

습지 복원을 위해 하나의 대조지소로 선정된 둌병의 식생

안지홍·임치홍·정성희·이창석**

서울여자대학교 대학원 생명환경공학과

*서울여자대학교 생명환경공학과

Vegetation of Doombeong selected as a reference site for restoring wetland

Ji Hong An·Chi Hong Lim·Song Hie Jung·Chang Seok Lee**

Department of Bio & Environmental Technology, Graduate School, Seoul Women's Univ.

*Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's Univ.

(Received : 22 September 2016, Revised: 21 March 2017, Accepted: 13 April 2017)

요약

본 연구는 습지가 크게 부족한 우리나라의 현실에서 습지 복원에 요구되는 기초 생태 정보를 얻기 위해 수행되었다. 이러한 목적을 이루기 위해 본 연구에서는 비교적 온전한 둌병을 유지하고 있는 충북 괴산 일원의 둌병을 대상으로 습지 복원을 위한 기초생태정보를 수집하였다. 둌병에 성립한 식생 중 인위적 간섭으로 성립한 식생을 제외하고 자연적으로 성립한 식생을 대상으로 식생의 수평적 분포를 종합하면, 수역에는 개구리밭군락, 마름군락, 가래군락, 보풀군락, 긴혹삼릉군락 및 송이고랭이군락, 수변에는 고마리군락, 골풀군락, 여뀌바늘군락, 환삼덩굴군락, 큰개여뀌군락, 물억새군락, 달뿌리풀-갈대군락 및 도루박이군락, 지하수위가 중간 정도인 관목식생대에는 짚레꽃군락, 조팝나무군락 및 갯버들군락, 지하수위가 높은 곳에 성립한 교목 및 아교목식생대에는 신나무군락과 버드나무군락이 성립하는 경향이 있었다. 수집한 식생정보에 기초하여 서열화한 결과, 수생식물 우점 식분, 습생대식물 우점 식분 및 수변식물 우점 식분으로 대별되는 경향이 있었다. 이러한 식분을 이루는 주요 식물군락의 생태적 위치와 종 조성을 생태연못을 조성하기 위한 대조생태정보로 제시하였다. 나아가 습지가 발휘하는 기능을 통해 그것의 중요성과 복원의 필요성을 논의하였다.

핵심어 : 괴산, 대조생태정보, 둌병, 생태연못, 습지복원

Abstract

This study was carried out to obtain basic ecological information required for wetland restoration in Korea where wetland is very deficient. To arrive at the objective, we collected the basic ecological information for wetland restoration in four Doombeongs located on Goesan of Chungcheongbuk-do (province), central Korea where maintains relatively integrate feature of Doombeong. Synthesized horizontal distribution of vegetation based on vegetation established naturally except that established by artificial interference, *Potamogeton distinctus* community, *Spirodela polyrhiza* community, *Sagittaria aginashi* community, *Trapa japonica* community, *Scirpus triangulatus* community, and *Sparganium japonicum* community, *Persicaria thunbergii* community, *Juncus effusus* var. *decipiens* community, *Ludwigia prostrata* community, *Humulus japonicus* community, *Persicaria nodosa* community, *Miscanthus sacchariflorus* community, *Phragmites communis* - *P. japonica* community, and *Scirpus radicans* community, *S. gracilistyla* community, *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora* community, and *Rosa multiflora* community, and *Salix koreensis* community and *Acer tataricum* subsp. *ginnala* community tended to be established in aquatic zone, herbaceous plant dominated vegetation zone, shrub dominated vegetation zone, and tree and sub-tree dominated vegetation zone, respectively. As the result of DCA ordination based on vegetation data collected from several Doombeongs and their surrounding areas, plant communities tended to be classified into aquatic, wetland, and riparian plant dominated stands. Spatial niche and species composition of major plant communities composing those stands were suggested as the reference information for creating ecological pond as a type of wetland. Further, the importance of wetland and the necessity of wetland restoration was discussed based on functions that the wetland displays.

Key words : Doombeong, ecological pond, Goesan, reference information, wetland restoration

* To whom correspondence should be addressed.
Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's Univ.
E-mail: leecs@swu.ac.kr

1. 서 론

습지 (wetland)는 영구적 또는 계절적으로 습윤 상태를 유지하면서, 특별히 그 상태에 적응된 식생이 성립해 있는 곳을 말한다 (Cylinder et al., 1995). 습지는 육지 (terrestrial system)와 수계 (aquatic system) 사이의 일종의 전이지대 (ecotone)로서 (Cowardin et al., 1979), 종다양도가 높은 생태계 (Mitsch and Gosselink, 2000)이다. 또한 습지는 지구상에서 영양물질이 가장 풍부하고 생산성이 높은 생태계로 인식되고 있으며, 여러 가지 생태적 기능을 제공하는 것으로 알려져 있다 (Mulamootti et al., 1996).

습지와 직접적으로 관련된 국제 협약으로서 특히 물새 서식지로 국제적으로 중요한 습지에 관한 협약 (Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat; The Ramsar Convention on Wetlands)은 1971년 이란의 람사에서 체결되었는데, 이 협약에서 습지에 관한 정의는 비교적 폭넓게 사용되고 있다. 람사협약의 제1조 1항에서는 자연적이든 인공적이든, 영구적이든 일시적이든, 정수이든 유수이든, 담수, 기수 혹은 염수이든, 간조 시 수심 6 m를 넘지 않는 해수 지역을 포함하는 늪, 습원, 이탄지 또는 수체를 습지로 규정하고 있다. 또한 제2조 1항에서는 습지에 인접한 수변과 섬, 그리고 습지 내의 저수위 시 6 m를 초과하는 해양도 함께 습지로 고려하고 있다. 그밖에 양어장, 농경지, 연못, 관수 농경지, 저수지, 운하 등과 같은 곳은 인공습지 (human-made wetlands)로 분류하고 있다 (Mitsch and Gosselink, 2000).

이처럼 90여 개국이 논의하여 채택한 람사협약에 의한 정의는 매우 광범위하여 수심 6 m까지의 영구적인 침수지역을 습지로 보고 있다. 반면에, Cowardin 체계 (Cowardin et al., 1979)는 수심 2 m까지를 습지의 한계로 보고 그 이상을 깊은 물 (deep water)로 구분하여 람사협약에 의한 정의와 차이를 보이고 있으며, 습지생태계에 다른 서식처, 즉 수변 서식처 (riparian habitats), 깊은 물 (deep water) 지역, 그리고 인공습지를 포함시키고 있다.

우리나라의 습지보전법 (1999년 2월 8일 제정) 제2조 1항에서는 “담수, 기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로 내륙습지와 연안습지를 말한다”라고 정의하고 있다. 한편, 동조 2항에서는 “내륙습지라 함은 육지 또는 섬 안에 있는 호 (湖) 또는 소 (沼)와 하구 (河口) 등의 지역을 말한다”고 정의하고 있다.

