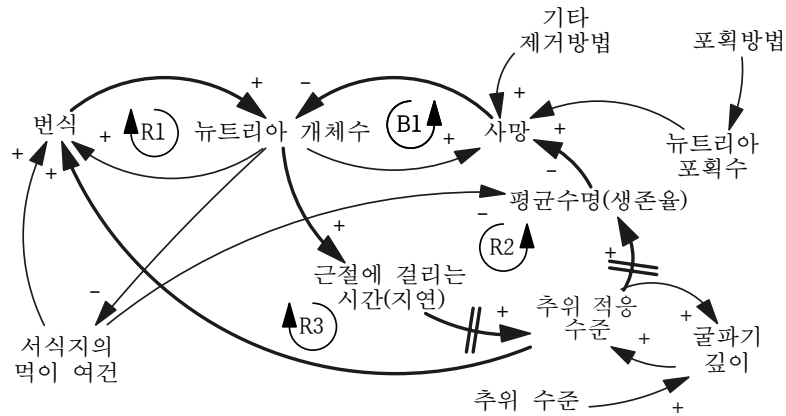
뉴트리아는 2000년 세계자연보전연맹(IUCN)에서 세계 100대 악성 침입 외래종으로 지정할 정도로 토속 생태계를 교란하는 침입 종이며, 우리나라에서도 개체수가 급격히 증가하고, 지역적으로 광범위하게 확산되고 있어 그 심각성이 대두되고 있다. 우리나라의 뉴트리아 개체수 급증과 지역적 확산은 이미 전략적 대응 타이밍을 놓쳤다고 볼 수는 있으나 그나마 낙동강 수계 이외의 지역은 이제 시작 단계이므로 지금이라도 뉴트리아 개체수 확산의 동태적 메커니즘을 정확하게 이해하고, 시간의 흐름에 따른 개체수 변화 수준과 패턴을 정확하게 예측하는 것은 물론 다양한 퇴치 방안들의 효과를 예측하여 뉴트리아 근절 목표를 성공적으로 달성하여야 할 것이다.

이 논문에서는 먼저 앞에서 살펴본 다양한 뉴트리아의 생태적 특성과 조사 자료 및 시스템다이내믹스 기법을 활용하여 미국 루이지애나주 바라타리아 습지유역(Barataria Basin)의 뉴트리아 개체수(nutria population dynamics)와 수생식물-바이오매스(plant-biomass cycle) 간의 관계를 연구한 사례(Carter et al., 1999: 209-219; Carter et al., 2002) 등 같은 관련 자료들을 종합적으로 검토하여 뉴트리아 확산과 근절의 기본구조를 파악하는데 필요한 중요 변수들을 도출하고 이를 인과순환적 피드백구조를 통해 분석(인과지도 분석)하여 그 동태성을 규명해 보고자 하였다. 즉, 본 연구에서는 먼저 중요한 피드백 구조들을 중심으로 단순화하여 다음과 같은 인과순환적 피드백 구조들을 도출하였으며 이를 통해 네 가지 차원에 초점을 두고 뉴트리아 확산과 근절의 동태성을 살펴보았다.

[그림 3]은 뉴트리아가 도입된 후 가축으로 사육되다 자연 상태에 버려진 후 폐사되지 않고 낙동강 유역을 중심으로 우리나라 자연환경(겨울 추위 등)에 적응하기 시작하면서 뉴트리아 개체수가 늘어나는 첫 번째 차원의 피드백구조를 보여주고 있다.

12) 한 때 뉴트리아를 완전 퇴치했다고 선언했던 영국에서도 뉴트리아가 다시 서식하고 그 개체수가 또 다시 빠르게 증가했던 경우가 있었다.

