

자연생태계 보전 및 복원 정책

05. 비도시지역에서의 자연생태계 보전 및 복원 정책과 기법



1. 습지생태계 복원 방향 및 기법

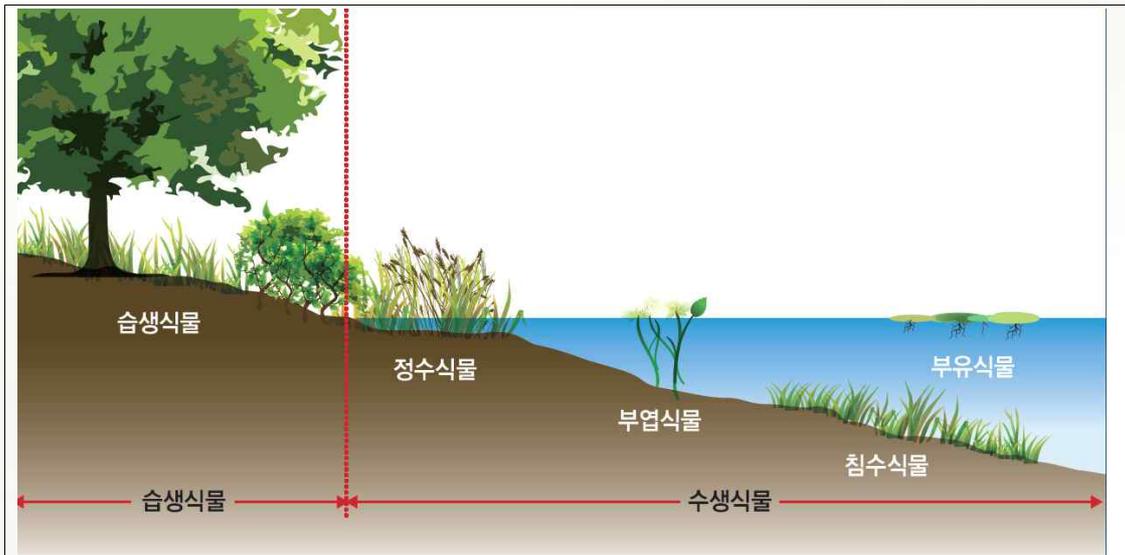
습지생태계 개념

습지는 생태계 유형 중, 생물다양성이 가장 풍부한 생태계로서 습지를 서식처로 삼는 야생동물 뿐만 아니라 은신처, 먹이터, 음수활동을 위해 이용하는 야생동물이 매우 많은 것으로 알려져 있다.

습지생태계가 다른 생태계와 구분되는 가장 뚜렷한 근거는 구성요소의 차이이다. 습지는 일반적인 토양과는 달리 오랜 시간 동안 지속되는 수공간과 일반적인 초지나 산림 보다 낮은 기온으로 인해 식물사체의 부패가 천천히 일어나고 꾸준한 퇴적작용으로 독특한 습윤토양을 보이며 적합한 식생이 생육하게 되는데, 이러한 특징을 지속시킬 수 있는 것은 습지의 유입·유출구이다. 따라서 습지의 구성요소에서 수문의 훼손이 발생하게 되면 습지의 토양과 식생에 변화를 야기하므로 습지생태계 복원시, 습지수문, 습윤토양, 습지식생에 대한 훼손 여부를 파악하여 우선 복원의 기준으로 삼는 것이 타당하다.

습지 식생은 물과 토양을 확인하지 않아도 우리가 습지임을 판별하는데 있어서 가장 쉬운 접근 방법이 된다. 습지 식생은 크게 습생식물과 수생식물로 구분하는데 평수위를 기준으로 하여 수생식물은 물에서 생활하는 식물이며, 습생식물은 물가에서 생활하는 식물이다. 수생식물은 다시 정수식물과 부엽식물, 침수식물과 부유식물로 구분한다.

[그림 5-1] 생활형에 따른 습지 식생 구분도



습지생태계 복원

습지생태계 복원시 육상 생태계와 수생 생태계의 특징을 나타내고 습지 고유의 생태적 기능(수질정화, 홍수저감, 서식처 등)이 수행될 수 있도록 복원 방향을 수립하여야 한다.

또한, 습지의 가치평가를 통해 핵심지역, 완충지역, 전이지역 등 복원 후 절대 보전지역과 이용이 허락되는 지역을 구분할 수 있도록 고려하고 복원된 습지생태계의 생물종 다양성 유지를 위하여 무분별한 이용을 제한할 수 있도록 하여야 한다.

