

하천 계획, 평가 및 적응관리 기술개발



이 창 석 ▶▶

서울여자대학교 교수
하천복원연구회 회장
기후변화연구협의회 회장
Leeecs@swu.ac.kr

1. 하천 복원 계획 기법개발

1) 서 론

하천복원 (river restoration)은 이·치수 목적의 하천 사업이나 불량한 유역관리에 의해 훼손된 하천을 원래의 자연 하천에 가깝게 되돌리는 것을 말한다. 하천복원은 하천에 교란을 주는 원인을 제거하거나 저감시키는 소극적인 활동에서부터 교란으로 훼손된 하천을 적극적으로 복원하는 활동 모두를 포함하는 개념이다.

현재 우리나라는 하천관리의 담당 부처별로 이러한 하천복원사업을 추진하고 있다. 실례로 국토해양부 (구 건설교통부)의 자연형 하천정비사업, 환경부의 수질개선을 주목적으로 하는 하천정비사업, 행정안전부 (구 행정자치부)의 소하천정비사업, 개별 지방자치단체에서 행하는 도시하천정비사업 등이 이러한 하천복원사업에 속한다. 1980년대부터 미국, 일본, 호주 등 선진국은 사회적 현안으로서 훼손된 자연환경의 복원 및 보전에 심혈을 기울이고 있으며, 하천 고유의 생태적 특성을 회복시키려는 노력도 함께 이루어지고 있다.

1990년대 후반부터 국내에서 하천복원이라는 용어가 사용된 이후 지자체, 건설교통부, 환경부, 행정

자치부 등 하천관리부서에서 다양한 하천환경 개선사업이 진행 중이다.

특히 2005년 청계천 복원사업 이후 하천복원이 붐을 이루고 있으나 생태적 복원 본래의 취지를 살릴 수 있는 체계적인 복원은 아직 이루어지지 않고 있다. 특히 하천의 생태적 특성에 대한 정보가 충분히 확보되지 않아 다양한 환경에 적용할 수 있는 하천복원 모델이 개발되어 있지 않고, 자연생태, 어메니티, 수리적 안정성, 경제성 등이 조화를 이룬 통합복원모델이 개발되어 있지 않다.

생태적 복원은 자연의 체계에 바탕을 두고 교란되기 이전의 생태학적 기능, 물리적, 화학적 그리고 생물학적 특성을 재 성립 시키는 것이다 (Palmer et al, 2006). 따라서 진정한 복원을 이루기 위해서는 교란되기 이전의 생태적 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 생태학적 복원계획의 기본은 복원 후에 나타나는 생태계나 경관의 모습을 예측하여 수립되어야 한다. 대조정보가 그러한 역할을 할 수 있다 (Clewell and Aronson 2007).

이러한 대조정보는 자연의 보존상태가 양호한 지역에서 수집되어야 한다 (이와 유 2001). 복원계획의 기반이 되는 이러한 생태학적 정보는 신뢰도를 높이고, 여러 군집의 조성으로부터 성립되는 자연적인 기능체계를 설명하기 위하여 반드시 두 개 이상의 대조하천으로부터 정보를 수집하여야 한다 (Pickett and Parker 2007).

본 연구의 목적은 하천 본래의 모습을 간직하고 있는 대조하천에 관한 생태적 정보를 수집하고 이를 체계화 하여 이를 하천을 복원하기 위한 대조하천 정보, 즉 복원모델로 삼고자 하는 것이다.

