한국 내륙습지 경계설정에 대한 제언

문상균¹⁾ · 구본학²⁾

¹⁾ 환경부 · ²⁾ 상명대학교

A Study on Korea Inland Wetland Boundary Delineation

Moon, Sang-Kyun¹⁾ and Koo, Bon-Hak²⁾

¹⁾ Ministry of Environment, ²⁾ Sang Myung University.

ABSTRACT

Systematic management of wetlands should be a priority to build the data for the extent and distribution of wetlands all over the country. However there are no clear guidelines for the wetland boundary delineation, so researchers have to determine the boundary of wetlands in each different way. As a result, it is very difficult to identify the extent and distribution of wetlands. This study proposes applicable criteria of setting boundary of wetlands which consider their wetland vegetation and geographical characteristics, according to wetland classification. The proposed site in this study is selected wetlands that represent each wetland type and have been ecologically well preserved like the wetland protected areas. GIS data for setting the boundary of wetlands selected were land-cover maps, aerial photographs, high resolution satellite images, and digital topographic maps. In this study, 'wetland unit determination' of the Washington State Wetlands Rating System(WSDE, 1993) and the concept of 'Wetland and Deep-water Habitats' was suggested by Wetland Delineation Manual(USACE, 1987) were used as criteria for setting the boundary of wetlands. As a result, it was found that the boundary of wetlands could be, in general, set consistently. Also, it seemed possible to set systematic and standardized boundary of wetlands and to provide more objective data for establishing national wetland policies, if maps of wetlands are made and an investigation of wetlands is implemented according to the criteria.

Key Words : *Wetland, Boundary, Delineation, Mapping, GIS.*

First author : Moon, Sang Kyun, Nature Policy Division, Ministry of Environment,
Tel : +82-44-201-7237, E-mail : skymoon@korea.kr

Corresponding author : Koo, Bonhak, Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sang Myung University,
Tel : +82-41-550-5300, E-mail : ecoculture@smu.ac.kr

Received : 5 September, 2013. **Revised** : 11 December, 2013. **Accepted** : 13 January, 2014.

I. 서 론

환경부는 「습지보전법」 제4조에 근거하여 전국 내륙습지의 생태계현황, 훼손 및 습지주변지역의 토지이용 실태 등 습지에 대한 기초조사를 실시하고 있다(Moon, 2008). 그 결과, 2012년도 까지 환경부에서 조사된 내륙습지에 개수는 1,968개로 양적인 면에 있어서는 주목할 만한 성과라 할 수 있지만 이 수치는 조사를 통해 발굴된 습지의 개수가 아니라 조사한 습지의 개수이다. 다시 말하면, 습지조사를 실시하였으나 같은 지역에 습지를 여러 차례 조사한 결과이다. 이는 내륙습지 조사지침에 습지명명 및 습지경계를 구획하는 방법이 명시되지 않아, 조사자 판단에 의해 습지명과 습지경계가 설정되면서 발생한 것이다. 최근 이를 개선하고자 조사지침이 개정되었으나 경계설정방법을 구체적으로 제시하지 않아 여전히 개선되고 않고 있다. 따라서 객관적이고 신뢰성 있는 습지경계설정 및 체계적인 습지관리를 위해서는 습지경계설정 과정에 있어 개선이 필요하다.

본 연구의 습지경계와 관련된 연구사례를 살펴보면 하천경계로는 GIS의 공간중첩 이용한 내륙습지 경계 설정에 연구(Koo et al., 2005), GIS를 이용한 자연 하천습지 추출 및 관리권역 설정(Kim, 2005) 등이 있으며, 하구역 경계로는 하구 환경관리를 위한 관리구역 경계 설정방안(Lee et al., 2012)에 연구가 있다. 그리고 산지습지에 대한 경계로는 경사도와 습윤지수 등을 이용하여 산지습지의 보전가치 평가를 통한 관리권역 설정(Lee et al., 2009) 한 사례들이 있으며, 전반적인 습지경계에 대한 연구로는 제4차 자연환경 GIS-DB 구축사업 결과(NIER, 2004)로 제시된 사례 등이 있다. 기존 연구사례들을 분석해 보면 GIS분석 및 도면 중첩과정을 통해 습지경계를 설정하고 있다. 그 당시에는 지금과

같이 고해상도 항공사진 및 위성사진을 확보하기 어려웠기 때문에 당시 여건에 맞추어 경계설정방안 제시된 것으로 보인다. 한 예로 하천습지 추출에 있어 수치지질도를 사용하고 있지만 국내의 모든 하천에는 제방이 축조되어 하천습지 모두 하천구역 내 분포하기 때문에 수치지질도는 큰 의미를 갖지 못한다.

외국에서도 식생 지표로 습지경계 식별(Tiner, 1999)과 위성영상 자료로부터 도출된 습지지도의 평가를 위한 GIS기법 (Spruce et al., 1996)과 GIS 및 위성영상 기법을 이용한 습지경계 작성(Villeneuve, 2005) 등이 있으며 미국 연장지리정보위원회에서는 습지지도제작기준(FGDC, 2009)을 제시하였으나 습지경계 추출을 기법 또는 지침을 제시하고 있으나 유형별 습지경계 범위를 구체적으로 제시하지 않고 있다.

환경부 조사지침(ME, 2011)에는 습지경계설정방안을 제시하고 있으나 전적으로 조사자의 판단에 맡기고 있다. 소규모의 습지의 경우 조사자간 견해 차이는 거의 없지만, 하천습지와 같이 거시적인 공간의 습지경계설정에는 조사자마다 다를 수밖에 없다. 또한 현 경계지침은 수평적인 공간을 구획함에 있어 지중수위 또는 지하수위, 수심 등 현실적으로 측정이 어려운 수직적 요소로 습지경계를 제시하고 있어 일관성 있는 습지경계를 구획하는 것은 많은 어려움 있다.

