

1 차 생물 종-발생 데이터의 이용

옮긴이: 최시내, 안성수, 박형선

1 차 생물 종-발생 데이터의 이용

1 차 생물 종-발생 데이터의 이용

초판 인쇄: 2006 년 6 월 30 일

초판 발행: 2006 년 6 월 30 일

최종 갱신: 2007 년 4 월 3 일

번역 버전: v1.22

옮긴이 | 최시내, 안성수, 박형선

펴낸이 | 조영화

주소 | 대전시 유성구 어은동 52-11 번지 한국과학기술정보연구원

전화 | (042) 828-5067

팩스 | (042) 828-5179

www.kbif.re.kr

© 최시내, 안성수, 박형선

이 책은 Arthur D. Chapman 이 GBIF DIGIT 연구 프로그램의 산출물로 작성한 1 차 생물 종- 발생 데이터의 이용(USES OF PRIMARY SPECIES-OCCURRENCE DATA) 자료를 원저자의 허락을 받고 번역한 것입니다. 이 번역물이 국내의 생물다양성데이터를 인터넷상에서 공유하고 활용하려고 할 때 참고자료로 사용되고 도움이 될 수 있기를 바랍니다. 단, 이 책을 참조할 경우 참조한 사실을 반드시 인용해야 합니다. 원본 파일은 다음 URL 에서 다운로드할 수 있습니다.

- http://www.gbif.org/prog/digit/data_quality/URL1124374433
- http://www.kbif.re.kr/Download/DIGIT/uses_of_data.pdf
- http://www.kbif.re.kr/Download/DIGIT/uses_of_data_korean.pdf

Published by KISTI(Korea Institute of Science and Technology Information)

Printed in Republic of Korea

이 책에 대한 의견이나 조언을 주시고자 할 경우, 또는 오자, 탈자, 오류 등을 발견했을 경우 언제든지 다음의 저자에게 전자메일로 연락 주시기 바랍니다.

한국과학기술원 최시내 (sirenblue@empal.com)

한국과학기술정보연구원 안성수 (ssahn@kisti.re.kr)

한국과학기술정보연구원 박형선 (seonpark@kisti.re.kr)

표지 디자인 | 박양숙 (greenish3@kisti.re.kr)

ISBN 89-5884-639-9 93470

© 2005, Global Biodiversity Information Facility

Material in this publication is free to use, with proper attribution. Recommended citation format:

Chapman, A. D. 2005. *Uses of Primary Species-Occurrence Data*, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.

This paper was commissioned from Arthur Chapman in 2004 by the GBIF DIGIT programme to highlight the importance of data quality as it relates to primary species occurrence data. Our understanding of these issues and the tools available for facilitating error checking and cleaning is rapidly evolving. As a result we see this paper as an interim discussion of the topics as they stood in 2004. Therefore, we expect there will be future versions of this document and would appreciate the data provider and user communities' input.

Comments and suggestions can be submitted to:

Larry Speers
Senior Programme Officer
Digitization of Natural History Collections
Global Biodiversity Information Facility
Universitetsparken 15
2100 Copenhagen Ø
Denmark
E-mail: lspeers@gbif.org

and

Arthur Chapman
Australian Biodiversity Information Services
PO Box 7491, Toowoomba South
Queensland 4352
Australia
E-mail: papers.gbif@achapman.org

July 2005

Cover image © Else Østergaard Andersen 2005
Dactylorhiza maculata (L.) Soo ssp. *fuchsii* (Druce) Hyl.

목차

목차	i
소개	1
데이터 상호교환과 분산된 데이터	3
다양한 이용	4
GBIF 데모 프로젝트 2003	4
종-발생 데이터를 이용 가능하게 하는 것의 장점	5
분류학	7
분류학적 연구	7
이름과 분류학적 색인	7
식물상과 동물상	8
분류학과 생태 생물지리학	9
현장 지침서	10
통합된 전자 자원	11
점검표와 목록	12
사진 데이터베이스	12
계통발생	12
보조 분류학	13
자동 동정 도구	13
생물지리 연구	14
분포 도감	14
종 분포 모델링	16
새로운 종 분포를 예측하기	18
종 감소 연구	18
종 다양성과 개체군	19
종 다양성, 풍부성 및 밀도	19
군집 모델링 — 군집생활력분석	21
종 상호관계	22
커뮤니티 보호	22
생명사와 생물계절학	24
생명사 연구	24
생물계절학	24
멸종위기 종, 이주 종 및 침입 종	26
멸종위기 종	26
침입 종과 위치변경 연구	27
이주 종	30
기후 변화의 영향	33
토착 종	33
1 차 생산	33

