

경인 아라뱃길의 외래식물 분포 현황

안지홍 · 김종현 · 박환준 · 김선유* · 박성애**†

국립생물자원관 식물자원과
*국립낙동강생물자원관 전시교육실
**국립환경과학원 자연환경연구과

Distribution on the Alien Plants in the Gyeong-in Ara Waterway, Korea

Ji-Hong An · Jung-Hyun Kim · Hwan-Joon Park · Sun-Yu Kim* · Sung-Ae Park**†

Plant Resources Division, National Institute of Biological Resources

*Exhibition and Education, Nakdonggang National Institute of Biological Resources

**National Environment Research Division, National Institute of Environment Research

(Received 5 October 2016, Revised 17 April 2017, Accepted 10 May 2017)

Abstract

This study was carried out to investigate distribution on the alien plants in the Gyeong-in Ara Waterway. The alien plants were a total of 82 taxa: 17 families, 63 genera, 80 species, and 2 varieties. This number corresponds to 25.5% of alien plants identified in Korea. The proportion of alien plants in every year was increased from upstream to downstream. As the result of the analysis on vegetation stratification, bank of waterside was covered with artificial materials preventing existence of vegetation, and had step-type cross section. Floodplain was composed of waterfront area. An array of vegetation was not typical dispersion, and terrestrial and alien plants were dominated the Gyeong-in Ara Waterway. Evaluation of naturalness based on the vegetation stratification showed grade 3 or 4. In order to solve a problem, method and level of restoration should be decided based on the result of diagnostic assessment. Therefore, we need to restore the step-type cross section as pool type one. From waterside to bank in this waterway, we recommend to introduce natural plants by imitating reference species composition. Since, an invasion of alien plants is expected to be accelerated due to the continuous artificial disturbance, we recommend to quantitative investigation on the invasion of alien plants and monitoring on the change of distribution.

Key words : Alien plants, Monitoring, Restoration plan, Vegetation stratification

1. Introduction

하천은 물, 흙 및 공기로 이루어진 비생물계, 식물, 동물 및 미생물로 이루어진 생물계, 그리고 그것을 이용하는 인간의 문화계가 조합된 복합적인 계(system)로서 하나의 경관(landscape)을 이루고 있다(Lee, 2007). 하천은 그 중심이 되는 수역뿐 아니라 주변 식생대까지 포함하여 육상생태계를 연결하는 역할을 하며, 생물의 생산성과 종 다양성이 높은 공간이다(Bae et al., 2008).

하천식생은 하천생태계를 이루는 기본 구성요소로서 하천 경관구조를 결정하는 주요인자이며, 영양염류의 물질순환, 생물서식처 제공, 수리수문의 조절, 수질정화 등 다양한 기능을 제공한다. 따라서 하천식생은 하천의 자연성 및

생태적 특성을 결정하며, 그것을 해석하는데 매우 중요한 역할을 한다(Lee et al., 1999).

오늘날 우리나라 대부분의 하천은 지속적으로 인간 간섭에 노출되어 왔다. 이수, 치수 중심의 관리는 하천을 하나의 생태계이기보다는 인간생활의 부산물을 배출하는 하수도와 인간생활의 편의를 도모하기 위한 시설의 설치장소 수준으로 전락하였다(Choi and Jung, 2000). 그 결과 하천의 자연성이 현저히 떨어지고 온전한 하천을 찾기가 어려운 실정이다(An et al., 2015). 인위적 간섭에 의한 입지환경 교란과 지형 변화는 자생종의 생육을 불가능하게 하고, 그 상태가 지속되면 외래종이 신속히 정착하게 된다(Lee and Kim, 2006). 외래종의 침입과 확산은 자생종의 생육에 가장 심각한 위협요소로 작용할 뿐만 아니라 높은 종자 결실률과 뛰어난 환경적응력으로 기존에 생육하던 자생종을 대체하거나 잠식하게 된다(Kil et al., 2012; Lim et al., 2004). 이러한 외래종은 지속적으로 교란 받은 지역에서 적응하며, 국지적 범위부터 광역적 범위까지 자생종의 소멸과 함께 생태계의 변형 및 질적 저하를 초래한다(Holmes et al., 2008; Richardson et al., 2007; You et al., 2010). 외래종이

† To whom correspondence should be addressed.
eco208@naver.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

번성하는 강변구역은 본래 고유의 전형적인 구조와 기능에서 벗어난 특성을 보이는데 특히, 식물종을 변화시켜 생물 다양성이 변형된다(Asaeda et al., 2011; Lee et al., 2015; Shin and Cho, 2001). 하천은 외래식물의 이동과 전파의 주요 선적 경로로서 전국적으로 확산되는 기점이기 때문에, 주요 하천의 외래식물에 대한 연구가 수행되고 있다(You et al., 2014). 하지만 출현종에 대한 기술과 언급이 주를 이루고 있어, 하천의 자연성에 대한 교란과 간섭으로 작용하는 외래식물의 세부적인 정보에 대한 연구는 미흡한 실정이다(You et al., 2014).

경인 아라뱃길은 국토 개발사업의 일환으로 기존 굴포천 방수로 사업을 확장시켜 운하로 활용한 사업이다. 기존의 방재기능과 물류 운반기능 뿐만 아니라 친환경 문화공간을 조성하여 수변공간을 다양한 친수기능으로 이용하는 국내 최초의 내륙운하이다(An and Shin, 2010; Ji, 2012; Yin, 2013). 하지만, 이러한 정비 방식으로 인해 하천의 자연적 구조는 인위적 구조로 변모되었고, 그 과정에서 대부분의 식생도 제거되어 하천 본래의 모습을 찾기 힘든 상황이다. 그 결과 하천의 구조는 지극히 단순해지고 외래식물의 출현 빈도는 높아졌으며, 생물서식처로서의 기능과 생물다양성은 소실되었다(Ji, 2012).

이러한 문제점이 있는 자연을 복원하기 위해서는 그 대상이 어떤 문제가 있는지를 점검하고 진단해야한다. 그 진단결과에 근거하여 문제의 정도를 인식할 수 있고, 그것을 온전한 자연의 모습과 대조하면 복원의 수준과 방법도 알아낼 수 있다(An et al., 2014).

본 연구는 내륙운하 조성에 따라 인간 간섭의 정도가 증가하고 있는 경인 아라뱃길을 대상으로 외래식물의 분포 현황과 식생단면 현황을 파악하여 그 실태를 진단하기 위해 수행되었다. 나아가 이러한 진단 결과를 토대로 아라뱃길의 자연성을 증가시키기 위한 개선방안을 제시하고자 한다.

2. Materials and Methods

2.1 조사지 개황

경인 아라뱃길의 근원인 굴포천은 한강 하류부에 위치한 하천으로서 인천광역시 부평구 철마산(201 m)에서 발원하여 계양구 도심지를 거쳐 경기도 김포시 고촌읍 태리 신곡양·배수장에 이르는 총 유역면적 134 km², 유로연장 21 km의 지방하천이다(K-water, 2015). 굴포천 유역은 홍수발생시 한강 수위가 굴포천 수위 보다 약 4 m 이상 높아 자연배수가 불가능한 홍수 취약지역이었다(An and Shin, 2010; Ji, 2012). 이에 따라 홍수피해를 방지하고자 1992년 굴포천 물을 서해로 배제하는 방수로 사업이 착수되었고, 굴포천 방수로를 한강과 연결하여 국토를 좀 더 효율적으로 활용하고자 시작된 사업이 경인 아라뱃길이다(An and Shin, 2010). 주요 시설물은 방수로를 겸한 주운수로, 갑문, 항만과 교량, 친수공간으로서의 터미널, 생태공원, 파크웨이, 수향 8경 등 친환경 문화공간을 함께 조성하여 수변공간을 다양한 형태

로 이용하는 내륙운하이다(An and Shin, 2010; Ji, 2012; Yin, 2013). 이처럼 홍수 방재기능과 효율적인 공간 활용 등의 이점이 있는 반면에 직강화된 콘크리트 인공제방으로 이루어져 있어 우리나라의 전형적인 도심하천의 모습이 보여 지고, 관행적인 하천 정비 방식으로 생물서식처로서의 기능은 약화되어 생물다양성 감소를 초래하는 요인이 되었다(Ji, 2012).