2) 연구 지역

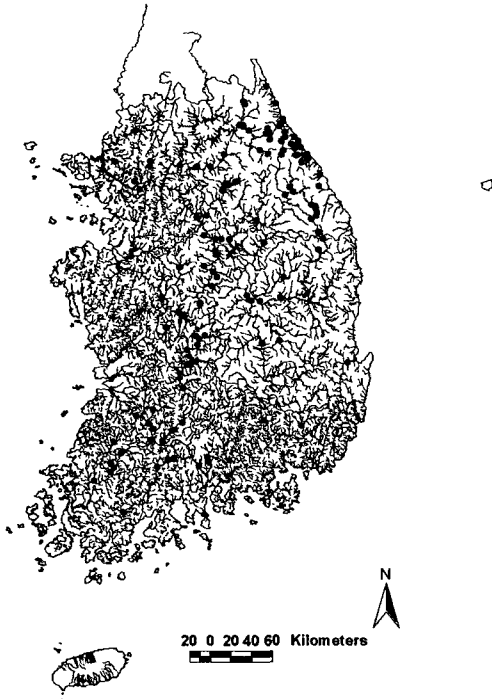


그림 1. 대조 하천 정보를 얻기 위해 선정된 조사지점

3) 조사방법

연구지역은 하천이 지역 특성을 갖는 점을 고려하여 전국에서 고르게 선정하였다(그림 1). 하천의 유형은 하천의 규모, 하상재료 및 지형을 고려하여 총 18개 유형으로 구분하였다. 대조하천 정보는 비교적 온전한 자연생태를 보존하고 있는 구간을 선정한 후 식

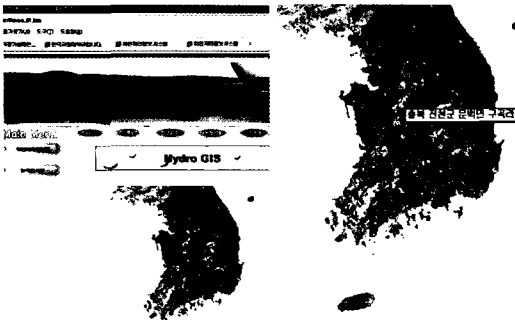


그림 2. 하천생태정보시스템 개발 결과와 DB가 구축된 지역

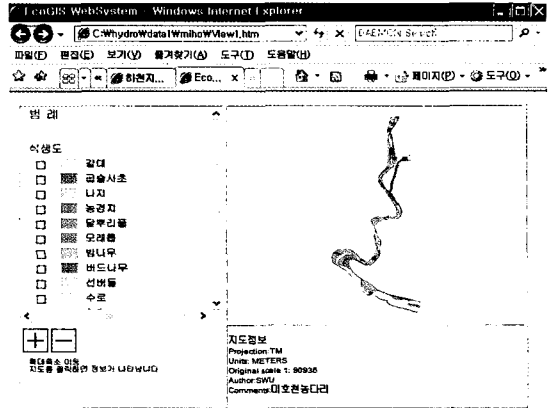


그림 3. 현존 식생도

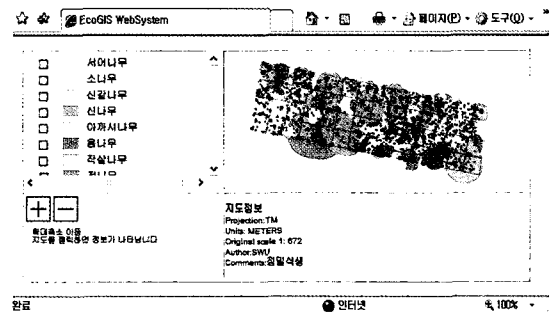


그림 4. 입력결과를 분석한 지도

생도, 식생단면도, 주요 종의 공간 분포 및 종 조성을 조사하여 수집하였다.

4) 결과

수집된 결과는 하천의 유형을 부여하여 구분하고, 식생도, 식생단면도 및 주요 종의 공간 분포도로 정리한 후 지역특성을 반영하기 위해 Web GIS기반 DB체제로 구축하였다(그림 2~그림 5). 생태적 정보를 체계화하여 정립된 복원모델은 어메니티를 고려하여 수정하고, 나아가 그것을 하천에 도입하였을 때를 가정하여 수리적 안정성에 대한 검토를 진행하고 있다.

5) 수집한 정보의 DB 구축

하천생태정보시스템은 Web을 통해 하천의 생태정보를 관리하고 홍보하는 것을 목적으로 개발되었다.

