

## 파주 갈대 샛강 생태적 복원을 위한 식생구조 모니터링 연구

김정호 · 이경재\*

동문건설(주) 기술연구소, \*서울시립대학교 조경학과  
(2008년 10월 10일 접수; 2008년 11월 6일 수정; 2009년 1월 20일 채택)

### Monitoring on Vegetation Structure for Ecological Restoration of Small Stream in Paju

Jeong-Ho Kim and Kyong-Jae Lee\*

Research Institute, Dongmoon Construction, Seoul 150-744, Korea

\*Department of Landscape Architecture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

(Manuscript received 10 October, 2008; revised 6 November, 2008; accepted 20 January, 2009)

#### Abstract

In this study vegetation structure was monitored focusing on slanting surface of stream for the purpose of developing a management plan and ecological restoration of small stream in Paju. The study was conducted by types of geographical structure, yearly flora, naturalization rate changes, actual vegetation changes, plant community changes. Slope area of small stream in Paju was varied in the slope range of 10~35°. The survey results of yearly flora showed that 37 species appeared in 2000, 55 species in 2001, 95 species in 2002, and 125 species in 2003. Therefore, the trend of continuous increase of flora each year was observed. In the case of yearly changes of actual vegetation, indigenous wetland herb community including *Phragmites communis*(19.99%→18.42%→19.60%) did not show substantial changes in the area, while the influence of controlled flora such as *Humulus scandens*(8.86%→5.26%→9.73%), and *Ambrosia artemisiifolia*(1.06%→1.43%→6.93%) were increased. The vegetation structure investigated by 18 preset belt-transects also indicated that *Phragmites communis* and *Miscanthus sacchariflorus* were maintaining the status or decreasing the population, while the population of *Humulus scandens*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Setaria viridis*, and *Erigeron canadensis* were greatly increased. Our proposal management to restore ecology is as follows: first, preservation and restoration of *Phragmites communis* landscape; second, restoration of potential stream vegetation community; third, selection and removal of controlled plants.

**Key Words** : Structure of topography, Actual vegetation, Flora, *Humulus japonicus*

#### 1. 서 론

하천은 수역뿐 아니라 사면 식생대까지 포함하여

육상생태계를 연결하는 역할을 하며 생물의 생산성과 종 다양성이 높은 공간이다. 그러나 하천의 이용 및 복원을 시행함에 있어 부적합한 공법의 적용에 따른 식생의 교란과 친수기능 증대를 통한 추이대 성격의 상실 등이 큰 문제로 대두되고 있다. 특히

친수기능은 하천의 생태적 기능과 연계되어도 그 기능을 충분히 수행할 수 있으므로<sup>1)</sup> 하천 식생의 생태적 구조복원이 선행되어야 할 것이다.

하천생태계 중 식생에 관한 연구는 하천의 복원 및 보전에 가장 중요하나<sup>2)</sup>, 하천 전 구간에 대한 출현종만을 조사한 식물사회학적 접근에 국한되어 하천복원에 실질적인 자료가 이용하기가 곤란한 문제가 있다.<sup>3)</sup> 하천을 포함한 습지지역에 대한 모니터링 연구는 많은 연구자들에 의해 수행되고 있으나<sup>4~6)</sup>, 하천의 미세지형구조와 식생구조의 연관성을 고려한 모니터링 연구는 미미한 상태이다. 최근 도시하천의 지형단면구조와 하천 식생구조를 연구한 사례는 있으나<sup>7,8)</sup>, 이는 인위적으로 정비된 도시하천지역을 대상으로 하였고 모니터링에 의한 연도별 변화 및 관리방안까지 제시하지는 않았다.

연구대상지인 갈대 셋강은 파주시 교하면 문발리 일대의 파주출판문화단지 내에 위치하는 하구(河口)형 습지로서 자유로가 조성되기 이전에는 갯골의 형태로 크고 작은 지류들이 한강과 연결되어 있었다. 1990년대 초 제방형의 도로인 자유로가 건설되면서 폐천의 형태로 한강과 물리적으로 단절되어 갈대 습지를 형성하였고 주변의 갯벌지역은 매립 후 논으로 이용되어 왔다. 1990년대 후반부터 현재의 파주출판문화단지 건설이 계획되어 논과 갈대 셋강의 범람원 및 제방상부가 모두 매립되었고 갈대 셋강도 당초 매립계획이 세워졌었으나 하천의 선형은 유지하게 되었다. 갈대 셋강은 하천습지라는 생태적 잠재성과 한강과의 생태적 연결, 야생조류 서식처 등 다양한 기능을 수행할 수 있는 곳으로 주변지역의 개발에 따른 식생구조 변화에 대한 모니터링과 이를 바탕으로 한 지형 및 식생구조 복원이 필요하다.

본 모니터링 연구의 목적은 대상지가 가진 하천생태계로서의 가치와 잠재성을 인식하고 식생구조를 모니터링하여 향후 셋강의 보전·복원 기술개발 및 관리를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상지

연구대상지는 경기도 파주시 교하면 문발리 일대에서 파주출판문화단지의 1단계 지구 내에 위치한

다. 대상지 북쪽 5 km 지점에서 한강과 임진강이 합류하며, 문발리와 남쪽으로 접한 서패리에는 천연기념물 250호로 지정된 재두루미 도래지가 위치하지만, 서쪽으로 자유로가 지나고 있어 한강과 생태적인 연결이 단절되어 있는 상태였다. 갈대 셋강 모니터링 대상지 면적은 122,366 m<sup>2</sup>이며, 이 중 수역면적이 77,681.4 m<sup>2</sup>이고, 호안사면의 면적이 44,684.6 m<sup>2</sup>이었다(Fig. 1).

### 2.2. 조사 분석 방법

수면에서 거리에 따른 지형의 변화를 파악하기 위하여 경사계(clinometer)를 이용하여 단면도를 작성하고 사면별 경사도를 측정하였다. 식생구조 모니터링은 연도별 식물상 및 귀화율, 현존식생, 초본식물군집구조를 조사 분석하였고 이를 토대로 관리방안을 제시하였다. 식물상은 대한식물도감<sup>9)</sup>의 세부학적 특색을 취한 분류방식인 Fuller와 Tipido의 관속식물문(Trachophyta)에 따라 정리하였고, 자생종과 외래종의 구분은 박<sup>10)</sup>의 방법에 따라 분류하였고, 또한 귀화율<sup>11)</sup>을 분석하여 대상지의 교란정도를 파악하였다. 현존식생의 경우 1/1,000 축척의 수치화 지도를 이용하여 대상지내 주요 우점종을 중심으로 작성하였으며, 식물군집구조 분석은 현존식생과 토지이용유형을 고려하여 폭 5 m×사면길이(m)의 Belt-transect를 설정하고 각 Belt-transect 내 5 m×5 m의 방형구를 재설정하였다. 조사방법은 Braun-blanquet<sup>12)</sup>의 방법을 응용하여 생육특성과 연도별 우점도(D)와 군도(S) 변화양상을 비교하였다. 모니

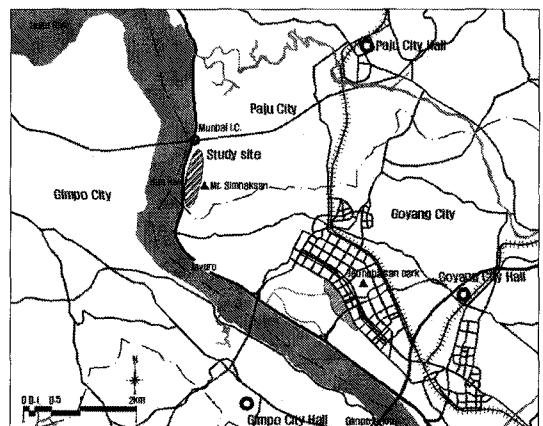


Fig. 1. Location map of study site.