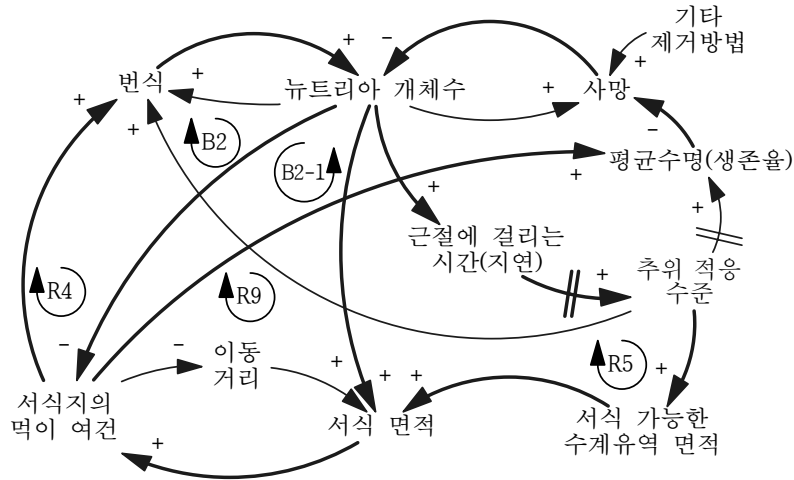
아래 그림에서 양의 피드백 루프 R1과 음의 피드백루프 B2는 가장 일반적인 출생과 사망의 피드백 구조로서 번식은 먹이 여건, 사망은 추위적응 수준과 먹이여건, 그리고 뉴트리아 포획(제거)에 영향을 받고 있다. 이 인과지도에서는 버려진 뉴트리아가 추위에 적응하게 되면서 죽지 않고 평균수명이 늘어나 즉 생존율이 높아져 개체수가 계속해서 늘어나게 되었고, 늘어난 개체들이 근절되지 않고 방치되는 시간지연 동안 계속해서 추위에 적응하는 수준이 높아지게 되면서 생존율이 높아지고(R2), 또한 번식률도 왕성해짐에 따라 뉴트리아 개체수가 기하급수적으로 급격히 증가하게 된 세 가지 양의 피드백 구조(R3)가 존재함을 여주고 있다.



[그림 3] 뉴트리아의 적응과 개체수 증감의 피드백 구조

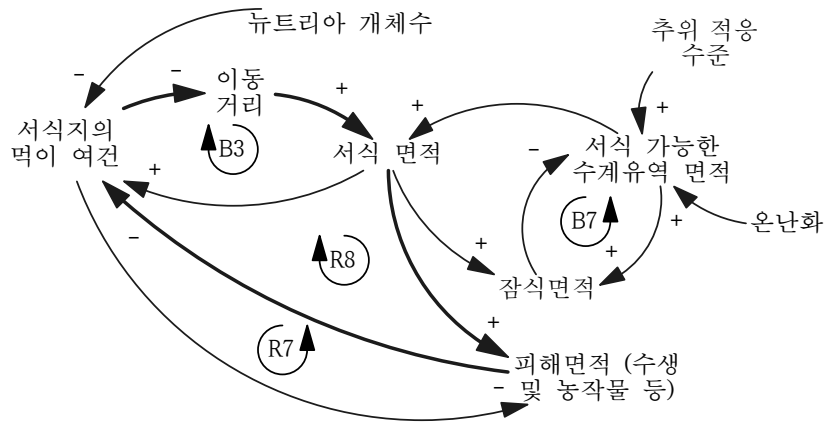
[그림 4]는 뉴트리아 개체수 증가와 서식지 면적, 그리고 먹이 여건 간의 동태적 관계를 보여주는 두 번째 차원의 피드백 구조들이다. 이 그림에서 양의 피드백 루프 R4와 R5, 그리고 R9는 추위에 적응한 뉴트리아가 서식할 수 있는 수계유역 면적이 증가하면서 실제 뉴트리아가 살고 있는 서식면적이 증가하고 서식면적의 증가는 서식지의 먹이 여건이 좋아지는 것으로서 이는 뉴트리아의 번식과 생존율을 동시에 늘려 뉴트리아 개체수의 증가를 초래하는 구조를 보여주고 있다. 여기서 특히 R5는 늘어나는 뉴트리아 개체수 근절이 안 되고 근절에 걸리는 시간이 지연될수록 뉴트리아가 우리나라 생태계에 적응하는 수준이 높아지고 계속해서 뉴트리아가 살아갈 수 있는 수계 유역면적이 확대되어 뉴트리아의 서식지가 확산되는 결과를 초래하였다는 것을 보여주고 있다. 이는 결국 뉴트리아의 먹이 여건 즉 새로운 섭생가능 지역의 확대를 가져와 번식과 생존율을 또다시 높이는데 기여한다는 것이다. 물론 계속해서 증가되는 뉴트리아 개체수의 증가는 서식지의 먹이 여건을 악화시

켜 번식(률)과 생존율을 떨어뜨려 뉴트리아 개체수를 감소시키는데 영향을 미칠 수 있을 것이다(B2, B2-1).

