한국조경학회지 42(4): 48~59, 2014. 8.
J. KILA Vol. 42, No. 4, pp. 48~59, August, 2014

pISSN 1225-1755 eISSN 2288-9566
http://dx.doi.org/10.9715/KILA.2014.42.4.048

창원시 가음정천의 생태복원에 따른 귀화식물 특성 분석과 관리방안†

유주한* · 박경훈** · 최진환***

*동국대학교 경주캠퍼스 조경학과 · **창원대학교 환경공학과 · ***창원대학교 대학원 환경공학과

Management Plan and Analysis of the Characteristics of Naturalized Plants by Ecological Restoration of Gaeumjeong Stream, Changwon-si

You, Ju-Han* · Park, Kyung-Hun** · Choi, Jin-Hwan***

*Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University-Gyeongju
**Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University
***Dept. of Environmental Engineering, Graduate School, Changwon National University

ABSTRACT

This study was carried out to present raw data on managing the restored urban stream by studying the naturalized plants distributed in Gaeumjeong Stream, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, Korea. The results were as follows. The numbers of naturalized plants were summarized as 45 taxa including 17 families, 36 genera, 43 species and 2 varieties. The invasive alien plants were 2 taxa including *Ambrosia artemisiifolia* and *Lactuca sativa*. The following summarizes the attributes of the naturalized plants. Most of the plants commonly originated from Europe and North America. The 5 naturalized degree that was widely distributed and had many individual was the most common. Until 1921, after the opening of 1 period was the most common in the introduced period. Section 12 had the highest NI at 41.9%, and the lowest, at 20.5%, in sections 9 and 19 were analyzed. Section 1 had the highest UI at 6.2%, whereas, the lowest, at 2.5%, was calculated in sections 19 and 20. Section 2 showed the highest DI at 16.7%. The first results of the analysis of the causes for the invasion of naturalized plants on the riverside and waterways, and physical factors and maintenance are directly affected. Second, sewage, muddy water and sediment deposits this naturalized plant caused by a chemical factor. Third, it is thought that invasive alien plants are irregular as it happens in biological factor. The proposed management plan naturalized plants, the first, disturbance caused by species management is a young object is removed immediately before flowering scape to eliminate or suppress the propagation of physical methods will be needed. Second, the fact that the national spread of native plant species and planting management does not provide space for the growth is very important. Third, agricultural land is disturbed by agricultural practices by interfering with the action of naturalized plants because the source of the river should be prohibited in agriculture. In the future, if we studied the naturalized plants distributed in restored streams located in Changwon-si, the characteristics of change in the ecosystem impact is expected to be beneficial.

Key Words : Urban Stream, Naturalized Index, Urbanized Index, Disturbed Index

† : 본 연구는 2013년도 경남녹색환경지원센터 연구개발사업의 일환으로 수행되었음.
Corresponding author: Kyung-Hun Park, Dept. of Environmental Engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea, Tel.: +82-55-213-3747, E-mail: landpkh@changwon.ac.kr

국문초록

본 연구는 경상남도 창원시의 가음정천에 분포하는 귀화식물을 연구함으로써 복원된 도시하천을 관리하기 위한 기초자료를 제공하기 위해 수행하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 귀화식물은 17과 36속 43종 2변종 등 총 45분류군으로 요약되었으며, 생태계교란야생식물은 돼지풀과 가시상추 등 2분류군으로 나타났다. 귀화식물의 속성정보를 요약하면, 원산지의 경우, 유럽과 북아메리카가 가장 많았다. 광범위하게 분포하고 개체수가 많은 5등급이 가장 많았으며, 이입시기의 경우, 개항 이후~1921년까지인 1기의 귀화식물이 가장 많았다. 12구간의 경우 귀화율이 41.9%로 가장 높았으며, 9구간 및 19구간은 20.5%로 가장 낮았다. 도시화지수의 경우, 1구간이 가장 높은 6.2%인 반면, 19구간 및 20구간이 가장 낮은 2.5%로 나타났다. 교란율의 경우, 2구간이 가장 높은 16.7%로 나타났다. 귀화식물의 침입원인에 대한 분석 결과, 첫 번째, 물리적 요인은 둔치 및 수로 정비가 직접적으로 영향을 미쳤다고 생각된다. 두 번째, 화학적 요인은 오수 및 탁수 유입, 토사퇴적에 의한 것으로 생각된다. 세 번째, 생물학적 요인은 생태계교란야생식물의 불규칙적인 발생으로 생각되나, 복원과의 상관성을 낮다고 판단된다. 귀화식물의 관리방안을 제시하면, 첫 번째, 교란종 관리는 어린 개체가 발생하는 즉시 제거하거나, 개화 전 화경을 제거하여 번식을 억제하는 물리적 방법이 필요할 것이다. 두 번째, 전국 확산종 관리는 자생식물을 식재하여 생육공간을 제공하지 않는 것이 중요하다. 세 번째, 농경지는 농경행위에 의한 교란과 간섭에 의해 귀화식물의 발생원으로 작용하기 때문에, 하천 내 농경행위를 금지해야 할 것이다. 향후, 창원시의 모든 복원하천에 분포하는 귀화식물을 연구한다면 생태계 변화 특성에 미치는 영향을 예측하는데 유리할 것이다.

주제어 : 도시하천, 귀화율, 도시화지수, 교란율

Ⅰ. 서론

하천은 산지에서 발원하여 평지를 거쳐 바다로 유입되는 하나의 선적 생태통로이면서 선형의 생태계를 가지고 있다. 또한 하천은 공간 구획이 명확하지 않지만, 상류, 중류, 하류와 같은 구간의 특징을 통해 다양한 생태계를 형성하고, 그 속에 많은 생물종이 서식하는 중요한 생태계 중 하나이다.

우리나라의 하천은 4대강을 중심으로 다양한 지류와 지천이 연결되어 있으며(You *et al.*, 2010), 하천을 중심으로 도시가 형성되어 인간생활과 밀접한 관련성이 있다. 따라서 하천은 인간과 생물들이 살아가는데 있어 매우 필요한 환경인데, 생물들은 하천을 순리적으로 이용한 반면, 인간은 다양한 목적을 달성하기 위한 수단으로 하천을 이용하여 많은 교란과 훼손이 발생되었다. 특히 도시 주변과 내부를 관통하는 도시하천은 인위적 간섭과 교란으로 인해 원형이 변형되어 생태적 특성을 상실하고 있다.

그러나 과거 과도한 이용압력으로 인해 변형된 하천을 인간과 자연이 공생할 수 있는 자연형 하천 및 생태하천으로 그 모습을 변화시키는데 많은 노력을 하고 있으며, 인공하천을 자연하천으로 변화시키는 과정 및 결과에 대해 흔히 '복원'이라는 용어를 사용하고 있다. 생태적 복원이란 인간에 의해 훼손된 지역을 생태계 원래의 종다양성과 역동성으로 되돌리는 것으로 생태계를 복원하고 관리하는 실제 행위이다(Kim, 1998). 또한 복원의 중요한 과제는 훼손 이전의 상태로 동일한 종조성, 종다양성 및 환경여건을 조성하는 것이기 때문에, 자연생태계의 원래 모습을 인간의 관점에서 되돌리는 것은 매우 어려운 작업이다. 현재 본 연구와 같은 도시하천, 습지, 산림 등 다양한 자연환경에 대해 복원이라는 용어가 무분별하게 사용되고 있으나, 실제 과거 상태와 동일한 환경으로 환원하지 못하였다. 이는 훼손 또는 복원되기 이전의 상태에 대한 정확한 분석과 진단이 없는 상태에서 생태적 특성보다는 인간 이용 또는 시각적 측면만 고려되었다. 이러한 이유로 인해 대부분의 도시하천은 휴양, 친수, 생태체험 등의 인간 위주의 목적으로 재 조성되었음에도 불구하고, 생태하천으로 복원되었다고 한다. 따라서 복원보다는 '복구'라는 용어의 사용과 정립이 필요하다.

복구는 생태계의 구조나 기능 중 하나가 원래 상태와 다른 새로운 상태가 되는 것으로(Séré *et al.*, 2008) 지역의 고유한 생태계 구조와 유사하지만 일치되는 것은 아니며, 원래의 상태인지 생태적으로 건강한 상태인지는 확인할 수 없기 때문에 복원과 다른 의미이다(Cho, 2011). 따라서 현재 생태하천은 하천이 훼손 및 변형되기 이전의 상태로 환원되는 것이 아니라, 시각적, 기능적 측면이 생태적 측면보다 강조되어 정확한 하천복원은 아니지만, 하천의 생태적 회복의 범용적 용어인 복원이 많이 사용되기 때문에 본 연구에서는 하천복원이라는 용어를 사용하고자 한다.