또한 습지에 대한 체계적인 관리를 위해서는 일정규모 이상의 습지로 제한할 필요가 있다. 전국내륙습지 결과를 검토하면, 산지습지가 아님에도 불구하고 면적이 100(10m×10m)m² 이하인 습지가 상당수 존재하고 있다. 랍사르 습지정의에 따르면 당연히 습지에 포함시켜야 하나 관리적인 측면에서 볼 때 이런 규모의 습지를 모두 국가습지목록에 포함시킨다면 전국에 있는 17,505개의 저수지 및 18,114개의 보(KRCC, 2012), 3,935개의 국가하천 및 지방하

1) 일반 조사된 습지의 개수: 2000~2010년(1,526개소, 자료출처: 제3차 전국내륙습지 조사지침), 2011(150개소, 2011년 전국내륙습지 보고서), 2012(292개소, 2012년 전국내륙습지 보고서)

천은 물론, 소규모 농수로에 분포하는 습지까지 습지목록에 포함시켜야 한다. 이럴 경우 정작 생태적으로 중요한 습지에 대해서는 관리가 소홀해 질 수 밖에 없기 때문에, 국가습지목록을 구축함에 있어서도 일정규모 및 최소면적 기준이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 전국내륙습지조사 지침에서 제시하고 있는 모호한 경계설정 기준을 개선하고, 습지경계를 설정함에 있어 어느 습지에 적용하더라도 주관적인 설정은 최소화하고 객관적이고 구체적인 설정기준을 제시하고자 한다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

연구의 내용적 범위로는 국내 습지보전법 상 내륙습지로 한정하였다. 습지유형분류는 람사르 분류체계를 일부 적용하여 하구형(Estuarine), 하천형(Riverine), 호소형(Lacustrine/Palustrine) 산지형(Palustrine)으로 구분하였다. 석호 또는 간척호와 같이 기수호 습지는 호소형에 포함하여 습지경계범위를 제시하고자 한다(Table 1).

본 연구로 제시된 습지경계설정 기준을 적용

및 검수해 보기 위해 하구범위 2개 지역과 8개의 습지를 선정하여 도면을 작성해 보았다. 도면작성을 위해 선정한 대상지로는 각 유형을 대표할 수 있고, 습지보호지역 등 형태적으로 보전상태가 양호하고 자료취득이 용이한 곳을 선정하였다.

가. 하구형 범위로 국내 유일한 자연하구인 한강하구와 하천 내 염수유입 차단시설이 없는 섬진강하구를 선정하였다. 그리고 하구형 습지로는 하구갯벌과 하구염습지가 발달한 경기도 파주에 공릉천하구와 김포시에 시암리 습지를 선정하였다.

나. 하천형 습지로는 전남 담양에 있는 영산강 중류를 따라 하천 내 형성된 담양하천습지를 선정하였다.

다. 호소형 습지는 염분특성에 따라 기수와 담수로 구분하는데, 기수 습지로는 국내 석호 중 훼손이 가장 적고 자연원형을 가장 잘 보전하고 있는 송지호습지를 선정하였고, 담수 호소형 경북 구미에 우각호습지인 샛강습지, 충남 태안 해안사구에 발달한 두웅습지를 선정하였다.

라. 산지형 습지는 수원의 특성에 따라 강우형, 지하수형, 지표수형으로 구분하였다, 강우에 의한 습지로는 국내 유일의 고층습원이며 습

Table 1. Classification System for Inland Wetlands Type.

Korea(ME, 2011)			Ramsar	
Sup-sys	system	sub-system	Sup-sys	System
Inland	River	Brackish	Marine and Coastal	Estuarine
		Lotic	Inland	Riverine
		Lentic		Lacustrine / Palustrine
	Lake	Brackish	Marine and Coastal	
		Fresh	Inland	
	Mountain	Precipitation		Palustrine(Mountain)
		Ground		
		Surface		

※ Guidelines of Survey for National inland wetlands(ME, 2011).

지보호지역인 대암산 용늪을 선정하였고, 지중수에 의한 저층습원 습지로는 신안장도 습지를 선정하였다.

2. 연구방법

본 연구에서 습지의 경계설정을 위한 기준으로 미국 워싱턴 주 환경부에서 제시한 Wetland Rating System(Washington State Department of Ecology, 1993)의 습지단위 결정방법을 적용하였다. 그리고 하구역 범위에 대해서는 ME(2007)와 Lee et al.(2012)가 제시한 하구역범위를 참고하였고, 산지습지의 경우 집수구역(NIER, 2004) 내 경사도 10° 이내 지역(ME, 2011 & Park et al., 2007)과 습윤지수 값(Lee et al., 2009)을 중첩하여 산지습지 경계설정에 활용하였다.

본 연구에서 제시한 습지경계설정(안)을 적용해 보기 위해 습지의 경계를 간접적으로 판단할 수 있는 토지피복도, 수치지형도, 하천도 등의 GIS자료 및 항공사진 등을 경계설정에 활용하였다.

습지경계도를 작성하기 위한 기초도면으로는 네이버 포털사이트에서 제공하는 50cm급 항공사진을 기하보정하여 이용하였으며, 참조도면으로는 공간해상도 5m급의 중분류 토지피복도와 국토지리정보원에서 제공하는 1 : 5,000 수치지형도를 사용하였다(Figure 1).

Figure 1. Flowchart for Wetland Boundary Delineation.