사막화	34
생태, 진화 및 유전	35
식물 분류	35
식물 지도화	35
서식지 감소	36
생태계 기능	36
조사 설계 - 격차를 찾기	37
진화, 멸종 및 유전	38
미생물 다양성과 종분화	39
고고학 연구	40
환경 구역화	41
국가 계획 연구	41
구역 계획 연구	41
해양 구역화	42
수상 구역화	42
보전 계획	43
신속한 생물다양성 평가	43
생물다양성 우선 지역의 동정	43
보호지 선택	44
상보성	44
현지 외 보전	45
지속가능한 이용	46
종자은행과 배형질 은행	46
자연 자원 관리	47
토지 자원	47
수자원	47
환경 보호	47
환경 모니터링	48
농업, 임업, 어업 및 광업	49
농업	49
임업	52
어업	54
종묘원과 애완동물 산업	56
광업	56
보건과 공중 안전	58
질병과 질병 매개체	58
생물테러	59
생물안정성	59
환경 오염물질	59
해독제	60
기생충학	60
안전한 약초 생산물	61

생물자원탐구	62
의약품	62
법의학	63
국경 관리와 야생동물 무역	66
국경 관리와 세관	66
검역	67
야생동물 무역	67
교육과 공공 전파	68
학교 수준의 교육	68
대학교 수준의 교육	68
보조 분류학자의 훈련	69
공공의 자각	69
박물관 전시회	70
사진 데이터베이스	70
공공 참여 프로그램	71
생물 계통	71
생태관광	72
생태관광의 가치평가	72
훈련 안내자와 운영자	72
안내 책자	72
정원, 동물원, 수족관, 박물관과 야생동물 공원	73
예술과 역사	74
과학의 역사 — 탐험가와 수집가를 추적하기	74
예술과 과학	74
향토 예술	75
우표	75
사회와 정치	77
생물다양성의 사회적 이용	77
인류학과 언어	77
민족생물학	78
데이터 송환	78
생물다양성 수집	79
여가 활동	80
여가 낚시	80
사냥	80
사진촬영과 영화제작	80
원에	81
산책, 하이킹 그리고 도보여행	81
조류 관찰	81
사회 기반시설 계획	83
위험성 평가	83

경관	83
야생 동물과 기반시설	84
수목 조성	84
수생 및 해양 생물다양성	85
결론	86
감사의 글	87
참고문헌	88
색인	104

소개

박물관 및 식물표본관이 보유한 식물, 동물의 표본 데이터, 조사 데이터 그리고 종 관찰 데이터는 이러한 개체들의 현재 위치 정보와 수백 년 전으로 거슬러가는 역사적 정보와 같은 막대한 정보 자원을 제공한다 (Chapman and Busby 1994). 박물관, 식물표본관, 그 외의 수집기관에는 대략 25억~30억 개의 수집물이 있을 것으로 추정된다 (Duckworth *et al.* 1993, OECD 1999). 더욱이 셀 수 없는 수 많은 관찰 데이터 기록이 있다. 이러한 정보를 디지털화 하는 프로젝트가 많은 기관에서 진행 중이며, 그 외의 기관들은 이것을 검토 또는 계획하고 있다.

생물 과학에서 디지털 정보의 주 목적은 정보 이용자에게 이 정보를 질의하고 분석하는 비용 효과적인 방법을 제공하는 것이다. 생물학 세계는 무한히 복잡하며 이것을 표현하고 이해하기 위해서는 일반화, 근사화, 그리고 추상화 되어야 한다 (Goodchild *et al.* 1991). 이용자에게 생물다양성 정보를 나타내는 방법으로 지리정보시스템, 환경 모델링 도구, 의사결정 지원 시스템, 책, cd, 사진과 온라인 데이터베이스, 표본과 그 일부, DNA 보고서 등이 있다. 그러나 이러한 도구 안에서, 변이를 샘플화 및 측정하고, 오류와 불확실성을 설명하고 가시화하는 것이 필수적이다. 이러한 분야에서 우리는 할 일이 아직 많이 남아 있다 (Goodchild *et al.* 1991).