이러한 하천복원은 하도형태, 하상재질의 교체, 보 및 인공호안 철거, 식생대 조성 및 정비 등의 다양한 공종과 공법을 통해 시행한다. 이 중 식생은 자연경관 및 생물서식공간의 형성

과 함께 친수기능을 증진시키는 역할을 하며, 생태계의 중요한 기반요소인 동시에 필수적인 생태정보를 제공하므로 매우 중요한 요소이다.

따라서 본 연구는 최근 자연성을 회복하기 위해 인공화된 도시하천을 생태하천으로 조성하는 시점에서 창원시의 대표적인 생태하천인 가음정천을 대상으로 복원 후 발생된 귀화식물의 종류, 특성과 이들의 발생원인을 추정하여 향후 도시 내 건전한 생태하천 조성에 필요한 귀화식물의 기초 정보와 관리방안을 제공하고자 한다. 이는 본 연구를 통해 복원하천 내 귀화식물의 발생 양상을 다각적으로 진단함으로써 복원에 의해 발생되는 귀화식물이 하천식생의 부정적 영향을 미친다는 것을 인식하고자 하는데 목적이 있다.

Ⅱ. 연구동향

1. 하천복원

인공화된 도시하천의 복원은 도시생태계의 자연성 회복에 있어 매우 중요한 작업으로 수문, 지형, 동식물, 주변 토지이용, 수질 등 다양한 요인을 종합적으로 고려하는 과정이다. 이 중 도시하천의 자연성을 표현하는 중요한 구성요소 중 하나인 식물과 식생과 관련된 연구동향을 살펴보면, 양재천의 복원에 따른 식생 및 식물상 변화(Shin *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2011), 불광천의 직강구간과 복원구간의 식물상 비교(Jeong *et al.*, 2004), 서호천 조성기법에 따른 식물상 비교(Kim *et al.*, 2004), 청계천의 복원 전, 중, 후의 식물상 및 식생 연구(Kim *et al.*, 2006), 낙동강 지류의 소하천에 대한 수리, 수질, 동식물상 변화(Kim and Lee, 2007), 양채천 복원 후의 하천변 식생변화(Cho *et al.*, 2008), 수원천의 10년간 식생변화 분석(Choe *et al.*, 2010), 탄천 복원의 식물상 변화(Lee *et al.*, 2010) 등으로 다양한 연구가 수행되었다.

대부분 복원에 의한 출현종에 대한 기술과 언급이 주를 이루고 있어, 하천의 자연성에 대해 교란과 간섭으로 작용하는 귀화식물의 세부적인 정보 제공은 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 출현 식물상 중 귀화식물 정보를 추출하여 각 속성정보, 지수 산정 등을 수행하였다. 이는 대부분의 하천복원이 생태적, 시각적 긍정적 측면만을 강조한 기존 연구와 달리 복원에 의해 발생된 부정적 측면 중 하나인 귀화식물에 대해 연구하였기에 기존 연구와 차별된 자료라고 생각된다.

2. 하천의 귀화식물과 관리방안

하천은 귀화식물의 이동, 전파되는 중요한 선적 경로로서, 전국적으로 확산되는 기점이 되기 때문에, 주요 하천의 귀화식물에 대한 연구가 진행되었다. 이 중 하천 내 분포하는 전체식물상 조사를 통해 귀화식물을 추출하여 분석한 연구가 아닌 순수 귀화식물에 대한 연구동향을 살펴보면, 인천광역시 승기천(Shin and Cho, 2001), 광주광역시 도심하천(Lim *et al.*, 2004), 전주 도심하천(Oh and Beon, 2006), 중부지방 하천(Han *et al.*, 2007), 창원시 내동천(You *et al.*, 2010), 춘천시 태백천(Son *et al.*, 2011)에 대한 연구가 있었다. 그러나 춘천시 태백천에 대한 연구를 제외한 대부분은 전체 구간 또는 상 · 중 · 하류와 같이 넓은 공간 범위를 분석하여 구간별로 정밀한 연구는 미흡한 상태였다.

또한 상기 연구동향 중에서 내동천을 제외한 나머지 연구의 경우, 귀화식물의 종조성, 특성 및 환경지수만 제시하였을 뿐 관리방안에 대해서는 언급되지 않아 하천 내 귀화식물에 대한 관리방안에 대한 연구가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 전체 구간에 대한 연구와 함께 각 세부 구간별 귀화식물의 종정보 및 지수 산정을 수행함으로써 미시적 측면에서 연구를 진행하였으며, 발생된 귀화식물에 대한 관리방안을 언급하고 있어, 타 연구와 차별화되었다고 판단된다.

Ⅲ. 재료 및 방법

1. 연구대상지

가음정천은 행정구역 상 경상남도 창원시 가음정동, 가음동, 남산동, 대방동 등 4개 동을 포함하고 있으며, 주변 수계는 남천이 본류이다. 1982년 11월 29일에 지방하천으로 고시되었으며, 시점은 창원시 사파정동, 종점은 가음정동으로 유로연장 2.8km, 유역면적 4.02km^{2}이다(Changwon City, 2007). 또한 하천구간은 대방체육공원, 대방10~5호교, 복개구간, 대방1~4호교, 습지공원, 가음정사거리, 남천과 합류점인 대방교로 형성되어 있으며, 종경사 1/50, 상류와 하류의 고도차는 70m, 평균 유량과 유속은 각 0.5m^3/s, 0.5m/s이다(Kim *et al.*, 2013).

가음정천의 평균 수질현황은 pH 7.6, DO 8.5mg/L, SS 2.2mg/L, BOD 1.9mg/L, COD 2.7mg/L, T-P 0.1mg/L로 나타나(Gyeongnam Green Environment Center, 2013) 대체적으로 양호하였다. 도시하천에서 수질은 식물종구성, 우점종을 파악할 수 있는 자료로서, 대체적으로 오염이 심한 하천은 소리쟁이와 같은 귀화식물이 우점하는 반면, 오염되지 않은 하천의 경우 달뿌리풀, 고마리 등의 자생식물이 많이 출현한다. 특히 Kim and Lee(2006)는 다양한 영양물질의 오염으로 인한 수질악화는 다양한 외래식물의 확산을 촉진시킬 수 있다. 따라서 하천 내 수질오염에 따른 부영양화는 귀화식물 발생을 예측할 수 있는 필수 자료라고 생각된다.

가음정천의 구간별 토지이용현황을 살펴보면, 상류는 대방

체육공원 주변으로 2개의 지류로 시작하여 대방 10호교 약 65m 상부에서 합류되어 하류로 유하하며, 주변은 대부분 농경지, 공원부지로 사용되고 있었다. 대방 10~9호교까지는 대부분 단독주거단지가 입지해 있었고, 대방 9~5호교, 복개구간은 대규모 아파트 단지가 조성되어 있으며, 대방 1~4호교 구간은 아파트 단지 및 상가 등이 밀집해 있다. 대방 4호교에서 가음정사거리까지는 습지공원과 장미공원이 조성되어 있으며, 습지공원은 가음정천에서 자연성이 가장 높은 지역이다. 가음정사거리에서 대방교까지는 가음정천의 하류에 해당되며, 유속이 다른 지역에 비해 완만하고, 창원국가산업단지가 주변에 입지해 있다.

가음정천 연장 2.8km 중 아파트 밀집지역 구간은 1.7km(60.7%), 공단관통 구간은 0.6km(21.4%)로 총 2.3km(82.1%)가 인위적 압력에 노출된 구간이며, 특히 주차장으로 활용되고 있는 복개구간은 약 490m로 나타났다. 가음정천은 복개구간을 제외하고, 대부분 생태복원이 이루어진 상태이다. 상류는 토목공사보다는 식재공사만 부분적으로 시행되었으며, 특히 인위적 간섭이 빈번하게 발생되는 농경지가 다수 산재하고 있고, 중류의 대부분은 아파트단지, 상가 등이 밀집된 상태이기 때문에 주변 토지이용 상 이용압력이 높다. 따라서 상류, 중류에 해당되는 지역에서 귀화식물의 출현과 그에 따른 영향 발생이 예상된다.

2. 연구방법

귀화식물 조사는 2013년 6월, 8월에 수행하였다. 조사구간은 대방체육공원을 시점으로 남천 합류부인 대방교까지 선정하였고, 전 구간은 도보로 이동하여 조사하였다. 귀화식물의 분포양상을 정밀하게 파악하기 위해 조사구간을 약 100m 간격으로 구분하여 총 21개 구간을 조사하였으며, 복개구간은 제외하였다(Figure 1 참조).