우리나라 습지보전법의 기준에 따르면 국내의 습지는 해안 (연안)습지 (coastal wetland)와 내륙습지 (inland wetland)로 구분할 수 있으며, 내륙습지는 유형에 따라 하구습지 (estuary wetlands), 하천습지 (riverside wetlands), 하천 배후습지 (back marshes), 산지습지 (mountain wetlands), 석호 (lagoons) 및 기타 (논, 저지대, 휴경지, 유희지 등)로 구분할 수 있다 (Kang et al., 2010).

우리나라는 지각이 비교적 안정되어 지진, 화산, 습곡, 단층활동이 적고, 또 빙하로 덮힌 적이 없어 자연습지 또는 자연호

(natural lake)가 비교적 적은 편이며, 분포지역도 일부지역에 한정되어 있다. 석호 (lagoon)는 함경북도에서 경상남도에 걸친 동해안 지역에 분포하고, 배후습지 (back marsh, back swamp)와 늪은 낙동강 중류인 경상남도과 경상북도 사이에 많이 분포하고 있다. 하적호 (river-bed lake)는 하도 (河道) 변화가 심한 북한의 두만강 하류에 집중 분포되어 있고, 산지 습지로는 대암산 용늪, 정족산 무제치늪, 제주의 오름습지와 다양한 산지습지들이 새롭게 발견되고 있다 (Korea National Arboretum, 2015). 또한 해안에는 갈 발달한 갯벌이 서해안을 중심으로 해안역에 펼쳐져 있고, 필갯벌, 모래갯벌, 혼합갯벌 등의 다양한 갯벌과 염습지들이 있다 (Ministry of Environment, 2013).

우리나라에서 구체적인 습지 면적을 파악하는 데는 한계가 있지만, 환경부와 해양수산부의 자료에 따르면 우리나라의 내륙습지는 491 km²이고, 해안습지는 2,393 km²에 달한다 (<http://www.me.go.kr>).

논은 매년 5~6월에 기경하여 관수하는 특수한 입지로 모내기 후 벼의 결실기까지 3~4개월 동안은 통상 계속 5~10cm 깊이로 관수 조건 아래 놓인다 (Song, 1997). 이와 같은 논은 습지식물과 호흡성 경작지 식물이 자라 식량 자원의 생산뿐만 아니라 생태적, 경제적, 문화적, 수리적 기능과 수질정화 및 기후조절과 같은 습지의 기능을 수행한다 (Spelleberg, 1994; Kleinhenz et al., 1996).

둠병은 논 의 일부로서 주로 지하수가 솟아 나오는 지역에 위치한다. 따라서 그 물을 벼가 자라는 곳으로 직접 흘러보내지 않고 가두어 수온을 조절하고 가뭄 시에는 관개수를 공급하여 논 경작에서 중요한 역할을 하는 공간이다. 둠병은 인위적으로 조성되었지만 조성 후에는 자연의 과정에 맡겨져 습지의 특성을 간직하고 있는 중요한 생태적 공간이다. 특히 전 국토의 약 10%를 차지하는 습지가 논으로 전환된 것을 고려하면 (Ministry of Environment, 2013) 논이 본래 가지고 있는 생태적 속성을 밝히는데도 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

둠병에 대한 연구는 둠병의 유형 분류 (Kim et al., 2011a), 유형 별 수환경 특성 및 습생식물의 연관성 검토 (Kim et al., 2011b) 그리고 수환경 특성이 식물 및 수서곤충 군집에 미치는 영향 (Kim et al., 2016) 등 기초연구가 이루어진 바 있다. 그러나 그 정보를 습지 복원 차원에서 검토한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구는 습지가 크게 부족한 우리나라의 현실에서 습지 복원에 요구되는 기초 생태 정보를 얻는데 목표를 두고 있다. 이러한 목표에 도달하기 위해 본 연구에서는 비교적 온전한 둠병을 가지고 있는 충북 괴산 일원의 둠병을 대상으로 습지 복원을 위한 기초생태정보를 수집하였다.

2. 연구방법

2.1 조사지 개황

본 연구는 충청북도 괴산군 청천면 대터리 및 후영리에 위치한 둠병 4개소를 선정하여 습지식물의 공간 분포와 조

성을 조사하여 수행하였다 (Fig. 1). 본 연구에서는 둌병 지소를 각각 둌병 A, B, C 및 D로 구분하였다. 둌병 A와 B는 계단식 폐경 논 사이에 위치하고 있다. 수심은 1 m 이내로 깊지 않고, 지하수가 용출되는 샘통형 둌병으로서 (Kim et al., 2011a) 수위변동이 심하지 않다. 둌병 C와 D는 밭과 과수원 사이에 위치하여 주로 논에 위치한 전형적인 둌병과 차이를 보이고 있다. 즉 샘보다는 저수지에 가까워 수위 변동이 있지만 이를 지하수로 보충해주는 형태를 취하고 있다.

본 연구를 위해 선정된 둌병은 람사협약의 습지 유형 분류 체계 (Ramsar Convention Secretariat, 2006)에 따르면, 과거 농사용으로 사용될 때는 Man made-Agriculture-Farm ponds, small tanks를 나타내는 코드 2에 해당하였다. 그러나 지금은 농업용으로는 사용되지 않고 자연보존 차원에서 유지되고 있는 것으로서 Inland-Palustrine-Permanent-Emergent-Permanent freshwater pools and marsh를 나타내는 코드 Sp에 해당한다.

한편, 둌병에 대한 국내 연구에서 구분한 기준 (Kim et al., 2011a)에 근거하면, A와 B는 샘통형 그리고 C와 D는 권물샘통형에 해당한다.

2.2 조사 방법

둌병의 식생구조를 파악하기 위해 충북 괴산지역에 위치한 4개 둌병에 30개 방형구 (1X1 m, 2X2 m 및 5X5 m)를 설치하고 식생조사를 실시하였다. 식생조사는 2003년 5월부터 9월 사이에 식물사회학적 방법 (Braun-Blanquet, 1964)을 적용하여 수행하였다. 식물군락 별 종 조성을 비교하기 위해 DCA (detrended Correspondence analysis) 서열법을 적용하였다. 수집된 식생자료에서 각종의 피도계급을 그 계급이 나타내는 식피율 범위의 중간 값으로 전환한 후 전체 출현종의 합에 대한 각종의 상대 값으로 구한 중요치 (important value)로 삼았다. 이 과정에서 출현빈도 5% 이하의 종은 제외하였다. 식물의 동정은 Lee (1985), Park (1995, 2001) 및 Ryang et al. (2004)을 따랐다. 식생의 서열화는 PC-ORD (Version 6.0; McCune and Mefford, 1999)를 이용하여 수행하였다.

식생단면도는 둌병을 가로질러 2 m 폭의 띠조사구를 설치하고 그 안에 출현하는 식생의 단면을 도식화하여 작성하였다. 평면도는 둌병 전체를 덮을 수 있는 면적의 조사구를 설치하고 이를 1 m 간격의 격자로 세분한 후 그 안에 출현하는 식생의 단면을 도식화하여 작성하였다.

