

겨울철 한강 장항습지에 서식하는 매 멸종확률 예측에 대한 연구

이상돈

이화여자대학교 공과대학 환경학과

Studies on probability extinction of Peregrine falcon species wintering around Jang Hang wetlands in the Han river

Sangdon LEE

Department of Environmental Science and Engineering, College of Engineering, Ewha Womans University, Seoul, KOREA

(Received : 11 July 2016, Revised: 08 August 2016, Accepted: 08 August 2016)

요약

매(*Falco peregrinus*)는 천연기념물 323호이며 멸종위기종으로 등재되어 있다. 본 연구는 한강의 장항습지에 서식하는 매의 멸종확률을 개체군변이분석을 통하여 시도하고자 한다. 장항습지는 개체군이 1999-2005년 동안 모니터링되었으며 평균 10.8 개체가 서식하는 것으로 조사되었으며, 개체군을 이용하여 향후 5년간(2015-2020) 변이분석을 실시하였다. 초기개체군을 이용하여 기간 동안 20%의 멸종확률이 예측되었으며, 이 확률은 지역의 수질오염과 서식지 손실을 고려하면 적은 것으로 나타났다. PVA는 개체군이 적고 다른 정보가 부족한 종에 대해 실시한다. 또한 매의 개체군은 맴의 보 및 콘크리트 제방 등을 고려하면 멸종의 확률이 증가될 것으로 사료된다. 장기적인 생활사 등을 고려한 연구가 필요하다.

핵심용어 : 맹금류, 한강하구습지, 개체군변이분석, 개체군동력학, 멸종확률

Abstract

Peregrine falcon (*Falco peregrinus*) are listed as endangered species and Natural monument #323 in Korea, and this study examined the possibility of extinct of peregrine falcon in Jang Hang wetland near Han river using with the application of Population Viability Analysis (PVA) technique. In Jang Hang wetland areas population was monitored during 1999-2005 averaging 10.8 individuals and PVA analysis was done for the 5 years (2015-2020) using the average population size. Using the initial population was estimated 20% of extinct rate during the time. This estimation was quite low considering water pollution and loss of habitat. Also PVA only used population size lacking in other life history information. Nonetheless falcon population can be in risk of extinction if the current construction of crossovers in the river, cement bank are maintained. Long term information regarding life history needs essential.

Key words : birds of prey, Han river estuaries, Population viability analysis, Population dynamics, extinction probability

1. 서 론

우리나라 전역에 서식하는 매목(Falconiformes), 매과(Falconidae)의 대표적인 조류는 매(*Falco peregrinus*)는 천연기념물 제323호, 멸종위기 야생동물 1급종이다 (Ministry of Environment, 2014). 국제적으로도 CITES(Convention on International Trade in Endangered species of Wild Fauna and flora) 부속서(Appendix)에 등재되어 있으며, IUCN의 적색자료 목록집(red data list)에 의하면 위협종(threatened species)로 등재되어 있다(Birdlife International,

2014). 이 종은 행동반경이 넓어 해안이나 해안에 접한 산의 절벽, 강가의 모래밭, 농경지 등에서 생활하며 벼랑 위, 높은 나무 위에서 먹이를 찾으며, 찾은 먹이는 일정한 장소로 운반한 후에 먹는다. 최대속도가 250km/h에 달할 만큼 빠르고 강하게 강하할 수 있으나 1960년대 전 세계적인 DDT의 사용으로 인해 번식에 큰 타격을 입었던 대표적인 맹금류로서 국제적 보호조류이다 (Craig et al, 2005). 전 세계적으로 번식지는 북극 툰드라에서 열대지역까지 광범위하게 퍼져있으나 고산지대나 열대우림지역에는 서식하지 않는 것으로 알려져 있다.

세계에는 17-19종의 많은 아종이 퍼져있다. 둥지는 따로 만들지 않고 해안에 접한 암벽의 움푹 파인 곳을 그대로 이용한다. 산란기는 3월 하순~5월이며, 알은 옅은 깃털을 띤 갈색으로 붉은 갈색의 얼룩무늬가 있으며 3~4개 낳아 28일

* To whom correspondence should be addressed.
Department of Environmental Science and Engineering, College of Engineering, Ewha Womans University, Seoul, KOREA
E-mail: lsd@ewha.ac.kr

동안 알을 품는다. 한국의 전역에 걸쳐 번식하는 흔하지 않은 나그네새인 동시에 여름철새이다. 텃새로 남아있는 개체들도 있으며 겨울에도 드물게나마 도처에서 눈에 띈다. 먹이는 소형포유류, 파충류, 심지어는 곤충도 잡아먹는 종이다. 이 종은 대부분 지역에서 멸종위기종으로 분류되는데 1970년대 살충제(이전에는 DDT)에 의한 개체수 감소가 결정적이었다. 생태계의 최상위 먹이사슬에 존재하는 종으로 많은 지역에서 관심을 받고 있다.

