

第 93 回 碩士學位論文
指導教授 李 彦 求

공동주거단지의 환경친화적 수공간
계획에 관한 연구

A Study on the Environment-Friendly Water Space
in an Apartment Landscape

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

鄭 智 允

2000年 6月

공동주거단지의 환경친화적 수공간
계획에 관한 연구

A Study on the Environment-Friendly Water Space
in an Apartment Landscape

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

2000年 6月

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

鄭 智 允

鄭智允의 碩士學位 論文을 認定함.

審査 委員長 _____ (印)

審査 委員 _____ (印)

審査 委員 _____ (印)

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境 專攻

鄭智允

2000年 6月

국문 요약

환경친화에 대한 전세계적인 관심의 고조와 함께, 국내에서도 1990년대 초반 이후부터 환경친화적인 주거단지 개발에 대한 논의가 본격적으로 시작되었다. 그러나 아직까지는 옥외공간에 물 또는 녹지 등의 자연환경을 단순도입하는 실정에 불과하다. 따라서, 본 연구는 공동주거단지내 수공간 도입시 환경친화적 개념을 바탕으로 하는 수공간의 기본 계획 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

환경친화적 수공간의 개념 및 사례분석, 그리고 환경친화적 수공간을 조성하는 기법들을 문헌을 통해 고찰한 후, 환경친화적 수공간 모델을 설정하여 실제 주거단지에 적용·계획하였다.

본 연구를 통해 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

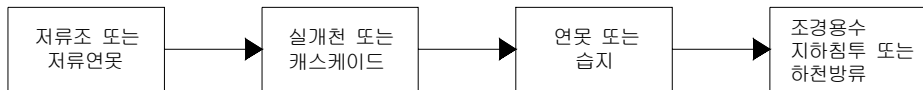
1. 환경친화의 개념고찰을 통해 환경친화적 수공간을 조성하기 위한 3가지 기본 목표를 설정하고, 이를 실현하기 위한 지침 및 기법을 제시할 수 있다. 환경친화적 수공간의 기본목표는 자원절약, 환경오염최소화, 자연친화의 실현이며, 각각에 대한 세부기법은 다음과 같다.

- ① 자원절약
 - 우수이용기법
 - 중수이용기법
- ② 환경오염최소화
 - 우수유출량제어기법
 - 생물정화기법
- ③ 자연친화
 - 비오톱조성기법
 - 친수공간조성기법

2. 주거단지 규모에 따라 적용할 수 있는 수공간 유형을 수량확보적 측면에서 분류할 수 있다. 놀이와 친수성을 주목적으로 하는 어메니티형 수공간은 중수 및 우수의 기대수량과 외부공간 크기에 따라 적절히 조절하여 적용가능하므로, 단지의 규모에 상관없이 도입할 수 있다. 반면, 생태형 수공간은 생물의 서식을 위해 일정 수심 및 유속을 유지해야 하기 때문에, 서식하는 생물에 따라 일정이상의 수량 확보를 필요로 한다. 특히 어류가 서식하는 생태형 실개천은 신도시 개발 등의 지구적 차원에서 계획되어야 한다. 그리고 수질정화가 주목적인 식생정화 수공간은

유입수량에 비례하여 표면적이 증가하므로 옥외공간이 협소한 도시 주거단지에는 적용이 어렵다.

3. 환경친화적 수공간의 사례 및 기법 분석을 통해 환경친화적 수공간 기본 모델을 설정할 수 있다. 본 연구에서는 주거단지내 물의 순환적 측면에서 기본 수공간 네트워크를 제시하였다. 그 내용은 다음과 같으며, 분수, 벽천 등의 기타 수공간 요소들을 기본형에 조합하여 계획할 수 있다.



4. 기존 주거단지에 수공간 모델을 적용하여 계획하였다. 대상지는 소하천과 생태연못이 조성된 공원에 접하고 있는 중규모 단지이며, 주동별 우수 및 중수량에 따라 실개천 및 연못의 규모를 정할 수 있다. 단지의 경사를 따라 흐르는 실개천의 유량은 인접하는 공원의 연못의 유지용수로 사용되며, 연못에서 일정수위 이상으로 넘치는 물은 다시 하천으로 방류되어 하천의 유지용수로 사용된다. 실개천의 중간중간에 저류연못을 두어 주변 식재의 관개용수로 사용할 수 있다.

옥외공간의 성격에 적합한 수공간 요소를 도입하여 단지내 여메니티를 향상시킨다. 단지의 주출입구에는 단지의 상징성을 높여줄 수 있는 분수 및 캐스케이드를 계획하였고, 놀이터에는 어린이들이 유희를 즐길수 있도록 수심이 얇은 도보지를 조성하였다. 주동앞에는 물이 솟아오르는 작은 연못을 계획하여 공용의 옥외공간과 개인의 실내공간사이에 매개적인 역할을 하는 공간을 조성하였으며, 대상단지와 인근 주택지 사이의 보행자전용도로를 따라 흐르는 실개천을 조성하여 다양한 경관을 창출하였다.

목 차

제 1 장 서 론

1.1. 연구의 배경과 목적	1
1.2. 연구의 내용과 방법	2

제 2 장 환경친화적 수공간에 대한 기본적 고찰

2.1. 환경친화적 주거단지의 개념	4
2.1.1. 환경친화의 배경	4
2.1.2. 환경친화의 개념	5
2.1.3. 환경친화적 건축 계획의 국내·외 연구 현황	9
2.1.4. 환경친화적 주거단지 개념 및 개발방향	10
2.2. 단지내 옥외 수공간 계획	12
2.2.1. 수환경 순환체계	13
2.2.2. 도시 수순환의 문제점	15
2.2.3. 단지내 외부 수공간 형태	17
2.3. 환경친화적 수공간 조성 요소	20

제 3 장 사례 분석

3.1. 국외사례	21
3.1.1. 독일	21
3.1.2. 일본	31
3.1.3. 기타	45
3.2. 국내사례	48
3.3. 소결	58

제 4 장 환경친화적 수공간 조성 기법

4.1. 자원절약	61
4.1.1. 우수이용 기법	61
4.1.2. 중수이용 기법	66
4.2. 환경오염최소화	70

4.2.1. 우수유출량 제어	70
4.2.2. 생물학적 하수정화처리	76
4.3. 자연친화	78
4.3.1. 비오톱 조성	78
4.3.2. 친수공간 조성	83

제 5 장 환경친화적 수공간 계획모델 설정

5.1. 환경친화적 수공간 조성 기법의 체계 및 결합	86
5.1.1. 환경친화적 수공간 조성 기법 시스템	86
5.1.2. 환경친화적 수공간 유형	93
5.2. 환경친화적 수공간 계획모델	94
5.2.1. 단지 유형별 적정 수공간 선정	94
5.2.2. 환경친화적 수공간 네트워크	98
5.3. 수공간 설계 기법	100

제 6 장 사례연구

6.1. 사례연구 대상지 선정	109
6.2. 대상지 현황	110
6.2.1. 인문환경	110
6.2.2. 자연환경	111
6.2.3. 수환경 문제점 및 대안	113
6.3. 기본계획	118
6.3.1. 수환경 계획	122

제 7 장 결론

표 목 차

<표 2-1> 환경친화적 건축의 목표 및 기본계획요소	12
<표 2-2> 지구의 물순환	13
<표 3-1> 수공간 현장조사	54
<표 3-2> 수환경에 관련된 환경친화적 개선방안	57
<표 3-3> 환경친화적 수공간 사례 분석표	58
<표 4-1> 우수이용의 특징	62
<표 4-2> 집수면에 따른 수질 특성	64
<표 4-3> 우수 이용량의 원단위	65
<표 4-4> 우수이용	66
<표 4-5> 중수이용의 특징	67
<표 4-6> 오염정도에 따른 가정하수의 구분	67
<표 4-7> 우리나라 가정용수의 용도별 사용량('96)	67
<표 4-8> 원수 수질 특성	68
<표 4-9> 환경용수의 수질기준	68
<표 4-10> 저류방식의 비교	73
<표 4-11> 우수침투법의 구성	75
<표 4-12> 식생지대에서 일어나는 수중 성분의 포획 변환 기작	76
<표 4-13> 흐름방식에 따른 구분	77
<표 4-14> 수질정화효과의 생태계 순환	78
<표 4-15> 호수의 제문제 해결에 있어서 생물학적 방법	78
<표 4-16> 수생식물	82
<표 4-17> 친수공간의 기능	83
<표 4-18> 수공간의 기본구성 형태 및 특성	84
<표 5-1> 우수유출억제시설의 설치형태	88
<표 5-2> 수공간과 주변요소와의 결합에 의한 효과	92
<표 5-3> 수공간과 결합가능한 옥외공간 요소	92
<표 5-4> 친수공간과 타기능과의 연계	92
<표 5-5> 단지 규모별 적용 수공간	94
<표 5-6> 조성가능한 최대 수공간 규모	95
<표 5-7> 수량에 의한 수공간 규모의 산출	95
<표 5-8> 생태형 수공간 유형별 필요수량	96
<표 5-9> 연못시스템의 설계 변수	96
<표 5-10> 수공간의 조합	99

<표 5-11> 측면경사 설계기준	102
<표 5-12> 연못의 설계인자	103
<표 6-1> 대상지 개요	109
<표 6-2> 월평균기온	111
<표 6-3> 월평균강수량	112
<표 6-4> 1967-1999년간 월강수량(mm)	112
<표 6-5> 대상단지의 공간구성 현황	114
<표 6-6> 연간 우수유출량	114
<표 6-7> 월별기대우수량	118
<표 6-8> 기대중수량	118
<표 6-9> 수공간에 필요한 유지수량 산정 방법	118
<표 6-10> 주동앞 실개천 규모 산출	121
<표 6-11> 개선후 연간 우수유출량	121

그림 목차

(그림 1.1) 연구 흐름도	3
(그림 2.1) 기존 건축과 생태 건축의 비교	6
(그림 2.2) 기존 주택과 환경공생주택의 차이	7
(그림 2.3) 물의 순환	14
(그림 2.4) 도시와 자연상태의 순환 체계 비교	15
(그림 3.1) 배치도	21
(그림 3.2) 아라메 운하에 면한 테라스하우스	21
(그림 3.3) 단면개념도	23
(그림 3.4) 배치도	25
(그림 3.5) 단지내 수공간	25
(그림 3.6) 단지내 비오톱(연못)	25
(그림 3.7) 배치도	26
(그림 3.8) 지붕에서 집수된 빗물의 처리	26
(그림 3.9) 생활하수자연정화시스템 개념도	26
(그림 3.10) 단지내 수자원의 순환	27
(그림 3.11) 우수저류시스템	29
(그림 3.12) 단지의 총체적 수자원 활용시스템 구축개념도	30
(그림 3.13) 배치도	31
(그림 3.14) 생태정원	31
(그림 3.15) 아쿠아루프 시스템	32
(그림 3.16) 배치도	33
(그림 3.17) 단면도(A-A')	33
(그림 3.18) 도로의 투수성 포장	34
(그림 3.19) 발코니의 우수저장탱크	34
(그림 3.20) 실개천	34
(그림 3.21) 실개천과 연못을 이용하여 비오톱 조성(고령자주택서비스센터의 정원)	34
(그림 3.22) 녹지와 수변을 따르는 산책로	34
(그림 3.23) 배치도	35
(그림 3.24) 중앙공원	35
(그림 3.25) 자연소재를 이용한 다공질 공간이 특징인 비오톱 연못 주변	35
(그림 3.26) 배치도	36
(그림 3.27) 실개천	37
(그림 3.28) 해바라기 주택(중정의 풀)	37

(그림 3.29) 단지 전경	38
(그림 3.30) 단면도	38
(그림 3.31) 배치도	39
(그림 3.32) 수순환재생시스템	39
(그림 3.33) 배치도	40
(그림 3.34) 수변에서 놀고 있는 어린이들	41
(그림 3.35) 인간과 물이 만나는 광장	41
(그림 3.36) 생물의 수질정화력을 이용한 수로	41
(그림 3.37) 우수순환공법	41
(그림 3.38) 배치도	42
(그림 3.39) 중앙연못	42
(그림 3.40) 배치도	43
(그림 3.41) 단면도	43
(그림 3.42) 친수공간이 있는 중정	44
(그림 3.43) 우수를 이용한 중정의 실개천	44
(그림 3.44) 우수조절기능이 있는 비오톱	44
(그림 3.45) 남측 보행자전용도로에 설치된 실개천	44
(그림 3.46) 중앙 연못	46
(그림 3.47) 주호 단면	46
(그림 3.48) 배치도	47
(그림 3.49) 건기 및 우기시 연못의 이용	47
(그림 3.50) 친수공간	48
(그림 3.51) 배치도	49
(그림 3.52) 분수	49
(그림 3.53) 벽천	49
(그림 3.54) 후정 전경	50
(그림 3.55) 연못	50
(그림 3.56) 3단 폭포	50
(그림 3.57) 배치도	51
(그림 3.58) 단면	52
(그림 3.59) 배수계획	52
(그림 3.60) 주호 앞 저습지	52
(그림 3.61) 일산 신시가지	53
(그림 3.62) 능곡지구	53
(그림 4.1) 우수집수 시스템의 주요 구성	62
(그림 4.2) 집수면적 계산	62

(그림 4.3) 입관(standpipe) 타입의 루프와셔	63
(그림 4.4) 일반적인 우수처리 공정도	64
(그림 4.5) 침전조의 설계예	65
(그림 4.6) 쇄석여과조 또는 간이필터에 의한 여과	65
(그림 4.7) 중수도 시스템	67
(그림 4.8) 저류방식에 따른 분류	71
(그림 4.9) 쇄석공극저류법	75
(그림 4.10) 연못의 천이과정	80
(그림 5.1) 주호단위의 우수이용 시스템	86
(그림 5.2) 주동단위의 우수이용 시스템	86
(그림 5.3) 개방순환방식	87
(그림 5.4) 폐쇄순환방식	87
(그림 5.5) 우수유출억제 시설 선정 흐름도	89
(그림 5.6) 우수유출제어 시설 체계도	89
(그림 5.7) 주거단지 우수유출억제 시스템 적용	89
(그림 5.8) 생물학적 처리에 의한 물의 재순환 체계도	90
(그림 5.9) 생물정화시스템의 기본형	90
(그림 5.10) 비오톱의 연계	91
(그림 5.11) 주동 배치에 따른 수공간의 기본 배치형태	98
(그림 5.12) 수공간의 기본 네트워크	99
(그림 5.13) 수공간 조합방법	100
(그림 6.1) 용인시 위치	110
(그림 6.2) 대상지 위치	110
(그림 6.3) 대상지의 수계분석도	111
(그림 6.4) 1967-1999년간 연평균 강수량의 순위	112
(그림 6.5) 대상지 전경	115
(그림 6.6) 근린공원의 연못	115
(그림 6.7) 하천	115
(그림 6.8) 근린공원과 면한 하천	115
(그림 6.9) 수공간 기본 네트워크	117
(그림 6.10) 대상단지 수공간 기본 계획 개념도	117
(그림 6.11) 수공간 규모 결정 흐름도	120

제 1 장 서 론

1.1. 연구의 배경과 목적

1992년 개최된 리우환경회의 이후 전세계 대부분의 국가들이 국가발전의 목표를 지속가능한 개발에 두고 개발과 환경을 조화시키는 방향으로 도시 및 단지 개발정책이나 사업을 탈바꿈시키고 있다. 특히 독일이나 일본 등 환경선진국에서는 이미 '70년대부터 환경친화적 단지의 건설에 대한 논의가 시작되면서 많은 친환경적 단지가 건립되었고 최근들어서는 기존 주거단지의 친환경적인 개선에 대한 연구와 개발이 병행되고 있다.

이와 더불어 국내에서도 1990년대 초반 이후부터 지속가능하고 환경친화적인 도시 및 단지에 대한 개발이 본격적으로 논의되기 시작하였으며, 기존 도시환경 문제에 대한 해결책으로 자연환경을 주거단지 내에 도입하려는 움직임이 발생하게 되었고, 특히 분수, 연못 등의 물을 이용하는 수공간 도입이 증가하고 있다. 그러나 자원절약, 환경오염 최소화, 자연과의 친화 등의 환경친화적 개념의 본질을 파악하지 못한 단순 설치에 불과한 실정이다.

기존 도시는 물을 이수 및 치수의 면에서만 대처한 결과 도시환경을 악화시켜왔다. 과거 도시내에 존재하던 수많은 하천들은 복개되어 하수도로 이용되거나 그 위에 건물이 지어졌다. 그 결과 수질은 오염되고, 하천 생태계는 파괴되었으며, 도시 거주민들이 물과 접할 수 있는 기회조차 박탈되었다. 그리고 무분별한 불침투성의 도로포장은 여름철 집중호우시 우수유출수를 증가시켜 홍수 피해를 가중시켰다.

이러한 도시적, 크게는 지구적 차원의 환경문제 해결을 위해서는 자연계의 생태학적 순환의 원리를 따르는 체계적인 수공간 계획 프로그램 개발이 기본이 된다. 환경친화적인 수공간은 환경적인 측면에서만 양호한 상태를 추구하는 것이 아니라, 생태적·인간사회적 측면에서도 양호한 상태를 유지할 수 있도록 자연생태계가 가지고 있는 다양성·자립성·안정성·순환성을 갖도록 하여 지속가능한 발전을 계속할 수 있도록 계획되어야 한다.

우리나라는 강수량의 극심한 계절적 불균형으로 수자원 관리에 어려움이 많아 안정적인 물환경 계획은 필수적이다. 환경부는 2006년부터 예상되는 물부족사태에

대비하기 위해 수자원정책의 기조를 종래의 공급 위주에서 수요관리 중심으로 전환하기로 하고 수도요금 누진제 확대 등을 골자로 한 물절약종합대책을 마련, 내년 부터 시행키로 하고 있다. 따라서 현재 상수를 그 유지용수로 이용하는 대부분의 주거단지내 친수계획은 환경친화적이지 못할 뿐만 아니라 더 이상 우수나 중수 등의 사용에 비해 경제적인 선택이 될 수 없다. 주거단지내 우수, 중수 시스템을 이용하는 체계적이고 종합적인 수순환 관리를 통해 용수를 확보할 수 있고, 실개천, 습지 등의 친수공간을 확보하여 수생생물권을 형성할 수 있을 뿐만 아니라 그 지역의 주민들의 커뮤니티 중심지로서 단지의 어메니티를 높여 주는 등 친환경성과 경제성을 동시에 도모할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 친환경·친인간적 수공간 도입을 위해 수공간 관련 기술들을 정리·조합 및 체계화하여 주거단지에 적용가능한 수환경 계획 기본 모델을 제시하고, 사례연구를 통하여 대상단지의 기상조건, 규모, 주변환경, 사용행태 등에 따른 유지관리적 측면에서의 적용타당성을 검토하여 적절한 수공간 계획의 방향을 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 내용과 방법

본 연구에서는 주거단지내 외부공간계획에 있어서 환경친화적 개념을 도입한 친환경적이고 지속가능한 수공간 계획의 체계적 정립을 위해 유지관리에 효율적인 수환경 기본 모델의 설정을 통한 수공간 계획방법을 제시하고자 한다.

본 연구의 내용 및 방법을 요약하면 다음과 같다.

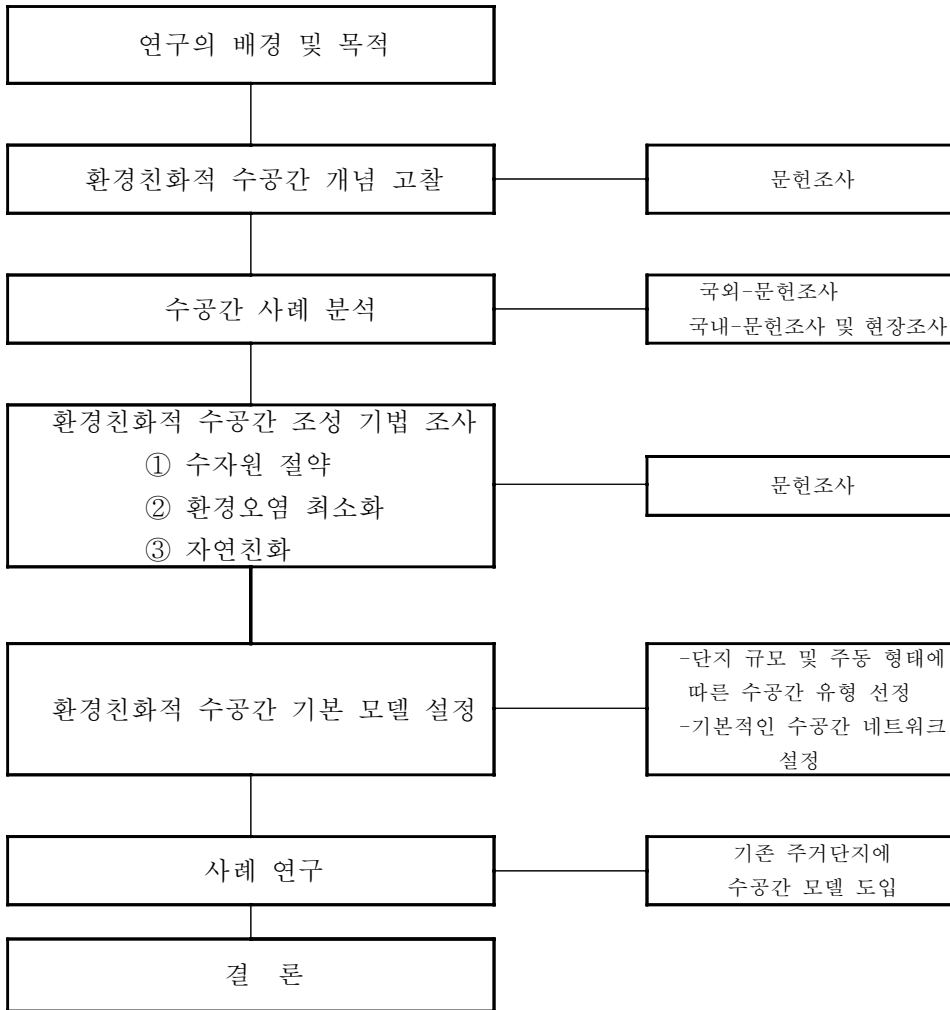
1. 환경친화적이고 지속가능한 건축의 개괄 개념에 대한 이론적 고찰과 도시 수순환 체계의 문제점 고찰을 통해 주거단지내 환경친화적 외부 수공간 계획 개념을 정리한다.

2. 주거단지내 수공간 계획의 기존 적용사례 조사를 통해 환경친화적 측면에서의 문제점을 도출하고 그 개선방안으로서 환경친화적 건축 개념을 바탕으로 환경친화적 수공간 계획요소를 정립한다.

3. 환경친화적 수공간 계획의 조성요소를 크게 자원절약·환경부하절감·자연친화적 측면 세가지로 나누어 각각의 하부 요소들에 대한 기법들을 정리한다.

4. 환경친화적 수공간 기법을 적용한 국내·외 수공간 사례를 분석하여 수공간 기본 계획 모델을 체계적으로 정립한다.

6. 실제 주거단지를 대상으로 하는 사례 연구를 통해 환경친화적 수공간 도입의 그 가능성과 타당성을 확인한다.



(그림 1.1) 연구 흐름도

제 2 장 환경친화적 수공간에 대한 기본적 고찰

2.1. 환경친화적 주거단지의 개념

2.1.1. 환경친화의 배경

지구는 태양과 먹이를 비롯한 온갖 에너지를 인간을 포함하는 모든 생명체에게 공급함으로써 생명을 부양한다. 그러나 인간이 밀집해서 사는 도시와 공업지대는 에너지 집약적이어서 대단히 많은 에너지를 필요로 한다. 따라서 자연환경으로부터 자원과 에너지를 끌어다 쓰고 그에 따른 폐기물인 오염물질과 생활 및 산업쓰레기를 자연환경으로 되돌려보낸다. 그러나 도시로부터 폐기물을 전해받는 자연환경이 오염물질을 자체적으로 정화할 수 없는 지경에 이르면, 필연적으로 인간을 비롯한 생명체의 생명부양에 엄청난 위협을 주는 정도로 생명 에너지 흐름이 단절되는 생태학적 위기가 고조될 것이다.

이러한 생태학적 위기는 지구의 곳곳에서 발생하고 현 세대에 가장 시급히 해결해야 할 현안으로 그 심각성이 최고조에 달하고 있다. 자연은 일시적으로 부분적인 균형이 깨어져도 자체의 조절능력에 의해 원상으로 회복되어 전체적 평형상태를 유지해 왔다. 이러한 균형을 유지하는 한계 능력을 초과하는 자연 파괴 현상의 지속은 자연순환을 단절하고 재생능력을 유지하지 못하게 한다.

따라서 인간 존립 그 자체를 위협하는 생태학적 지구환경의 위기를 근본적으로 해결하기 위해 사회 각 분야에서 이에 대한 다각적인 대안이 모색되었는데 건축분야에서는 1970년대 독일에서 생태건축이 제안된 이래, 일본의 환경공생주택, 미국의 그린빌딩, UNEP(유엔환경계획기구, United Nations Environmental Planning)에서 채택된 지속가능한 개발 개념 등이 전개되고 있다. 이러한 개념들은 비록 그 용어는 다르나 문제가 되는 건축환경의 부정적인 요소가 지양된 이상적인 상으로서의 건축환경을 만든다는 맥락에서 볼 때 본질적으로 그 의미가 같다고 할 수 있다.

2.1.2. 환경친화적의 개념

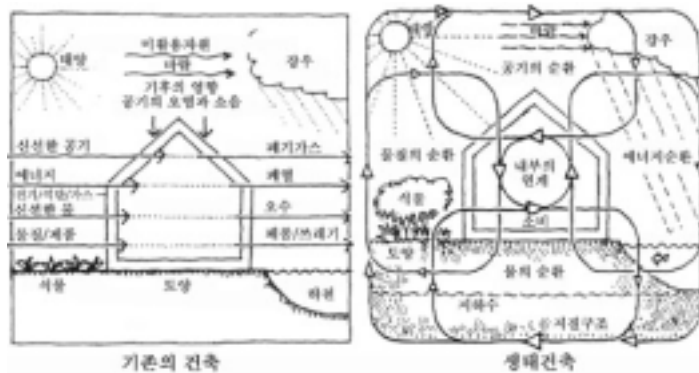
환경친화란 주변의 계(system)¹⁾와 그에 속해 있는 주체가 상호간의 관계속에서 긍정적인 결과를 도출하는 방향으로 화합됨을 의미한다. 사람에 의한 영향이 전혀 미치지 않는 자연계 상태에서는 환경친화(Environmentally friendly)란 용어는 존재할 수 없다. 다소 차이는 있으나 모든 인간활동은 주변환경의 인자들을 이용해서 이루어지므로 어느 정도의 환경피해는 항상 발행하기 마련이기 때문에, 이를 감안하여 ‘인류 및 동식물의 지속적 생존을 보장할 수 있는 정도 범위내의 환경상태’, 즉 인류의 지속가능한 개발 혹은 발전을 가능케 하는 환경상태를 현실적 목표로 하여 자연계의 수용능력 범위내의 인간활동 양식을 환경친화라 규정할 수 있다.²⁾ 즉, 자연에 새로운 질서를 부여하기보다는 자연과의 조화와 균형을 중시함으로써 자연의 순환원리를 적용하고, 쾌적한 환경을 제공하는 자연에 합일하는 안정된 개발을 꾀한다는 미래지향적인 개념이다. 이러한 환경과 인간활동 양자간의 조화를 모색함으로써 지속적인 발전을 유도한다는 개념은 건축분야에서도 적용되어, 건축 행위 자체가 곧 생태계의 파괴로 귀결되는 기존 건축의 문제를 근원적으로 해결하기 위한 대안적 개발을 실현하기 위해 다각도로 모색되고 있다.

우리나라에서도 90년대 초반부터 환경문제에 대한 심각성이 국민적 관심의 대상이 되면서 건축분야에서도 환경보전형, 환경공생형, 친환경, 그린, 생태건축, 환경친화형 등 매우 다양한 이름으로 환경친화적 건축 개념이 소개되고 있으며, 그중 대표적인 사례 몇가지를 중심으로 그 개념을 정리하면 다음과 같다.

-
- 1) 위치, 지형, 기후, 토양, 식생, 물 등의 자연환경요소들과 인구, 경제활동, 문화양식, 취락 등의 인문환경요소들이 유기적으로 연계되어 기능적으로 밀접한 상호작용을 하는 하나의 계(system)를 이룬 것을 환경계(Environmental system)라고 한다. 건설교통부, 환경보전형 주택시스템 개발, 1995
 - 2) 주옥자, 공동주택 단지 외부공간 환경친화도 평가 방안에 관한 연구, 연세대 박사학위논문, 1999

1) 생태건축

생태건축(Ecological Architecture)은 환경친화적 건축 가운데 독일을 중심으로 가장 먼저 구체화된 건축 개념으로, 주택 및 주거단지, 도시를 하나의 인위적인 생태계로 구성하여, 자연생태계에 유기적으로 통합하려는 것이다. 즉, 주택을 생명체와 같이 자정능력을 보유한 유기체적 의미로 보는 것으로 (그림 2.1)과 같이 설명하고 있다.



(그림 2.2) 기존 건축과 생태 건축의 비교

자료: 민양관, 환경친화형 주거단지의 계획요소에 관한 연구,
청주대 석사학위논문, 1998, p. 9

기존건축은 주변의 자연자원을 적절히 활용하지 못하고 에너지와 물질을 일방적으로 소비하고 있으며 그 결과 많은 폐기물과 오염을 발생시키고 있다. 따라서 기존건축에서는 에너지와 자원의 지속적인 공급을 위한 설비와 폐기물 처리시설이 필수적이며 유지관리비가 증가하고 환경부하를 증가시킬 가능성이 상존하고 있다. 반면에 생태건축은 건축이 자연생태계의 일부가 되는 시스템을 지니고 있기 때문에 환경에 대한 부하가 거의 없이 자연자원을 효과적으로 활용한다. 이를 위해 단위 건물이나 주거단지 등에서의 에너지와 자원의 순환체계는 토양, 물, 태양, 공기 등이 지닌 자연의 순환체계와 서로 통합되도록 계획된다. 이러한 순환체계는 매우 다양하게 연계되며 서로 독립적으로 이루어지는 것이 아니라 상호 의존적인 관계를 지니고 있다.

2) 환경공생주택

환경공생주택(環境共生住宅)은 생태계내에서 서로 다른 두 종의 생물이 서로 이익을 주고받으며 함께 생활하는 ‘공생’의 개념을 토대로 한다. ‘지구 지역환경을 보전한다는 관점에서 지역의 특성이나 거주형태에 대응하여 자원과 에너지의 이용이나 폐기물 처리의 측면에서 적절한 배려가 이루어짐과 동시에 주변의 자연환경과 친화되고, 나아가 거주자가 주체적으로 참여하여 건강하고 쾌적하게 생활할 수 있도록 연구된 주택 및 그 지역환경’으로 정의하고 있다. 환경공생주택의 기본목표수준으로 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량의 절감목표, 수자원의 소비절감 목표, 그리고 폐기물의 리사이클 목표 등이 있다. (그림 2.2) 는 기존주택과 환경공생주택의 차이를 나타낸다.



(그림 2.3) 기존 주택과 환경공생주택의 차이

자료: <http://www.kict.re.kr/archplan/people/shkim/main.htm>

3) 지속가능한 개발

지속가능한 개발(Sustainable Development)의 개념은 UN Bruntland Report(1987)에서 ‘미래 우리 후손의 욕구를 충족시킬 수 있는 능력과 여건을 저해하지 않으면서 현세대의 욕구를 충족시키는 개발’로 정의하고 있으며, 자연 및 문화 환경에 대한 가치, 단기적 환경영향 뿐만 아니라 장기적인 환경영향도 고려하는 미래지향성, 그리고 세대 내의 형평과 세대간의 형평을 강조한다. 이러한 관점에서 지속가능한 개발은 주로 자연자원의 사용한도에 초점을 맞추고 있다. 지구의 생태적 균형과 지속성을 위해 현재 사용 가능한 자원의 총량을 결정하고 그 한도 내에서 자원을 사용하도록 한다. 따라서 건축도 이러한 가용능력을 감안하여 계획되어야 하며 어느정도 개발할 것인가와 그 개발의 우선순위에 대한 판단이 중요한 요소가 된다.

4) 그린빌딩

그린빌딩(Green Building)이란 에너지절약과 환경보전을 목표로 에너지부하 저감, 고효율 에너지설비, 자원재활용, 환경공해 저감기술 등을 적용하여 자연친화적으로 설계, 건설하고 유지관리한 후, 건물의 수명이 끝나 해체될 때까지도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 계획된 건축물을 말한다. 그린빌딩의 대표적인 기술로는 건물의 냉난방, 조명 등 건물의 유지관리를 위해 필수적인 에너지의 사용은 변환과정에서 환경오염 물질의 발생이 동반되므로 건물에 필요한 에너지부하를 줄이는 기술은 그린빌딩을 위한 가장 기본적인 기술요소이며 아울러 에너지소비를 줄이기 위한 설비의 효율향상이 필수적이다. 또한 건물로부터 유발되는 각종 오염원의 발생을 줄이고 발생된 오염원에 대해 주위환경에 미치는 피해를 최소화시키기 위한 환경공해 저감기술이 뒷받침되어야 하며, 건물로부터 나오는 폐자원을 재사용하거나 재생이 불가능한 자원의 경우에도 환경에 대한 피해가 최소화되도록 처리하는 기술 등의 중요한 기술로 되어 있다.³⁾

5) 환경모범도시

환경모범도시란 도시를 하나의 유기적인 체계로 보고 도시의 다양한 활동이나 구조를 자연의 생태계가 지니고 있는 다양성, 자립성, 순환성에 가깝도록 계획하고 설계하여 인간과 환경이 공존하는 도시라고 정의할 수 있다.⁴⁾ 도시의 환경문제는 서로 유기적인 복합관계가 있고 대기오염, 수질오염 등의 여러 가지 환경문제는 물질대사나 물 순환을 통해서 상호간에 연관되어 있다. 이러한 도시의 환경문제에 대처해서 쾌적하고 조화로운 도시환경을 보존, 창조해 나가려면 단순한 공해방지시설의 확충 관점이 아니라 도시의 물질적 구조나 경제계획, 생활양식까지를 포함하여 도시를 하나의 유기적인 계통으로 포착하여 도시에 있어서의 다양한 활동이나 구조를 자연의 생태계가 가지고 있는 자립·안정적 순환적인 계획에 근접하게하는 관점에 입각한 도시구조를 확립할 필요가 있다. 즉, 도시 속에서 자연 그대로의 생태계를 재현시켜 시민과 자연이 함께 어우러져 살아가는 ‘인간과 자연 공생형 도시’, 시민들이 사용하는 물이 재이용·순환되어 공공수역에 대한 오염피해를 최소화하는 ‘물순환형 도시’ 등을 구현하는 것이라 할 수 있다.

3) 박상동, 신기식, 그린빌딩 요소기술, 건축, 1998. 9

4) 김귀곤, 생태도시계획론, 대한교과서주식회사

2.1.3. 환경친화적 건축 계획의 국내·외 연구 현황

환경친화적 건축 개념을 구현하기 위해서는 환경친화적 목표하에 개발시 고려되는 건축 계획 및 설계요소들이 상호 유기적으로 반영되어야 한다. 따라서 환경친화적 건축 계획의 체계적인 정립을 위해 국내·외에서 연구 또는 적용되고 있는 환경친화적 건축 목표 및 그에 수반되는 하부 설계요소에 대해 우선적으로 파악하여 정립할 필요가 있다.

1) 국외

영국의 BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)은 건물과 지구환경의 관계에서 실내의 환경성능을 향상시키면서 건물에 의한 실외의 대기오염물질 발생을 최소화하도록 하는 것을 목적으로 하며, 지구환경, 지역환경, 실내환경의 3단계로 구분하여 평가한다. USGBC(U.S. Green Building Council)은 그린빌딩을 실현하기 위한 평가기준으로 'LEED Green Building Rating System'을 개발중이며, 이 시스템은 그린빌딩의 전제조건과 이행조건으로 구성되어 필수선행조건(10개 항목)과 평가항목(13개 항목)으로 건물을 평가, 획득된 점수에 따라 그린빌딩의 등급을 부여하는 방식을 채택하고 있다. 전제조건에 기준이 되는 항목으로는 에너지 효율, 실내공기의 질, 건물의 유지관리 계획 프로그램, 물의 보전, 폐수관리, 폐기물 처리 등이 있다. Austin's Green Building Program은 주요 평가항목을 수자원, 에너지, 건물재료, 폐기물의 4가지 주요 자원분야에 대한 세부 항목으로 분류하고 있으며, 그중 수자원에 대한 항목으로는 우수 집수 장치 사용, 절수형 샤워 및 변기 사용, 콤포스트 변기 사용, Xeriscope 조경, 보도 및 자동차도로의 투수형 포장 등이 있다. 캐나다의 GBC '98(Green Building Challenge '98)은 건물의 환경성능을 건축설계적 측면과 관리운영 측면에서 효과적으로 평가하기 위한 기법으로 BEPAC(Building Environmental Performance Assessment Criteria)을 개발하였다. BEPAC의 평가항목은 크게 오존층 보호, 에너지 소비에 의한 환경오염, 실내환경의 질, 자원절약, 대지 및 교통에 대한 5가지 평가요소를 중심으로 각 세부요소를 기술하였다. 독일의 생태건축은 우선적으로 고려해야할 기본원칙을 순응, 자연의 잠재력 활용, 순환체계구성, 다양성과 연계, 자립성과 적당한 밀도, 천이 등으로 두고, 자원과 에너지의 생태적 이용, 자연환경과의 조화, 건강한 주생활의 추구 등 3가지를 건축 목표로 정하여, 그 세부항목들을 제시하고 있다. 일본의 환경공생주택은 그 개념을 지구환경의 보전, 주변환경과 친화성, 거주환경의 건강, 쾌적성 등 크게 3가지로 구분하여 각각의 주요 설계수법을 제시하고 있으며, 환경공생주택이 기본요건으로서 달성되어야 할 기본적인 목표수준으로 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량의 절감, 수자원의 소비절감, 폐기물의 리사이클로 정리하고 있다.