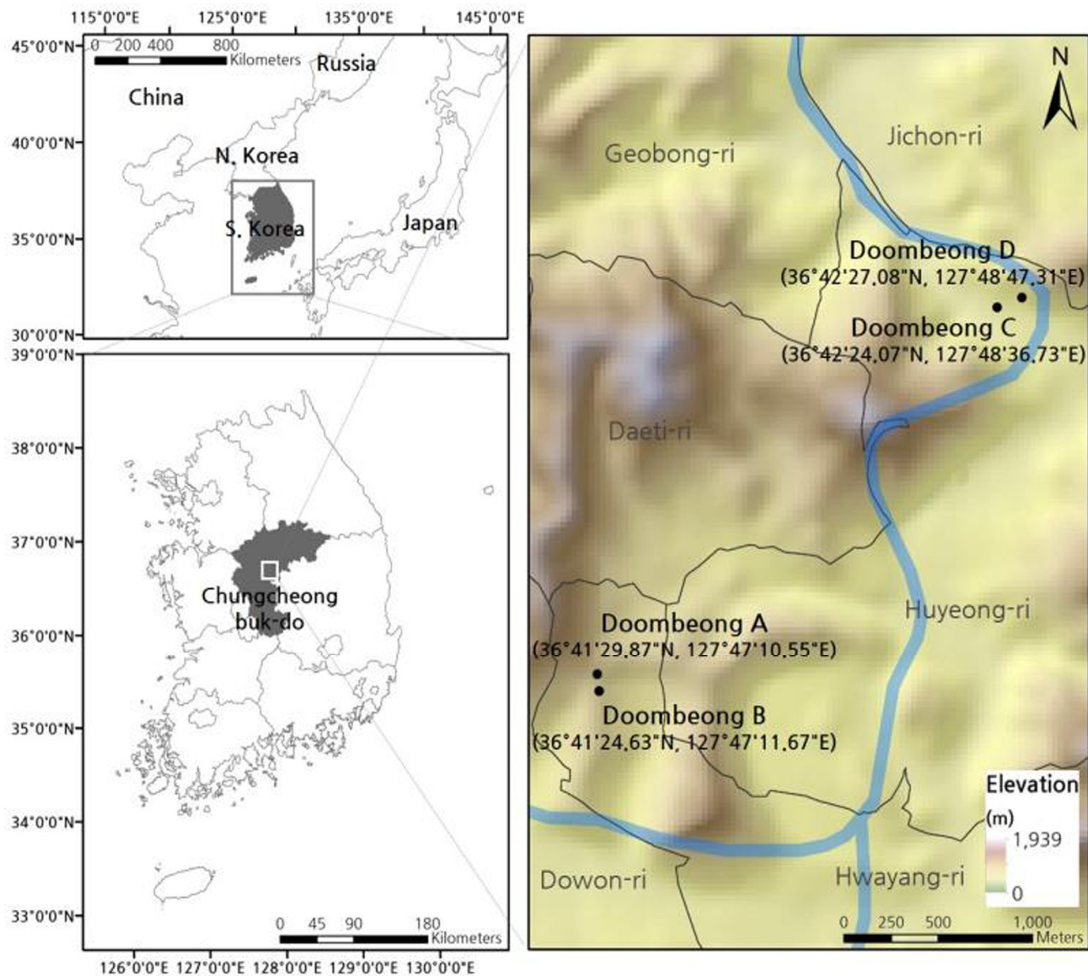


Fig. 1. A map showing the geographic location of four Doombeongs investigated.

3. 결 과

3.1 식생의 공간분포

둠병 A, B, C 및 D의 단면 및 평면을 Figs. 2-5에 나타내었다. 둠병 A의 장축과 단축의 길이는 각각 18 m와 13 m로 나타났다. 수변 저지대의 사면에는 고마리군락 (*Persicaria thunbergii* community), 미국가막사리군락 (*Bidens frondosa* community)이 성립해 있고, 이보다 경사가 완만한 중간지대에는 쑥군락 (*Artemisia princeps* community), 찔레꽃군락 (*Rosa multiflora* community), 조팝나무군락 (*Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora* community), 수고약 3 m의 신나무군락 (*Acer tataricum* community) 및 쑥군락이 성립되어 있다. 육지 역에는 수고 9 m 정도의 버드나무군락 (*Salix koreensis* community)이 성립되어 있고, 수변의 사면부와 평지의 경계부분에는 망초 (*Conyza canadensis*), 개망초 (*Erigeron annuus*), 비짜루국화 (*Aster subulatus*) 등의 외래종이 출현하였다 (Fig. 2). 한편, 수역에는 개구리밥 (*Spirodela polyrhiza*)이 드물게 출현하고 있다. 둠병 A에는 지하수위 구배를 따라 종 조성 및 기능군의 변화가 뚜렷하게 나타났다. 즉, 수변 초지는 고마리군락, 관목립지는 조팝나무군락과 찔레꽃군락 그리고 교목 및 야교

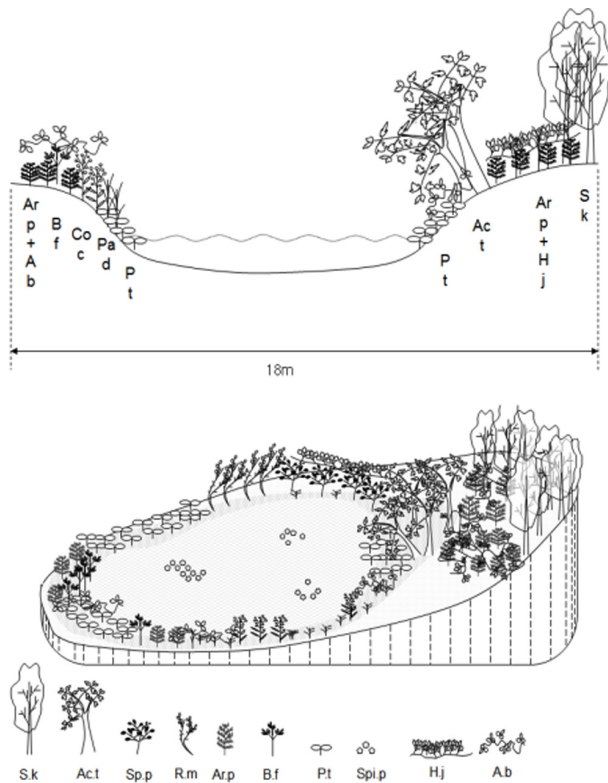


Fig. 2. Diagrams showing the horizontal (lower) and the vertical (upper) stratifications of vegetation established in Doombeong A. (Ab: *Amphicarpaea bracteata*, Act: *Acer tataricum*, Ar.p: *Artemisia princeps*, Bf: *Bidens frondosa*, Coc: *Conyza canadensis*, Hj: *Humulus japonicus*, Pt: *Persicaria thunbergii*, Rm: *Rosa multiflora*, Sk: *Salix koreensis*, Sp.p: *Spiraea prunifolia*, Spi.p: *Spirodela polyrhiza*).