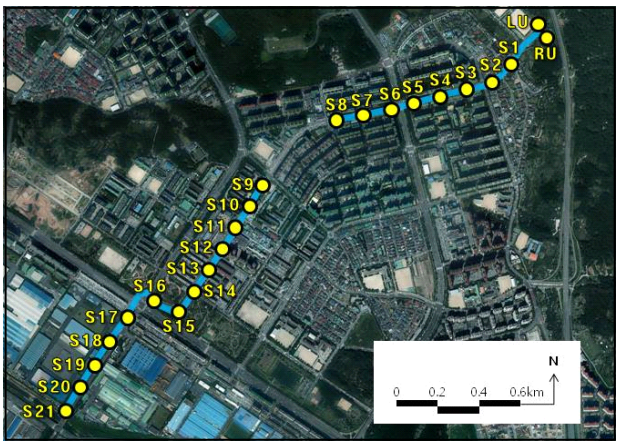


Figure 1. The section of this study in Gaeumjeong stream
(LU: Left upstream, RU: Right upstream, S: Section)

귀화식물은 Lee(2003) 및 Park(2009)의 문헌을 따라 동정 및 분류하였으며, 조사지역에서 미동정된 종은 채집 후 실험실에서 각종 문헌과 채집품간 상호 비교를 통해 정확히 동정하였다. 식물종 배열은 Engler의 분류체계(Melchior, 1964)로 정리하였고, 과내 학명은 알파벳 순으로 기재하였다(Appendix 1 참조). 배열된 식물종 목록 중 출현종이 가장 많은 과를 추출하였으며, 추출된 과별 분류군수를 통해 가음정천의 환경을 일차적으로 해석하였다.

식물명은 국가표준식물목록(Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea, 2007)에 준하여 사용하였으며, 생태계교란야생식물은 National Institute of Environmental Research(2012b)의 자료를 활용하였다.

귀화식물의 속성정보인 원산지, 귀화도, 이입시기는 Lee *et al.*(2011)의 자료를 통해 분석하였으며, 이 중 귀화도의 경우, 분포 및 개체수가 희귀한 1등급, 제한적으로 분포하거나 개체수가 적은 2등급, 광범위하게 분포하나, 개체수가 적은 3등급, 지역적으로 분포하나, 많은 개체수가 있는 4등급, 광범위하게 분포하고, 개체수가 많은 5등급으로 구분하였다. 그리고 이입시기의 경우, 개항 이후부터 1921년까지는 1기, 1922년부터 1963년까지 2기, 1964년부터 현재까지 3기로 구분하여 제시하였으며, 이 중 전국적 확산속도가 빠른 귀화도 4등급 이상, 이입시기 3기인 식물에 대해 고찰하였다.

귀화식물의 정량적 분석을 위해 Yim and Jeon(1980)이 제시한 도시화지수(UI: Urbanized Index)와 귀화율(NI: Naturalized Index)을, Oh *et al.*(2011)이 고안한 교란율(DI: Disturbed Index)을 적용하여 생태계교란야생식물의 출현 정보를 획득하였다. 이러한 도시화지수, 귀화율 및 교란율은 가음정천의 각 구간별로 지수를 비교하여 지수값의 고저에 따라 귀화식물의 출현빈도와 주변 여건의 관련성을 객관적으로 제시하기 위함이다.

가음정천 내 귀화식물의 침입 특성을 파악하기 위해 첫 번째, 물리적 요인은 하천복원에 따른 교란과 간섭에 대해 접근하였으며, 두 번째, 화학적 요인은 수질, 토사퇴적과 같은 현상과 귀화식물 침입 간의 상관성을 해석하였다. 세 번째, 생물학적 요인의 경우, 생태계교란야생식물을 중심으로 이들의 발생요인을 추정하였다.

가음정천에 대한 관리방안의 경우, 첫 번째, 생물학적 요인인 교란종에 대해 발생특성, 환경 및 제거방법에 대해 제언하였다. 두 번째, 귀화식물의 속성정보 중 하나인 귀화도와 이입시기를 활용하여 가음정천의 둔치, 수변에서 우점하는 귀화도 4등급 이상, 이입시기 3기인 종에 대해 관리방법을 제시하였다. 세 번째, 귀화율, 도시화지수 및 교란율 분석 결과 시 수치가 높은 주변 환경에 대해 개선방안을 제안하였다. 네 번째는 귀화식물에 대한 모니터링으로 가음정천의 지속가능한 보전과 관리를 하기 위함이다.

Ⅳ. 결과 및 고찰

1. 종조성 현황 및 속성

가음정천에서 확인된 귀화식물은 17과 36속 43종 2변종 등 총 45분류군으로 확인되었으며, 피지식물 중 쌍자엽식물은 16과 31속 38종 2변종 등 40분류군, 단자엽식물은 1과 5속 5종 등 5분류군으로 나타났다(Table 1 참조).

분류군수가 가장 많은 과는 국화과 18분류군(40.0%) 및 벼과 5분류군(11.1%)으로 나타났다. 이는 우리나라 귀화식물 중 국화과와 벼과의 분류군수가 가장 많다(Kang and Shim, 2002)는 것과 일치하는 경향을 보였으며, 또한 이들 과는 광조건이 좋은 지역에서 많이 출현하는데(Ryu *et al.*, 2013), 본 지역의 경우, 목본성 식생이 없는 하천인 점을 감안할 때 생육환경에 의해 이들의 출현이 많았다고 할 수 있다. 따라서 하천 내 귀화식물의 종다양성은 광조건과도 상관성이 있다고 생각된다.

가음정천과 창원시 주요 수계에 분포하는 귀화식물을 비교해 보면, 내동천 45분류군(You *et al.*, 2010), 창원천 및 남천 각 37분류군(Park *et al.*, 2010)으로 나타나, 내동천과 함께 가장 많은 귀화식물이 분포하는 것으로 확인되었다. 가음정천이 생태하천으로 복원되었음에도 불구하고, 귀화식물이 많은 것은 도시 내 환경압력이 높고, 인위적 간섭과 교란이 빈번하게 발생한 결과라고 생각된다. 조사된 귀화식물 중 생태계교란야생식물은 돼지풀과 가시상추 2분류군으로 나타났으며, 대부분 단일 개체가 산재된 형태하고 있었고, 둔치에서만 관찰되었다.

귀화식물의 원산지를 살펴보면, 유럽 17분류군(37.8%), 북아메리카 15분류군(33.3%), 남아메리카 및 열대아메리카 각 4분류군(8.9%), 유라시아 3분류군(6.7%), 아시아 2분류군(4.4%)으로 분석되었다. 귀화도의 경우, 1등급과 4등급은 각 3분류군(6.7%), 2등급은 7분류군(15.6%), 3등급은 12분류군(26.7%), 5등급은 20분류군(44.4%)으로 나타났다. 이입시기의 경우, 1기는 24분류군(53.3%), 2기는 6분류군(13.3%), 3기는 15분류군(33.3%)으로 확인되었다(Figure 2 참조).

귀화도가 4등급 이상이고 이입시기가 3기인 식물은 전국적인 확산이 예상되는 종인데(Lee *et al.*, 2011), 본 지역의 경우, 종지나물, 큰비짜루국화, 미국가막사리, 울산도깨비바늘, 가시상추, 큰이삭풀, 큰김의털 등 6분류군으로 나타났다.