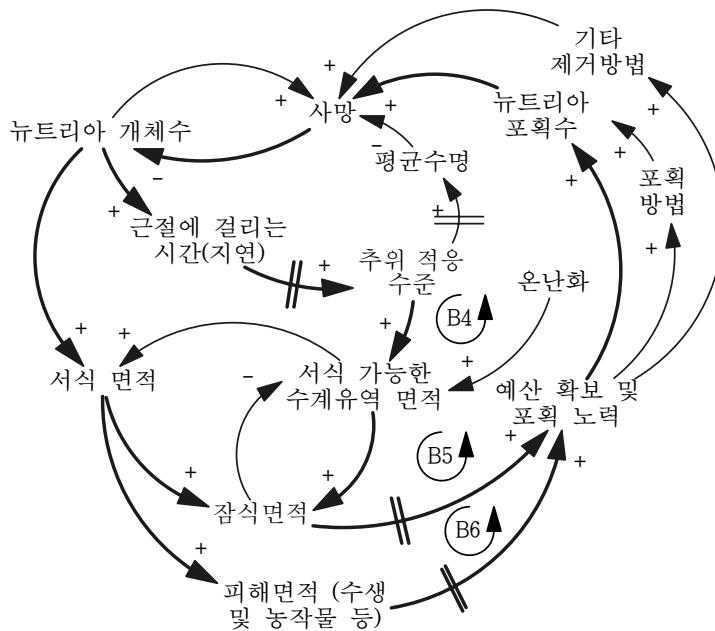


[그림 4] 뉴트리아 개체수와 서식지 및 먹이여건 간의 피드백 구조

[그림 5]는 뉴트리아 서식면적과 먹이여건 및 피해면적 간의 상호작용 관계를 보여주고 있는 세 번째 차원의 피드백 구조를 보여주고 있다. 이 인과지도에서 음의 피드백 루프(B3)는 만약 기존의 서식면적이 한정되어 있는 상태에서 뉴트리아 개체수가 급속히 증가하여 서식지의 먹이 여건이 나빠지게 되면 먹이를 찾기 위한 뉴트리아의 이동(활동)거리가 점점 더 길어지게 되고 만약 이러한 상황에서 서식 가능한 수계 유역면적이 넓어진다면 이는 개체수와 먹이 여건 간의 균형이 이루어질 때까지 계속해서 뉴트리아 서식면적의 확산을 초래하는 구조임을 보여주고 있다. 물론 음의 피드백 루프(B7)는 서식 가능한 수계 유역면적이 늘어나도 서식면적이 늘어나면 그 만큼 잠식면적이 늘어나 지속적으로 서식 가능한 수계 유역면적에 한계가 발생하게 되고 이는 서식면적이 줄어들어 뉴트리아의 먹이여건이 제약될 수밖에 없음을 보여주고 있다. 결국 이는 뉴트리아 개체수가 계속해서 증가함에 따라 서식지도 지속적으로 확산되지만 먹이 여건의 제약 또한 더욱 커짐으로 인해 뉴트리아에 의해 더욱 더 많은 수생식물이 파괴되고 농작물 피해가 점점 더 늘어나는 악순환 구조가 작동될 수밖에 없다는 것을 보여주고 있다(R7).