목립지는 신나무군락 및 버드나무군락으로 이루어져 그 체계와 조성을 모방하면 습지복원을 위한 대조생태정보로 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

둠병 B는 길이 3 m, 폭 2 m의 비교적 작은 규모이다. 수변에는 고마리군락, 골풀군락 (*Juncus effusus* var. *decipiens* community), 여뀌바늘군락 (*Ludwigia epilobioides* community) 및 환삼덩굴군락 (*Humulus japonicus* community)으로 이루어진 초지가 우점해 있다. 수변으로부터 거리가 먼 곳에는 물억새 (*Miscanthus sacchariflorus*)와 구릿대 (*Angelica dahurica*)가 드물게 분포하였다 (Fig. 3). 이 지소는 수변에 목본식물이 발달하지 않은 단순한 식생구조를 나타내었다.

둠병 C의 장축과 단축의 길이는 각각 27 m와 15 m로 나타났다. 둠병 C에는 부유식물, 부엽식물, 정수식물 및 수변식물이 다양하게 성립해 있다. 부유식물로는 개구리밥군락, 부엽식물로는 마름군락 (*Trapa japonica* community), 가래군락 (*Potamogeton distinctus* community), 정수식물로는 보풀군락 (*Sagittaria aginashi* community), 긴흑삼릉군락 (*Sparganium japonicum* community) 및 송이고랭이군락 (*Scirpus triangulatus* community)이 출현하였고, 둠병 사면에는 큰개여뀌군락 (*Persicaria nodosa* community), 고마리군락이 성립해 있다. 정수식물 중 긴흑삼릉은 산림청 보존우선 순위 187위인 흑삼릉 (*Sparganium erectum*)과 같은 흑삼릉과 흑삼릉속의 식물로서 보존 가치가 크다. 둠병 주변에는 뽕만지 (*Helianthus tuberosus*), 망초, 개망초, 비짜루국화 등의 외래종과 질경이, 딱지꽃 (*Potentilla viscosa*) 등의 식물이 드물게 출현하고 있다 (Fig. 4).

둠병 D의 식생분포에서 수역에는 마름군락이 전체 수면의 80% 이상을 덮고, 달뿌리풀 (*Phragmites japonica*)이

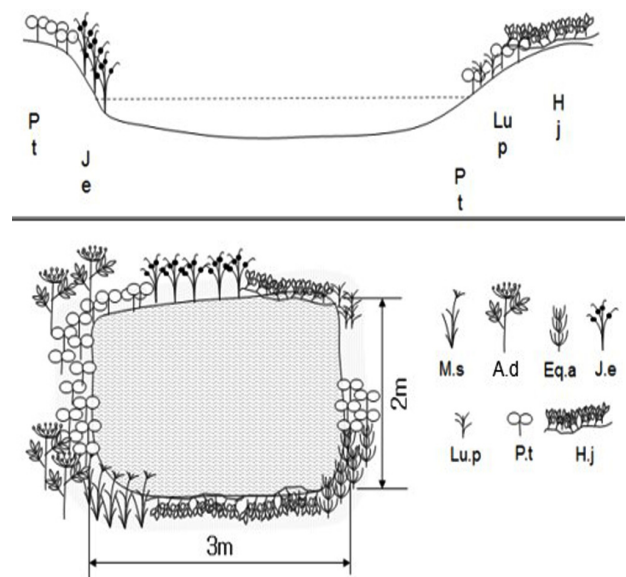


Fig. 3. Diagrams showing the horizontal (lower) and the vertical (upper) stratifications of vegetation established in Doombeong B. (Ad: *Angelica dahurica*, Eqa: *Equisetum arvense*, Hj: *Humulus japonicus*, Je: *Juncus effusus*, Lup: *Ludwigia prostrata*, Ms: *Miscanthus sacchariflorus*, Pt: *Persicaria thunbergii*).

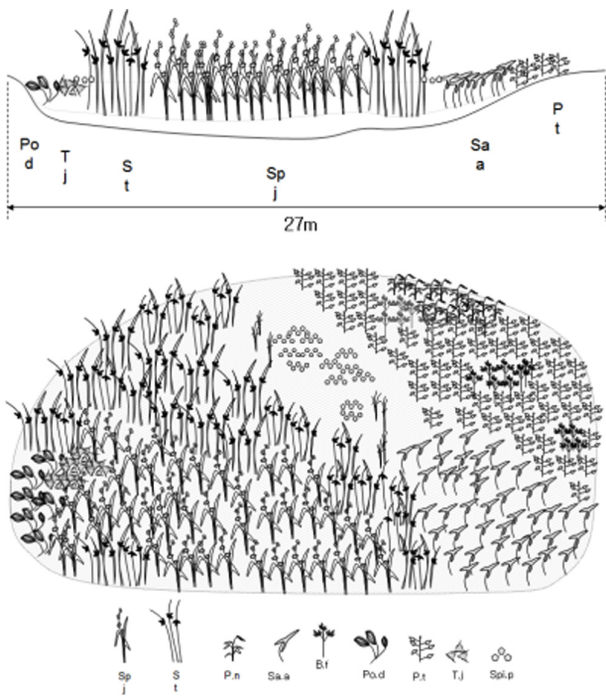


Fig. 4. Diagrams showing the horizontal (lower) and the vertical (upper) stratifications of vegetation established in Doombeong C. (Bf: *Bidens frondosa*, Pn: *Persicaria nodosa*, Pod: *Potamogeton distinctus*, Pt: *Persicaria thunbergii*, Saa: *Sagittaria aginashi*, Sp: *Spirodelia polyrhiza*, St: *Scirpus triangulatus*, Tj: *Trapa japonica*).

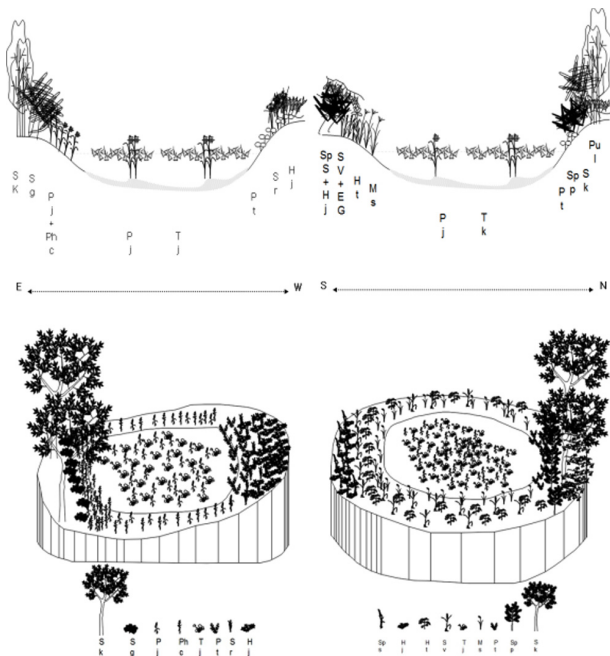


Fig. 5. Diagrams showing the vertical stratifications of vegetation established in Doombeong D. (Hj: *Humulus japonicus*, Ht: *Helianthus tuberosus*, Ms: *Miscanthus sacchariflorus*, Phc: *Phragmites communis*, Pj: *Phragmites japonica*, Pt: *Persicaria thunbergii*, Pul: *Pueraria lobata*, Sg: *Salix gracilistyla*, Sk: *Salix koreensis*, Spp: *Spiraea prunifolia*, Sps: *Spodiopogon sibiricus*, Sr: *Scirpus radicans*, Sv: *Setaria viridis*, Tj: *Trapa japonica*).