Table 1. The taxonomic category numbers of naturalized plants in Gaeumjeong stream

Level	Family	Genus	Species	Variety	Subtotal
Angiospermae					
Dicotyledoneae	16	31	38	2	40
Monocotyledoneae	1	5	5	-	5
Total	17	36	43	2	45

2. 지수분석

Figure 3은 가음정천의 구간별 귀화율(NI), 도시화지수(UI) 및 교란율(DI)에 대한 분석 결과이다. 귀화율은 12구간이 가장 높은 41.9%이며, 9구간 및 19구간이 가장 낮은 20.5%로 분석되었다. 또한 도시화지수의 경우, 1구간이 가장 높은 6.2%로 확인되었으며, 19구간 및 20구간이 가장 낮은 2.5%로 나타났다. 그리고 19구간은 귀화율과 도시화지수가 공통적으로 낮았다. 교란율의 경우, 2구간이 가장 높은 16.7%로 나타났으며, 우측상

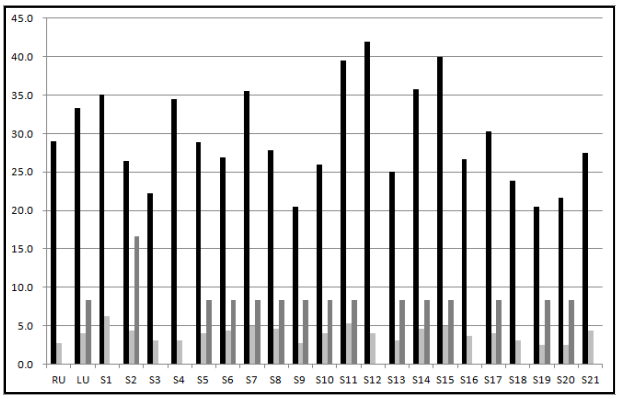
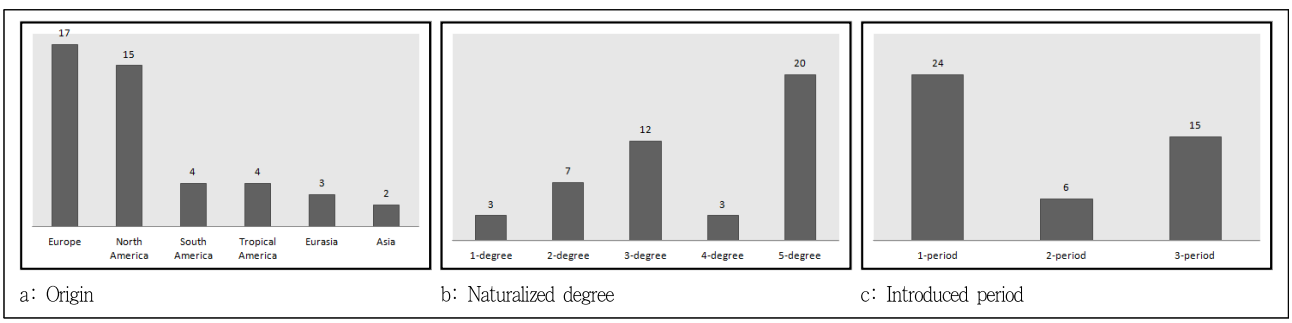


Figure 3. The NI, UI and DI by sections in Gaeumjeong stream
Legends: NI UI DI



a: Origin b: Naturalized degree c: Introduced period

Figure 2. The attribute data of naturalized plants in Gaeumjeong stream

류·1구간·3구간·4구간·12구간·16구간·18구간·21구간을 제외하고, 각 8.3%로 분석되었다.

귀화율, 도시화지수 및 교란율이 가장 높은 구간의 현황, 상태, 구조 및 경관에 대한 특성을 요약하면 Table 2와 같다. 도시화지수가 높은 1구간의 경우, 출현종은 57분류군, 귀화식물은 20분류군, 생태계교란야생식물은 출현하지 않았다. 본 구간은 좌·우측 상류의 합류점으로, 상류에는 농경지가 많이 형성되어 있는 지역이며, 농경행위 이외 이용형태는 관찰되지 않았다. 그리고 호안은 콘크리트 직벽형태를 하고 있었으며, 보와 교량이 설치된 상태이다. 특히 보의 상부에는 퇴적토가 많이 있었고, 퇴적토 위에 귀화식물이 많이 정착하였다. 본 구간의 퇴적토 주변이 귀화식물 발생의 근원으로 작용하여 도시화지수가 높게 나타난 것으로, 이는 농경행위가 직접적인 원인이라고 생각된다.

교란율이 가장 높은 2구간의 경우, 출현종은 53분류군, 귀화식물은 14분류군, 생태계교란야생식물은 2분류군이며, 둔치 내 불법 농경지가 존재하였다. 하천 내에는 보가 설치되어 있었으며, 둔치는 무관리 상태로 방치되어 있었다. 특히 2구간은 하천 둔치 내 불법 농경지가 있는 것이 다른 구간과 달랐으며, 다른 인위적 영향은 없었다. 즉, 본 구간은 환경변화에 의한 교란보다는 농경행위로 유입된 생태계교란야생식물이 인위적 간섭이 없는 상태에서 과거부터 생육하고 있었기 때문으로 생각된다.

귀화율이 가장 높은 12구간의 경우, 출현종은 31분류군, 귀화식물은 13분류군, 생태계교란야생식물은 확인되지 않았다. 현재 갯버들이 수변 주변에 식재된 상태였으며, 산책로가 조성되어 있었다. 구간의 구조적 특성의 경우, 호안 주변으로 방틀 설치와 조경석 쌓기가 시행되었으며, 여울이 조성되어 있었다. 주변으로는 시장 등의 상가와 아파트 밀집지역이 형성되어 있고, 인위적 간섭이 많은 지역이다.

특히 조경석 쌓기 및 깔기 등의 하도정비를 실시하였으나, 다른 지역과 달리 여울에 의해 일부 범람된 지역이 있어 식생활착이 원활하지 못한 것으로 관찰되었으며, 식생이 정착하지 못한 사질 형태의 나지가 다수 관찰되었다. 따라서 복원공사와 같은 교란과 간섭에 의해 나지의 선구적 역할을 하는 귀화식물이 침입하여 귀화율이 높게 나타난 것으로 생각된다. 즉, 하천의 물리적 구조가 훼손되어 하천 고유 생태성이 훼손될수록 귀화율이 높다(Chun, 2013)는 연구결과와 비교해볼 때 본 구간의 경우 복원공법이 적용되었으나, 하천의 물리적 환경 교란과 간섭이 빈번하게 발생되었기 때문에 자연성이 낮다고 판단된다.

3. 침입원인

1) 원인 요약

물리적, 화학적 및 생물학적 요인에 의한 귀화식물 침입원인은 Table 3과 같다. 물리적 요인의 경우, 둔치 및 수로 정비, 산책로 조성, 데크 설치 등과 같은 하천 정비와 복원을 위한 토목공사에 의한 것으로 판단된다. 화학적 요인은 주변 상가로부터의 오수 유입과 가음정천과 연결되어 있는 소지류에서 발생되는 탁수 유입, 토사 유입과 퇴적이며, 생물학적 요인은 생태계교란야생식물의 발생인 것으로 생각된다.

침입원인을 세부적으로 살펴보면, 물리적 요인의 경우, 둔치 정비는 S3에서 S21에 걸쳐 시행되었으며, 수로 정비는 S6에서부터 S21까지로 적극적인 생태복원구간이다. 산책로는 S8에서부터 S21까지 조성되어 있었는데, 주변에 아파트단지가 밀집되어 있고, 습지공원 등이 연계되어 있어, 이용자가 많아 이용압력이 높은 지역이었다. 데크 설치는 S16에서부터 S17까지이며,

Table 2. The characteristics of the highest sites by NI, UI and DI

Site (Cause)	Status	Condition	Structure	View point
S1 (UI↑)	- No. of surveyed species : 57 taxa - No. of naturalized plant : 20 taxa - No. of invasive alien plant : 0	- Natural vegetation - Arable land - No use and utilization except for arable land	- Bridge and weir - Stream confluence	
S2 (DI↑)	- No. of surveyed species : 53 taxa - No. of naturalized plant : 14 taxa - No. of invasive alien plant : 2 taxa	- Natural vegetation - Arable land - No use and utilization except for arable land	- Weir - Unmanaged riverside	
S12 (NI↑)	- No. of surveyed species : 31 taxa - No. of naturalized plant : 13 taxa - No. of invasive alien plant : 0	- Planting of shrub - Construction of walkway - Restoration section - Inflow of sewage	- Stone masonry - Shallows section	

Table 3. The invasive factors of naturalized plant in Gaeumjeong stream

Factor	Cause	Section
Physical	- Maintenance of riverside - Maintenance of waterway - Construction of walk - Installation of deck	- S3~21 - S6~21 - S8~21 - S16~17
Chemical	- Inflow of sewage - Inflow of muddy water - Sedimentation by soil inflow	- S11~12 - S8 - S1~5
Biological	- Occurrence of invasive alien plant	- Whole section except for RU, S1, S3, S4, S12, S16, S18 and S21

주로 습지공원 주변으로 자연관찰 및 산책용으로 이용되었다.