[그림 5] 뉴트리아 서식면적과 먹이여건 및 피해면적 간의 피드백 구조



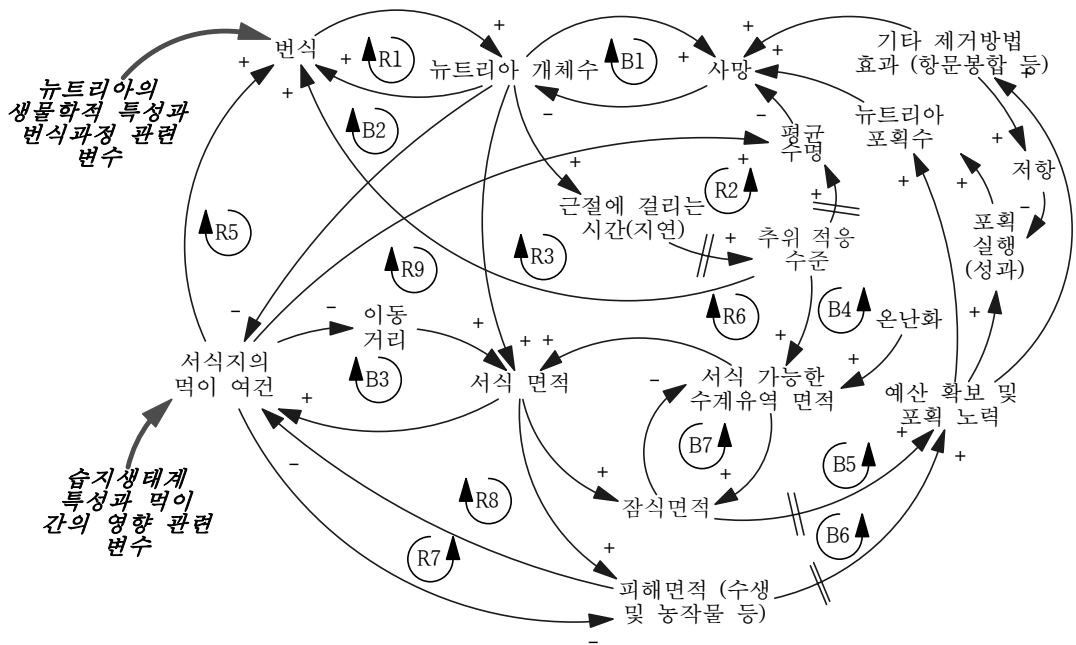
[그림 6] 뉴트리아 근절을 위한 노력과 개체수 감소의 피드백 구조

마지막으로 [그림 6]의 인과지도에서 음의 피드백 루프들(B4, B5, B6)은 네 번째 차원의 피드백 구조들로서 뉴트리아 개체수가 증가함에 따라 서식면적이 확산되어 뉴트리아에 의한 생태계 교란 피해가 더욱 더 심각하게 증가하면 그에 따라 뉴트리아 개체수를 줄이기 위한 더 많은 예산 확보와 퇴치노력을 통해 뉴트리아 포획과 제거 방법의 실행이 이루어지고 이를 통해서만이 뉴트리아 개체수를 줄일 수 있는 억제 구조가 작동될 수 있음을 보여주고 있다.

한편 [그림 7]은 지금까지 설명한 네 가지 차원의 피드백 구조들을 통합하여 뉴트리아 개체수 확산과 근절에는 어떠한 측면에서 어떠한 경로로 다양한 변수들 간의 상호작용이 존재하며, 그 상호작용의 동태성은 어떠한 성격의 인과순환적 피드백구조들에 의해 나타날 수 있는가를 보여주고 있다.

[그림 7]의 인과지도 분석의 변수에는 뉴트리아의 번식력이나 먹이 습성 등과 같은 생물학적 특성과 낙동강 유역의 습지 생태적 특성과 관련된 피드백 구조들은 포함하지 않았으나 그러한 변수들을 포함하여 분석하지 않아도 왜 우리나라의 뉴트리아가 계속해서 급증하고 근절되지 못하고 있는가를 규명하는 데는 충분하다고 판단된다. 즉, [그림 7]에서 보는 바와 같은 인과지도 분석에서 도출된 우리나라 뉴트리아 확산과 근절의 핵심적인 동태성은 제일 먼저 우리나라 낙동강 유역을 중심으로 확산되고 있는 뉴트리아 개체수 급증은 초기의 적극적 대응이 없었기 때문에 뉴트리아의 환경적응력을 키웠고, 그로 인해 서식가능 지역과 실제 서식지역이 급격히 확산된 강화 피드백 구조로 설명 가능하다는 것이다.