1 차 중-발생 데이터의 이용은 방대하고 다양하며 사실상 인류가 개척한 모든 분야(음식, 주거, 여가, 예술과 역사, 사회, 과학, 정치)에서 이것을 이용하고 있다. 이 논문에서 제시하는 사례들은 박물관 표본 데이터를 디지털화하고 더 광범위한 이용자 단체에게 이용할 수 있게 하는 것에 대한 중요성을 강조한다. 이러한 방식으로, 수집물은 이미 존재하는 것보다 더 가치 있어질 것이고, 이것의 증가된 적절성과 가치를 통하여 더 많은 사람들에게 사업비 및 협업의 새로운 기회를 제공할 것이다. 생물 과학에 이용할 수 있는 자원의 감소와 함께, 예산 기관들은 많은 자연사 수집물의 적절성을 문의하기 시작했고, 소장물 유지보수를 위한 예산 마련은 점점 더 어려워지고 있다. 보전과 이 논문에서 다루어지는 많은 학문 분야에 사용될 정보를 더 광범위한 과학계에 이용 가능하게 함으로써, 지속적인 예산 조달을 위해 기관들은 더욱 더 확고하고 지속적인 주장을 할 수 있을 것이다. 또한, 이것은 세계의 생물다양성 및 생태계 지식에 빠르게 더해질 것이고 이것의 미래 보전, 지속가능한 사용 및 관리에 도움이 될 것이다.

중에 대한 데이터를 더 많이 이용할 수 있게 되어 이러한 문제를 다루는 새롭고 개선된 방법들이 생겨나고 있다. 박물관의 정보는 수백 년 동안 쌓인 정보의 보고이고, 온라인 데이터베이스로 이러한 정보를 새롭게 이용할 수 있도록 하는 것은 과학을 발전시키고, 더 효율적이고 효과적인 생물학적 조사를 가능하게 하여 비용을 감소시키고, 과학자들이 연구에 더 많은 시간을 할애할 수 있도록 해주고, 환경에 대한 신속한 지식을 구축할 수 있게 하여 더 나은 환경 보전 및 지속적인 사용을 이끌고 있다.

분류학 연구는 다른 박물관에서 소장한 표본의 타입(types)과 위치 데이터 등을 포함하는 표본 이미지를 이용할 수 있어 도움을 받고 있다. 그러나 분산 데이터를 이용할 수 있음으로 인해 가장 큰 혜택을 받는 분야는 아마도 종의 생물지리학(시간과 공간에 따른 종의 위치) 연구일 것이다. “인간 질병의 매개체, 생물학적 침입, 세계 기후 변화에 대한 연구 비용을 감소시킴으로써, 생물학적 수집물은 사회에 직접적으로 재정적, 사회적 이익을 제공한다” (Suarez and Tsutsui 2004).

중-발생 데이터의 이용 연구에서 산출될 수 있는 것 중 하나는 향후 수집 활동의 일부로 정보 기록에 대한 새로운 요구사항들을 개발하는 것이다 (Chapman 2005b). 이것은 심지어 디지털 사진 (Basset *et al.* 2000) 및 비디오의 더 많은 이용을 포함할 수 있을 것이다. 그러나 전자 데이터 상호교환의 모든 긍정적인 점과 함께, 실물과 이것의 데이터를 분리하려는 경향이 있는데, 박물관 커뮤니티 외의 사람들은 실물 자체가 장기적으로 중요하게 저장되어야 하고, 보관 및 개발해야 할 데이터의 원천으로 남아야 한다는 것을 인식하는 것이 중요하다 (Winker 2004). 궁극적으로, 생물다양성 수집물 하부구조 (infrastructure)의 유지 및 개발은 예측하지 않은 이익을 가져올 것이다 (Suarez and Tsutsui 2004). 정보 이용을 필요로 하는 사람들에게 이러한 정보를 즉시 사용할 수 있게 함으로써 사회에 이러한 이익은 증대될 것이다.

그러나 1 차 중-발생 데이터는 박물관과 식물표본관에 소장된 데이터만이 아니다. 대학교, 비정부기구, 그리고 일반 개인은 방대한 양의 관찰 및 조사 데이터를 소장하고 있고, 이러한 데이터는 우리의 환경에 가치 있는 추가적 지식을 제공한다. 이것은 경쟁적인 데이터 자원이 아니라 상호 보완적이며, 세계가 필요로 하는 정보를 공급하는 측면에서 각각은 자체의 장단점을 가지고 있다.