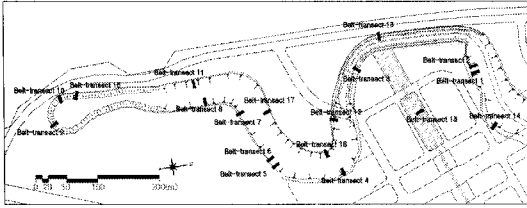


Fig. 2. Location map of survey plots.

터링 조사는 2001년부터 2003년까지 3년 동안 실시하였다. 식물상은 기 조사된 2000년 자료<sup>13)</sup>와도 비교분석하였다. 일반적으로 초본식생은 계절적 변화상도 중요하나, 본 연구에서는 연도별 변화상을 파악하여 이를 토대로 자생식물군락의 보전 및 복원을 위한 관리방안을 제시하고자 연도별 변화상에 중점을 두었다. 식물상은 계절별 조사를 통해 종합하였고, 현존식생과 식물군집구조는 생물의 생육이 가장 왕성한 여름철(7월, 8월)에 실시하였다. Fig. 2는 연구대상지내 설정한 18개 Belt-transect의 위치도이다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 지형 및 지질구조

연구대상지의 지층분포는 현 지표면으로부터 배립층과 퇴적토층으로 구성되어 있었으며, 퇴적토층은 실트층, 상부모래층, 하부모래층, 자갈층의 순으로 구성되어 있었다. 배립층은 지표면으로부터 약 0.9~3.8 m 두께로 분포하고 있었으며 실트층은 그 하부에서 확인되었다. 지하수위는 지표면으로부터 약 4 m의 실트층에서 주로 관찰되었다<sup>13)</sup>.

하천식생은 하천의 횡·종단 지형, 토양 및 수문 특성, 기상 및 기후 조건 등의 환경요인과 밀접한 관계를 가지며 특히 자연적, 인위적 교란의 영향으로 발생한 하천변의 미세지형은 식생분포에 영향을 준다<sup>14)</sup>. 하천의 지형학적 인자와 식생종수의 관계를 연구한 이 등<sup>8)</sup>에 따르면 횡단경사도가 낮을수록 식물의 종수가 증가하는 경향을 보이고 특히 횡단경사도가 20° 미만에서 출현종수가 가장 많이 나타난다고 보고하고 있다. 즉, 하천식생의 복원에 있어서는 식생복원뿐 아니라 미세지형에 대한 복원이 선행되어야만 한다.

Table 1은 연구대상지에 설정한 18개 Belt-transect

의 경사도와 지형구조를 분석한 것이다. 18개 Belt-transect는 우점식물의 유형에 따라 하천식생유형(Stream vegetation), 교란초기식생유형(Initial disturbance vegetation), 교란식생유형(Disturbance vegetation), 조성수로유형(Constructed waterway)으로 구분하였다. 하천식생유형인 Belt-transect 1, 6, 12의 경우 사면 경사도가 10~30°이었고, 교란초기식생유형인 Belt-transect 4, 10, 11, 13, 14, 17, 18은 사면 경사도가 13~30°로서 하천식생유형과 유사하였다. 그러나 교란식생유형인 Belt-transect 2, 3, 5, 7, 8, 9, 16은 경사도 21~35°로서 앞의 두 유형보다 사면경사도가 높게 나타났다. 인공적으로 조성한 수로에 설정한 Belt-transect 15는 사면경사도 31°로서 급경사로 조성되어 있었다.

Fig. 3은 파주 갈대 셋강 지역 내 정수식물이 발달한 지역의 하천단면구조를 모식화한 것으로 개방수역이 거의 없이 식생으로 수면이 피복되어 있었다. 부들, 줄, 갈대 등이 우점하는 지역의 단면구조에서도 나타나듯이 일부 완경사지역과 수로지역은 습지 자생초본류가 우점하고 있으나, 급경사 사면지역을 중심으로 건조자생초본과 환삼덩굴, 돌콩 등이 우점하고 있었다. 향후 이들 지역은 완경사 사면으로 지형구조 변경 후 식생복원 및 관리가 이루어져야 할 것이다.

#### 3.2. 식생구조 모니터링

##### 3.2.1. 연도별 식물상 및 귀화율 변화

Table 2는 모니터링 대상지의 연도별 식물상 변화를 자생종과 귀화종으로 구분하여 정리한 것으로 2000년도는 17과 33종 4변종으로 총 37종류가 관찰되었다<sup>13)</sup>. 연도별로 관찰된 식물종을 살펴보면 2003년도는 2001년도에 비해 약 2.5배의 종이 관찰되었고 귀화식물의 종류 또한 29종으로 증가하였다. 이러한 식물상의 변화는 셋강변의 출판단지 조성과 함께 부지정지 공사과정에서 유입된 토양과 지속적인 간섭 등에 의한 비하천 식물의 유입과 외래식물의 침투가 원인으로 실제 수변 고유의 식생은 교란된 상태로 판단되었다.

주요 식물종을 살펴보면 수변 및 습윤지성 식물로 갈대, 부들, 줄 등의 정수식물이 매년 꾸준히 관찰되었고 쇠뜨기, 돌피, 여뀌류 등 다소 습한 지역에 생육하는 종들도 관찰되었다. 대상지 전 지역의 다

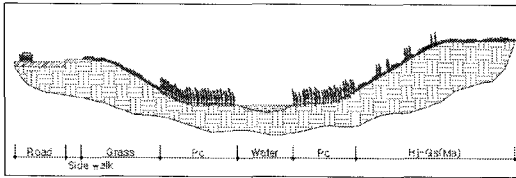
Table 1. Slope and structure of topography by 18 Belt-transect

Type*	Belt-transect	Slope (°)	Structure of topography	Type*	Belt-transect	Slope (°)	Structure of topography
S	1	21		I	18	13	
	6	30			2	21	
	12	10			3	29	
I	4	26		D	5	21	
	10	30			7	31	
	11	25			8	27	
	13	27			9	35	
I	14	29		C	16	26	
	17	30			15	31	

\* S: stream vegetation, I: initial disturbance vegetation, D: disturbance vegetation, C: constructed waterway

소 건조한 지역에서 군락을 형성하고 식물체의 화학성분이 다른 종의 발아와 생장을 억제하는 화학성분을 지닌 환삼덩굴은 사전귀화식물로서<sup>11)</sup> 홍수 이후 하천식생을 피복하는 특성을 나타내었다. 죽제비싸리, 돌콩, 참싸리 등 콩과식물은 적박지에 출