그 다음으로는 계속해서 좋은 먹이 여건을 찾아 이동하고 적응하는 뉴트리아의 특성을 제대로 인식하지 못한 채 적극적인 근절을 하지 않고 미온적으로 대처한 것이 뉴트리아 개체수의 급격한 증가를 초래하여 지역적 확산은 물론 뉴트리아의 먹이 활동을 더욱더 왕성하게 하여 그 결과로 더욱 더 생태계를 파괴하도록 만들었다는 것이다. 다음으로 본 논문에서는 우리나라에서 뉴트리아를 근절하기 위해서는 뉴트리아의 적응력이 커지고 낙동강 수계 이외의 더 많은 다른 수계로 확산되기 전에 시급히 다양한 포획수단 및 기타 제거 방법들의 효과와 동물학대라는 윤리적 저항문제 등을 검토하고 영국 및 미국의 사례에서 알 수 있는 바와 같이 집중적, 지속적으로 근절해 나가는 근절노력을 기울여야 한다는 것이다.



[그림 7] 뉴트리아 개체수 확산과 근절의 동태성에 대한 통합 인과지도

V. 결론

뉴트리아는 환경부가 지정한 생태계 교란종 중에서 유일한 포유류 동물로 천적도 없이 호수와 바다는 물론 산악지역에서까지 서식하며 설치류 특유의 엄청난 변식력과 왕성한 식욕, 그리고 환경 적응력으로 기하급수적으로 증가하면서 우리나라 토속 생태계를 심각하게 붕괴시키고 있다. 2000년 미국지리조사 및 습지생태계연구소(U.S. Geological Survey/National Wetlands Research Center)는 “뉴트리아가 루이지애나 연안을 모두 먹어치우고 있다”고 뉴트리아 확산의 심각성을 지적한바 있다. 우리나라에서도 급속히 증가하고 있는 뉴트리아의 생태계 파괴문제는 매우 심각한 수준으로 알려지고 있다. 일부 학자는 뉴트리아를 생태계의 흑사병으로 부르기까지 한다.

깊은 굴을 파고 야간에 주로 물속에서 활동하는 뉴트리아의 특성 때문에 뉴트리아 개체수 증가의 심각성을 제대로 인식하지 못했던 것인가? 최근까지 정부나 일부학자들조차 우리나라의 추운 겨울날씨만 믿고 낙동강 유역보다 기온이 낮은 영하 4도 이하의 북쪽지역에는 뉴트리아가 확산되지 않을 것이라는 발표를 하며, 미온적으로 대처해 왔다. 그러나 남한 강 수계의 충주호나 영하 20도 이하까지 내려가는 강원도 양구군의 파로호 일대에서도 뉴

트리아 피해가 발생하고 있어 전혀 예상할 수조차 없었던 매우 심각한 상황에 직면해 있다고 할 수 있다.

정부는 뉴트리아 퇴치 관련 계획이나 보고 자료에서 전국의 뉴트리아 개체수가 8,000-1만 마리 정도라고 추정하고 있다. 그러나 2014년 한 해 동안 낙동강 유역 13개 시군에서만 6,000여 마리를 인력으로 포획하였다고 발표한 바까지 있다. 그렇다면 이제 전국의 뉴트리아는 4천여마리 정도만 남았다는 것인가?

이와 관련하여 이도훈의 2012년 조사와 2013-2014년 조사를 비교하면 2012년에는 낙동강 유역에서만 629개의 조사지점 중에서 95.9%(603개) 지점에서 서식이 확인되었고 2013-2014년 조사에서는 무려 1,502개 지점에서 서식이 확인되었다는 조사 결과를 볼 때 이는 이 지역에서 뉴트리아 개체수가 급속히 증가하고 있다는 것으로 밖에 볼 수 없다(이도훈, 2012; 2014). 이 조사결과를 토대로 각 지점마다 1개의 무리만 존재한다고 가정하고 각 무리마다 10여 마리가 군집생활을 한다고 계산을 하면 이들 조사지점에서만 15,000마리가 서식하고 있다는 계산이 나온다. 또한, 5개의 군집이 있다고 가정하면 75,000(1502×5×10)마리의 개체가 서식한다는 추정이 가능하다. 그렇다면 이들 조사지점이 아닌 전국의 뉴트리아 개체수는 이 보다 더 훨씬 더 많다고 밖에 볼 수 없을 것이다. 특히 몇몇 언론보도(연합뉴스, 2013; 국제신문, 2013; · KBS, 2013)에 따르면 낙동강 지역에 서식하는 뉴트리아 개체수는 최대 5만에서 10만 마리까지로 추정되고 있다.