화학적 요인의 경우, 오수 유입은 S11에서 S12구간 사이에서 발생되었으며, 비점오염원 형태를 하고 있었다. 특히 주변 상가에서 오수가 방출되는 것으로 생각되며, 쓰레기 투기도 관찰되었다. 탁수의 경우, 가음정천의 소지류 합류점인 S8에서 발생되었는데, 소지류 인근의 토목공사로 인해 발생된 것으로 확인되었다. 토사유입에 따른 퇴적 현상은 S1에서 S5까지 관찰되었는데, 이 구간은 가음정천의 상류 및 중류 시작점으로 상류에서 유입된 토사가 낙차보에 의해 유속이 감속되면서 퇴적된 것으로 관찰되었다.

생물학적 요인은 생태계교란야생식물 출현에 의한 것으로 우측 상류, S1, S3, S4, S12, S16, S18, S21을 제외하고 전 구간에서 관찰되었으며, 불규칙적인 양상을 보였다.

2) 원인 분석

가음정천의 귀화식물에 대해 도시화지수를 활용하여 침입원인을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 물리적 요인의 경우, 둔치 및 수로 정비 구간은 평균 4.0%, 산책로 조성 및 데크 설치 구간은 평균 3.9%로 나타나, 전체 구간의 도시화지수 평균 4.0%와 비교할 시 둔치 및 수로 정비 구간이 평균과 같게 나타났으며, 산책로 및 데크 구간은 낮았다.

따라서 가음정천의 귀화식물 침입에 대한 물리적 요인은 둔치 및 수로 정비가 직접적인 원인으로 작용했다고 생각된다. 특히 하천 공사는 기존 식생을 제거하고 하도를 정비함으로써 하천에 대한 인위적 간섭과 교란을 발생시켜 하천생태계에 부정적 영향을 유발시키기도 한다. 물론 생태적 기능을 상실한 도시하천의 생태하천으로 복원은 하천 및 도시생태계의 회복과 증진을 위해 필요한 과제이지만, 예측불가능한 귀화식물의 발생이 유발될 수 있다는 점도 고려해야 할 것이다.

즉, 하천과 수생태계는 인위적 간섭과 교란에 취약하다는 것으로 생각되며, 원 식생에 대한 간섭은 귀화식물의 발생과 직결되기 때문에 부정적 영향을 나타낸다. 남한강 비내늪의 경우,

Table 4. Analysis on invasive factor using UI in Gaeumjeong stream

Factor	Section	UI		Effect
		Average of section	Average of whole section	
Physical	S3~21	4.0	4.0	Direct
	S6~21	4.0	4.0	Direct
	S8~21	3.9	4.0	Indirect
	S16~17	3.9	4.0	Indirect
Chemical	S11~12	4.7	4.0	Direct
	S8	4.7	4.0	Direct
	S1~5	4.2	4.0	Direct
Biological	Whole section except for RU, S1, S3, S4, S12, S16, S18 and S21	4.0	4.0	Indirect

4대강 사업에 의해 복원 전보다 복원 후에 귀화식물의 발생이 더 많았으며, 특히 자연식생이 훼손되어 생태계에 악영향을 초래하였다(You *et al.*, 2012). 또한 양재천의 경우, 복원공사 이후 식물상 증가와 함께 귀화식물도 지속적인 증가 추세를 보였다(Kim *et al.*, 2004)고 보고하고 있어, 하천 복원 시 미치는 생태계의 영향과 압력을 논의하는 단계가 필요할 것이다.

화학적 요인의 경우, 오수유입구간은 평균 4.7%, 탁수 유입구간도 4.7%, 상류에서 발생된 토사가 퇴적된 구간은 평균 4.2%로, 전체 구간의 도시화지수보다 모두 높은 것으로 확인되었다. 하천생태계의 변화요인 중 화학적 요인은 각종 오염물질과 토사유입이 원인이 된다(Hong *et al.*, 2005). 수질과 식물 간의 관계성의 경우, Kim *et al.*(2006)에 의하면 생활오폐수, 공장폐수에 의해 수질오염과 저토 오염이 심각한 하천에서는 종다양성이 낮고, 특정 종에 의해 단순화된다고 하였다. 그러나 본 구간의 수질오염이 심한 상태는 아니지만, 다른 구간과 달리 오수 및 탁수가 유입되고 있었다. 앞서 언급한 수질오염이 심한 하천은 낮은 종다양성과 특정종이 우점하는 경향과는 달리, 다른 구간에 비해 도시화지수가 높고, 귀화식물종 또한 다양하게 나타났다. 그러나 현지 조사 시 오수 및 탁수 유입현상을 확인하였을 뿐 정확한 수질측정은 하지 않았기 때문에, 향후 수질과 귀화식물 발생간의 상관성을 정확하게 검증하는 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

또한 토사가 퇴적된 구간도 높은 도시화지수를 보였는데, 상류에서 토사가 퇴적된 지역이 귀화식물의 정착 및 생육근원지 역할을 하기 때문으로 판단된다. 특히 토사퇴적 구간은 대부분 보가 설치되어 있었기에 향후 보를 제거하고, 다른 낙차 구조물이나 유속을 감속시킬 수 있는 방안이 모색된다면 가음정천의 생태성, 자연성 및 안전성이 동시에 확보될 수 있을 것으로 기대된다.

생물학적 요인의 경우, 생태계교란야생식물이 출현한 구간은 평균 4.0%로 전체 구간 평균과 동일하게 나타났다. 하천에서의 생물학적 침입은 일반적으로 외래종 유입 즉, 생태계교란종의 침입이 일반적 견해이다. 그러나 가음정천에서의 생태계교란야생식물 침입의 경로, 원인을 정확하게 규명한다는 것이 한계가 있으며, 이들 종이 분포하는 구간에는 다양한 귀화식물도 함께 생육하고 있어, 생물학적 요인은 복원과 낮은 관련성을 가진다고 할 수 있다. 특히 돼지풀의 경우, 복원 전인 2003년에도 생육이 확인되어(Changwon City, 2003) 복원 전부터 생육하고 있어 발생원인은 부정확하나, 주변 농경지나 나지에서 침입되었을 가능성이 높다. 따라서 생물학적 요인은 물리적 요인, 화학적 요인보다는 침입에 대한 간접적인 원인이 될 것으로 생각된다.

상기 결과를 요약해 보면, 물리적 요인의 경우, 둔치 및 수로정비와 같은 토목공사에 의한 발생, 화학적 요인의 경우 오수 및 탁수 유입, 토사퇴적이 직접적인 원인으로 추정된다.

4. 관리방안

1) 교란종 관리

가음정천에서 확인된 생태계교란야생식물인 돼지풀과 가시상추의 관리방안은 다음과 같다. 돼지풀은 1950년대 국내에 유입된 것으로 추정되며, 자생식물의 생장 억제, 꽃가루 알레르기 질환을 유발시키고, 높은 번식력과 환경적응력으로 급속히 확산되는 종이다. 주로 돼지풀은 반입 토양 내 종자가 혼입되어 발생되기 때문에 예방이 가장 중요하나, 현재 예방은 될 수 없기 때문에 물리적 제거가 요구된다. 일년생인 돼지풀은 일차적으로 어린 개체를 발생 즉시 제거하면 가장 효율적이다. 만약 어린 개체의 제거 후에 불규칙적으로 발생된 성체는 개화 전에 화경을 절단하여 종자 결실이 되지 않도록 하는 것이 좋을 것이다. 그러나 어린 개체에 대한 제거 작업 시 과도한 토양 교란은 토양 내 매토종자의 발아 기회를 제공해 줄 수 있기 때문에 토양 교란을 최소화할 수 있도록 제거 계획을 수립해야 할 것이다.

가시상추는 과거 생태계교란야생식물로 지정되지 않았으나, 2012년에 지정되어 현재 생태적 관심종이다. 가시상추는 바람에 의해 주로 종자가 산포되는 특징을 가지고 있는데, 가음정천의 경우, 상류에서부터 하류로 계곡풍이 형성되는 지역이다. 따라서 상류부에 있는 가시상추를 우선적으로 제거하는 것이 필요할 것이며, 돼지풀과 마찬가지로 개화 전 화경을 제거하여 종자 생산을 억제하는 것이 중요하다. 가시상추는 생물학적 방제도 가능할 것으로 판단되는데, 맵시고추밤나방 애벌레가 가시상추의 잎을 섭식하는 특징을 가지고 있으므로(National Institute of Environmental Research, 2012b) 이를 천적으로 활용하는 것도 좋을 것이다.

2) 전국 확산종 관리

전국적인 확산이 예상되는 귀화도 4등급 이상, 이입시기 3기인 식물 중 가음정천에서 많이 관찰된 미국가막사리, 울산도깨비바늘, 큰김의털에 대한 관리방안은 다음과 같다.