현하여 질소를 고정하는 역할을 하는 종들이었으며 자귀풀, 차풀 등은 하천변에 주로 분포하는 종이였다. 2003년 조사결과 국화과에 해당하는 종이 34종으로 가장 많았으며, 이중 절반인 17종이 귀화식물이었다. 특히 꽃가루 알레르기를 유발하는 돼지풀



**Fig. 3.** The division as formation and location of micro topography.

\* Pc(*Phragmites communis*), Hj(*Humulus japonicus*), Gs(*Glycine soja*), Ma(*Miscanthus sacchariflorus*)

과 단풍잎돼지풀은 환경부 지정 위해 외래종으로 돼지풀의 경우 매년 관찰되었다. 대상지 전체 식물상 분포 및 귀화종의 특징을 종합하면 출판단지의 공사와 함께 연차적으로 관찰된 식물종은 증가하였으나, 수변고유의 식생보다는 국화과의 귀화종, 건조지성의 벼과식물 등이 증가하는 경향이였다.

### 3.2.2. 연도별 현존식생 변화

Table 3은 갈대 샛강 모니터링 대상지의 연도별 현존식생 변화를 대분류 항목별로 비교한 것으로 식생분포지의 면적이 2001년 69,715 m<sup>2</sup>에서 2002년 74,795 m<sup>2</sup>, 2003년 84,019 m<sup>2</sup>로 꾸준히 증가하였으며, 나지와 도시화지역 및 수면의 면적이 감소하였다.

식생분포지의 유형별 변화를 살펴보면 습윤지성 자생초본 식생군락의 비율이 40% 이상으로 가장 높은 비율을 차지하였으며 2002년도에 다소 감소하였으나 2003년도에 크게 증가하였다. 세부적으로는 갈대(*Phragmites communis*)(2001년; 19.99%→2002년; 18.42%→2003년; 19.60%)의 분포면적이 가장 넓었으며 부들(*Typha orientalis*)(5.72%→8.61%→11.24%)과 줄(*Zizania latifolia*)(3.76%→5.14%→8.16%)의 분포면적도 증가 추세이였다. 건조지성 자생초본 식

생군락은 2001년 6,904 m<sup>2</sup>에서 2002년 16,925 m<sup>2</sup>로 큰 증가세를 보이다가 2003년도에는 12,112 m<sup>2</sup>로 다소 감소하였다. 이는 2002년 강아지풀(*Setaria viridis*)(1.72%→10.86%→2.26%)을 식재하여 면적이 확대되었으나, 이후 돌콩(*Glycine soja*)(1.05%→1.43%→6.93%), 바랭이(*Digitaria sanguinalis*) 등 다른 건조초본의 세력이 증가하여 강아지풀의 분포지가 변화된 것으로 판단된다.

유입된 외래종 초본식생군락은 2002년 다소 감소하였다가 2003년에는 다시 증가하였으며 환삼덩굴(*Humulus japonicus*)(8.86%→5.26%→9.73%), 망초(*Erigeron canadensis*)(3.48%→0.09%→3.45%) 등이 꾸준히 우점하여 넓게 군락을 형성하고 있어 자생식물종의 생육을 억제하고 있었다. 기타 목본식생군락은 면적이 협소하고 실제 분포지의 변화도 거의 없는 상태로 아까시나무는 2001년 출현하였으나 제거된 것으로 판단되며 버드나무, 족제비싸리 등이 분포하였다. 개방수면은 2003년도에 수면비율이 24.82%로 크게 감소하였으며 특히 공사 진행 과정에서 유수의 흐름이 정체되어 일부 퇴적지를 형성하고 그 위에 갈대, 부들, 줄 등 정수식물이 생육하게 되어 면적이 감소한 것으로 판단되었다.

갈대 샛강 모니터링 대상지 현존식생의 연도별 분포변화를 종합해 볼 때 갈대, 부들을 중심으로 한 하천고유의 식물 분포지는 면적이 크게 변하지 않았으나, 제방사면과 수로가 격리된 형태로 제방사면은 환삼덩굴, 망초 등의 관리가 필요한 초본군락이 우점하는 상태였다. 이는 공사에 따른 갈대 샛강의 수로가 변형되고 제방사면의 경사가 균일하게 정비됨으로써 지하수위의 하강이 발생하고 공사 시 발생하는 간섭으로 식생의 교란이 일어난 것으로

**Table 2.** Change of flora and naturalized plant ratio by years in study area

Division	2000 year	2001 year	2002 year	2003 year
Wild species	25	42	84	96
Naturalized plants	12	12	11	29
Total	17 family	22 family	30 family	38 family
	33 species	46 species	71 species	109 species
	4 variety	9 variety	24 variety	16 variety
	(37 taxa)	(55 taxa)	(95 taxa)	(125 taxa)
Naturalized plants Ratio (%)	32.4	21.8	11.8	23.2