훼손된 원인을 파악하여 근본적인 원인을 해결하고 복원 후에도 동일한 원인에 의한 훼손

손이 일어나지 않도록 계획하는 것이 중요하다.

습지의 구성요소는 크게 수문, 토양, 식생으로 구분될 수 있으며 각 구성요소에 대한 훼손 원인을 검토한 후 복원해야 하는 습지가 어떤 유형의 습지인지 확인해야 할 필요가 있으며 마찬가지로 어떤 유형의 습지로 복원해야 할 것인가에 대한 결정이 필요하다.

그 밖에 개방수면의 확보 방안, 주요 야생 동물의 서식처 유형, 오염원 저감 방안 등과 사후관리에 대한 사전 검토가 필요하다.

[그림 5-2] 습지생태계 복원 방향



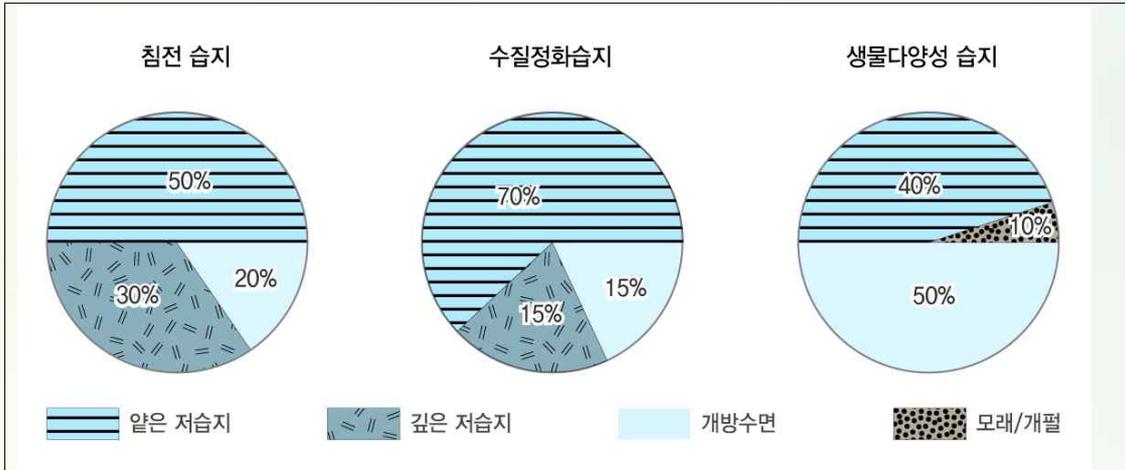
[표 5-1] 습지생태계 복원 시 주요 검토 사항

검토 사항	내용
습지 구성 요소	수문, 토양, 식생의 훼손원인을 검토하여 습지 본래의 기능과 구조를 가질 수 있도록 유도
습지 유형	습지 유형의 분류를 통해 복원대상 습지의 유형과 복원하고자 하는 습지 유형 검토
습지생태계의 지속 방안	개방수면, 야생동물 서식처 등 습지의 영속성과 기타 필요 항목에 대한 검토
관련 법규	습지생태계 복원 목적, 위치, 적용되는 법규를 검토하고 기타 지침에서 추구하는 습지생태계 복원 관련 항목 검토

습지는 조성하는 목적, 기능에 따라서 규모나 형태가 달라진다. 습지의 기능 중 침전 기능과 수질정화 기능, 생물다양성 증진 기능은 저습지와 개방수면, 모래나 개펄의 면적비를 달리하여 기능을 최적화시킬 수 있다.

수질정화 기능을 위해서는 저습지의 면적을 높이고, 생물다양성을 위해서는 개방수면 면적을 50% 내외로 유지하는 등 습지의 기능에 따라 조절할 필요가 있다.

[그림 5-2] 습지 조성 목적별 공간 구성 방법



2. 산림생태계 복원 방향 및 기법

산림생태계 개념

산림생태계는 한반도 육상생태계의 대표적인 유형이라고 할 수 있으며 다양한 야생 동물이 서식하고 있다. 생태계 유형 중, 습지생태계나 연안생태계 등 생물종다양성이 높은 곳도 있으나 국토를 이루는 전반적인 면적과 면적에 따른 생체량을 고려하였을 때, 산림생태계는 가장 넓은 서식처를 제공하는 생태계 유형으로 받아들일 수 있다.