본 연구에서 제시한 경계기준에 따라 경계도면을 작성하고 작성된 도면을 검증하기 위하여 현장조사 및 최근 3년 이내에 작성된 정밀식생도를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 습지경계설정 기준(안)

습지경계설정 기준을 제시함에 있어 하구형 습지의 하구범위를 어디까지 볼 것인가를 우선되어야 한다. 하구역의 범위는 상류경계와 하류경계로 구분할 수 있는데, 주로 조석이 영향을 미치는 경계(감조역) 또는 염분의 희석이 감지되는 경계(기수역)에 따라 결정된다. 국내 우리나라 대부분의 하구는 해수유입을 차단하기 위해 하구지역에는 하구둑 또는 보가 축조되어 있는 경우가 많다. 기수역의 경계로는 인공구조물(하천보, 농업용 수문 등) 있는 경우와 없는 경우로 구분하였다. 인공구조물이 있는 경우에는 인공구조물 설치지점까지 기수역 상류경계로 하고, 인공구조물이 없는 경우에는 조석에 의한 수위변화 관찰되는 감조역까지로 하였으며, 이도 가용치 않을 경우에는 염분이 0.5 psu인 지점까지 상류경계로 정의하고자 한다(Lee et al., 2012). 하류경계로는 행정적, 관리적, 과학적으로도 논란에 여지가 많아 본 연구에서는 하천법상의 하천-바다 경계로 정의하고 있는 하천도의 경계를 하구의 하류경계로 정의하고자 한다. 다만, 이미 한강하구 또는 낙동강하구와 같이 하구경계의 자료가 있는 경우에는 이를 활용하였다.

본 연구에서 전반적인 습지경계범위를 설정하기 위한 기준으로는 미국 워싱턴 주 환경부에서 습지단위 결정방법으로 제시한 Wetland Rating System(Washington State Department of Ecology, 1993)를 적용하여 다음과 기준을 설정하였다.

가. 수중보, 작은 둔덕, 여울, 소폭포, 기타 댐 등 수체의 급격한 변화나 물리적 구조물 등이 있는 경우에는 이 지역을 습지경계로 한다.

Figure 2. Wetland Boundary for rating in wetland contiguous a larger area of stream, or river (WSDE, 1993).

Figure 3. Wetland Boundary for rating in wetland contiguous a larger area of open freshwater (WSDE, 1993).

나. 습지지역에 도로, 철도 등 인공구조물이 지나가더라도 수문학적으로 서로 연결성이 유지되는 경우에는 하나의 습지로 판단한다.

다. Figure 2에서 #1번과 #2번 습지와 같이 하천 따라 연결된 습지가 보와 댐과 같은 인공구조물에 의해 습지식생 연결이 단절되는 경우 서로 다른 습지로 분리한다.

라. #3번과 #4번과 습지와 같이 하도를 포함한 습지 식생대의 폭은 최소 60m(200ft)이상이어야 하고 식생대의 폭은 15m(50ft)이상이어야 습지로 판단한다.

마. 하도의 폭이 평균 60m(200ft)이상인 경우에는 양안에 서로 마주 보는 습지를 서로 다른 습지로 분리한다.

바. 습지 식생대가 하도 한쪽에만 발달한 경우 하도를 포함하지 않는다.

사. 댐 등으로 하도가 차단되어 습지의 면적이 80,000m²(20Acres, 8ha) 미만인 경우 개방수면을 포함하여 습지 식생대의 전체를 하나의 습지로 보고, 습지의 면적이 80,000m²(20Acres, 8ha) 이상인 경우에는 양안의 습지를 별도로 분리한다 (Figure 3). 다만, 습지의 면적이 80,000m² 이상이라 하더라도 수생식물이 개방수면의 30% 이상 피복하는 경우(Cowardin et al. 1979)에는 개방수면을 포함하여 전체를 습지로 판단하였다.

환경부 조사지침(ME, 2011)에 따르면 호수형의 습지의 수심경계를 수심 6m 이내로 규정하고 있으나, 실제 현지조사를 통해 수심을 측정하거나 수심자료를 확보하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 있다. 미 공병단에서는 습지와 깊은 물 서식처의 경계를 수심 2m(Cowardin et al., 1979 & USACE, 1987)로 보고 있는데, 이는 수생식물 출현할 수 있는 한계를 통상 2m(Welch 1952; Zhadin and Gerd 1963; Sculthorpe 1967)로 보기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 습지의 경계를 습지식물이 분포지역까지로 정의하고자 한다.

산지형 습지의 경계를 설정하기 위한 기준으로는 전국내륙습지 조사지침에 산지습지의 핵심지역으로 제시된 경사도 10°를 적용하였는데, 이는 Park(2007)이 TPI(Topographic Position Index)를 이용해 산지습지 가능지역 경계에서도 10°값을 가장 적정한 경사도 값으로 보고 있다. 또한 경사도를 10°이내 지역이라 적정수준의 수분이 공급되지 않으면 습지가 형성되지 않으므로 경사도 10°이내라 하더라도 습지가 아닌 지역을 선별하기 위하여 산지습지의 수문환경을 분석하였다. 분석방법으로는 지형의 습윤상태를 정량적으로 계산할 수 있도록 제안된 Beven과 Kirkby(1979)의 습윤지수(Topographic Wetness Index) 기법을 이용하였다.

$$WI(\text{Wetness Index}) = \ln \frac{As}{\tan \beta} \quad <\text{식 1}>$$

여기서, As = 상부기여면적(m²/m)
= 사면경사

상기의 방법으로 2010년까지 환경부 전국내륙 습지조사를 통해 조사된 산지습지 91개소에 대해 경사도와 습윤지수를 분석한 결과, 경사도는 평균 9.14°, 습윤지수는 6.12로 나타났다(Table 2).

Table 2. Wetness Index and Slope of 91 mountainous wetlands.