작은 군락을 이루어 성립해 있다. 수변 저지대의 북쪽과 서쪽 사면에는 고마리군락, 남쪽사면에는 물억새군락 그리고 동쪽사면에는 달뿌리풀-갈대군락 (*P. japonica-Phragmites communis* community)이 성립되어 있다. 경사가 완만한 중간지대에는 동, 서, 남, 북 방향의 순서로 각각 갯버들군락 (*Salix gracilistyla* community), 도루박이군락 (*Scirpus radicans* community), 뽕단지군락, 버드나무-조팝나무군락이 출현하고 있다. 물과 비교적 거리가 먼 지대에는 동쪽과 북쪽 방향에는 버드나무군락이 우점하고, 남쪽 방향에는 조팝나무-환삼덩굴군락과 강아지풀-돌피군락 (*Setaria viridis-Echinochloa crus-galli* community), 서쪽 방향에는 환삼덩굴-도루박이군락이 성립해 있다 (Fig. 5).

3.2 둠병에 성립한 주요 식물 군락의 공간분포

둠병 A에는 개구리밥군락, 고마리군락, 미국가막사리군락, 썩군락, 조팝나무군락, 짚레꽃군락, 신나무군락 및 버드나무군락의 7개 식물군락, 둠병 B에는 고마리군락, 골풀군락, 여뀌바늘군락 및 환삼덩굴군락의 4개 식물군락, 둠병 C에는 개구리밥군락, 마름군락, 가래군락, 보풀군락, 긴흑삼릉군락, 송이고랭이군락, 큰개여뀌군락 및 고마리군락의 8개 식물군락 그리고 둠병 D에는 마름군락, 달뿌리풀군락, 고마리군락, 물억새군락, 달뿌리풀-갈대군락, 갯버들군락, 도루박이군락, 뽕단지군락, 버드나무-조팝나무군락, 조팝나무-환삼덩굴군락, 강아지풀-돌피군락 및 환삼덩굴-도루박이군락의 11개 식물군락이 성립해 있다 (Figs. 2-5).

둠병 A, B, C 및 D에 성립한 식물군락 중 인위적 간섭으로 성립한 식물군락을 제외하고 자연적으로 성립한 식생을 중심으로 식생의 수평적 분포를 종합하면, 수역에는 개구리밥군락, 마름군락, 가래군락, 보풀군락, 긴흑삼릉군락 및 송이고랭이군락, 수변에는 고마리군락, 골풀군락, 여뀌바늘군락, 환삼덩굴군락, 큰개여뀌군락, 물억새군락, 달뿌리풀-갈대군락 및 도루박이군락, 지하수위가 중간 정도인 관목식생대에는 짚레꽃군락, 조팝나무군락 및 갯버들군락, 지하수위가 높은 곳에 성립한 교목 및 아교목식생대에는 신나무군락과 버드나무군락이 성립하는 경향이였다 (Figs. 2-5).

3.3 식물군락의 서열화

4개의 둠병에서 수집된 식생자료에 근거하여 식분을 서열화한 결과 (Fig. 6), I 축 상에서는 수생식물이 우점하는 군락 (마름군락, 송이고랭이군락, 가래군락 및 보풀군락)과 수변에 생육하는 식물군락이 구분되어 분포하였다.

한편, II 축 상에서는 습생대식물 우점군락 (고마리군락, 고마리-골풀군락, 고마리-보풀군락, 갈풀-고마리군락, 신나무-고마리군락 및 버드나무군락)과 수변식물 우점군락 (사위질빵군락, 환삼덩굴군락, 조팝나무군락 및 짚레꽃군락)이 구분되어 분포하였다.

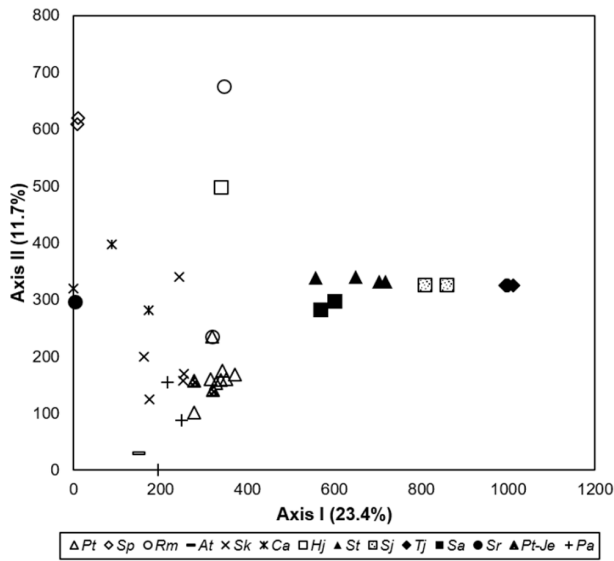


Fig. 6. DCA ordination of major plant communities established on Doombeong and its riparian zone based vegetation data collected from each community. Axes I and II accounted for 23.4% and 11.7% of variation in species composition, respectively, such that the first two DCA axes account for a cumulative 34.1% of the variation. (At: *Acer tataricum*, Ca: *Clematis apiifolia*, HJ: *Humulus japonicus*, Pa: *Phalaris arundinacea*, Pt: *Persicaria thunbergii*, Pt-Je: *Persicaria thunbergii* - *Juncus effusus*, Rm: *Rosa multiflora*, Sa: *Sagittaria aginashi*, Sj: *Sparganium japonicum*, Sk: *Salix koreensis*, Sp: *Spiraea prunifolia* for. *simpliciflora*, Sr: *Scirpus radicans*, St: *Scirpus triangulatus*, Tj: *Trapa japonica*).

4. 고찰

4.1 생태연못 조성을 위한 대조생태 정보

연못생태계는 수역과 강변구역으로 구분되고, 수역은 다시 침수대와 연안대로 구분할 수 있다. 이것을 다시 그곳에 성립된 식생에 의해 구분하면, 수심이 깊은 곳으로부터 육지를 향해 부유식물대, 부엽식물대, 침수식물대, 정수식물대, 습생식물대 및 수변림대로 구분할 수 있다 (Lee et al., 1999). 본 연구에서 수집한 둠병에 성립한 식생의 공간분포 (Figs. 2-5) 및 식분의 서열화 결과 (Fig. 6)를 보면, 둠병과 그 주변의 식생은 수역식생, 습생대식생 및 수변식생으로 대별되는 경향이였다. 따라서 수집한 정보를 이러한 체계로 종합하여 생태연못을 조성하기 위한 대조생태정보로 체계화하였다 (Table 1).

둥병은 수심이 깊지 않아 이러한 기능군이 모두 성립하지 않아 그 체계를 단순화시켜 대조생태정보로 제시하였다. 즉 부유식물대, 부엽식물대, 침수식물대, 정수식물대 및 습생식물대를 수역식물대로 통합하고, 강변식생대를 초본식생대, 관목식생대 및 교목 및 아교목식생대로 단순화시켰다. 각 식생대를 이루는 주요 식물군락과 그 군락의 주요 구성종을 종합하여 생태연못을 조성하기 위한 대조생태정보로 체계화하였다 (Table 1).