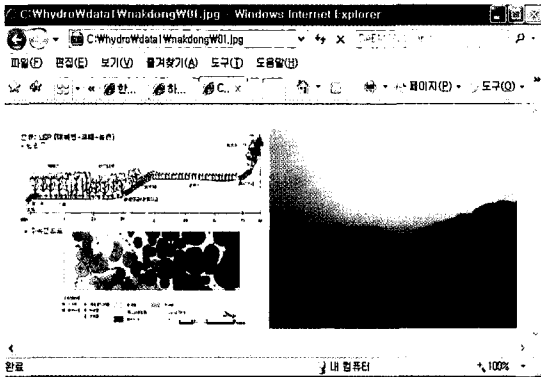


그림 5. 식생 단면도, 수목분포와 수관투영도 및 해당 지역 사진

하천유역별로 조사내용과 조사결과를 서버를 통해 입력하여 그 결과가 Web GIS로 표현되도록 시스템을 개발하였다. 해당지역의 대조하천정보를 쉽게 접근하여 파악할 수 있도록 하기 위해 현존식생도, 식생단면도, 주요 종의 공간분포도 및 현장 사진이 Web GIS 지도상의 해당 지역을 클릭하면 표현되도록 개발하였다 (그림 2~그림 5).

2. 하천복원사업의 사회·경제성 평가기법

1) 서론

하천복원사업이 지속적으로 시행될 수 있는 기반을 다지기 위해서는 하천복원으로 인해 발생하는 사회·경제성 가치 및 편익을 평가하기 위한 지표와 평가기법의 개발을 통해서 사회·경제적 타당성을 제시하고 평가하는 연구가 필요하다. 따라서, 본 연구를 통하여 정립한 하천복원사업 평가 지표·기준을 활용하여 하천복원에 따른 경제적 가치를 추정하고, 이러한 정량적 효과분석과 함께 주민만족도 및 행정개선 사항 등 정성적 효과분석을 통해서 하천복원사업의 보다 효율적인 추진을 위한 재원확보, 문제점을 개선하기 위한 정책적 과제를 도출하고자 한다.

하천환경요소		이용형태	가치화 방법	하천유형	
생물 다양성	종류	각종 생물다양성	√	CVM	경상류 하천 도시형 하천 소하천
	식물	주요종 서식지			
	수문	홍수방고	√	홍수피해영수	
	생태계	생태계건강성	√	CVM	
수문	수량	지하수영양			
	수질	수질개선	√	수처리비용절감수	
	수단	산보	√	CVM	
하천형상	수위	방파			
	한상	소용돌이	√	CVM	
	지형, 지류	낙차	√	CVM	
하천공간	경관	스포츠	√	CVM	
	자연과 건축물들의 융	기타	√	CVM	
	오존 스몰시스	자연경관	√	CVM	
기타	안전(시가지의 방재성 향상 등), 사적, 문화재, 미세기상 등	복수이용	보트, 유람선		
		스포츠	√	CVM	
		기타	사적, 명승 의외 행사		
경관	토지이용제고	√	Hedonic		

그림 6. 하천복원사업이 창출하는 편익의 가치화

2) 하천복원관련 사회·경제적 평가기준과 지표의 정립

(1) 개념의 정립

하천복원사업의 사회·경제성 평가는 복원사업으로 인해 증진되는 다양한 편익을 평가하는 작업이며, 하천복원사업의 사회·경제성 평가는 하천복원의 평가를 위한 기준과 지표로 구성된다.

(2) 사회·경제적 편익의 가치화

하천복원사업에 의한 하천환경요소의 개선은, 하천의 이용가능성을 확대시킴으로써 하천이용형태의 변화를 가져오게 된다. 이러한 하천이용형태의 변화는 이수·치수, 하천을 활용한 다양한 여가·스포츠 활동, 주거환경의 쾌적성, 주변토지의 이용효율성 등을 통하여 편익을 창출하게 된다. 이러한 편익을 화폐적 가치로 환산함에 있어서는, 편익창출 활동의 특성에 따라 비시장재의 평가기법인 진술선호법의 CVM이나 CE와 현시선호법의 특성가격법 등을 이용하여 화폐환산이 이루어진다.

3) 사회·경제성 평가기법의 적용

(1) 양재천 복원사례

① 하천복원 편익의 정량적 분석

정량적 효과분석을 위한 현시선호법의 특성가격법을 적용한 분석결과를 통해서 볼 때, 서울시 전체적

으로 하천과의 거리가 100m 가까워짐에 따라 주택가격은 평균적으로 0.44% 정도 높아지게 되고, 하천조망이 가능한 경우의 주택가격이 그렇지 않은 경우에 비해 서울시 전체 평균적으로 8.4% 정도 주택가격이 높은 것으로 나타나 하천복원에 따른 경제적 가치가 상당한 수준에 이르고 있음을 알 수 있다.