Wetland Name	WI	Slope	Wetland Name	WI	Slope	Wetland Name	WI	Slope
1100 Altitude Wetland	0.00	0.00	Mandeokbong wetland	8.20	7.06	Anjeok-neup 3	0.00	17.97
Gangreung 07 wetland	8.30	11.77	Mandi-neup	0.00	8.41	Anjeok-neup 4	8.66	9.72
Gobongsan wetland	6.83	5.57	Malgimi-neup	5.31	16.58	Anjeokneup	7.93	13.31
Gochu-neup	0.00	6.06	Maebongsan wetland	0.00	9.11	Osaekgakdugol wetland	8.45	8.38
Golchi-neup 1	5.10	10.37	Maesilgin-neup	4.81	13.72	Wangdeungjae wetland	5.10	10.40
Golchi-neup 2	4.95	22.99	Mae Silyeop-neup	6.66	12.96	Oegogae wetland	7.52	9.26
Gwanmunseong-neup	9.62	7.12	Maesilkeun-neup	5.54	6.70	Oebawigol-neup	11.34	5.01
Gungseongsan wetland	5.92	9.14	Moojechi-neup 1	6.78	9.72	Yongamjae-neup	7.19	22.07
Geumswaedong wetland	7.24	16.81	Moojechi-neup 2	9.63	2.70	Woolchi-neup	5.72	11.10
Giryung-neup	6.23	10.05	Moojechi-neup 3	6.46	10.62	Wonbokdong wetland	7.27	9.47
Gibaekjaeneop	6.63	13.41	Moojechi-neup 4	8.64	4.86	Eunseongdong wetland	12.56	3.81
Gipeungol-neup	5.57	12.91	Moojechi-neup	6.83	7.37	Ilgwang-neup	6.43	16.11
Naeulsan wetland	0.00	8.17	Munbongjae 1 wetland	9.77	3.81	Ibamsangseong wetland	13.15	1.22
Naengjae wetland	6.28	12.69	Munbongjae 2 wetland	7.35	8.74	Sajapyeong wetland	8.88	3.11
Danjo-neup	7.00	4.68	Milbat-neup	0.00	5.55	Jeonggol-neup	5.95	13.20
Danggogae-neup	13.65	3.52	Bakdal 1 wetland	0.00	9.88	Jeongryeongchi 1	5.26	17.27
Daegwanryeong wetland	7.18	11.60	Bakdal 2 wetland	0.00	6.09	Jeongryeongchi 2	5.25	8.94
Daeseong-neup	7.96	12.42	Ppeonji-neup	6.37	8.74	Jeongbyeongsan wetland	8.49	10.43
Daeseongdwi-neup	0.00	12.91	Sat-neup	5.10	20.03	Jinbaki wetland	8.23	8.65
Daeseongam C	6.28	9.57	Seonamsan wetland	0.00	7.06	Jilmoe-neup	8.88	2.39
Daeseongam D	0.00	18.80	Seryu wetland	5.44	7.39	Chakgoljae wetland	11.93	4.17
Daeseongkeun-neup	9.22	8.59	Sohwangbyeongsan-neup	12.32	5.76	Changpo-neup	4.68	15.56
Yongneup of Mt. Daeam	5.74	10.94	Mt. Sinbul A	0.00	5.55	Cheongoksan wetland	10.50	4.11
Dogapsa wetland	7.23	11.05	Mt. Sinbul B	7.74	6.67	Chilbosan wetland	0.00	9.02
Dosan wetland	8.20	6.09	Mt. Sinbul C	5.49	7.06	Tongdosa wetland	6.22	6.80
Dolimi-neup	6.04	12.11	Mt. Sinbul wetland	0.00	3.39	Poil wetland	6.29	3.20
Dongbackdongsan	6.17	3.58	Jangdo Island High Moor	0.00	0.00	Hakgol-neup	11.75	9.47
Duncheol-neup	7.68	2.39	Sinheungjaenam-neup	0.00	7.54	Hwayakgol-neup	7.77	2.90
Dunchondong wetland	8.02	1.69	Sinheungjaebuk-neup	7.41	6.20	Hwaecom-neup	6.11	11.35
Ttegi-neup	6.70	12.51	Sinheungjaesat-neup	8.57	10.60	Heukmok wetland	7.14	13.43
Madanggimi-neup	7.48	14.22	Anjeok-neup 2	6.66	15.13	Average Value	6.12	9.14

Figure 4. Slope distribution of 91 wetlands.

Figure 5. Wetness Index distribution of 91 wetlands.

따라서 본 연구에서는 앞에서 정리한 경사도 10°와 습윤지수 6이상 동시 만족하는 지역의 경계를 산지습지의 경계로 판단하였다. 이는 Lee et al(2009)가 사자평 고산습지의 습윤지수의 평균 값이 6.84로 제시한 값과 Moon(2014) 산지습지 가능지로 제시한 수치를 참고하여 설정하였다.

또한 경사도와 습윤지수를 둘 다 만족하는 지역을 중첩분석을 통해 도출한 후, 도출된 지역들 중 패치형태로 존재하는 경우 Figure 6와 같이 면적이 4,000m²(1Acres)이하인 습지가 패

치형태로 분포하는 경우 평균거리가 30m(100ft) 이면 습지사이의 육지공간을 포함하여 하나의 습지로 판단하였다.

하구형 습지는 염생식물 우점하는 식생분포 지역으로 정의하였다. 환경부에서 지정한 한강 하구 습지보호지역에 경우 장항습지, 산남습지, 시암리습지, 성동습지 등 습지식생대를 중심으로 구분하여 관리되고 있다. 평균저조 시 하구 갯벌 내 염생식물 식생대가 서로 180m(600ft) 이내로 분포하는 경우 동일습지로 판단하고, 갯골의 폭이 30m(100ft)이내 인 경우 하나의 동일한 습지로 판단하였다.