본 연구대상지는 우리나라 최초의 내륙운하로서 다양한 유형의 토지이용 형태가 나타난다. 특히 항만, 물류단지, 여객터미널, 쇼핑몰, 요트 계류시설 등이 입지할 뿐만 아니라 인천~김포간 고속도로 개설, 호텔, 물류창고 등의 공사가 현재 진행중 이거나 계획시설에 포함되어 있어 인위적 교란이 지속적으로 가해지고 있는 실정이다. 또한 수도권쓰레기매립지와 전용수송도로, 드림파크(골프장) 등이 인근에 위치하여 그 시설물을 이용하는 운송차량의 왕래가 빈번하다. 이와 같이 인간간섭에 의한 인위적 교란과 급변하는 생육환경은 상대적으로 정착이 용이한 외래식물의 이입을 가속화 시킨다(Lee et al., 2010).

2.2 연구 방법

외래식물 조사는 여객터미널, 교량, 항만, 물류단지, 생태공원 등을 중심으로 13개의 지점을 선정하여 2012년 9월부터 2015년 6월까지 수행하였다(Fig. 1). 분포 식물은 Lee (1980), Park(1995, 2001, 2009) 등의 도감에 의거하여 동정하였으며, 확증된 증거표본을 바탕으로 소산식물목록을 작성하였다. 학명과 국명은 Lee, Nam et al.(2011)에 따라 표기하였고 채집된 외래식물은 압착·건조 후, 표본으로 제작하여 국립생물자원관 관속식물수장고(KB)에 보관하였다. 관속식물의 목록은 Cronquist(1981)의 분류체계에 따라 작성하고 속 이하의 계급은 알파벳 순으로 정리하였다. 조사된 외래식물의 생활형, 귀화도, 원산지, 이입시기는 Lee, Park et al.(2011), 생태계교란식물은 NIER(2012)을 기준으로 분석하였다.

식생단면도 조사는 경인 아라뱃길을 대표할 수 있는 4개 구간을 선정하여 2016년 7월에 수행하였다(Fig. 1). 수로에서부터 제방에 이르는 구간까지 출현하는 식생의 단면을 도식화하여 작성하였다. 현장 식생의 종조성으로 구분되는 미지형마다 거리를 측정하고, 그 구간에 출현하는 주요 종과 그 피복범위를 표현하여 작성하였다. 작성된 단면도는 식생단면도 평가 기준(An et al., 2016; Lee and You, 2001; Table 1)에 근거하여 자연도를 평가하였다.

3. Results and Discussion

3.1 외래식물상

3.1.1 현황

경인 아라뱃길에서 확인된 외래식물은 한반도에 분포하는 321분류군(Lee, Park et al., 2011)의 25.5%에 해당하는 17과 63속 80종 2변종으로 총 82분류군이 확인되었다(Tables 2, 3). 이는 Ji(2012)가 보고한 42분류군 보다 두 배 가량 늘었으며, 우리나라 중부지방 하천에 분포하는 귀

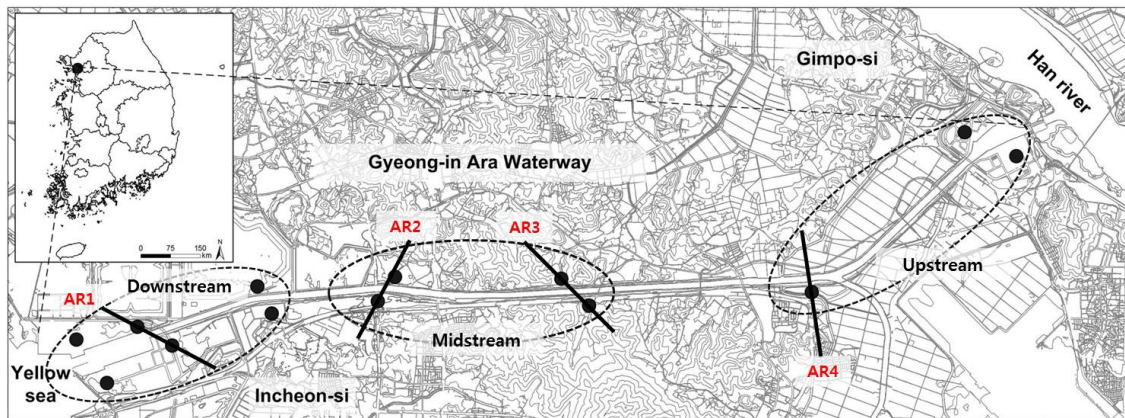


Fig. 1. A map showing the sites at which vegetation surveys were conducted from 2012 to 2016 (● alien plants survey area, — vegetation stratification survey section).

Table 1. Criteria for evaluating naturalness of stream based on vegetation stratification

Grade	Profile structure	Vegetation structure	Surrounding landscape	Remarks
1	Waterside, floodplain, and bank are not only covered with artificial material but also managed artificially	Herbs (usually annual)	Urban	Vegetation covers less than 50% of the land
2	Waterside and bank, except for the floodplain, are covered with artificial material, but management is still artificial	Herbs (usually perennial)	Urban or rural	Vegetation covers more than 50% of the land
3	Only the waterside is covered with artificial material and management is only partially artificial	Herbs and shrubs	Urban or rural	Vegetation stratification showed herb and shrub layers
4	All zones of the river are covered with natural material, but artificial management still remains	Herbs, shrubs and trees (trees are usually exotic)	Rural or urban	Vegetation stratification showed herb, shrub, and tree layers, but the trees are exotic or unfamiliar species to the ecological conditions in a given region
5	All zones of the river are covered with natural material and management is to leave it in the natural state	Herbs, shrubs and trees (trees are usually endemic)	Rural or nature	Vegetation stratification showed herb, shrub, and tree layers, with the trees being not only endemic but also familiar species to the ecological conditions in a given region

화식물 57분류군(Han et al., 2007) 보다 높은 분포를 나타내었다.

Ji(2012)의 자료와 종합하면, 경인 아라뱃길에 분포하는 외래식물은 총 94분류군으로 집계되는데, 본 조사에서만 새로이 분포가 확인된 외래식물은 달맞이장구채(*Silene alba*), 자주비수리(*Lespedeza lichiyuniae*), 우단담배풀(*Verbascum thapsus*), 쇠채아재비(*Tragopogon dubius*), 처진미꾸리광이(*Puccinellia*

distans) 등 55분류군이었다. 단기간에 외래식물이 증가된 원인으로는 토목공사 중 토사에 유입되었거나 조경수 식재, 화단조성 시 종자가 이입되어 정착된 것으로 추정된다.

조사지역에서 확인된 외래식물 중에 과별 분류로는 국화과가 26분류군(31.7%)으로 가장 높은 비율을 차지하였고, 콩과 12분류군, 화본과 10분류군, 십자화과 5분류군의 순으로 나타났다. 조사구간 내 여객터미널 주변, 교량 밑, 중교차 수출단지 및 인근 나대지에서 많은 종류의 외래식물이 관찰되었다. 한편 생태계교란식물은 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia*), 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida*), 미국쭈부쟁이(*Aster pilosus*) 및 가시상추(*Lactuca scariola*) 4분류군이 확인되었다. 특히, 돼지풀, 미국쭈부쟁이는 일부 구간을 제외한 전 지역에서 확인됨에 따라 이들에 대한 관리가 요구된다.