2) 국내⁵⁾

먼저 양병이⁶⁾는 요소별 목표를 주택내부, 수환경, 녹지, 지형활용, 쓰레기처리, 환경보전 등 6가지로 분류한 후 접지성, 에너지 이용, 쓰레기 재활용, 지속가능한 건설재료 및 구법사용 등 각 목표의 실현을 위한 계획요소와 세부적 수법을 제시하였다. 양동양⁷⁾은 생태적 적용방안의 사례를 분석하면서 생태적 계획요소를 녹화, 물의 순환, 친수공간, 에너지 절약, 그리고 쓰레기 및 오수재순환 방안으로 분류하고 이에 대하여 실내외 녹화, 녹지네트워크, 중우수 이용, 투수성 도로포장, 태양에너지, 미기후조절, 건축재료 재활용, 그리고 쓰레기 처리 등을 비롯한 총 15개 항목에 이르는 구체적인 계획요소들을 제시하였다. 박원규⁸⁾는 지속가능한 개발을 위한 계획요소를 토지이용 및 교통, 에너지, 환경오염 및 폐기물, 자연자원 등 크게 4가지로 구분하였으며 이들 요소들을 각각 토지이용 및 교통, 에너지 절약 및 재생에너지, 수자원 및 폐기물, 그리고 녹지 및 생물다양성으로 세분화하면서, 각 항목에 따라 지속가능 측면의 주거단지 계획요소를 상세하게 열거하고 있다. 또한 김홍규⁹⁾는 환경친화적 계획요소의 중요도 평가에서 평가의 기준을 경제성, 정서함양, 환경보전, 주변조화 및 미적경관으로 구분하고, 이를 토대로 하여 건축 및 설비, 조경 및 외부로 계획요소를 나눈 후 건축 및 설비분야에는 내부정원, 절약시설, 설비변경, 분리수거, 환경재료요소를 조경 및 외부에는 채원조성, 친수공간, 환경주차, 건물배치, 외부녹지 요소를 설정하였다. 이종경¹⁰⁾은 자연환경과 건축과의 관계에 따라 크게 자연환경에 미치는 영향을 최소화하는 건축과 자연환경과 조화를 높이는 건축 두가지로 구분하고, 각각의 기본개념을 전자는 에너지 절약형, 자원 절약형, 환경오염의 최소화, 그리고 후자는 자연 친화형, 지역 특성화로 두고 있다.

그린빌딩기술연구회는 기술적용 대상, 적용기술이 환경에 미치는 범위, 거늘의 설계, 시공, 유지관리, 해체 등에 관련된 기술적인 면을 분류기준으로 삼고 있으며, 그 기술적용대상에 따른 구분을 기준으로 부지/조경, 에너지, 공기, 소음, 물, 재료/자원재활용/폐기물 등의 6가지로 나누고 있다. 대한주택공사¹¹⁾는 환경친화형 주거단지 시스템을 크게 건축, 단지, 조경으로 구분한 후 각각의 항목들을 태양열 활용,

5) 박천보, 대한건축학회논문집, 15권 7호(통권 129호)1999, p.43

6) 양병이, 지속가능성 지표에 의한 우리나라 주거단지의 환경친화성 평가에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 [국토계획], 32권 2호(통권88호) 1997, p.93

7) 양동양, 윤조현, 주거단지계획에서의 생태적 접근방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 12권 6호(통권 92호) 1996, p.140

8) 박원규 외 4인, 해외사례분석을 통한 지속가능한 주거단지 개발방향연구, 대한국토·도시계획학회지 [국토계획], 33권 3호(통권 95호) 1998, p.126

9) 김홍규 외 2인, 환경친화적계획요소의 중요도를 고려한 아파트단지 설계과정결정, 대한건축학회논문집, 14권7호(통권 117호) 1998, p.145

10) 이종경, 지속가능한 개발을 위한 환경친화적 아파트 단지 계획 방향 연구, 중앙대 석사학위논문, 1998, p.55

11) 대한주택공사 주택연구소, 환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구, 1996

단지배치 수법, 그린네트워크 연결, 건물 및 단지녹화, 비옴 형성 등으로 구분하고 각각의 세부내용들을 열거하고 있다. 한국건설기술연구원은 환경친화적 건축의 개념적 목적을 에너지 절약, 자원 절약, 주변환경과의 유기적 연계, 어메니티의 향상으로 하고, 구체적 목표로 미이용에너지 이용, 수자원 순환활용, 녹지 조성, 폐기물 처리 및 재활용 등으로 두고 있다. 이외에 한국토지공사¹²⁾는 환경친화적 계획요소를 야생 동식물의 생육기반 구축을 통해 자연과 공생가능한 오픈스페이스의 창조, 물과 에너지 및 폐기물의 적절한 물질순환 체계유지, 환경순응적 친수공간체계를 갖춘 쾌적한 단지 분위기 연출 그리고 휴먼 네트워크에 사는 보람과 기쁨을 느낄 수 있는 생물에 온화한 환경의 전개 등 4대 목표를 중심으로 계획적 요소를 세분류하고 있다.

2.1.4. 환경친화적 주거단지 개념 및 개발방향

환경친화적 주거단지의 개념은 환경친화 개념의 선상에서 이해될 수 있다. 즉 환경친화적 주거단지는 앞서의 생태건축, 환경공생주택, 환경모범도시, 그린빌딩 등으로 대변되는 개념들의 단지적 차원이라 할 수 있다.

따라서 환경친화적 주거단지란 환경문제가 인류의 생존과 직결된 최대의 현안으로 부각되면서 생태계 파괴로 직결되는 기존의 주거단지가 안고 있는 문제를 해결하기 위한 대안의 한 형태로, 단지의 계획, 설계, 생산, 유지관리 그리고 폐기에 이르기까지 전과정에 걸쳐 총체적으로 에너지 및 자원을 절약하고 자연경관과의 유기적 연계를 도모하여 자연환경을 보전하고 인간의 건강과 쾌적성 향상을 가능하게 하는 주거단지환경이라 정의할 수 있다.

환경친화적 주거단지는 추구하는 목표를 에너지 절약, 자원 절약, 환경오염의 최소화, 자연친화, 지역 특성화 등으로 구분하여 정리할 수 있으며 <표 2-1>과 같다.¹³⁾

12) 한국토지공사, 환경친화적 단지계획기법, 한국토지공사, 1996

13) 이종경, 지속가능한 개발을 위한 환경친화적 아파트 단지 계획 방향 연구, 1998

<표 2-1> 환경친화적 건축의 목표 및 기본계획요소

구분	목표	기본계획요소
자연 환경에 미치는 영향을 최소화 하는 건축	에너지 절약형 건축	에너지 소비절감 방안
		자연에너지 이용 방안
		폐(열)에너지 이용 방안
	자원 절약형 건축	자원을 재활용, 재사용하는 방안
		자원을 절감하는 방안
		자원을 보존하는 방안
	환경 오염의 최소화 건축	공기(대기)오염 방지 방안
		수질오염 방지 방안
		폐기물 처리 방안
자연 환경과의 조화를 높이는 건축	자연 친화형 건축	옥외 수공간 조성 방안
		옥외 녹지 공간 조성 방안
		실내에 자연요소를 도입하는 방안
	지역 특성화 건축	지역의 자연적 특성을 보존하는 방안
		지역의 문화·사회적 특성을 보존하는 방안

2.2. 단지내 옥외 수공간 계획

주거단지의 옥외공간은 휴양, 오락, 운동, 사회적 교류 등 공동사회 생활의 욕구를 담는 활동 공간으로서 거주자에게 다양한 경험과 다양한 활동의 가능성을 부여하도록 계획되어야 하며, 또한 앞에서 살펴본 에너지 절약, 자원 절약, 환경오염 최소화, 자연 친화, 지역 특성화 등의 환경친화적 개념들이 바탕이 되어야 한다.

본 연구의 계획대상인 수공간을 옥외공간에 환경친화적으로 도입하기 위해서는 수공간을 이루는 기본 요소인 물의 순환체계에 대한 기본적인 개념 및 도시화로 인해 수공간 조성시 고려해야 할 사항, 그리고 옥외 공간에 도입되는 수공간 유형에 대한 고찰이 선행되어야 한다.

2.2.1. 수환경 순환체계

물은 지구표면의 약 3/4를 차지하고 있으나, 인간이 사용가능한 담수는 6%에 불과하다. 한편 담수도 99%이상이 극빙이나 만년설 및 지하수로 구성되어 있어 인간이 쉽게 이용할 수 있는 물은 총 담수중의 0.1% 이내로 극히 일부분에 불과하다. 그러나 물은 <표 2-2>와 같이 순환되어 끊임없이 모양을 바꾸며 새로운 역할을 수행한다.

<표 2-2> 지구의 물순환

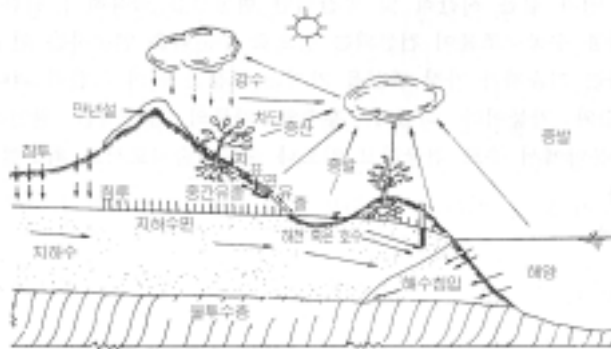
구분	총량		담수(%)	빙 하 와 만 년 설 을 제 외 한 %	순환기간
	106km ³	%			
해수	1,370	94			-4,000년
호 수 와 저수지	0.13	<0.01	0.14	0.21	-10년
습지	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	1-10년
하천	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-2주
토양수분	0.07	<0.01	0.07	0.11	2주-1년
지하수	60	4	66.5	99.65	2주- 50,000년
빙 하 와 만년설	30	2	33.3		10년- 1,000년
수증기	0.01	<0.01	0.01	0.02	-10일
생물체내	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-1주

자료: 한국환경기술개발원, 21세기를 대비한 물관리 정책의 개선방안, 1996

물의 순환(hydrologic cycle or water cycle)은 수분이 강우, 유출, 저장, 증발을 통해 물이 장소를 이동하고 상태를 변경하면서 해양에서 대기, 육지, 다시 바다로 이동하는 끊임없는 순환과정을 말하며, 이러한 순환을 통해 물은 수입(강수)과 지출(유출, 증발)의 균형을 이룬다. (그림 2.3)는 이러한 물의 순환과정을 모식적으로 그린 것이고, 각 과정은 다음과 같다.¹⁴⁾

14) 노섭, 응용 수문학, 도서출판 청호, 2000

- 물의 순환과정
- 땅이나 물체 표면상에서의 증발(evaporation)
- 식물에 의한 증산(transpiration)
- 강수(precipitation)
- 차단(interception)
- 지하로의 침투(infiltration)
- 침투(percolation)
- 저류(storage)
- 강이나 지천으로의 유출(runoff)



(그림 2.4) 물의 순환

물의 순환 일부분을 나타내는 각 과정을 통과하는 수량에 대해서는 수문방정식 혹은 수지방정식이라 부르는 다음 식이 성립한다.¹⁵⁾

$$I - O = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

여기서 I는 임의 기간내의 유입수량

O는 유입수량과 동일기간의 유출수량

$\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 는 단위시간에 따른 저류량의 변화

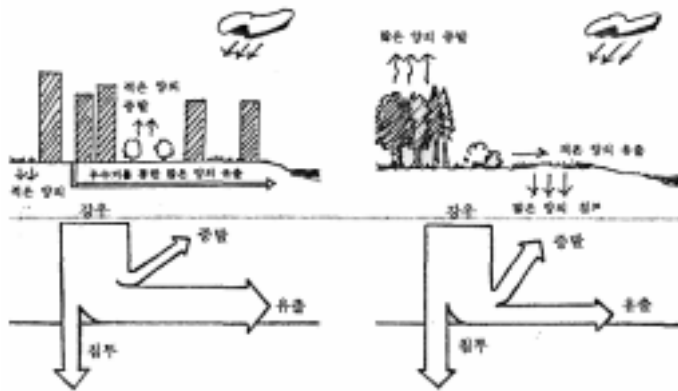
15) 노 섭, 응용 수문학, 도서출판 청호, 2000

물의 근원, 배분, 소멸의 과정을 연구하는 수문학에서는 이와 같은 물수지 방정식과 저류방정식을 주요이론으로 다룬다.

물의 순환 이동은 일정한 비율로 연속되는 것이 아니다. 때로는 강수가 크게 발생하여 하천의 치수¹⁶⁾능력을 초과함으로써 홍수가 발생되기도 하고, 반대로 장기간 동안 강수가 전혀 없어서 하천유출이 중단되는 가뭄을 겪게 되기도 한다. 즉 물의 순환과정은 일반적으로 시간적 공간적 변동성을 보인다. 인접 지역에서도 물의 순환 상황은 크게 달라질 수 있는데, 특히 도시와 자연상태 등에 의해 지역에 따라 강우의 분배면에서 차이가 있다. 즉 자연상태인 산림, 밀집한 식물군, 늪지 등은 물의 함유능력이 높아 침투를 유리하게 해주고 높은 증산량으로 유출을 적게 한다. 그러나 도시에서는 도시화로 인해 주거지, 공장부지, 도로 상업지역과 또 그에 수반되는 기간 시설 등으로 인위적으로 건설된 부분의 비율이 높고, 산림훼손 및 토지이용의 변경, 하천의 직강화, 강 주위의 주거지 건설과 하천변, 늪지의 매움 등 자연의 변형으로 인해 물의 순환체계가 환경에 불리하게 변형되었다.

2.2.2. 도시 수순환의 문제점

도시화는 새로운 수문환(水文環)을 만들어 냈다. 흙 대신에 콘크리트와 아스팔트가, 나무 대신 건물이, 강이나 호수 대신 인공의 집수지나 배수로가 등장한 것이다. (그림 2.4)는 도시와 자연상태의 수리적 현상의 변화를 단적으로 보여준다.¹⁷⁾



a. 도시

b. 자연상태

(그림 2.5) 도시와 자연상태의 순환 체계 비교

16) 치수(治水) : 홍수소통, 홍수피해경감, 재산 및 인명보호, 하수 및 폐수의 배수, 지하수의 공급, 배제, 토사 이송 등을 목적으로 하는 기능.

17) 이은희, 생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계와 도시화와의 관계, 한국조경학회지, Vol 24, 1997

Michael Hough¹⁸⁾에 의하면, 강수량을 100%으로 보았을 때 도시화 이전의 지역에서는 증발 40%, 지표면유출 10%, 지하침투(지하수 유입) 50%인 반면, 도시화 이후 지역은 증발 25%, 지표면유출 43%, 지하침투 32%로 변화한다. 이처럼 도시수순환은 자연상태에서와는 달리 빗물의 빠른 유출, 적은 침투, 녹지면적 감소로 인한 증발량 감소 등의 특성을 갖게 되고, 그로 인해 발생하는 문제점은 다음과 같다.

① 유출량 증대

- 도시홍수의 직접적인 원인이 된다.
- 빠른 유출로 인해 평상시의 하천 유지유량이 감소되어 물이용시 차질을 준다.
- 제방, 댐 등의 건설 비용 증가하게 된다.
- 하천변 및 수생 생태계의 파괴를 가져오게 된다.

② 침투량 감소

- 지하수고갈의 원인이 된다.
- 토양 함수량의 감소로 지표면 주변에 서식하는 동식물에게 악영향을 준다.

③ 증발량 감소

- 쾌적한 미기후의 구성에 불리하게 작용하게 된다.
- 도시의 온도 상승에 영향을 주어 도시열섬 현상¹⁹⁾을 심화시키는 한 원인으로 작용한다.

④ 불완전한 배수체계망

- 하천의 복개나 하천의 직강화 작업으로 수계망이 단순화되어 일시에 빗물이 모여 유속이 증가하거나 넘친다.

이러한 도시화, 인공화에 의한 물순환체계의 불균형은 단지내 물순환을 고려한 환경친화적 수순환 체계를 도입한 수공간을 조성함으로써 자연상태의 물순환체계를 따를 수 있다.

18) Michael Hough, 도시경관·생태론, 기문당, 1988

19) 도시열섬(Heat Island) 현상은 에너지과소비로 인한 과도한 열량유입과 도로와 건물의 축열, 증발산작용의 감소, 그리고 오염된 대기층의 열이동 차단으로 인한 온실효과가 국지적으로 극에 달하게 됨으로써 생기는 현상이다.

2.2.3. 단지내 외부 수공간 형태

주거단지 외부공간에 주로 도입되는 수공간 형태로서 연못, 실개천, 폭포, 분수, 벽천, 수반, 캐널, 캐스캐이드 등이 있다.²⁰⁾

1) 연못

연못은 물을 정적으로 다루는 것으로 수공간의 대표적 요소이다. 연못은 전체가 동일물질로 경관구성 속의 타요소보다 가장 통일된 물체로써 주위와 대비를 주되 움직임, 파도소리, 바람 등의 영향으로 끊임없이 변화하여 생명감과 같은 성격을 가지고 수변의 경관을 투영함으로써 더 한층 흥미를 끌게 한다. 수변이나 수중에 수련 등 수생식물을 식재하거나 양어로 그 흥미를 높일 수 있다.

연못을 형태, 기능, 호안재료 등으로 구분하면 다음과 같다.

- 형태 : 자연형 · 심자지 · 수자지 · 곡수지 · 정형 · 구형 · 정방형 · 장방형 · 원형
- 지면과의 고저 : sunken pool · raised pool
- 호안재료 : 잔디호안 · 콘크리트호안 · 자연석호안 · 통나무호안
- 기능 : 도보지(padding pool) · 수연지(water flower garden), 양어지(fish pond) · 어뮤즈먼트 레이크(amusement lake) · 수영장(swimming pool) · 공공용 대연못(public pool)

① 도보지(padding pool)

아동들이 천진난만하게 물을 즐길 수 있는 것으로 비교적 소규모로 어린이 놀이터, 시민광장 등을 만드는데 이러한 도보지는 자연과 연관짓는 것이 좋다. 예를 들어, 둥근자갈 같은 해변재료 등으로써 연못 내외의 바닥처리를 하여 도시의 아동들이 발을 물에 담그고 물장구 칠 수 있게 한다. 따라서 물깊이는 어린이들의 무릎 깊이 이상 잠기지 않도록 해야하고 쉽게 청소될 수 있어야 하며 안전해야 한다.

② 수련지 혹은 수경화원(water flower garden)

관상을 주로 하는 정원, 공원, 광장 등에 널리 쓰이는데 각종 수생식물을 식재하는 연못이다. 연못에 수생식물을 기르는 경우 중요한 점은 첫째, 꽃 자체의 아름다움보다도 그 식물이 수면을 덮는 번성의 정도에 있다. 즉 주수면의 1/3 정도가 수생식물로 덮히는 것이 적당하다. 둘째, 수생식물의 종류나 생태적인 특징에 따라 요구하는 물의 깊이가 다르므로 수생식물의 종류에 따라 바닥깊이를 조절해 주

20) 조경연구회, 조경입문조경계획 · 설계자료집성, 조경사, 1997

든가 수중분의 위치를 고려해야 하며, 바닥과 호안은 몇 개의 단계를 지어서 식물의 요구에 따라야 한다. 즉 계획목적에 맞는 형태, 색채, 질감의 수초를 택하여 필요한 수심을 결정하는데 그 범위는 약 9-18인치(대략 23-46cm) 깊이이다. 셋째, 수온 및 수류를 체크하고 겨울의 관리문제도 고려해야 한다.

③ 양어지(fish pond)

금붕어, 잉어 등을 기르는 연못으로 수련지와 겹하기도 한다. 과식, 과밀, 급격한 온도변화, 거친 관리 등이 어류를 죽이는 실패요인이다. 생태적 균형을 이루어야 한다.

2) 실개천

실개천은 경계를 가진 수로를 따라서 흐르는 물을 말하며, 그 흐름과 성격은 물의 양과 경사도, 수로의 크기, 수로바닥과 벽면의 재료에 따라 다르게 나타난다. 실개천 계획은 물의 움직임에 즐기고 물소리를 들으며 물과 접촉하는 즐거움을 주어야 한다. 따라서 수심은 그다지 깊지 않아도 구배나 수로의 폭에 변화를 준다거나 바위나 자연석 등을 배치하여 물의 움직임을 강조하도록 한다. 보통 소량의 물을 흐르게 할 정도이므로 시내는 얇게 만드는 것이 바람직하다.

3) 폭포

폭포의 주된 구성요소는 토양, 다양한 크기의 돌과 바위 및 적절한 식물의 3요소이며, 기타 물의 순환을 위한 펌프와 배관장치 등이 필요하다. 연못과 폭포와의 관계상 그 구성의 요점을 들면, 첫째 상단의 연못은 폭포나 아래 연못보다 작게 만드는데 폭포로 떨어져 흐를 정도의 수량이면 되고 하단 연못은 폭포 바로 아래 놓이되 적어도 그 두께는 수압을 견딜 수 있을 정도의 두께로서 일반적인 연못의 2배 정도이다. 폭포는 물이 흘러떨어지는 모양에 따라 폭넓게 위에서 아래로 한 줄로 떨어지는 것, 가느다랗게 여러 줄로 힘차게 떨어지는 것, 암면을 따라 떨어지는 것 등으로 대별할 수 있다.

4) 분수

분수는 물의 연출방법 가운데 가장 대중적인 것으로 그 형태도 다양하게 개발되고 있으며, 중력과 맞서서 공중으로 물을 뿜어올리는 데 그 매력이 있다. 따라서 물을 사용하는 방법 중 가장 자연법칙을 거역하는 것인 동시에 가장 극적인 것이다. 광장의 중앙, 축선의 교차점, 화단의 중심, 잔디밭 등에 설치한다. 현대에 와서는 획기적인 기술의 진보로 다양한 연출이 가능하여, 분출형태·조명·음악이 자동으로 조작되는 첨단 전자기능을 갖춘 전자음악분수 등이 개발되고 있으며, 분수는 물이 뿜어나오는 상태와 위치에 따라 다음 세가지 기본형으로 나눈다.

① 산수형 분수(spray foundation) : 가장 일반적인 분수로서 제트에서 뿜어올리는 물의 모양에 따라 직상형·원주형·경사형·평행목열형·원호형·방사형·원정형·구형·관형·아치형·조합형·수빙형·캔들형·나팔꽃형·선형 등으로 세분된다.

② 수토형 분수(spill foundation) : 물이 위에서 떨어지게 하는 분수로 벽천과 같다. 일본 정원의 대통에서 떨어지는 물, 파이프를 통해 용기(수반 등)로 떨어지게 하는 형태가 이에 속한다.

③ 수막형 분수(splash foundation) : 분수가 금속조각, 석재조각 등과 조합된 형태나 혹은 모빌처럼 움직이는 오브제에서 물이 뿜어나오게 한 것으로 가장 현대적이며 조각적인 것으로 광장에 많이 도입되고 있다.

5) 벽천(wall foundation)

벽천은 보통 수직의 벽에 설치된 수구로부터 물이 흐르도록 한 구조로써 다른 수공간 요소에 비해 넓은 면적을 요하지 않으므로 소규모의 지역에도 적합하다. 정원·공원 등의 주축선의 종점이나 산울타리 등 정형적인 형태의 배경식재가 있는 곳, 기하학적 형태를 갖는 연못의 한 끝에 연결된다. 벽천과 연못, 수로 등을 서로 연결시키면 연속성과 변화가 있는 물의 계획이 된다.

6) 수반(basin)

수반은 물과 어울리도록 배합할 수 있는 가장 간단한 형식이다. 여기에 물을 담아두는 것으로 대개 수반에 분수를 첨가하여 큰 압력을 들이지 않고도 광장 등에서 물을 높이 올릴 수 있고, 또한 수량이 많지 않아도 물의 존재를 느끼게 할 수 있으며, 광장의 조각적 점경으로 삼을 수도 있다.

수반은 대리석, 화강암 등의 석재 또는 청동제, 철제 등으로 만들고 일반적인 형태는 원형·각형·화승형 등이 있다.

7) 캐널(cannel, 수구)

운하라는 뜻의 캐널은 평탄원에서 계단식 정원(terrace garden)의 캐스케이드를 대신하는 역할을 하며, 캐스케이드가 동적인데 반해 정적인 수면을 구성하므로 정원 전면적에 있어서 점하는 수면비는 캐스케이드보다 높다.

8) 캐스케이드(cascade)

캐스케이드는 고저차가 있는 지형에서 선을 지어 흐르는 인공적인 폭포 혹은 고저 양면에 있는 정원이나 천수를 상호연결하는 일종의 수로로써 캐널에 비해 입체적이며 동적인 수로이다. 따라서 캐스케이드는 물소리가 시각적인 것과 마찬가지로 중요하며, 각 단에서 물소리를 내어 그 효과가 크다.

2.3. 환경친화적 수공간 조성 요소

단지내 수공간 도입시 물의 순환적 측면에서뿐만 아니라 공간 요소로서 또 도시 생태적 측면에서도 좋은 영향을 미칠 수 있는 계획이 필요하다. 외부공간의 크기와 장소 그리고 주어진 여건 등에 맞게 연못 또는 실개천, 분수 등의 수공간 요소들을 선택하여 조성할 수 있으나, 그 기본 조성개념은 환경친화적이어야 한다. 환경친화적 수공간은 사용되는 물을 절약할 수 있으면서 환경오염을 최소화하고, 친자연·친인간적이어야 한다. 수공간 조성시 도입할 수 있는 환경친화적 요소들을 정리하면 다음과 같고, 각각의 개별 기법들에 대해서는 4장에서 상세히 정리하고자 한다.

① 자원절약

- 우수를 저장하여 잡용수로 이용(살수, 조경, 방화 등)
- 중수시스템으로 배수 재활용(생활하수의 재처리)

② 환경오염최소화

- 투수성 포장, 저류시설 등을 이용한 우수유출량 제어
- 생물학적 하수정화처리 시스템(생활오수정화 처리시설)

③ 자연친화

- 비오톱, 소생물공간(연못)을 설치
- 커뮤니티 위한 친수공간 조성

제 3 장 사례 분석

3.1. 국외사례

3.1.1. 독일

1) 아라메 주택단지

• 건축개요

소재지	독일 함부르크	주호수	3,522호
수공간 연계	· 우수→표면배수→수로(운하) ↳투수성포장→지하침투 · 중수→식재이용정화조→저류→조경용수		

독일 함부르크에 위치한 아라메 주택단지는 1984년부터 개발되기 시작한 새로운 주택단지로 총 주호수 3,522호로 이루어진 교외의 주택단지이다. 부지는 함부르크시의 동쪽에 위치하고 있으며 단지의 북측에 위치한 역으로부터 근거리 철도를 이용하여 도심까지 20분 거리에 있다. 1970년대 후반부터 시작된 함부르크시의 주택부족에 대처하기 위한 목적에서 개발되기 시작하였으며 새로운 도시계획과 주택건설 개념이 적극적으로 도입되었다.

단지내부에 수로를 도입하여 수변 거주의 즐거움을 누리도록 하는 연구가 이루어졌다. 수로에 면한 테라스하우스에는 수변에 면하여 정원을 설치하고 정원으로부터 직접 보트를 이용할 수 있도록 하였다.



(그림 3.6) 배치도



(그림 3.2) 아라메 운하에 면한 테라스하우스

물에 대해서는 절수와 중앙하수도시설에의 부하를 경감하기 위한 목적에서 상수 소비량이 적은 위생설비와 분산형 중간오염처리시설, 퇴비화 화장실 등을 채용하였다. 나아가 집중방식의 3층식 식재이용 정화조를 주거지 전체에 설치하였다. 이곳에서 처리한 중간오수는 녹지용수로 재이용된다. 처리용량은 건설호수에 따라 증감이 가능하도록 주민 20인을 하나의 기본모듈로 설정하였다.

2) 펠리저가의 집합주택

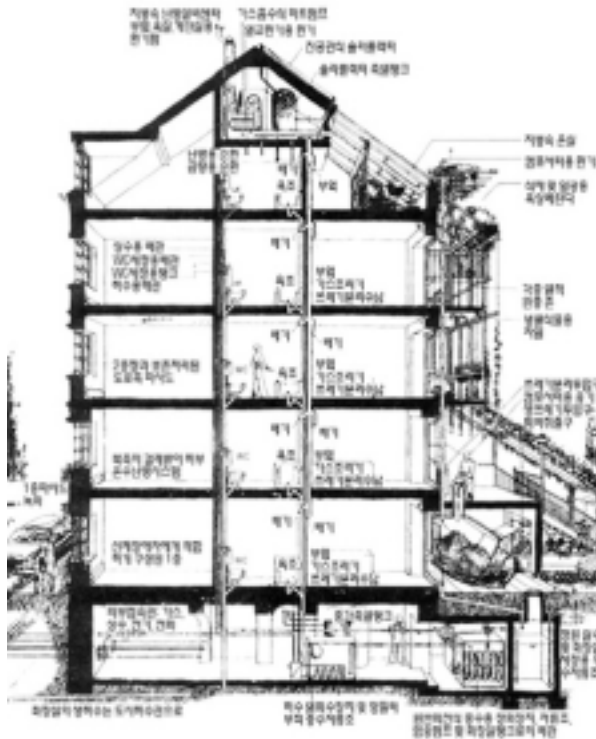
• 건축개요

소재지	독일 뮌헨 하이트하우젠지구	개발	뮌헨도시재개발회사
수공간 연계	· 우수→주호내 우수저류조→정원 살수 및 화장실 잡배수용 ↳ 녹지대→지하침투 · 중수→원판회전식 정화장치→저류조		

일반적으로 생태주택의 이미지는 지금까지 전원주택의 성격이 강하였다. 이러한 부분에 대해 많은 비판이 제기되고 있었는데 펠리저가의 집합주택은 생태주택이 전원지대의 특수해가 아니냐는 편견에 대한 돌파구를 열어주는 3가지 조건을 갖추고 있다. 첫째는 독일 뮌헨의 중심시가지에 건설되었다는 점, 둘째는 전체의 주호가 분양이 아닌 공공의 공급에 의한 사회임대주택이라는 점, 셋째는 주민참가형 재개발 사업이라는 점이 그것이다. 펠리저가가 입지한 뮌헨의 하이트하우젠 지구는 19세기말에 단기간에 걸쳐 개발된 곳이다. 따라서 건물의 질도 낮은 편이며 건축 후 100년이 경과한 노후화된 지역이다. 뮌헨시는 이 지구를 제23시가지 재개발지구로 지정하고 민간기업인 뮌헨도시재개발회사가 E.F. 슈마허 생태정책협회의 지도하에 해당 지구의 일각인 펠리저가 8,10,12 번지에 연속된 아파트를 재개발하게 되었다. 이곳에서의 재개발은 단순한 의미의 재개발이 아니라 노후화된 집합주택을 지구환경문제에 대한 공헌, 주변환경과의 조화와 개선, 주민에게 건강하고 쾌적한 거주환경의 창출을 목표로 하고 있다.

기본적인 개념으로는 6가지를 들수 있는데, 첫째 열에너지의 소비절감과 대기오염의 방지, 둘째 상하수도 사용량의 절감, 셋째 폐기물의 절감, 넷째 여가시간을 즐길 수 있는 거주환경의 쾌적화, 다섯째 주민의 참가, 여섯째 녹화로 정리할 수 있다.

각 주동은 우수 및 정화된 중수를 저류하여 정원 살수 및 화장실 세정용으로 이용하며, (그림 3.3)은 이러한 시스템을 보여준다.



(그림 3.3) 단면개념도

3) 샤프릴 주거단지

• 건축개요

소재지	독일 튜빙엔 지역	대지면적	13,000m ²
설계	에블레	시공기간	1980-1985
주택수	120호	건폐율	35%
구조, 층수	조적, 목재, 회반죽, 5층	용적율	90%
수공간 연계	우수→우수배수로→우수저류호수→새새라기, 비오톱 ↳투수성포장→지하침투		

튜빙엔의 Waldhauser-Ost 고층주거지와 서쪽으로는 농업용 토지에 둘러싸인 대지에 위치한 샤프릴 주거단지는 독일의 환경친화적인 주거단지의 대표적인 사례중의 하나로서 1985년에 준공된 임대주택 주거단지이다. 독일에서 생태적인 환경친화형 주거단지의 초기 사례로서 이 주거단지는 1.3ha의 부지면적에 111호의 단독주택이 자연속의 주택과 같은 분위기로 철저한 생태공간으로 구성되었다.



(그림 3.4) 배치도

이 주거단지는 단지내 인간은 자연의 일부분으로서 간주된다. 즉 우물에서 샘솟아 분수대로 흘러 시내와 못을 형성하여 단지내부를 따라 순환되는 실개천과 연못에서의 물의 소리와 자연을 경험할 수 있고, 인공적이지 않고 자연스런 식재와 공지를 경험할 수 있다.

원래 생활하수의 재순환으로 정화하려던 계획은 비용상으로 이루어지진 못했지만, 지붕의 빗물을 단지내 새새라기-실개울로 흐르게하여 순환시킨다. 어린이들의 자연스런 놀이행위를 유발하고 물과 함께할 수 있도록 습지공간 등이 마련되어 있어 자연과 자연스럽게 접촉할 수 있는 기회를 마련하였다.

● 주요기법

① 우수의 침투 유도

- 우수배수로, 우수저장호수 설치
- 단지내 보행로는 마사토포장, 블록포장 등 투수성 재료로 포장

② 비오톱 조성 및 연계

- 실개천 중심에 수생 소생물권인 소연못 비오톱을 조성

③ 친수공간 조성

- 작은 개울 조성
- 어린이들이 놀 수 있는 물놀이장소로 만들

④ 우수이용

- 우수저장용 호수를 설치하여 순환활용(생활용수로 펌핑)



(그림 3.5) 단지내 수공간
(비오톱과 실개천)개념도



(그림 3.6) 단지내 비오톱(연못)

4) 킬하세 주거단지

• 건축개요

건축가	건축 및 도시계획을 위한 공동체	주거전용면적	약 89-180m ²
완공	1991년	주택수	21호
수공간 연계	· 우수→주호별 소규모 우수저장조→우수이용 ↳배수로→우수저장 및 침투 호수(비오톱) ↳지표면→지하침투 · 중수→식물정화시설→하천으로 방류		

킬하세에 위치한 이 주거단지는 공동체 생활을 영위할 수 있는 환경친화적 주거 단지의 실현을 목표로 하는 일단의 사람들에 의해 조성되었다. 재생 및 재활용이 가능한 생태건축 소재만으로 건축된 것이 가장 큰 특징이며, 에너지절약, 수자원의 순환활용, 생활쓰레기의 생태적 처리 등 생태학적 개념과 인간의 주생활 요구를 종합적으로 고려한 사회생태학적으로 모범적인 생태주거단지 사례이다. 특히 주민들의 참여와 주정부의 지원, 그리고 건축경비의 절감은 독일이 지향하고 있는 ‘친환경, 친인간, 경비절감’의 대원칙을 구현한 가장 대표적 사례이다.

• 주요기법

① 우수유출 억제

- 야생잔디지붕을 통한 우수의 찾집
- 자연경사를 이용한 우수배수로의 설정
- 단지내 우수저장 및 침투용 호수의 설치
- 자연스러운 비포장 진입로 계획(약 2% 경사의 쇠석다짐포장)

② 우수이용

-주호별 소규모 우수저장조의 설치

③ 중수이용

-식물정화시설을 이용하여 단지내 하수의 자체 정화후 하천 방류

④ 비오톱조성

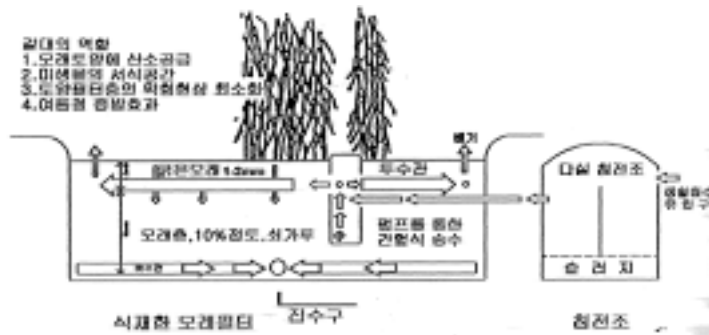
-우수저장호수를 겸한 단지내 습지조성



(그림 3.7) 배치도



(그림 3.8) 지붕에서 집수된 빗물의 처리



(그림 3.9) 생활하수자연정화시스템 개념도

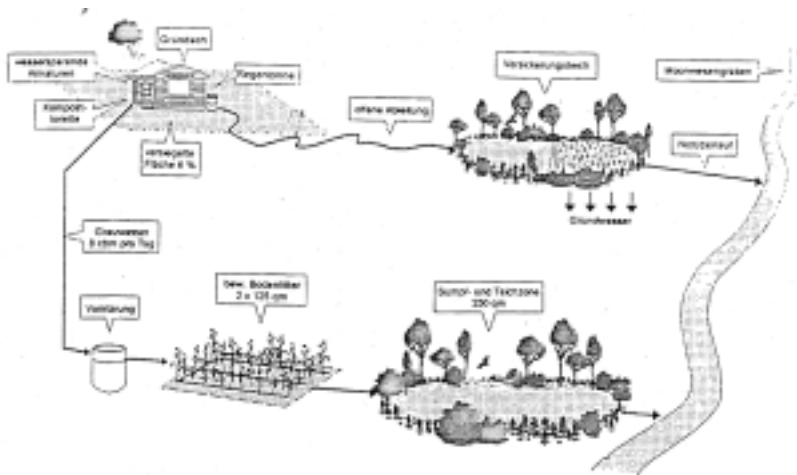
킬하세의 우수처리시스템은 주생활에서 발생하는 하수를 식생을 이용해 처리하는 '식물정화시설'과 더불어 완전한 물순환체계를 형성하고 있다. 우수처리와 중수처리의 두 단계로 되어 있는 이 시설은 주택의 뒤에 설치되어 있다. 이 시설은 경관과 조화를 이루고 악취가 나지 않으며, 겨울에도 아무런 걱정이 없다. 하수의 저장조에는 모래 필터층이 설치되어있고 그 위에는 갈대와 골풀들이 심어져 있다. 생물학적인 정화는 이런 식물들의 뿌리가 담당하고 있다.

● 우수처리

주거단지의 수순환체계의 일부인 빗물처리시설은 생태학적인 사이클들을 형성하는 주된 도구이다. 이 지역의 기존 주택단지였다면 이미 과도한 공급처리망의 연계가 필수적이었을 것이다. 그러나 주거단지는 수많은 작은 루트, 개방된 배수로를 통해 우수를 흘러 증발을 돕고 또 천연연못에 빗물이 고여 있게 하고 있다. 자갈과 바위 그리고 화강암으로 조성된 배수로외에 다른 우수처리시설은 필요가 없으며, 지표면은 거의 자연 그대로이기 때문에 빗물의 침투가 잘된다.