Figure 6. Determining Boundaries when wetland areas are patchy(WSDE, 1993).

3. 습지경계설정 기준의 적용

앞에서 기술한 바와 같이 습지경계설정 기준에 따라 습지경계도면을 작성해보았다. 기초도면으로는 고해상도 항공사진에 토지피복도와 수치지도를 참조하여 습지경계도면을 작성하였다(Figure 8).

가. 하구의 범위 : 한강하구

한강하구는 국내 4대 하천 중 유일하게 하구 독이 없고 자연 상태가 가장 잘 보전되어 있는 하구이다. 하지만 하도를 따라 상류 올라가면 해수 유입을 차단하기 위한 신곡수중보가 설치되어 있어 수문적인 생태적 단절이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서 상기한 바와 같이 신

곡수중보를 상류경계로 하고 하류경계로는 하천도에 제시된 경계보다 습지보호지역 경계가 더 하류에 위치하고 있어 이 지점을 한강하구의 하류경계로 판단하였다.

나. 하구의 범위 : 섬진강하구

섬진강하구는 하구둑은 물론 상류에 해수유입을 차단하기 시설도 설치되지 않은 하천이다. 하지만 취수사업으로 강 유량은 줄어들고, 하구 주변에 수많은 간척사업으로 인해 해수의 수위가 올라가 하구범위는 점점 안쪽으로 들어가고 있는 실정이다. 본 연구에서는 기존 하구경계에 대해 제시된 자료가 없어 하천도의 경계를 하구의 하류경계로 설정하였으며, 상류경계로는 문헌조사를 통해 경남 하동군 평사리공원 앞 염수유입의 최상류지역으로 조사되어 이 지역을 섬진강 하구범위 상류경계로 설정하였다.

다. 하구형 습지의 경계설정 : 시암리습지

시암리습지는 경기도 김포시 한강하구 습지보호지역 내 하구습지이다. 한강하구의 평균 간조 시의 하도의 폭은 60m 이상으로 양안을 분리하여 식생대를 중심으로 습지경계를 설정하

였다. 식생대의 폭은 평균 300~400m 로 15m 이상 기준을 만족하였다. 시암리습지 내 조수간만의 차로 생긴 갯골이 발달되어 있으나 모두 30m 이내로 시암리 습지 경계에 분리할 필요가 없었으며 제방은 인공제방으로 습지대와 제방에 경계가 확연하게 식별되어 제방하단 습지식생과 구분되는 경계를 기준으로 경계를 작성하였고 하도쪽 횡적경계로는 하구갯벌지역과 습지식생지대가 확연하게 식별되어 이 경계를 습지경계로 설정하였다.

라. 하구형 습지의 경계설정 : 공릉천하구

공릉천하구는 경기도 파주시 위치하고 있으며 한강하구 연결된 지류로 조수의 영향을 받는 하천이다. 공릉천 하구의 평균 간조 시 하도의 폭이 일부지역을 제외하고는 60m 이내로 공릉천하구 습지 경계설정 시 하도를 포함하였다. 식생대 폭은 15m 이상의 기준을 만족하였으며, 공릉천과 한강하구와 연결된 습지는 하천 위로 지나가는 도로로 인해 생태적으로 단절되지 않아 공릉천하구 습지경계에 포함시켰다. 상류로는 영천배수갑문에 의해 식생대 등 생태적으로 단절되어 영천배수갑문까지 상

(A) Han River Estuary

(B) Seomjin River Estuary

Figure 7. Geographical boundary of Estuary.

류경계로 하였다. 그리고 농수로 또는 조수 간만의 차로 형성된 갯골은 모두 30m 이내로 습지가 서로 나누어지는 지역은 없었다. 또한 공룡천하구와 연결된 지천인 청룡두천은 하폭이 60m 이내 변화는 지점에서 가장 가까운 다리(인공구조물)를 기준으로 습지경계를 설정하였다.

마. 하천형 습지의 경계설정 : 담양하천습지

담양하천습지는 전라남도 담양시에서 광주광역시로 연결되는 영산강에 위치하고 있는 하천습지이다. 습지보호지역 중 하천습지로는 가장 먼저 습지보호지역으로 지정된 습지이다. 하도를 포함하여 습지식생대 폭은 60m 이상 경계도면 작성조건 만족하며, 하도의 폭은 60m 이내로 습지경계에 하도를 포함하였다. 하천습지 상류경계로는 보로 인해 생태적으로 단절되고, 습지식생대는 15m 이내, 보 상류에 하도의 폭이 60m 이상으로 상류경계 모두 만족하여 보를 습지경계로 설정하였으며 습지보호지역 경계와 일치하였다. 하류경계로는 하천부지 내 형성된 대나무 숲이 시작되는 지점에 제방공사로 인해 습지식생대가 없어졌으며, 하도의 폭은 60m 이상으로 이 지점을 하류경계로 설정하였다. 그리고 횡적으로 하천부지 내 밭으로 사용되었던 지역은 제외하여 습지경계를 설정하였다.

바. 호소형 습지경계 설정 : 송지호 습지(석호)

송지호습지는 강원도 고성군에 위치한 석호습지로 석호습지 중 가장 훼손이 적고 자연원형을 잘 보전하고 있다. 송지호의 만수 시의 면적은 487,700m²로 호수형 습지에 해당한다. 또한 항공사진으로 분석해 본 결과, 수변에 일부분만 습지식생이 분포하여 수변지역 식생대를 중심으로 습지경계를 설정해야 하지만, 본 연구에서는 석호와 같이 지형적으로 회소가치가 높은 지역은 습지식생의 분포면적과 상관없이 개방수면을 포함하여 습지경계를 설정하였다.