미국가막사리는 농수로, 습지 등의 습한 지역에서 다발하여 피해를 유발시키는 종으로(Rho and Lee, 2004), 가음정천에서도 많은 개체수와 소군락이 관찰되었다. 대부분 미국가막사리는 수변에서 생육하고 있었기 때문에 일차적으로 미국가막사리를 제거한 후, 부들, 갈대, 달뿌리풀, 물억새 등의 정수식물 및 습생식물을 밀식하여 생육공간을 제공하지 않도록 해야 할 것이며, 종자가 인간의 몸에 달라 붙어 전파되는 특성이 있기 때문에 개화기 때 화경에 제거하여 종자가 결실되지 않도록 해야 할 것이다.

울산도깨비바늘은 남부지방에서 주로 출현하나, 점차 중부지방으로 확산되고 있는 경향을 나타내며, 본 지역의 경우, 주로 둔치나 농경지에서 관찰되었다. 울산도깨비바늘의 종자 확산은 여러 가지의 경로가 있으나, 종자의 외형적 특성 상 인간이나 동물의 몸에 붙어 확산되는 특성을 가지고 있다. 즉, 본 지역에서 확인된 울산도깨비바늘은 둔치나 농경지에 주로 생육하는데, 이들 지역은 인간 활동이 빈번하게 이루어지는 지역이다. 따라서 울산도깨비바늘의 확산은 주로 인간에 의해 이동 및 전파되는 것으로 예상된다. National Institute of Environmental Research(2012a)의 경우, 울산도깨비바늘은 인구 이동이 빈번하고 간섭이 많은 지역을 중심으로 확산되기 때문에, 인간 이동을 확산기작으로 보고 있어, 본 지역의 확산기작과 일치하는 것으로 추정된다. 따라서 확산 방지를 위해 둔치 주변에 있는 울산도깨비바늘을 제거해야 하며, 일년초인 점을 감안하여 개화 전에 화경에 절단하는 것이 좋다.

큰김의털은 둔치에서 출현하였으며, 군락형태로 생육하고 있었다. 본 지역의 경우, 가음정천 상류를 횡단하는 국도 25호선이 개설되어 있으며, 절토 사면에 큰김의털이 식재되어 있었다. 따라서 식재된 큰김의털 종자가 강우와 함께 가음정천 본류로 유입되어 발생된 것으로 추정된다. 큰김의털은 종자생산량이 많고 총생하기 때문에, 자생종 생육을 억제하므로 제거가 필요하다. 따라서 6월과 8월에 결실 방지를 위해 단계적인 제거가 효율적이나(National Institute of Environmental Research, 2008), 사면녹화 시 자생종 식재를 통해 근본적으로 유입을 억제하는 것이 바람직할 것이다. 따라서 하천의 귀화식물 관리에 있어 생태계교란야생식물과 함께 전국적으로 급속히 확산되는 종에 대한 관리를 병행해야 할 것이다.

또한 제거된 확산종의 지속적인 관리를 위해서는 제거 후 회복지수(RRI: Remove-Recover Index)가 필요하다(Hong *et al.*, 2005). 이는 인위적 제거 후 일정기간 동안 제거된 종이 얼마나 재발생하는지를 측정하는 것으로, 지수가 높을수록 제거하기

어려운 종이기 때문에 특별 관리가 필요하므로, 일시적 제거보다는 제거 후 발생양상을 면밀히 검토할 수 있는 제거 후 회복지수를 가음정천에 적용한다면 보다 체계적인 관리가 될 수 있을 것으로 기대된다.

3) 농경지 관리

가음정천 내의 농경지는 유휴지에서 존재하였는데, 이러한 지역과 인접한 구간에서 도시화지수와 교란율이 가장 높았으며, 이는 토지 이용과 귀화식물 발생에 관련성이 있다는 것으로 해석할 수 있다. Kim and Oh(2011)는 인간활동이 많은 농경지에 귀화식물의 유입확률이 높다고 하였다. 본 구간의 경우도 주변 농경지에서 발생한 귀화식물 종자가 물과 함께 유하하다가 수계합류점인 본 구간의 퇴적토에서 발생되었기 때문에 높은 도시화지수는 농경행위가 직접적인 원인이라고 생각된다.

이에 가음정천에서 귀화식물의 발생 억제를 위해서 농경지에 대한 관리도 필요할 것이다. 즉, 농경지에서 발생된 귀화식물이 하천 내로 유입되는 것으로 추정되기 때문에 농경지 또한 귀화센터의 역할을 한다. 농경지는 대부분 둔치 주변에 형성되어 있기 때문에 하천경관의 저해뿐만 아니라, 재배작물인 상추, 들깨, 쑥갓 등의 종자가 하천수에 의해 전역으로 확산되어 식생경관 또한 이질적인 지역이 관찰되었다.

따라서 농경행위를 금지하여 식생이 발생될 수 있도록 해야 할 것이나, 농경지가 유휴지화 될 경우, 호광성 선구 개척식물인 개망초, 망초 등이 우점할 가능성이 높기 때문에 식생벨트를 조성하는 것이 좋을 것이다. 식생벨트 조성 시 지역 내 자생종을 식재하는 것이 가장 좋은 방법이 될 수 있으며, 부득이하게 식재가 어려울 경우, 부처꽃, 물억새, 금불초, 벌개미취, 꼬리조팝나무 등의 자생 경관식물을 활용하여 인위적 식생벨트를 조성하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

4) 모니터링

귀화식물은 새로운 환경에 적응하기 위해 생식능력과 생존전략이 자생식물보다 월등히 뛰어난 종들이 다수이다. 따라서 하천 내 귀화식물을 물리적, 화학적 및 생물학적 방제를 실시했다고 하더라도 지속적으로 출현하기 때문에, 이에 대한 주기적인 모니터링과 감시활동이 필요하다. 특히 모니터링은 지속적인 관찰의 의미도 있지만, 조사된 기초 자료를 토대로 향후 관리 매뉴얼을 개발하여 도시 복원하천의 귀화식물 관리에 활용하는 방법이 고안되어야 할 것이다. 또한 국립공원의 훼손지 모니터링과 유사하게 연간 2회 정도의 정기적인 활동을 통해 시계열적 변화를 감지할 수 있는 모니터링 계획도 수립되어야 할 것이다.

가음정천의 모니터링을 효율적으로 수행하기 위해서는 조사지점의 선정도 매우 중요하다고 판단된다. 하천의 전형적인 종적 구조인 상류, 중류, 하류역에 대해 귀화식물의 발생빈도가 높은 대표 지점에 대해 고정 조사구 개념을 적용하여 출현 귀화식물종뿐만 아니라, 평면 분포 양상인 우점도, 군도, 식피율과 함께 초본류의 생태적 지위를 산정할 수 있는 적산우점도 등을 산출하여 정확한 군락동태를 파악하는 것이 체계적인 귀화식물 관리에 유리할 것으로 생각된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 창원시에 위치한 가음정천의 귀화식물 특성을 복원에 따른 종조성 및 지수 변화를 파악함과 아울러 복원하천의 귀화식물에 대한 발생특성을 분석하는데 목적이 있다.

가음정천에서 분포하는 귀화식물은 17과 36속 43종 2변종 등 총 45분류군으로 조사되었으며, 생태계교란야생식물은 돼지풀과 가시상추 2분류군으로 확인되었다. 귀화식물의 속성정보를 요약하면 원산지의 경우, 유럽과 북아메리카가 가장 많았으며, 귀화도는 광범위하게 분포하고 개체수가 많은 5등급이, 이입시기는 개항 이후부터 1921년까지인 1기가 가장 많았다. 또한 전국적으로 확산속도가 빠른 귀화도가 4등급 이상이고 이입시기가 3기인 귀화식물은 종지나물, 큰비짜루국화, 미국가막사리, 울산도깨비바늘, 가시상추, 큰이삭풀, 큰김의털 등 6분류군으로 나타났다.

구간별 지수 분석 결과, 귀화율은 12구간이 가장 높은 41.9%를 나타내었으며, 9구간과 19구간이 가장 낮은 20.5%로 분석되었다. 12구간은 주변이 상가와 밀집된 아파트 단지가 위치해 있어 인위적 간섭이 많고 다른 구간에 비해 상대적으로 귀화식물이 많았기 때문에 귀화율이 높았다. 또한 여울에 의한 범람 등으로 식생기반이 불량하여 자연 및 복원식생의 활착이 비교적 다른 구간보다 좋지 않아 귀화식물의 침입이 많은 것으로 생각된다.