이와 같이 대조생태정보를 지형적 특성을 반영한 기능군별로 체계화하여 제시하였지만, 실제 복원 시 제시된 식물

Table 1. Reference information for wetland restoration obtained from vegetation established around and within the Doombeong, which means small pond located on rice paddy

Functional group	Major plant community	Dominant species
Tree and subtree dominated vegetation	<i>Salix koreensis</i> <i>Acer tataricum</i> subsp. <i>ginnala</i>	<i>Salix koreensis</i> , <i>S. subfragilis</i> , <i>S. integra</i> , <i>S. gracilistyla</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> , <i>Spiraea salicifolia</i> , <i>Rosa multiflora</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Persicaria thunbergii</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Equisetum pratense</i> , <i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Penthorum chinense</i> , <i>Stellaria aquatica</i> , <i>Viola verecunda</i> , <i>Impatiens noli-tangere</i> etc.
Shrub dominated vegetation	<i>S. gracilistyla</i> , <i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i> <i>Rosa multiflora</i>	<i>P. arundinacea</i> , <i>Persicaria thunbergii</i> , <i>S. gracilistyla</i> , <i>P. japonica</i> , <i>Persicaria sagittata</i> , <i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Impatiens textori</i> etc.
Herb dominated vegetation	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> <i>Ludwigia prostrata</i> <i>Humulus japonicus</i> <i>Persicaria nodosa</i> <i>Persicaria thunbergii</i> <i>Miscanthus sacchariflorus</i> <i>Phragmites communis</i> <i>Phragmites japonica</i> <i>Scirpus radicans</i>	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> , <i>Ludwigia prostrata</i> , <i>Humulus japonicus</i> , <i>Persicaria nodosa</i> , <i>Persicaria thunbergii</i> , <i>Miscanthus sacchariflorus</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>P. japonica</i> , <i>Scirpus radicans</i> etc.
Vegetation established in aquatic zone	<i>Potamogeton distinctus</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Sagittaria aginashi</i> <i>Trapa japonica</i> <i>Scirpus triangulatus</i> <i>Sparganium japonicum</i>	<i>Potamogeton distinctus</i> , <i>Spirodela polyrhiza</i> , <i>Sagittaria aginashi</i> , <i>Trapa japonica</i> , <i>Scirpus triangulatus</i> , <i>Sparganium japonicum</i> etc.

을 모두 도입할 필요는 없다. 여기서는 생태적 복원이 훼손된 자연이 스스로 회복하는 것을 돕는 과정 (SERI, 2004)이라는 사실을 고려하여 자연의 회복과정을 최대한 존중하는 방법을 권장하고 싶다. 전형적으로 습지가 위치하는 장소는 공간만 마련해주면 수역과 초본식생대에 성립하는 식물들은 대부분 자연적으로 빠른 시간 내에 정착한다 (An et al., 2016b). 따라서 이러한 구역의 복원은 별도로 식물을 도입하기 보다는 자발적 복원 (passive restoration)에 맡기고, 적극적 복원 (active restoration)은 관목식생대와 교목 및 아교목식생대로 제한할 것을 추천한다.

수역에 성립할 식물군락으로는 개구리밥군락, 마름군락, 가래군락, 보풀군락, 긴혹삼릉군락 및 송이고랭이군락이 예상된다. 이러한 식물군락은 단순한 군락으로서 우점종만으로 이루어지는 경우가 대부분이다. 초본식생대에는 고마리군락, 골풀군락, 여뀌바늘군락, 환삼덩굴군락, 큰개여뀌군락, 물억새군락, 달뿌리풀-갈대군락 및 도루박이군락이 성립할 것으로 기대된다. 이들 군락도 수역에 도입할 식물군락과 마찬가지로 대체로 우점종 중심의 순 군락이거나 우점종이 대부분을 차지하는 단순한 군락으로서 군락의 우점종을 주요 도입 식물로 제시하였다. 관목식생대는 짙레꽃군락, 조팝나무군락 및 갯버들군락의 종 구성을 모방한 것으로서 각 군락의 우점종과 그것의 하층식생으로 자주 출현하는 갈풀 (*Phalaris arundinacea*), 고마리, 달뿌리풀, 미꾸리남시 (*Persicaria sagittata*), 물억새, 물봉선 (*Impatiens textori*) 등을 주요 도입 식물로 제시하였다. 교목 및 아교목식생대는 버드나무군락과 신나무군락의 종 구성 정보를 모방한 것으로서 각 군락의 우점종과 그것의 하층식생으로 자주 출현하는 선버들 (*S. subfragilis*), 개키버들 (*S. integra*), 갯버들, 조팝나무, 꼬리조팝나무 (*S. salicifolia*), 짙레꽃, 갈풀, 고마리, 갈대, 쇠뜨기 (*Equisetum pratense*), 물억새, 낙지다리 (*Penthorum chinense*), 쇠별꽃 (*Stellaria aquatica*), 콩제비꽃 (*Viola verecunda*), 노랑물봉선화 (*Impatiens noli-tangere*) 등을 주요 도입 식물로 제시하였다 (Table 1).

4.2 국내 복원사업 실태

생태적 복원의 과정은 일반적으로 1) 진단평가, 2) 진단평가 결과에 대한 분석, 3) 대조생태 정보 수집, 4) 진단평가 결과 및 대조생태 정보에 기초한 복원계획 수립, 5) 사업 시행, 6) 정착과정 모니터링, 7) 모니터링 결과에 기초한 순응관리의 순서로 진행된다 (SERI, 2004). 국내에서 이루어진 복원사업을 평가해 보면 대체로 그 수준이 낮다 (An et al., 2014; Lee, 2015). 그 배경은 생태적 복원의 절차가 무시되는 데 있다. 특히 대조생태정보가 활용되지 않고, 사업자의 주관적 판단에 의해 복원이 진행되어 장소에 어울리는 앓는 외래종이나 생태적 공간분포를 크게 벗어난 외지 종 (일명, 국내 외래종)이 도입되는 경우가 많다 (Lee, 2015). 많은 비용과 에너지를 투자하여 생태적 복원을 시행하는 것은 우선 훼손된 자연을 치유하는 것이 목적이

만 나아가 그것이 발휘하는 생태계서비스 기능을 통해 안정되고 쾌적한 환경을 확보하고자 하는 목표도 가지고 있다 (Lee, 2015). 생태적 복원의 이러한 목표를 이루어 인간이 얻을 수 있는 혜택, 즉 생태계서비스기능을 극대화시키기 위해서는 장소에 어울리는 자연을 이루어내야 하고, 그 모델은 대조생태 정보가 된다 (Lee, 2015).