● 중수처리

생활하수는 주거단지내의 생물을 이용한 정화시설에서 모래와 식물의 뿌리로 정화시킨다. 정화가 된 물은 유출구를 통해 하천으로 방류된다. 식생정화처리를 거친 수질은 오염물질에 대한 일반기준의 10-37%에 불과하다.



(그림 3.10) 단지내 수자원의 순환

5) 베를린 Karow-Nord 주거단지

• 개요

건축가	John Ruble, Yudell, Moore	세대수	5,000세대
대지면적	983,536m ² (주거지역: 461,536m ² 공공도로면적: 160,200m ² 공공녹지와 놀이터: 84,484m ² 상수원보호구역: 108,516m ²)		
수공간 연계	· 우수→소규모배수로→투수구덩이→우수관거→우수유도로 →침전조→투수연못 ↳녹지대→소규모 저류 및 지하침투		

이 주거단지는 미래지향적 주거공간 확충을 위해 베를린시 외곽에 5,000세대 규모의 주택단지를 친환경, 친인간, 경비절감을 모토로 조성되었다. 단지전체는 기존의 주거지역 및 경관을 최대한 고려하여 환경친화적으로 건설되었다. 특히 단지전체의 녹지와 수공간을 유기적으로 연결하고 있는 그린네트워크 기법은 단지배치계획의 기본개념으로 종합적인 우수처리시스템과 단지내 가로망 그리고 녹지조성계획의 바탕이 되고 있다. 즉, 이 주거단지는 대규모 신축 주거단지의 그린네트워크와 우수의 분리유도 및 저류 공법을 연계한 현실적인 환경친화적 주거단지 건설의 대안을 보여주고 있다. 녹지의 구성과 배수로의 연계 및 홍수조절 기능이 주목적인 우수지를 습지 비오톱으로 조성할 수 있는 가장 현실적인 기술을 제시하며, 규모와 성격에 따른 각 공간의 구분과 연계를 통한 토지의 효율적 활용도 돋보이는 사례이다.

• 주요기법

① 우수의 분리유도 및 저류

-다단계 우수정화 및 저류시설의 연계

: 지붕유출수→흡통 및 소규모 배수로→투수구덩이→우수관거→우수유도로→투수연못

② 비오톱 조성

-우수지를 습지 비오톱으로 조성

③ 생물정화기법

-우수와 분리유도 수로(투수구덩이)내 식생을 이용한 수질정화효과

단지내 우수는 (그림 3.12)와 같은 과정을 거친다.

-지붕의 유출수는 흡통과 소규모 배수로를 통해 블록내부의 투수구덩이로 유도된다(a).

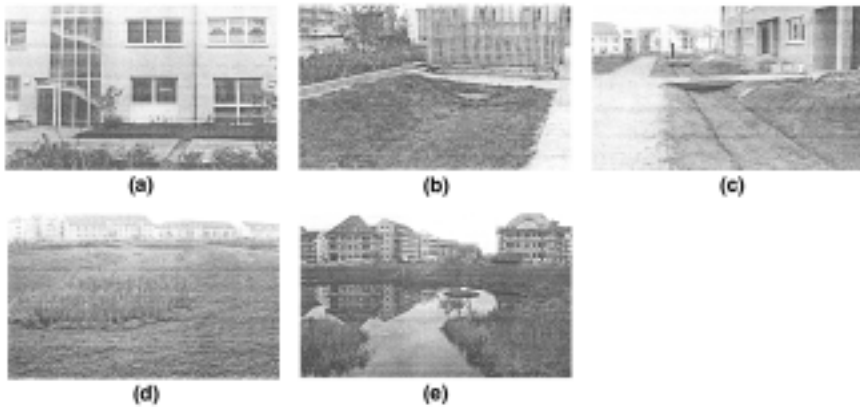
-투수구덩이에서 우수속의 이물질이 여과되어 식생으로 인해 수질정화효과를 얻을 수 있다(a).

-투수구덩이는 블록내부의 유수를 1차저장, 침투시키며 넘치는 유수는 우수관거를 통해 단지내 우수유도로에 배수된다(b).

-우수유도로를 통해 각 투수구덩이에서 배출되는 유수는 단지 저지대에 위치한 투수연못으로 유도된다(c).

-유수는 투수연못에 투입되기 전에 여과, 침전 및 자정기능을 가지는 길다란 침전조를 통과하게 된다(d).

-단지 하류에 위치한 투수연못은 우수지로서 그리고 비오톱으로서의 생태적 기능을 동시에 가진다(e).



(그림 3.11) 우수처리시스템

이 사례는 자연토양을 최대한 보전할 수 있는 합리적 설계기법과 함께, 단지내부 녹지, 투수성포장, 투수구덩이, 우수유도로, 투수연못을 연계한 종합적인 단지내 우수처리시스템의 전형이다.

6) 베를린 Block 6

• 건축개요

소재지	독일 베를린
수공간 연계	· 우수→우수차집조→우수저장조(연못) ↳잔디녹화지붕→식물함수 · 중수→중수침전조→식물정화조→폭기연못→살수

수자원의 총체적 순환활용기법을 재개발에 적용한 이 단지는 수자원 재활용 실행 프로젝트 중에서 가장 성공적인 사례로 평가받고 있다. 이 계획은 도시의 음용수 공급체계와 일정 규모의 중수 및 우수활용체계를 효과적으로 통합시키는 새로운 접근 방법을 잘 보여준다.

● 주요기법

① 우수이용

-지붕에서 흐르는 물을 1차 차집한 우수집수조의 물을 연못(우수저장조)으로 공급

② 중수이용

-중수를 폭기연못(폭기조)에 저장후 살수용이나 생활용수로 공급

③ 우수유출저감

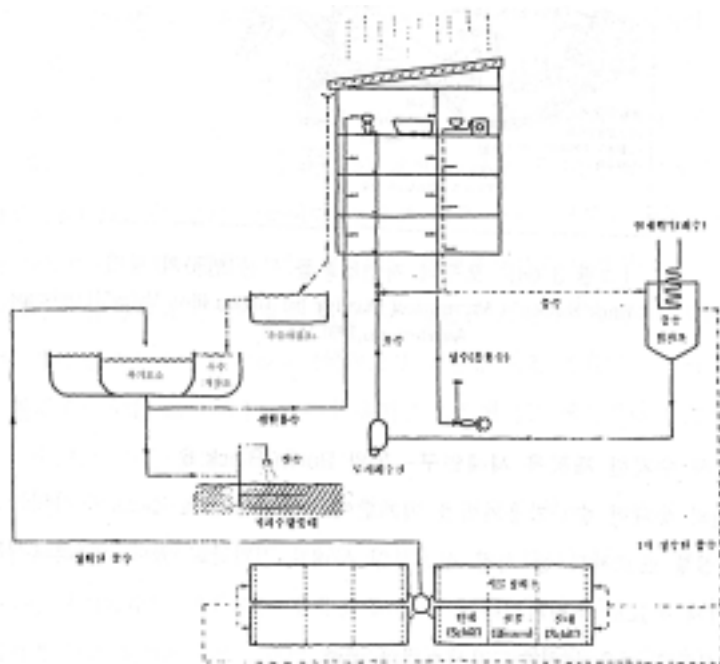
-우수의 약 70%를 흡수하는 역할을 하는 잔디녹화지붕(대략 1000m²)

④ 생물정화기법

-주로 갈대나 골풀 등의 식물을 이용한 중수정화시스템을 갖춘 연못

⑤ 친수공간

-우수연못을 놀이공간화



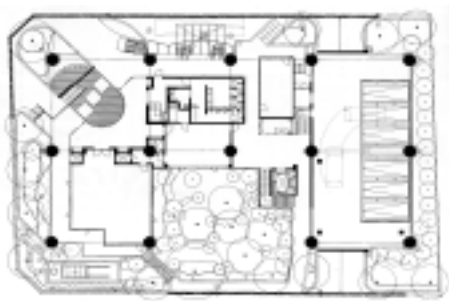
(그림 3.12) 단지의 총체적 수자원 활용시스템 구축개념도

3.1.2. 일본

1) NEXT 21 실험주택

• 건축개요

명칭	실험집합주택 NEXT21	부지면적	1,543m ²
소재지	오사카시 덴노지쿠시미즈다니쥬 (大阪市天王寺區清水谷町)	연면적	4,577m ²
용도	집합주택, 사무소, 집회소	건축면적	896m ²
건축규모	지상6층, 지하1층	주호규모	18호(32m ² -190m ² , 평균 120m ²)
수공간 연계	· 중수→생물처리→활성탄처리→연못, 살수용수		



(그림 3.13) 배치도



(그림 3.14) 생태정원

NEXT 21 실험주택은 21세기의 주택이 직면하게 될 여러 가지 문제들, 예를 들면 생활의 다양화와 정보와 사회의 진행에 따른 거주양식의 변화, 에너지수요의 증대에 따른 자원과 공해대책, 사회와 생활의 변화에 따른 주거구조의 문제 등에 대응한 실험을 수행할 목적으로 오사카 도시가스주식회사가 주최가 되어 건설한 실험주택이다. 이러한 목적에 따라 앞으로 주택과 생활에서 요구되는 상황들, 예컨대 자연과의 공생, 풍부한 자연환경의 도입, 제한된 자원의 유효활용, 스스로 만족할 수 있는 생활의 창조, 커뮤니티의 활성화, 주거의 쾌적성 등에 대한 검토가 이루어졌다.

• 주요기법

① 중수이용

-생물처리를 거쳐 정화된 물은 활성탄 처리를 조합한 중수처리를 통해 화장실과 생태정원의 연못과 식물 살수에 이용

② 생물정화기법

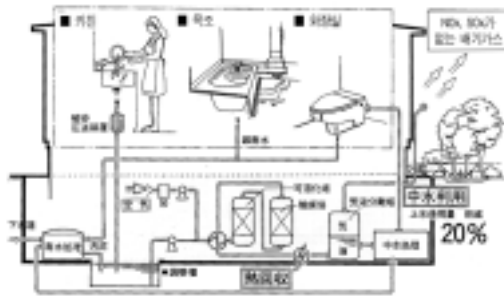
-부엌의 폐수와 기타 잡배수는 별도 계통의 배수관을 거쳐 모이게 되고, 이것을 생물처리의 촉매제를 사용하여 폐수처리

③ 비오톱 조성

-1층 정면입구의 연못에는 수생식물을 배치하여 잡자리 등 수생곤충의 서식장으로 사용

④ 친수공간

-1층에 환경녹지(물의 정원)을 두고, 여기에는 남측 사면을 흐르는 수로로서 작은 연못과 개울을 구성



(그림 3.15) 아쿠아루프 시스템

2) 세다가야쿠 후카사와 칸쿄쿄세이주타크(世田谷區 深澤 環境共生住宅)

• 건축개요

소재지	동경도 세다가야쿠 후카사와	완공	1997년
대지면적	7388.08m ²	연면적	6200.47m ²
구조	1호동/지상5층/RC라멘구조 2-4호동/지상3층/RC벽식구조 5호동/지상4층/RC벽식구조	주호수	구영주택 43호 고령자주택 17호 특정공공임대주택 10호
수공간 연계	<ul style="list-style-type: none"> · 지하수(우물)→시냇물, 비오톱 ↳조경용수 · 우수→지하저류탱크→화장실 잡용수 ↳각 주호 발코니 저수탱크→우수이용 ↳투수성포장(도로, 주차장)→지하침투 		

이 주거단지는 3-5층의 5개동으로 되어 있고 모두 70호의 임대주택과 고령자 주택서비스센터 등 부대시설이 설치된 공동주택이다. 이곳은 지은지 40년이 넘은 도영 단독주택이 있던 부지로 지자체가 동경도로부터 시설물을 넘겨 받아 구립구영주택으로 새로 지은 것이다.

총 사업비는 20억엔이 들었으며, 건설성의 모델사업으로 지정받아 건설비의 일부가 국가와 동경도로부터 보조되었다. 70호 중 18호는 이전부터 거주하는 세대에 우선적으로 배정되고 나머지 52호에 대해서는 공모를 통해 입주자가 결정되었다.

이 주택에서는 환경공생형 생활을 지원하기 위한 다양한 연구나 기술이 도입되었다. 에너지절약, 자원절약을 시작으로 폐기물 처리, 물순환, 녹화, 친수공간 등 광범위한 요소가 도입되었으며 쾌적한 거주공간을 지속적으로 실현하는 것을 목표로 하고 있다.



(그림 3.16) 배치도



(그림 3.17) 단면도(A-A')

● 주요기법

① 지하수이용

-그 지역에 있던 14개소의 우물 중 4곳을 보존하여, 이 우물의 물을 시냇물과

식재지의 살수용으로 이용

② 우수이용

-1호동의 지하에 빗물 저류 탱크가 설치되어 고령자 시설의 화장실 등 잡용수로 이용

-각 주호의 발코니에도 빗물을 모아 두는 저수탱크가 설치

③ 우수침투 및 유출억제

-단지내의 도로나 주차장에 투수성 포장 설치

④ 비오톱조성

-중정에 비오톱 설치

⑤ 친수공간

-중정에 시냇물을 조성하여 풍차 발전에 의해 순환



(그림 3.18) 도로의 투수성 포장



(그림 3.19) 발코니의 우수저장탱크



(그림 3.20) 실개천



(그림 3.21) 실개천과 연못을 이용하여 비오톱 조성(고령자주택 서비스센터의 정원)



(그림 3.22) 녹지와 수변을 따르는 산책로

3) 야마구찌 아사다 힐즈(山口朝田 Hills)

• 건축개요

소재지	야마구찌켄 야마구찌시 오오지아사다 (山口縣山口市大字朝田)	사업자	山口縣住宅供給公社
대지면적	7.3ha	주호수	148호
수공간 연계	· 우수→표면배수→연못(비오뜰) ↳투수성포장→지하침투		

계획지는 야마구치현 야마구치시에 있으며, 국도변에 완만한 남향 구릉지이다. 주변에는 녹지가 풍부하며, 지구 내에는 작은 산과 연못이 점재하고 있다.

현존하는 작은 산을 그대로 활용하여 자연을 심볼로 '진주(鎭守)의 숲'을 포함하는 공원으로 정비하여 중앙부의 숲과 연못을 보존하고, 이곳은 이 단지의 중심적 존재로서 정의된다.



(그림 3.23) 배치도



(그림 3.24) 중앙공원



(그림 3.25) 자연소재를 이용한 다공질 공간이 특징인 비오뜰 연못 주변

'진주의 숲'을 중심으로 그 둘레에 연못(비오탑)을 정비하여, 자연과 친숙해지고, 휴식공간을 창출한다. 또 '진주의 숲'과 연못에 인접하여 환경학습관을 설치하여, 주민들의 커뮤니티 활동, 자연관찰 등의 활동의 장을 만든다. 여기에서는 태양광 발전을 하여 시설의 전기를 충당하며, 연못의 물을 순환시킨다. 그리고 투수성포장을 이용하여 지하수함양을 돕는다.

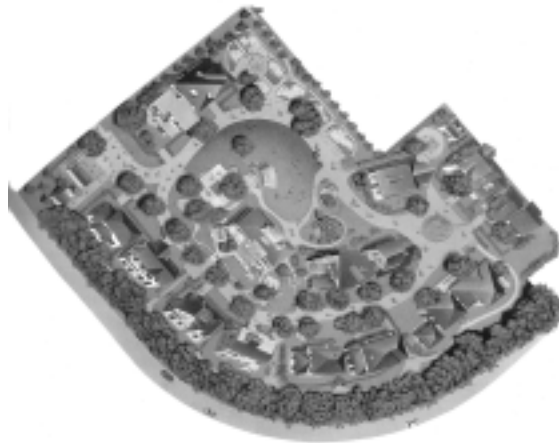
4) 지구마을 1번지

• 건축개요

소재지	기타큐슈 지역	주호수	16호
수공간	· 우수→우수저장탱크→풀		
연계	↳투수성포장→지하침투		

지구마을 1번지는 기타큐슈가 30년 주택사업의 일환으로 계획하여 건설한 모델 주택단지로 여기에는 3가지 테마의 주택(환경공생형 주택(4동), 고품자 대응주택(10동), 미래지향형 주택(2동))으로 구성되어 있으며 환경공생형 주택에는 지구마을 주택, 에코·에너지 주택, 쾌적주거주택, 햇빛주택 등 4개동이 있다.

단지배치는 환경요소로서 중요한 바람, 물, 토양, 녹지 그리고 태양의 영위와 혜택을 생활하는 사람이 느낄 수 있도록 구성하여 주택과 주택사이에 적당하게 개방된 집주환경을 형성하였다. 또한 단지곳곳에 소광장이나 공원을 조성, 여유와 변화 있는 경관조성을 추구하였고, 중심에 위치한 '지구촌의 집'을 중심으로 '지구촌 거리'의 주변에 전시주택군의 배치되어 평온한 마을 모습을 구성하였다.



(그림 3.26) 배치도

● 주요기법

① 우수침투

-집주위나 통로 등의 지표면은 될 수 있으면 지면으로 남겨놓거나 투수성이 있는 재료로 포장하여, 빗물을 흙으로 흡수시켜 지하수를 풍부하게 함과 동시에 배수로에 의한 우수처리의 부하를 경감

② 우수이용

-빗물을 2층레벨에서 만든 저수조(우수저장탱크)에 받아 중력에 의해 1층 화장실물로 이용

③ 비오톱 조성

-단지 중앙에 작은 연못과 다품종의 식재로 이루어진 자연형의 정원이 있어, 여기에 소동물이나 곤충들에게 생태적으로 안정된 환경을 조성하기 위해 비오톱을 조성

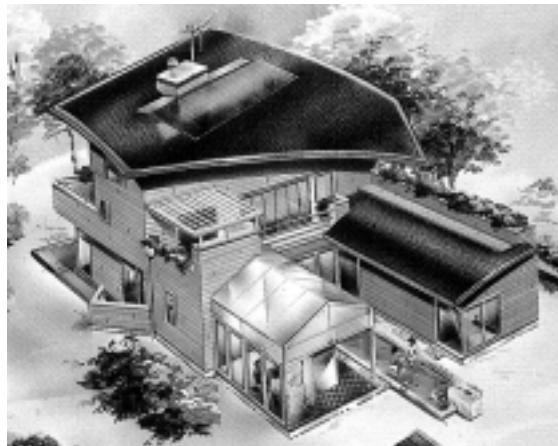
④ 친수공간

-온실내나 부지내에 얇은 여울이나 연못을 만들어 물을 순환

(그림 3.27)은 지구마을의 집으로, 우수이용으로 수자원의 절약과 순환성을 확보하고, 온실에 실개천과 연못이 설치되어 물이 1,2층을 순환하여 주택에 수환경계를 조성한다. 그리고 (그림 3.28)은 중정에 우수를 이용한 풀(못)이 있는 해바라기 주택이다.



(그림 3.27) 실개천



(그림 3.28) 해바라기 주택(중정의 풀)

5) 도에이렌콘산쫐메(都營蓮根三丁目) 제 3 아파트

• 건축개요

명칭	도에이렌콘산쫐메 제3아파트	계획·설계 ·감리	동경도주택국 ·동부주택건설사무소
소재지	板橋區蓮根三丁目16番19	대지면적	3,430m ²
수수조 (受水槽)	30t	건축면적	1,080m ²
우수조정조 (雨水調整槽)	90t(유출억제)	연면적	3,990m ²
우수저유조 (雨水貯留槽)	10t, 2t(우수이용)	구조	철근콘크리트조, 지상 5개층
수공간 연계	· 우수→옥상집수→중정지하의 저류조→중정녹지 살수 ↳공원지하저류조→연못, 실개천 ↳투수성포장→지하침투 ↳지하우수조정조(peak 부하 저감)		

• 주요기법

① 우수이용

-건물옥상의 빗물을 받아 중정지하의 저유조로 모아서, 중정의 녹지에 살수용으로 사용한다. 넘치는 물은 공원지하저유조에 모아서 비오톱의 순환수로 이용한다.

② 우수침투·우수유출억제

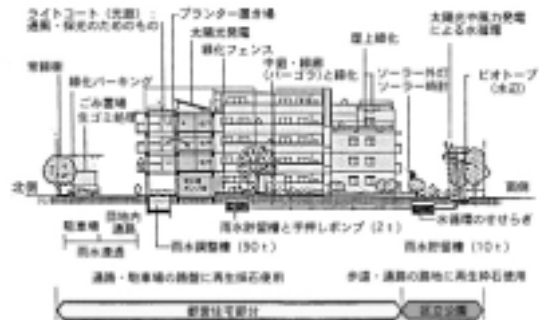
-투수성있는 포장재의 사용에 의해 우수의 일부를 지면에 침투시켜, 지하수가 마르지 않도록 한다. 건물지하에 일시적인 우수저유조(우수조정조)를 만들어 우수가 한번에 대량으로 하수도로 유입되어 홍수가 일어나는 것을 방지한다.

③ 공원의 수순환이용

지하저유조에 저장된 우수를 풍력과 태양발전의 전력을 이용하여 펌프를 가동시켜 연못으로 순환시켜 실개천을 만든다.



(그림 3.29) 단지 전경



(그림 3.30) 단면도

6) 하찌오지(八王子) 주택단지

• 건축개요

명칭	하찌오찌미나미노시티	사업주체	도시기반정비공단
소재지	東京都八王子市	용도	집합주택 7,400호, 394ha
수공간 연계	· 우수→투수성포장,저유시설→지하침투→쇄석층→하천 방류		

• 주요기법

① 우수유출 저감시설

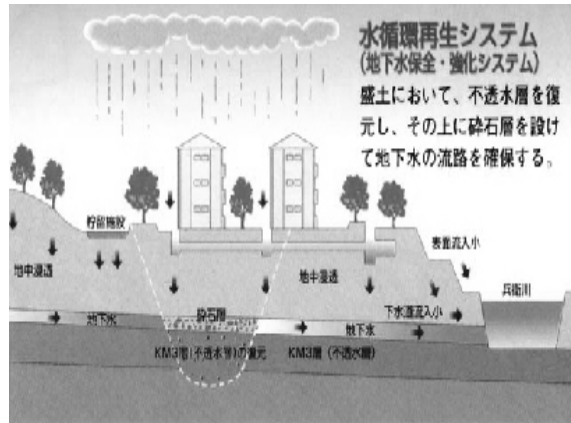
-물순환 보전을 위한 시스템으로 투수성포장을 포함한 우수유출 저감시설에 의한 효과를 물수지 분석에 의한 연구결과(松下, 1993), 우수유출 저감시설을 도입할 경우 표면유출량은 기존의 개발방식에 비해 50% 수준에 머물고 지하수유출량은 2.6배의 증가가 예상되어 하천환경 유지와 개선의 가능성이 확인되었다. 또한 도시 개발후의 홍수량 증가로 하천확개수가 필수적인데, 기존의 개발방식보다 20%의 단면감소가 예상되어 40%이상의 하천개수 사업비의 절감효과가 나타났다.

② 우수이용

-우수를 침투 및 저류시켜 인근 하천 유지용수로 방류



(그림 3.31) 배치도



(그림 3.32) 수순환재생시스템

7) 유리가오카 뉴타운(百合ヶ丘ニュータウン)

• 건축개요

명칭	유리가오카 뉴타운 · 六反田池周辺地區	사업주체	茨城縣住宅供給公社
소재지	茨城縣水戸百合ヶ丘町	용도	주택지 · 공원 150호, 13.7ha 목조 · 철근콘크리트
수공간 연계	· 우수→측구→조정지 ↳쇄석투수층(저류)→실개천 ↳투수성포장, 침투트렌치→지하침투		



(그림 3.33) 배치도

• 주요기법

① 우수침투 및 저류

- 우수의 순환보전을 위한 투수성 포장과 우수침투트렌치 설치
- 대지의 보수성을 유지하는 우수 저류시설 계획기술
- 우수의 침투 · 저류 · 이용시설을 포함한 시스템 시뮬레이션

② 우수이용

- 태양에너지를 이용한 우수이용시설계획기술

③ 생물정화기법

- 수질유지를 위한 생물정화수로
- 유기물의 순환을 고려한 수질보전계획기술

④ 다자연형친수공간조성



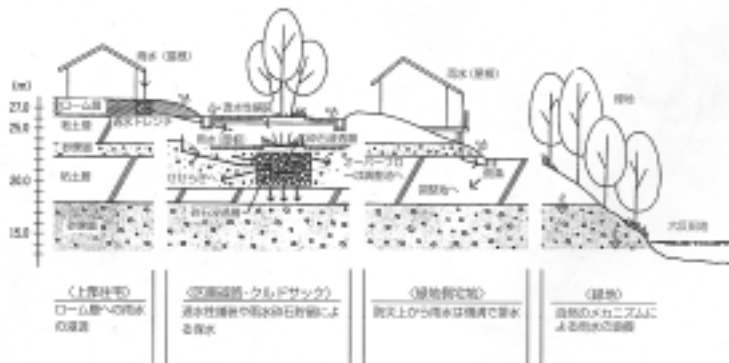
(그림 3.34) 수변에서
놀고 있는 어린이들



(그림 3.35) 인간과 물이
만나는 광장



(그림 3.36) 생물의
수질정화력을 이용한 수로



(그림 3.37) 우수순환공법

8) 오사카후에이카아찌나가노기도(大阪府營河内長野木戸) 주택

• 건축개요

명칭	오사카후에이카아찌나가노기도 주택	사업주체	大阪府
소재지	大阪府河内長野市木戸町667-4	용도	공영주택 5-7층 470호 4,000m ² 철근콘크리트
수공간 연계	<ul style="list-style-type: none"> · 우수→옥상→지하저유조→실개천 ↳광장→우수저유조→조경 살수 ↳투수성포장(통로광장, 주차장)→지하침투 		

• 주요기법

① 우수이용시스템

-주동옥상에서 집수한 우수를 지하저유조로 모아 태양광발전을 이용한 펌프로 순환, 실개천에 이용한다.

-광장에는 수동펌프를 사용하여 식재 관수로 이용할 수 있는 우수저유조를 설치한다.

② 침투성포장

-우수침투성이 뛰어난 재료·공법을 선택하여 주택지내 통로광장, 주차장 등을 포장한다.

③ 다자연형 친수공간

9) 아지로기요코쵸(あじろぎ横丁)

• 건축개요

명칭	아지로기요코쵸	용도	주택 17세대 3,000m ²
소재지	京都府治市内		
수공간	· 우수→실개천→연못		
연계	↳저류 및 침투		



(그림 3.38) 배치도



(그림 3.39) 중앙연못

단지내에는 70여종의 꽃나무가 심어져 있고, 사계절 다양한 녹환경을 만든다. 땅과 물과 녹의 조화를 이루어 다양한 환경공생라이프 스타일을 적극적으로 실현한다.

• 주요기법

① 친수공간

-L자형 단지의 중앙에는 연못이 있고, 도로를 따라 흐르는 실개천이 있다. 중앙 연못은 단지내 커뮤니티의 중심으로 그림 는 단지의 15주년 기념 행사 때의 모습이다.

10) 그로브 코트 다이에이미나미나카노(グローブコート大營南中野)

• 건축개요

소재지	사이다마켄오오미야시미나미나카노지가이로우누마 (埼玉縣大營市南中野字海老沼)	대지 면적	11,414.15m ²
사업자	사이다마켄 주택공급공사	건축 면적	4,560.68m ²
주호수	115호	연면적	12,897.37m ²
수공간 연계	· 우수→지하관거→우수저유조→실개천, 연못 ↳투수성포장→지하침투 ↳비오톱(우수조정지)		



(그림 3.40) 배치도



(그림 3.41) 단면도

• 주요기법

① 비오톱 조성

-산책할 수 있고, 곤충과 어류가 있는 근자연형으로 조성

② 우수저유조

-우수를 실개천과 연못에 재이용하고, 순환시스템은 태양전지 펌프를 이용한다.

③ 투수성포장

-부지내에 투수성포장과 투수성인터로킹을 하여, 지하수의 함양을 꾀한다.



(그림 3.42) 친수공간이 있는 중정



(그림 3.43) 우수를 이용한 중정의 실개천



(그림 3.44) 우수조절기능이 있는 비오톱

11) 로꼬아일랜드 이스트코트 5번가

• 건축개요

부지면적	11,367m ²	주호수	194호(주택 191호, 상점 2호, 관리실 1호), 64개 타입
건축면적	4,408m ²	주호면적	65.0~172.5m ²
연면적	22,371m ²		

로꼬아일랜드는 고베와 오사카에 인접한 매립지로 21세기를 지향하는 새로운 도시주거의 거점으로 자리매김하고 있다. 총 면적 580ha에 이르는 로꼬아일랜드는 물과 숲이 있는 자연이 특징적이다. 거리를 완전히 덮고 있는 그린네트워크는 폭 40~100m, 전길이 5km에 달하고 있으며, 거리중앙에는 리버몰 수로광장이 있다. 주거블럭에도 실개천이 흘러 물이 친숙한 생활을 제공한다.

• 주요기법

① 친수공간

-거리중앙에 리버몰 수로광장

-주거블럭에 실개천 조성



(그림 3.45) 남측 보행자전용도로에 설치된 실개천

3.1.3. 기타

1) 네덜란드 Ecolonia 주거단지

• 건축개요

소재지	네덜란드 알펜안디라인	주호수	300호
수공간 연계	· 우수→주호내 설치형 우수조→우수이용 ↳투수성포장→지하침투 ↳우수관→중앙연못		

에콜로니아 계획은 네덜란드의 알펜안디라인에 위치한 생태건축단지로 네덜란드 정부가 1989년에 발표한 국가 환경정책 계획에 따라 에너지환경청이 개발주체가 되어 건설한 에너지절약 및 환경배려형 주택단지이다. 전체적인 기본계획은 벨기에의 건축가 루시안 크롤이 담당하였으며 단지의 입지는 암스테르담과 헤이그, 로텔담, 유트레흐트를 연결하는 수목의 심장부라 불리는 지대의 일각인 알펜안디라인에 건설되었다. 에콜로니아는 전체 약 300호로 이루어진 주택개발지의 일부에 건설되었으며, 총 호수 101호의 저층분양 집합주택으로 이루어져 있다. 이 프로젝트에는 “환경의식이 높은 건축을 향한 길”이라는 부제가 붙었으며 에너지와 환경배려에 관한 현재의 지식과 기술을 총망라하여 보여주고 있다. 모든 주택은 거주환경으로서의 일반적인 조건을 만족하도록 계획되었는데 그 중에서 테마별 주호라 불리는 것에는 9가지의 개별적인 테마가 주어지고 각각의 테마별로 서로 다른 건축가가 설계를 담당하였다. Type 4, 5는 남면한 온실과 접한 포치 내부에 설치형 우수조가 있어 우수를 이용할 수 있게 한다.

옥외공간의 계획에서도 환경친화적 개념에 근거한 설계수법의 도입이 적극적으로 이루어졌는데 대표적인 것으로 빗물이 지하로 침투되기 쉽도록 하기 위해 식재지에 투수성 포장이 이루어졌다. 또한 부지로부터 유출된 빗물은 단지의 중앙에 위치한 연못으로 우수관을 통해 모이도록 계획되었다. 이 연못에는 다양한 식생의 생장이 가능하도록 주변에 갈대를 심고 연못의 깊이를 다양하게 하여 수심에 따른 생물종의 다양화를 꾀하였으며 식물에 의한 연못물의 자연정화도 고려하였다.

• 주요기법

① 우수이용

-Type 4, 5는 남면한 온실과 접한 포치 내부에 설치형 우수조가 있어 우수를 이용할 수 있게 한다.

② 우수침투 및 저류

-빗물이 지하로 침투되기 쉽도록 하기 위해 식재지에 투수성 포장²¹⁾이 이루어졌다.

-부지로부터 유출된 빗물은 단지의 중앙에 위치한 연못으로 우수관을 통해 모이도록 계획되었다.

③ 비오톱 조성

-중앙 연못에는 다양한 식생의 생장이 가능하도록 주변에 갈대를 심고 연못의 깊이를 다양하게 하여 수심에 따른 생물종의 다양화를 꾀하였다.

④ 생물정화기법

-식물에 의한 연못물의 자연정화도 고려하였다.



(그림 3.46) 중앙 연못



(그림 3.47) 주호 단면

2) 캐나다 Ottawa시 주거단지²¹⁾

• 건축개요

소재지	캐나다 오타와시	공원면적	1.25에이커
수공간 연계	· 우수→지하배수로,표면배수→연못(조정조) ↳ 녹지→지하침투		

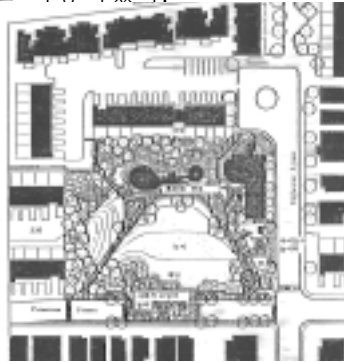
캐나다 오타와시의 주거단지개발은 기존의 과밀주거단지와 중밀도의 고급주거단지에 의해 각각 경계선을 접한, 복구되어야 할 폐기지가 대부분인 지역이었으며, 그 일부는 지역사회의 중심인 1.25에이커의 공원을 둘러싸고 있었다. 특히 Ottawa 시에서 매년 발생하는 여름의 폭우로 인한 환경문제는 기존의 인공배수 시스템만으로 해결될 수 없었기 때문에 과밀도 주거단지에서의 저수지시설이 시급한 과제로 대두되고 있었다. 이를 위한 두가지의 계획개념은 다음과 같다.

-전통적인 단지개발방식에서 벗어나 좀더 창조적이며 실행가능한 대안으로서 배수시스템을 도시공원내에 조성시킨다.

21) Michael Hough, 도시경관·생태론, 기문당, 1988

-환경문제를 해결할 뿐 아니라 교육적·레크레이션적 가치를 갖는 공간을 조성시킨다. 즉, 폭우시에 대량의 물을 저수하여 이를 천천히 방류시키는 과정에 놀이터나 휴식장소로 이용할 수 있는 연못을 조성, 물이 갖는 수문학적 과정을 적극적으로 이용한다.

따라서 이 연못의 성격 및 용도는 계절에 따른 변화를 보였다. 즉, 겨울철에는 스케이트장으로, 여름의 홍수기에는 바닥의 높낮이에 의해 변화무쌍한 물의 움직임을 구경하는 장소로, 홍수기 이후에는 주로 어린이들을 위한 물놀이 장소로 각각 이용되었다. 또한 봄, 가을 등 건기에는 물러스케이팅이나 스케이트보딩 등 그때 그때 유행되는 게임의 장소로 사용되었다.



(그림 3.48) 배치도



(그림 3.49) 건기 및 우기시 연못의 이용

3.2. 국내 사례

1) 평촌 현대아파트 수로공원²²⁾

• 건축개요

소재지	경기도 안산시 부흥동
수공간 연계	· 상부연못(분수)→실개천→하부연못(분수)

경기도 안산시 부흥동에 위치한 이 아파트 단지는 격자형으로 구획된 동선과 주택배치를 고려하여 수공간을 끌어들이었다. 어린이놀이터와 같이 동적인 물놀이 공간으로 활용될 수 있도록 접근과 안전에 주안점을 두고 계획된 이 공원의 주제는 수로이다. 총길이 54m의 수로는 좌·우에 각각 서있는 4개동의 아파트 사이에 길게 놓여 있으며, 상부수조에서 하부연못까지 물이 흘러내릴 수 있도록 경사져 있다. 또 어린이가 수로에 들어가 놀 수 있도록 친수실개천으로 조성함과 동시에 하부연못에 8개의 샤프노즐을 설치하여 분수와 실개천이 어우러지도록 하였고, 야간에도 환상적인 분위기를 감상할 수 있도록 수중조명장치를 하여 효과를 극대화했다. 분수를 조망하고 수로에서 노는 유아를 지켜볼 수 있도록 부분에 20여개의 벤치를 놓았으며 녹지 및 수로가에 경관석을 놓아 벤치대용으로 앉아서 물을 접할 수 있도록 했다.

아파트 단지내 주민은 물론, 이웃단지 주민들도 찾아오는 휴식처로 자리잡았으며 분수를 가동시켜 놓았을 때는 어린이들의 물놀이 공간으로 각광을 받고 있으나, 계류천이 놀이공간으로 활용되다보니 쓰레기 및 오물이 분수장치의 기능을 제대로 발휘하지 못하게 하는 경우도 있다.



(a) 하부연못



(b) 수로 중앙



(c) 상부연못

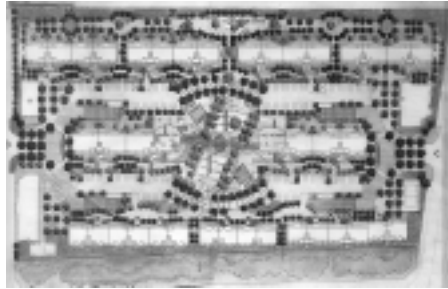
(그림 3.50) 친수공간

22) 현대한국조경우수작품집, 도서출판 조경, 1999

2) 광주 첨단지구 대우아파트단지²³⁾

- 건축개요

수공간 연계	· 벽천, 분수→놀이공간
-----------	---------------



(그림 3.51) 배치도

일자형 배치로 구성된 단지 중앙에 ‘동산’을 조성하여, 단지내에 하나의 주된 공간 또는 장소인 커뮤니티 공간으로 형성했다. 공동체의식을 높이고 이 단지의 조경효과를 높이기 위해선 자원의 분산보다 집중에 의한 수준높은 어메니티를 만드는 것이다.

단지 내부에 안마당처럼 된 이 공간에 건물의 측벽을 이용한 수경시설, 계단형 논을 연상시키는 벽천, 그리고 큰 빈 마당이 있고 이 곳에 분수가 설치되었다. 마당의 방향은 단지의 남측과 북측의 사이마당과의 연결을 좋게 하기 위해 건물과는 틀어진 방향으로 배치되고 마당 양측에는 2열로 식재를 하여 그 밑에 앉음벽과 평상을 배치하였다. 공간을 조이고, 느슨하게 하는 날개벽을 도입하여 이 안마당 안에 여러 행위가 동시에 이루어 질 수 있게 하고 단지 중앙부 두 건물이 주는 공간 차단 효과를 줄이기 위해 1층 부분에 아파트 2세대를 없애고 그것을 유아 놀이시설로 하여 비나 햇빛을 피하고 놀 수 있는 장소로 하였다.