도시화지수는 1구간이 가장 높은 6.2%로 분석되었고, 19구간 및 20구간이 가장 낮은 2.5%로 산출되었다. 1구간은 상류 주변에 조성된 농경지가 많았는데, 인간활동이 빈번하게 이루어지기 때문에 간섭과 교란이 지속적으로 작용하고 있었으며, 농경지에서 발생된 귀화식물이 합류점인 1구간에 집중되어 나타난 결과라고 생각된다. 교란율의 경우, 2구간이 가장 높은 16.7%로 나타났는데, 둔치 내 불법 농경지가 잔존하고 있었으며, 다른 구간과 달리 식재만 이루어진 상태이기 때문에 기존에 생육한 개체 또는 농경행위에 의해 유입된 개체가 발생되어 교란율이 높았다.

귀화식물의 침입원인을 분석하면, 첫 번째, 물리적 요인의 경우, 둔치 및 수로 정비가 직접적으로 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 즉, 생태하천을 조성하기 위한 토목공사는 직강화 및 인공화된 하천을 생태하천으로 조성하는데 필수적이지만, 예측

불가능한 귀화식물의 발생의 근원이 될 수 있다고 생각된다. 두 번째, 화학적 요인의 경우, 주변 지역으로부터의 오수 및 탁수 유입과 함께 상류에서 침식된 토양의 퇴적 현상이 직접적인 영향을 미쳤다고 생각된다. 특히 퇴적된 토사는 귀화식물이 생육할 수 있는 공간을 형성하기 때문에 이에 대한 적절한 관리가 필요하다. 세 번째, 생물학적 요인의 경우 생태계교란야생식물의 발생에 의한 것으로 자생종 생육에 악영향을 초래한다. 그러나 생태계교란야생식물이 불규칙적으로 분포하고 있어 직접적인 침입원인을 규명하는데 한계가 있기 때문에 복원과의 상관성은 낮다고 생각된다.

가음정천에 대한 관리방안을 제시하면, 첫 번째, 돼지풀과 가시상추와 같은 교란종 관리는 어린 개체가 발생하는 즉시 제거하거나, 개화 전 화경을 제거하여 번식을 억제하는 물리적 방법이 필요할 것이다. 두 번째, 전국 확산종 관리의 경우, 미국가막사리는 수변 주변에 분포하고 있어, 정수 및 습생식물을 식재하여 생육공간을 제공하지 않는 것이 필요하며, 울산도깨비바늘은 화경 제거, 큰김의털은 사면녹화용으로 파종된 것이 유입되었기 때문에, 향후 자생종을 활용한 사면녹화를 실시하여 종 확산을 막는 것이 요구된다.

세 번째, 농경지는 농경행위에 의한 교란과 간섭에 의해 귀화식물의 발생원으로 작용하기 때문에 하천 내 농경행위를 금지해야 할 것이며, 폐농된 지역은 수변식생 벨트를 조성하는 것이 좋을 것이다. 네 번째, 귀화식물의 변화 분석을 위해 지속적인 모니터링을 통해 하천 내 확산에 대한 감시체계를 구축하는 것이 좋을 것이다.

본 연구는 도시 내 복원하천인 가음정천에 분포하는 귀화식물에 대해 종조성, 생태계교란야생식물, 귀화율·도시화지수 및 교란율을 분석하여 복원에 따른 하천생태계의 변화를 파악하는 의의가 있다. 그러나 가음정천 내 분포하는 귀화식물을 군락단위가 아닌 구간별 종수에 의존하였기 때문에, 실제 하천 내 귀화식물의 평면적 분포양상을 파악하는데 무리가 있다고 생각된다. 또한 가음정천만을 대상으로 하였기에 복원공사가 미치는 귀화식물 발생 특성을 규명하는데 한계가 있다. 따라서 향후 창원시의 복원하천에 분포하는 귀화식물과 가음정천의 특성에 대한 관련성을 연구한다면 귀화식물이 복원하천에 미치는 영향을 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

References

1. Changwon City(2003) Basic Plan and Feasibility Study on the Monitoring of Natural Ecosystem in Changwon City. Changwon City, Changwon.
2. Changwon City(2007) The Plan of Environment Conservation in Changwon City. Changwon City, Changwon.
3. Cho, D. G.(2011) Ecological Restoration Planning and Designing. Seoul: NEXUS Environmental Design Centre.
4. Cho, H. J., H. S. Wo, J. W. Lee and K. H. Cho(2008) Changes in riparian vegetation after restoration in a urban stream, Yangjae stream. Journal of Korean Wetlands Society 10(3): 111-124.
5. Choe, I. H., B. H. Han and K. S. Ki(2010) The change of riverside vegetation by construction of ecological stream in Suwoncheon, Gyeonggi province. Kor. Env. Eco. 24(6): 723-734.
6. 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.
7. Gyeongnam Green Environment Center(2013) Assessment and Analysis on eco-environment, social and economic effect of the ecological restoration river project for environmental capital, Changwon. Gyeongnam Green Environment Center, Changwon.
8. Han, J. E., S. Y. Kim, W. H. Kim, J. Y. Lee, J. H. Kim, T. H. Ro and B. H. Choi(2007) Distribution of naturalized plants at stream in middle part of Korea. Korean J. Environ. Biol. 25(2): 115-123.
9. Hong, S. K., H. J. Kang, E. S. Kim, J. G. Kim, C. H. Kim, E. J. Lee, J. C. Lee, J. S. Lee, B. S., Ihm, Y. S. Jung and H. R. Jung(2005) Restoration Ecolgoy and Engineering: Conservation and Management of Habitats and Ecotope. Seoul: Life Science Publishing Co.
10. Jeong, J. A., H. J. Kim and E. H. Lee(2004) The comparison of plants and vegetation transect in a straight and a restoration section-a case study of Bulgwang stream in Seoul, Korea-. Kor. J. Env. Eco. 18(1): 61-74.
11. Kang, B. H. and S. I. Shim(2002) Overall status of naturalized plants in Korea. Kor. J. Weed Sci. 22(3): 207-226.
12. Kim, C. S., J. Y. Ko, J. S. Lee, J. B. Hwang, S. T. Park and H. W. Kang(2006) Screening of nutrient removal hydrophyte and distribution properties of vegetation in tributaries of the West Nakdong river. Korean J. Environ. Agri. 25(2): 147-156.
13. Kim, H. H., J. H. Park, J. Y. Hwang, H. D. Kang and G. S. Jung(2013) Water quality and ecological monitoring of the Gaeumjeongcheon and Bansongsohacheon stream in the city of Changwon. Journal of Agriculture & Life Science 47(5): 73-82.
14. Kim, H. J., S. W. Kim and S. Y. Kim(2006) Changes in water quality, flora and vegetation of Cheonggye stream before, during and after its restoration. Kor. J. Env. Eco. 20(2): 235-258.
15. Kim, H. S. and C. H. Oh(2011) Distribution characteristics of naturalized plants according to characteristics of landscape ecology in rural village of Korea. Kor. J. Env. Eco. 25(3): 389-403.
16. Kim, J. W. and Y. K. Lee(2006) Riparian Vegetation of South Korea. Daegu: Keimyung University Press.
17. Kim, K. H. and H. R. Lee(2007) Evaluation on disturbance and adjustment of close-to-nature river improvement for creek. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 10(3): 71-77.
18. Kim, N. C.(1998) A study on the ecological restoration strategies for the disturbed landscapes. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 1(1): 28-44.
19. Kim, S. G., G. E. Kim, J. E. Lee, D. H. Shin and K. S. Lee(2004) Urban stream landscape improvement after natural-style stream restoration-case study of Yangjae stream, Seoul-. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 7(5): 66-74.
20. Kim, S. Y., H. J. Kim and K. S. Lee(2004) The difference on the plant flora and vegetation caused by the different technique of stream restoration at the Seo-Ho stream. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 7(3): 26-34. (in Korean with English summary)
21. Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea (2007) A Synonymics List of Vascular Plants in Korea. Korea National Arboretum and The Plant Taxonomic Society of Korea, Seoul.
22. Lee, S. D., H. K. Kang and H. S. Jang(2010) Monitoring vegetation changes after constructing the vegetation-mat measures for greening