조사 지역을 상류, 중류 및 하류로 구분하여 연도별 외래식물 출현 비율의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2), 상류 및 하류 지역의 외래식물 출현 비율은 증감을 반복하였고, 중류지역의 경우 점차 감소하였다. 4개년 모니터링을 바탕으로 한 외

Table 2. Number of alien plants distributed in the Gyeong-in Ara Waterway

Taxa	Fam.	Gen.	Sp.	Var.	Total
Pteridophyta	-	-	-	-	-
Gymnospermae	-	-	-	-	-
Angiospermae	17	63	80	2	82
Dicotyledoneae	16	54	71	1	72
Monocotyledoneae	1	9	9	1	10
Total	17	63	80	2	82

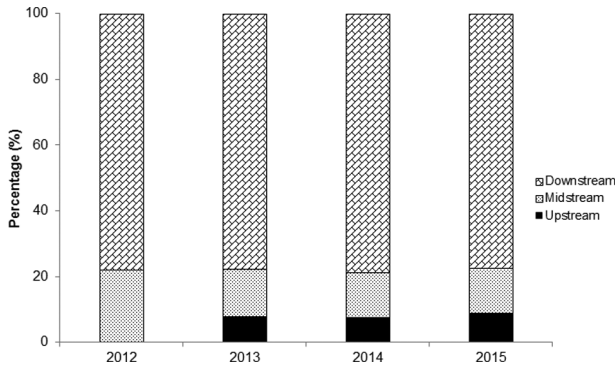


Fig. 2. Changes of percentage of alien plants from 2012 to 2015 in the upstream, midstream and downstream of Gyeong-in Ara waterway.

래식물의 비율은 하류지역에서 가장 높게 나타났고, 중류, 상류지역 순으로 나타났다. 이러한 결과는 하류지역에서 상대적으로 나대지 면적이 넓게 분포하고, 인근에 수출입항과 수도권쓰레기매립지가 위치해 지속적인 인위적 교란이 외래식물의 침입에 용이한 환경조건을 제공하였기 때문으로 판단된다(Han et al., 2007).

3.1.2 생활형

경인 아라뱃길에서 확인된 외래식물 중에서 초본은 79분류군(96.3%), 목본은 3분류군(3.7%)으로 나타났으며, 생활형은 1-2년생 식물이 62분류군(76%), 목본을 포함한 다년생 식물이 20분류군(24%)으로 조사되었다(Table 3). 우리나라에 분포하는 외래식물의 생활형과 비교하면, 본 지역은 1-2년생 식물이 많고 다년생 식물은 적게 분포하는 특징이 나타났다. 이러한 결과는 초본식물이 목본식물에 비해 대부분 한해에

성장이 이루어져 생활환이 짧고, 높은 종자 결실율과 산포 및 확산이 빠르게 이루어져 정착이 용이하기 때문에 출현 비율이 높게 나타나는 것으로 판단된다. 또한 다년생의 경우는 관리차원의 제초작업으로 지상부가 제거됨에 따라 조사 시점에는 관찰되지 않은 것도 주요 원인으로 지목된다.

3.1.3 귀화도

Lee, Park et al.(2011)의 기준에 따라 귀화도를 조사한 결과, 희귀하게 분포하고 귀화도 1에 해당하는 종은 개양귀비(*Papaver rhoeas*), 가시도꼬마리(*Xanthium italicum*), 긴까락보리풀(*Hordeum jubatum*) 등 10분류군(12.2%)이었다. 국지적으로 분포하고 개체수도 적은 귀화도 2는 끈끈이대나물(*Silene armeria*), 자운영(*Astragalus sinicus*), 미국까마중(*Solanum americanum*) 등 19분류군(23.1%), 널리 분포하나 개체수가 많지 않은 귀화도 3은 취명아주(*Chenopodium glaucum*), 개소시랑개비(*Potentilla supina*), 독말풀(*Datura tatula*) 등 22분류군(27%), 국지적으로 분포하나 개체수가 많은 귀화도 4는 큰땅빈대(*Euphorbia maculata*), 울산도깨비바늘(*Bidens pilosa*), 만수국아재비(*Tagetes minuta*) 등 6분류군(7.3%), 널리 분포하고 개체수도 많은 귀화도 5는 쯔명아주(*Chenopodium ficifolium*), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*), 미국개기장(*Panicum dichotomiflorum*) 등 25분류군(30.4%)으로 나타났다(Table 3). Lee, Park et al.(2011)이 평가한 결과에 비해, 본 지역에서는 귀화도 5등급에 해당하는 외래식물이 상대적으로 많이 확인되었다. 따라서 경인 아라뱃길에 분포하는 외래식물은 한반도에서 이미 오래전에 정착하여 광역분포의 특징을 나타내는 종들이 많은 것으로 평가되었다.

주목할 만한 외래식물은 주 분포역이 한반도 남부지방으로

Table 3. List of alien plants in the Gyeong-in Ara Waterway

Taxa	Col. no	L-f	N.D.	Orig.	Int.-p.
Papaveraceae 양귀비과					
<i>Papaver rhoeas</i> L. 개양귀비	KIMJH13255	1	1	Eu	2
Chenopodiaceae 명아주과					
<i>Chenopodium ficifolium</i> Sm. 쯔명아주	KIMJH13173	1	5	Eu	1
<i>Chenopodium glaucum</i> L. 취명아주	KIMJH13274	1	3	Eu	1
Amaranthaceae 비름과					
<i>Amaranthus patulus</i> Bertol. 가는털비름	KIMJH13394	1	5	sA	3
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. 털비름	KIMJH13393	1	2	tA	1
Caryophyllaceae 석죽과					
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill. 양점나도나물	KIMJH13055	2	5	Eu	3
<i>Silene alba</i> (Mill.) E. H. L. Krause 달맞이장구채	KIMJH12222	2	1	Eu	3
<i>Silene armeria</i> L. 끈끈이대나물	KIMJH13176	1	2	Eu	1
<i>Spergularia bocconi</i> (Scheele) Graebn. 끈적털개미자리	KIMJH13300	2	2	Eu	3
<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert 말뱅이나물	KIMJH12220	1	1	Eu	2
Polygonaceae 마디풀과					
<i>Polygonum orientale</i> L. 털여뀌	KIMJH13276	1	3	As	1
<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이	KIMJH13158	Pe.	5	Eu	1
Malvaceae 아욱과					
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik. 어저귀	KIMJH13286	1	3	As	1
<i>Hibiscus trionum</i> L. 수막풀	KIMJH12170	1	2	Eu	1

Table 3. Continued.