Table 3. Change of actual vegetation by years in study area

	Type	2001		2002		2003	
		Area(m <sup>2</sup> )	Ratio(%)	Area(m <sup>2</sup> )	Ratio(%)	Area(m <sup>2</sup> )	Ratio(%)
Swampy indigenous herbs	<i>Phragmites communi</i>	24,463	19.99	22,540	18.42	23,985	19.60
	<i>Typha orientalis</i>	7,000	5.72	10,538	8.61	13,756	11.24
	<i>Zizania latifolia</i>	4,601	3.76	6,290	5.14	9,980	8.16
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	3,997	3.27	2,827	2.31	5,915	4.83
	<i>Echinochloa crus-galli</i>	5,161	4.22	6,791	5.55	1,498	1.22
	<i>Persicaria blumei</i>	98	0.08	129	0.11	-	-
	<i>Persicaria hydropiper</i>	2,402	1.96	506	0.41	307	0.25
	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	86	0.07	-	-	746	0.61
	<i>Beckmannia syzigachne</i>	407	0.33	-	-	-	-
	<i>Actinostemma lobatum</i>	404	0.33	-	-	-	-
	<i>Equisetum arvense</i>	1,378	1.13	304	0.25	207	0.17
	<i>Lycopus ramosissimus</i> var. <i>japonicus</i>	760	0.62	402	0.33	147	0.12
	<i>Aeschynomene indica</i>	524	0.43	58	0.05	1,798	1.47
	<i>Cassia mimosoides</i> var. <i>nomame</i>	-	-	44	0.04	-	-
	<i>Scirpus triquetar</i>	-	-	163	0.13	-	-
	<i>Persicaria thunbergii</i>	-	-	106	0.09	-	-
	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i> - <i>Typha orientalis</i>	-	-	187	0.15	-	-
	<i>Calamagrostis epigeios</i>	-	-	121	0.10	-	-
	<i>Cyperus amuricus</i>	-	-	48	0.04	-	-
	<i>Iris nertschinskia</i>	-	-	-	-	638	0.52
Subtotal	51,282	41.91	51,054	41.72	58,977	48.2	
Dryland indigenous herbs	<i>Setaria viridis</i>	2,102	1.72	13,284	10.86	2,765	2.26
	<i>Glycine soja</i>	1,300	1.06	1,752	1.43	8,483	6.93
	<i>Artemisia annua</i>	1,368	1.12	-	-	-	-
	<i>Botrychium ternatum</i>	32	0.03	-	-	-	-
	<i>Commelina communis</i>	97	0.08	-	-	-	-
	<i>Persicaria perfoliata</i>	1,183	0.97	-	-	-	-
	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	390	0.32	252	0.21	89	0.07
	<i>Descurainia sophia</i>	376	0.31	-	-	-	-
	<i>Miscanthus sinensis</i>	56	0.05	37	0.03	-	-
	<i>Cirsium japonicum</i> var. <i>ussuriense</i>	-	-	322	0.26	-	-
	<i>Kummerowia striata</i>	-	-	1,279	1.04	-	-
	<i>Digitaria sanguinalis</i>	-	-	-	-	775	0.63
Subtotal	6,904	5.64	16,925	13.83	12,112	9.9	
Introduced species	<i>Erigeron annuus</i>	1,172	0.96	644	0.53	2,175	1.78
	<i>Erigeron canadensis</i>	4,264	3.48	108	0.09	4,220	3.45
	<i>Xanthium strumarium</i>	-	-	176	0.14	148	0.12
	<i>Oenothera odorata</i>	622	0.51	26	0.02	274	0.22
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	539	0.44	-	-	-	-
	<i>Chenopodium ficifloium</i>	748	0.61	-	-	-	-
	<i>Humulus japonicus</i>	3,503	2.86	5,485	4.48	5,095	4.16
Subtotal	10,848	8.86	6,439	5.26	11,912	9.73	
Tree	Native woody plants	682	0.56	378	0.31	544	0.44
	Landscape trees	-	-	-	-	476	0.39
Urbanization area		13,759	11.24	8,273	6.76	7,977	6.52
Water		38,892	31.79	39,298	32.12	30,370	24.82
Total		122,366	100.00	122,366	100.00	122,366	100.00

판단되었다. 공사가 완료되고 갈대 셋강 주변의 식생분포 조건이 안정되면 이러한 식생교란의 원인은 감소할 것이나, 지하수위 하강에 의한 건조지성 초지, 귀화종 초지 등의 분포는 크게 변하지 않을 것이므로 이에 대한 관리가 필요할 것이다.

### 3.2.3. 연도별 식물군집구조 변화

모니터링 대상지 내에 수변 식생 시작점에서부터 Belt-transect 고정 조사구를 설정하여 구간별 식생분포를 조사·분석하고 식생단면구조를 파악하였다. Belt-transect는 수면부에서 우점하고 있는 수생식물과 사면부에서 주로 생육하는 습생식물, 일부 건조지성 초본과 귀화식물 유입지점 등의 식생상관과 사면경사도, 수심 등의 생육환경을 종합하여 18개소를 설정하였다. 3년간 설정한 조사구는 전형적인 하천식생, 교란초기식생, 교란된 식생, 조성수로의 4개 유형으로 구분하여 설정하였다. 조사지 면적은 폭 5m×사면길이(m)로 설정하여 최소 30 m<sup>2</sup>부터 최대 75 m<sup>2</sup>로 다양하게 설정되었고 출현종수는 7~33종이 출현하고 있었다.

18개 Belt-transect의 우점도 및 군도의 연도별 변화는 Table 4에 나타내었고, 식생유형별 대표 Belt-transect의 세력변화는 Fig. 5에 제시하였다. 하천식생이 우점하는 유형인 Belt-transect 1, 6, 12의 경우 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*)(5·5)가 우점하는 지역이었으며, Belt-transect 6의 경우 2002년부터 환삼덩굴(5·5)의 우점도가 높게 나타났고(Fig. 5), Belt-transect 12에서도 2003년부터 환삼덩굴(2·2)의 출현빈도가 높았다.

교란초기식생유형에 설정한 Belt-transect는 총 7개소로서 Belt-transect 4, 10, 11, 13은 2001년도에 설정한 조사구이며 Belt-transect 14, 17, 18은 2002년도에 신규로 설정한 것이다. Belt-transect 4의 경우 출현종은 2001년보다 2002년에 다소 증가하였으며 수면에서의 거리별로는 물억새-가을강아지풀(*Setaria faberi*), 개망초(*Erigeron annuus*), 쇠뜨기(*Equisetum arvense*)-개망초-돌콩의 순으로 우점하였고 수면과 가까운 곳에 설정한 조사구(4-1)는 물억새(5·5)가 우점하였고 사면지역은 강아지풀이 2001년도에 우점하였고 2002년도에는 쇠뜨기와 개망초, 돌콩의 우점도가 높게 조사되었다.

Belt-transect 10은 대상지 남단 용출지 서쪽사면

에 설정한 조사구로서 총 14종이 출현하였으나, 2002년 13종, 2003년 10종으로 점차 종수가 감소하였고 우점종은 2001년에 갈대(5·5)의 우점도가 높았으나, 2002년 이후 환삼덩굴(2·2)의 출현빈도가 점차 높아지고 있었다. Belt-transect 11은 직선형 수로 서쪽에 설정된 조사구로 2001년도에는 갈대(5·5)와 쇠뜨기(3·3)의 우점도가 높았으나, 2002년도부터 산딸기(*Rubus crataegifolius*)와 돌콩의 세력이 확대되고 있었다(Fig. 5).

Belt-transect 13은 하천수로 정비지역에 설정한 조사구로 2001년도에는 습윤지성 초본식생중 다소 건조지성에 가까운 돌피(5·5)가 우점하였으나, 2002년 키버들(*Salix purpurea* var. *japonica*) 식재이후 미국개기장(2·2)과 강아지풀 등의 외래식물과 건조지성 자생초본이 사면상부를 중심으로 우점하였고 2003년도에는 건조화가 더 심화되어 돌콩(3·3)의 우점도가 크게 증가하였다.

2002년도에 공사에 의해 유실된 조사구에 재설정할 수 있는 상황이 아니어서 2002년도에 신규로 설정한 Belt-transect 14는 출현종수의 연도별 변화는 거의 없었으며 2002년 당시에는 환삼덩굴(5·5)이 사면에서 우점하면서 물억새, 강아지풀 등이 주요 출현종이었으나, 2003년에는 물억새의 우점도가 크게 증가하였다. 이는 본 지역의 지하수위가 높아 물억새의 세력이 점차 확대되고 있는 것으로 예상되었다. 이외 Belt-transect 17, 18은 갈대가 우점하면서 환삼덩굴의 세력이 지속적으로 증가하는 경향이였다.

교란식생유형은 총 7개소로서 이 중 Belt-transect 2, 3, 7은 2002년 인위적 훼손으로 추가 조사가 불가능한 상태였다. 2001년 조사 시 Belt-transect 2는 머느리배꼽(*Persicaria perfoliata*)이, Belt-transect 3은 돌피가, Belt-transect 7은 환삼덩굴이 각각 우점하고 있었다.