사. 호소형 습지경계 설정 : 셋강습지(우각호)

셋강습지는 경상북도 구미시에 과거 낙동강이 곡류하천으로 흐르다가 방향이 바뀌면서 호수형태로 남아있는 습지이다. 습지의 면적은 208,680m²로 호수형 습지에 해당하여 항공사진을 통해 개방수면의 습지식생이 습지 약 60% 이상 차지하는 것으로 나타났다. 이는 호수의 개방수면을 습지면적에 포함하는 기준 습지식생분포 30% 이상 훨씬 초과하는 수치로 본 연구에서는 개방수면을 포함하여 습지경계를 설정하였다.

아. 호소형 습지경계 설정 : 두웅습지(사구습지)

두웅습지는 충청남도 태안군 신두리에 위치하고 있는 사구습지로 습지보호지역으로 지정된 습지이다. 습지의 면적은 약 12,500m² 정도로 면적이 개방수면을 포함하여 습지경계를 설정하였다.

자. 산지형 습지경계 설정 : 대암산용늪

대암산용늪은 강원도 인제군 위치한 고층습원으로 최근까지 군사지역으로 이용되다가 생태적 회귀성 및 가치가 인정되면서 부대를 이전하고 복원사업이 이루어지고 있다. 용늪의 경계를 설정하기 위해 상기한 바와 같이 용늪지역의 GIS를 이용하여 경사도가 10°이하인 지역과 습윤지수 6이상 만족하는 지역을 추출 패치형태로 나타냈으며, 패치형태의 윤곽형태를 따라 습지경계를 설정하였다.

차. 산지형 습지경계 설정 : 신안장도습지

신안장도습지 작은 섬 지역에서 발견된 산지습지로 지난 2004년 8월 습지보호지역 지정되었다. 오목한 와지 형태의 장도습지는 높은 산봉우리 사이에 중앙부에 분지가 형성되어 있다. 장도습지의 습지경계는 대암산 용늪과 같은 과정으로 습지경계를 설정하였으며, 설정된 습지경계를 습지보호지역과 비교한 결과 거의 비슷한 경계를 얻을 수 있었다.

(A) Siamri Wetland(Han river Estuary)

(B) Gongneungcheon Estuarine Wetland

(C) Damyang Riverine Wetland

(D) Songjiho Wetland(Lagoon)

(E) Saetgang Wetland(Ox-bow Lake)

(F) Duung Wetland(Sand Dune)

Figure 8. The result of applying the boundary criteria.

(A) The High Moor, Yongneup of Mt. Daem

(A-1) $Slope \leq 10^\circ$

(A-2) Wetness Index ≥ 6

(A-3) $(Wetness\ Index \geq 6) \cap (Slope \leq 10^\circ)$

(A-4) Delineation of wetland areas are patchy

(B) Sinan Jangdo Wetland

(B-1) $Slope \leq 10^\circ$

(B-2) Wetness Index ≥ 6

(B-3) $(Wetness\ Index \geq 6) \cap (Slope \leq 10^\circ)$

(B-4) Delineation of wetland areas are patchy

Figure 9. The result of applying the boundary criteria.

4. 현장조사 및 검증

공룡천 하구 등 한강하구 지역은 군사지역으로 최신 항공사진을 확보하기 어려웠으며 현장 조사를 실시한 결과 공룡천하구에 일부지역에서 항공사진에서 확인하지 못했던 제방공사가 이루어지고 있었다. 따라서 최근에 착공한 공사지역을 제외하고는 도면상의 위치와 GPS 위치가 1m 내외로 거의 일치하는 것으로 나타났다. 그리고 거리측정 장비를 이용하여 하도 폭을 측정하였는데, 공룡천하구에 합류하는 청룡두천에 경우 첫 번째 다리의 폭이 60m 미만으로 지류의 습지경계로 설정함이 타당한 것으로 나타났다으며, 영천배수갑문 쪽으로 조류가 빠르게 흐

르고 있었고 갑문에 의해 하천변이 식생대가 단절되어 이 지역을 습지경계로 설정함에 타당한 것으로 나타났다.

회야강과 태화강에서 수질측정장비를 이용하여 염분도를 측정하였다. 회야강 하구 가장 하류에 위치한 보를 중심으로 염분도를 측정한 결과 보의 상류부는 0.16 psu, 보 하류부는 16.35 psu를 나타나 보를 중심으로 경계를 설정하는 것이 타당한 것으로 나타났다.

신안장도습지, 무제치늪, 신불산 고산습지 식생 및 토양 전문가와 동행하며 식생 및 토양 영양분을 측정하였다. 산지습지의 경계는 습지보호지역 범위 안에 들어오도록 핵심지역에 대해

Figure 10. Site Survey & Equipment.

Figure 11. Site Survey for study area.