일부 사람들은 생물지리 및 다른 연구에서 사용되는 디지털화된 박물관 표본 데이터의 가치에 대해 의문시하는데 왜냐하면 많은 레코드가 잘못 동정되었거나 부정확한 지리정보를 가지고 있어, 데이터의 많은 부분이 “너무 오래되고 신뢰할 수 없기” 때문이다 (Wheeler *et al.* 2004). 이것은 많은 레코드에 대해 사실일 수도 있으나, 이 논문에서 보이는 것과 같이, 신뢰할 수 있는 많은 다른 레코드들이 있고, 연구자 및 다른 사람들은 이것을 매우 성공적으로 사용하고 있다. 박물관 커뮤니티는 그들 데이터의 본질적인 문제들을 인지하여 이러한 데이터의 품질을 향상시키기 위한 공동 노력을 하고 있고 (Chapman 2005a), 에드워드(Edwards) (2004)가 언급한 바와 같이 “이러한 오류를 노출시키는 가장 좋은 방법 중 하나는 데이터를 보이게 하여 검증된 연구자들이 이들을 비교하고 수정할 수 있게 하는 것이다.” 모든 데이터는 오류가 있지만 이것이 그 데이터를 사용하지 않는 이유가 되지 않아야 하며, 오히려 오류를 문서화하고 사용자가 그 오류를 인지하여 자신들이 이 데이터 이용의 적합성을 결정할 수 있도록 확실히 해야 한다 (Chapman 2005b).

1 차 중 데이터는 많은 용도로 쓰인다. 전통적으로 박물관과 식물표본관의 수집물은 한 가지 주요한 목적, 즉 분류학적 연구만을 염두에 두고 만들어졌다. 그러나 이것의 장기적 임무는 연구 및 교육을 위해 생물다양성과 시공간에 따른 이것의 분포를 기록하고 (Winker 2004) 일반 대중에게 서비스를 제공하는 것이다. 컴퓨터 처리 및 컴퓨터 데이터베이스의 도입으로 이 광대한 데이터 저장소를 사용할 수 있는 많은 새로운 분야가 개척되었다 (Chapman 1999). 이러한 이용은 생물지리 연구 (Longmore 1986, Peterson *et al.* 1998), 보전 계획 (Faith *et al.* 2001), 보호지 선정 (Margules and Pressey 2000), 환경적인 지역의 개발 (Thackway and Cresswell 1995), 기후 변화 연구 (Chapman and Milne 1998, Pouliquen and Newman 1999, Peterson *et al.* 2002a), 농업, 임업 및 어업 생산 (Booth 1996, Nicholls 1997, Cunningham *et al.* 2001), 종 이동지역 연구 (Panetta and Mitchell 1991, Soberón *et al.* 2000, Peterson and Veiglas 2001) 등등을 포함한다. 이러한 것과 그 외 다른 이용은 이 문서에서 더 상세히 설명될 것이다. 이러한 많은 연구는 BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991), GARP (Stockwell and Peters 1999, Pereria 2002)와 같은 소프트웨어 또는 일반화된 선형모델 (Generalised Linear Models, GLM) (Austin 2002) 방법을 이용하여 환경 모델링을 이용하였다. 대부분의 이러한 종 분포 모델은 일반적으로 단지 존재의 성질(관찰 데이터뿐만 아니라 박물관이나 식물표본관의 레코드를

통상적으로 포함) 또는 때때로 체계적인 조사에서 얻어진 존재-부재 데이터를 가진 표본 또는 관찰 레코드에 의존한다.

많은 (박물관 및 관찰) 데이터는 체계적이라기보다 임기응변적으로 수집되었고 (Chapman 1999, Williams *et al.* 2002) 이것은 커다란 공간적인 편향을 초래할 수 있다 - 예를 들면, 도로 또는 하천 네트워크와 연관이 높은 수집물이 있다 (Margules and Redhead 1995, Chapman 1999, Peterson *et al.* 2002, Lampe and Riede 2002). 박물관 및 식물표본관 데이터 그리고 대부분의 관찰 데이터는 일반적으로 특정한 시간에 실물의 존재 정보만을 제공하고 다른 임의의 장소 또는 시간에 부재 관련하여서는 어떠한 것도 제공하지 않는다 (Peterson *et al.* 1998). 이것으로 인해 이러한 것의 이용이 일부 환경 모델에서만 제한되고 있지만, 이 데이터는 지난 200 년 이상에 걸쳐 이제까지 우리가 가질 수 있는 가장 방대하고 완벽한 생물학 정보 수집물로 남아있다. 새로운 조사로 이러한 데이터를 대체하는 비용은 엄청날 것이다. 한번의 조사를 수행하기 위해 1 백만 달러를 초과하는 것은 흔치 않은 일이 아니다 (Burbidge 1991). 더구나, 오랜 시간에 걸친 수집 때문에, 수집물은 인간이 이러한 다양성에 거대한 영향을 끼친 시간동안 생물학적 다양성에 대한 대체할 수 없는 기준선 데이터를 제공한다. 이것은 환경 보전을 위한 노력에 필수적인 자원으로, 농지 개척, 도시화, 기후 변화로 인해 서식지 변화를 겪었거나 다른 방식으로 변화되었을 지역에 대해 유일하게 온전히 문서화된 종 발생 레코드를 제공하기 때문이다.