결론적으로 이 논문에서는 급속히 증가하고 있는 우리나라의 뉴트리아를 퇴치하기 위해서는 먼저 본 연구의 결과로 앞에서 제시된 뉴트리아 확산과 근절의 동태적 피드백 구조를 정확하게 이해하여야 한다는 것이다. 본 연구에서는 우리나라 뉴트리아 확산과 근절 실패의 가장 핵심적인 인과순환적 구조는 낙동강 유역을 중심으로 확산되기 시작한 뉴트리아 개체수 증가에 대한 초기 대응이 없었기 때문에 뉴트리아의 환경적응력을 키웠고, 그로 인해 서식가능 지역과 실제 서식지역이 급격히 확산되는 악순환 구조에 있다고 보았다.

또한 뉴트리아 개체수의 증가와 확산 패턴을 정확하게 예측하고 퇴치를 위한 정책목표 및 수단(예: 수매 예산확보)을 올바르게 설정하기 위해서는 현재 전국에 서식하고 있는 뉴트리아 개체수를 보다 정확하게 추정하는 것이 요구된다는 것이다. 이는 후속연구에서 진행할 뉴트리아 개체수의 정확한 예측과 근절방법들의 효과를 모의실험하고, 나아가서는 우리나라에서 언제쯤 뉴트리아가 근절될 수 있는가를 시뮬레이션 하는데 있어 매우 중요한 초기 값(initial value)이 되기 때문이다. 이른바 초기 값이 민감성이 매우 크기 때문이다.

마지막으로 본 연구의 후속연구에서는 앞에서 분석된 인과지도를 토대로 뉴트리아의 생태적 특성과 지역적 특성 변수들의 수식 및 파라미터를 검토한 후 시뮬레이션 모델을 완성하여, 우리나라 뉴트리아 개체수 증가와 공간적 확산의 행태를 규명하고, 다양한 근절정책

들의 효과를 모의실험 해 봄으로써 뉴트리아 퇴치 가능 시점을 예측 해 보고 가능한 정책 지렛대들을 살펴볼 것이다.