그러나 인구증가에 따른 도시지역의 확장, 관광지 개발 등으로 인한 대규모 훼손이 빈번하게 발생하고 있는 실정이다. 이러한 산림생태계의 훼손은 넓은 서식처를 필요로 하는 대형 포유류나 이동성이 높은 야생 동물의 서식을 불가능하게 하여 종국에는 멸종되거나 주거공간으로 침입하여 인간과의 마찰을 피할 수 없게 된다.

산사태나 산불처럼 산림 재해에 의해 훼손되는 경우, 개발행위처럼 계획되거나 예측되지 않은 훼손이므로 피해지역의 확산이 빠르고 넓게 진행되어 대규모 훼손지역의 발생을 야기한다. 이러한 산림재해가 발생한 지역을 신속히 복원하지 않을 경우 호우, 태풍 등으로 인한 2차 피해의 가능성이 높으므로 우선 복원해야 한다. 이와 관련하여 자연 재해 뿐만 아니라 주변 토지의 개발압력이 높은 지역과 같이 잠재적인 훼손에 위협받는 산림 생태계 역시 복원의 우선순위로 삼을 수 있다.

특히 산림생태계의 대규모 훼손은 산림자원, 야생 동물 등 생태환경의 피해뿐만 아니라 산사태와 같은 자연재해의 원인이 되기도 한다.

산림생태계 복원

현재 우리나라의 생태계 유형상, 극상림을 나타낼 수 있는 생태계는 산림생태계가 가장 유리하여 천이상태가 우수한 산림생태계가 곳곳에 분포되어 있다. 식생천이는 상당한 시간이 요구되는 생태계 발전 과정으로, 훼손이 발생하였을 경우 2차 피해 방지와 함께 빠른 복원이 요구되고 있다.

산림생태계의 훼손 양상은 매우 다양하며 댐과 묘지와 같이 복원 대상지로 삼기 어려운

유형도 존재하므로 훼손의 원인을 근본적으로 극복하고 수평적, 수직적 구조 등을 파악하여 각 구조에 적합한 복원 방향을 설정해야 한다.

산림은 일조량, 배수정도, 토양 유기물 등 다양한 생태기반환경요소에 의해 좌우되므로 복원산림의 생태기반환경을 충분히 고려한 복원 기법을 적용해야 한다.

[그림 5-3] 산림생태계 복원 방향



또한, 해발고도에 따라 기온, 기상개황 등 기반환경에 차이를 보임으로 복원 대상지의 고도와 고도에 따른 생육 특성과 야생동물의 이동을 고려하여 필요시 생태통로의 조성 등 적절한 대안을 검토해야 한다.

산림은 생태기반환경 중 지형의 훼손이 가장 심각한 생태계 유형 중 하나이나 훼손 정도와 훼손 유형에 따라 지형복원에 막대한 예산과 시간이 요구될 수 있으므로 지형복원의 의사결정 전, 신중한 자료와 기회비용에 대한 검토가 필요하다.

또한 유형별 생태계의 생체량이나 면적을 고려하였을 때 가장 넓은 서식처를 제공하는 생태계 유형이므로 복원 대상지 및 대상지 주변에 서식하는 야생동물의 생태적 특성, 복원 사업 자체로 인한 훼손을 최소화하기 위한 저감 대책 등이 마련되어야 한다.

[표 5-2] 산림생태계 복원 시 주요 검토 사항

검토 사항	내용
생태기반환경	동일한 산이라도 고도에 따라 기반환경이 다르며 지형복원의 경우 신중한 의사결정 필요
생태축 연결성과 서식처	생물종 이동을 위한 복원 방안 및 야생동물 특성에 따른 서식처 조성
복원 사업에 의한 훼손	진입로, 복원 공간 확보를 위한 벌목 등 복원 사업 자체에 의한 훼손 저감 방안 필요
지역 문화 및 기타	산림문화 및 등산객이 복원지역에 미칠 영향 등을 파악

3. 하천생태계 복원 방향 및 기법

하천생태계 개념

하천은 육상생태계에서 물순환의 중요한 공간이며 담수어류를 포함하여 다양한 조류의 서식처로 활용되고 있을 뿐 아니라 물이 갖고 있는 고유한 특성을 통해 도시열섬 완화 등 불안정한 미기후 조절에 큰 효과가 있다.