Taxa	Col. no	L-f	N.D.	Orig.	Int.-p.
Brassicaceae 십자화과					
<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. 갓	KIMJH13027	2	5	As	1
<i>Lepidium densiflorum</i> Schrad. 길다닥냉이	KIMJH13171	2	3	nA	1
<i>Lepidium virginicum</i> L. 콩다닥냉이	KIMJH13162	2	5	nA	3
<i>Sinapis arvensis</i> L. 들갓	KIMJH12183	1	2	Eu	3
<i>Thlaspi arvense</i> L. 말냉이	KIMJH13048	2	3	Eu	1
Rosaceae 장미과					
<i>Potentilla supina</i> L. 개소시랑개비	KIMJH13038	2	3	Eu	1
Fabaceae 콩과					
<i>Amorpha fruticosa</i> L. 족제비싸리	KIMJH13194	Tr.	5	nA	2
<i>Astragalus sinicus</i> L. 자운영	KIMJH13022	2	2	As	1
<i>Indigofera bungeana</i> Walp. 큰낭아초	KIMJH12199	Tr.	2	As	3
<i>Lespedeza lichiyuniae</i> T. Nemoto, H. Ohashi & T. Itoh 자주비수리	KIMJH13381	Tr.	1	As	3
<i>Lotus corniculatus</i> L. 서양별노랑이	KIMJH13034	Pe.	1	Eu	3
<i>Medicago lupulina</i> L. 잔개자리	KIMJH13168	2	3	Eu	1
<i>Medicago sativa</i> L. 자주개자리	KIMJH13185	Pe.	2	Eu	1
<i>Melilotus albus</i> Medik. 흰전동싸리	KIMJH13184	2	3	As	2
<i>Melilotus suaveolens</i> Ledeb. 전동싸리	KIMJH13275	2	4	As	1
<i>Trifolium hybridum</i> L. 선토키풀	KIMJH13166	Pe.	2	Eu-As	3
<i>Trifolium pratense</i> L. 붉은토키풀	KIMJH13165	Pe.	3	Eu	1
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀	KIMJH13036	Pe.	5	Eu-Af	1
Onagraceae 바늘꽃과					
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃	KIMJH13193	2	5	nA	1
Euphorbiaceae 대극과					
<i>Euphorbia maculata</i> L. 큰망빈대	KIMJH12215	1	4	nA	2
<i>Euphorbia supina</i> Raf. 애기망빈대	KIMJH13292	1	5	nA	1
Solanaceae 가지과					
<i>Datura tatula</i> L. 독말풀	KIMJH13289	1	3	tA	1
<i>Solanum americanum</i> Mill. 미국까마중	KIMJH13288	1	2	nA	3
Convolvulaceae 메꽃과					
<i>Cuscuta pentagona</i> Engelm. 미국실새삼	KIMJH13303	1	5	nA	3
<i>Ipomoea hederacea</i> Jacq. 미국나팔꽃	KIMJH13363	1	3	tA	3
<i>Ipomoea lacunosa</i> L. 애기나팔꽃	KIMJH12224	1	2	nA	3
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth 둥근잎나팔꽃	KIMJH13314	1	3	tA	1
<i>Quamoclit coccinea</i> (L.) Moench 둥근잎유홍초	KIMJH13366	1	3	tA	1
Plantaginaceae 질경이과					
<i>Plantago lanceolata</i> (Koidz.) Ohwi 창질경이	KIMJH16129	Pe.	3	Eu	2
Scrophulariaceae 현삼과					
<i>Verbascum thapsus</i> L. 우단담배풀	KIMJH14094	2	2	Eu	3
<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀	KIMJH13023	1	3	Eu-As	1
<i>Veronica persica</i> Poir. 큰개불알풀	KIMJH13044	2	5	Eu-As	2
Asteraceae 국화과					
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. 돼지풀	KIMJH13359	1	5	nA	2
<i>Ambrosia trifida</i> L. 단풍잎돼지풀	KIMJH13378	1	4	nA	3
<i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쑥부쟁이	KIMJH13361	Pe.	5	nA	3
<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i> (A. Gray) A. G. Jones 큰비짜루국화	KIMJH13353	1	5	tA	3
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리	KIMJH13374	1	5	nA	3
<i>Bidens pilosa</i> L. 울산도깨비바늘	KIMJH13392	1	4	sA	3
<i>Centaurea cyanus</i> L. 수레국화	KIMJH13182	2	2	Eu	2
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L. 불란서국화	KIMJH13051	Pe.	1	Eu	2
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초	KIMJH13279	2	5	nA	1

Table 3. Continued.

Taxa	Col. no	L-f	N.D.	Orig.	Int.-p.
<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국	KIMJH12174	Pe.	2	nA	2
<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. 기생초	KIMJH12201	1	2	nA	1
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. 코스모스	KIMJH12190	1	3	nA	2
<i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore 주홍서나물	KIMJH13287	1	2	Af	3
<i>Crepis tectorum</i> L. 나도민들레	KIMJH13199	1	1	Eu	3
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. ex DC. 붉은서나물	KIMJH12173	1	3	nA	3
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초	KIMJH13167	2	5	nA	1
<i>Galinsoga ciliata</i> (Rafin.) S. F. Blake 털별꽃아재비	KIMJH13307	1	3	tA	3
<i>Lactuca scariola</i> L. 가시상추	KIMJH13271	2	5	Eu	3
<i>Senecio vulgaris</i> L. 개쑥갓	KIMJH13024	1	5	Eu	1
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill 큰방가지뚱	KIMJH13156	1	5	Eu	1
<i>Sonchus oleraceus</i> L. 방가지뚱	KIMJH13157	1	3	Eu	1
<i>Tagetes minuta</i> L. 만수국아재비	KIMJH13371	1	4	sA	3
<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg. 서양민들레	KIMJH13025	Pe.	5	Eu	1
<i>Tragopogon dubius</i> Scop. 쇠채아재비	KIMJH13164	2	2	Eu	3
<i>Xanthium canadense</i> Mill. 큰도꼬마리	KIMJH13370	1	4	nA	3
<i>Xanthium italicum</i> Moretti 가시도꼬마리	KIMJH13369	1	1	nA	3
Poaceae 화본과					
<i>Chloris virgata</i> Sw. 나도바랭이	KIMJH13350	1	2	tA	1
<i>Elymus repens</i> var. <i>aristatum</i> Baumg 까락구주개밀	KIMJH16130	Pe.	1	Eu	1
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털	KIMJH13037	Pe.	5	Eu	3
<i>Hordeum jubatum</i> L. 긴까락보리풀	KIMJH13250	Pe.	1	Eu	3
<i>Leptochloa malabarica</i> (L.) Veldkamp 갯드렁새	KIMJH13266	1	2	As	3
<i>Lolium multiflorum</i> Lam. 쥐보리	KIMJH13181	2	3	Eu	3
<i>Lolium perenne</i> L. 호밀풀	KIMJH13159	Pe.	3	Eu	2
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx. 미국개기장	KIMJH13360	1	5	nA	2
<i>Poa pratensis</i> L. 왕포아풀	KIMJH13032	Pe.	5	Eu	1
<i>Puccinellia distans</i> (Jacq.) Parl. 처진미꾸리광이	KIMJH13195	Pe.	3	Eu	3

Col. no. Collection number.

L-f. Life-form; 1. Annual; 2. Biennial; Pe. Perennial; Tr. Tree.

N.D. Naturalized degree.

Orig. Am. America; sA. south America; nA. north America; tA. tropical America; As. Asia; Eu. Europe; Eu-As. Europe-Asia; Eu-Af. Europe-Africa; Af. Africa.

Int.-p. Introduced period.

귀화도 2에 해당되는 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides*)과 강원도에서 처음으로 분포가 확인되고 귀화도 1에 해당되는 나도민들레(*Crepis tectorum*)가 관찰되었다는 것이다. 이들은 주 분포역에서 벗어나 확산 추세에 있는 종으로 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

3.1.4 원산지

원산지 구분은 유럽원산이 35분류군으로 전체 외래식물 중 42.7%를 차지하여 가장 높은 비율을 보였으며, 아메리카원산 중에서 북아메리카원산 22분류군(26.9%), 중앙아메리카원산 8분류군(9.8%), 남아메리카원산 3분류군(3.6%)으로 조사되었다. 이 외에 아시아원산 9분류군(11%), 유라시아원산 3분류군(3.6%), 아프리카 및 유럽-아프리카 원산이 각각 1분류군(2.4%)으로 확인되었다(Table 3).