그러나 1 차 종 데이터는 단순히 라벨 위의 정보로만 끝나는 것이 아니고, 수집물 자체에 포함된 정보가 있기 때문에 이것은 티슈(tissue) 샘플링, 오염 물질의 화학적 분석, 개개 표본의 DNA 가 가지고 있는 법의학적 정보 등에 사용될 수도 있다. 달리 보존할 수 없는 살아있는 미생물 배양균주 수집물, 들판의 각각의 새와 동물 영상과 비디오, 박물관의 보존된 표본, 표본 일부의 현미경 사진, 심지어 삽화(일부는 사진술이 발명되기 전에 그린 것임)는 종-발생 데이터 레코드의 빠뜨릴 수 없는 부분으로 또한 간주되어야 한다.

데이터 상호교환과 분산된 데이터

일찍이 1974 년에 박물관과 식물표본관의 1 차 표본 데이터의 전자적 교환을 위한 표준 개발 논의가 이루어졌다. 인터넷이 한정된 연구계의 사용자에게 제한되고, 생물다양성 연구소에 일반적으로 이용될 수 없는 상황에서 (Kristula 2001), 플로피 디스크와 자기 테이프와 같은 매체를 통한 교환이 세계적으로 일어나고 있었지만, 이러한 것에 대한 표준은 존재하지 않았다. 이 논의의 결과로, 생물분류학적 정보 상호교환 표준이 1979 년 호주에서 개발되었다 (Busby 1979). 이후에 호주의 식물표본관들이 모여 식물학 연구소에 사용할 수 있도록 이 표준을 확장하였고 HISPID (Herbarium Information Standards for the Interchange of Data) 표준이 개발되었다 (Croft 1989, Conn 1996, 2000). 비록 매우 적은 수의 연구소가 상호교환을 위해 이 표준을 사용했지만, 많은 연구소가 데이터베이스를 설계할 때 이것을 템플릿으로 이용하였다. HISPID 표준은 이후 TDWG (Taxonomic Databases Working Group) 표준으로 채택되었다.

인터넷, 특히 World Wide Web (Berners-Lee 1999)의 발달은 데이터 상호교환의 새로운 기회를 제공하였다. 환경자원정보네트워크 (Environmental Resources Information Network, ERIN)가 일찍이 1994 년에 인터넷상에서 모델링을 위해 분산 데이터를 사용하였지만 (Boston and Stockwell 1995), 1990 년대 후반 종분석자 (Species Analyst) (Vieglas 1999, 2003a) 프로젝트가 시작되기까지 인터넷을 활용한 성공적인 전자 데이터 상호교환 프로젝트는 거의 없었다.

그 이후로, 많은 수의 분산 프로젝트가 시작되었고, 이것은 Red Mundial de Information sobre Biodiversidad (REMIB) – 생물다양성 세계네트워크(The World Network on Biodiversity) (CONABIO 2002), 호주가상식물표본관(Australian Virtual Herbarium) (CHAH 2002), *speciesLink* (CRIA 2002), 유럽자연사표본정보네트워크 (European Natural History Specimen Information Network, ENHSIN) (Güntsch 2004), 유럽생물수집물접근서비스 (Biological Collection Access Service for Europe) (BioCASE 2003), 포유류네트워크정보시스템 (Mammal Networked Information System) (MaNIS 2001), GBIF 포털 (GBIF Portal) (GBIF 2004) 등을 포함한다. 이러한 시스템은 소속 연구기관에서 유지 보수하는 데이터베이스를 검색하기 위해 온라인 정보 검색을 사용하고, 구글이 웹 자원에 대해서 하는 것과 유사한 방법으로 데이터를 추출한다. 이것의 초기 버전은 원래 도서관 사용을 위해 개발된 정보검색표준 – Z39.50 (NISO 2002)에 의존하였지만, 아주 최근 박물관 커뮤니티는 1 차 종 정보 상호교환에 더욱 적합한 새로운 표준인 Darwin Core 스키마 (Vieglais 2003b)와 DiGIR 프로토콜 (SourceForge 2004) 그리고 BioCASE 프로토콜 (BioCASE 2003)과 ABCD (Access to Biological Collections Data) 스키마 (TDWG 2004)를 개발하기 위해 연합하였다. 더 최근에 분류학데이터베이스연구그룹(Taxonomic Database Working Group)과 다른 그룹은 DiGIR의 간결성과 BioCASE의 복합성 사이의 중간선을 따르는 통합 프로토콜 (TAPIR - <http://ww3.bgbm.org/tapir>) 개발을 시작하였다.