대개 해안이나 섬의 절벽 바위의 선반과 같은 곳에 동지를 마련하지만 외국에서는 도시의 고층 건물에 동지를 틀기도 한다(Brazil, 2009; Kirk and Hyslop, 1998). 미국의 뉴욕시는 이 종의 복원 프로그램을 진행하여 1980년 도심에 번식을 하게 하는 데 성공하였다.

본 연구는 멸종위기에 처해 있으며 국제적으로 보호를 받는 종의 장기적인 멸종확률을 예측하기 위하여 개체군 변동프로그램(Population Viability Analysis)을 이용하여 우리나라 한강 하구인 장항 습지에 서식하는 종의 멸종확률을 예측하고자 수행되었다.

2. 연구지역 및 방법

매의 조사는 한강하구와 비무장지대의 장항습지를 대상으로 연구를 수행하였다. 매의 조사는 1999-2005년간 겨울철(11-2월) 사이에 습지에 도래하는 재두루미(*Grus vipio*)의 포식자의 행동을 관찰하는 과정에서 겨울철 2-3차례 수행되었으며 각 조사기간 동안 관찰된 개체수의 평균을 연도별로 정리하여 분석에 활용되었다(Kim and Lee, 2008a). 장항습지는 한강하구와 비무장지대(DMZ: Demilitarized Zone)는 남북분단이라는 특수한 상황으로 인하여 지금까지는 상대적으로 자연적인 하구습지를 잘 보전하고 있는 자연하구이다((Kim and Lee, 2008b; Kim and Wilson, 2000). 한강하구와 DMZ는 재두루미의 월동지와 중간기착지로서 매우 중요한 지역(Higuchi et al. 1996; Kim and Wilson, 2002)으로서 경기도 파주시와 김포시의 한강하류동서 하안과 충적지, 그리고 임진강과 한강이 교차되는 삼각주일원의 광활한 초지는 1973년 재두루미의 규칙적인 도래지임이 알려졌고, 1975년 2월 21일 천연기념물(도래지) 250호로 지정되었다(Yoon and Roh, 2006). 그러나 동시에 한강하구는 수도권 집중으로 인한 과밀개발로 환경오염 부하가 큰 유역 권에 속해 있으면서, 군사적 특성으로 인한 합리적 관리에 많은 유동성과 제약이 따르는 상황에 직면하고 있는 지역이다.

이 지역의 매는 1999년 10마리, 2000년 12마리, 2001년 7마리, 2002년 8마리, 2003년 8마리, 2004년 16마리, 2005년 15마리가 등 총 관찰되었으며 동 기간 중 평균밀도는 10.86마리이며 표준편차는 3.58로 계산되었다. 장항습지는 대부분의 수역으로 구성되어 있으나 농경지 및 산림도 56%에 이르는 실정이며 매의 서식환경으로는 매우 양호하다고 판단되었다(Table 1).

Table 1. Habitat categories of Jang Hang estuary along the Han river areas

Habitat category	Jang Hang estuary (km ²)	percentage
Urban or built-up land	487,147,500	14.40
Agricultural land	782,028,000	23.11
Forest land	1,124,258,400	33.23
Grassland	251,372,700	7.43
Wetland	83,347,200	2.46
Barren land	109,602,900	3.24
Water	545,548,500	16.12
Total	3,383,305,200	100.0

연구기간 개체수의 변동은 크지 않으나 이 지역에 서식하는 개체군을 기준으로 향후 2015-2020년 10년 동안 멸종에 처할 확률을 계산하였다. 즉, 2015년 까지 평균 개체군인 15마리를 기준으로 개체군 변이 분석을 실시하고 생존 확률과 멸종확률을 계산하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램인 Vortex version 9.72를 사용하였다(Dennis et al, 1991). Vortex프로그램은 PVA의 시뮬레이션 모델로 환경적, 유전적 요인들이 개체군에게 어떤 결정적 영향을 미치는지 예측해 볼 수 있는 프로그램으로 멸종확률을 도출할 수 있다(Beissinger and McCullough, 2002). 본 분석을 위해 개체 수 $N = 15$, $\lambda = 1$, λ 분산 = 0.5 (λ 는 시간에 따른 개체 수 증가율)를 가정하고 95% 존재할 가능성을 2015-2020년까지 10년간 평가하였다(Park et al, 2009).