Belt-transect 5는 곡선수로 바깥쪽에 설정한 조사구로 2001년 당시 사면과 가까운 지역(5-1)은 머느리배꼽(5·5)이, 사면 상단부 지역(5-2)은 머느리배꼽(2·2), 쇠뜨기(5·5)가 우점하였다(Fig. 5). 2002년부터는 환삼덩굴의 우점도가 크게 증가하였다. Belt-transect 8은 환삼덩굴이 3년 동안 지속적으로 우점하고 있는 상태였고, Belt-transect 9는 2001년 당시에는 가을강아지풀의 세력이 컸으나, 점차 환삼덩

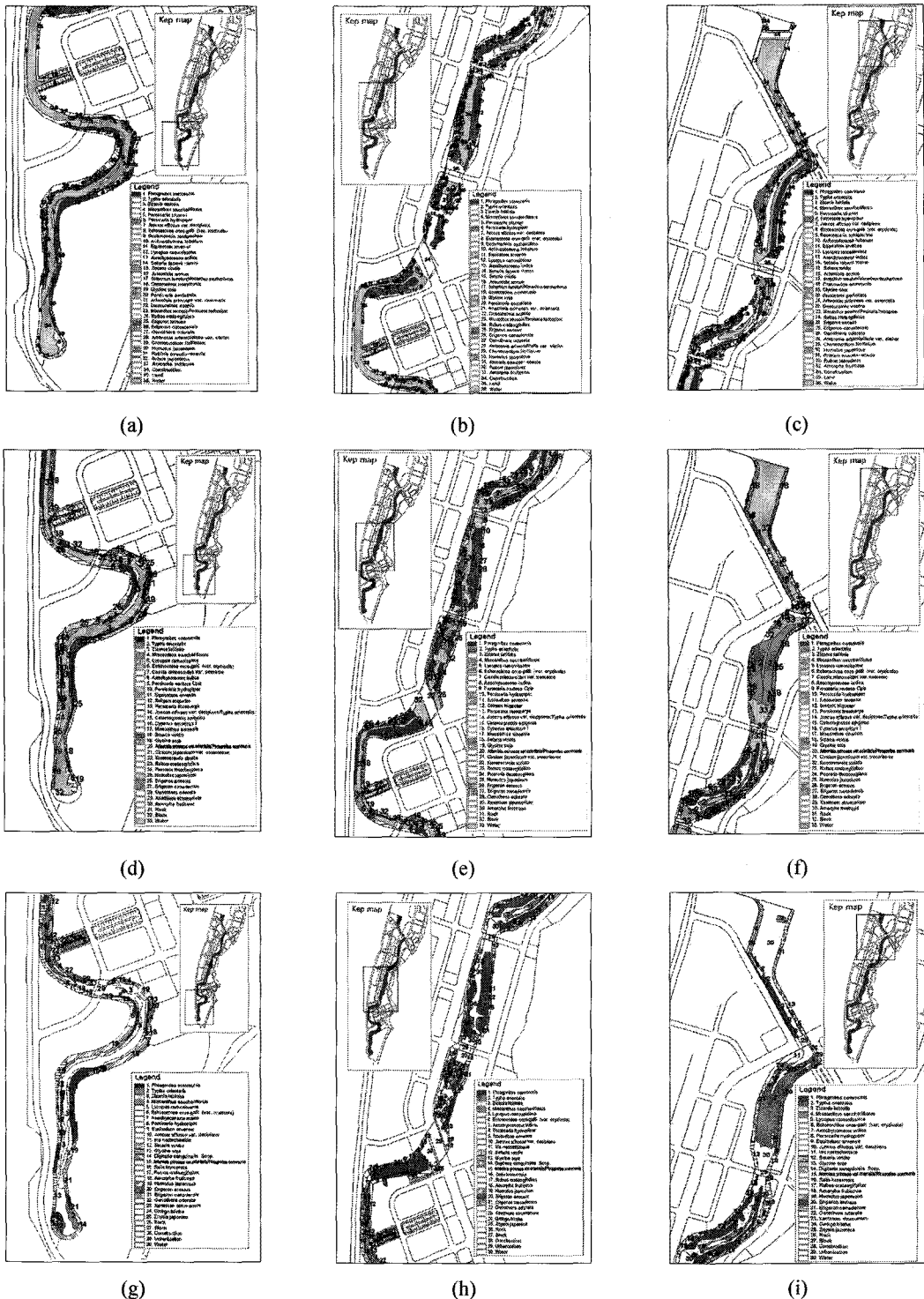


Fig. 4. Change of actual vegetation by years in study area.  
a, b, c: 2001 year, d, e, f: 2002 year, g, h, i: 2003 year



**Table 4.** Change and property of herbs plant community by years in study area

Type	Belt transect		2001		2002		2003	
			species** (D·S)	N*	species** (D·S)	N*	species** (D·S)	N*
Stream vegetation (S)	1	1-1	Ma(5·5), Pp(2·2)	7	-	-	-	-
		1-2	Ma(4·4), Pc(2·2)	3	-	-	-	-
	6	6-1	Ma(4·4), Pc(3·3)	10	Hj(5·5), Ma(2·2)	6	Hj(5·5), Ma(1·1)	8
		6-2	Ma(3·3), Ea(2·2)	10	Hj(5·5), Ea(1·1)	10	Hj(4·4), Ea(1·1)	10
	12	12-1	Ma(5·5)	3	Ma(5·5)	4	Ma(5·5)	4
		12-2	Ma(5·5)	8	Ma(5·5)	8	Ma(5·5)	9
		12-3	Ec(3·3)	10	Ec(3·3)	10	Ec(3·3), Hj(2·2)	11
Initial disturbance vegetation (I)	4	4-1	Ma(5·5), Ea(2·2)	13	Ma(4·4), Hj(2·2)	14	-	-
		4-2	Sf(4·4), Pc(3·3)	11	Ea(2·2), Era(2·2)	13	-	-
		4-3	Sf(2·2), Era(2·2)	10	Ea(4·4), Gs(3·3)	9	-	-
	10	10-1	Pc(3·3), Ec(3·3)	14	Pc(3·3), Hj(2·2)	13	Pc(3·3), Hj(2·2)	10
		11-1	Pc(5·5), Rc(4·4)	9	Pc(3·3), Rc(3·3)	17	Rc(5·5), Pc(1·1)	15
	11	11-2	Ea(3·3)	4	Rc(3·3), Ea(+)	23	Rc(4·4), Gs(2·2)	15
		13	13-1	Ec(5·5)	10	Sp(3·3), Pd(2·2)	18	Sp(2·2)
	13-2		-	-	Pd(4·4)	20	Cm(5·5), Gs(3·3)	16
	14	14-1	-	-	Hj(5·5), Ma(2·2)	10	Ma(5·5), Hj(+)	7
		14-2	-	-	Ea(3·3), Hj(2·2)	12	Hj(2·2), Ea(2·2)	13
		14-3	-	-	Ma(3·3), Sf(3·3)	13	Ma(4·4)	10
	17	17-1	-	-	Pc(5·5), Pd(1·1)	9	Pc(4·4), Pd(2·2)	7
		17-2	-	-	Ca(4·4), Pd(2·2)	16	Hj(4·4), Ma(3·3)	11
	18	18-1	-	-	Pc(5·5)	4	Pc(4·4)	5
		18-2	-	-	Pc(3·3), Hj(3·3)	12	Pp(3·3), Cj(2·2)	7
		18-3	-	-	Cj(3·3), Hj(1·1)	17	Cj(3·), Pp(2·2)	14
	Disturbance vegetation (D)	2	2-1	Pp(5·5)	6	-	-	-
			2-2	Pc(1·1)	5	-	-	-
		3	3-1	Aa(1·1), Ec(3·3)	16	-	-	-
			3-2	Ec(+), Aa(+)	15	-	-	-
5		5-1	Pp(5·5), Ea(2·2)	11	Pc(3·3), Hj(3·3)	9	Hj(5·5), Zl(3·3)	9
		5-2	Pp(2·2), Ea(2·2)	13	Hj(5·5)	10	Hj(5·5), Pp(2·2)	6
		5-3	-	-	Hj(5·5), Ea(3·3)	4	Hj(4·4), Ea(4·4)	7
7		7-1	Hj(5·5), Pc(3·3)	3	-	-	-	
		7-2	Hj(3·3), Sf(1·1)	10	-	-	-	
8		8-1	Hj(4·4), Pc(3·3)	10	Hj(5·5)	10	Hj(5·5)	10
		8-2	Hj(2·2)	10	Hj(3·3)	10	Hj(4·4)	10
9		9-1	Sf(5·5)	6	Sf(3·3), Hj(3·3)	5	Sf(3·3), Hj(3·3)	7
		9-2	Sf(3·3)	5	Sf(1·1), Hj(3·3)	5	Sf(1·1), Hj(3·3)	5
16		16-1	-	-	Sf(3·3), Pc(2·2)	14	Pc(2·2), Gs(2·2)	10
		16-2	-	-	Sf(3·3), Pc(1·1)	16	Pc(3·3), Era(3·3)	13
		16-3	-	-	Pc(1·1)	13	Pc(4·4), Sf(3·3)	13
Constructed waterway (C)	15	15-1	-	-	To(3·3), Mk(1·1)	14	To(5·5), Mk(2·2)	13