1960년대부터 본격적으로 시작된 하천정비사업은 홍수예방을 위한 치수 중심으로 제방을 축조하여 외수가 제내지로 범람하는 것을 막기 위해 추진되었으나 집중호우발생 및 도시화에 따라 홍수 유입량이 급격히 증가하는 추세여서 기존 제방을 다시 높여야 하는 악순환이 우려되고 있다. 따라서, 인공적으로 정비된 하천의 각종 문제점을 해결하기 위해 생태적인 관점에서의 하천복원이 필요하며 생물종 서식처 기능, 수질정화 등의 생물종 중심의 복원과 함께 하천둔치, 홍수터 등 홍수 방어를 겸할 수 있는 하천생태계 복원이 필요하다.

하천의 수평적 구조는 종단 특성으로 설명할 수 있으며, 하천은 발원지를 포함하여 상류와 중류, 하류 및 하구로 나눌 수 있다.

일반적으로 상류는 보통 경사가 가장 급하여, 자갈이 많고 습도가 높으며, 수온이 낮고 용존 산소량은 많으며, 빈 영양 상태에 있다. 유역 사면으로부터 침식된 유사가 하류로 이동하는 구역으로 주로 침식 작용이 일어난다. 생태적인 측면에서 먹이원의 제한과 계절 변화가 크지 않는 수온 등의 영향으로 생물종의 다양성은 제한된다.

중류는 작은 자갈이나 모래로 구성되고, 수층부와 사주부를 형성한다. 대체적으로 홍수터가 넓고, 수로가 사행(蛇行)하는 형태를 띠며, 주로 운반작용이 일어나는 구간이다. 생물 다양성이 높으며 건천화에 적응할 수 있는 다년생 초본류, 갈대와 물억새 등이 분포한다. 생태적으로 중류 구간은 넓은 자갈밭, 하중도, 수변의 수생식물대, 홍수터의 자연초지, 하반림 등의 서식처에 적응하는 곤충과 조류가 서식한다.

하류는 유속이 느리고 모래와 점토질이 퇴적되는 특성을 갖는다. 또한, 규모 있는 습지가 형성되기도 하며 수위 변동이 크고 유속 및 하폭의 변화는 거의 없고 수면경사가 거의 일정하다. 갈대나 줄 등의 식물이 분포한다. 생태적으로 하류부는 하천의 경사가 완만해지고, 유속이 작아져 퇴적이 진행되는 구간으로서 유입되는 영양물이 풍부해져서 생물상도 다양해진다.

[표 5-3] 하천의 종적 특성

형태	상류	중류	하류
수심	얕다	상·하류의 중간	깊다
유역 지형	가파르고 좁다	넓다	평평하다
하도	짧고 꺾임이 많다	곡류와 직류가 함께 나타난다	곡류가 많다
하상 경사	가파르다	상·하류의 중간	완만하다
유속	빠르다	상·하류의 중간	느리다
유량의 변화	크다	적다	거의 없다
하상 재료	큰 돌	자갈	모래, 진흙
소류 정도	많다	상·하류의 중간	작다
침식 형태	하상 침식	하안침식과 퇴적	퇴적
수온	변화가 적고 낮다	온도 변화가 있다	온도가 높다
용존 산소	다량	상·하류의 중간	소량
염기와 양분	소량	상·하류의 중간	다량
동식물의 종류	적다	많다	매우 많다

하천생태계 복원

하천지역의 복원은 일반적으로 하천을 하나의 코리더로 보고, 물이 있는 곳에서부터 주변지역을 포함하여 복원계획을 수립한다. 하천은 생태네트워크를 구축하는데 있어서 강과 함께 중요한 선적요소로 작용하여, 이 서식처들은 중요한 면적 서식처들을 연결하는 구실을 한다. 이와 같이 중요한 역할을 하는 하천지역의 복원은 크게 수로의 복원과 하천제방의 복원, 하천내부의 서식처 복원 등으로 구분하기도 한다.

한편, 수변 및 하천은 각각 다른 서식처이지만, 두 서식처는 항상 연계 있어야 한다. 즉, 하천이나 강 서식처 주변으로 수변구역을 형성하도록 해야 하며, 하천의 보호를 위해서 다양한 안정적이고 수질정화 등과 같은 다기능적 수변구역이 형성되는 것이 바람직하다. 이러한 맥락에서 수변이나 하천의 복원은 매우 중요한 분야가 될 수 있다.