in embankment-a case study of Tancheon, Seongnam-. Kor. J. Env. Eco. 24(3): 302-317.
23. Lee, T. B. (2003) Coloured Flora of Korea. Vol. Ⅰ,Ⅱ. Seoul: Hyangmunsa.
24. Lee, Y. H., B. H. Kang, C. S. Na, G. Y. Yang, T. G. Min and S. H. Hong(2011) Herbal flora and succession of stream under management conditions after its restoration-case study of Yangjaecheon in Seoul-. Kor. J. Weed Sci. 31(1): 49-70.
25. Lee, Y. M., S. H. Park, S. Y. Jung, S. H. Oh and J. C. Yang(2011) Study on the current status of naturalized plants in South Korea. Korean J. Pl. Taxon. 41(1): 87-101.
26. Lim, D. O., Y. M. Ryu and I. C. Hwang(2004) An analysis of the environmental index and the distribution of naturalized plants im large rivers of downtown Gwangju metropolitan city. Kor. J. Env. Eco. 18(3): 288-296.
27. Melchior, H.(1964) A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. Band Ⅱ. Berlin: Gebruder Borntraeger.
28. National Institute of Environmental Research(2008) Detailed Studies on Invasive Alien Species and Their Management(Ⅲ). National Institute of Environmental Research, Incheon.
29. National Institute of Environmental Research(2012a) Detailed Studies on Invasive Alien Species and Their Management(Ⅶ). National Institute of Environmental Research, Incheon.
30. National Institute of Environmental Research(2012b) Ecosystem Disturbance Species. National Institute of Environmental Research, Incheon.
31. Oh, H. K. and M. S. Beon(2006) Analysis of the environmental index and situation naturalized plants in the stream of downtown Jeonju. Korean J. Environ. Biol. 24(3): 248-257.
32. Oh, H. K., J. H. Sagong and J.H. You(2011) Analysis on environmental indices and naturalized plants distributed in Gyeryong-si, Korea. Kor. J. Env. Eco. 25(4): 479-489.
33. Park, K. H., J. H. You and Y. C. Yoon(2010) The characteristics and flora of Changwon and Nam stream located in Gyeongsangnam-do. J. Korean Env. Res. Tech. 13(5): 12-27.
34. Park, S. H.(2009) New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea. Seoul: Ilchokak.
35. Rho, Y. D. and M. H. Lee(2004) Germination characteristics of *Bidens tripartita* and *Bidens frondosa* occurring in paddy fields. Kor. J. Weed Sci. 24(4): 299-307.
36. Ryu, H. S., S. H. Park, K. S. Chang, H. S. Choi, S. G. Ha, H. J. Lee and Y. M. Lee(2013) Distribution of vascular plants in Is. Yeonpyeongdo regions. Korean J. Environ. Ecol. 27(2): 147-169.
37. Séré, G., C. Schwartz, S. Ouvrard, C. Sauvage, J-C. Renat and J. L. Morel(2008) Soil construction: a step for ecological reclamation of derelict lands. J. Soils Sediments 8(2): 130-136.
38. Shin, D. H. and K. H. Cho(2001) Vegetation structure and distribution of exotic plants with geomorphology and disturbance in the riparian zone of Seunggi stream, Incheon. Korean J. Ecol. 24(5): 273-280.
39. Shin, D. H., T. S. Roh, W. Y. Oh and K. S. Lee(2003) Floral change in the urban stream after natural stream work. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 31(4): 67-73.
40. Son, H. J., C. H. Ahn, S. I. Ahn, N. Y. Kim, Y. S. Kim and W. G. Park(2011) Distribution characteristics of the naturalized plants in the stream of downtown and urban forest of Chuncheon city. Jour. Korean For. Soc. 100(2): 184-201.
41. Yim, Y. J. and E. S. Jeon(1980) Distribution of naturalized plants in the Korean Peninsula. Korean Jour. Botany 23(3-4): 69-83.
42. You, J. H., K. H. Park and Y. C. Yoon(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.
43. You, J. H., Y. S. Ahn and C. H. Lee(2012) Flora and ecological characteristics before and after construction of the Binae marsh, Namhan River. J. Korean Env. Res. Tech. 15(4): 61-80.

원 고 접 수 일: 2014년 4월 21일
심 사 일: 2014년 5월 14일(1차)
2014년 6월 12일(2차)
2014년 8월 4일(3차)
게 재 확 정 일: 2014년 8월 4일
3인익명 심사필

Appendix 1. The list of naturalized plants in Gaeumjeong stream

Family name	Scientific-Korean name	Orig.[a]	N.D.[b]	Int-p.[c]	Form[d]
Polygonaceae	*Rumex crispus* L. 소리쟁이	EU	5	1	H
Phytolaccaceae	*Phytolacca americana* L. 미국자리공	NA	3	3	G
Chenopodiaceae	*Chenopoidum album* L. 흰명아주	EA	5	1	Th
	Chenopodium ficifolium Smith 좀명아주	EU	5	1	Th
Amaranthaceae	*Amaranthus blitum* L. 개비름	EU	3	1	Th
Papaveraceae	*Papaver rhoeas* L. 개양귀비	EU	1	2	Th
Cruciferae	*Brassica juncea* (L.) Czern. 갓	AS	5	1	Th
	Lepidium apetalum Willd. 다닥냉이	EU	3	1	Th
	Thlaspi arvense L. 말냉이	EU	3	1	Th
Rosaceae	*Potentilla supina* L. 개소시랑개비	EU	3	1	Ch
Leguminosae	*Robinia pseudoacacia* L. 아까시나무	NA	5	1	M
	Trifolium pratense L. 붉은토끼풀	EU	3	1	Ch
	Trifolium repens L. 토끼풀	EU	5	1	Ch
Oxalidaceae	*Oxalis corymbosa* DC. 자주괭이밥	SA	2	2	H
Euphorbiaceae	*Euphorbia supina* Raf. 애기땅빈대	NA	5	1	Th
Simaroubaceae	*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle 가죽나무	AS	5	1	M
Violaceae	*Viola papilionacea* Pursh 종지나물	NA	4	3	H
Onagraceae	*Oenothera biennis* L. 달맞이꽃	NA	5	1	Th
Convolvulaceae	*Ipomoea hederacea* Jacq. 미국나팔꽃	TA	3	3	Th
	Ipomoea hederacea var. *integriuscula* A.Gray 둥근잎미국나팔꽃	TA	2	3	Th
Scrophulariaceae	*Veronica arvensis* L. 선개불알풀	EA	3	1	Th
	Veronica persica Poir. 큰개불알풀	EA	5	2	Th
Compositae	*Ambrosia artemisiifolia* L. 돼지풀*	NA	5	2	Th
	Aster subulatus var. *sanswicensis* A.G.Jones 큰비짜루국화	TA	5	3	Th
	Bidens frondosa L. 미국가막사리	NA	5	3	Th
	Bidens pilosa L. 울산도깨비바늘	SA	4	3	Th
	Conyza bonariensis (L.) Cronquist 실망초	SA	2	1	Th
	Conyza canadensis (L.) Cronquist 망초	NA	5	1	Th
	Coreopsis lanceolata L. 큰금계국	NA	2	2	H
	Coreopsis tinctoria Nutt. 기생초	NA	2	1	Th
	Cosmos sulphureus Cav. 노랑코스모스	NA	2	2	Th
	Erigeron annuus (L.) Pers. 개망초	NA	5	1	Th
	Erigeron philadelphicus L. 봄망초	NA	1	3	H
	Galinsoga ciliata (Raf.) S.F.Blake 털별꽃아재비	TA	3	3	Th
	Helianthus tuberosus L. 뚱딴지	NA	3	1	G
	Lactuca sativa L. 가시상추*	EU	5	3	Th
	Solidago serotina Aiton 미국미역취	NA	2	3	H
	Sonchus asper (L.) Hill 큰방가지똥	EU	5	1	Th
	Sonchus oleraceus L. 방가지똥	EU	3	1	Th
	Taraxacum officinale Weber 서양민들레	EU	5	1	H
Gramineae	*Bromus uniolodes* H.B.K. 큰이삭풀	SA	4	3	H
	Dactylis glomerata L. 오리새	EU	5	1	H
	Festuca arundinacea Schreb. 큰김의털	EU	5	3	H
	Lolium multiflorum Lamarck 쥐보리	EU	3	3	Th
	Poa compressa L. 좀포아풀	EU	1	3	H

* Invasive alien plant

[a] Orig.: Origin(EU: Europe, NA: North America, EA: Eurasia, AS: Asia, SA: South America, TA: Tropical America)

[b] N.D.: Naturalized degree(1: rare, 2: local and not abundant, 3: common but not abundant, 4: local but abundant, 5: common and abundant)

[c] Int.-p.: Introduced period(1: 1876~1921, 2: 1922~1963, 3: 1964~the present)

[d] Form: Raunkiaer's life form(M: megaphanerophytes, Ch: chamaiphytes, H: hemicryptophytes, G: geophytes, Th: therophytes)