\*N: Number of species

\*\*Pc: *Phragmites communis*, Pp: *Persicaria perfoliata*, Ea: *Equisetum arvense*, Hj: *Humulus japonicus*, Zl: *Zizania latifolia*, Ma: *Miscanthus sacchariflorus*, Ca: *Chenopodium album*, Gs: *Glycine soja*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Ec: *Echinochloa crus-galli*, To: *Typha orientalis*, Mk: *Monochoria korsakowi*, Sf: *Setaria faberi*, Era: *Erigeron annuus*, Pd: *Panicum dichotomiflorum*, Sp: *Salix purpurea* var. *japonica*, Cm: *Cassia mimosoides* var. *nomame*, Cj: *Cirsium japonicum* var. *ussuriense*, Aa: *Artemisia annua*

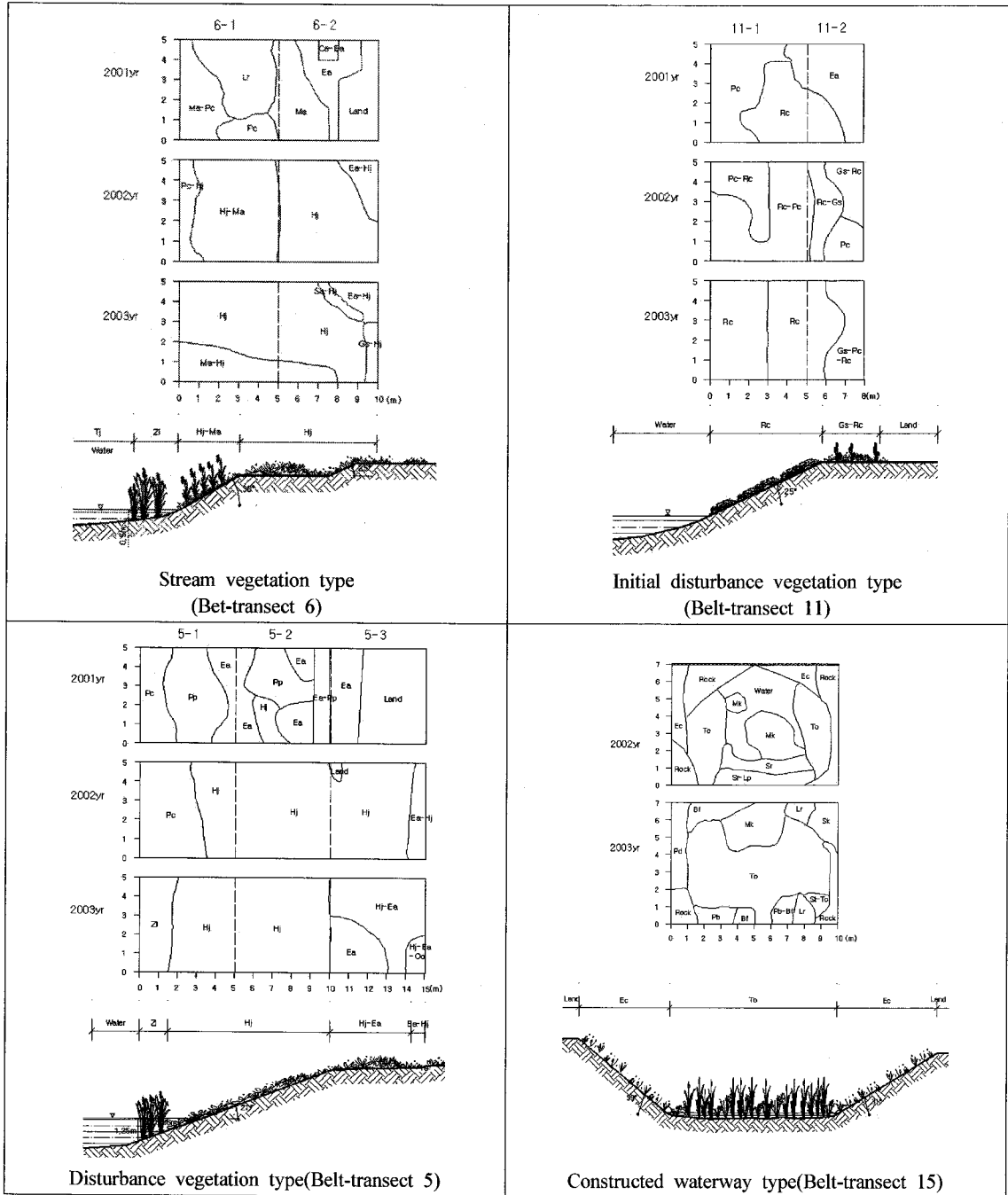


Fig. 5. Map of change of vegetation structure by 4 type in study area.