(그림 3.52) 분수



(그림 3.53) 벽천

23) 현대한국조경우수작품집, 도서출판 조경, 1999

3) 노블하우스 빌라²⁴⁾

• 건축개요

소재지	경기도 용인시 기흥면
수공간 연계	· 폭포→연못

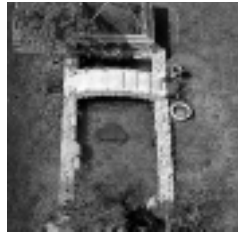
경기도 용인시 기흥면에 위치한 이 빌라는 넓고 쾌적한 옥외정원이 특징적인데, 전정공간을 지나 건물을 돌아가면 물소리가 인상적인 후정을 만나게 된다. 이 후원공간은 깊이 40cm의 직선형 연못을 사이에 두고 입주자들의 모임 및 야외식사, 아이들의 자유로운 놀이활동을 유도하는 바비큐 공간과 시각적 미를 살린 원형모양의 화단, 그리고 파고라가 있는 휴식공간으로 공간적 분할이 이루어지고 있다.

원형이나 부정형의 호안형식을 벗어난 직선형 연못은 3단 폭포를 조성, 공명현상의 효과적 이용을 통해 청량한 물소리의 울림현상을 연출했다.

연못의 양쪽으로는 지하주차장 채광을 위한 톱라이트가 조성돼 시각적 점경물로서의 역할을 하고 있고, 연못과 같은 축선상에 마련된 휴식공간엔 막구조의 파고라가 조성, 물소리와 녹음의 정취를 동시에 만끽할 수 있도록 배려했다.



(그림 3.54) 후정 전경



(그림 3.55) 연못



(그림 3.56) 3단 폭포

4) 수동계곡 주거단지 계획(가칭)²⁵⁾

• 건축개요

소재지	경기도 남양주시 수동면 내방리	면적	2만8백평
수공간 연계	· 우수→저습지(주호앞)→습지(비오톱)→기존 실개천 ↳ 녹지, 자갈포장→지하침투		

1998년말부터 캐나다 주택금융공사와 한국의 주택산업연구원이 공동으로 수행한 주거단지 계획안으로 대상지는 남양주시 수동면 내방리(수동계곡)에 위치하고 있

24) 현대한국조경우수작품집, 도서출판 조경, 1999

25) 주택산업연구원, 캐나다 주택금융공사, 환경친화적 도시근교 주거단지 개발기법, 2000

으며, 면적은 2만8백평이다. 개발자는 ‘청·장년의 건강 증진’이라는 목표아래 60-70호 정도의 단독주택과 연립주택, 노인주택을 건설할 계획을 가지고 있다.



(그림 3.57) 배치도

• 주요기법

① 자연적인 배수로와 우수의 흐름을 보존함

-우수의 유출속도를 감소시키기 위해서 기존 지형을 최대한 살려 개발한다.

-습지는 도로를 따라 흘러가는 유출수가 가능한 한 많은 양이 흘러들어갈 수 있도록 가장 낮은 지대의 기존 실개천 옆에 위치시킨다. 습지는 개발되기 이전을 기준으로 최소 2년간의 강우를 저장할 수 있도록 2,500m² 정도의 규모로 만든다.

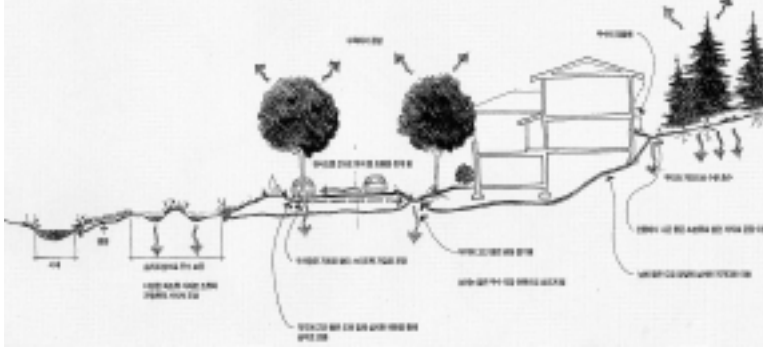
-저습지는 주거지 도로 상단에 위치시키며 침식을 조절하기 위해 수풀로 덮이도록 한다. 우수를 저장하거나 배수를 위하여 상단부의 저습지는 하단부의 저습지와 연결될 수 있도록 한다. 저습지는 도로로부터 유출되는 유출수를 모으기 위해 도로의 양옆에 배치시킨다.

② 정화되지 않은 하수가 유출되는 것을 최소화함

-태양열을 이용한 오수처리기법은 커뮤니티 전체의 하수를 처리하는데 사용할 수 있다.

③ 희소한 청정 자연수의 사용을 최소화함

-우수저장조는 상수소비를 감소시킬 수 있다.



(그림 3.58) 단면



(그림 3.59) 배수계획



(그림 3.60) 주호 앞 저수지

5) 현황조사 및 문제점

최근 국민 소득과 의식 수준의 향상으로 쾌적한 환경에 대한 욕구가 증가하고 있다. 주거지 개발부분에 있어서도 에너지 및 자원의 절감, 대체에너지 개발, 자연 환경 오염방지 및 보전, 자원 및 쓰레기 재활용 등 환경보전에 대한 대응과 단지내 녹지공간 확충 및 체계화, 소생물권 조성 등을 통해 생태질서를 회복하려는 움직임이 활발해지고 있다.

그러나 우리나라에서 시도되고 있는 환경친화 주거단지는 환경친화 계획요소의 일부를 단지내에 도입하고 있는 수준으로 최근 단지내 옥외 공간을 상품차별화 요소로 인식하면서 분당, 일산 등 수도권 신도시의 일부 민간 아파트들에서 분수, 개울 등 조경요소를 도입하거나 보행전용공간을 조성하는 사례들이 출현하고 있다. 그러나 자원절약, 환경오염 최소화, 자연친화 등의 환경친화적 개념의 본질을 파악

하지 못한 단순 설치에 불과한 실정이며, 특히 수공간 조성 계획시 물의 순환체계와 생태계를 고려하지 않기 때문에 오히려 수환경을 악화시키는 계획이 되기 쉽다.

현황조사 대상지는 고양시로 선정하여, 일산 신시가지와 능곡지구 두 곳의 현장 답사를 통해 실태조사를 실시하였다. 고양시는 1989년 일산 신시가지 개발 발표 이후, 92년 고양시로 승격되었고, 96년 덕양구와 일산구로 분구되었다.

• 개요

	일산신도시	능곡지구
면적	15,736,000m ² (4,760,000평)	256,707m ² (8만평)
사업기간	'90.3.31 - '95.12.31	'93.1 - '98.11
수용인구	276,000명(69,000세대)	64,000명(16,000세대)
사업시행자	한국토지공사	주택공사, 대우, 코오롱, 동신, 일신, 화성, 효성

• 위치



(그림 3.61) 일산 신시가지









(그림 3.62) 능곡지구






• 현황조사

조사 대상 주거단지 중 수공간이 도입된 단지를 그 수공간의 형태에 따라 분류·정리하면 <표 3-1>와 같다.






<표 3-1> 수공간 현장조사

명칭	위치 (개소)	사례	수공간 형태				가동기간	수원
			연못	분수	폭포	살천		
고양 별빛마을 한일·코오롱· 벽산·기산 APT	중앙 (1)		○				여름	상수
고양 은빛마을 미도파 APT	입구 (1)			○			여름	상수
고양 은빛마을 LG APT	입구 (2)			○			여름	상수
고양 달빛마을 1단지	중앙 (1)			○			여름 (7-8월)	상수
고양 달빛마을 신안 APT	중앙 (1)			○			여름	상수
고양 햇빛마을 18-1단지	중앙 (1)			○			시험가동	상수

<계속>

명칭	위치 (개소)	사례	수공간 형태				가동기간	수원
			연못	분수	폭포	살천		
일산 후곡마을 청구 APT	입구 (1)			○			여름	상수
고양 별빛마을 현대 APT	중앙 (1)		○	○			-	상수
고양 은빛마을 신성 APT	입구 (1)		○	○			여름	상수
고양 햇빛마을 18-2단지	입구 (1)		○		○		여름	상수
일산 호수마을 청구 APT	입구 (1)		○		○		여름	상수

<계속>

명칭	위치 (개소)	사례	수공간 형태				가동기간	수원
			연 못	분 천	낙 수	설 천		
일산 유원삼환 APT	입구 (1)		○	○			3월말 -11월	상수
일산 후곡마을 LG APT	입구 (1)		○	○	○		여름	상수
고양 달빛마을 현대 APT	입구 (1)		○	○		○	여름 (7-8월)	상수
고양 은빛마을 삼성 APT	입구 (1)			○		○	여름	상수
백양공원 (능곡근린1호)			○	○	○	○		

단지에 도입된 수공간의 형태는 주로 분수, 연못, 벽천, 실개천 또는 이들의 2-3개의 조합의 형태이며, 단지내 입구 또는 중앙에 1-2개소 적용되고 있다. 가동기간은 여름한철(주로 7-8월)에 불과하여 조사기간(1월)에는 전혀 이용되고 있지 않았다. 단지 입구에 위치한 수공간의 경우 휴게공간 등과 연계되지 않아, 주민의 이용보다는 단지의 상징성만을 부여하고 있다. 김영신²⁶⁾의 수공간 만족도에 관한 연구에 의하면 수공간의 불만족 이유로 첫째 물이 만나와서, 둘째 물 주위에 쓸만한 공간이 없어서, 셋째 물이 더러워서라고 답하고 있는 것을 고려할 때, 수공간의 비가동 시기동안의 활용방안과 수질문제, 그리고 주위 타용도의 공간과의 연계가 필요한 것으로 분석된다.

수공간을 전혀 가동하지 않는 단지도 있는데, 가동하지 않는 이유로는 겨울철 결빙문제를 제외하고도 시공상의 하자로 인한 누수문제, 유지관리 문제 등을 들 수 있다. 그리고 주로 상수를 이용하기 때문에 주민들이 수도세 부담을 반대하여 가동하지 않는 사례도 있어 수원확보 문제가 시급함을 보여 준다.

따라서 본 연구는 옥외 수공간 조성계획을 중심으로 환경친화적 건지에서 해석하여 다양한 생물이 안정된 환경속에서 건전한 물질 순환대사를 통하여 자급자족하며 자연과 인간이 건강하게 공존할 수 있는 단지환경을 창출할 수 있도록 하고자 한다. <표 3-2>는 단지내 옥외 수환경과 관련하여 환경친화적으로 개선 가능한 설계요소를 정리한 것이다.²⁷⁾

<표 3-2> 수환경에 관련된 환경친화적 개선방안

구분	환경친화적 개선방안
우수의 침투유도	-우수침수용 저습지/개울조성 -우수배수로 확보 -마사토, 녹화블록, 투수콘크리트 등 투수성 포장재료 사용 -투수면적 최대화
천수공간 조성	-순환하는 실개천 조성 -연못, 인공폭포, 분수대, 벽천, 수영장 등을 조형적으로 조성 -정수시설이 된 웅달샘, 약수터, 우물가를 조성
비오톱 조성	-실개천, 연못을 중심으로 수생 소생물권 조성
중수이용	-식물이나 촉매를 통한 하수정화시스템 도입 -생활하수를 정화한 중수 재활용
우수이용	-우수차집조, 우수차집용 습지조성 -우수저장후 이의 다목적 활용(살수, 방화, 세정, 중수 등)

26) 김영신, 공동주택 단지내 수공간의 도입방안에 관한 연구, 연세대 석사학위논문, 1998

27) 민양관, 환경친화형 주거단지의 계획요소에 관한 연구, 청주대 석사학위논문, 1998

3.3. 소결

환경친화적 수공간을 도입한 주거단지에서 수순환 환경을 위해 적용된 기법과 그 연계시스템은 <표 3-3>와 같다.

<표 3-3> 환경친화적 수공간 사례 분석표

단지명	단지 규모	적용기법	연계시스템	수원 (수공간)	기타
아라메 주택단지	32호	· 중수이용 · 우수유출억제 · 친수공간	· 우수→표면배수→수로(운하) ↳투수성포장→지하침투 · 중수→식재이용정화조→저류→조경용수	하천수 우수 중수	
궤차가 집합주택		· 중수이용 · 우수이용	· 우수→주호내 우수저류조→정원 살수 및 화장실 잡배수용 ↳녹지대→지하침투 · 중수→원판회전식 정화장치→저류조	우수 중수	
샤프릴 주거단지	120호	· 우수이용 · 비오톱 조성 · 친수공간 · 우수유출억제	· 우수→우수배수로→우수저류호수→실개천, 비오톱 ↳투수성포장→지하침투	우수	
길하세 주거단지	21호	· 우수유출억제 · 비오톱 조성 · 중수이용 · 우수이용 · 생물정화기법	· 우수→주호별 소규모 우수저장조→우수이용 ↳배수로→우수저장 및 침투 호수(비오톱) ↳지표면→지하침투 · 중수→식물정화시설→하천으로 방류	우수 중수	
베를린 Karow-Nord 주거단지	500호	· 우수이용 · 우수유출억제 · 비오톱조성	· 우수→소규모배수로→투수구덩이→우수관개→우수유도로 →침전조→투수연못 ↳녹지대→소규모 저류 및 지하침투	우수	
베를린 Block 6		· 우수이용 · 중수이용 · 우수유출억제 · 생물정화기법 · 친수공간	· 우수→우수차집조→우수저장조(연못) ↳잔디녹화지붕→식물함수 · 중수→중수침전조→식물정화조→폭기연못→살수	우수 중수	
NEXI2 실험주택	18호	· 중수이용 · 친수공간 · 비오톱 조성	· 중수→생물처리→활성탄처리→연못, 살수용수	중수	
世谷區 深澤 環境性 住宅	70호	· 우수이용 · 지하수이용 · 우수유출억제 · 비오톱조성 · 친수공간	· 지하수(우물)→시냇물, 비오톱 ↳조경용수 · 우수→지하저류탱크→화장실 잡용수 ↳가 호호 발코니 저수탱크→우수이용 ↳투수성포장(도로, 주차장)→지하침투	지하수 (기존 우물물) 우수	풍차 이용

<계속>

단지명	적용 규모	적용기법	연계시스템	수원 (수공간)	기타
山朝田 Hills	148호	· 우수유출억제 · 비오톱조성 · 친수공간	· 우수→표면배수→연못(비오톱) ↳투수성포장→지하침투	우수	태양 발전
자미울 1번지	16호	· 우수유출억제 · 우수이용 · 비오톱조성 · 친수공간	· 우수→우수저장탱크→풀 ↳투수성포장→지하침투	우수	중력 이용
都羅根 三丁目 제3파트	50호	· 우수이용 · 우수유출억제 · 비오톱조성 · 친수공간	· 우수→옥상집수→증정지하의 저류조→증정녹지 살수 ↳공원지하저류조→연못, 실개천 ↳투수성포장→지하침투 ↳지하우수조정조(peak 부하 저감)	우수	태양 발전
八王子 주택단지	700호	· 우수유출억제	· 우수→투수성포장, 저유시설→지하침투→쇄석층→하천 방류	우수	
百合丘 뉴타운	150호	· 우수유출억제 · 생물정화기법 · 우수이용	· 우수→측구→조정지 ↳쇄석투수층(저류)→실개천 ↳투수성포장, 침투트랜치→지하침투	우수	
廻野 河内長野 木戸住宅	470호	· 우수이용 · 우수유출억제 · 친수공간	· 우수→옥상→지하저유조→실개천 ↳광장→우수저유조→조경 살수 ↳투수성포장(통로광장, 주차장)→지하침투	우수	태양 발전
おろち 横丁	17호	· 친수공간	· 우수→실개천→연못 ↳저류 및 침투	우수	
グローブコート 大營南中野	115호	· 우수이용 · 우수유출억제 · 비오톱조성 · 친수공간	· 우수→지하관거→우수저유조→실개천, 연못 ↳투수성포장→지하침투 ↳비오톱(우수조정지)	우수	태양 전지 발전
로꼬 아일랜드 이스트코트 5번가	194호	· 친수공간			
네덜란드 에콜로니아	300호	· 우수이용 · 우수유출억제 · 생물정화기법 · 친수공간	· 우수→주호내 설치형 우수조→우수이용 ↳투수성포장→지하침투 ↳우수관→중앙연못	우수	
캐나다 Ottawa 시		· 우수이용 · 우수유출억제 · 친수공간	· 우수→지하배수로, 표면배수→연못(조정조) ↳녹지→지하침투	우수	

<계속>

단지명	적용 규모	적용기법	연계시스템	수원 (수공간)	기타
광현대 APT		· 친수공간	· 상부연못(분수)→실개천→하부연못(분수)	상수	
광주대 APT		· 친수공간	· 벽천,분수→놀이공간	상수	
노블 하우스		· 친수공간	· 폭포→연못	상수	
수계곡 주거단지 계획안	67호	· 우수유출억제 · 우수이용 · 비오톱조성	· 우수→저습지(주호앞)→습지(비오톱)→기존 실개천 ↳ 녹지, 자갈포장→지하침투	우수	지형 경사 이용

이상의 환경친화적 수공간 사례분석을 통한 수공간 조성 계획의 특징은 다음과 같이 정리될 수 있다.

① 수공간의 수원으로는 중수, 우수, 하천수, 지하수가 사용되며, 주로 우수가 이용되고, 중수는 수질상의 문제로 보통 조경 살수용으로 쓰인다. 옥상 등의 집수면에서 받은 빗물을 각호의 지하 또는 중정의 지하저류조에 집수하여 조정용수나 수공간 유지용수로 사용한다. 실개천의 순환동력으로는 풍차 또는 태양전지의 발전을 사용하거나, 또는 레벨차를 두어 집수하여 중력에 의해 물을 순환하기도 한다. 개방된 저지수로를 이용하여 우수를 분리, 연못으로 유도하여 침투·저류한다.

② 수공간에 필요한 수질을 얻기 위해, 우수는 초기 유출수를 제외하고는 저류지에서의 침전 정도의 여과만으로도 충분하고 중수는 원수의 수질에 따라 정화과정을 거친다. 수로나 연못, 습지에 생물을 이용한 수질정화기법을 도입하여 깨끗한 물을 얻는다.

③ 우수유출을 제어하기 위해 주로 두가지 시스템이 사용되었다. 첫째 주차장과 광장을 투수성포장으로 하고 녹지대를 확보하여 우수를 지하로 침투시키거나, 둘째 배수로를 이용하여 우수를 연못(저류지)으로 저류·침투시켜 침투부하량을 줄이는 방법이다.

④ 생태적 측면에서 다양성을 추구하기 위해, 수로와 연못(저류지)을 비오톱으로 조성·연계한다. 갈대와 물옥잠 등이 있는 연못은 생태적일 뿐만 아니라 수질을 정화시키는 생물정화시스템으로도 이용될 수 있다.

⑤ 단지내 주민들이 쉽게 접근하고 이용할 수 있도록, 수공간은 단지 중앙에 위치하여 커뮤니티의 중심공간으로 자리잡고, 휴게공간이나 놀이공간 또는 각 호의 전용정원과 연계된다. 보행자 도로를 따라 혹은 주호 앞을 흐르는 실개천은 다양한 경관을 창출하며 어메니티를 향상시킨다.

제 4 장 환경친화적 수공간 조성 기법

4.1. 자원절약

1995년 스웨덴 스톡홀름에서 개최되었던 「국제 심포지엄」에서 세계 물정책연구소의 샌드러 포스텔 소장은 “20세기 국제간 분쟁 원인이 석유에 있다면 21세기는 물이 될 것이다.”라고 경고하였으며, 이 심포지엄에서 밝혀진 바에 의하면 오늘날 80개 나라에서 전세계 인구의 40%에 해당하는 사람들이 먹는 물 문제로 고통을 받고 있다. 우리나라는 단위면적당 강수량은 세계 평균보다 높으나 1인당 물자원은 세계 평균의 9%에 지나지 않으며, 2006년부터는 연간 4억톤의 물이 부족하여 리비아, 모로코, 이집트, 오만, 폴란드 등과 함께 물부족 국가군에 포함될 것으로 환경부는 전망하고 있다. 이에 따라 환경부는 현재 공급 중심인 수자원관리정책을 수요 중심으로 전환한 뒤 정확한 수요량을 측정해 공급하고, 아울러 우수 이용시설과 바닷물 담수화시설을 확충하며, 그동안 단일요금체계였던 수도물 요금체계에 누진세를 도입할 방침이어서 수공간 조성시 지속가능한 수원확보는 필수적이다.

도시지역에서 이용가능성이 높은 수자원으로는 중수, 우수, 지하수, 하천 등이 있으며, 특히 주거단지에서 재이용 가능성이 높은 수원은 중수 및 우수이다. 중수나 우수의 이용을 통해 수자원 고갈에 따른 대체수원을 확보할 수 있다.

4.1.1. 우수이용 기법

우수이용기법은 크게 우수분리, 우수저류 및 침투로 구분될 수 있다. 이 중에서 건물 외부공간을 대상으로 수공간 창출과 밀접한 관련성을 갖는 부분은 우수분리 및 우수저류 부분이며 우수저류와 우수침투 시스템은 우수유출저감 부분에서 다루기로 한다.

1) 우수이용의 특징

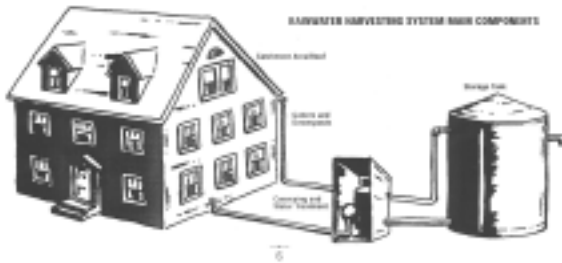
우수이용시 고려해야할 사항으로 지역에 따른 강수량, 집수면에 따른 수질 등이 있다. 우수이용의 특징을 정리하면 <표 4-1>과 같다.

<표 4-6> 우수이용의 특징

구분	특징
수량	· 지역 및 기후조건(강수량)에 따라 제한적
수질	· 집수면에 따라 변동 · 대체로 초기유출수를 제외하고는 양호
수처리	· 침전 등의 간이처리만으로도 가능
재이용	· 수질적으로는 양호하나 수량면에서 제약 · 상수 또는 중수의 보충 고려

2) 우수집수 및 순환이용시스템

우수집수 시스템의 구성은 (그림 4.1)과 같이 집수면, 저장조로 보내는 우수관, 저장조, 여과기, 펌프, 조절장치 등으로 이루어진다.



(그림 4.79) 우수집수 시스템의 주요 구성



(그림 4.80) 집수면적 계산

① 집수면(catchment area)

기본적으로 우수집수면은 옥상이나 지붕과 같이 수질적으로 양호한 구역을 설정하는 것이 원칙이나, 필요수량을 충족하지 못할 경우는 비교적 오염도가 적은 집수면을 검토한다. 이 경우 일부 오염도가 높은 우수에 의해서 저류조 전체의 수질을 악화시키거나 처리시설을 복잡하게 할 우려가 있으므로 주의할 필요가 있다.

집수면적은 (그림 4.2)와 같이 수평투영면적으로 한다.

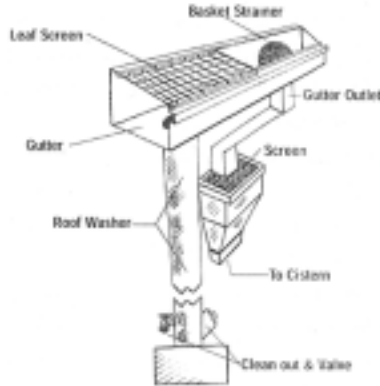
- 집수면적= $a \times b$

② 빗물받이 홈통(gutters), 수직낙수홈통(downspouts)

지붕 집수면을 흐르는 우수를 받아서 저장조로 보낸다. 보통 1000ft²의 집수면에 6in 홈통과 4in 수직낙수홈통이 필요하다.

③ 여과기(leaf screens and roofwashers)

우수 이용시에는 초기유출수의 오염상태에 유의할 필요가 있다. 초기에는 표면 퇴적물, 흡입자의 유출과 비료성분 등의 비점오염물질이 혼입될 가능성이 높기 때문에 초기우수의 배제와 같은 시스템상의 조치가 필요하다. (그림 4.3)은 루프와셔 (roof washer)로, 일단 관이 빗물로 채워진 뒤, 그후 내리는 빗물만이 저장조로 연결·집수된다.



(그림 4.81) 입관(standpipe) 타입의 루프와셔

④ 저장조(cisterns or storage tanks)

우수를 저장한다. 저장조는 지중에 매설하거나 내부장착을 하며, 합성수지 또는 콘크리트로 된 특수 저장조들이 개발되었다. 저장조의 크기는 우수 집수량 및 사용량에 따라 결정된다.

⑤ 펌프

물은 주로 회전순환 펌프에 의해서 급수된다.

⑥ 조절장치

탱크에 물이 없으면, 조절장치가 상수를 정량대로 충당한다. 이용하는 장소의 관리는 고유의 배관망을 통하여 이루어진다. 상수망과는 어떠한 경우라도 연결되지 않는다.

3) 우수처리기술

① 수질

집수면에 따른 우수의 수질 특성을 정리하면 <표 4-2>와 같다.

<표 4-7> 집수면에 따른 수질 특성

수질		수원에 따른 수질 특성
지붕·옥상면 유출수		· 초기 유출수는 표면퇴적물을 포함하는 관계로 COD, SS 등의 오염도가 높다. · 지속시간이 길어지면서 우수의 수질은 양호한 상태로 바뀐다. · 일반세균 항목을 제외하고는 음용수수질기준에 준하는 양호한 수질이다.
		· 대기분진 외에 기름, 타이어 마모물질, 흙입자, 협잡물 등 비점오염물질이 유입될 가능성이 높다. · BOD 오염농도는 비교적 높은 편이다. · 강우량이 적은 경우 탁도 농도가 매우 높아진다. · 교통량이 많을수록 오염도는 높다. · 아스팔트 표면이 콘크리트 표면보다 탁도가 높다.
주차장 유출수	교통량 소	· 사람에 의한 인위적인 오염행위가 없으면 옥상면에 준하는 수질을 얻을 수 있다. · 교통량 증가에 따라서 탁도는 높아지고 사람에 의한 인위적인 오염행위에 많은 영향을 받는다. 침수에 의한 오염물의 유입가능성도 높다.
	교통량 대	
녹지 유출수	잔디	· 초기 오염물질을 제외하면 비교적 양호한 수질을 얻을 수 있으나 유출계수가 작아 사면을 이용하는 것이 효과적이다. · 우수의 지속시간이 경과될수록 탁도는 높다. · 인공지반에 여과기능을 부가한 경우, 건물 주변이나 정원에서 모아지는 우수의 수질은 비교적 양호하다. · 모래 등의 유입이 우려되는 경우 집수구 근처에 니트류를 설치한다.
	거친 녹지	
인공지반 유출수		

자료: 한국건설기술연구원, 그린타운 개발사업 III, 1998

② 처리방법

연못, 습지의 유지용수는 침전조 외의 처리설비를 필요로 하지 않으나, 실개천, 벽천, 폭포의 유지용수는 침전조가 우수 집수면적에 비해 작아 우수 유입시 난류나 교반에 의해서 협잡물이 저류조를 거쳐서 사용장소에 이동할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 쇄석여과나 간이필터 구조의 시설물을 설치할 필요가 있다.

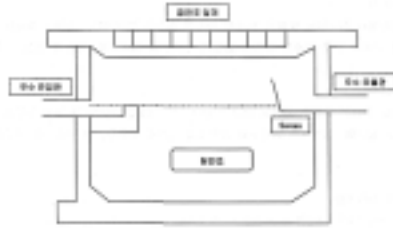
(그림 4.4)는 일반적인 우수처리 공정을 보여준다.



(그림 4.82) 일반적인 우수처리 공정도

a. 자연침전 정도의 간이처리

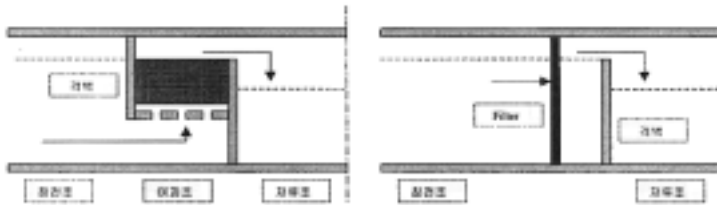
침사지, 침전조는 집수된 우수내에 포함된 토사류를 자연침강에 의해 제거할 필요가 있는 경우에 설치한다.



(그림 4.83) 침전조의 설계예

b. 자연침전+쇄석여과 정도의 처리

침전조가 우수의 집수면적에 비해서 작은 경우에 우수 유입시 난류나 교반에 의해서 협잡물이 저류조를 거쳐서 사용장소에 이동하는 것을 방지하기 위해 쇄석여과나 간이필터 구조의 시설물을 설치한다.



(그림 4.84) 쇄석여과조 또는 간이필터에 의한 여과

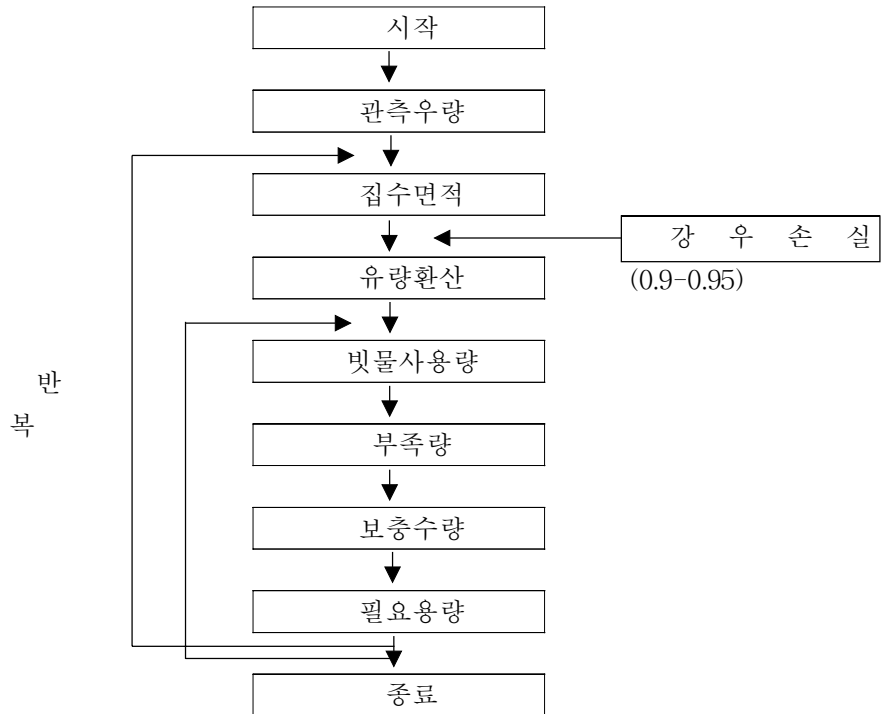
4) 우수이용 시설 규모

우수의 이용을 전제로 한 집수대상은 수질이 양호한 옥상면을 원칙으로 하며, 외부공간의 우수이용량의 원단위는 <표 4-3>과 같고, <표 4-4>는 우수이용 시설 규모를 결정하기 위해 수량을 산정하는 흐름도이다.

<표 4-8> 우수 이용량의 원단위

항목	이용량	회수	원단위
세차	75 l/회/대	0.2회/일	75 l/회/대
살수	100 l/회/대	1회/일	100 l/회/대
연못, 분수 등	시설규모에 따라 가변적(체류시간<7일)		

자료: 한국건설기술연구원, 그린타운 개발사업 III, 1998.12



<표 4-9> 우수이용 시설 규모결정 흐름도

4.1.2. 중수이용 기법

1) 중수이용의 특징

중수(reusing water)란 사용한 수돗물을 생활용수, 공업용수 등으로 재활용할 수 있도록 다시 처리한 물을 말한다. 중수를 제조함에 있어 가장 중요한 고려사항은 어떤 물을 중수로 제조하여 어디에 쓸 것인가이다. 이것은 중수제조를 위한 시스템의 구성 및 설계, 그리고 운전방법을 결정하는 중요인자로 작용한다. <표 4-5>는 중수이용의 특징을 정리한 것이다.

<표 4-10> 중수이용의 특징

구분	특징
수량	· 비교적 안정된 수량확보 가능
수질	· 원수의 종류, 처리방법 등에 따라 수질 변동
수처리	· 이용용도에 따라 요구되는 수질까지 처리 필요
재이용	· 수량면에서는 안정적이거나 수질면에서 제한적

<표 4-11> 오염정도에 따른 가정하수의 구분

배수	오염도가 낮은 배수	세면수
		목욕수
	오염도가 높은 배수	주방배수
		세탁수
오수	수세식변소 세정수	

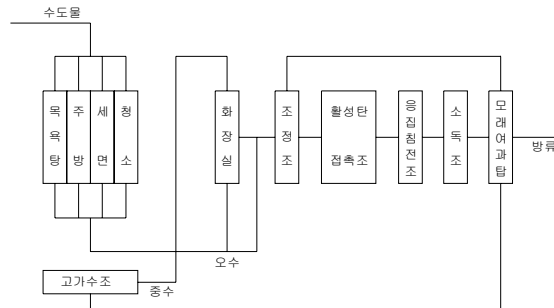
<표 4-12> 우리나라 가정용수의 용도별 사용량('96)

용도	일사용량(ℓ/인)	사용비율(%)
화장실용수	57	27
음료 및 취사	43	21
세탁용수	41	20
샤워 및 목욕	29	14
세수, 세면	23	11
청소, 기타	14	7
계	207	100

자료: 환경부, 전국수도종합계획, 1998

2) 중수이용 시스템

중수순환이용시 급수 및 이용설비의 구성방식은 배수의 정화처리방법에 따라 다르다. (그림 4.7)은 즈스도 시스템이 개략적이 키귀츨르드르 보여즈다.



(그림 4.7) 중수도 시스템

3) 중수처리기술

연못, 분수 등의 수공간 조성을 위한 환경용수나 살수용수로 사용하기 위해서는 인체 등 공중위생면 또는 인간의 감각면에서뿐만 아니라 기기·설비 등에서 요구하는 수질의 정도를 만족해야 한다. 그리고 그러한 수질을 얻기위해 원수에 따른 수처리 정도 및 기술 등에 대한 종합적인 검토가 필요하다.

① 수질

원수 특성에 따라 수처리 정도가 달라질 수 있기 때문에 원수의 수질을 파악하는 것은 중요하다. 공동주택단지에서의 평균 원수 수질 특성은 <표 4-8>과 같다.

<표 4-13> 원수 수질 특성

		CODcr (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	ABS (mg/L)	pH	색 도 (도)
세면배수	하계	106	49	41	2.8	7.6	82
	동계	155	80	101	2.0	6.5	50
목욕배수			48.8	15.4	0.2		
냉각수		106	4	6	0.3	7.5	60
주방배수	하계	732	480	218	54.4	5.4	
	동계	844	418	296	21.7	6.0	51
수세식	하계	597	197	170		8.7	
화장실	동계	719	328	444		8.6	268

중수의 순환이용에 사용하는 원수는 적어도 2차처리수 또는 그와 동질이상의 것으로 하고 그 수질은 살수용수와 조경용수의 경우 <표 4-9>와 같은 수질기준을 만족해야 한다.

<표 4-14> 환경용수의 수질기준

항목/용도	살수용수	조경용수
대장균군수	검출되지 않을 것	검출되지 않을 것
잔류염소	0.2mg/ℓ 이상일 것	
외관	불쾌감을 느끼지 않을 정도	불쾌감을 느끼지 않을 정도
탁도	5도를 넘지 않을 것	5도를 넘지 않을 것
BOD	10mg/ℓ 를 넘지 않을 것	10mg/ℓ 를 넘지 않을 것
냄새	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것
pH	5.8-8.5	5.8-8.5

자료: 신항식, 우리나라 중수도의 현황과 발전방향, 한국수자원학회지, 1998.7

② 처리방법

유입되는 하수의 수질과 처리 후 사용용도에 의해 요구되는 목표수질에 따라 그 처리방법이 크게 달라진다.

a. 전처리공정 : 전처리는 협잡물의 제거와 유량조정 역할을 담당하는 것으로 스크린, 파쇄기, 침사지, 유량조정조 등과 같은 단위공정으로 이루어져 있다.

b. 주처리공정 : 전처리공정에서 제거되지 않은 유기물질, 부유물질 등과 같은 오염물질을 제거하는 공정으로 오염원의 성분에 따라 활성슬러지법, 접촉산화공정 등과 같은 생물학적 처리방법과 막을 이용한 특수처리방법 등이 사용되거나 막처리의 경우 생물학적 처리방법 이후 고도처리를 위한 후처리공정으로 사용되기도 한다.

c. 후처리공정 : 후처리는 중수의 목표수질에 적합하도록 최종 처리하는 공정으로 침전지, 응집시설, 여과 및 활성탄 흡착 등으로 분류할 수 있다.

d. 소독 : 중수처리공정중 마지막 공정으로서 본처리공정에서 제거되지 않은 처리수중의 병원균을 소멸하고 슬라임의 발생 억제에 위하여 사용된다. 소독은 화학적 첨가제를 이용하는 살균방법과 물리적 살균에 의한 방법으로 구분되나 화학적 살균제를 투입하는 방법이 주로 사용되고 있으며, 화학적 소독시 사용되는 약품으로는 염소, 브롬, 요오드 등이 있으나 이중 염소를 이용하는 경우가 가장 많다. 이외에도 오존소독과 자외선처리도 소독공정에 이용되고 있다.

③ 공동주택의 적정 수처리공법

유입 원수가 세면, 세수 및 목욕배수가 되는 공동주택의 경우에 목욕배수중에 포함되어 있는 세제성분 외에 일부 유기오염 물질의 제거를 위해 응집침전, 여과공정에 활성탄 처리공정을 추가하는 것이 바람직하다.

4.2. 환경오염최소화

도시화로 인한 자연녹지감소와 불투수성 시설이나 인공포장면적의 증가는 토양 생태계의 파괴를 가져왔다. 토양생태계의 파괴는 도시 열섬현상을 심화시키고 우수침투를 차단해 도시홍수와 지하수 고갈현상을 초래하며, 이로 인해 다시 토양생태계의 변화가 유발되는 악순환의 고리를 가지게 된다. 게다가 표면유출수의 증가는 오염물의 유출을 촉진시켜 비점오염유출율을 증대시킨다. 이러한 환경오염을 최소화하는 기법으로 식생을 이용한 녹지대 확대 및 옥상녹화, 그리고 우수저류 및 침투공법을 통한 우수유출량 제어, 하천으로의 유출수를 정화하기위한 생물정화기법 등이 있으며, 본 연구에서는 수공간 조성과 직접적으로 관련있는 우수유출량 제어 기법과 생물정화기법으로 한정한다.