3.1.5 이입시기

한반도 외래식물의 이입시기는 Park et al.(2002)의 기준

에 따라 제 1기는 개항 이후부터 1921년까지, 제 2기는 1922년부터 1963년까지, 제 3기는 1964년 이후 현재로 구분된다. 본 조사에서 확인된 외래식물 중 이입 1기에 해당되는 종은 수박풀(*Hibiscus trionum*), 선개불알풀(*Veronica arvensis*), 나도바랭이(*Chloris virgata*) 등 34분류군, 2기는 흰전동싸리(*Melilotus albus*), 큰개불알풀(*Veronica persica*), 왕포아풀(*Poa pratensis*) 등 14분류군, 3기는 가는털비름(*Amaranthus patulus*), 콩다락냉이(*Lepidium virginicum*), 선토끼풀(*Trifolium hybridum*) 등 34분류군으로 분석되었다(Table 3). 한반도에 분포하는 외래식물 321분류군(Lee, Park et al., 2011)을 대상으로 한 이입시기별 구분과 비교하면, 아라뱃길의 외래식물은 이입 1기에 해당되는 종들이 상대적으로 많이 출현하였다. 그러나 한반도 내에 분포하는 외래식물은 이입 3기에 폭발적으로 증가된 점을 감안하면, 시간경과에 따른 생육환경 변화와 대체 등으로 해당시기의 외래식물 비율은 더욱 높아질 것으로 생각된다.

3.2. 식생분포

경인 아라뱃길을 대표하는 4개 구간을 선정하여 식생분포 정보를 수집한 결과, 모든 조사구간의 수로 변은 인공 제방으로 이루어져 식생이 분포하지 않았다.

청운교 구간(AR1)의 관목 식생대는 영산홍(*Rhododendron indicum*), 벚나무(*Prunus jamasakura*), 복자기(*Acer triflorum*), 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*) 등으로 이루어지고, 그 하층에는 토끼풀(*Trifolium repens*), 자주개자리(*Medicago sativa*), 큰김의털(*Festuca arundinacea*), 잔디(*Zoysia japonica*) 등이 주로 출현하였다. 제방에는 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*)가 성립해 있고, 그 하층에는 서양별노랑이(*Lotus corniculatus*), 큰금계국(*Coreopsis lanceolata*), 가시상추 등이 우점하였다. 범람원 중앙에는 넓은 폭의 자전거도로가 구성되어 있다(Fig. 3). 단면도 평가 결과는 초본, 관목 및 교목식생대가 모두 출현하였다. 그 가운데 교목식생대에서 아까시나무 등 외래식물이 우점하는 식생이 성립하여 4등급으로 평가되었다.

백석교 구간(AR2)의 초본 식생대는 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 서양별노랑이, 큰금계국, 망초(*Conyza canadensis*)

등이 우점하였다. 관목 식생대는 메타세쿼이아(*Metasequoia glyptostroboides*), 회화나무(*Sophora japonica*) 등으로 이루어지고, 그 하층식생으로는 달맞이꽃(*Oenothera biennis*), 산국(*Dendranthema boreale*), 강아지풀(*Setaria viridis*) 등이 주로 출현하였다. 제방에는 족제비싸리, 개나리(*Forsythia koreana*)가 성립해 있고, 그 하층에는 쑥(*Artemisia indica*), 개망초(*Erigeron annuus*), 큰금계국 등이 우점하였다. 범람원 중앙에는 넓은 폭의 자전거도로와 산책길이 구성되어 있다(Fig. 4). 단면도 평가 결과는 초본 및 관목식생대만 출현하여 3등급으로 평가되었다.

목상교 구간(AR3)의 초본 식생대는 환삼덩굴, 큰김의털, 갈대(*Phragmites communis*) 등이 우점하였다. 관목식생대는 은사시나무(*Populus × tomentiglandulosa*), 붉나무(*Rhus javanica*) 등으로 이루어지고, 그 하층식생으로는 큰낭아초(*Indigofera bungeana*), 자주개자리, 가시상추 등이 주로 출현하였다. 제방에는 붉나무가 성립해 있고, 그 하층에는 달맞이꽃, 산국, 강아지풀 등이 우점하였다. 수로 변에 자전거도로가 구성되어 있다(Fig. 5). 단면도 평가 결과는 초본 및 관목식생대만 출현하여 3등급으로 평가되었다.

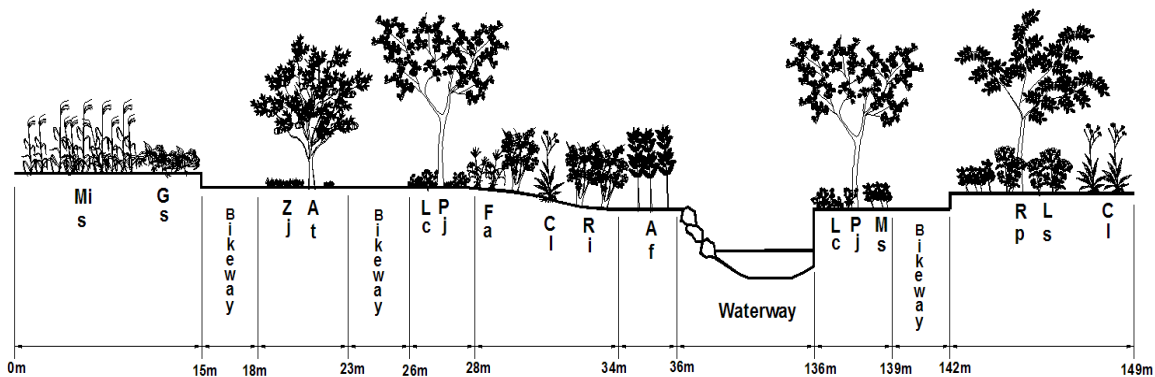


Fig. 3. A stratification of riparian vegetation established on AR1 site in 2016. Mi.s: *Miscanthus sacchariflorus*, G.s: *Glycine soja*, Z.j: *zoysia japonica*, A.t: *Acer triflorum*, L.c: *Lotus corniculatus*, P.j: *Prunus jamasakura*, F.a: *Festuca arundinacea*, C.l: *Coreopsis lanceolate*, R.i: *Rhododendron indicum*, A.f: *Amorpha fruticosa*, M.s: *Medicago sativa*, L.s: *Lactuca scariola* R.p: *Robina pseudoacacia*

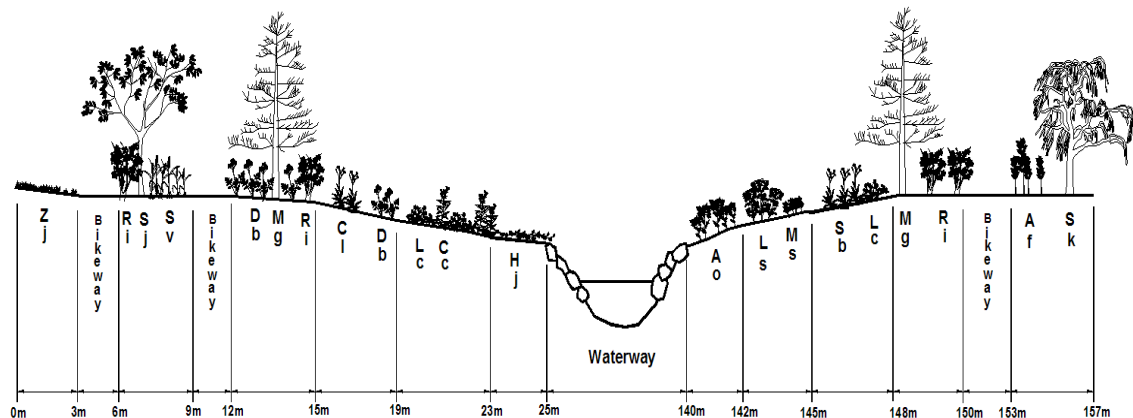


Fig. 4. A stratification of riparian vegetation established on AR2 site in 2016. S.j: *Sophora japonica*, S.v: *Setaria viridis*, D.b: *Dendranthema boreale*, M.g: *Metasequoia glyptostroboides*, C.c: *Contza canadensis*, H.j: *Humulus japonica*, A.o: *Artemisia orthobotrys*, S.b: *Sonhus brachyotus*, S.k: *Salix korensis*.