Pc: *Phragmites communis*, Lr: *Lycopus ramosissimus* var. *japonicus*, Pp: *Persicaria perfoliata*, Ea: *Equisetum arvense*, Hj: *Humulus japonicus*, Zl: *Zizania latifolia*, Oo: *Oenothera odorata*, Ma: *Miscanthus sacchariflorus*, Ca: *Chenopodium album*, Sa: *Stellaria aquatica*, Gs: *Glycine soja*, Tj: *Trapa japonica*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Ec: *Echinochloa crus-galli*, To: *Typha orientalis*, Mk: *Monochoria korsakowi*, Sr: *Scirpus radicans*, Lp: *Ludwigia prostrata*, Pd: *Paspalum distichum*, Pb: *Persicaria blumei*, Bf: *Bidens frondosa*, St: *Scirpus triquetar*, Sk: *Salix koreensis*

굴의 세력이 증가하고 있는 추세이었다.

Belt-transect 16은 2002년 신규로 설정한 조사구로 초기 가을강아지풀과 갈대가 우점하였으나, 2003년에는 돌콩과 망초의 세력이 사면을 중심으로 크게 증가하였다. 조성수로에 설정한 Belt-transect 15는 부들과 물옥잠의 세력이 지속적으로 증가하고 있었다.

이상 4개 유형, 18개 Belt-transect의 연도별 초본 식생구조를 모니터링한 결과 출현 종수는 크게 차이가 없었으나, 초기 습지자생초본지역이 점차 환삼덩굴, 돌콩 등이 우점하는 지역으로 변화되고 있었다. 특히 환삼덩굴과 돌콩은 자생식물이 세력을 억제하여 종수의 감소까지 유발하는 관리대상 식물로<sup>4)</sup> 향후 지속적 관리를 통한 복원이 이루어져야 할 것이다.

### 3.3. 갈대 셋강 복원을 위한 관리방안

갈대 셋강 모니터링 대상지는 하천습지의 다양한 식생이 분포할 수 있는 잠재성이 있는 지역이지만, 공사 등 물리적 교란에 의해 귀화식물 침입, 지하수위 저하 등의 생태계 훼손이 진행되고 있는 상태이었다. 따라서 지속적인 식생구조 모니터링을 통한 우수한 생태계 속성을 보전하고 훼손된 구조를 복원하는 관리가 이루어져야 할 것이다.

Table 5는 모니터링 대상지의 보전·복원을 위한 관리방향과 내용을 나타낸 것으로 갈대 경관과 하천식생, 관리대상 식물의 선정 및 제거를 관리방향으로 설정하였다.

갈대경관 보전·복원은 거의 전 구간을 대상으로 하며 주로 녹지수로 남측의 용출지~꼭선수로 간 구간, 인포름 부근 갈대군락지, 북측 부들군락지의 크게 세 지역이 해당하며 인포름 북측구간은 갈대경관의 보전과 하천식생의 복원을 모두 목적으로

하고 있다. 하천식생 복원지는 총 3지역으로 직선형의 좁은 수로 두 곳과 폭이 넓은 정수식물 군락지를 대상으로 하였다. 관리대상 식물은 귀화식물과 자생식물중 중 단일종의 세력 확대가 다른 종들에게 큰 피해를 입힐 수 있는 종을 선정하였다.

갈대 경관 보전 및 복원지역은 대상지 내에서 수로의 폭이 좁아 다양한 수심을 형성하기 어려운 곳이나 꼭선수로로서 얕은 수심의 환경사가 유지되는 곳에 설정하여야 한다. 갈대 경관의 보전은 갈대군락이 가지는 다양한 기능을 도모하기 위한 것으로 갈대군락<sup>16,17)</sup>은 자연경관의 유지, 어류와 조류 등의 서식환경제공, 수질정화, 호안의 침식방지 등의 역할을 수행할 수 있으므로 이를 보전하고 복원하는 것이 가장 중요하다.

갈대와 물옥잠의 생육지 조성에 있어서 가장 중요한 제한요인은 수분조건이므로 적절한 수심과 지하수위의 유지, 토양습도의 확보가 중요하다. 갈대<sup>16)</sup>는 부들, 줄과 같은 정수식물로서 물속에서 생육하는 특성을 지니나 육지의 지하수위가 높은 곳에서도 군락을 이루는 특성이 있다. 갈대의 적정 생육수심은 30 cm 이내로 알려져 있으나, 대상지는 식물군집 구조 조사 시 관찰한 결과 보다 깊은 물속에서도 군락을 이루고 있었다. 따라서 적정한 생육조건 조성 시에는 수심 30 cm이내의 공간을 확보해 주어야 하며, 지상부의 경우 제방사면의 경사도가 지하수위가 관계되는 것으로 대상지의 평균 지하수위가 지표에서 4 m 내외인 점을 고려한 상부토양의 제거가 요구되었다.

Fig. 6은 갈대 생육지 조성 및 관리 개념을 나타낸 것으로 대상지에 매립된 토양을 제거하고 개발이전의 표면토양인 실트층으로 치환하는 작업이 선행되어야 하며 사면의 경사는 3:1로 조성하는 것이 바람

Table 5. Creation of objection

Objection	Subobjection
Preservation and restoration of <i>Phragmites communis</i> landscape	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formation of endemic landscape of <i>Phragmites communis</i> small stream and preservation of <i>Phragmites communis</i> landscape, and provision of habitat and migration path</li> </ul>
Estoration of potential stream vegetation community	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vegetation restoration of stream wetland which is potential vegetation of <i>Phragmites communis</i> small stream</li> </ul>
Selection and removal of controlled plants	<ul style="list-style-type: none"> <li>Management of hazardous plans such as <i>Humulus scandens</i>, <i>Ambrosia artemisiifolia</i> threatening the wetland ecology</li> </ul>

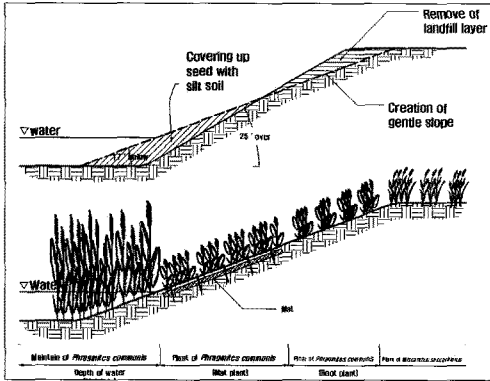


Fig. 6. Plan for restoration of *Phragmites communis* landscape.

직하나, 구간별 특성에 따라 지형의 조건을 반영하여 제시하여야 한다.

하천변 습지식생 복원지는 하천 폭이 넓고 정수 식물이 발달한 구간으로 다양한 하천생태계의 조성 과 식물상을 회복하기 위해 교란식물의 제거, 제방 사면의 완경사지 조성, 개방수역의 확보, 다양한 수 심 확보 등이 요구되었다. Fig. 7은 대상지 하천식생 복원지의 개선안을 제시한 것으로 계획단면에 따라 퇴적토를 제거하여 주고 제방사면의 매립토를 제거 하여 사면의 경사를 완만하게 하여야 할 것이다. 특히 대상지내 교란식물은 반드시 선행하여 제거하고 사면을 완만히 조성한 후 갈대 등 습지자생초본을 식재하여야 할 것이다.