4.3 습지복원에서 대조생태정보의 중요성

협회의 의미의 습지는 지하수위가 지표와 같은 수준의 토지를 의미하지만, 랍사르협약에서 습지는 인위적 간섭 정도, 수명, 물의 물리적 특성에 관계없이 수심 6 m 이내의 모든 습한 공간을 습지로 규정하고 있다 (Mitsch and Gosselink, 2000). 우리나라는 대표적인 산지국가로서 산림이 전 국토의 65% 이상을 차지하여 습지면적이 넓지 않다. 더구나 인구밀도가 높아 습지가 오래 전부터 농경지로 전환되었고, 오늘날 그 중 일부가 도시로 전환되면서 습지면적은 더욱 축소되었다. 이런 점에서 습지복원이 절실히 요구된다 (Mitsch and Gosselink, 2000; Pethick, 2002).

생태적 복원은 온전한 자연의 체계와 기능을 모방하여 인간이 훼손시킨 자연을 치유하여 다양한 생물들에게 서식공간을 제공하고 인류의 미래 환경을 확보하고자 하는 생태기술이다 (Aronson et al., 1993; Berger, 1993; National Research Council, 1991). 그것은 어떤 대상을 탐구하여 그 실체를 밝히는 단계를 지나 의사가 환자를 수술하여 치료하는 것과 같이 그 동안의 연구를 통하여 획득한 자연에 대한 지식과 정보를 바탕으로 병든 자연을 수술하여 치료한 후 온전하게 되돌려 놓으려는 자연환경에 대한 수술이고 치료이다 (Lee and You, 2001). 따라서 훼손의 정도를 평가하는 진단평가와 치유의 지침이 되는 대조생태정보는 생태적 복원에서 핵심정보가 된다. 특히 대조생태정보는 복원계획을 수립하는 과정에서는 복원의 목표가 되고, 복원 후에는 그 성공여부를 평가하는 도구가 된다 (SERI, 2004; An et al., 2014; Lee, 2015).

보통 대조생태정보는 복원 대상에 가까이 위치한 생태계 (또는 경관) 중 온전한 모습을 간직하고 있는 생태계 (또는 경관)에서 얻은 정보가 된다 (Doll et al., 2003). 우리나라는 산지가 차지하는 면적이 65% 가량인 산악국가로서 습지가 크게 부족하다. 이에 더해 늘어나는 인구를 부양하기 위한 식량을 확보하기 위해 넓은 면적의 습지를 논으로 전환해 왔다. 또 현대에 들어와서는 도시화 및 산업화 지역이 늘어나면서 더 넓은 습지가 도시로 전환되었다 (Lee et al., 2005). 따라서 현실적으로 온전한 습지를 간직하고 있는 곳이 매우 드물어 습지복원을 위한 생태정보를 얻기가 매우 어렵다 (Park et al., 2013; An et al., 2016a). 이런 점에서 본 연구에서 제시하고 있는 둔병의 대조생태정보는 향후 이루어지는 습지복원에서 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

4.4 습지의 기능과 가치

습지는 여러 가지 측면에서 다양한 기능을 발휘할 수 있는 매우 가치 있는 토지이다 (Admiraal et al., 1997; Cylinder et al., 1995; Kusler and Opheim, 1996; Ramsar, 2000; USGS, 1999; Mitsch and Gosselink, 2000; Clarkson et al., 2013). 우선 습지는 지구상의 어떤 생태계보다도 생산성이 높은 곳으로 어류, 포유류, 양서류, 파충류, 조류 등 각종 야생 동물의 먹이, 서식처 및 휴식처를 제공하고, 특히 그들에게 번식을 위한 공간을 제공하며 생물다양성 유지에 크게 기여한다. 또한 습지는 먹이연쇄에 중요한 유기물질을 생산하여 깊은 물 서식처 등으로 전달하며 또 다른 측면에서 생물다양성 유지에 기여한다 (Zedler, 2003; Cohen et al., 2016).

하천에 인접한 습지는 홍수 시 강물이 범람했을 때 갑자기 불어난 물의 배수로 역할을 하고, 물을 저장하고 유속을 늦추며 하류의 홍수량을 저감시켜 농작물이나 거주지 등에 미치는 홍수 피해를 줄여준다 (Aceman and Holden, 2013). 습지식생의 뿌리는 토양을 결속하고 보호하여 그 유실을 방지하며 유수나 파도의 침식으로부터 토양을 보호하여 토양침식을 조절한다. 또한 습지식생의 뿌리는 토양입자를 결속하고 침전속도를 늦춤으로서 퇴적 조절을 하며 토양 안정화에 기여한다 (Zedler, 2003). 습지는 저장된 유수 속의 침전물을 여과하고, 과잉 공급된 영양물질을 비롯한 오염물질을 제거하며 여과와 분해 과정을 통해 수질개선에 기여한다 (Shutes, 2001). 또 습지는 지표수를 저장하여 수자원 공급원으로 기능하고, 지하수의 저장 및 충전을 통해 수자원 확보에 기여한다 (Novitzki et al., 1997).

나아가 습지는 물과 함께 독특한 경관을 만들어내고, 문화적 가치와 함께 생명력이 넘치는 역동적인 공간이다 (Clarkson et al., 2013). 일반적으로 습지는 육상생태계 및 수생태계 (하천, 해양)가 접하는 곳에 성립하여 경관요소의 연결성, 공간 이질성 등을 높여주며 지역에서 높은 생물 다양성을 나타낼 수 있는 공간적 기반을 제공한다 (Amezaga et al., 2002, Cohen et al., 2016).

이에 더하여 습지는 경제적 가치도 발휘한다 (Clarkson et al., 2013). 습지가 제공하는 경제적인 가치를 정확히 평가하기는 어렵지만 수자원의 확보와 적정 유지에 기여하는 수자원 개발 및 관리와 관련된 비용을 절감시켜 주고, 수질을 정확히 환경오염에 따른 비용을 절감시켜 주며, 어업 및 수산업의 산실로서 전 세계 어획량의 2/3를 차지하여 막대한 수입원이 된다. 또한 지역에 따라서 농업, 목재 생산, 이탄과 식물자원 등의 에너지 자원, 야생동물 자원, 교통수단, 휴양 및 생태관광의 기회 제공 등으로 매우 높은 경제적 가치가 있다.