4.2.1. 우수유출량 제어

1) 우수유출량 제어의 특성

우수유출제어시설을 통해 다음과 같은 효과들을 얻을 수 있다.²⁸⁾

- ① 우천시 하천의 오탉 경감
- ② 하수도 시설의 부담 경감
 - 우천시 하수처리장 오수량 감소로 운전비 절감
 - 관거의 용량 축소
- ③ 지하수의 함양
 - 수순환계 지하부분 회복, 생태계의 자연회귀
 - 수자원으로서 지하수의 이용
 - 지반침하 방지
 - 하천 자유량 회복
 - 도시의 사막화 해소

28) 한국건설기술연구원, 환경모범도시 건설을 위한 기반기술개발에 관한 연구(Ⅱ), 1996.12

2) 우수유출억제 시설

유출억제시설은 주로 치수차원에서 거론되어오던 것이나 근래에는 이러한 시설에 의해 저류 또는 침투되는 우수를 확보하여 친수공간에 활용할 수 있도록 연계하고 있다. 유출 억제시설은 우수저류형과 우수침투형으로 분류할 수 있으며, 우수저류형은 on-site형과 off-site형으로 구분하고, 우수침투형은 침투정호, 침투지하도랑, 침투지, 투수성 포장, 침투구, 침투측구 등이 있다.

① 우수저류

우수유출억제책으로 사용될 뿐만 아니라 우수이용을 위해 저장하는 수원지로도 사용할 수 있다. 저류형 시설은 저류나 침투 등에 의한 유출량의 조절 방법에 따른 기술적 분류와 설치 위치에 따른 입지적 분류가 있다.

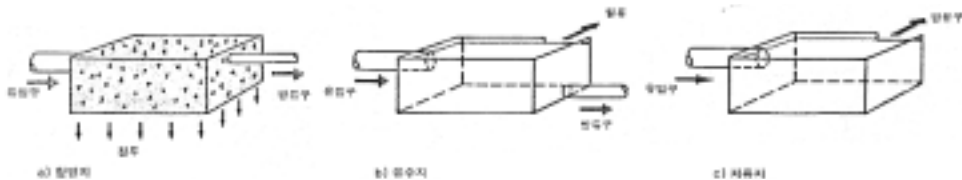
a. 기술적 분류²⁹⁾

빗물이 유입되어 처리되는 기능적 측면에서 함량지, 유수지, 저류지 등의 세가지 형태의 유형으로 분류할 수 있다.

- 함량지(Recharge basins) : 함량지는 지표밑으로 침투를 활성화시키는 시설로서 저류공간은 자연 지표면이나 지하에 설치되는데, 지하에 설치될 경우, 인공으로 만든 거친 자갈이나 쇄석 등을 넣어 침투를 효율적으로 촉진시킬 수 있도록 다공성 매질로 구성된다.

- 유수지(Detention basins) : 유수지는 일시적으로 호우유출수를 저류하고, 이를 조절하여 침투홍수량을 경감하며, 침투홍수량 발생후에 하류로 방류한다. 경제적인 이유로 인해 유수지 규모를 최대 홍수사상으로 설계하지 않는다. 하수관거 설계의 경우에는, 일반적으로 유역에 과부하가 걸리는 재현기간에 대하여 정의한다.

- 저류지(Retention basins) : 저류지는 기본적으로 전통적인 침사지와 비슷한 기능을 한다. 강우시 유역은 추가적인 유출을 받게되고, 일시적으로 이를 저류하며, 조절된 양으로 이를 방류한다. 함량지와 유수지 시설과 비교해 볼 때, 저류지는 바닥에 방류구가 없다. 부가적인 목적 중의 하나는 부유사와 호우유출시 관련된 오염물을 분리하는 것이다.



(그림 4.8) 저류방식에 따른 분류

29) 조원철, 서울특별시 호우유출 저감시설 시험사업, 한국수자원학회지, 1999.7

b. 입지적 위치에 따른 분류

저류형 시설물의 설치 위치에 따라 지역의 저류, 지역내 저류로 분류할 수 있다.

● 지역외 저류시설(off-site형)

-전용조정지

지역외 저류는 유출하는 우수를 임의 유역 출구지점에 집수·저류·억제하기 위하여 설치되는 시설물로서 다목적 우수지, 치수 녹지 및 방재 조절지 등을 들 수 있으며, 이러한 저류시설은 호우유출량을 일괄적으로 처리하기 때문에 저류 가능량이 많아지고, 배수과정에서 기술적으로 신뢰성이나 안전도가 높은 유출억제방법이라 할 수 있다.

-겸용 조정지

겸용 조정지는 다른 용도의 시설물에 호우 저류 기능을 부여하여 활용하는 시설물로서 연못 저류와 지하 저류 및 지하 공간 저류 등이 있다.

● 지역내 저류 시설(on-site형)

지역내 저류는 강우의 이동을 최소한으로 억제하고, 비가 내린 그 지역에서 우수를 저류하는 방식으로 토지의 이용계획에서 녹지나 시설물 등에 내린 비를 저류하는 기능을 포함한다. 지역내 저류 시설로는 건물간 주차장, 교정, 공원 및 지붕 저류 등을 들 수 있다. 일반적으로 지역내에 있는 시설로 부지면적이 좁은 건물 주변에 여기저기 산재되어 있어 여유가 없고, 호우 유출 억제를 위한 시설 도입이 곤란한 경우, 가능한 범위 내에서 토지를 개량하여 침투능력을 높이거나, 여유가 있는 토지의 부분은 가능한 범위에서 쇄석포장으로 하고, 침투통 등을 이용하여 우수를 지중에 침투시키는 방법을 사용한다.

<표 4-15> 저류방식의 비교

구분	종류	장소	이용방법	활용방법 및 시설	기술적 신뢰성	유지관리	안전관리	시설비
지역 외 저류	전용 조정지		-단일기능					
	겸용 조정지	지하저류	-상부공간 이용	-주차장 -공원	-사례 있음 -문제 작음	-퇴적물의 제거방법이 곤란	-강우시 안전확인 -수위경보 장치설치 -안전책 설치	-지가가 높은 장소는 비용 높음
		다단저류	-저면이용	-광장 -운동공원	-실시사례 증가	-홍수후 청소 -퇴사제거	-감시필요 -안전관리 체계 필요	-조정지와 동일
		지면상 저류	-경관이용 -친수성 기능 -물이용	-연못 -수생태계 조성	-수질유지 문제 -실적 있음	-수질관리 -퇴사제거 -홍수후 청소		-안전시설비 -수경비용
지역 내 저류	지역내 저류	옥상저류			-누수 및 내구성문제 -국외사례 있음	-정기점검		-방수비 -유량제어 시설
		주차장 저류				-면지제거		-강우저류용 측구 등
		건물간 저류	-식생이용	-녹지 -이용상 제한 작음	-사례 있음	-면지제거	-수심은 30cm정도	

자료: 한국토지공사, 환경친화적 단지계획기법, 1996

② 우수침투

일본은 우수침투기법을 크게 확수법과 정호법으로 구분하고 있다.

a. 확수법

지표의 불포화층의 얇은 위치에서 우수를 침투·확산시켜 지표면 유출을 억제하거나 저류에 의하여 유출시간을 지연시키고자 하는 방법으로 침투측구, 침투통, 투수성 포장 및 침투 트렌치로 세분된다.

• 저지수로

지붕에서 흘러내린 빗물은 침투형 시설물이 설치된 우수관거로 유입하기 전에 풀이 난, 저지수로를 흘러 저류 효과와 침투 및 수질 개선 효과를 도모한다. 식생을 이용한 생물정화작용이 가능하다.

- 침투측구

측구저면을 쇠석으로 충전하여 집수한 우수를 그 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통해 분산시키는 시설이다.

- 침투통

침투통은 통의 저면에 모래, 쇠석을 충전하여 채운 구조를 말한다. 집수한 통 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통하여 분산 침투시키는 시설이다. 상부구조는 택지형, U형 및 도로암거형 등이 있으며 상부는 뚜껑 및 덮개를 설치한다.

- 침투 트렌치

주로 건물 주변의 녹지, 광장 등에 침투통과 조합하여 설치하고 있다. 굴입한 도랑에 쇠석을 충전하고 침투통과 연결되는 침투관을 설치해서 우수를 도입, 쇠석의 측면 및 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통과해 지중으로 분산시키는 시설이다.

- 투수성 포장

포장된 곳을 통과해 우수를 직접 도로로 침투시켜, 지중에 분산침투하는 기능을 가지며, 보도 및 자동차 통행이 적은 접근로, 주차장 등에 이용하고, 표층, 노반의 공극은 설계저류량으로 할 수 있다.

b. 정호법

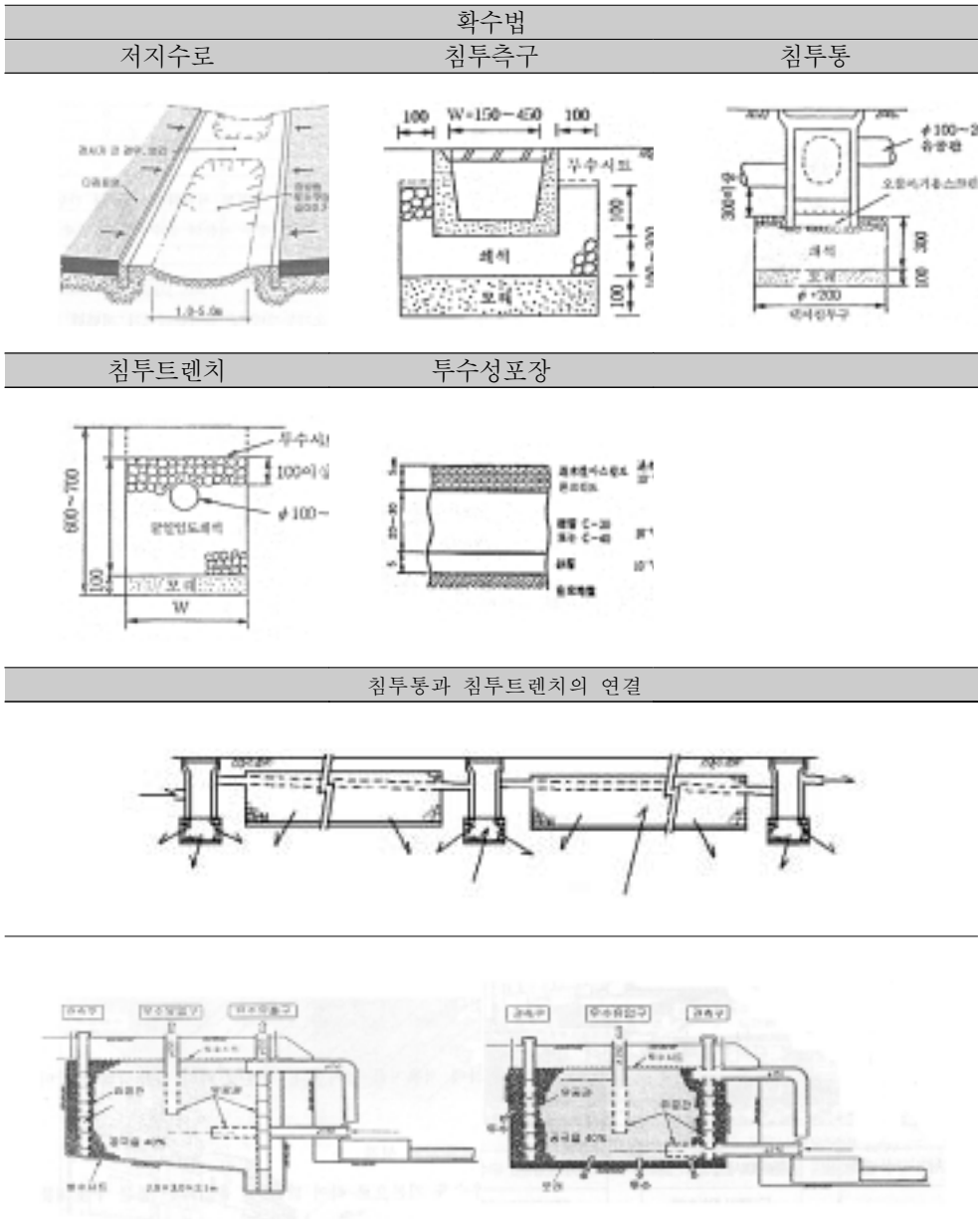
우물법에 의한 시설에는 건식우물법과 습식우물법이 있는데, 우물내에 지하수가 있는 경우를 습식우물법, 지하수가 없는 경우를 건식우물법이라고 한다. 우물법은 지하수위가 낮은 장소에 적합한 방법으로 주입수에 포함된 부유물질에 의해 우물 내부의 막힘에 대한 문제점을 가지고 있다. 따라서 어떤 우물이라도 비가 그친 후 1주일에서 1개월 사이에 한번은 우물을 건조시켜 막힘의 문제가 되는 퇴적물을 제거하여야 한다.

c. 쇠석공극 저류법

쇠석공극 저류는 쇠석 등의 공극을 우수의 저류공간으로 이용하는 저류 효과와 침투 효과를 동시에 가지는 방법이다. 쇠석공극 저류는 땅 속에 쇠석구(트렌치), 쇠석조를 설치하여 쇠석간의 공극에 우수를 유입시키고 그 상부는 녹지나 운동장으로 이용하는 것이다. 이와 같은 쇠석공극 저류에 필요한 경비는 다른 저류 시설, 침투 시설과 비교해서 일반적으로 저렴하며, 시설 계획 규모의 융통성이 크다.

최근에 들어서는 저류 시설, 침투 시설 각각에 대한 유출 억제 효과보다는 서로의 장단점을 살려 이들 시설을 조합시킴으로써 보다 많은 우수량의 유출을 억제하고 있다.

<표 4-16> 우수침투법의 구성



(그림 4.15) 쇠석공극저류법

4.2.2. 생물학적 하수정화처리

생물정화기술이란 환경에 오염된 여러 종류의 유기·무기화합물을 생물을 이용하여 저감시키는 방법을 일컫는다. 식물을 이용한 자연정화법은 비용부담이 큰 종래의 기계식 처리방법의 대안으로서 시설과 유지관리면에서 경제적인 장점을 가지며, 자연생태계를 그대로 이용함으로써 생태계의 비오톱을 형성하고 지역주민의 휴식공간을 창출할 수 있는 기법이다.

1) 수생식물의 수처리 기작³⁰⁾

수생식물을 이용하는 수처리에서 수생식물의 역할은 다음과 같고, <표 4-11>은 식생에 의한 수처리 기작을 성분별로 정리한 것이다.

- 직접적으로 오염물질을 흡수한다.
- 미생물이 부착할 수 있는 매체를 제공한다.
- 대기로부터 수중으로 산소수송을 위한 통로를 제공하므로 뿌리에 부착된 호기성 미생물의 활동을 촉진시키고 용존산소를 증가시킨다.
- 영양물질과 광선에 대해 조류와 경쟁효과를 가지므로 조류성장을 억제한다.

<표 4-17> 식생지대에서 일어나는 수중 성분의 포획 변환 기작

성분	식생지대의 오염물질 포획 및 변환 기작
부유물질	침적/여과
산소소모물질	미생물분해, 침적
병원균	침적/여과, 자연사멸, 식물에 의한 항생물질 분비
질소	질산화작용, 탈질작용, 식물과 미생물 흡수, 암모니아 휘산
인	침적, 토양흡착, 식물과 미생물 흡수

자료: 이도원, 식생을 이용한 수질 관리, 한국수자원학회지, 1999.9

2) 수생식물을 이용한 수처리 기법

식물을 이용한 수질정화기법은 적용형태에 따라서 연못시스템(pond system), 인공습지(constructed wetlands), 연못-습지 시스템(pond-wetland system)으로 구분한다.³¹⁾

30) 안윤주, 생이가래를 이용한 수질오염물질 제거방안 연구, 서울대 석사학위논문, 1993

31) 양홍모, 수자원보전을 위한 점원 및 비점원 오염물의 자연생태적 친환경적 처리 인공습지 및 연못-습지 시스템, 한국수자원학회지, 1999.9

① 연못시스템

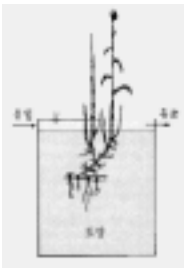
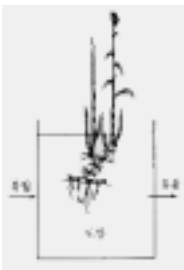
연못시스템은 자연상태에서 태양에너지와 생태계의 작용에 의해 각종 하·폐수를 효율적이고 경제적으로 처리할 수 있는 기법으로, 여러 종류의 연못이 직렬형 또는 병렬형으로 구성된다.

연못시스템 설계에서 중심적 역할을 하는 연못은 조건성 연못(facultative pond)이다. 수심 1.5-2.5m의 조건성 연못은 햇빛이 비치면 태양열로 온난하고 밀도가 낮은 상층과, 차갑고 밀도가 높은 하층으로 구분된다. 하층은 혐기성 상태가 되어 혐기성 박테리아 활동으로 침전된 유기물이 분해되어 메탄과 이산화탄소로 분해된다. 상층에서는 호기성 미생물에 의해 유기물이 이산화탄소, 물, 영양분으로 분해된다. 햇빛이 쏘이면 조류(algae)가 이산화탄소와 영양염류를 흡수하여 성장하면서 산소를 배출한다.

② 인공습지

수질정화 인공습지는 수문학적 특성에 따라 자유수면 시스템(surface flow system), 토양여과 시스템(subsurface flow system), 부유식물 시스템(floating aquatic plant system)으로 크게 분류한다. <표 4-12>는 자유수면시스템과 토양여과 시스템의 특징을 설명한다.

<표 4-18> 흐름방식에 따른 구분

<p>자 유 수 면 시 스 템</p>		<ul style="list-style-type: none"> · 유입수가 저류하는 장소(basin), 유입수가 흐르는 수로(channel), 유입수의 침출을 막는 제방으로 이루어진다. · 정수식물이 자라는 수심 0.2-0.6m 정도의 식재구간(closed water)과 수심이 다소 깊어 정수식물이 자라지 않는 1-1.2m 개방구간(open water)으로 설계한다. · BOD₅ 부하량에 따라 2-3개 습지를 직렬 또는 병렬로 구성한다. · 배수를 토양표층에 유입시켜서 토양 및 수생식물과 접촉하는 과정에서 침전이나 생물막에 의한 분해를 통해 수질을 정화하며, 처리수는 토양표층에서 배출된다.
<p>토 양 여 과 시 스 템</p>		<ul style="list-style-type: none"> · 배수를 수생식물의 뿌리가 있는 토양내부에 유입시켜서 토양이나 뿌리부분에서 여과나 흡착 등의 물리·화학적 과정과 뿌리에 부착된 미생물에 의한 분해를 통해서 수질을 정화하며, 처리수는 토양 하부에서 배출된다. · 토양여과 시스템은 지면이 물에 잠기지 않으며 땅속에 트렌치나 바닥을 설치하여 자갈이나 굵은 모래 속으로 유입수가 침투되어 정화되며 표토에 습지식물을 심는다.

유럽에서 가장 흔하게 이용되는 습지식물은 갈대이며, 갈대와 더불어 골풀, 만나풀, 붓꽃 등도 이용된다. 미국에서는 매자기와 부들이 가장 흔하게 이용된다. 현재 이용되고 있는 수생식물은 부수식물, 정수식물, 침수식물의 3가지 종류로 분류할 수 있다.³²⁾ 연못 또는 습지에서 수처리기작에 의해 식물이나 미생물에 의해서 흡수된 영양소는 먹이사슬을 통해 상위생태계로 연결되어 긴 순환과정을 거쳐 육상생태계에 의해 재이용하게 된다. <표 4-14>는 수질정화효과가 가져오는 먹이사슬에 의한 순환을 보여준다.

<표 4-19> 수질정화효과의 생태계 순환

기대효과
물고기: 물리적 운동으로 산화 반응 조성
식물: 인 흡수→초식먹이사슬
미생물: 인 흡수→용존유기물→미생물 먹이사슬
퇴적도: 인 흡수→식물흡수→먹이사슬→새
장구벌레 등의 포식으로 해충 방제
애벌레 우화에 의한 육지로 이동

자료: 이도원, 식생을 이용한 수질 관리, 한국수자원학회지, 1999.9

4.3. 자연친화

물은 수목과 함께 자연과 인간을 연결시켜주는 중요한 매개체로서 경관을 조성하고 생명의 근원과 영양소가 되기도 한다. 또한 물은 인간의 생활환경에서 중요한 요소이며 특히 정서적인 측면에서도 큰 역할을 담당하고 있다. 그러므로 자연 특성을 활용한 물의 연출은 단지내에 인간과 물을 가깝게 해주는 수공간을 창조할 수 있으며, 이것을 조성하는 방식들은 생태학적 순환의 원리에서 찾아야 한다.

4.3.1. 비오톱 조성

비오톱(독: Biotop, 영: Biotope)은 여러 종의 생물들이 하나의 공동체로서 서식할 수 있는 서식공간의 최소단위의 개념으로써 숲, 하천, 연못, 가로수, 정원 등 다양한 규모와 질의 생물서식공간이 비오톱의 개념에 포함될 수 있다.

32) 안윤주, 생이가래를 이용한 수질오염물질 제거방안 연구, 서울대 석사학위논문, 1993

1) 비오톱의 기능

점점 자연성을 잃어가고 황폐화되어가는 도시지역에서 비오톱은 다음과 같은 기능을 한다.

- 도시생물종의 휴식처, 분산(확산), 이동통로로서의 기능
- 도시가 얼마나 친근감을 느낄 수 있는 공간인가 판별하는 근거로서의 기능
- 도시민의 휴식 및 레크레이션을 위한 공간으로서의 기능
- 어린이를 위한 비공식적 놀이공간으로서의 기능
- 환경교육을 위한 실험지역으로서의 기능
- 도시생태계 연구를 위한 공간으로서의 기능
- 도시의 환경변화 및 오염의 지표로서의 기능
- 도시환경보호 및 환경 보전성(수질, 기후, 대기질, 소음)의 유지를 위한 기능

2) 비오톱의 조성

비오톱은 면적인 요소인 핵과 거점, 점적인 요소인 점, 선적인 요소인 생태통로로 구성된다. 주거단지내 조성가능한 물관련 비오톱은 연못, Birth Bath, 음수대 등으로 주로 점적인 성분으로 조성되며 단지 주변의 비오톱과 연결하여 네트워크 하는 것이 중요하다.

① 연못조성

연못은 다양한 수생생물이 공존하는 비오톱을 형성하여 그 자체가 하나의 완벽한 생태계로 생태학적인 가치를 지니며 생물이 살아가는 모습을 학습하고 경험할 수 있는 자연학습공간으로 활용된다. 연못의 깊이, 가장자리, 형태 식재 등을 서식동물에 맞추어 설계하여야 하며, 겨울철 수중생태계의 보호 등의 유지관리 방법도 고려되어야 한다.

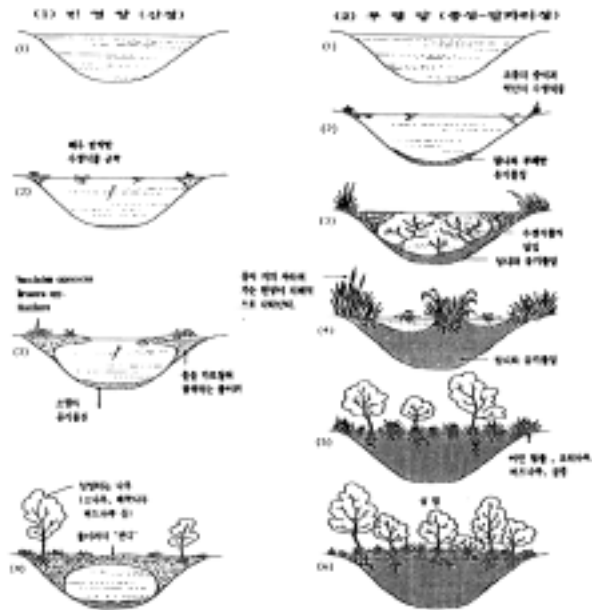
② 연못의 천이

연못은 항상 깨끗한 물을 공급받기는 어려우므로 결국 영양염류의 증가로 인해 연못이 정체되면서 수생식물은 죽게되고 식생은 (그림 4.11)과 같은 천이과정을 따르게 된다. 특히 부영양화의 주원인인 조류의 번식은 물의 맛과 냄새를 유발할 뿐 아니라 심미감을 저해하고 상수처리시 처리비용의 상승을 초래한다.³³⁾

그러나 담수생태계의 한 요소(어류, 고등식물, 박테리아)를 이용한 생물학적 조작

33) 백영철, 우리나라 인공호수의 물리적 환경요인이 부영양화에 미치는 영향에 관한 연구, 서울대 환경대학원 석사학위 논문, 1991

을 포함한 생물학적 방법은 생태적 접근방법에서 선호되는 운영방법이다. 이것은 직접적인 유기체 조작이나 특정군집을 확산시키기 위해 서식처를 만들어주는 것을 포함하며 다양한 호수나 연못의 제반 문제를 해결하는데 있어서 효과적인 방법임에 틀림없다고 한다.³⁴⁾



(그림 4.18) 연못의 천이과정

<표 4-20> 호수의 제문제 해결에 있어서 생물학적 방법

방법	처리결과
어류	곤충, 조류와 잡초의 증가억제 및 생태적 작용 향상
식물	서식처 제공과 미적향상 및 조류 조절
미생물	유기물질과 산소소비량을 감소시킨다.
서식처의 조정 및 개선	필요한 종(種)을 장려한다.

③ 연못주변지역

a. 자연초지 : 습한 곳에 잘 자라는 야생초지를 조성한다. 특히 갈대밭은 개개비, 해오라기, 덩불해오라기 등의 좋은 서식처가 된다.

b. 모래언덕 : 모래언덕은 우기시 또는 기타 다른 이유로 연못내 오염물질이 흘러오는 것을 막는 ‘걸르는 채’의 역할을 하며 마른 곳을 선호하는 황로와 빠꾸기, 딱새, 멧새 등 야생조류의 서식지가 된다.

34) Stephen Birch, How to cope with a problem lake, Landscape Design, 1992

c. 진흙위 초지 : 배수가 불량하거나 물이 많이 고이는 곳에 위치하며 진흙속에 사는 벌레는 조류의 좋은 먹이가 된다.

d. 자갈로 수변이 처리된 곳 : 오염물질이 연못내로 흘러들어 오는 것을 막고 사람의 접근을 용이하게 한다.

④ 연못 생물

a. 호수부

상시 물에 잠겨있는 부분으로 갈수위때의 호안선에 의해 육지와 경계지워진다. 일반적으로 수서생물의 먹이사슬에 의한 분류는 조류와 수생종자식물로 일어지는 생산자, 연체동물, 수생곤충, 갑각류, 어류 등으로 구성되는 소비자, 갑각류, 균류 등의 분해자로 구분되며, 다시 이들을 생활형태에 따라 다음과 같이 분류한다.

· 저서(底捷)생물(Benthos) : 물바닥에서 생활하는 생물로 민물조개, 달팽이, 다슬기 등이 있다.

· 부착생물(Periphyton) : 물바닥의 돌출부에 붙어 사는 생물로 대부분의 수서(水捷)식물이 여기에 포함된다.

· 플랑크톤 : 수류에 따라 부유하는 생물로 모든 민물 플랑크톤은 통칭한다.

· 유영동물(Nekton) : 물고기, 양서류, 수서(水捷)곤충 등 유영능력이 있는 동물을 말한다.

· 부유생물(Neuston) : 수면위에 사는 생물로 불배암이, 소금쟁이 등의 곤충과 개구리밥 등의 식물이 있다.

이상과 같은 생활형태에 의한 분류는 각자의 생태적 특성, 몸체구조상의 차이, 생활방식의 차이 등에 기인한 것으로, 종이 다름으로 나타나는 원초적인 차이에 의한 분류이다. 이 생물들은 생활에 적합한 환경조건을 갖춘 장소에서 서식하며, 이 서식장소는 여러 가지 환경요소에 의해 결정된다.

b. 전이지대

호수의 갈수위와 만수위의 차이에 의해 생기는 지대로 경관적으로 인공호가 지니는 특이한 대를 형성하는 곳이다. 이곳에 분포하는 생물상의 특성은 수생식물과 습지식물이 혼재하여 나타나는 것이다. 따라서 수생식물은 표상식생대의 특성을 육상부의 식물상은 습지식물의 특성을 갖는다.

c. 습지대(Wetland)

기존의 토양상태에서 인공호가 조성됨에 따라 지하수위가 높게 변하여 습지로 변하는 지대로 이 지대에 나타나는 식물상은 초본류가 주종을 이루며 목본류로는 관목이나 천근성 교목이 자란다.

⑤ 야생동물 보호

a. 포유류는 종이 극히 빈약하므로 발견되는 극소수의 야생동물들을 각각 면밀히 관찰하여 각 종에 맞는 서식환경을 만들어 주어야 한다. 도롱뇽은 4월 상순에서 5월 하순에 논이나 고인물의 물속에 있는 물풀의 뿌리나 나무껍질에 산란하므로 수변을 보호해야 한다.

b. 조류를 위해서 먹이가 부족한 겨울철을 위해 종자식물을 식재하도록하며 보식할 종자나무로는 팔배나무, 단풍나무, 아그배나무, 때죽나무, 산벚나무 등 교목과 산초나무, 국수나무, 싸리나무, 딱총나무, 가막살나무, 노박덩굴, 쫄레 등 관목 내지 덩굴식물을 들 수 있다.

c. 어류 및 양서·파충류는 상당수가 물과 관련이 깊으므로 수질을 개선하고 수생식물을 다양하게 해야한다. 또한 양서·파충류는 연못근처의 육지와 물풀 등에 알을 산란하므로 연못과 그 주변을 선택적으로 이용해야 할 것이다.

d. 곤충류는 다른 야생동물의 주요 먹이가 되므로 곤충의 종이 감소하면 먹이사슬이 끊겨 다른 종의 감소사태까지 유발된다. 따라서 채집의 장소를 한정하고 채집시기와 채집 곤충의 종도 규정한다.

<표 4-21> 수생식물

극명	학명	생활형	화색, 개화기
개구리밥	<i>Spirodera polyrhiza</i>	부유성, 다년생	백색, 7-8월
나사말	<i>Vallisneria gigantea</i>	침수성, 다년생	8-9월
넓은잎말	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	침수성, 다년생	6-9월
달뿌리풀	<i>Phragmites prostrata</i>	정수성, 다년생	자주색, 9월
대가래	<i>Potamogeton malaianus</i>	침수성, 다년생	7-9월
말	<i>Potamogeton oxyphyllus</i>	침수성, 다년생	5-6월
물질경이	<i>Ottelia alismoides</i>	침수성, 일년생	8-9월
보풀	<i>Sagittaria aginashi</i>	정수성, 다년생	백색, 자주색, 7-9월
부들	<i>Typha orientalis</i>	정수성, 다년생	적갈색, 7월
붕어마름	<i>Ceratophyllum demersum</i>	부엽성, 일년생	7-9월
새우가래	<i>Potamogeton maackianus</i>	부엽성, 다년생	7-8월
연	<i>Nelumbo nucifera</i>	부유성, 다년생	연한홍색 또는 백색, 7-8월
왜개연꽃	<i>Nupha pumilum</i>	부엽성, 다년생	황색, 7-9월
자라풀	<i>Hydrocharis asiatica</i>	부엽성, 다년생	백색, 8-9월
줄	<i>Zizania caduciflora</i>	정수성, 다년생	연한 황록색, 8월
텍사	<i>Alisma canaliculatum</i>	부엽성, 다년생	백색, 7월

자료: 양순옥, 일산 호수공원 조경설계, 서울대 석사학위논문, 1993, p.57

4.3.2. 친수공간 조성

사이먼즈(Simonds)에 의하면 자연적 및 인공적 경관을 각각 인위적으로 변화, 변경시킬 수 없는 주요소와 어느정도 변화 가능한 2차적인 요소로 분류하였는데, 수경구성요소 중에는 해안·호수·강 등이 주요소에 속하고, 흔히 수공간이라고 일컫는 연못·유수·폭포·분수·수반 등의 인공물이 미시적 인공적 요소에 포함된다. 본 연구에서는 단지내 수공간 요소를 후자의 인공적 요소로 한정한다.

1) 친수공간의 기능

친수공간의 기능은 수공간을 하나의 풍경으로 보는 것으로 인간과의 상호조화와 더불어 단지 자체의 질적 향상과 더불어 지역의 특징이나 상징성을 부여한다. 조성된 친수공간은 주민의 휴식공간으로 사용되어 어린이 놀이공간, 지역사회의 공간 역할을 한다.

<표 4-22> 친수공간의 기능

구분	기능
심리적 만족	물과 주변의 생물에 접촉하는 충족감
레크리에이션	낚시, 물놀이
공원	주민의 휴식, 커뮤니티케이션 공간
에고로손	공기 물 정화, 생물 서식
기후조정	물, 공기에 의한 기후조정
공간향상	빛, 공기의 통로, 소음의 흡수, 방재
경관창출	수변미관형성, 예술의 장 형성

자료: 박성영, 물환경을 고려한 단지계획, 토지개발기술, 1995.여름호

2) 친수공간의 조성

① 수공간의 기본형 및 조합

수공간의 기본형은 정적인 평정수와 동적인 유수, 낙수, 분수 등 네가지로 분류할 수 있다.

a. 평정수(平靜水)

평정수는 정적인 수공간으로 물이 흐르지 않고 담겨져 있는 ‘고임’의 형태로 표현된다. 다른 형태의 수공간에 비해 접근 허용성이 높다. 연못이 대표적이다.

b. 유수(流水)

수로를 따라 흐르는 물을 말하며, 이는 ‘흐름’의 한 형태로 공간에 방향성과 유동성, 생동감을 준다. 유수의 흐름과 성격은 물의 양과 경사도, 수로의 크기, 수로바닥과 벽면의 재료 등에 따라 다르다. 종류로는 실개천, 운하, 하천 등이 있다.

c. 낙수(落水)

수로의 높이차에 의해 물이 하강하는 ‘떨어짐’의 형태로 벽천이나 Cascade(작은 폭포), Chadar(좁고 경사지게 흐르는 물), Water staircase(물계단), Chute(레벨차에 의해 이동하는 물) 등이 있다.

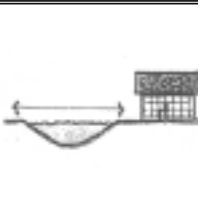

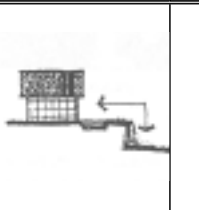
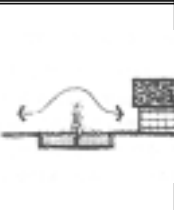
d. 분수(噴水)

분수는 중력에 대항하여 물을 뿜어올림으로써 만들어지는 ‘솟아오름’의 형태로 가장 드라마틱한 표현방법이며 낙수와 평정수의 형태가 조합을 이루어 나타난다.

e. 기본형의 조합

평정수, 유수, 낙수, 분수 등의 4가지 기본형을 단독으로 사용하는 예는 드물고 대부분 이중 몇가지를 선택·조합하여 사용한다.

<표 4-23> 수공간의 기본구성 형태 및 특성

	평정수	유수	낙수	분수
존재 형태				
방향 구성 형태	수평적 면	수평적(경사) 면·선	수직적(경사) 면·선·점·입체	수직적(경사) 선·점·입체
표현	한적·파문 반영·반사 투명·수평	물소리·약동감·흐름(세월)·부서짐·매끄러움·소용돌이	굉음·포말(布襪)·역동성·스크린·반사	조각적형태·포말·분출·물소리·생명감
구성 요소	수변의 형태·재료·수면적·깊이·청정도·수변의 굴곡·주위배경	호안의 형태·유속·유량·유로폭·유로깊이·경사·하상형태	낙차·유량·유속·물줄기수·낙수구형태·배경재료·웅덩이형태	분사기형태·조합·수(數)·수압·수량·수반형태·타기분형과의 조합
종류	직선지·곡선지 인공적형태·자연적형태 무도(無島)형·중도(中島)형	동적흐름·정적흐름 곡선·직선류 자연·인공류 분류·합류	선낙(線落)·포낙(布落)·단낙(段落)·골낙(滑落)·전낙(傳落)·이낙(離落)·우낙(雨落)·벽낙(壁落)·측낙(側落)·일향낙(一向落)	직선분사·공기분사·분무분사·형상분사·실용적분수·관상용분수

자료: 이광배, 건축환경에서의 수공간 계획기법에 관한 연구, 고려대 석사학위논문, 1985

② 수공간의 구조

a. 급배수장치

급배수장치는 펌프, 여과장치, 흡입구, 배출구로 구성되며, 이 장치는 가급적 눈에 띄지 않게 배치하는 것이 좋다.

· 펌프 : 설치형태에 따라 잠수(潛水)펌프와 원격(遠隔)펌프가 있다. 잠수펌프는 물속에 인입하여 작동하며 작은 동력을 요하는 분수에 많이 이용되고, 원격펌프는 일반적으로 많이 보는 양수기의 형태로서, 원심력펌프와 수직펌프로 구분된다. 원심력펌프는 비교적 큰 수장치에 많이 사용되고 수면에 소용돌이가 일어나기 쉬우며, 수직펌프는 거대한 수장치에 사용되고 흡수구 위의 수면에 나타나기 쉬운 소용돌이를 방지하는데 효과적이다.

· 여과장치 : 흡입구와 배수구의 여과장치, 수면의 부유하는 오염물을 제거하기 위한 표면배수 여과장치, 그리고 바닥에 가라앉은 찌꺼기를 제거하기 위해, Pool 바닥 가장 깊은 곳에 설치되는 흡입여과장치로 구성된다. 수공간에서 통상 사용하는 여과기의 종류는 규조토여과기와 모래여과기가 있다.

b. 분사장치 : 분수는 분사기의 배치형태 · 형상 · 수압 등에 따라 다양한 수공간으로 표현되며 종류로는 직선분사기(Smooth-bore), 공기분사기(Aerated-jet), 분무분사기(Spray-jet), 형상분사기(Formed nozzles)의 4가지가 있다.

c. 수반

수반은 수공간에서 분수 등과 조합될 때 안정감을 주는 요소로 바닥과 테두리로 구성되고, 광장 등에서 물을 공간적으로 높이거나 낙수를 조성할 수 있으며 광장의 조형적 점경(點景)으로 삼을 수 있다.