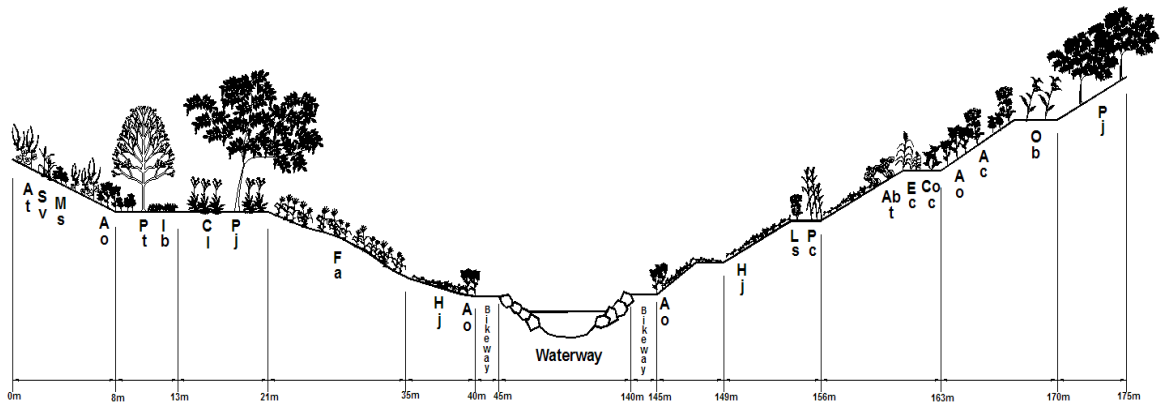


Fig. 5. A stratification of riparian vegetation established on AR3 site in 2016. A.t: *Ambrosia trifida*, P.t: *Populus tomentiglandulosa*, I.b: *Indigofera bungeana*, P.j: *Plus japonica*, P.c: *Phragmites communis*, Ab.t: *Abutilon theophrasti*, E.c: *Echinochloa crusgalli*, Co.c: *Commelina comununis*, A.c: *Artemisia capillaris*, O.b: *Oenothera biennis*.

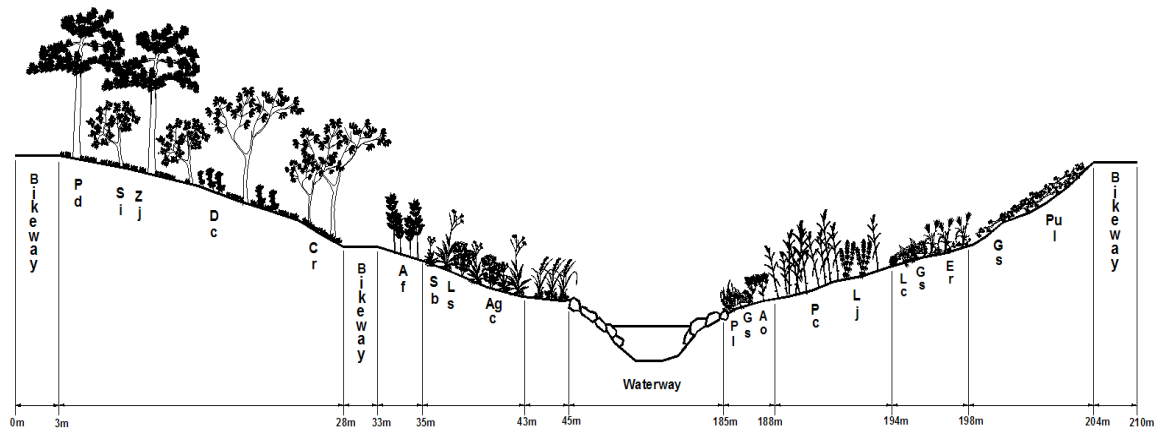


Fig. 6. A stratification of riparian vegetation established on AR4 site in 2016. P.d: *Pinus densiflora*, S.i: *stephanandra incisa*, D.c: *Deutzia crenata*, C.r: *Chionanthus retusus*, Ag.c: *Agropyron ciliare var. hackehianum*, P.c: *Phragmites communis*, L.j: *Leonurus japonica*, Pu.l: *Pueraria lobota*, P.l: *Plantago lanceolata*, E.r: *Elymus repens var. aristatum*.

두리생태공원 구간(AR4)은 범람원에서 제방 쪽으로 이동하면, 초본 식생대는 서양별노랑이, 사데풀(*Sonchus brachyotus*), 가시상추 등이 우점하였다. 관목 식생대는 소나무(*Pinus densiflora*), 국수나무(*Stephanandra incisa*), 이팝나무(*Chionanthus retusus*) 등으로 이루어지고, 그 하층식생으로는 돌콩(*Glycine soja*), 단풍잎돼지풀, 토끼풀 등이 주로 출현하였다. 제방 변에는 넓은 폭의 자전거도로가 조성되어 있다(Fig. 6). 단면도 평가 결과는 초본 및 관목식생대만 출현하여 3등급으로 평가되었다.

3.3 강변식생 실태 진단 및 개선방안

식생 단면도는 수로로부터의 거리에 따라 지하수위, 토양 습도, 식생구조 등의 다양한 변화를 나타내고, 하천의 평면적 특성과 비교를 통해 구조적인 환경정보를 제공한다(Lee, 2005). 4개 구간의 식생 단면도를 분석한 결과, 수로 변은 인공제방으로 이루어져 식생이 분포하지 않고, 복단면의 구조를 가지고 있으며 범람원에 자전거도로나 산책길과 같은 친수공간이 조성되어 있다.

하천에서는 횡단지형에 의해 결정된 환경구배(특히 수분 구배)에 따라 식생이 분포한다. 그 분포는 대체로 부착조류 및 플랑크톤 구역, 초본식물대, 관목림대, 연목림대 및 경목림대의 순서를 보인다(Lee et al., 2013). 그러나 본 조사 구간의 단면도 평가 결과, 식생 배열은 하천의 자연적 교란체제를 반영하지 않았고, 식생유형은 하천식생이 아닌 외래식물이나 육상식물이 우점하여 3, 4등급으로 평가되었다.

이러한 결과는 하천 복원사업이 체계적인 연구와 절차를 거치지 않아 생태적 의미의 하천 복원이기 보다는 조경 차원의 하천공원 조성사업에 초점을 두었기 때문이다. 또한, 어메니티(amenity)를 위한 자전거도로, 산책길 및 운동시설 등 인공구조물의 비율이 높고, 단조로운 단면구조를 가지고 있는 등 생태적인 기능 보다는 이용 및 편의, 치수기능이 강조되는 경향이 나타난다(An et al., 2014). 하천의 수변 공간 확충 및 물리적 구조의 훼손, 친수 공간 이용에 의한 지속적인 교란, 인공 녹지 조성으로 원식생에 대한 간섭 등 하천 고유의 자연성 훼손은 외래식물의 발생과 직결되기 때문에 부정적인 영향을 나타낸다(Choi and Heo, 2013;

Chun, 2013; You et al., 2014). 외래식물 번성에 의한 식물 군락의 조성과 변화는 생태계 기능을 악화시키고, 외래식물의 생물량 증가는 식생에 의한 물 흡수가 증가되어 하천유량을 감소시키며, 수리 조도가 증가되어 유사가 퇴적되고 하도의 하상 상승을 유발 시킨다(Richardson et al., 2007; Van Lill et al., 1980; Zavaleta et al., 2001).