하천생태계의 복원 우선순위에 참고할 수 있는 객관적인 자료로 하천자연도를 들 수 있다.

하천자연도 혹은 하천건강성 평가를 통해 생태성이 낮은 지역을 우선 복원해야 할 필요성이 있는데, 이는 하천이 선형의 생태계이며 선형의 공간 안에 물이라는 매개체를 통해 식생, 저서생물, 어류 등의 생물종이 이동하고 있으므로 생태적으로 건강성이 낮은 지역이 하천전체에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

이러한 개념에 입각하여 하천생태계의 가장 중요한 구성물질인 수질을 개선하였을 때, 복원 효과가 큰 하천이나 하천 수질에 영향을 미치는 유역부, 상류, 합류부 등을 우선 복원하여 복원의 효과를 상승시킬 수 있다.

또한, 직강화나 복개 등 인공적인 하천정비 사업이 이루어지지 않은 자연하천은 사행성 굴곡, 자연식생 호안, 홍수터, 하상저질의 구성 물질 등이 자연적인 상태로 유지되고 있으므로 복원의 효과가 크므로 하천생태계 복원의 우선순위에 있어서 충분한 고려가 필요하다.

하천생태계 복원시 홍수발생과 오염물질에 의한 수질저하 등에 효과적으로 대처하기 위해 유역단위의 자연재해를 예방할 수 있는 기능과 함께 생태적 측면에서의 네트워크가 형성될 수 있도록 복원 방향을 수립하여야 한다.

특히 하천 내부의 구조적 단절을 극복하여 내적인 네트워크화와 함께 하천 주변의 생태계

를 연계시키고 하천의 특성과 고유한 생태적 특징을 반영할 수 있는 복원 방향이 제시되어야 한다.

예를 들어 복원 대상의 하천이 다른 하천에 비해 퇴적작용 등에 의해 특이한 하천변이 형성된다든지, 멸종위기종이나 희귀종이 서식하거나 국제보호종인 철새가 도래하는 지역이라면 이러한 생태적 특성을 고려한 복원 방향을 수립할 수 있다.

[그림 5-4] 하천생태계 복원 방향



하천 복원에서는 하천 본래의 구조와 기능을 복원시키는 것이 중요하므로 하천 내 각 공간에 대한 이해와 현재 상태를 확인하고 주요 야생동물의 서식여부 검토, 복원 계획이나 설계 초기 단계부터 대상 하천에 대한 다양한 평가 및 평가 기준 검토가 필요하다. 이러한 결과를 바탕으로 서식처배치와 복원 규모 등을 검토하여 생물종다양성에 실질적인 기여가 가능하도록 하여야 한다.

같은 맥락으로 수변녹지대 복원과 다양한 형태의 녹지대와 비점오염원 저감 등의 기능을 위한 충분한 폭에 대한 고려와 함께 하천 수질개선을 위해 다양한 방안이 검토되어야 하며 실질적인 복원 사업의 성공을 위해 유지용수 공급방안, 토지매입, 지역 주민을 위한 공간 조성 등도 검토하도록 한다.

[표 5-4] 하천생태계 복원 시 주요 검토 사항

검토 사항	내용
하천 평가 기준 및 기법	하천자연도 평가 등 하천의 생태성을 파악하기 위한 연구자료
하천 구조 및 생물종다양성	하천 내 공간별 특성과 기능, 서식 생물종 및 서식처
수질 및 기타 요소	수질개선방안, 유지용수 확보 방안, 토지매입 및 기타 고려사항
관련 법규	하천 관련 법규 및 상위계획, 생태하천 복원을 위한 각종 지침 등

4. 해안생태계 복원 방향 및 기법

해안생태계 개념

본 강의에서 제시하는 해안생태계는 해양생태학 중에서 조간대(intertidal)에 해당하는 곳으로서 인간이 접근하기 가장 쉬운 장소로 크기는 제한적이지만, 해양의 여러 장소 중에서 환경요소의 변화가 가장 심한 지역이기도 하다.

조간대에서 볼 수 있는 서식처의 유형은 암반 해안, 자갈 해안, 모래 해안, 펄 해안 등으로 구분해 볼 수 있다.