· 바닥 : 수반 바닥은 타일 등으로 구성하여 물속의 벽화가 될 수 있으며 그 색상에 따라 수공간의 깊이감이 달라지는 등 다양하게 표현될 수 있다.

· 낙수구 : 낙수의 형태는 유량 · 유속 · 낙수구의 형태 및 재질 · 물 흐름의 길이 등에 따라 변화된다.

d. 조명장치 : 수공간은 조명효과에 의해 전혀 새로운 모습을 보일 수 있다. 종류로는 수중조명장치와 외부조명장치가 있으며 외부조명장치는 주로 반사의 효과를 보여주며, 수경 전체를 조명하는데 이용하기도 한다. 수중조명장치는 물속에 설치되어 물의 일부를 부드럽게 만들면서 강조한다.

e. 기타 : 수장치의 원활한 작동과 특수효과를 위해 다음의 몇가지 요소들을 사용하기도 한다. 적정 수위를 유지하기 위한 수위감지기, 조명 · 분사높이 · 분사각도 등을 자동으로 변화 · 조절하는 특수조절장치, 수초의 성장을 억제하거나 pH 조절을 위한 화학물질 등이 사용되고, 겨울철 수공간에 가열기의 작동도 고려할 수 있다. 그러나 경제적 · 기능적 문제가 많아 에틸렌글리콜과 같은 화학물질로 동결을 억제하는 방법이 많이 이용되고 있으나 사람이나 생물에는 해롭다.

제 5 장 환경친화적 수공간 계획모델 설정

5.1. 환경친화적 수공간 조성 기법의 체계 및 결합

5.1.1. 환경친화적 수공간 조성 기법 시스템

1) 우수이용 시스템

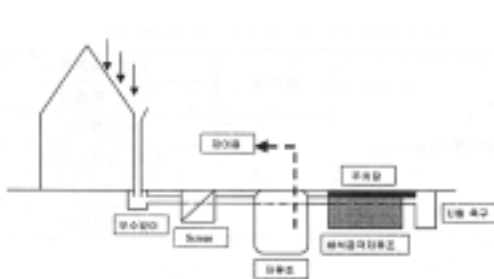
단지내 우수이용 시스템은 소규모의 주호단위와 비교적 중규모의 주동단위로 구분된다.

① 주호단위

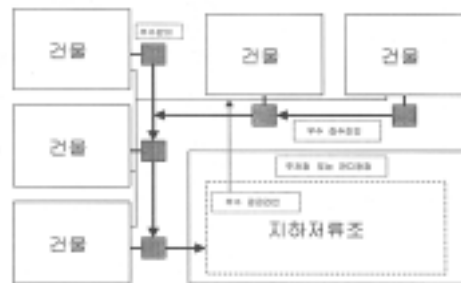
주호단위의 우수이용 시스템은 (그림 5.1)과 같이 옥상이나 지붕에 떨어진 빗물을 저류조에 모은후 펌프를 이용하여 세정용수나 살수용수로 이용하는 것으로 시스템 구성은 비교적 단순하다.

② 주동단위

주동단위의 우수이용 시스템은 중규모의 시설로서 우수분리 및 저류시스템의 흐름도는 (그림 5.2)와 같다. 옥상, 주차장, 녹지 등에 떨어진 빗물은 배관이나 분리시설을 통해 일부는 지하로 침투되고 일부는 지하에 조성된 저류조에 모아진 후 재이용되는 시스템으로서 다소 복잡한 구성이다.



(그림 5.23) 주호단위의 우수이용 시스템



(그림 5.24) 주동단위의 우수이용 시스템

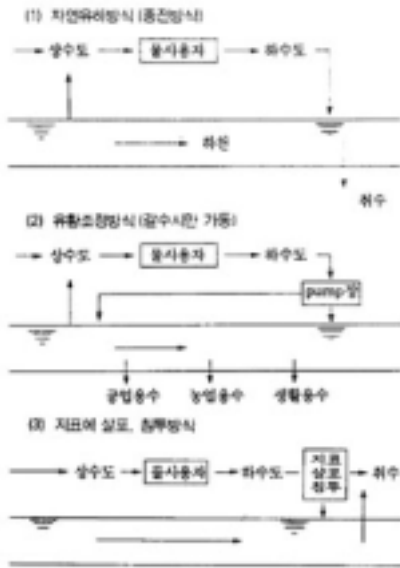
2) 중수이용 시스템

중수이용 시스템은 순환방식에 따라 개방순환방식과 폐쇄순환방식으로 구분하며, 폐쇄순환방식은 규모에 따라 개별순환방식, 지구순환방식, 광역순환방식으로 분류된다.

① 순환방식에 따른 구분

a. 개방순환방식 : 개방순환방식은 하수를 처리하여 하천 등에 방류한 후 하류에서 취수하여 재이용하거나 하수처리수를 지표에 살포 혹은 침투시킨 후 지하수를 사용하거나 또는 하천에 방출한 후에 재이용하는 방식이다.

b. 폐쇄순환방식 : 폐쇄순환방식은 직접적 이용방식이라고도 말하고 있으며 이것은 하수처리수를 그 자체로 직접 중수로서 이용하거나 혹은 한 단계 더 처리(고도처리)하여 재이용하는 방식이다. 이것은 사업주체 및 규모에 의해 개별순환방식, 지구순환방식, 광역순환방식 등으로 분류될 수 있다.



(그림 5.25) 개방순환방식



(그림 5.26) 폐쇄순환방식

② 이용범위에 따른 구분

a. 개별순환방식 : 개별순환방식이란 사무소, 빌딩 등에 있어 그 건물에서 발생하는 배수를 자가처리하여 빌딩내에서 다시 이용하는 것을 의미한다.

b. 지역순환방식 : 지역순환방식이란 비교적 한 곳에 집중되어 있는 좁은 지구, 즉 대규모 주택단지와 시가지 재개발지구 등에 있어서 사업자와 건축물 등의 소유자가 공동으로 중수도를 운영하고 해당 건축물 등에 있어서 중수도의 수요에 따라 급수하는 방식을 말한다.

c. 광역순환방식 : 광역순환방식이란 일정지역내에서 해당 지역내의 빌딩과 주택 등 일반적인 중수의 수요에 따라 중수도로부터 광역적, 대규모적으로 공급하는 방식을 말한다.

3) 우수유출제어

효과적인 우수유출의 제어를 위해서는 단지의 규모, 지형, 토양 침투력 등의 조건에 적합한 침투 및 저류 공법의 연결 시스템이 필요하다.

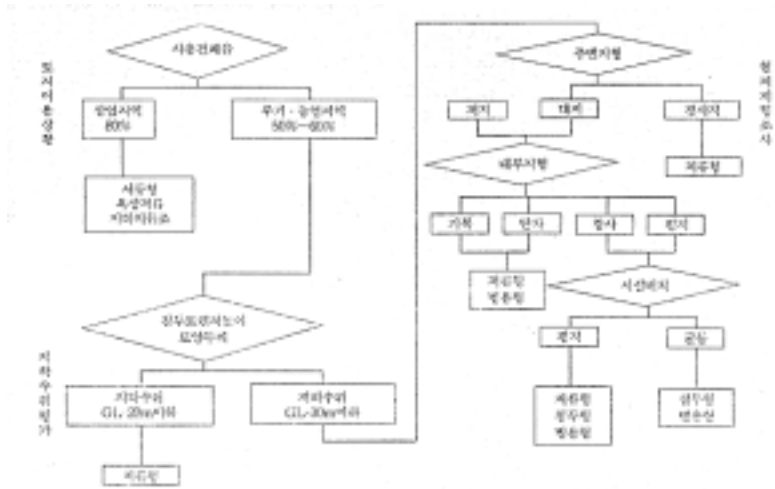
우수저류시설은 침투홍수량을 저감시킬 수는 있지만, 총유출량을 감소시키는 기능은 매우 적고 넓은 유역면적을 필요로 한다. 반면 우수침투시설은 토지의 침투 능력에 따라 지하로 침투시켜 우수의 다목적 이용이 가능하게 된다. 이러한 저류형과 침투형의 특성을 살려 조합시킴으로서 보다 많은 우수량의 유출을 제어하고 우수를 효과적으로 이용할 수 있다. <표 5-1>은 유출억제시설의 설치형태를 나타내고 있다.

<표 5-24> 우수유출억제시설의 설치형태

형태	설치방법	비고	총저류량의 고려방법
I	침투시설 단독	각 집수구역마다 침투시설을 설치하고, 침투시설로부터의 유출수를 하수관거에 의해 집수구역외로 방출	침투시설내의 저류량
II	침투시설 단독	하수관거로부터 공원내 등에 나누어 설치된 침투시설에 인도하여 처리	
III	침투시설 + 지역내 저류	침투시설로부터 월류되는 물을 지역내 저류시설에 저류하고, 재침투시설로 침투처리	지역내 저류시설의 저류량과 침투시설내의 저류량을 합한다.
IV	지역내 저류 + 침투시설	지역내 저류시설로 우수를 조절하고 침투시설로 처리	지역내 저류시설의 저류량과 침투시설내의 저류량을 합할 수 없다.
V	침투시설 + 유역출구 조정지	침투시설로부터의 유출수를 유역출구에 설치된 조정지로 조정	침투시설로부터의 방출량이 유역출구 조정지의 유입량이 된다.

참고: 조원철, 서울특별시 호우유출 저감시설 시험사업, 한국수자원학회지, 1999.7

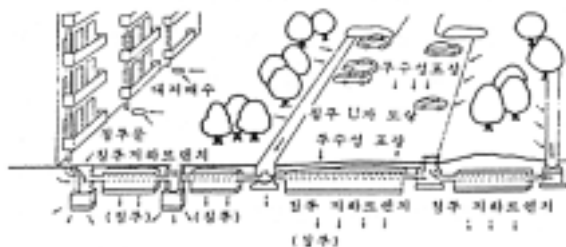
이러한 침투형, 저류형, 또는 혼합형 중에서 (그림 5.5)의 단지성격에 따른 시설 선정 흐름도에 따라 적절한 시스템을 선정한다. (그림 5.6)은 선정된 시설 체계도의 한 예이며, 이 시스템을 단지에 도입하면 (그림 5.7)과 같이 계획될 수 있다.



(그림 5.27) 우수유출억제 시설 선정 흐름도



(그림 5.28) 우수유출제어 시설 체계도



(그림 5.29) 주거단지 우수유출억제 시스템 적용

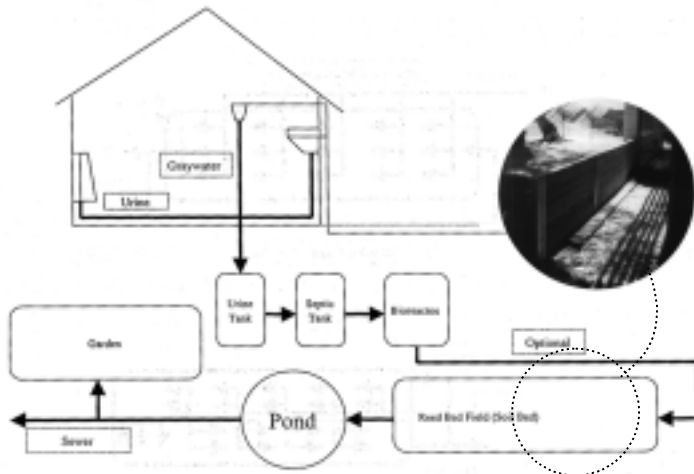
4) 생물정화시스템

식물을 이용한 생물정화법은 크게 수로식과 연못식으로 구분된다. 수로식은 흐름방식, 집수방식 등에 따라 약간의 차이점을 가지며, 연못식은 정형화된 구조는 없고 기본적으로 갖추어야 될 기본조건(수심, 체류시간 등)을 만족하는 경우는 다양한 형태를 가질 수 있다. 오염된 물을 현장에서 정화하기 때문에, 오염된 물이 하수관으로 바로 방출되는 일반 시스템과는 물순환적 측면에서 차이가 있다. (그림 5.8)은 생물정화시스템의 도입으로 인해 달라지는 물의 순환 체계를 보여준다.



(그림 5.30) 생물학적 처리에 의한 물의 재순환 체계도

생물정화시스템은 유입원수의 특성에 따라 시스템 구성이 달라지게 된다. (그림 5.9)는 Reed Bed를 적용한 생물정화시스템의 기본형이다.

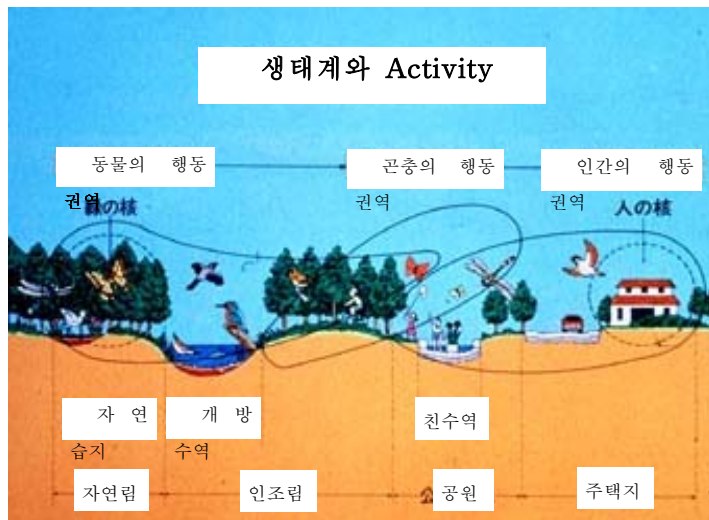


(그림 5.9) 생물정화시스템의 기본형

자료: 한국건설기술연구원, 그린타운 개발사업, 1998.12, p.110

5) 비오톱 연계

주거단지에서 비오톱을 조성하기 위해서는 비교적 규모가 큰 주변의 자연환경 요소(거점, spot)를 적극활용하고, 곳곳에 점(point)적인 비오톱들을 설치하여 이러한 구성요소들이 하나의 시스템으로 연계될 때 생태계는 보다 다양화되고 안정화된다. 비오톱은 육지생태계와 수생생태계, 그리고 육지와 물 양쪽에서 서식하는 양서류 등을 위한 생태계 등 크게 세가지 유형으로 나눌 수 있다. 생태계는 어느 한쪽에 치중된 비오톱만을 조성하는 것보다 이들을 네트워크화하는 것이 유리하다. (그림 5.10)은 비오톱의 연계로 인한 잠자리, 새 등의 활동영역의 확장을 보여준다.



(그림 5.10) 비오톱의 연계

6) 친수공간

친수공간 조성시에는 단지내 연못을 조성하거나 인공폭포, 분수대, 벽천 등의 인공적인 공간과 단지를 순환하는 실개천을 통하여 수변을 산책하거나 휴식할 수 있는 장소로 각종 기능을 부여해야 한다. 동시에 어린이들이 물놀이나 밭을 담그는 등 물을 직접 접촉할 수 있는 동적인 공간으로 조성한다. 정수시설이 된 웅달샘이나 약수터를 휴게공간과 함께 조성함으로써 전원의 여유를 부여할 수도 있다.

① 수공간과 주변요소와의 결합³⁵⁾

수공간은 식생 또는 기타 주변요소와 결합하여 공간의 경관을 창출하며, 어머니티를 향상시킨다. 주요한 효과는 <표 5-2>와 같다.

35) 김영신, 공동주택 단지내 수공간의 도입방안에 관한 연구, 연세대 석사학위논문, 1998.12, pp.36-39 재구성

<표 5-25> 수공간과 주변요소와의 결합에 의한 효과

주변요소	효과
식생	· 수질정화 효과 · 우수유출 저감 효과 · 생태적 효과 · 자연경관 창출
환경조각	· 공간의 상징적 요소로 작용 · 자연적인 것과 인공적인 것의 대비 효과
수반 및 바다	· 수반 또는 바닥면의 재료의 질감 등에 의한 물의 형태 변화
구조물	· 인공조명에 의한 야간경관 창출 · 벤치, 테이블 등과 결합하여 휴식공간화

② 수공간과 기타 옥외공간과의 결합

수공간을 도입할 수 있는 옥외공간, 즉 수공간과 결합할 수 있는 옥외공간은 주로 <표 5-3>과 같다.

<표 5-26> 수공간과 결합가능한 옥외공간 요소

녹지공간	휴식 및 놀이공간	통행공간	인공지반
· 1층 전용정원 · 외곽녹지 · 중정	· 운동공간 · 놀이공간 · 휴게공간 · 광장	· 보행자전용도로	· 옥상 · 지하주차장 상부

자료: 한국건설기술연구원, 저층고밀형 친환경 주거단지 유형 개발을 위한 연구, 1997.3, p.237 재구성

<표 5-4>는 단지내 중앙광장, 휴게공간, 놀이공간, 보행자도로, 1층의 전용정원 등과 연계된 친수공간의 이미지를 표현한 것이다.

<표 5-27> 친수공간과 타기능과의 연계

	중앙광장	휴게공간	놀이공간	보행자도로	1층 전용정원
이 미 지					
특 징	-단지내 커뮤니티의 중심지로서 시각적 구심점 제공	-연못과 정자가 결합하여 청량한 공간 조성	-어린이들의 흥미를 유발시켜 놀이공간화함	-보행자도로를 따라 조성된 선형 수공간의 다양한 연출	-1층 세대의 프라이버시 확보와 동시에 공공성 확보

5.1.2. 환경친화적 수공간 유형

앞서 살펴본 환경친화적 기법들은 수공간 각각에 개별적으로 적용되는 것이 아니라, 하나의 수공간 내에서도 복합적으로 작용된다. 다음은 하나의 수공간에 환경친화적 기법들이 어떻게 결합하여 이용될 수 있는지 주요 수공간 유형에 대해 정리한 것이다.

① 저류연못

- · 우수 또는 중수를 재이용하기 위해 집수하여 저류
 - 우수유출량 제어
 - 우수 및 중수를 침전시켜 수질을 정화
 - 어린이들의 놀이공간
 - 생태계를 위한 수생비오톱

② 연못 또는 습지

- · 생태계를 위한 수생비오톱
 - 식생을 이용하여 우수 또는 중수의 수질을 정화
 - 우수유출량을 제어

③ 저지 수로

- · 우수유출량 제어
 - 식생을 이용한 수질 정화 기능
 - 생태계를 위한 비오톱

④ 실개천

- · 단지내 물의 순환 도모
 - 식생을 이용한 수질 정화 기능
 - 단지내 어메니티 향상
 - 생태계를 위한 비오톱

⑤ 분수 및 폭포

- · 어메니티 향상
 - 정지 상태의 물을 폭기시켜 수질 정화 도모

5.2. 환경친화적 수공간 계획모델

5.2.1. 단지 유형별 적정 수공간 선정

수공간 계획시 주거단지 외부공간의 구성 및 수공간에 사용할 수 있는 수량의 정도에 따라 적절한 수공간을 선택·조합할 수 있도록 단지 규모별, 주동 배치별로 적용가능한 수공간의 유형을 분류하였다.

1) 단지 규모별 수공간 유형

단지의 규모에 따라 이용할 수 있는 수량과 수공간을 도입할 수 있는 외부공간의 크기가 달라지므로, 단지규모별로 적용가능한 수공간을 분류할 수 있다.

수공간에 이용되는 우수는 지붕 등의 집수면적에 따라 같은 기후권내에서도 이용가능한 양에 차이가 있으며, 중수량 역시 세대수가 많을 수록 이용가능한 양은 많아진다. 그러므로 일반적으로 단지규모가 클수록 수공간의 규모도 커질 수 있다. 단지별 일일 수량산정방법은 다음과 같다.

- 1일 기대우수량 = 집수면적×연강수량/365
- 1일 기대중수량 = 세대수×가족수×1인당 생활용수×중수이용율

단지규모별 적용가능한 수공간 유형을 확인하기 위해, 먼저 주거단지를 세대수에 따라 대규모·중규모·소규모 단지로 분류하였다. 단지규모별 중수 및 우수의 기대수량은 <표 5-5>와 같다.

<표 5-28> 단지 규모별 적용 수공간

단지규모	수량(m ³ /day)		
	우수량	중수량	합계
대규모 2000호(100ha)	938	400	1338
중규모 400-500호(15-25ha)	140-235	80-100	220-335
소규모 15-40호(0.5-2.5ha)	4-23	3-8	7-31

비고: · 우수량 산정시 집수면적은 대지면적×건폐율로 하였으며, 서울시 아파트 지구 건폐율인 25%를 적용하였다.

· 중수량 산정시 1인 중수사용량은 50ℓ를 적용하였다.

산정된 수량을 기준으로 단지규모별 조성가능한 실개천 및 연못의 최대 규모는 <표 5-6>과 같다.

<표 5-29> 조성가능한 최대 수공간 규모

	대규모	중규모	소규모	비고
실개천	단면적 0.15m ² (100cm×15cm)	단면적 0.038m ² (70cm×5cm)	단면적 0.0035m ² (70cm×0.5cm)	· 유속 10cm/s · 24시간 가동 · 어류 실개천은 8000세대 이상에서 가능
연못	110m×110m	55m×55m	16m×16m	· 수심은 생태연못인 1m를 기준

① 어메니티형 수공간

놀이와 친수성을 주목적으로 하는 어메니티형 수공간은 그 크기와 수심, 유속 등에 대한 제약이 없고, 단지 사용할 수 있는 수량과 설치할 수 있는 공간의 크기에 의해서 그 규모가 결정된다. 그러므로 단지 규모에 상관없이 적절히 조절하여 도입할 수 있다.

어메니티형 수공간 계획시 수량에 의한 공간규모의 산출 예는 <표 5-6>과 같다. 이때 연못은 물이 정지상태에 있기 때문에, 침투 및 증발량과 순환수량을 포함하여 1일 수공간 체적의 약 11% 정도의 적은 수량을 필요로 한다. 그러나 실개천, 분수 등의 동적인 수공간은 특성상 비교적 많은 물을 필요로 하지만, 노즐 개수, 노즐의 요구수량 및 가동시간 등에 따라 필요한 수량적 차이가 매우 크므로, 적절히 조절하여 계획할 수 있다.

<표 5-30> 수량에 의한 수공간 규모의 산출

기대수량이 10m ³ 인 소규모 단지의 수공간 규모	
연못(도보지)	• 수심을 어린이 무릎깊이인 20cm로 하는 경우 표면적 454m ² (20m×22m)까지 가능
분수	• 9ℓ/min의 노즐 1개를 사용하여 낮(12시간)동안 가동 가능
실개천	• 수심 0.5cm, 폭 40cm, 유속 10cm/s으로 낮(12시간)동안 가동 가능

② 생태형 수공간

생태형 수공간은 수중생물의 서식을 위해 일정 수심 및 유속을 필요로 하므로 일반적인 어메니티 수공간에 비해 필요수량 및 필요규모가 커진다. <표 5-7>은 생태형 수공간 유형별 필요한 수량을 계산한 것이다.

생태형 실개천의 경우, 특히 어류가 서식할 수 있는 환경을 조성하기 위해서는 필요한 수심 및 유속 등의 수리적 조건³⁶⁾을 만족시켜야 하므로 일반적인 단지 규모에서는 도입이 어렵다. 따라서 단지를 순환하는 생태형 실개천의 도입은 단지적 차원이 아닌 신도시 개발 등의 지구적 차원에서 계획되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 친수용으로 재이용된 물은 사용후 조정용수로 사용하거나 지하침투 또는 하천으로 방류하는 것을 기본으로 하여 재순환하지는 않은 것을 원칙으로 하였다. 그러나 외국사례들을 볼 때, 경제성 검토 후 태양전지나 풍차 등의 전력을 이용하여 물을 재순환하는 것도 가능하다.

<표 5-31 > 생태형 수공간 유형별 필요수량

실개천	<ul style="list-style-type: none"> • 잉어가 서식하는 경우(최소 수심 30cm, 유속 20cm/s) • 폭을 1m로 할 경우 1일 수량 5,184m³ 필요
연못	<ul style="list-style-type: none"> • 최소 5m×5m 크기, 수심 1m • 1일 수량 2.75m³ 필요
습지	<ul style="list-style-type: none"> • 연못과 비슷

③ 수질정화용 수공간

식생을 이용하여 배수 및 우수를 정화하는 것이 주목적인 수공간으로 연못 시스템과 습지 시스템 등이 있으며, 아래의 연못시스템을 설계하는 방법은 양홍모³⁷⁾의 연구를 참조하였으며, 습지시스템은 연못시스템보다 더 큰 면적을 필요로 한다.

연못시스템 설계기법은 BOD₅ 부하량에 기초를 두고 있으며, 미국 EPA에서 개발한 면적부하율모델은 <표 5.8>와 같은 기준으로 연못시스템의 설계를 권장한다.

<표 5-32> 연못시스템의 설계 변수

겨울철 평균기온	수리학적 체류시간(일)	수심(m)	평균 BOD ₅ 부하(kg/ha/일)	연못 배열	연못 개수
0-15℃	40-60일	1.2-1.8	22.4-44.8	직렬	3-4
0℃ 이하	80-120일	1.5-2.4	11.2-22.4	직렬	3-4

36) 한국수자원공사, 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용, 1995, p.210

37) 양홍모, 수자원보전을 위한 점원 및 비점원 오염물의 자연생태적 친환경적 처리 인공습지 및 연못-습지 시스템, 한국수자원학회지, 1999.9

• 연못의 크기 산출

-전제조건 : 계획유량 10m³/일

유입되는 물의 BOD₅ 50mg/ℓ

-산출방법 : 설계 BOD₅ 부하량 = (10m³/일)×(50mg/ℓ) = 0.5kg/일

연못의 표면적 = (0.5kg/일)÷(20kg/ha/일) = 0.025ha = 250m²

-결론 : 50세대의 중수량(10m³/일)을 정화하기 위해서는 250m² 크기의 정화연못이 요구되며, 세대수가 증가하면 그에 비례적으로 필요 연못의 크기도 증가한다.

일반적으로 연못시스템은 매우 큰 면적을 필요로 하므로 기계식 하수처리장 설치가 곤란하거나 인구가 적은 농촌지역에 도입하여 이용할 수 있다. 옥외공간이 협소한 도시지역에는 일부 소규모의 유량을 처리하거나 오염도가 낮은 물을 정화처리할 수 있도록 계획할 수 있다.

2) 주동 배치별 수공간 유형

단지의 외부공간 형태는 주거동의 배치와 밀접한 관련이 있다. 주동 배치는 중정형, 일자형, 직교형, 일자형과 직교형, 중정형의 혼합배치 등이 있으며, 기본 유형을 세가지로 나누면 다음과 같다.³⁸⁾

a. 중정형 배치 : 중정을 중심으로 건물을 배치하며, 아늑한 공간을 창조할 수 있고 강한 공간의 위요감을 느낄 수 있다. 중정에 설치된 어린이놀이터, 녹지공간 등과 연계하여 수공간을 계획할 수 있으며, 저류연못 또는 중수처리를 위한 reed bed 등을 조성하여, 실개천을 통해 다른 수공간으로 물을 유입·연결한다.

b. 일자형 배치 : 선형의 주거동을 일정한 방향으로 평행하게 배치하는 기법으로 두 건물에 의해 외부공간이 단조로운 공간으로 형성된다. 이 배치방법은 공간의 형성이 쉬우며, 열에너지 측면과 전체 주거동에 균등한 환경적 조건을 부여할 수 있다. 그러나 공간구조의 반복으로 무미건조한 단순성, 획일성으로 단지의 변화있는 공간의 형성과 위요가 어렵고 장소성의 결여 등이 문제점으로 지적되고 있다. 인동간격이 그리 넓지 않으므로 면적인 수공간은 조성하기 어렵고, 주동 전면을 실개천이 흐르게 하여 다양한 경관을 창출한다.

c. 직교형 배치 : 선형 또는 격자형으로 서로 상호 직각이 되도록 클러스터를 형성하는 배치방식으로 일자형 배치보다 공간의 폐쇄, 개방, 둘러싸임 등에 있어서

38) 공동주택단지내 주동배치에 따른 외부공간 특성에 관한 연구, 이현주, 서울대 석사 학위논문, p.15-16

변화있고 다양하며, 보다 활성화된 외부공간을 형성한다. 특히 격자형으로 나타나는 공간에 수공간을 조성하는 계획이 가능하며, 중정형과 일자형 배치의 수공간 계획을 혼합하여 사용한다.

이러한 주거동의 배치형태에 따른 수공간의 기본 배치방법은 (그림 5.15)와 같다.



(그림 5.11) 주동 배치에 따른 수공간의 기본 배치형태

5.2.2. 환경친화적 수공간 네트워크

1) 수공간 요소

환경친화적 수공간을 물의 순환적인 측면에서 연계하여 도입하기 위해서는 중수 및 우수를 저류하는 저류공간, 물을 이동시키기 위한 선형 수공간, 단지를 순환하는 동안 오염된 물을 정화하는 기능을 갖는 생태적 수공간 등이 기본적으로 필요하다. 그리고 이러한 수공간들이 연계되어 흐르는 곳곳마다 분수, 폭포 등의 어메니티적 수공간을 설치하여 단지내 친수성을 향상시킬 수 있다. 전자를 기본 수공간, 후자를 선택 수공간으로 분류하였다.

- 기본 수공간

① 저류공간 : 우수 및 중수의 재이용을 위해 집수·저류하는 수공간으로, 지하저류조, 옥상저류조, 저류연못 등이 있다.

② 선형 수공간 : 물을 순환시키기 위한 이동 수공간으로, 실개천, 캐스케이드, 하천 등이 있다.

③ 생태 수공간 : 일단 수공간에 이용된 물을 식생의 정화력을 이용하여 수질을 향상시키는 수공간으로, 식생수로, 생태연못, 습지 등이 있다.

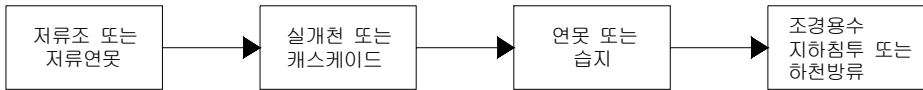
- 선택 수공간

기본적인 수공간 외에 어메니티 향상 도모를 목적으로 단지 곳곳에 여러 형태의 수공간을 추가 도입할 수 있다. 분수, 인공폭포, 벽천 등이 있으며, 이러한 수공간들은 낙차시 산소기포를 발생시켜 수질정화에도 도움을 준다.

2) 환경친화적 수공간 연계

환경친화적 수공간 조성시 수공간들을 연계하여 네트워크화하면, 단지내 수(水) 순환적 측면에서뿐만 아니라 공간 요소로서, 그리고 도시 생태계적 측면에서도 좋은 영향을 미칠 수 있다.

수공간의 기본적인 흐름은 다음과 같다.



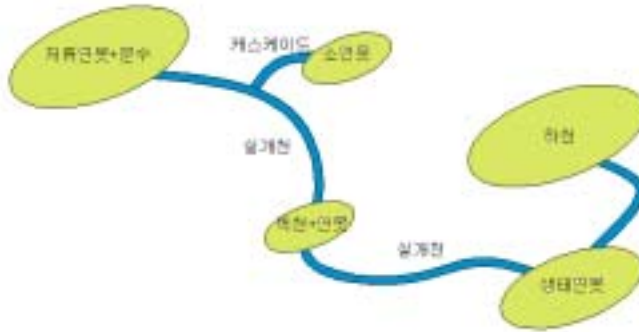
(그림 5.12) 수공간의 기본 네트워크

수공간의 기본형은 <표 5-20>과 같이 변형되고 조합될 수 있다.

<표 5-33> 수공간의 조합

기본형	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 20px;"> <ul style="list-style-type: none"> : 저류연못 : 실개천 : 생태연못 </div>
기본형의 변형	
조합의 예	

기본적인 수공간 네트워크 곳곳에 단지의 외부공간의 크기와 성격, 그리고 기후 조건 등 주어진 여건에 맞도록 선택적으로 수공간들을 도입·연계하여 계획할 수 있다. (그림 5.16)은 수공간 조합방법의 한 예이다.



(그림 5.22) 수공간 조합방법

5.3. 수공간 설계 기법

1) 실개천

① 공간 특성 및 기능

주호 앞 1층 전용정원, 녹지 또는 보행자 도로와 연계하여 실개천을 조성한다. 단지내에 수로를 따라 물이 순환되어 흐르는 실개천은 다양한 수경효과를 연출하는 흥미로운 공간을 조성하며, 주민들에게 휴식과 여유를 제공한다. 곤충이나 새들이 살수 있는 서식환경을 제공하며, 생태연못 및 하천과 연결하여 비오톱 네트워크를 조성한다.

실개천이 지닌 물과 거리와의 일체성, 연속성을 지닌 정취있는 이미지를 활용하여 쾌적한 생활환경을 조성하고 친수시설을 정비하여 물가의 레크레이션 기능을 활성화함으로서 모임, 놀이 및 휴식공간을 창출하여 활기있는 거리의 거점으로 조성한다. 단지의 놀이터, 광장 등의 외부공간과 결합하여 아이들의 놀이공간으로 또는 다양한 생물이 서식하는 소생물권의 기능을 한다.

② 계획 기법

-수원을 각 주동에 저장된 우수 및 중수를 기본으로 하고, 부족분은 상수로 한다.

-주민이 집분산되는 지역에는 연못, 분수 등을 설치하여 만남의 장소로 활용하며, 주민의 일상생활도로가 될 수 있도록 건물의 출입구와 동선을 고려하여 배치한다.

-여름철을 중심으로 유아 및 어린이의 놀이공간으로 활용하고 기타계절에는 자연석에 의해 유속의 변화 및 미생물, 잠자리의 서식공간이 조성됨으로서 자연성 회복에 기여한다.

-생태형 실개천

· 다양한 생물이 서식할 수 있는 소생물권으로 조성하여 수질정화를 위한 수순환 시스템으로 가능하게 한다.

· 수로의 직선화를 배제하고, 실개천의 선형이나 단면을 가능한 한 자연의 형태에 가깝게 조성하여 다양한 수목, 초본류를 활용하여 수변을 조성한다.

· 비오름 연못과 연계한 생태환경으로 조성하기 위해 다양한 폭원으로 수로를 만들고 양측호안을 자연소재(호박돌, 통나무, 말뚝 등)를 활용하여 안정시키고 수변에 자연초지를 조성한다.

· 자연수로의 바닥은 자연배수를 위하여 자연적 소재로 처리하는 방안이 있다.

· 바닥에 자연석을 깔음으로써 이 돌에 의해 수포가 생겨 수중에 산소를 공급할 수 있게 되어 수질개선효과를 누린다.

-어메니티형 실개천

· 주민의 통행이 잦고 접근성이 양호한 보행로를 따라 아이들의 놀이공간으로 조성한다.

· 단지내 경관요소로서 인지도가 높은 공간이므로 주거환경의 이미지 향상에 크게 기여할 수 있다.

· 단지간 경계에 조성된 경우에는 영역구분기능 뿐 아니라 주민간 친밀감을 향상시킬 수 있는 만남의 장으로서 기능하게 된다.

· 어린이의 안전을 위하여 바닥을 낮게 조성하고 건천시에도 놀이공간, 조형물로 이용할 수 있도록 고려한다.

· 경사로를 캐스캐이드로 조성하여 다양한 물의 연출이 가능하다.

· 정비에 있어서 인공구조물을 사용할 경우에도, 국소적으로 일부를 자연소재로 덮는 방법과 다공질 소재를 사용해서 표면에 변화를 가지게 함으로써, 수생생물의 서식환경 조성에 힘쓴다.

2) 연못

① 공간 특성 및 기능

단지에 조성된 수공간은 하나의 경관 조형물로서 관상대상 및 휴게장소가 된다. 다양한 수생생물이 공존하는 비오름을 형성하여 그 자체가 하나의 완벽한 생태계로 생태학적인 가치를 지니며, 생물이 살아가는 모습을 학습하고 경험할 수 있는 자연학습공간으로 활용된다.

② 계획 기법

-연못은 5m×5m 보다 작지 않게 하며 1-1.5m의 연못깊이가 필요하며, 수생식물은 태양광선의 적당한 공급을 필요로 하기 때문에 연못이 지나친 그늘속에 가려 있으며 썩기 쉽다.

-연못의 경계부, 구배, 바닥의 형태를 다양하게 함으로써 동식물의 군집을 다양하게 발전시킬 수 있으며, 대규모 연못에서의 섬(island)이 바람직하며 이런 곳에 여러 종이 번식한다.

-바닥면의 깊고 얇음이 다양한 연못은 다양한 식생의 적소가 된다. 얇은 연못에서는 겨울의 동결과 여름의 과열은 치명적이므로 0.75m보다 깊어야 하며 단일한 연못보다는 이것들이 연결되어야 가뭄시 더 깊은 연못으로 고립되지 않는다.

3) 저지수로

① 공간 특성 및 기능

단지내 지하에 매설되고 있는 우수 암거를 단지 외곽주변 시설녹지대에 개거화하여 수변공간으로 활용한다. 식생수로(Grassed Swale)라고도 하며, 강우시 토양의 침식을 줄이기 위해 식생으로 덮인 수로이다.

② 계획 기법

-우수유출수는 식생수로를 통과하면서 강우유속이 감소하고 부유고형물의 제거가 촉진된다.

-수로는 주로 강우유출수 처리방법보다는 수송시스템으로 사용되었으며, 일반적으로 다른 우수유출 조절 시스템과 함께 사용되어야 한다.

-수로에서 오염물질제거 효율은 경사감소, 식생밀도 증가, 소규모조절댐의 설치 등에 의한 우수유출수의 유속감소에 의해 증가될 수 있으며, 하부토양은 침투를 증진시키기 위해 높은 여과율을 가져야 한다.

-최대측면경사는 토양조건, 우수종류, 그리고 수로라이닝의 종류에 따라 결정되며 일반적으로 다음의 기준을 넘지 않아야 한다.

<표 5-34> 측면경사 설계기준

종류	폭 : 높이
식재초지	3 : 1
잔디지역	3 : 1
사석	2 : 1
돌망태	수직
돌망태 매트	2 : 1

4) 투수연못

① 공간 특성 및 기능

대상지에서 발생하는 우수를 지하수 조성과 기존 하수관거 및 하수처리시설의 부하를 덜어주기 위하여 연못으로 저류된 후 토양으로 침투시킨다.

② 계획 기법

-설계 인자

· 현장설치 규모인 소형 연못의 설계 인자는 <표 5-10>과 같다.