교란식물의 발달은 그 지역의 토지조건, 초기 침입식물종, 주변 식물상, 인간의 간섭정도, 식물간의 경쟁 등에 영향을 받으며 경관상 조화를 이루지 못하거나, 인간에게 해를 입히는 종들이 우점하는 것

으로 나눌 수 있다. 파주 갈대 셋강의 경우 건조지성 자생초본식물인 강아지풀과 돌콩, 귀화식물군락인 망초, 개망초, 그리고 환삼덩굴이 있으며 2003년 현존 식생 기준으로 분석한 결과 대상지 면적 중 14.75%에 해당하였다.

덩굴식물의 분포를 저지하는 방법<sup>15)</sup>으로 지하부의 근경을 파내거나, 제초제 사용, 배어내기 등이 제시되고 있으나, 하천변의 특성을 고려하여 제초제의 사용은 금지하여야 하며 돌콩과 환삼덩굴은 일 년초로서 근경을 파는 방법이 해당하지 않는다. 경비나 식물의 제거면에서 배어내기가 현실적인 방법이며 배어내는 시기는 두 종의 개화시기가 7~8월<sup>9)</sup>인 점을 감안하여 종자를 맺기 전이 적당할 것이다. 그러나 강아지풀과 마찬가지로 상부토양을 일부 걷어내어 종자를 제거하는 관리를 지속적으로 실행하는 것이 효과적인 방법일 것으로 판단된다. 특히 사전귀화식물인 환삼덩굴은 다른 종의 생육을 저해하는 타감물질의 배출이 많은 종으로서 갈대군락이 피압당하는 지역에 대해 우선적으로 관리해야 할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구는 경기도 파주 출판문화단지 내에 있는 갈대 셋강의 생태적 복원 및 관리방향 설정을 위해 하천 사면지역을 중심으로 식생변화관찰을 실시하고 이를 기초로 관리방안을 제시하였다. 연구는 크게 지형구조, 연도별 생물상 및 귀화율 변화, 현존식생 변화, 식물 군집구조 변화로 구분하여 실시하였다.

하천 사면지역은 경사도가 10~35°로 다양하게 분포하고 있었으며 교란식생이 우점하는 지역의 사면 경사도가 급한 것으로 측정되었다. 연도별 식물상 조사 결과 2000년도에 37종류가 출현하였으며 2001년 55종류, 2002년 95종류, 2003년 125종류가 출현하여 연도별 식물상은 지속적으로 증가하는 경향이있다. 연도별 현존식생 변화의 경우 갈대 등의 습지성 자생초본식물군락은 큰 면적변화가 없었으나, 돌콩, 환삼덩굴 등 관리대상 종들의 세력은 크게 확대되고 있었다. 18개 조사구를 설정하여 조사한 식물군집구조에서도 각 유형별로 갈대, 물억새 등의 세력은 유지 혹은 감소하고 있었으나, 환삼덩굴, 돌콩, 강아지풀, 망초류의 세력은 크게 증가하는 경

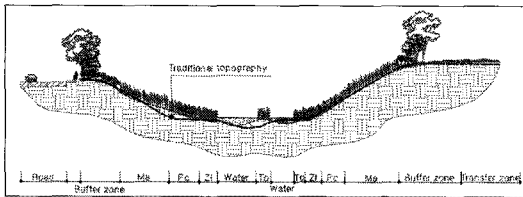


Fig. 7. Improvement plan of crossing structure for ecological restoration.

\* Ma(*Miscanthus sacchariflorus*), Pc(*Phragmites communis*), Zl(*Zizania latifolia*), To(*Typha orientalis*)

향으로 조사되었다. 3년간 식생구조 모니터링을 통해 얻은 결과를 바탕으로 대상지 생태적 복원을 위한 관리방향은 크게 갈대 경관의 보전 및 복원, 잠재 하천식생군락의 복원, 관리대상 식물의 선정 및 제거를 제시하였다.

본 연구는 셋강 주변의 지속적 개발에 따른 하천 식생구조의 교란이 야기되어 생태적 복원 및 관리 방향의 기초자료 제공을 목적으로 지형구조와 연도별 식생구조 변화를 모니터링한 연구로서 향후 토양특성, 토양수분함양과 출현 식물과의 관계, 야생 동물과의 연관성 등을 지속적으로 연구하여야 할 것이다.

### 참고 문헌

- 1) 우효섭, 2001, 하천환경개선사업의 평가와 전망, 건설기술정보, 9, 1-8.
- 2) Naiman R. J., 1992, River conservation and management, John Wiley and Sons, New York, 115-116pp.
- 3) 전승훈, 현진이, 최정권, 1999, 하천미지형 및 하상 저질에 따른 갯버들과 달뿌리풀군락의 분포특성에 관한 연구, 한국조경학회지, 27(2), 59-66.
- 4) 한봉호, 김정호, 홍석환, 2003, 서울시 둔촌동 습지 생태계보전지역 생태적 복원구상, 한국환경생태학회지, 17(3), 242-257.
- 5) 김귀곤, 조동길, 1999, 인공습지 조성 후 생물다양성 증진효과에 관한 연구, 한국조경학회지, 27(3), 1-17.
- 6) 최병언, 이경재, 2001, 자연생태계 모니터링을 통한 여의도셋강생태공원의 관리방안, 한국환경생태학회지, 15(1), 26-38.
- 7) 배정희, 2004, 도시하천의 횡단지형구조 및 호안구조에 따른 식생분포특성과 식생도입방안, 석사학위논문, 조경학과, 서울시립대학교, 서울.
- 8) 이광우, 김태경, 심우경, 2002, 하천의 지형학적 인자와 식생종수의 관계 -한강수계를 중심으로-, 한국조경학회지, 30(3), 73-85.
- 9) 이창복, 1982, 대한식물도감, 향문사, 990pp.
- 10) 박수현, 1995, 원색 귀화식물도감, 일조각, 371pp.
- 11) 김준민, 임양재, 전의식, 2000, 한국의 귀화식물, 사이언스북스, 281pp.
- 12) Braun-Blanquet, 1964, Pflanzensziologie, Grundzuge der vegetationscunde, wien, 865pp.
- 13) 한국토지공사, 2001, 과주출판문화정보산업단지 갈대셋강 생태계보전 및 복원 설계, 41pp.
- 14) 條況健太, 1995, 沖積河川の水邊生態環境とその整備について研究, 博士學位論文, 東京大學校, 東京.
- 15) 이창석, 오종민, 이남주, 2003, 하천환경과 수변식물, 동화기술, 296pp.
- 16) 이육주, 2003, 자생 수생식물에 의한 수질정화효과-갈대, 흑삼릉, 택사, 자라풀을 중심으로-, 박사학위논문, 환경자원학과, 상명대학교, 천안.
- 17) 정용현, 성기준, 강대석, 이석모, 박소영, 2008, 을숙도 생태공원내 서식지별 환경요인과 갈대분포 특성, 한국환경복원녹화기술학회지, 11(3), 50-61.