3. 결과 및 고찰

자료의 분석을 위해 수집된 평균개체군이 2010년 15마리인 관계로 이를 토대로 초기 개체군을 산정하였으며, 분석의 정확도를 기하기 위하여 10회, 50회 및 100회 반복을 통한 멸종확률을 예측하였다 (Table 2, Fig 1).

초기 개체군의 크기에 따라 향후 10년 동안 발생할 멸종 확률은 2020년까지 20%로 예측되었으며 각 연도별 개체군의 변동을 나타내면 아래와 같다(Table 3). 또한 장기적인

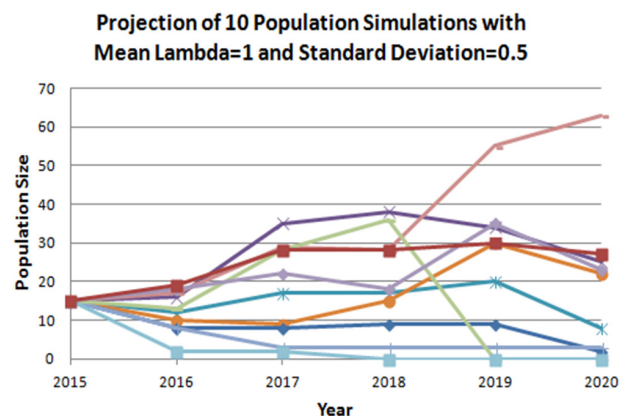


Fig 1. Change of population size during 2015-2020 with 10 replications.

Table 2. Initial population size, number of trial with mean λ to estimate extinction probability

initial N	trial	λ , Mean	std(λ)	λ value	probability of extinction(p)
15	10	1	0.5	1.823	0.20
15	50	1	0.5	1.824	0.18
15	100	1	0.5	1.822	0.15

Table 3. Estimation of extinction probability and population size during 2015-2020

trial \ year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	persistence=1 extinction=0
1	15	23	37	14	8	13	1
2	15	16	18	31	57	71	1
3	15	5	0	0	0	0	0
4	15	14	16	16	15	2	1
5	15	23	3	0	0	0	0
6	15	14	20	31	37	47	1
7	15	16	13	13	11	16	1
8	15	22	16	8	7	6	1
9	15	20	6	9	13	8	1
10	15	14	7	12	10	14	1
mean	15	16.7	13.6	13.4	15.8	17.7	0.8

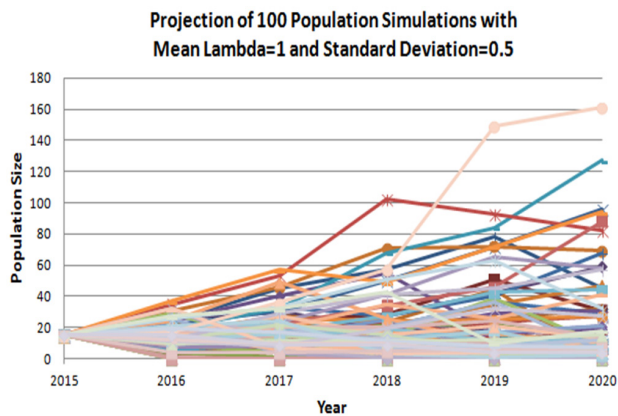


Fig 2. Change of population size during 2015-2020 with 100 replications

개체군 변동을 파악하기 위해 PVA 추정에 의한 모델링 100회 예측을 시도한 결과 멸종 확률은 본 연구과 비슷한 P=0.15로 나타났다. 이는 개체군 변이 분석의 10년 100년에 대해 유사한 결과를 도출하였다(Fig 2).

멸종확률 예측을 정밀하게 측정하기 위해 반복수를 100회 예측을 시도한 결과의 10회의 멸종 확률과 유사하게 나타났으나(Probability of extinction=0.15), 이는 10회의 반복에 비해 약간의 감소를 나타내었다. 시간이 길어질수록 종의 생존확률을 증가하는 것으로 보이며 이는 외국의 개체군 시뮬레이션 결과와도 유사한 것으로 조사되었다(Craig et al. 2005). 미국의 콜로라도 주의 매의 변화는 단기간 보다 장기간 안정적인 것으로 나타났으며 장기적인 모니터링 결과 변동을 (rate of change)도 줄어드는 것으로 보인다 (Banks et al. 2010).