다양한 이용

종-발생 데이터를 이용하는 대부분의 프로젝트는 단지 한 종류 이상의 이용을 목적으로 한다. 이 논문에서 명확히 알 수 있는 것처럼, 임의의 한 프로젝트내에서 이용성은 상당히 중복된다. 하나의 프로젝트는 지도화된 1 차 레코드, 일부 분류학적 연구 (아마도 문자 데이터베이스 이용과 관련), 환경 모델링, 예측분포 연구 등을 포함할 수도 있는데 이것은 개체군 생존가능성 분석과 종 연관, 생태학 및 진화사 연구뿐만 아니라 멸종위기 또는 이주 종, 기후 변화 영향 연구와 관련될 수도 있을 것이다. 다음으로 이 프로젝트는 환경 보호법 입안, 보호지 및 보전 평가, 불법 밀수를 막기하기 위한 국경 및 관세 사무소와 연결뿐만 아니라, 종 회복 연구 및 모니터링 그리고 끝으로 교육과 사회적 관계 등을 포함할 수 있을 것이다. 하나의 이용이 어디에서 멈추고 어디에서 시작하는지 때때로 분간하기 어렵고, 필자는 독자들이 이 논문을 통해 명백히 나타나는 피할 수 없는 중복성에 대해 너그럽이 이해하여 줄 것을 바란다.

공간을 참조할 수 있는 1 차 종-발생 데이터에 대해 세계 전역의 데이터베이스를 검색할 수 있음으로 해서 이 정보를 일련의 분야에서 이용할 수 있게 되었고, 이것 가운데 많은 부분은 이전에는 불가능했었다. 이 논문은 이러한 이용의 일부와 현재의 사례를 자세히 설명할 것이다. 모든 이용 사례를 다루는 것은 이 논문의 범위를 넘는 것이라는 점을 주의해야 한다 – 제시하는 사례는 언급된 이용의 종류를 서술하기 위한 것으로, 가장 대표적인 것들이다.

이용 분야의 이러한 중복성은 2003 년에 수행된 첫 번째 GBIF 데모 프로젝트에서 볼 수 있다 (UTU-Biota 2004).

GBIF 데모 프로젝트 2003

첫 번째 GBIF 데모 프로젝트는 (<http://gbifdemo.utu.fi/>) 어떻게 1 차 생물다양성 데이터가 인터넷을 통해 효과적으로 사용, 관리, 교환되고 확산될 수 있는지에 대한 많은 이용자 중심의 사례를 제공하였다. 아마존 연구소(Institute of Amazonian Research, IAP)와 함께

터쿠(Turku) 대학교가 GBIF 를 위해 이것을 준비하였다. 이 프로젝트는 네 개의 분야 또는 “여행”으로 나뉘어져 있다. 여행 1 은 신열대구(Neotropical) 중 분포를 다루었고, 여행 2 는 다수 연구자의 열대우림 나무 목록, 여행 3 은 아북극(sub-arctic) 식물 관찰, 여행 4 는 생물다양성 계획과 관리에 대해 논하고 있다.

GBIF 는 2004 년에 두개의 데모 프로젝트를 더 지원하였다 (<http://www.gbif.org>). 첫 번째는 풍토성 및 분류학적 구별성에 대한 생물지리학적 분석을 위하여 인터넷 기반 도구를 개발하는 것으로 호주에서 수행하는 프로젝트이다. 두 번째 프로젝트는 멕시코에 기반을 두고 있으며 1 차 생물다양성 데이터에 기초하여 1 차 식물과 관련된 종의 분포 면적을 산정함으로써 종 개체군의 멸종을 측정 가능성을 보일 것이다. 두 프로젝트 모두 GBIF 포털을 통해 추출된 데이터를 이용할 것이다.