서만 경계를 설정해 보았지만, Figure 9와 같이 대암산 용늪의 경우 습지보호지역 외부까지 습지경계가 설정되었으며 부대 주변에 새로운 습지가 분포하고 있는 것을 확인하였다. 그리고 신안장도 습지의 경우 외부까지 습지경계가 설정되지는 않았지만 보호지역 서쪽 사면으로 습윤지수의 노란색 선에 치밀하게 분포하고 있는 지역에 대해 현장조사를 실시한 결과 습지식생이 분포하고 있는 것을 확인하였다. 따라서 본 설정기준으로 제시했던 습윤지수 6과 경사도 10°의 경계기준이 어느정도 일치하는 것으로 나타났다. 그리고 시범적으로 토양영양분 측정 장비 PNT3000을 이용하여 습지경계 부분을 측정한 결과, 습지경계에서는 0.01~0.02로 나타났으며 습지경계에서 핵심지역까지 0.02~0.13로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 후속 연구가 필요하겠지만 대략적으로 토양 영양분 측정 장비로도 습지경계 설정 가능한 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

일반적으로 습지경계라 하면 습지가 분포하고 있는 지역을 구획한 것이다. 하지만 습지를 판단하는 기준이 전문가마다 다르다 보니, 습지경계를 구체적으로 제시된 바가 없다. 그리고 습지보호지역 경계를 일반적인 습지의 경계로 오해하는 경우가 많은데, 습지보호지역 경계는 습지가 분포하는 공간적 범위를 넘어 습지를 보호할 수 있는 완충지역을 포함하고, 정부부처와 해당 지자체, 그리고 토지소유자 등과 협의된 포괄적 경계로 일반적인 습지경계와는 다르다. 따라서 본 연구에서는 습지가 분포하고 있는 지역에 대한 경계설정 기준 및 방안을 제안하였다.

환경부 습지조사지침(2011)에 제시한 습지유형은 학술적 목적보다 관리적 차원에서 만들어진 유형으로, 같은 유형 범주 안에 습지들 사이에서도 환경적 특성이 다른 경우가 많아 본 논문에서 람사르 습지유형분류체계를 적용하여

습지경계범위에 설정하기 위한 기준을 제시하였다.

전체적인 습지경계를 설정함에 사용된 Wetland Rating System(WSDE, 1993)은 하천과 습지를 관리하는 행정기관이 다른 국내 여건을 고려해 볼 때 습지경계 설정함에 있어 적절한 방안을 제시하였다. 특히, 습지경계를 설정함에 있어 문제가 되었던 수심문제와 하도를 포함하는 문제에 있어 합리적인 대안을 제시하였다고 판단된다.

다만, 하천경계 설정 기준으로 제안하였던 식생대의 폭 15m는 하천정비가 이루어진 지역을 제외하고는 15m 내외로 하천변을 따라 지속적으로 연결되는 경우 많았다. 그리고 하도의 폭이 60m 이상일 경우 양안을 분리함에 있어, 경북 안동에 낙동강 상류 또는 대구 경산에 금호강 중류 등 일부 하천에서 하천경사가 매우 낮아 하천이 망상형으로 흐르고 있어 하도의 폭을 적용하기 어렵거나 일부 지역에서는 60m 이상인 경우도 있었다.

따라서 본 연구자는 15m 이상 식생대와 관련해서는 지형도 도식적용규정(NGII, 2013)의 제 57조(식생의 표시방법)를 적용하여 식생대의 최소 폭은 20m로 제안하고자 한다. 그리고 동 규정에 따라 습지의 최소면적은 400m²(20×20)을 제안하고자 한다. 그리고 하도 60m 이상과 관련해서는 더욱 심층 있는 연구가 필요하겠지만 항공사진 통해 낮은 수심을 확인할 수 있거나 망상형으로 흐르는 경우에는 하도를 포함하여 습지경계를 설정하는 것을 제안하고자 한다. 또한 상기한 경계설정 기준에 따라 하도를 포함한 식생대의 폭 60m를 고려할 때 하천습지의 최소면적은 3,600m²(60×60)으로 제안할 수 있다.

본 연구에서 습지경계설정 기준에 따라 항공사진을 기반으로 수치지형도, 토지피복도를 중첩하여 습지경계를 작성한 결과, 습지보호지역 정밀조사 등으로 제작된 정밀식생도 습지식생 분포구간과 거의 일치하는 것으로 나타났다. 하지만 산지습지의 경우 항공사진을 통해 습생초

본과 건생초본을 구분하기 어렵고 습지주변 일부 농경지에서 습지식생이 우점하는 경우가 있어 항공사진을 통해 습지경계도면을 작성하는 한계가 있다.

산지형 습지의 경우에는 경사도는 10° 이내, 습윤지수는 6이상인 지역에서 산지습지의 핵심 지역과 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 산지습지가 분포하는 지역은 대부분은 평탄하고

용수공급이 용이하여 농경지로 이용되거나 대암산 용늪 등과 같이 군사지역으로 이용됨에 따라 습지가 대부분 훼손되어 일부지역에 대해서는 습지경계가 일치하지 않는 경우도 있었지만 이는 향후 습지복원 대상지를 선정하기 위한 자료로도 활용이 가능하다. 그러나 지형도는 실제지형을 완벽하게 반영하는 것이 아니므로 식생지표, 토양지표를 이용한 현장조사가 필요하다.

Table 3. The proposed criteria for wetland boundary delineation.