사 사

본 연구는 '2017년 서울여자대학교 교내 학술 지원 프로그램'의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Aceman, M, Holden, J (2013). How Wetlands Affect Floods. *Wetlands* 33, pp. 773–786.
- Admiraal, AN, Morris, MJ, Brooks, TC, Olson, JW, Miller, MV (1997). Illinois Wetland Restoration and creation Guide. Illinois National History Survey. Special Publication 19. *A Division of the Illinois Department of National Resources*.
- Amezaga, JM, Santamaria, L and Green AJ (2002). Biotic wetland connectivity—supporting a new approach for wetland policy. *Acta oecologica*, 23(3), pp. 213–222.
- An, JH, Lim, CH, Lim, YK, Nam, KB and Lee, CS (2014). A review of restoration project evaluation and post management for ecological restoration of the river. *J. of Restoration Ecology*, 4(1), pp. 15–34. [Korean Literature]
- An, JH, Lim, CH, Lim, YK, Nam, KB, Jung, SH and Lee, CS (2016a). Passive restoration under progress in wetland of National Institute of Ecology. *J. of Wetlands Research*, 18(4), pp. 465–473. [Korean Literature]
- An, JH, Lim, CH, Lim, YK, Nam, KB, Pi, JH, Moon, JS and Lee, CS (2016b). Development and Application of a Model for Restoring a Vegetation Belt to Buffer Pollutant Discharge. *J. of Korean Society on Water Environment*, 32(2), pp. 205–215. [Korean Literature]
- Aronson, J, Floret, C, Floc'h, ELe, Ovalle, C and Pontanier, R (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semiarid regions. I. A view from the south. *Restoration Ecology* 1, pp. 8–17.
- Berger, JJ (1993). Ecological restoration and nonindigenous plant species: a review. *Restoration Ecology*. 1(2), pp. 74–82.
- Braun-Blanquet, J (1964). *Pflanzensoziologie*. 3. Aufl, Springer-Verlag, Wein. New York. pp. 865.
- Clarkson, BR, Ausseil, AGE and Gerbeaux, P (2013). Wetland ecosystem services. *Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, pp. 192–202.
- Cohen, MJ, Creed, IF, Alexander, L, Basu NB, Calhoun AJ, Craft C, D'Amico, E, DeKeyser, E, Fowler L, Golden, HE and Jawitz, JWQ (2016). Do geographically isolated wetlands influence landscape functions *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(8), pp. 19
- Cowardin, LM, Carter, V, Golet, FC and LaRoe, ET (1979). Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States, U.S. Department of the interior, *Fish and Wildlife Service Office of Biological Services*.
- Cylinder, PD, Bogdan, KM, David, EM and Herson AI (1995). *Wetlands Regulation : A complete Guide to Federal and California Programs*. Point Arena : Solano Press books.
- Doll, BA, Grabow, GL, Hall, KR, Halley, J, Harman, WA, Jennings, GD and Wise, DE (2003). *Stream Restoration:*

- A Natural Channel Design Handbook*. NC Stream Restoration Institute. NC State University.
- Kang, SJ, Jo, GS and Choi, GY (2010). *Museum of Alive Nature History Yongnup (High Moor) of Mt. Daeamsan in Korea*, pp. 215–218. [Korean Literature]
- Kim, JH, Chung, HY, Kim, SH and Kim, JG (2016). The influence of water characteristics on the aquatic insect and plant assemblage in small irrigation ponds in Civilian Control Zone, Korea, *J. of Wetlands Research*, 18(4), pp. 331–341. [Korean Literature]
- Kim, SH, Kim, JH and Kim, JG (2011a). Classification of small irrigation ponds in western Civilian Control Zone in Korea, *J. of Wetlands Research*, 13(2), pp. 275–289. [Korean Literature]
- Kim, SH, Kim, JH and Kim, JG (2011b). Water characteristics and similarity analysis of wetland plant communities in 4 types of small irrigation ponds in western Civilian Control Zone in Korea, *J. of Wetlands Research*, 13(3), pp. 581–591.
- Kleinhenz, V, Schnitzler WH and Midmore, DJ (1996). Managing nitrogen fertilization for year-round vegetable production in paddy rice fields. *Gartenbauwissenschaft*, 61(1), pp. 25–32.
- Korea National Arboretum (2015). A Report on Conservation Project of Forest Wetland: A Study Function and Criteria of Forest Wetland. *Korea National Arboretum, Pocheon*. [Korean Literature]
- Kusler, J and Ophelm, T (1996). *Our National Wetland Heritage : A Protection Guide* (2nd. ed.). An Environmental Law Institute Publication.
- Lee, CB (1985). *Daehan Plant Handbook*. Hyangmoonsa, Seoul, pp. 213–214. [Korean Literature]
- Lee, CS, Hong, SG, Cho, HJ, and Oh, JM (1999). *The Technology of Environment Restoration*, Dong Hwa Publishing Co, Seoul, pp. 283. [Korean Literature]
- Lee, CS and You, YH (2001). Development and outlook of restoration ecology as an ecology for the future. *J. of Ecology and Environment*, 24, pp. 191–202. [Korean Literature]
- Lee, CS, Cho, YC, Shin, HC, Moon, JS, Lee, BC, Bae, YS, Byun, HG and Yi, H (2005). Ecological response of streams in Korea under different Management regimes. *Water Engineering Research* 6, pp. 131–147.
- Lee, CS (2015). Role and task of restoration ecology in changing environment. *The National Academy of Sciences*. pp. 481–527. [Korean Literature]
- McCune, B and Mefford, MJ (1999). PC-ord. *Multivariate analysis of ecological data*, version 4.0.
- Ministry of Environment (2013). Preparation of master plan for managing the National center for biodiversity. pp. 271. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (2016). <http://www.me.go.kr>.
- Mitsch, WJ and Gosselink, JG (2000). Special Issue. The values of wetlands: Landscapes and institutional perspectives. The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, 35, pp. 25–33.
- Mulamootil, G, Warner, BG and Mcbean EA (1996). *Wetlands: Environmental Gradients, Boundaries, and Buffers*, Lewis Publishers.
- National Research Council. (1991). The Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy. *National Academy Press, Washington, DC*.
- Novitzki, RP, Smith, RD and Fretwell, JD (1997). *Restoration, Creation, and Recovery of Wetlands: Wetland Functions, Values, and Assessment*. *National Water Summary on Wetland Resources*, United States Geological Survey Water Supply Paper 2425.
- Park, SA, Kim, GS, Pee, JH, Oh, WS, Kim, HS and Lee, CS (2013). Reference information for realizing ecological restoration of river: A case study in the Bongseonsa stream, *J. of Ecology and Field Biology*, 36(4), pp. 235–243.
- Park, SH (1995). Colored illustrations of naturalized plants of Korea, *Ilchokak*, Seoul, pp. 256–257. [Korean Literature]
- Park, SH (2001). Colored Illustrations of Naturalized Plants of Korea (Appendix). *Ilchokak*. Korea, 1995, pp. 51–59. [Korean Literature]
- Pethick, J (2002). Estuarine and Tidal Wetland Restoration in the United Kingdom: Policy Versus Practice. *Restoration Ecology*, 10(3), pp. 431–437.
- Ramsar Convention on Wetlands (Ramsar, Iran 1971) (2000). *Frameworks for managing wetlands of International Importance and other wetlands*, Handbook 8.
- Ryang, HS, Kim, DS and Park, SH (2004). *Weeds of Korea*. LoBo-Media, Korea, 612–615. [Korean Literature]
- SERI (Society for Ecological Restoration International Science & policy Working Group) (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*.
- Shutes, RBE (2001). Artificial wetlands and water quality improvement. *Environment International* 26, pp. 441–447.
- Song, JS (1997). A phytosociological study on the weed communities in the cultivated and abandoned fields of Korea. *The Korean J. of Ecology*. 20(3), pp. 191–200. [Korean Literature]
- Spellberg, IF (1994). *Evaluation and assessment for conservation: ecological guidelines for determining priorities for nature conservation* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- USGS (1999). *Restoration, creation and Recovery of Wetlands Wetland Functions, Values, and Assessment*, *National Water Summary on Wetland Resources*, United States Geological survey Water Supply paper 2425.
- Zedler, PH (2003). *Vernal pools and the concept of "isolated wetlands"*. *Wetlands*, 23(3), pp. 597–607.