진술선호법의 선택실험법을 적용한 결과를 기준으로 하면, 양재천 복원으로 인한 환경개선편익은, 현재의 복원수준을 기준으로 할 경우, 가구당 연평균 약 3만 6천원에 달하는 것으로 추정되었다. 복원속성에 있어서는 도시하천의 경우 하천공간 활용 기능이 가장 중시되고 있으며, 이어 수질개선과 생태계 복원 그리고 수량 확보의 순으로 우선순위가 높은 것으로 나타난다.

② 하천복원 편익의 정성적 분석

양재천 복원에 따른 정성적 효과분석에서는, 만족도 조사결과, 이용자들의 80% 이상이 양재천 복원에 대해서 만족하고 있었으며, 만족 사유에 대해서는 경관(33%), 이용시설(26%), 수질(17%), 생태계(15%) 순으로 나타났다. 이와 함께 양재천복원사업을 통해 시민들의 환경의식 제고와 자발적 참여의지가 함양되었으며, 이수와 치수의 대상으로 하천을 보던 기존의 하천관리 시각에서 탈피하여 하천환경 및 생태계의 중요성을 강조하는 법·제도적 개선에 대한 계기를 제공하였으며, 지자체의 하천행정이 유역중심으로 전환되면서 자치단체별 독립행정에서 자치단체간, 중앙-지방정부 간 통합행정이 중요시되는 비정량적 효과를 창출하게 되었다.

(2) 사례지역의 확대

사회·경제성 평가 분석결과의 현실적용 가능성 제고를 위하여 사례지역을 확대하고자 한다. 시험하천구간의 선정에서는 하천복원사업이 활성화되고 있으며 지역주민들의 실생활과 밀접하게 연계되며 그 경제적 타당성이 중요한 의미를 지니는 도시하천구간으로서, 서울시의 청계천과 양재천과의 비교·검토가

능성 등을 고려하여 대구광역시의 신천, 부산광역시의 온천천을 선정하여, 조사·분석 중에 있다. 이와함께 하천구간별 특성차이를 고려하여 특정수계를 사례지역으로 선정하여 구간별로 조사·분석할 계획이다.

4) 생태환경-경제통합평가모형의 이론적 기반구축

자연환경과 경제발전, 생태계와 경제계의 상호의존성, 지속가능성 확보를 위한 적정 산업경제활동과 환경용량 등 생태환경-경제 통합성과 관련한 주제나 논점을 이론적으로 검토하고, 생태환경-경제 통합모형의 구축을 위한 다양한 접근방식에 대하여 검토하며, 이를 바탕으로 하여 통합 평가모형의 이론적 기반을 마련한다. 이를 통해 하천복원사업을 중심으로 한 생태환경-경제 상호 의존성과 상호 연계구조, 그리고 동태적 공진화과정 등을 종합적으로 고려하여 통합 평가모형의 이론적 틀을 구축하고자한다.

5) 연구 활용성 및 기대효과

이러한 연구성과는, 하천복원사업의 사회·경제적 타당성과 당위성 제고에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 장기적으로는, 다양한 복원하천에 적용 가능한 평가가이드라인의 마련, 그리고 법·제도적 개선방안 제시에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 하천 교란상태 평가 및 적응관리 기술개발

1) 연구의 필요성 및 내용

하천 내 담의 건설, 하천정비, 골재채취 등에 의해 하천의 인공화가 지속적으로 진행되어 왔으며, 이에 따른 하천 및 하도의 물리, 화학, 생물에 미치는 영향은 매우 심각한 수준이나 현재 인위적 하천교란 요인과 그에 따른 영향, 즉 하상변동, 외래 식물 침입, 생