【참고문헌】

- 길지현 외. (2012). 『생태계교란 생물』. 국립환경과학원.
- 국립환경과학원. (2013). 『생태계교란 야생 동·식물』. 국립환경과학원.
- 국제신문. (2013). “자체별 ‘괴물쥐’ 퇴치 한계…낙동강 하류 최고 10만 마리 추정”. 12월 15일자.
- 김도훈. (2014). “괴물쥐가 아니라 슬픈쥐를 보았다” 허핑턴포스트 8월18일자(http://www.huffingtonpost.kr/dohoon-kim/story_b_5505729.html, 2015년1월 10일 확인).
- 동아일보. (2014a). “괴물쥐. 향문봉합 박멸?”. 10월 14일자.
- 동아일보. (2014b). “괴물쥐 생존 한계기온 발견…낙동강에만 98%,왜?”. 10월 24일자.
- 매일경제신문. (2015). “낙동강서 뉴트리아 5천800여마리 포획…수매제 효과”. 1월 18일자.
- 머니투데이. (2014). “뉴트리아 ‘가축’으로 지정했던 정부…국회 입법 대응 부심”. 10월 23일자.
- 수원문화저널. (2014). “괴물쥐 뉴트리아, 서울 상륙까지 133km 남았다”. 9월 30일자.
- 연합뉴스. (2013). “낙동강에 ‘괴물쥐’ 뉴트리아 개체 급증…대책 시급”. 12월 4일자.
- 용환율. (2014). “뉴트리아로부터 습지생태환경 보호”. 강원도민일보 9월 25일자.
- 원주지방환경청. (2013). “충주 탄금호 일원에 괴물쥐 뉴트리아출현”. 보도자료, 10월 25일자.
- 위키백과. (2015). “콜롬버스의 교환” (<http://ko.wikipedia.org>, 2015년 1월 29일 확인).
- 은수미. (2014). “멸종위기종으로 뉴트리아를 퇴치?”. 보도자료, 10월 16일자.
- 이도훈. (2014). “국내 서식 뉴트리아의 생태와 관리”. 광역적 뉴트리아 퇴치 추진 기반 마련을 위한 관계 기관 워크숍 발표자료. 낙동강유역환경청. 12월 11일.
- 이도훈·길지현. (2013). “국내 서식하는 뉴트리아(Myocastor coypus)의 형태측정 및 비교에 관한 연구”. 『환경영향평가』, 22(3): 241-254.
- 이도훈·길지현·김동연. (2013). “뉴트리아(Myocastor coypus)의 국내 분포 및 서식 현황에 관한 연구”. 『한국환경생태학회지』, 27(3): 316-326.
- 이도훈·길지현·영병국. (2012). 『뉴트리아의 생태와 조절』. 국립환경과학원.
- 이도훈·이창우·길지현. (2013). “낙동강에 서식하는 뉴트리아(Myocastor coypus)의 식물 먹이 자원에 관한 연구”. 『환경영향평가』, 22(5): 491-511.
- 전국환경감시협회경기도본부. (2011). “뉴트리아 퇴치중”. (<http://cafe.daum.net/keepgreen>, 2015년 1월 13일자 확인).
- 조선일보. (2007). “낙동강 일대 골칫거리 뉴트리아”. 5월 12일자.
- 홍성원. (2014). “Distribution and ecological characteristics of nutria (Myocastor coypus) in Nakdong River basin”. 부산대학교 석사학위논문.

- 환경부. (2014). 『제1차 외래생물 관리계획(2014~2018)』.
- 환경부. (2009). 『생태계교란야생동·식물 자료집』. 환경부.
- JTBC. (2013). “청둥오리도 ‘꿀꺽’...낙동강, ‘괴물쥐’ 뉴트리아에 몰살”. 11월29일자.
- KBS. (2013). “괴물 쥐 뉴트리아 생태계 초토화”. 7월 6일.
- KBS. (2013). “낙동강에 ‘괴물쥐’ 뉴트리아 급증”. 12월 4일자.
- KBS. (2015). “괴물 쥐 잡아오면 수 천만원 포상금...이 방법이 최선?”. 1월 21일.
- WKTU. “생태계 파괴자 뉴트리아 퇴치 골물”(http://wktvusa.com/, 2015년 1월 15일 확인)
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (p. 12). Auckland,, New Zealand: Invasive Species Specialist Group.
- SBS. (2014). “괴물 쥐, 남한강 상류에서도 포획”. 10월 4일자.
- Carter, J., & Leonard, B. P. (2002). A review of the literature on the worldwide distribution, spread of, and efforts to eradicate the coypu (*Myocastor coypus*). *Wildlife Society Bulletin*, 162-175.
- Carter, J., Foote, A. L., & Johnson-Randall, A. (1999). Modeling the effects of nutria (*Myocastor coypus*) on wetland loss. *Wetlands*, 19(1): 209-219.
- Crosby, A. W. (2003). *The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492* (Vol. 2). Greenwood Publishing Group.
- Jojola, S., Witmer, G., & Nolte, D. (2005). *Nutria: An Invasive Rodent Pest or Valued Resource?*
- USDA. (2010). *Nutria, an Invasive Rodent*. Wildlife Services.
- U.S. Geological Survey/National Wetlands Research Center. (2000). “Nutria, Eating Louisiana’s Coast”. (www.nwrc.usgs.gov/factshts/020-00.pdf., 2015.1.22.일 확인).

▶ 접수일 : 2015. 5. 31. / 수정일 : 2015. 6. 26. / 게재확정일 : 2015. 6. 27.