암반 해안의 가장 뚜렷한 특징 중의 하나는 여기에 서식하는 생물들의 뚜렷한 수평의 띠 분포, 즉 대상분포(帶狀分布, zonation)라 할 수 있다. 산림에서 고도가 올라갈수록 식생대가 달라지듯이 암반 해안은 수직으로 올라갈수록 그곳에 서식하는 생물상이 달라진다. 또한, 암반 해안의 특징적인 모습 중에 하나는 다양한 크기와 수심 그리고 위치를 가진 조수 웅덩이를 들 수 있다. 조수 웅덩이는 암반 해안에서 움푹 패인 지역에 해수가 담겨진 서식처로서 이러한 서식처는 온도, 염분 농도, 산소 농도 등에 의해서 큰 영향을 받게 된다.

자갈 해안(cobble beach)은 마지막 빙하기 동안에 흘러내리던 빙하가 주변의 육상으로부터 깎아내린 많은 양의 바위들을 퇴적시킨 해안에서 전형적으로 나타난다. 이러한 지역은 자갈이라는 특성 때문에 다른 유형에 비해서 상대적으로 생물군집이 간단하게 나타난다.

모래 해안은 개방형 사빈(exposed sand beach)과 폐쇄형 모래갯벌(protected sand flat)로 구분할 수 있으며, 이러한 유형은 전 세계적으로 공통적으로 나타난다. 모래 해안은 갑각류와 다양한 조개류, 고둥류 등이 서식한다.

펄 해안은 우리가 흔히 갯벌로 불리는 곳으로 생각할 수 있으며, 펄 해안은 세립질 퇴적물입자 공급원이 있는 곳에서 가장 잘 발달하며, 부분적으로 폐쇄된 만, 석호, 항구 특히 하구역 등에서 나타난다.

해안생태계 복원

본 강의에서는 해안생태계 복원을 크게 갯벌 복원, 간척지 복원, 해안사구 복원으로 구분하도록 하겠다.

갯벌은 연안습지와 간척지가 조위 변화에 따라 노출과 침수가 주기적으로 반복되는 지역으로 생물서식처 제공, 수산물 생산, 오염방지, 자연재해 예방 및 기후변화 조절 등의 기능을 한다. 갯벌 서식처의 복원은 생물들의 자연적인 재점유에 의존하며 특정 기능을 위하여 생물을 이식하는 경우도 있으나 대부분 식생에 국한되어 있다.

간척지는 본래 연안습지였으나 다른 목적으로 매립되거나 간척되면서 다른 생태환경이 자리 잡게 된다. 간척지는 시간의 경과에 따라 해양생태계에서 육상생태계로 천이 과정을 거치며 이를 통해 식생 변화를 볼 수 있는 기회가 제공된다. 간척지의 복원은 생태환경 변화로 인한 지반 침하, 토양 내 염분 함유 및 역류, 비사 발생배수 불량, 녹화의 한계 등의 환경적 특성을 나타낸다. 식재기반 복원시 토성이 불량할 경우, 지하수위가 높은 경우 등을 고려하여 적절한 공법을 적용하는 것이 중요하다. 또한, 환경압(해풍, 염해 등)을 고려하여 방풍식재, 모아심기, 염생-중생-내륙식물로 식재하고 염분에 의한 피해를 예방하기 위해 염분차단층 조성 및 토양개량을 통해 염분 용탈을 최소화하여야 한다.

해안사구는 해류와 연안류에 의해 운반된 해변의 모래가 바람에 의해 다시 운반되어 해안선을 따라 평행하게 쌓인 모래 언덕으로 대표적인 복원 기법으로는 모래집적 울타리 설치가 있다. 모래집적 울타리 설치는 바람에 의해 모래 이동이 주로 일어나는 지표면에 대나무, 그물 등으로 모래집적 울타리를 설치하여 해안사구에 모래는 집적하는 방법으로 대상지역의 지형 요소, 풍향, 풍속 등이 충분히 고려되어야 한다.

기수역을 이루는 해안에서는 물리적인 훼손과 물질순환적인 훼손 모두 치명적인 영향을 미치며 이는 기수역이 갖고 있는 생물종 다양성에 치명적인 결과를 초래하는 경우가 대부분이므로 지속적인 복원기법에 대한 연구가 필요하다.

<참고 문헌>

- 조동길, 2011, 생태복원 계획·설계론
- 김귀곤·조동길, 2004, 자연환경·생태복원학 원론