<표 5-35> 연못의 설계인자

용량	강우유출수의 3배 이상
표면적	100m ² 이상
배수면적	8-10ha 이상
측면경사	5 : 1 - 10 : 1(수평:수직)
길이 : 폭	3 : 1 이상

-연못 깊이

· 연못의 적절한 환경유지를 위해 평균깊이 1-2m가 충분하며 연못 가장자리는 폭 3m정도의 30cm깊이로 조성하는 것이 주변에서 수생식물의 성장에 좋은 조건이 된다.

-연못 크기/면적

· 연계된 유역면적에 따라서 50-1,000m² 이상까지 매우 다양하며, 독일의 경우 유역면적이 약 3,300m²일 때, 1m 깊이 약 100m²의 시설면적이 필요하다.

-연못 형태

· 연못의 가로-세로비는 연못류 흐름(plug flow)을 증진시키기 위해 가능한 커야한다. 연속류 흐름은 연못내 정체를 예방하고, 단회로 현상을 최소화하고 침식물의 침전을 촉진시키기 때문에 바람직하다. 이상적인 연속류 환경하에서는 강우시 연못이 강우유출수에 의해 완전히 교체될 수 있다. 유지하기는 어렵지만, 연못의 흐름길이를 연장함으로써 평균체류시간을 최대화하도록 설계되어야 하고, 최소한 너비당 길이의 비가 3:1 이상이 되어야 한다.

-구성요소 및 재료

· 지피류가 식재된 연못, 콘크리트로 된 유입부 및 침전조, 합성수지·석재 또는 콘크리트관으로 된 유입구가 필요하다.

· 수중식생은 연못의 오염물질제거 기작에서 중요한 역할을 한다. 용해성 오염물질 특히 영양물질은 식물성 플랑크톤과 macrophytes에 의한 생물학적 대사를 통해 제거된다. 습지식물은 식물성 플랑크톤에게 유용한 영양물질의 양을 제한함으로써 조류의 증식을 막는데 도움이 된다. 또한, 유기물이 풍부한 습지는 박테리아

균이 유기물질과 영양물질을 대사하는데 이상적인 환경을 제공할 것이다. 늪지식물도 측면경사를 안정화하므로 연못의 독을 따라서 영구적인 풀의 수면에서 밑으로 60cm, 위로 30cm까지 적절한 습지식물종의 성장을 촉진하기 위해 설계되어야 한다.

· 연못내 토양이 침투성이 높을 경우에는 건기에 과도한 수위저하를 초래할 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 따라서 침투성토양이 많은 경우 연못바닥에 15cm의 점토라이너나 섬유성필터를 설치하거나 담수하기 전에 바닥다짐등을 통해 연못저부의 토양을 압축시킴으로 수위저하를 최소화하여야 한다.

· 연못 배출구는 음(-)경사 배출관으로 연결되어 수위 30cm 아래에서 배출되도록 하여 수표면이나 바닥에서 바닥침전물이나 부유성물질에 의한 막힘의 위험성을 최소화하여야 한다. 음(-)경사 유출관 외에, 침전물 제거를 위해 바닥배수관도 설치할 수 있다.

· 모든 배수시설은 설계강우량 이상의 유량을 안전하게 방류하기 위해 긴급월류시스템을 갖추어야 한다. 방출로의 설계는 유역의 크기에 따라 차이가 있지만, 최소한 긴급방출로는 최대설계강우량을 처리하도록 설계되어야 한다. 식생이 덮인 긴급방출로의 측면경사는 1:4(v:h)를 넘지 않아야 하고, 독의 높이는 긴급방출로의 표면에서 최소한 60cm이상 더 높아야 하고 최대 설계유입량이 유입시 수면보다 30cm이상 높아야 한다.

-용존산소의 보충

· 여름철에는 연못바닥에서 미생물의 분해에 의한 용존산소의 소비로 수중에는 낮은 농도의 용존산소를 가지고 있을 수 있으며 이는 높은 산소요구량을 가지고 있는 얇은 연못이나 깊은 성층이 형성된 연못에서 발생할 수 있다. 연못의 설계자는 이러한 상황을 고려하여 배출부에 각종 폭기시설을 설치하여 재폭기를 실시하거나 연못의 유출부에 인공폭포를 설치함으로써 자연적으로 산소가 보충되도록 하거나, 연못내에 풍차 등 비동력 시설을 설치할 수 있다.

5) 습지

① 공간 특성 및 기능

습지의 목원은 도시지역에서 생물다양성의 확보에 매우 중요한 역할을 한다. 습지는 수생식물과 곤충 및 조류의 먹이가 될 수 있는 다양한 식물의 서식지가 된다. 연못의 주변을 습지로 개선했다. 조성하여야 한다. 습지에는 우수의 저류기능이 있어 투수연못과 연계하여 연못의 오버플로수가 습지로 흐르도록 한다. 습지에서는 퇴적물, 영양물질, 기름, 그리스, 박테리아, 그리고 금속류를 제거하기 위한 침전, 여과, 흡착, 미생물분해, 그리고 식물에 의한 포획 등을 포함하는 오염물질 제거과정이 종합적으로 이루어진다.

② 계획 기법

-습지 깊이

· 대개 2m 이하의 깊이에서 다양한 생태계를 구성한다. 표면적의 25-50%는 수심이 61cm 이하, 표면적의 50-75%는 수심이 1.1-1.2m 이하가 적당하다. 얼음 두께가 두꺼운 북쪽지역에는 수심을 보다 깊게 한다.

· 바닥은 우툴두툴하고 불규칙적이어야 한다.

-습지 형태

· 야생동물 뿐만 아니라 사람들을 위해서 물과 접하는 면은 최대한 길게 하여 준다. 강가에 둑지를 트는 조류 중에는 들여다보는 것을 싫어하는 종이 있어 시선을 차단해 주는 공간이 필요하며 섬의 조성은 조수에 있어 매우 안전한 서식지가 된다.

· 습지시스템은 우수유출수의 이동시간을 증가시킴으로서 퇴적물이 침전하거나 습지의 식생에 의해 영양물질이나 기타 오염물질이 포획되는 기회를 높인다. 습지에서의 이동시간은 경사를 줄이거나 배출되기 전에 이동거리를 확장시킴으로써 증가시킬 수 있다. 습지는 1년 빈도 24시간 강우에 대해 24시간의 체류시간이 권장되고 있다.

· 완만한 경사가 급경사보다 여러 가지 면에서 바람직하다. 즉 완만한 경사는 습지식생의 정착을 촉진시키고, 이러한 습지는 물을 정화하고 야생생물의 서식지를 제공에 유리하다. 또한 완만한 경사의 호는 어린이들이나 육상 야생동물에게 안전하다.

· 습지환경을 유지하기 위해서는 적절한 토양조건과 일정한 지하수위도 보장되어야 한다. 토양은 낮은 투과율을 가져야 하고 지하수위도 보장되어야 한다. 일반적으로 시스템내 토지는 식물로 포화되어 있어야 하고 오염처리에 적합한 식물로 식재되어야 한다.

· 정수식물의 면적과 개수면적의 비율은 1:1로 유지한다.

6) 하천

① 공간 특성 및 기능

생활활동의 확대와 도시화의 발달에 의해 과거 자연적인 하천의 모습이 치수기능 및 이수기능만의 단일 목적하에서 일률적으로 정비되면서 하천의 환경적 요소는 간과되어 버리는 경향이 많았다. 더욱이 수변공간은 하천의 매력을 손상시키는 도로 등의 타용도로 전용됨으로써 친수성과 하천경관을 떨어뜨리고 더욱 하천생태계를 악화시켰고, 이러한 상황에서 하천의 개활지가 갖고 있는 다양한 매력과 하천생태계의 중요성을 깨닫게 되어 하천의 자연스러운 모습을 되살리기 위한 자연형 하천계획³⁹⁾이 세계적인 추세가 되었다.

자연형 하천계획이란 하천이 본래 가지고 있는 생물서식의 양호한 환경을 고려

함과 동시에 아름다운 자연경관을 보전 및 창출하는 하천정비를 말한다. 즉, 하천의 치수기능을 유지 및 증진하면서 최대한의 자연환경의 보전·복원·창조를 도모하는 것이다. 여기에는 어류 서식에 필요한 여울과 소의 조성, 나무와 돌을 이용한 다양한 수환경의 조성, 호안의 녹화, 어도 조성, 반딧불 생식을 고려한 호안의 조성 등 다양한 방식들이 포함되어 있다.

② 계획 기법

-친수공간적 측면

- 소하천을 따라 가능한 한 장거리의 숲이나 산과 도심을 연결하는 산책도로를 설치하여 산보나 자전거타기 등 시민이 자연에 친해지면서 쉴 수 있는 녹색네트워크를 구성하며 가능한 수면에 가깝게 조성하여 친수성을 높인다.

- 하천측에 접하여 공원, 녹지, 오픈스페이스를 조성하여 수변공간을 활용 및 조망할 수 있는 장소를 마련한다.

- 야간의 경관 및 활동을 위해 조명시설을 고려한다.

- 하천변과 하천공간의 연결이 원활하도록 관람석호안, 저수계단호안, 경관보전을 겸한 계단호안, 환경사호안 등의 설치가 가능하다.

- 수중생물의 산란과 생육, 홍수시 대피장소 제공 등을 고려한 계획의 필요시 어류보전호안 및 곤충보전호안을 설치할 수 있으며 어류보전호안에는 어소블록호안, 계단어소블록호안, 기타 어류보전호안으로 세분된다.

-생태학적 측면

- 가능한 한 자연에 가까운 소하천을 만드는 마음을 가지고 콘크리트 대신 자연석을, 잔디나 잘 정리된 식재대신 들풀이나 야생화를 이용하여 생태계에 좋은 조건을 만든다.

- 우수와 우수는 반드시 분리하여 처리하고 우수와 정화시킨 물만 하천으로 유입시킨다.

- 하천의 폭은 홍수위를 고려하여 홍수위보다 충분한 높이까지 하천 연안구역으로 지정하고, 저수위부터 홍수위까지는 수생습지식물을 식재하고 그 윗부분은 관목 →교목 순으로 식재를 하여 야생동물의 서식처를 제공한다.

- 수생습지식물: 미나리, 피, 개차즈기, 기장대물, 갈대, 여뀌, 며느리밑씻개, 쑥, 개밭나물, 담배풀, 골풀, 소리쟁이, 물봉선화, 택사, 벼풀, 소귀나무, 보풀, 물옥잠, 지렁이, 물끼, 방동산이, 검정말, 말즘, 대가래, 나사말, 새우가래, 이삭물수세미, 줄풀, 붕어말, 부들, 눈비녀골풀, 물바늘골풀, 실말, 줄말, 올챙이속, 민나자즈말, 송이고랭이, 창포, 석창포, 붓꽃, 마름붕어, 마름, 연꽃, 수련, 개구리밥, 가래 등

39) 독일의 근자연형 하천, 일본의 다자연형 하천, 영국의 자연형 하천 등 명칭은 조금씩 차이가 있으나 근본적 의미는 같다.

-자연형 하천 공법 예

내용	공법의 예	
홍수시의 외력을 작게 함	<ul style="list-style-type: none"> · 댐 등의 하도내 저류, 우수지 · 조절지 등의 하도외 저류에 의한 홍수량의 경감 · 수제와 벤 등에 의해 외력의 집중 완화 · 낙차공을 이용하고, 중단구배를 완화하는 등 외력을 경감 	
자연의 하천이 가지는 동태성을 살림	<ul style="list-style-type: none"> · 현재 하천을 최대한 살려서 굴곡이나 넓혀짐 · 좁아짐이 있는 제방이나 저수로 법선 형태를 채용함 · 여울이나 깊은물의 형성 등 우수나 하상의 변동특성이 있는 중횡단형을 채용 	
생물이 살기 좋은 하천 구조물을 만들	제방 함	<ul style="list-style-type: none"> · 제방법면을 완경사로 하여 언덕같은 제방이 되도록 함 · 제방 뒷법면을 넓게하고 식재하여 식생이 있는 제방이 되도록 함 · 오래 지속되는 자연식재에 의해 제방법면을 보호
	고수부지	<ul style="list-style-type: none"> · 수목의 밀생지, 초원지, 川原, 강가의 자갈밭, 습지, 일시적 습지 등 다양한 환경조건을 만들
	호안 · 뿌리고정	<ul style="list-style-type: none"> · 우수의 외력의 크기에 대응하여 식생, 식생과 돌, 나무와 돌 등을 사용하여 호안을 보호 · 돌망태, 기초석 등에 의해 다양한 공극구조를 갖는 재료를 사용
	수제	<ul style="list-style-type: none"> · 얕음과 깊음이 있는 다양한 흐름이 생기는 형상을 채용 · 큰돌 등 다양한 공극구조를 갖는 재료를 채용
	독, 낙차공	<ul style="list-style-type: none"> · 자연의 흐름, 경관에 유사한 다단식 낙차공, 슬로프식 낙차공 채용에 의해모든 하천단면을 어도화 · 물고기의 유도, 도약, 휴식을 배려한 어도를 설치

③ 식생여과대

-하천변을 식생여과대(VFS: Vegetation Filtering Strips)로 조성하여 생태적, 경관적 기능에 중요한 역할을 한다. 하천변 녹지를 따라 보행자 전용도로, 자전거도로를 병행하여 설치할 수 있다.

-특성

· 식생여과대는 지표강우유출수내 오염물질제거를 위해 사용된다. 만약 강우유출수가 여과대면을 균등하게 흐르고 단회로 현상이 없는 이상적 환경이 유지된다면, 여과대는 침전물 제거에 매우 효과적이다. 우수속도의 감소, 여과대에서 침투시간의 증가로, 강우유출수량이 약간 감소하고 배출속도가 최소한으로 조절된다. 오염제거기작은 식생여과대로 유입된 유출수는 식생커버를 통해 흐르며 이때 유출

속도는 감소되고 침전물과 오염물질은 여과, 흡착, 중력침전에 의해 제거된다.

· 식생수로와 비슷하나 이 시스템으로 유입하는 우수유출수는 일반적으로 넓고 평평하게 퍼지며 흐름은 여과대에 수직이다. 여과대에서 오염물질제거 효율은 수역의 크기, 유속, 여과대의 길이와 크기, 경사, 그리고 토양의 여과성에 따른다. 식생여과대 사용에 있어 중요한 제한요소는 토지경사이며 침투성이 큰 토양에서 효과가 크다.

-구조

· 식생여과대의 수질조절장치로서 효과는 경사가 증가할수록 감소한다. 이들 효과는 17%이상의 경사에서는 발휘될 수 없으며, 여과대의 운전은 5%미만의 경사에서 최적이다. 길이가 짧을수록 경사도는 작아야 하며 최소길이 6m가 사용되었을 때, 경사는 0에 가깝게 조성되어야 한다.

· 여과대의 최소길이는 6m가 되어야 하고, 미세침전물의 적절한 제거를 위해서는 30-90m의 길이가 필요하다. 완충대의 길이는 포획효율의 변동에 매우 민감하여 포획효율이 작게 증가하더라도 완충대 길이는 상당한 증가를 보여주고 있다.

제 6 장 사례연구

6.1. 사례연구 대상지 선정

사례연구 대상지는 경기도 용인시 수지2지구에 위치한 J아파트 일대로, 급속한 지역개발로 인해 주거지 개발이 난립하여, 이로 인한 환경문제를 극복해야 하는 지역이다. 대상지역의 개요는 <표 6-1>과 같다.

<표 6-37> 대상지 개요

소재지	경기도 용인시 수지(2) 택지개발지구내 A10 블록		
아파트명칭	J아파트	건축면적	4,775.981m ²
사업연도	1996년	연면적	78,756.900m ²
세대수	812세대	건폐율	16.15%
대지면적	29,575.001m ²	용적율	205.74%

6.2. 대상지 현황

6.2.1. 인문환경

용인시는 서울특별시와 비슷한 592km²로 경기도의 남부에 위치하고 있으며 동쪽은 이천시, 서쪽은 수원시와 화성군, 남쪽은 안성군, 평택시, 북쪽은 성남시와 광주군에 접하고 있는 산세가 수려한 지역이다.



(그림 6.23) 용인시 위치



(그림 6.2) 대상지 위치

경부·영동·신갈-안산간 고속도로의 교차와 함께 7개의 IC가 있고, 42번, 45번 국도가 시의 중심부로 관통하고 있으며, 신갈-수지, 용인-분당 등 수도권 남부지역 9개 지방도로 및 전철 등 교통시설을 확충할 예정이다. 행정적으로는 1996년 용인군에서 용인시로 승격되었으며, 2개읍 8개면 4개동으로 구성되어 있으며, 지방자치단체로는 제일 많은 대학교(11), 연구/연수시설(67)이 있으며, 전자, 반도체산업 등 1,200여개의 기업이 위치해 있다.

대상지가 위치한 수지읍은 고기리, 신봉리, 풍덕천리, 동천리, 성북리, 상현리, 죽전리 등 7개 리로 구성되었고, 인구 10만 2천명(2000년 1월 1일 현재), 총면적은 용인시의 7.1%에 달하는 42.0km²(농경지: 8.76km², 임야: 28.47km², 대지: 1.68km², 기타: 3.10km²)로 수지 2지구, 죽전지구 등의 대규모 택지개발이 진행중에 있다.

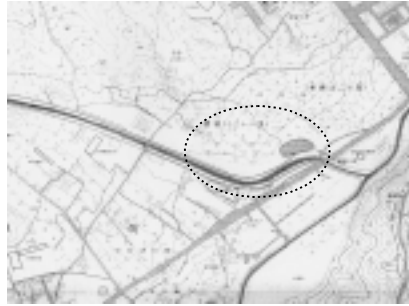
6.2.2. 자연환경

1) 지형

대상지는 북서쪽에 광교산, 형제봉 등의 산지가 있는 구릉지대로 정평천 하류에 자리하고 있다. 하천을 사이에 두고 다른 아파트단지와 마주하고 있으며 동쪽으로는 근린공원과 접하고 있다.

2) 수문

대상지의 북쪽에 낙생저수지가 있고, 남쪽으로는 삼막곡저수지, 신갈저수지가 있으며, 북서쪽에서 흘러오는 정평천은 대상지역을 관통하여 남동쪽으로 흘러간다.



(그림 6.3) 대상지의 수계분석도

3) 기상

전국 68개소의 측후소 및 관측소에서 측정된 기상청 자료는 용인지역을 포함하지 않고 있으므로, 서울지역의 기상자료를 사용하였다.

① 기온

연평균기온은 11.8℃로 월평균 기온이 빙점 이하가 되는 기간은 12, 1, 2월이다.

<표 6-38> 월평균기온

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기온(℃)	-34	-11	4.5	11.8	17.4	21.5	24.6	25.4	20.6	14.3	6.6	-0.4

자료: 기상청, 한국기후표 II, (1961-1990) 평균값

② 강수량

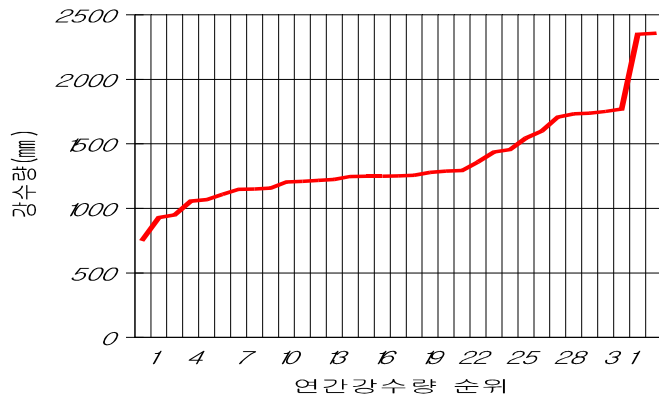
연평균강수량은 1369.8mm로 우기인 6-9월 사이에 전체의 70%에 해당하는 965.7mm가 집중해서 내리고 있다. 월평균강수량은 <표 6-3>와 같다.

<표 6-39> 월평균강수량

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
강수량(mm)	229	246	467	937	920	138	391	239	189	494	531	217

자료: 기상청, 한국기후표 II, (1961-1990) 평균값

수공간에 재이용되는 기대우수량계산의 신뢰도를 높이기 위해 다음과 같은 작업을 거쳤다. 1967년-1999년의 33년간 서울지역 월별 및 연간 강수량을 조사하여 강수량의 많고 적은 순서대로 나열을 한 후, <표 6-4>와 같이 강수량을 최소, 최대, 평균, 10%, 25%, 50%로 구분하여 자료화하였다. 이 방법은 미국의 텍사스 오스틴에서 우수량을 산정할 때 사용하고 있다. 여기서 10%수준이란 강수량이 이 값보다 더 높을 경우가 90%임을 의미하며, 25%, 50%도 마찬가지이다.



(그림 6.4) 1967-1999년간 연평균 강수량의 순위

<표 6-40> 1967-1999년간 월강수량(mm)

월	MIN.	10%	25%	50%	AVE.	MAX.
1	2.2	3.5	10.5	14.6	21.5	62.5
2	0.2	2.9	5.6	17.9	26.7	108.3
3	6.8	11.8	28.2	44.6	46.7	116.7
4	7.5	13.3	44.6	59.1	80.2	228.8
5	25.4	37.1	59.9	83.8	104.3	291.3
6	15.7	29.3	55.1	102.6	132.4	497.2
7	139.5	187.2	234.6	322.4	339.1	651.2
8	68.2	97.8	189.9	261.1	336.6	1237.8
9	4.8	42.0	60.8	101.1	149.3	570.1
10	0.0	9.9	21.1	34.8	53.3	214.5
11	7.5	13.5	27.4	37.3	52.8	164.8
12	2.6	4.7	11.2	17.2	23.6	71.4

6.2.3. 수환경 문제점 및 대안

1) 대상지 수환경 문제점

대상지는 하천과 접하고, 동쪽으로는 수공간이 조성된 근린공원과 맞닿아 친수공간 조성에 유리한 조건을 갖추고 있다. 그러나 실제 대상단지 외부공간의 바닥면은 완전 포장되어 물순환체계의 단절을 가져오고 있으며, 외부공간을 흐르는 우수는 일시에 구거 또는 지면을 통해 직접 하천으로 방류되게 되어 있다. 그리고 근린공원의 생태연못과 하천은 서로 연계되지 않아 물의 순환도 일어나지 않을 뿐 아니라 생태적으로도 단절되어 있어 환경친화적 수공간 네트워크 계획이 필요하다.

① 대상지 우수유출량⁴⁰⁾

선진외국에서는 작은 건물하나를 건축할 경우에도 우수유출 저감시설을 하여야 건축허가를 받도록 되어 있으나, 우리의 경우 1996년 자연재해대책법이 제정될 때 단지 조성 단가가 비싸진다는 이유로 180만m²로 규정하였다.⁴¹⁾ 그러나 용인수지 지구는 최초에는 180만m²보다 작아 재해영향평가를 실시하지 않았으나 제2차, 제3차 개발로 각각의 단지는 법에서 규정한 면적보다 작지만 전체 수지지구에 대한 단지면적은 법에서 규정한 크기를 훨씬 넘어섰다. 이처럼 급격한 도시화가 이루어지고 있는 하천 하류에 인접한 아파트단지 주민에게 호우시 하천 범람위기 상황은 발생할 수 있다. 본 사례연구 대상지는 하도가 깊어 호우로 인한 홍수위험은 적으나, 앞으로 더 많은 개발이 이루어지는 지역인 만큼 우수유출에 대한 고려가 필요하다.

단지의 총우수유출량을 산정하기 위해 먼저 대상지를 토지이용에 따라 건물(지붕), 포장면(차도, 주차장 등), 녹지, 놀이터 등으로 구분하고, 여기에 해당되는 유출계수를 적용하여 불투수면적을 산정, 단지내 우수유출량을 계산하였다.

-대상단지의 공간구성별 이용현황 및 토지이용에 따른 유출계수는 <표 6-5>와 같다.

-우수유출량을 산정하는 방법은 다음의 순서를 따른다.

a. 사례지역 면적에 따른 연간 집수량 산출

$$(\text{부지면적}) \times (\text{강수량}) = (\text{연간 집수량})$$

b. 토지이용을 고려한 평균유출계수를 적용하여 연간 순수유출량 산출

$$(\text{평균유출계수}) \times (\text{연간집수량}) = (\text{연간 순수유출량})$$

40) 김두하, 박원규, 안동만, 단지개발에 있어 강수량 지하침투 증대를 위한 침투시설의 도입가능성 연구, 한국조경학회지, Vol.25, No 1 pp.62-72, 1997.4 재구성

41) 이홍래, 우수유출 저감시설 설치공법의 확립을 위한 과제, 한국수자원학회지, 1999.7

<표 6-41> 대상단지의 공간구성 현황

		대상단지		
		유출계수	면적(m ²)	비율(%)
대지면적		-	29,575.981	100
건축	지붕면적	1.0	4,775.981	16.15
포장	차도	0.9	6,906	23.35
	지상주차장	0.9	3,197	10.80
	보도	0.8	2,176	7.36
녹지	잔디	0.2	10,250	34.66
여가 공간	운동공간	0.3	1,111	3.76
	놀이공간	0.3	1,160	3.92

비고: 토지이용별 유출계수는 하수도시설기준⁴²⁾을 참고로 하였다.

이러한 계산을 토대로 하여 대상지의 연간 집수량 및 유출량을 구하면 <표 6-7>과 같다.

<표 6-42> 연간 우수유출량

평균 유출계수	0.62
연간 집수량(m ³)	40513.18
연간 유출량(m ³)	25118.17

대상단지의 연간 우수유출량은 약 25118.17m³이다.

② 하천의 기능상 문제점

우리나라의 중소하천은 여름철에 집중되는 강수 특성상 하상계수⁴³⁾가 커서, 여름철에는 홍수의 피해가 우려되고 갈수기인 가을, 겨울, 봄철에는 가뭄이 발생하여, 중소하천의 경우에는 물이 흐르지 않는 건천이 많다.

수지읍을 관통하여 흐르는 정평천은 하폭이 약 25m인 소하천으로, 고층 주거단지 일색인 건조한 이 지역에 청량제와 같은 역할을 한다. 그러나 택지개발에 따른 하천의 직강화 작업은 도시홍수의 원인으로 작용하며, 하천생태계의 파괴를 가져온다. 우수 여과장치나 우수의 재이용 없이 하천으로 직접 우수를 배출함으로써 하천의 수질을 악화시킬 뿐만 아니라, 갈수시 수량고갈을 야기하여 하천생태계를 악화시킨다. 하천수량과 수질의 불량은 곧 주민들의 하천공간 이용에도 영향을 미쳐 친수공간으로서의 역할을 수행할 수 없게 한다.

42) 건설부, 하수도시설기준, 1992.10 재구성

43) 최소유량과 최대유량의 비로 우리나라 하천의 하상계수는 외국 하천의 수십배에 달한다.

③ 근린공원의 이용상 문제점

수공간이 조성된 근린공원에 설치된 시설물은 벤치와 데크 정도로 그 수와 종류가 절대 부족한 상태이다. 주민들의 활발한 이용을 위해서는 파고라, 음수대, 조명 시설 등의 편의시설의 확보와 물과 관련된 놀이공간 등의 계획이 필요하다. 하천의 대안(對岸)은 주거단지와 도로로 구성이 되어 있다. 하천의 수변은 차폐물로 차단되고 계단조차 조성되지 않아 주민들이 고수부지로 내려가는 것을 방해한다. 수변은 도로로 차단되어 하천변을 따라 걷는 것조차 불가능하다.



(그림 6.5) 대상지 전경



(그림 6.6) 근린공원의 연못



(그림 6.7) 하천

하천을 사이에 두고 대상단지와 인근아파트가 마주하고 있다.



(그림 6.8) 근린공원과 면한 하천 뒤로 대상단지가 보인다

2) 대안 및 기본구상

① 대안의 목표 및 설계 방향

대상지의 수환경을 환경친화적으로 개선할 수 있는 수공간 계획을 도입하기 위해 수자원절약, 환경오염최소화, 자연친화 등을 세가지 기본 목표로 설정하고, 다음과 같은 설계 방향을 제시하여 계획의 지침으로 이용하고자 한다.

-수자원절약

- 생활배수를 수질처리한 중수도를 수공간의 수원으로 이용한다.
- 우수를 집수, 저류하여 수공간의 수원으로 재이용한다.
- 단지의 수공간과 인근 하천 및 공원의 수공간과 연결하여 물의 순환 네트워크를 형성한다.
- 단지를 순환하는데 사용된 물은 식생정화력이 있는 연못을 거쳐 수질을 정화한 후 최종적으로 하천으로 방류하여 하천의 유지유량으로 사용한다.

-환경오염최소화

- 식생수로 및 투수성포장을 설치하여 하천으로 직접 오염된 우수가 배출되는 것을 억제한다.
- 하천변에 식생대(VFS)를 설치하여 강우시 토사 및 오염물질이 하천으로 유입되는 것을 방지한다.
- 연못의 자연정화능력을 이용하여 하천으로 방류되는 물을 정화한다.

-자연친화

- 하천변의 식생은 종다양성을 위해 수직적으로는 지피→관목→교목으로 연결되는 다층구조로 조성하고, 수평구조로는 수중→수변·수생→육상식물로 이어지게 한다.
- 하천의 갈수기에도 어류 등의 수중생물들이 생육할 수 있도록 복단면을 기본으로 하여 다양한 수심을 형성하도록 단면구성을 한다.
- 하천의 호안을 생태계가 살수 있도록 다공질의 생태호안으로 조성한다.
- 연못도 하천과 마찬가지로 식생과 단면형태 등을 다양하게 조성한다.
- 단지내 수공간은 보행자도로, 전용정원, 놀이터 등의 공간과 결합하여 어메니티를 높인다.
- 공원내 휴식 또는 물과 관련된 다양한 행위를 유발하기 위한 시설물을 조성하여 수공간 이용을 배려한다.
- 하천을 따라 보행자도로나 자전거도로 등을 설치하는 등 주민들의 공간적 접근성을 높인다.

② 수공간 기본구상

물의 순환적 측면에서 대상지역의 수공간들을 조합하여 수공간 네트워크를 형성한다. 단지내 각 주동에 저류된 우수 및 중수는 실개천의 형태로 단지를 순환하고 단지외부의 연못으로 연결되어, 최종적으로는 하천으로 방류되는 것을 기본으로 한다. 도식화하면 (그림 6.9)와 같다.

우수 및 중수 → 주호저류 → 실개천 → 공원연못 → 하천방류
↳투수성포장 및 식생→지하침투
↳식생수로→하천방류

(그림 6.9) 수공간 기본 네트워크

(그림 6.10) 대상단지 수공간 기본 계획 개념도

6.3. 기본계획

6.3.1. 수환경 계획

1) 수량적 측면

① 우수이용

우수를 집수하여 수공간에 재이용하기 위해, 먼저 사용가능한 우수량을 산정한다. 이것은 월별 강수량에 집수면적(지붕의 수평투영면적)과 집수효율을 곱하여 월별 집수가능한 우수량을 계산한다. 이때 강수량은 앞서 정리한 대상지의 강수량 자료 중 50%수준의 값을 선택하도록 하겠다. 이 값은 평균강수량보다 적은 수치이며, 대상지에 이보다 많은 비가 내릴 확률이 50%임을 의미하고, 신뢰도를 높이기 위해 25% 또는 10%수준의 값을 선택할 수 있다. 이때에는 기대우수량이 적기 때문에 적정 수공간 규모도 그만큼 작아지게 된다. 지붕면에 떨어지는 모든 우수가 저수조로 집수되는 것은 아니다. 지붕재료나 루프와서의 종류 등에 따라 강수 손실을 가져오는데 보통 0.03-0.1 정도의 값을 가지며, 강수 손실을 제외한 것을 집수효율이라 한다. 여기서는 집수효율을 0.9로 하였다. <표 6-7>은 주동별로 월별기대우수량을 계산한 값이다.

- 월별강수량×집수면적×집수효율=월별기대우수량

<표 6-43> 월별기대우수량

		월별기대우수량(m3)											
		1동	2동	3동	4동	5동	6동	7동	8동	9동	A	B	합계
월	집수면적	365	297	289	297	365	365	297	365	289	273	255	3457
	강수량(mm)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)	(m2)
1	14.6	4.80	3.90	3.80	3.90	4.80	4.80	3.90	4.80	3.80	3.59	3.35	45.44
2	17.9	5.88	4.78	4.66	4.78	5.88	5.88	4.78	5.88	4.66	4.40	4.11	55.69
3	44.6	14.65	11.92	11.60	11.92	14.65	14.65	11.92	14.65	11.60	10.96	10.24	139.76
4	59.1	19.41	15.80	15.37	15.80	19.41	19.41	15.80	19.41	15.37	14.52	13.56	183.86
5	83.8	27.53	22.40	21.80	22.40	27.53	27.53	22.40	27.53	21.80	20.59	19.23	260.74
6	102.6	33.70	27.42	26.69	27.42	33.70	33.70	27.42	33.70	26.69	25.21	23.55	319.20
7	322.4	105.91	86.18	83.86	86.18	105.91	105.91	86.18	105.91	83.86	79.21	74.00	1003.11
8	261.1	85.77	69.79	67.91	69.79	85.77	85.77	69.79	85.77	67.91	64.15	59.92	812.34
9	101.1	33.21	27.02	26.30	27.02	33.21	33.21	27.02	33.21	26.30	24.84	23.20	314.54
10	34.8	11.43	9.30	9.05	9.30	11.43	11.43	9.30	11.43	9.05	8.55	7.99	108.26
11	37.3	12.25	9.97	9.70	9.97	12.25	12.25	9.97	12.25	9.70	9.16	8.56	116.03
12	17.2	5.65	4.60	4.47	4.60	5.65	5.65	4.60	5.65	4.47	4.23	3.95	53.52
합계		3019	2418	2321	2418	3019	3019	2418	3019	2321	542.41	251.66	3684.49

비고 : A 생활편익시설, B 주민복지관

② 중수이용

변동율이 큰 우수에 비해 중수는 비교적 이용가능한 수량이 안정적으로 확보된다는 장점이 있다. 중수량은 주거단지 1인당 1일 중수사용량에 대상단지의 인구수를 적용하여 간략하게 구할 수 있다. 기존연구⁴⁴⁾에 의하면 중수량은 전체급수량의 25%정도로 일본 토목학회에서는 주거단지의 1인당 1일 중수사용량을 50ℓ로 적용하고 있다. 이것은 우리나라의 급수사용량인 207ℓ/인의 약 25%에 해당하는 값으로 본 연구에서는 이 값을 채택하여 적용하였다.

• 1인당 1일 중수량×주거단지 주민수 = 1일 기대중수량

4인가족을 기준으로 할 때, 대상단지의 총 일별 기대중수량은 162.4m³이고, 월별 총 중수량은 4,872m³이다.

<표 6-44> 기대중수량

세대수	1동	2동	3동	4동	5동	6동	7동	8동	9동	합계
		114	72	72	72	114	114	68	114	72
1일 기대중수량 (m ³)	22.8	14.4	14.4	14.4	22.8	22.8	13.6	22.8	14.4	163.4
월별 기대중수량 (m ³)	684	432	432	432	684	684	408	684	432	4,872

③ 수공간 규모산출

앞에서 계산한 우수 및 중수의 기대수량을 이용하여 적절한 수공간 규모를 산출할 수 있다. 일반적인 수공간에 필요한 유지수량은 <표 6-9>와 같다.

<표 6-45> 수공간에 필요한 유지수량 산정 방법

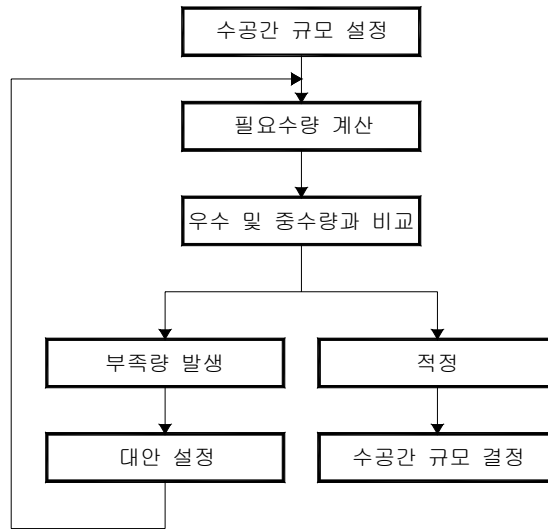
진수시설 구분	필요수량(시설제원)
실개천	수심: 0-10cm 수로폭: 0.4-2m 유속: 10-40cm/초
	수심: 20-50cm 유속: 0 10일 정도에 저류된 빗물이 전량 교환될 수 있도록 보급

자료: 한국건설기술연구원, 그린타운 개발사업Ⅲ, 1998, p.13 채구성

44) 이철희, 이순화, 건물내외의 수자원 보전과 청정수 공급, <http://greenbuilding.co.kr>

표에서 보여주는 필요수량 외에도 증발과 침투 등에 의한 감소량을 보충하기 위한 수량이 더 요구되어진다. 그러나 여름철을 제외하고는 그다지 큰 값을 요구하지 않고, 기본적으로 실내와 같이 증발손실분만 보충하는 수공간이 아니므로, 실개천은 수로단면과 수심에 의해서만 수량을 산출하였고, 연못은 하루에 전량의 11% 정도의 수량이 필요한 것으로 계산하였다.

수공간 규모산출 프로세스는 (그림 6.11)과 같다.



(그림 6.11) 수공간 규모 결정 흐름도

(그림 6.10)의 수공간 기본 계획도와 같이 각 주동에 저류된 증수 및 우수는 실개천을 통해 연못으로 저류하게 된다. 따라서 각 주동앞을 흐르는 실개천의 규모만 결정되면 그에 따라 연못 및 기타 수공간의 규모가 자동적으로 결정될 수 있다.

유속은 10cm/s로 실개천이 온종일 흐르는 경우와 낮(12시간)동안만 흐르는 경우 두가지로 구분하여 규모를 계산하였고, 그 결과는 <표 6-10>과 같다. 실개천이 각 주동을 연속해서 흐를 때는 주동을 지날 때마다 투입되는 유량이 증가하여 유속이 빨라진다. 유속을 그대로 유지하려면 수로의 단면적을 넓혀주면 된다.

<표 6-46> 주동앞 실개천 규모 산출

		1동	2동	3동	4동	5동	6동	7동	8동	9동
24시간 /일	수심 (cm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	수로폭 (cm)	50	35	35	35	50	50	30	50	35
12시간 /일	수심 (cm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	수로폭 (cm)	100	70	70	70	100	100	60	100	70

2) 수질적 측면

우수는 지붕집수를 기본으로 하기 때문에 지붕면의 오염물질을 포함하고 있는 초기유출수만 배제한다면 비교적 수질은 양호하다. 루프와셔 등의 여과기를 지붕 홈통에 설치하여 초기유출수를 배제하고, 집수된 우수는 저류조에서 자연침전시켜 실개천으로 순환하도록 한다. 중수는 각 동마다 중수처리시설을 설치하여 정화하는 것으로 한다. 단지를 순환하면서 오염된 물은 공원의 연못에서 오염물질을 침전시켜서 정화된 물을 하천으로 방류한다.