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 생태적 진단결과에 기초하여 복원의 수준과 방법을 결정하고, 대조하천 정보를 통해 수집된 복원 모델을 기초하여 생태적 기능을 향상시킬 수 있는 개선방안을 제시하여야 한다(An et al., 2014; An et al., 2015; Lee, Jeong et al., 2011). 따라서 복단면의 구조를 가지고 있는 경인 아라뱃길의 경우 횡단면은 웅덩이 형의 자연스러운 단면으로 개선할 필요가 있다. 또한 수변에서 홍수터를 거쳐 제방에 이르기까지 대조하천 정보에 근거하여 지소의 교란 및 침수체제를 반영한 자생종을 도입하도록 한다. 교란이 빈번한 범람원에 성립하는 초본 식생대는 자연의 과정에 맡겨 자연정착을 유도하고, 관목 식생대는 범람원과 제방이 만나는 부분 그리고 교목 식생대는 제방 사면에 도입하도록 한다(An et al., 2016).

대부분의 외래식물은 인위적인 간섭을 받은 나지에서 1차 천이를 이루고, 자연식생에서는 거의 나타나지 않기 때문에 무조건적인 제거보다는 자생종을 도입한 자연식생 복원차원에서 관리하는 것이 중요하다(Lim et al., 2009; Lim and Hwang, 2006). 자생종 식재를 통한 하천식생의 복원은 외래식물의 성장을 억제하고, 하천생태계의 안정성과 다양성을 증가시켜 준다. 특히, 버드나무류(*Salix* spp.)의 식재는 높은 광량, 온도, 토양 수분 등의 물리적 환경을 개선함으로써 다른 하층 식생의 정착을 촉진시켜주는 간호식물(nurse plant) 역할을 수행하고, 나아가 자생종의 생물다양성이 증가하여 외래종의 침입과 확산을 억제시킨다(Lee et al., 2010).

지속적인 인위적 교란으로 외래식물의 이입이 가속화 될 것으로 예상되기 때문에, 이들의 침입에 대한 정량적 조사와 분포역의 변화에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단된다. 모니터링 내용에는 분포역의 현황과 각 외래식물의 개체수 및 분포율을 작성하고, 새로이 출현한 외래식물은 개체군의 크기와 위치, 분포범위를 상세히 기록한다. 이러한 모니터링 결과는 추후 외래식물의 밀도가 작고 쉽게 제거되는 곳을 우선관리 지역으로 선정하여 해당지역의 관리 또는 제거활동을 촉진하고, 나아가 외래식물 침입에 대한 초기 대응 및 관리방안 마련에 활용될 수 있다(MOE, 2006).

4. Conclusion

외래식물은 유리한 생활사를 가져 척박한 환경에서도 잘 자라는 선구식물로 자생종의 생육을 억제하고, 생태계에 악영향을 미친다. 토지이용 유형별 외래종의 분포를 비교해보면, 하천에서 높은 비율로 출현한다(SDI, 2010). 경인 아라뱃길에서 확인된 외래식물은 17과 63속 80종 2변종, 총 82

분류군으로 한반도에 분포하는 귀화식물의 25.5%에 해당되며, 우리나라 중부지방 하천에 분포하는 외래식물 보다 높은 분포비율을 나타내고 있다. 아라뱃길 조성 후, 인위적 간섭에 의해 본래의 생태계 기능은 약화되고, 그로 인하여 외래종이 자생종의 생육지를 점유하거나 대체하는 결과를 초래하였다.

식생 단면도를 분석한 결과, 수로 변 제방은 인공제방으로 이루어져 식생이 분포하지 않고, 복단면의 구조를 가지고 있으며 범람원에 자전거도로나 산책길과 같은 친수공간이 조성되어 있다. 식생 배열은 하천의 자연적 교란체제를 반영하지 않았고, 식생유형은 하천식생이 아닌 외래식물이나 육상식물이 우점하여 3, 4등급으로 평가되었다. 이러한 결과는 하천 복원사업이 체계적인 절차를 거치지 않고 생태적 의미의 하천 복원이기 보다는 조경 차원의 공원 하천 조성에 초점을 두었기 때문이다.

이를 해결하기 위해서는 생태적 진단결과에 기초한 복원의 수준과 방법을 결정하고, 복원 모델로 선정된 대조하천 정보를 통해 생태적 복원 및 관리 지침을 정립하도록 한다. 횡단면은 웅덩이 형의 자연스러운 단면으로 개선하고, 수변에서 홍수터를 거쳐 제방에 이르기까지 지소의 교란 및 침수체제를 반영한 자생종을 도입하도록 한다. 교란이 빈번한 범람원에 성립하는 초본 식생대는 자연의 과정에 맡겨 자연정착을 유도하고, 관목 식생대는 범람원과 제방이 만나는 부분 그리고 교목 식생대는 제방 사면에 도입한다. 자생종을 도입한 하천식생의 복원은 외래식물의 성장을 억제하고, 나아가 하천생태계의 안정성과 다양성을 증가시켜 준다. 또한, 지속적인 모니터링을 통해 외래식물 우선관리 지역을 선정하여 관리 또는 제거활동을 촉진하고, 외래식물 침입에 대한 초기 대응과 관리방안이 제시되어야 한다.

References

- An, B. C. and Shin, H. D. (2010). Landscape Design of Gyeong-In Ara Waterway, *Journal of Korean Institute Landscape Architecture*, 38(2), 119-129. [Korean Literature]
- An, J. H., Lim, C. H., Lim, Y. K., Nam, K. B., and Lee, C. S. (2014). A Review of Restoration Project Evaluation and Post Management for Ecological Restoration of the River, *Journal of Restoration Ecology*, 4(1), 15-34. [Korean Literature].
- An, J. H., Lim, C. H., Lim, Y. K., Nam, K. B., Pi, J. H., Moon, J. S., Bang, J. Y., and Lee, C. S. (2015). Diagnosis on the Riparian Vegetation in the Downstream Reach of the Gyungan Stream for Creating Vegetation Belt, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 31(6), 680-692. [Korean Literature]
- An, J. H., Lim, C. H., Jung, S. H., Kim, A. R., Woo, D. M., and Lee, C. S. (2016). Diagnostic Evaluation on the Riparian Vegetation in the Changwon and Nam Streams for Preparing a Restoration Plan, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 32(5), 475-491. [Korean Literature]
- An, J. H., Lim, C. H., Lim, Y. K., Nam, K. B., Pi, J. H., Moon, J. S., Bang, J. Y., and Lee, C. S. (2016). Development and