중-발생 데이터를 이용 가능하게 하는 것의 장점

이 논문에서 자세히 설명되는 중-발생 데이터의 많은 이용을 위해서 이용자는 해당 소장기관을 (박물관 또는 식물표본관 등에 정보 접근 요청 또는 동정자료 획득을 위해) 방문해야 했다. 그 이후 해당 박물관의 직원은 이용자를 위해 수백 년에서 수천 년으로 거슬러 올라가는 수집자의 것일 수도 있는 자료를 동정하거나 (Suarez and Tsutsui 2004) 데이터 준비에 시간과 자원을 소비해야 한다. 과학자들이 수집물을 이용하기 위해 여러 박물관을 여행하고, 또는 박물관이 연구자에게 표본을 대여할 때 막대한 자원이 매년 소모된다. 1976 년과 1986 년 사이 스미스소니언 (Smithsonian) 박물관의 곤충학 수집물은 매년 평균 100,000 점 이상의 표본이 대여 되었고 (Miller 1991) 세계 대부분의 거대 박물관처럼, 매년 수백 명의 방문 연구자들을 맞이하였다. 수집물 기관들은 그들이 가능한 많은 데이터를 전자적으로 이용 가능하게 함으로써 귀중한 시간과 자원을 아낄 수 있다는 것을 이제 깨닫기 시작하였다. 그 예로는 베를린 다렘에 있는 식물원식물박물관 (Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem)으로 이곳의 식물표본관 대여 시스템은 완벽히 디지털 대여 시스템으로 대체되었다¹ (<http://ww2.bgbm.org/Herbarium/AccessLoanNew.cfm>). 이것은 여러 자원을 자유롭게 하였고, 특히 분류학자와 연구자들은 이후 기본적인 연구와 큐레이션에 더 많은 시간을 투자할 수 있게 되었고 행정 및 다른 사람을 돕는 일에 들이는 시간을 줄일 수 있게 되었다. 그러나 자연사 박물관에 소장된 수십억 건의 소장품 디지털화는 결코 쉬운 일이 아니며 이것의 완료에 몇 년 혹은 몇 십년이 걸릴 것이다.

분산 시스템을 통한 중 데이터의 증가된 이용으로 무엇보다도 다음과 같은 일을 가능하게 하는 분위기가 갖추어질 것이다.

- 박물관, 식물표본관, 식물원, 동물원, 배형질(germplasm) 은행 등의 내부에서 수집물 하부구조 및 보유물의 통합;
- 연구 및 큐레이션 증대쪽으로 자원 재할당;
- 중요 생물다양성 수집물의 표준화, 품질, 유지 및 구조의 개선;
- 수명을 보장하면서 표본의 물리적 조작을 줄이는 것;
- 연구소간 대여물과 표본을 이동하는데 선적 및 보험 비용 등을 줄이는 것;
- 원산지 국가를 포함하여 기관과 연구자간의 정보공유;
- 연구자들이 더욱 적절한 방법으로 정보를 구축함에 따라 생물다양성 지식 기반의 보다 신속한 발전;

¹ Pers. comm.. Anton Güntsch, BGBM 2005.

- 생물다양성 연구, 보전, 유전학, 생산, 자원관리, 관광업 등에 관련된 기관들간의 전세계적인 생물다양성 정보 네트워크 구축;
- 생물다양성 연구를 보조할 사진, 지도제작법, 유전 및 기타 데이터베이스의 가용성 및 관리 향상;
- 생물다양성에 대한 지식이 더욱 널리 이용 가능하게 됨에 따라 보전 단위의 관리 향상;
- 기존 보전 단위 및 보호지 대표성 그리고 신규 지역 설립을 위한 우선 순위 지역 식별에 대한 향상된 평가;
- 생물다양성에 대한 서식지 분할의 영향 및 결과 그리고 기후 변화와 같은 보전에 영향을 주는 문제들을 연구하는 프로젝트 개발;
- 분류군 분포에 대한 동정 기술과 지식이 향상됨에 따라 멸종위기 종, 유해 종, 질병의 움직임을 관리하고 모니터링하기 위한 국경 관리 수단의 향상;
- 보전 지역, 권역, 주(States), 국가 등에서 알려진 모든 생물상의 목록 작성 및 확산;
- 동정도구, 열쇠(keys), 목록, 모노그래프 (전자, 인쇄 출판물)의 증가와 보다 효율적인 생산;
- (분류학 및 지리학적으로) 생물다양성 정보 격차를 파악하기 위한 목록과 연구의 증가 및 향상;
- 생물학적 다양성 단계 및 기능의 시공간적 분포에 대한 이해를 목표로 하는 연구 프로젝트 개발;
- 권역, 서식지, 생태계내 그리고 정치 및 지리적 경계를 넘는 생물다양성 손실을 예측하기 위한 비교 및 회고적 연구;
- 기후 변화, 도시화, 농업, 어업 등의 환경적 영향에 대한 비교 연구와 생물학적 다양성에 따른 환경적 영향을 모니터링하고 예측하기 위한 참조패턴 확립;
- 생물자원연구 기회증대와 관심사가 유사하거나 관련된 프로그램간의 연결;
- 생물다양성 및 생물다양성 관련 분야의 역량 건설 강화;
- 생물다양성 정보학, 사진 서비스, 지리정보시스템과 같은 새로운 지식 분야 및 새로운 인터페이스에 관한 전문 직업인 양성;
- 현장 지침서, 동정 열쇠, 사진 데이터베이스, 학생과 교육자를 위한 온라인 정보와 같은 향상된 교육 교재 개발;
- 생태관광에 이용할 개선된 지침서 및 정보자원;
- 연구자가 동정을 하고, 개별단위로 데이터를 이용 가능하게 하는 시간을 적게 소비함에 따라 분류학 분야에서 향상된 출판율;
- 보조 분류학자를 이용하여 수집, 생태학적 연구, 예비 동정을 수행함으로써 지역 주민들과의 유대강화 개선;
- 극소수의 고숙련된 분류학자로부터 기술적으로 숙련된 보조 분류학자에게, 현장 샘플의 분류 및 예비 동정과 같은 일부 책임의 양도;
- 수집 활동을 지원하는 새로운 사업비의 소스 개발.
- 기타 등등.