3) 우수유출량

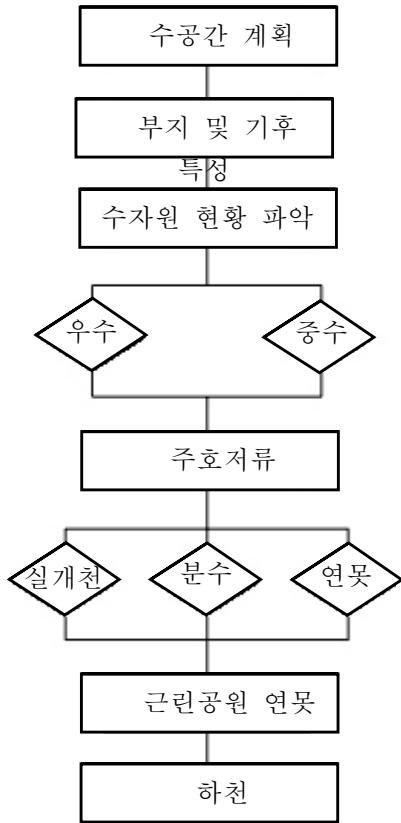
6.2.3에서 기존 대상지의 우수유출량을 구한 방법과 동일한 과정을 통해 개선 후의 우수유출량을 계산하여 기존 우수유출량과 비교하였다. 단 개선안에서는 지붕면 우수를 집수하여 재이용하므로 지붕에서 유출되는 우수량이 없다고 가정하여 유출계수를 0으로 하였고, 지상주차장은 녹지 및 수공간으로 조성하였다. 수공간으로 인한 수면부분은 유출계수를 1로 계산하였다. 계산 결과 연간 유출량은 16610.40m³으로 기존의 25118.17m³과 비교하면 약 66%에 해당하는 수치로, 상당량이 감소하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 강수량이 거의 없는 동절기(1,2,12월)에는 그다지 우수유출량의 감소가 큰 의미를 갖지는 못하나, 강수량이 집중되는 5월에서 9월사이에는 침투우수유출량을 줄임으로써 수환경 측면에서 효과가 클 것으로 사료된다.

<표 6-47> 개선후 연간 우수유출량

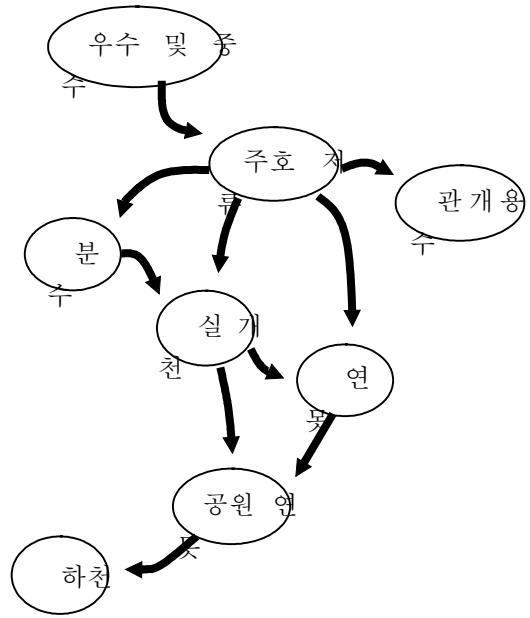
평균 유출계수	0.41
연간 집수량(m ³)	40513.18
연간 유출량(m ³)	16610.40

6.3.2. 수공간 계획

기존 배치도

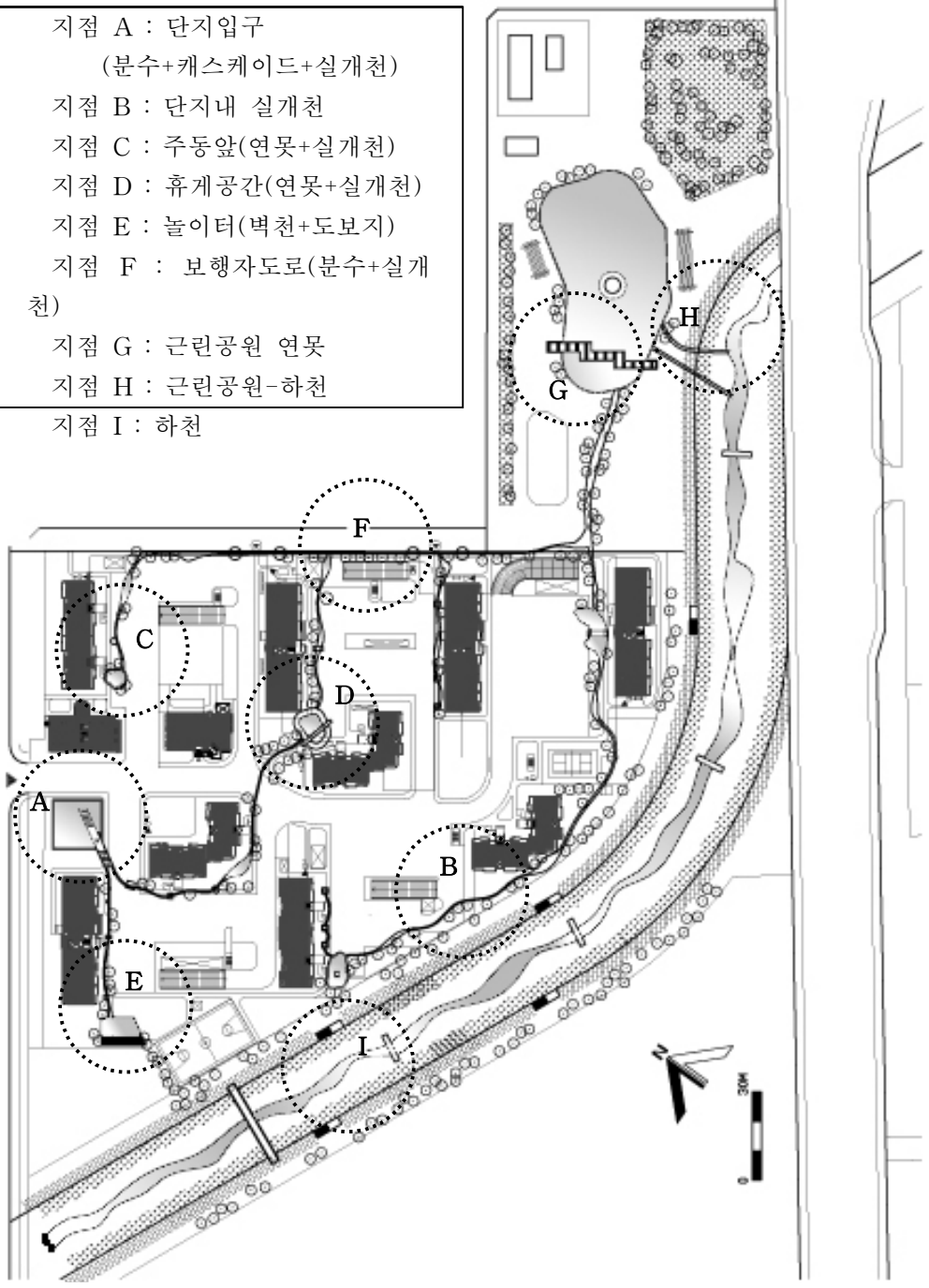


수공간 계획 흐름도



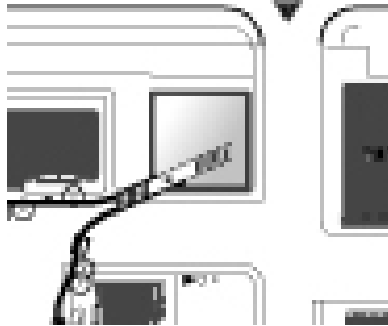
수공간 물순환 개념도

- 지점 A : 단지입구
(분수+캐스캐이드+실개천)
- 지점 B : 단지내 실개천
- 지점 C : 주동앞(연못+실개천)
- 지점 D : 휴게공간(연못+실개천)
- 지점 E : 놀이터(벽천+도보지)
- 지점 F : 보행자도로(분수+실개천)
- 지점 G : 근린공원 연못
- 지점 H : 근린공원-하천
- 지점 I : 하천



개선안 배치도

• 단지입구



분수

캐스케이드

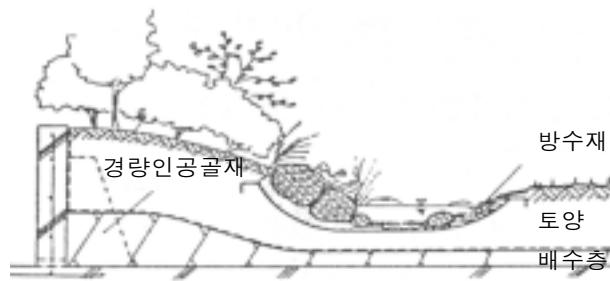
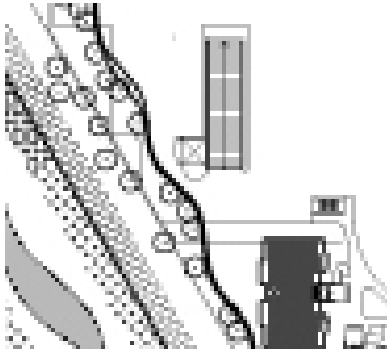
실개천

연못

분수

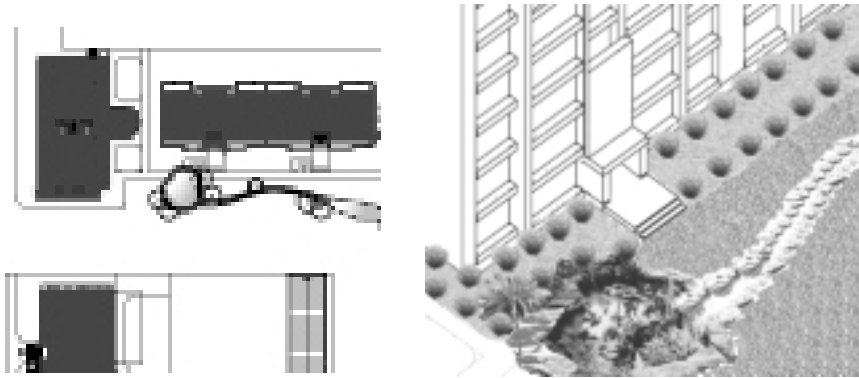
단지입구는 단지진입 뿐만 아니라 물순환형 단지에서 물순환의 시작을 알리기도 한다. 기존에 설치된 지하저류조 상부에 연못을 조성하고, 지하에 저류된 우수 및 중수를 분수로 토출한 뒤 다양한 경관 및 물소리를 창출하는 캐스케이드를 거쳐 실개천으로 흐르게 한다. 캐스케이드 측면에는 식생 조경을 하여 물과 녹이 어우러지게 계획하였다.

• 단지내 실개천



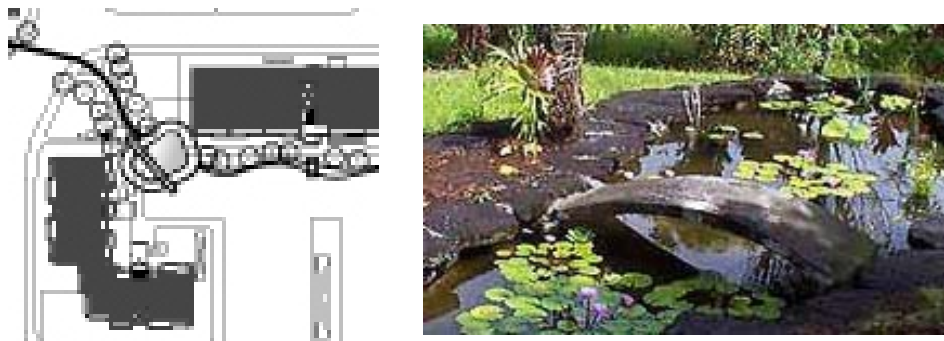
단지 전체를 순환하는 실개천을 조성한다. 이 실개천은 단지내 물의 순환에 기여하면서 개별적으로 조성된 비오톱들을 연결한다. 수심은 1cm 내외정도, 수로폭은 약 30-40cm를 기본으로 하며, 실개천이 합류하는 곳이나 각 주동을 거쳐 흘러 수량이 늘어나는 곳은 단면을 보다 크게 계획한다. 실개천 곳곳에 작은 저류연못을 조성하여 어류 등의 서식처를 제공한다.

• 주동 앞



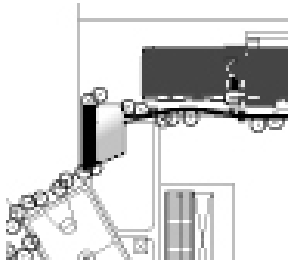
일자형의 주동전면에 분수가 있는 연못과 실개천을 조성하여 연결한다. 기존 주차장이 차지하고 있던 공간을 녹지화하여 수공간을 조성함으로써 청량감과 쾌적함을 줄 수 있다.

• 휴게공간



단지의 중앙에 위치한 휴게공간에 연못을 조성하고 연못가에 벤치, 파고라, 조명 등의 휴게시설을 설치한다.

● 놀이터



하천변에 인접한 어린이놀이터에 어린이들의 흥미를 유발하는 벽천과 안전하게 물속에서 놀 수 있는 얇은 수심의 도보지를 조성한다. 수공간에 사용된 물을 잔디의 살수용수로 재이용된다.

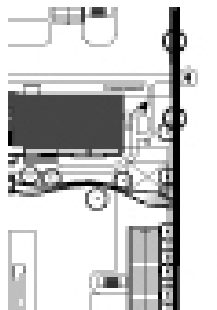
벽천

도보지

지하저류조

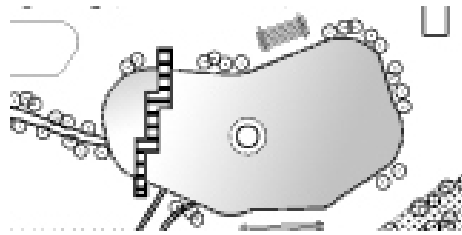
잔디 관개

● 보행자전용도로



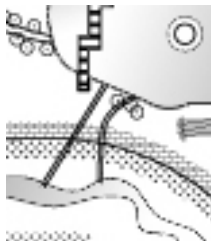
인근주택지와 사이에 있는 약 120m 길이의 보행자전용도로에 실개천 및 다양한 높이의 샤프노즐을 설치하여 다양하고 흥미로운 경관을 창출한다.

● 근린공원

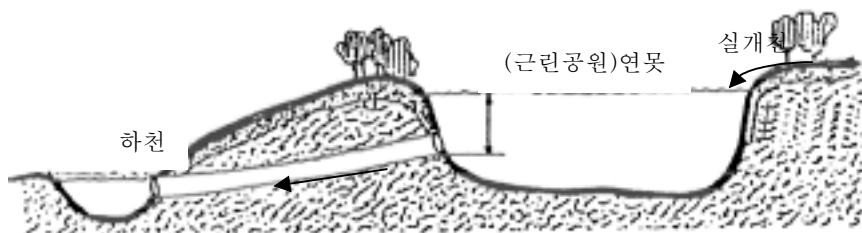


단지의 수공간과 공원의 수공간을 실개천으로 연결한다. 공원은 생태적으로 다양한 녹림을 조성하고 필요한 관개수는 연못에서 정화된 물을 사용한다. 기존 공원내 부족한 편의시설을 도입하여 주민들의 공원 이용을 도모한다.

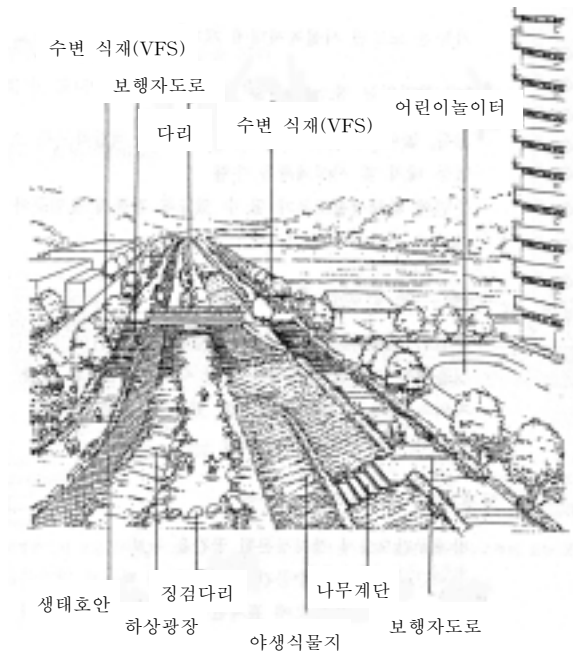
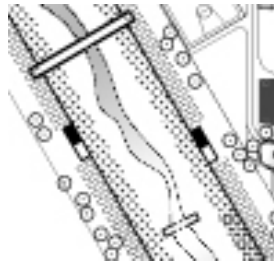
● 근린공원-하천의 연결



공원 연못으로 유입된 물은 수중식생에 의해 정화된 후, 하천으로 방류되어 건천시 하천의 유지용수로 재이용된다.



● 하천



하천변을 주민들의 친수공간으로 활용할 수 있도록 수변에 녹도를 이루는 보행자도를 설치하고, 하천과 연결하는 계단 및 다리를 조성한다. 호안은 갈대 등을 이용한 생태호안으로 하여 생태적 안정성을 추구하고, 하천의 종단면은 저수위에서도 수중생물의 서식처를 제공할 수 있도록 다양한 수심을 형성하도록 계획한다. 우기시 오염물 유입이 갑작스레 증가하지 않도록 수변에 식생대(VFS)를 조성하고, 인근단지에는 우수유출을 제어할 수 있는 시설을 설치한다.

제 7장 결론

본 연구는 공동주거단지내 수공간 도입시 환경친화적 개념을 도입하여 계획할 수 있도록 환경친화적 수공간의 기본 계획 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1. 환경친화의 개념고찰을 통해 환경친화적 수공간을 조성하기 위한 3가지 기본 목표를 설정하고, 이를 실현하기 위한 지침 및 기법을 제시할 수 있다. 환경친화적 수공간의 기본목표는 자원절약, 환경오염최소화, 자연친화의 실현이며, 각각에 대한 세부기법은 다음과 같다.

- ① 자원절약
 - 우수이용기법
 - 중수이용기법
- ② 환경오염최소화
 - 우수유출량제어기법
 - 생물정화기법
- ③ 자연친화
 - 비오톱조성기법
 - 친수공간조성기법

2. 주거단지 규모에 따라 적용할 수 있는 수공간 유형을 수량확보적 측면에서 분류할 수 있으며, 규모별 기대수량은 다음과 같다.

단지규모	수량(m ³ /day)		
	우수량	중수량	합계
대규모 2000호(100ha)	938	400	1338
중규모 400-500호(15-25ha)	140-235	80-100	220-335
소규모 15-40호(0.5-2.5ha)	4-23	3-8	7-31

놀이와 친수성을 주목적으로 하는 어메니티형 수공간은 중수·우수의 기대수량과 외부공간 크기에 따라 적절히 조절하여 적용가능하므로, 단지의 규모에 상관없이 도입할 수 있다. 반면, 생태형 수공간은 생물의 서식을 위해 일정 수심 및 유속을 유지해야 하기 때문에, 서식하는 생물에 따라 일정이상의 수량확보를 필요로

한다. 특히 어류가 서식하는 생태형 실개천은 신도시 개발 등의 지구적 차원에서 계획되어야 한다. 그리고 수질정화가 주목적인 식생정화 수공간은 유입수량에 비례하여 표면적이 증가하므로 옥외공간이 협소한 도시 주거단지에는 적용이 어렵다.

3. 산출된 수량을 근거로 단지규모별로 조성가능한 수공간의 최대규모를 산정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

	대규모	중규모	소규모	비고
실개천	단면적 0.15m ² (100cm×15cm)	단면적 0.038m ² (70cm×5cm)	단면적 0.0035m ² (70cm×0.5cm)	· 유속 10cm/s · 24시간 가동 · 어류 실개천은 8000세대 이상에서 가능
연못	110m×110m	55m×55m	16m×16m	· 수심은 생태연못인 1m를 기준

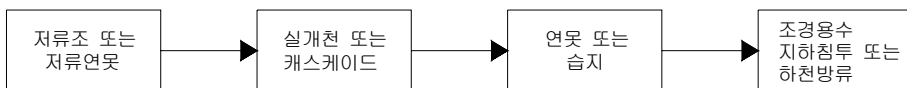
3. 단지내 건물의 배치에 따라 적용되는 수공간 유형은 달라진다. 기본 유형은 중정형, 일자형, 직교형이며, 이에 따른 수공간 유형은 다음과 같다.

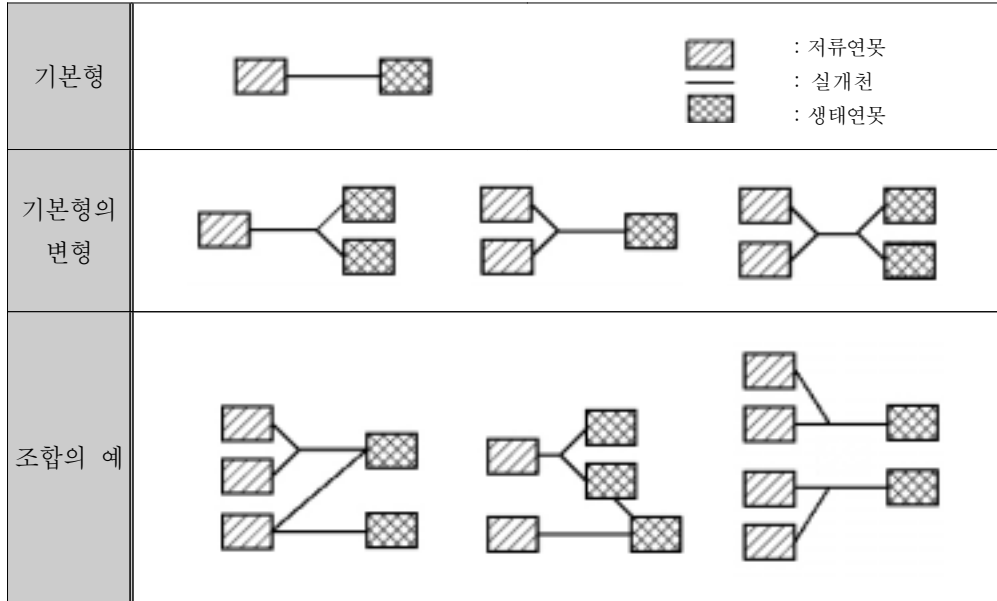
① 중정형 : 중정에 설치된 어린이놀이터, 녹지공간 등과 연계하여 수공간을 계획한다. 저류연못 또는 중수처리를 위한 reed bed 등을 조성하여 실개천을 통해 다른 수공간과 연결한다.

② 일자형 : 외부공간이 협소하고 단조로워, 면적인 수공간보다는 실개천을 조성하여 다양한 경관을 창출한다.

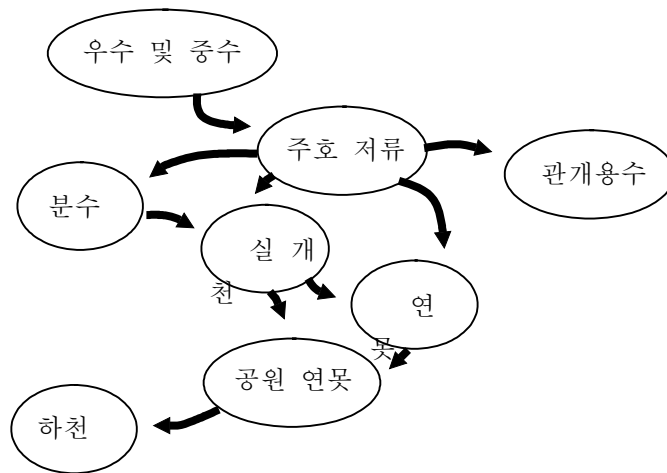
③ 직교형 : 중정형과 일자형 배치의 수공간 계획을 혼합하여 사용한다.

3. 환경친화적 수공간의 사례 및 기법 분석을 통해 환경친화적 수공간 기본 모델을 설정할 수 있다. 본 연구에서는 주거단지내 물의 순환적 측면에서 기본 수공간 네트워크를 제시하였다. 그 내용은 다음과 같으며, 표는 기본형의 변형 및 조합의 예를 보여준다. 분수, 벽천 등의 기타 수공간 요소들을 기본형에 조합하여 계획할 수 있다.





4. 기존 주거단지에 수공간 모델을 적용하여 계획하였다. 대상지는 소하천과 생태연못이 조성된 공원에 접하고 있는 중규모 단지이며, 주동별 우수 및 중수량에 따라 실개천 및 연못의 규모를 정할 수 있다. 다음은 계획 수공간에 적용된 물순환 개념도이다.



단지의 경사를 따라 흐르는 실개천의 유량은 인접하는 공원의 연못의 유지용수로 사용되며, 연못에서 일정수위 이상으로 넘치는 물은 다시 하천으로 방류되어 하천의 유지용수로 사용된다. 실개천의 중간중간에 저류연못을 두어 주변 식재의 관개용수로 사용할 수 있다.

옥외공간의 성격에 적합한 수공간 요소를 도입하여 단지내 어메니티를 향상시킨다. 단지의 주출입구에는 단지의 상징성을 높여줄 수 있는 분수 및 벽천을 계획하였고, 놀이터에는 어린이들이 유희를 즐길수 있도록 수심이 얇은 도보지를 조성하였다. 주동앞에는 물이 솟아오르는 작은 연못을 계획하여 공용의 옥외공간과 개인의 실내공간사이에 매개적인 역할을 하는 공간을 조성하였으며, 대상단지와 인근 주택지 사이의 보행자전용도로를 따라 흐르는 실개천을 조성하여 다양한 경관을 창출하였다.

본 연구는 환경친화적 수공간 기본 모델을 수순환적 측면에서 제시하여 사례연구를 실시하였으나, 본질적 의미의 환경친화형 수공간은 앞에서 제시한 3가지 기본 목표를 모두 충족시킬 수 있어야 한다. 특히 생물을 이용한 수질정화기법은 단지내 물을 순환시키는 수공간을 조성하기 위해서는 필수적이다. 선진 외국에서는 생물정화기법을 도입한 주거단지의 사례가 많고 또 그 기술적 측면도 이미 검증이 된 단계이지만 우리나라는 아직 도입단계이고, 외국과는 기후가 달라 외국 기술을 그대로 받아 들일 수도 없다. 따라서 환경친화적 수공간을 계획하기 위해서는 먼저 환경친화적 수공간 조성 기법들에 대한 기술 및 경제성 검토가 선행되어야 할 것이다.

참고문헌

단행본

1. 건설교통부, **환경보전형 주택시스템 개발**, 1995
2. 김귀곤, **생태도시계획론**, 대한교과서주식회사, 1993
3. 대한주택공사, **환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구**, 1996
4. Michael Hough, **도시경관·생태론**, 기문당, 1988
5. 조경연구회, **조경입문조경계획·설계자료집성**, 조경사, 1997
6. **현대한국조경우수작품집**, 도서출판 조경, 1999
7. 주택산업연구원, 캐나다주택금융공사, **환경친화적 도시근교 주거단지 개발기법**, 2000
8. 한국토지공사, **환경친화적 단지계획기법**, 1996
9. 한국토지개발공사, **친수형단지 설계 가이드라인**
10. 한국건설기술연구원, **저층고밀형 친환경 주거단지 유형개발을 위한 연구**, 1997
11. 한국건설기술연구원, **환경모범도시 건설을 위한 기반기술 개발에 관한 연구(Ⅱ)**, 1996
12. 한국건설기술연구원, **유지유량/하천환경 관련 해외 사례 조사 보고서**, 1994
13. 한국수자원공사, **하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용**, 1995
14. 행정자치부, **소하천 시설기준 제정을 위한 기초연구**, 1998.4
15. 행정자치부, **우수유출저감시설 설치기법연구(Ⅱ)**, 1999
16. 사카이 겐이치, **어메니티**, 도서출판 따님, 1998
17. 이규인, **세계의 테마형 도시집합주택**, 발언사, 1997
18. 신현국 외 1인, **환경과학총론**, 도서출판 동화기술, 1993
19. 공동주택연구회, **한국 공동주택계획의 역사**, 도서출판 세진사, 1999
20. 국립환경연구원, **생태도시 조성 기반기술 개발사업**, 1997
21. 조대성, **도시 수변공간 개발**, 도서출판 누리예, 1999
22. 환경부, **전국 그린 네트워크화 구상**, 1995
23. 노섭, **응용 수문학**, 도서출판 청호, 2000
24. 한국건설기술연구원, **그린타운 개발사업 Ⅲ**, 1998
25. 환경부, **전국수도종합계획**, 1998
26. 한국환경기술개발원, **21세기를 대비한 물관리정책의 개선방안**, 1996
27. 기상청, **한국기후표 Ⅱ**, 1999

학회지 및 정기간행물

1. 박상동 외 1인, **그린빌딩 요소기술**, 건축, 1998.9
2. 하이드론 부제, **킬-하계 생태주거단지의 건설 경험**, 건축, 1998.9
3. 이은희, **생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계와 도시화와의 관계**, 한국조경학회지, Vol 24, 1997
4. 김귀곤 외 1인, **인공습지 조성후 생물다양성 증진 효과에 관한 연구**, 한국조경학회지, 1999.10
5. 신항식, **우리나라 중수도의 현황과 발전방향**, 한국수자원학회지, 1998.7
6. 조원철, **서울특별시 호우유출 저감시설 시험사업**, 한국수자원학회지, 1999.7
7. 이도원, **식생을 이용한 수질 관리**, 한국수자원학회지, 1999.9
8. 양홍모, **수자원보전을 위한 점원 및 비점원 오염물의 자연생태적 친화경적 처리 인공습지 및 연못-습지 시스템**, 한국수자원학회지, 1999.9
9. 김두하 외 2인, **단지개발에 있어 강수량 지하침투 증대를 위한 침투시설의 도입가능성 연구**, 한국조경학회지, 1997.4
10. 이홍래, **우수유출 저감시설 설치공법의 확립을 위한 과제**, 한국수자원학회지, 1999.7
11. 김귀곤, **지속가능한 단지개발과 친수설계**, 토지개발기술, 1995
12. 이재철, **단지내 친수공간의 물확보 방안**, 토지개발기술, 1995
13. 이삼희, **단지내 하천환경의 복원 기법**, 토지개발기술, 1995
14. 김영석, **친수기능 확보를 위한 하천수질 개선방안**, 토지개발기술, 1995
15. 강신용, **수변공간의 조경설계**, 토지개발기술, 1995
16. 박성영, **물환경을 고려한 단지계획**, 토지개발기술, 1995

학위논문

1. 주옥자, **공동주택 단지외부공간 환경친화도 평가 방안에 관한 연구**, 연세대 박사, 1999
2. 이종경, **지속가능한 개발을 위한 환경친화적 아파트 단지 계획 방향 연구**, 중앙대 석사, 1998
3. 이은희, **폐교시설을 이용한 환경친화적 노인주거단지 계획에 관한 연구**, 중앙대 석사, 1996
4. 강경호, **우리나라 공영아파트단지의 배치기법 및 외부환경계획의 변천과정에 관한 연구**, 중앙대 석사, 1998
5. 김영신, **공동주택 단지내 수공간의 도입방안에 관한 연구**, 연세대 석사, 1998

6. 민양관, **환경친화형 주거단지의 계획요소에 관한 연구**, 청주대 석사, 1998
7. 안윤주, **생이가래를 이용한 수질오염물질 제거방안 연구**, 서울대 석사, 1993
8. 백영철, **우리나라 인공호수의 물리적 환경요인이 부영양화에 미치는 영향에 관한 연구**, 서울대 석사, 1991
9. 양순옥, **일산 호수공원 조경설계**, 서울대 석사, 1993
10. 이광배, **건축환경에서의 수공간 계획기법에 관한 연구**, 고려대 석사, 1985
11. 이현주, **공동주택단지내 주동배치에 따른 외부공간 특성에 관한 연구**, 서울대 석사, 1995
12. 한영해, **환경친화적 주거단지 기본계획**, 서울대 석사, 1995
13. 전성우, **생태도시계획기법에 관한 연구**, 서울대 석사, 1993
14. 강명구, **환경모범도시에서의 물환경시스템**, 인하대 석사, 1997
15. 이해련, **물을 매개로 한 수변공간 환경디자인에 관한 연구**, 이화여대 석사, 1994
16. 윤정환, **수공간의 유형과 의미에 관한 연구**, 동국대 석사, 1997
17. 권근중, **담수생태학습원 기본계획**, 서울대 석사, 1986

국외문헌

1. 環境共生住宅研究會, **環境共生住宅宣言**, 1992
2. 環境共生住宅研究會, **環境共生住宅 計劃·建築編**, 1992
3. 環境共生住宅推進協議會, **環境共生住宅 A-Z**, 1998
4. Public Technology Inc. US Green Building Council, **Sustainable Building Technial Manual**
5. Rocky Mountain Institute, **A Primer on Sustainable Building**, 1995
6. James Steele, **Sustainable Architecture**, 1997
7. Austin Texas, **Texas Guide to Rainwater Harvesting**, 1997

Abstract

A Study on the Environment-Friendly Water Space in an Apartment Landscape

Chung, Ji-Yoon

Dept. of Architectural Engineering

The Graduate School

Chung-Ang University

Advised by prof. Rhee, Eon-Ku, Ph.D

With the global concerns about the sustainable development, the discussion of the environment-friendly apartment development has been earnestly progressed in Korea since early 1990's. However, only introduction of the natural element -water or green- into a apartment landscape has simply been made. Therefore this study aims to propose a specific scheme of water space into a apartment outdoor on the basis of the environment-friendly concept.

This study presents a model of the environment-friendly water space, and an application of the model to an existing apartment complex. The model is based on the consideration of the environment-friendly concepts, the analysis about cases, and the techniques to make the environment-friendly water space.

The results of the study can be summarized as follows.

1. Three basic concepts of environment-friendly water space are saving resources, minimizing environment pollution, and making natural harmony. Each of the concepts has some techniques.

① saving resources

- the method how to use rainwater
- the method how to use gray water

② minimizing environment pollution

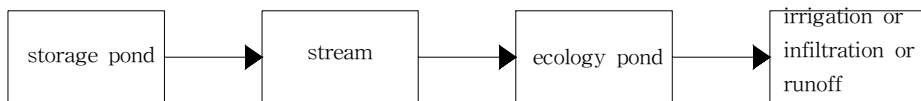
- the method how to diminish runoff
- the method how to use biological sewage treatment

③ making natural harmony

- the method how to design biotop
- the method how to design outdoor water space

2. According to the size of apartment complex, adaptable kinds of water space can be classified on the basis of the expected amount of water. As the water space for amenity is selectively applicable in accordance with the expected amount of rain and gray water and the size of open space, it can be introduced any complex regardless of its size. However, as the ecological water space require a certain water depth and water velocity for water life, it's necessary to provide the required amount of water. Especially fish stream must be planned on the regional scale. As the water space for biological sewage treatment is increased in proportion to the amount of sewage, it is difficult to be applied in the urban area.

3. This study proposed a basic model for the enviornment-friendly water space on the aspect of water circulation. It is also possible to plan the basic model in combination with other water space factors such as fountain, cascade, etc.. It is described as following figure.



4. The model was adjusted and planned for an existing apartment complex. The site is a middle-sized complex contacting a small river and a park having a ecology pond. The size of stream and pond is decided by expected amount of rainwater and graywater. Water of stream is reused at pond on the park. The overflow from the pond runs into the river and is reused. The water of storage pond is used for irrigation on the around grass.

The adjusted water space considering the characteristics of each outdoor space can improve amenity of a complex. Fountain and cascade for symbolization at the gate and padding pool for children in the playground were planned. In front of house, small pond with fountain was designed to mediate between public outdoor space and private indoor space. Stream along pedestrian street between the apartment complex and a near village was designed for various views.

감사의 글

부족하나마 이 작은 결실이 완성되기까지 격려와 도움을 주신 모든 분들께 깊은 감사의 마음을 전합니다.

언제나 자상하신 가르침으로 지난 2년간의 대학원 생활을 이끌어주신 이 연구 교수님께 진심으로 감사드립니다. 넉넉한 마음으로 후배들을 사랑하시는 송국섭 교수님, 논문에 많은 관심을 보여주시고 도와주신 황정하 교수님, 가끔 뵈 때마다 따뜻한 얼굴로 맞아주시는 박진철 교수님, 옆자리에서 항상 격려를 해주시는 김남규 교수님, 한결같이 소탈한 모습으로 대해주시는 김세훈 교수님, 웃는 얼굴이 매력이신 권영철 교수님께 감사드립니다. 그리고 입학 동기로서 항상 관심 가져주시는 이성환 사장님, 모든 일에 열심이신 이동주 선배님, 연구실의 기둥이신 관호 선배, 논문의 시작부터 끝까지 돌봐주신 성원 선배, 논문자료에 도움을 주신 주영 언니, 연구자의 자세에 대해 진심어린 충고를 해주시는 수연 언니, 털털한 기혼 선배, 지금은 미국에 있는 완기 오빠, 다시 연구실로 돌아온 형규 오빠, 그리고 항상 세세한 것까지 신경써 주는 흥선 오빠의 도움에 감사합니다. 연구실의 후배님들인 윤일 오빠, 성준 오빠, 현승 오빠, 그리고 다섯명의 상큼한 신입생 치용, 홍석, 수진, 미경, 경애에게도 감사드립니다.

건축세계로의 첫발을 지켜봐주신 제주대학교의 서일교 교수님, 김태일 교수님, 최동호 교수님, 은희창 교수님, 그리고 김석운 소장님께도 진심으로 감사드립니다.

항상 마음의 안식처가 되어주시는 부모님, 동생 희운, 혜운, 철우, 그리고 가족같은 막내 이모에게 진심으로 감사드립니다. 논문쓰는 동안 끊임없이 격려해준 원일 오빠, 호주에 간 수연 언니, 정화, 선미, 진아, 그리고 내년 봄에 결혼할 지현에게도 감사드립니다.

힘들고 지칠 때마다 곁에 있어주신 모든 분들께 감사드리며, 앞으로 더욱 더 성실한 자세로 정진하여 보답하고자 합니다.