- Application of a Model for Restoring a Vegetation Belt to Buffer Pollutant Discharge, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 32(2), 205-215. [Korean Literature]
- Asaeda, T., Rashid, M. H., Kotagiri, S. and Uchida, T. (2011). The Role of Soil Characteristics in the Succession of Two Herbaceous Lianas in a Modified River Floodplain, *River Research and Applications*, 27, 591-601.
- Bae, J. H., Lee, K. J., and Han, B. H. (2008). Research on Characteristics of Vegetation Subsequent to Crossing Structure of the Urban Streams, -Centering on the Cases of Dorimcheon, Banghakcheon, Seongnaecheon and Yangjaecheon in Seoul-, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 22(3), 268-279. [Korean Literature]
- Choi, B. K. and Heo, M. G. (2013). The Flora of Naturalized Plant Species after 4 Major Rivers Restoration Project, 2013 *Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference*, Korean Environment Sciences Society, 342-347. [Korean Literature]
- Choi, J. Y. and Jung, Y. J. (2000). The Study of Createment for Riparian Vegetation and Management for Improvement of Water Quality, *Korea Environment Institute*, 85. [Korean Literature]
- Chun, Y. J. (2013). *An Analysis on the Relationship between Geomorphologic Features of Streams and Naturalized Plants Ratio of Riparian Vegetation for Ecological Stream Design*, MS thesis, Korea University, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Cronquist A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*, Columbia Univ. Press, New York, NY. USA.
- Han, J. E., Kim, S. Y., Kim, W. H., Lee, J. Y., Kim, J. H., Ro, T. H., and Choi, B. H. (2007). Distribution of Naturalized Plants at Stream in Middle Part of Korea, *Korean Journal of Environment Biology*, 25(2), 115-123. [Korean Literature]
- Holmes, D. M., Esler, K. J., Richardson, D. M., and Witkowski, E. T. F. (2008). Guidelines for Improved Management of Riparian Zones Invaded by Alien Plants in South Africa, *South African Journal of Botany*, 74, 463-475.
- Ji, N. E. (2012). *Changes in the Biota of the Gyeong-In Ara Waterway Construction*, M. S. Thesis, Ewha Womans University, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- K-water. (2015). Gyeong-In Ara Waterway Information System, <http://www.giwaterway.kr> (Accessed Mar. 18, 2015).
- Kil, J. H., Kim, Y. H., Lee, D. H., Lee, C. W., Hwang, S. M., Kim, D. Y., Kim, H. M., Kim, J. M., and Kim, M. J. (2012). *Monitoring of Invasive Alien Species Designated by the Wildlife Protection Act (IV)*, National Institute of Environmental Research Report, Incheon, Korea. [Korean Literature]
- Lee, B. Y., Nam, G. H., Lee, J. Y., Park, C. H., Lim, C. E., Kim, M. H., Lee, S. J., Noh, T. K., Lim, J. A., Han, J. E., and Kim, J. H. (2011). *National List of Species of Korea (Vascular Plants)*, National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea. [Korean Literature]
- Lee, C. S. (2007). Ecological Evaluation on Rivers Different in Restoration Methods, 2007 *Proceeding of Academic Symposium in Riverine Environment*, The Korean Society of Limnology, 113-119.
- Lee, C. S., Cho, Y. C., Shin, H. C., Kim, G. S., and Pi, J. H. (2010). Control of an Invasive Alien Species, *Ambrosia Trifida* with Restoration by Introducing Willows as a Typical Riparian Vegetation, *Journal of Ecology and Field Biology*, 33(2), 157-164.
- Lee, C. S., Hong, S. G., Cho, H. J., and Oh, J. M. (1999). *The Technology of Environment Restoration*, Dong Hwa Publishing Co, Seoul, 283. [Korean Literature]
- Lee, C. S., Jeong, Y. M., and Kang, H. S. (2011). Concept, Direction and Task of Ecological Restoration, *Journal of Restoration Ecology*, 2(1), 59-71. [Korean Literature]
- Lee, C. S., Lee, G. S., Lee, H. B., You, Y. H., Kim, G. D., Park, J. H., Jung, S. H., Kim, J. G., Cho, Y. C., Moon, H. T., Cho, G. J., and You, T. C. (2013). Restoration Ecology: The New Frontier, In: Jelte, van A., James, A (Ed.), *Restoration Ecology: The New Frontier*, Willey, New York, 340.
- Lee, C. S. and You, Y. H. (2001). Development and Outlook of Restoration Ecology as an Ecology for the Future, *The Korean Journal of Ecology*, 24(3), 191-202. [Korean Literature]
- Lee, C. W., Kim, D. K., Cho, H. S., and Lee, H. H. M. (2015). The Riparian Vegetation Disturbed by Two Invasive Alien Plants, *Sicyos angulatus* and *Paspalum distichum* var. *indutum* in South Korea, *Ecology and Resilient Infrastructure*, 2(3), 255-263. [Korean Literature]
- Lee, J. H. (2005). *The Comparative Characteristics by the Region and River with a View to Ecological Restoration of the River - Cases of the 16 Rivers in Kangweon Province*, Ph. D. Dissertation, Dankuk University, Cheonan, Korea. [Korean Literature]
- Lee, T. B. (1980). *Illustrated Flora of Korea*, Hyangmunsa, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Lee, Y. K. and Kim, J. W. (2006). *Riparian Vegetation of South Korea*, Keimyung University press, Daegu, Korea. [Korean Literature]
- Lee, Y. M., Park, S. H., Jung, S. Y., Oh, S. H., and Yang, J. C. (2011). Study on the Current Status of Naturalized Plants in South Korea, *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 41(1), 87-101. [Korean Literature]
- Lim, D. O. and Hwang, I. C. (2006). Exotic Plants and Conservation in Gayasan National Park, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 20(3), 281-288. [Korean Literature]
- Lim, D. O., Kim, H. S., and Park, M. S. (2009). Distribution and Management of Naturalized Plants in the Northern Area of South Jeolla Province, Korea, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 23(6), 506-515. [Korean Literature]
- Lim, D. O., Ryu, Y. M., and Hwang, I. C. (2004). An Analysis of the Environmental Index and the Distribution of Naturalized Plants in Large Rivers of Downtown Gwangju Metropolitan City, *Korean Journal of Environment Ecology*, 18(3), 288-296. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2006). *A Study of Construction of Monitoring System and Management Plan to Alien Species*, 120-151. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2012). *Ecosystem Disturbance Wild Animals and Plants*, NIER, Incheon, Korea. [Korean Literature]
- Park, S. H. (1995). *Colored Illustrations of Naturalized Plants of Korea*, Ilchokak, Seoul, Korea. [Korean Literature]

- Park, S. H. (2001). *Colored Illustrations of Naturalized Plants of Korea* (Appendix), Ilchokak, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Park, S. H. (2009). *New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea*, Ilchokak, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Park, S. H., Shin, J. H., Lee, Y. M., Lim, J. H., and Moon, J. S. (2002). *Distributions of naturalized alien plants in Korea*. Korea Forest Research Institute and Korea National Arboretum. Ukgo press, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Richardson, D. M., Holmes, K. J., Esler, S. M., Galatowitsch, J. C., Stromberg, S. P., Kirkman, P., Pysek, and Hobbs, R. J. (2007). Riparian vegetation: Degradation, Alien Plant Invasions and Restoration Prospects, *Diversity and Distributions*, 13, 126-139.
- Seoul Development Institute (SDI). (2010). *Distribution Characteristic of Alien Plants in Seoul & Its Management Plan*, Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Shin, D. H. and Cho, K. H. (2001). Vegetation Structure and Distribution of Exotic Plants with Geomorphology and Disturbance in the Riparian Zone of Seunggi Stream, Incheon, *Korean Journal of Ecology*, 24, 273-280. [Korean Literature]
- Van Lill, W. S., Kruger, F. J. and van Wyk, D. B. (1980). The Effect of Afforestation with *Eucalyptus Grandis* Hill ex Maiden and *Pinus Patula* Schlecht & Cham on Stream Flow from Experimental Catchments at Mokobulaan, Transvaal, *Journal of Hydrology*, 48, 107-118.
- Yin, Z. H. (2013). *Three Dimensional Salinity and Water Quality Dynamic Modeling in Gyeong-In Ara Waterway, Korea*, Ph. D. Dissertation, Chungnam National University, Daejeon, Korea. [Korean Literature]
- You, J. H., Park, K. H., and Choi, J. H. (2014). Management Plan and Analysis of the Characteristics of Naturalized Plants by Ecological Restoration of Gaeumjeong Stream, Changwon-si, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 42(4), 48-59. [Korean Literature]
- You, J. H., Park, K. H., and Yoon, Y. C. (2010). Distributional Characteristics and Management Device of Naturalized Plants in Naedong Stream, Changwon-si, *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 38(4), 96-105. [Korean Literature]
- Zavaleta, E., Hobbs, R. J. and Mooney, H. A. (2001). Viewing Invasive Species Removal in a Whole Ecosystem Context, *Trends in Ecology & Evolution*, 16, 454-459.