표 1. 연차별 주요 연구목표와 연구내용

연 차	연구목표별	주요 연구내용
1차 년도	• 국내 하천교란 실태조사 및 하천교란 예측기법 평가 기술 개발	• 국내하천의 교란 상태 조사 • 현장조사 및 수치모형에 의한 예측기법 조사
2차 년도	• 하천교란 조사기술 개발 및 댐하류 하천교란과 하천 골재채취 영향 평가 기술 개발	• 하천교란 인자분석 • 댐하류 하천의 하천교란 분석 • 골재채취로 인한 하천의 교란 조사
3차 년도	• 댐하류 하천교란 및 적응 관리 기술 개발 (2~3개 하천집중조사)	• 댐하류 하천의 수리특성 및 지형변동 분석
4차 년도	• 골재채취 하천구간 적응 관리 기술 개발 (시범사업)	• 골재채취에 의한 교란 현황 및 적응과정 분석 • 골재채취 구간의 관리방안 제시
5차 년도	• 하천교란 복원 및 적응 관리 지침서 개발	• 하천교란 유형별 복원기법 과 적응관리기법 체계화 • 하천복원 기법과 적응관리 에 대한 가이드라인 개발

태서식처 변화 등을 정량적으로 평가하는 기술이 미흡하다. 따라서 이러한 문제들에 대한 저감기술, 복원기술 및 적응관리 기술을 체계적으로 정립하는 기반 기술을 구축하여야 하며, 본 연구에서는 홍수에 안전하고, 살아 숨 쉬는 하천을 조성하고 관리하기 위하여, 하천 교란의 유형 파악과 그에 따른 평가, 자연에 순응해 나가는 적응관리 기술 개발 및 실용적인 가이드라인을 개발하고자 한다. 연구의 최종목표는 1) 댐 하류 교란평가 기술 개발, 2) 댐 하류 하천복원 및 적응관리 기술개발, 3) 하천 골재채취 영향평가 및 적응관리 기술 개발 등 3가지로 구성되어 있다.

연차별 주요 연구목표와 연구내용은 표 1과 같다.

2) 주요 연구성과

본 연구에서는 12개 다목적댐의 하류하천을 추가하여 하천의 교란실태를 조사하고, 1차년도에 수행한 '하천교란조사서'를 보완하였으며, 골재채취에 의한

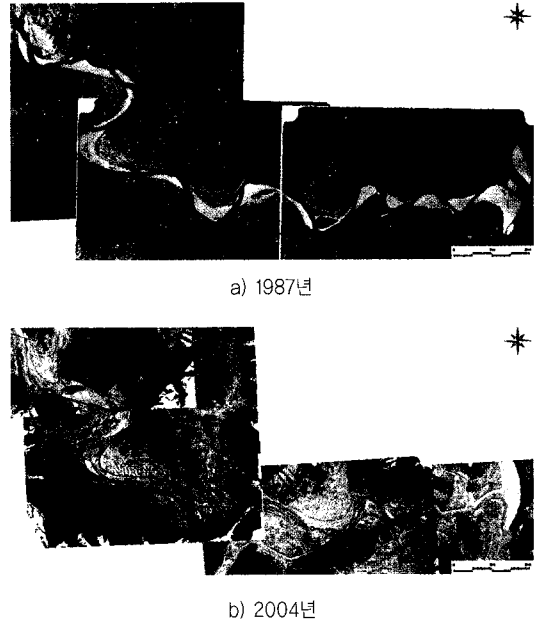


그림 7. 합천댐 건설 전후의 하류의 하천의 지형변화 : 댐 건설 전에는 저수로 폭이 일정하게 유지되고 고정사주가 잘 발달되지만(1987년), 댐 건설 후(2004)에는 유량의 범람이 적어서 사주에서 식생이 번성하고, 사주 및 유로가 분할되었다.

하상저하에 의해 하상토의 입경은 굵어지며, 하폭 확대를 촉진시키고, 평면 변화를 야기하고 있으며, 1차원 수치모형을 개발하여 골재채취로 인한 교란하천의 적응 머케니즘 분석하고, 하천 교란 평가 기법을 개발하여, 남강댐 하류 구간에 대하여 적용성을 검토하였다.

댐하류 하천에서의 유향변화를 IHA분석기법을 이용하여 분석한 결과, 댐 건설후에 침투유출량이 감소하고, 갈수시에 유량이 증가하였다. 댐에 의한 하천의 종단변동은 댐 직하류에서 하상이 저하되며, 하상토가 굵어지고, 저수로는 세굴 및 분열되었다(그림 7). 하안의 지하수위가 하강하고 저수로 하상토의 입경이 증가하며, 식생이 정착한 사주에는 유기물 및 무기영양소의 함량이 증가하였으며, 여울이 형성되고 수변 식생과 자갈 하상의 미소서식처가 발달하여 다양한 저서동물이 출현하였다. 어류는 다양성이 낮았으며, 파라미가 우점하였다(그림 8과 9).