System	Sub-system		Criteria
Estuary	Lateral boundary		• Inner area of river or stream banks
	Up Stream limit	Open Estuary	• The highest point of tidal penetration • The upper point of brackish water zone (0.5 psu) • The nearest artificial facilities (ex: weir) from coast or the d. point where water depth is abruptly decreased
		Closed Estuary	• The place where artificial facilities (barrage, tidal dike, weirs, etc.)
	Down Stream limit		• The border between river and sea according to the River Act
Common			<ul style="list-style-type: none"> • $C + W \geq 60 \text{ m} \rightarrow (a)$ • $W \geq 20 \text{ m} \rightarrow (b)$ • local used by human activity (ex, agricultural land, park, gym) • Except in areas covered by artificial packaging(ex, Cement, asphalt, artificial levees) • Minimum Area : 400m^2, (Riverine or Estuarine wetland: $3,600\text{m}^2$)
Estuarine			<ul style="list-style-type: none"> • Estuarine wetlands are defined as vegetated areas that are dominated by salt tolerant plants. • If distance of each patches $\leq 180 \text{ m}$ then, rated as one wetland. • If tidal channel width $\leq 30 \text{ m}$ (on a Mean Low Tide) then, rated as one wetland.
Riverine			<ul style="list-style-type: none"> • If (a) and (b) then, rated as one wetland that include the stream. • If multi-channel then, rated as one wetland that include the stream. • If $C > 60 \text{ m}$ then, wetlands are defined as vegetated areas.
Lacustrine/ Palustrine			<ul style="list-style-type: none"> • If $Op \geq 80,000\text{m}^2$ & Vegetation Coverage $< 30\%$ then, rate the wetland(s) separately from the open fresh water area. • If $Op < 80,000\text{m}^2$ or Vegetation Coverage $\geq 30\%$ then, rate the entire area(include the open water, any other wetlands).
Palustrine (Mountain)			<ul style="list-style-type: none"> • Slope $\leq 10^\circ$ & Wetness Index ≥ 6 • If the wetland is less than one acre but is part of a patchwork or mosaic of wetlands on the landscape that are less than 100 feet apart (on the average), the entire patchwork is to be considered as one wetland. • If the area of wetlands is more than 50% of the total area of both wetlands and uplands. If these criteria are not met, the wetland is to be considered as an individual wetland.

※ Channel Width(C), Wetland Corridor Width(W), Op(Open Freshwater).

하지만 전체적인 습지경계의 틀에 있어 일관성 있게 습지경계를 설정하는 것이 가능하였으며, 습지조사에 있어 경계기준에 따라 도면을 작성하고 이를 바탕으로 습지조사를 병행하여 실시한다면 체계적이고 표준화된 습지경계 및 DB를 구축할 수 있을 것으로 생각된다. 또한 국가습지정책에도 객관적인 근거자료를 제시할 수 있을 것으로 예상된다. 향후 이번 연구에서도 제한하여 설정하였던 하구와 하구갯벌에 대하여 좀 더 다양한 선행연구를 통해 구체적인 방안을 제시할 수 있도록 추가적인 검토가 필요하며, 습지경계를 설정하기 위한 현장조사에 식생지표 및 토양지표에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 하천 유형에 따라 습지경계 설정을 좀 구체화될 수 있도록 추가적으로 연구되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구자는 습지경계기준을 분석 및 현장조사를 실시한 결과에 따라 습지경계 기준을 Table 3과 같이 제안하고자 한다.

인 용 문 헌

- Beven, K. J. and Kirkby, M. J. 1979. A Physically based, Variable Contributing Area Model of basin Hydrology. *Hydrological Sciences Journal* 24: 43-69.
- Cowardin, L. M. · Carter, V. · Golet, F. C. and LaRoe, E. T. 1979. *Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States*. U.S. Fish & Wildlife Service Pub. FWS/OBS-79/31, Washington, D. C.
- USACE. 1987. "Wetlands Delineation Manual" Wetlands Research Program Technical Report Y-87-1. Corps of Engineers Environmental Laboratory.
- FGDC(The Federal Geographic Data Committee). 2009. *Wetlands Mapping Standard*.
- Kim, B. S. 2005. Extraction and Establishing Management District for Natural Riparian Wetlands Using GIS.
- KRCC(Korea Rural Community Corporation). 2012. *Statistical Yearbook of Land and Water Development for Agriculture*.
- Moon, S. K. 2008. A Study on Extraction of Potential Mountainous Wetland Using GIS.
- ME(Ministry of Environment). 2007. *Development of National Estuary Management Strategy and Institutional arrangement*.
- ME(Ministry of Environment). 2010. *Study of Type Wetland Restoration Manual Create a Type-grade Classification of the National Wetland*.
- ME(Ministry of Environment). 2011. *Guidelines of Survey for National Inland Wetlands*.
- NGII(National Geographic Information Institute). 2013. *Regulation to be Topographic Scheme Applied*.
- NIER(National Institute of Environmental Research), 2004, 4th Natural Environment Comprehensive GIS-DB Building Project Completion Report.
- Lee, K. H. · Cho, H. J. · Rho, B. H. and Lee, C. H. 2012. Defining the Boundary of Estuarine Management Zone for Estuarine Environmental Management. *The Sea, Journal of the Korean Society of Oceanography* 17(4): 203-224.
- Lee, W. S. · Park, K. H. · Jung, S. G. · You, J. H. and Kim, K. T. 2009. An Classification of Management Area using Assessment of Conservation Value on Forest Wetland - Focusing on Sandeul Wetland in Mt. Jaeyak, Gyeongsangnam-do-. *The Korean Association of Geographic Information Studies* 12(2): 52-68.
- Park, K. H. · Kim, K. T. · Gwak, H. G. and Lee, W. S. 2007. A Prediction of Forest Wetlands Distribution using Topographic Position Index. *The Korean Association of Geographic*

- Information Studies 10(1): 194-204.
- Spruce, J. · Wu, R. and Berry, R. 1996. GIS Techniques for Evaluating Wetland Maps Derived from Remotely Sensed Data.
- Tiner, R. W. 1999. Wetland Indicators: A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification, and Mapping. Boca Raton, FL, Lewis Publishers.
- Villeneuve, Julie. 2005. Delineating Wetlands Using Geographic Information System and Remote Sensing Technologies. Master's Thesis, Texas A&M University.
- WSDE(Washington State Department of Ecology). 1993. Washington State Wetlands Rating System-Western Washington(Second Edition). Publication #93-74: 57-60.
- Welch, P. S. 1952. Limnology, 2nd ed. McGraw-Hill, New York. pp. 538.
- Zhadin, V. I. and S. V. Gerd. 1963. Fauna and flora of the rivers, lakes and reservoirs of the U.S.S.R. Oldbourne Press, London. pp. 626.