본 연구는 멧곰류인 매에 대한 생물학적 정보 수집의 한계상 개체군의 크기 만을 이용한 멸종확률을 예측하였다. 개체군

크기에 영향을 주는 요인인 성비(sex ratio), 번식률, 생존율, 번식에 도달하는 연령 등 생태학적 정보(life history)가 매우 부족한 실정이다. 우리나라 멸종위기종이며 겨울철 습지의 중요한 포식자인 멧곰류에 대한 연구가 매우 부족한 실정이다. 따라서 보다 정밀한 종의 개체군 크기의 파악을 위한 장기적이고 지속적인 연구가 필요하다. 또한 본 연구는 2015년의 개체군의 크기를 15로 산정하고 이의 멸종확률을 20%로 예측하였다. 이는 다소 보수적인 예측으로 현재 이 지역의 급격한 환경변화를 고려하면 다소 양호한 멸종확률이다. 이를 근거로 이 지역의 충분한 먹이자원, 번식지, 수질에 의한 환경오염이 그 근거로 제시되었다(Lee, 2013). 이 지역은 현재 임진강 유역의 생태하천 조성으로 군사분계지역의 철조망이 제거되는 등 주민들에게 개방되려 하는 습지로 조성되고 있다.

본 연구의 정확성을 기하기 위하여 토지피복도 입력변수 및 먹이자원, 서식공간 등 다양한 자료의 수집이 필요하며 이를 통한 서식지의 변동에 대한 변수도 고려하여야 한다 (Wakamiya and Roy, 2009). 단기간의 멸종확률이 시간이 지남에 따라 감소하는 것으로 나타났으며 이는 서식지의 발굴 및 분산의 효과로 인한 것으로 기인한다. 개체군의 증가로 인한 번식확률의 증가 및 지역에 위치한 잠재적인 서식지의 발굴이 필요하며 이를 통한 보전지역의 확대 등이 장항습지에 출현하는 매의 개체군의 장기적 안정적인 개체군의 유지를 가능하게 할 것이다.

사 사

본 연구를 지원해 준 KEITI(2014-0001-30010), SEST(2016) 및 Korea Express Cooperation 동홍천-양양 고속도로 사업단에 감사를 표합니다.

References

- Banks, AN, Crick, HQP, Coombes, R Benn, S, Ratcliffe, DA, and Humpreys, EM (2010) The breeding status of Peregrine Falcons *Falco peregrinus* in the UK and Isle of Man in 2002. *Bird Study*, 57, pp.421 – 436
- Beissinger, SR and McCullough, DR (2002) Population Viability Analysis. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- BirdLife International. (2014) "*Falco peregrinus*". IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. International Union for Conservation of Nature.
- Brazil, M (2009) Birds of East Asia: eastern China, Taiwan, Korea, Japan, eastern Russia. Christopher Helm, London.
- Craig, GR, White, GC and Enderson, ER (2005) Survival, recruitment and rate of population change of peregrine falcon population in Colorado. *J. of Wildlife Management*. 68(4) pp.1032–1038
- Dennis, B, Munholland, PL, and Scott, JM (1991) Estimation of growth and extinction parameters for endangered species. *Ecological Monographs* 61, pp. 115–143.
- Higuchi, H, Ozaki, K, Fujita, G, Minton, J, Soma, MM and Mita, N (1996) Satellite Tracking of White-naped Crane Migration and the Importance of the Korean Zone. *Conservation Biology*, 10, pp.806–812.
- Kim, K. and Wilson, EO (2002) The land that war protected, Editorial article, New York Times.
- Kim, S and Lee, SD (2008a) Spatial Analysis of White-naped Crane (*Grus vipio*) Habitats in the Han-River Estuary with GIS application. *J of Wetlands Research* 10(2) pp. 173–178. [Korean Literature]
- Kim, S and Lee, SD (2008b) Comparison of White-naped Crane Habitat Use Pattern with Land-coverage Map in the Han-River Estuary and DMZ. *J. of Environ. Impact Assess.* 7(4), pp.255–262 [Korean Literature]
- Kirk, D.A. and Hyslop, C (1998) Population status and recent trends in Canadian raptors: A review. *Biological Conservation*, 83, pp.91–118
- Lee, SD (2013) Long-term population monitoring with population viability analysis of river otter in Korea. *J. of Environ. Impact Assess.* 22, pp.525~528. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2014. Act on Protection and management of wildlife. [Korean Literature]
- Park, JS, Chun, S and Lee SD (2009) Long-term population monitoring with population viability analysis of river otter in Korea. *J. of Environ. Impact Assess.* 18, pp.1–7 [Korean Literature]
- Wakamiya, SM and Charlotte LR (2009) Use of monitoring data and population viability analysis to inform reintroduction decisions: Peregrine falcons in the Midwestern US. *Biological Conservation*, 142, pp.1767–1776
- Yoon, S. and B. Roh, 2006, Temporal Population Dynamics of *Grus vipio* and *Tadorna ferruginea* on the Hongdo Plains in Gimpo City, Korea, *The Korean J of Ornithology*, 13(2), pp.53–60 [Korean Literature]