골재채취에 의한 하천의 교란평가로서, 골재채취

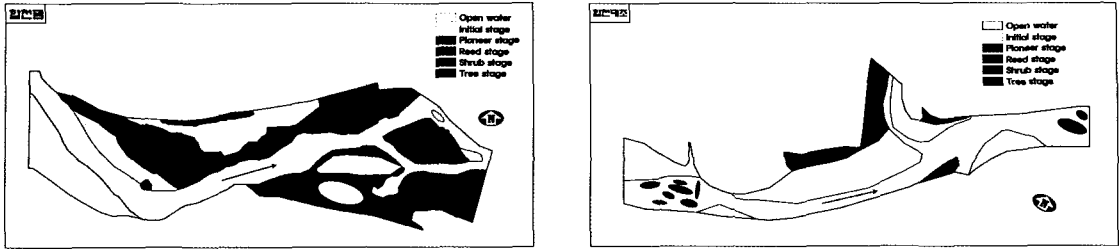
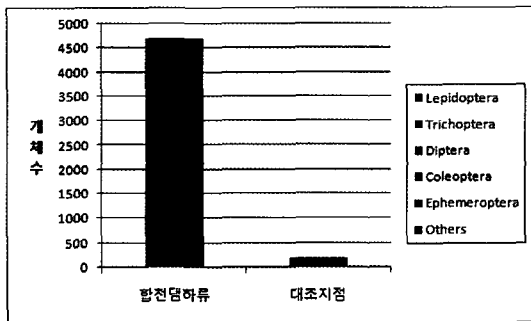
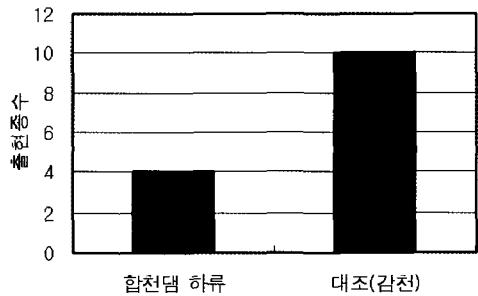


그림 8. 합천댐 하류 하천과 대조하천인 감천의 식생도
 : 출현종수는 합천댐 하류 하천에서 55종류, 대조하천인 감천에서 46종류이었고 교란도를 나타내는 1, 2년생 식물의 비율이 댐하류 하천에서 감소.



a) 저서동물



b) 어류

그림 9. 합천댐 하류와 대조하천인 감천에서의 저서동물 및 어류 생물상의 비교 (합천댐하류)

장의 채취 깊이가 깊을수록 세굴심의 하류 이동속도는 작아지며, 골재채취장의 채취장 길이가 길수록 하류로 이동하는 속도는 작아졌다. 저서동물상이 빈약해지고 오염에 강한 깔따구와 실지렁이가 우점하며, 골재 채취의 교란으로 우수역이 정수역으로 바뀌고, 저서동물의 서식처가 직접적인 피해를 받고 있으며, 어류의 종다양성이 감소하였다.

하천교란평가기법을 개발하여 하천의 교란평가를 수행한 결과, 대조하천보다 하천의 안정성은 증가하나, 하천의 서식환경, 역동성, 자연성, 한반림의 성장 등이 빈약하며, 인공화 되었음을 파악할 수 있었다.

4. 사사

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원 (06건설핵심B01) 에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

이창석, 유영한 (2001) 미래를 위한 생태학으로서 복원생태학의 발전과 전망, 한국생태학회지 23호 : pp. 191-202.

Clewell, A.F. and Aronson, J. (2007), Ecological restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession. Island press, NW, 75 pp.

Palmer M.A., Falk D.A. and Zedler J.B. (2006), Ecological theory and restoration. In: Falk DA, Palmer MA, Zedler JB. (Eds.), Foundations of Restoration Ecology. Island Press, Washington, pp. 1-11.

Pickett S.T.A., Parker K.R. (1994), Avoiding the old pitfalls: opportunities in a new discipline. Restoration Ecology 2, pp. 75-79.