분류학

수백 년동안 1 차 종-발생 데이터는 분류학과 생물지리학적 연구에 이용되었다. 박물관과 식물표본관의 데이터는 우선적으로 새로운 분류군을 결정하고 서술하는데 이용되어 왔다. 그러나 수집물은 또한 수분 생물학, 진화적 연관성, 계통발생 등의 연구에도 이용되었다. 이러한 이용은 계속되고 있으며, 사용자들이 더 넓은 범위의 지리적 데이터를 접근함에 따라, 이용자들은 이러한 연구를 확장시킬 수 있을 것이다.

분류학적 연구

분류학과 새로운 분류군 및 계통발생 관계성 설명에 대해 1 차 종-발생 데이터를 이용한 수천의 출판 사례가 있다. 박물관의 종 데이터는 기초 분류학 연구(새로운 분류군의 서술 및 설명)의 핵심이다. 전세계적으로 (대부분 박물관과 식물표본관의 수집물에 기반하여) 약 140 만개의 분류군이 이미 밝혀졌다 (World Resources 1992). 더 많은 것들이 여전히 밝혀질 필요가 있고 따라서 종-발생 데이터의 기본적인 이용중의 하나는 식물, 동물, 조류, 곰팡이, 바이러스 등의 분류와 서술이다. 이러한 데이터가 없다면, 이러한 과정들은 계속될 수 없을 것이다.

분류학 프로젝트는 실제로 세계의 모든 자연사 박물관과 식물표본관에서 수행되며 학술지, 모노그래프, 전자적인 형태로 그 결과물을 산출하고 있다.

예:

- 서아프리카 어업의 생물다양성, 관리 및 활용은 ICLARM의 프로젝트로 가나와 다른 서아프리카 국가의 어류 분류 및 계통발생을 조사하는 것이다.
<<http://www.worldfishcenter.org/Pubs/ghana-proceedings/ghana-proceedings.htm>>;
- 동남 아시아와 서태평양의 매미(Cicadas) – 암스테르담 동물학박물관의 생물다양성 및 생태계역학연구소의 연구 (Duffels 2003).
<<http://www.science.uva.nl/ZMA/entomology/CicadasSE.html>>
- 베트남에서 활용되는 해마의 분류 (Syngnathidae) (Lourie, *et al.* 1999).
<http://seahorse.fisheries.ubc.ca/pubs/Lourie_et_al_vietnam.pdf>.
- HymAToL – 생물계통도(Tree of Life) 프로젝트의 한 부분으로 세계 벌목 (Hymenoptera)에 대해 대규모 계통발생적인 분석을 수행하는 프로젝트.
<<http://www.hymatol.org/about.html>>.
- 계통발생학. 캐나다 알버타 대학교의 프로젝트.
<<http://www.deer.rr.ualberta.ca/library/phylogeny/Phylogeny.html>>.

이름과 분류학적 색인

1 차 종-발생 데이터는 이름 목록과 분류군을 개발하는 것에 이용되어 왔는데 이것은 한편으로 또는 다른 한편으로 이 논문에서 소개하는 대부분의 프로젝트에서 이용된다. 사전과 시소러스가 구어체와 문어체의 단어에 사용되는 것처럼, 이름과 분류군의 색인은 생물다양성 언어에서 사용된다. 수집물 기관들은 자신들 데이터베이스의 전거 파일로 이것을 이용하고, 분류학자들은 올바른 철자와 최초 출판의 위치 결정을 돕는 것에 이것을 이용하고, 과학자들과 아마추어들은 종 이름의 올바른 철자, 동의어 및 다른 정보를 찾는데 이것을 이용한다. 이러한 색인은 단지 이름 목록에서부터 분류학적 정보, 동의어, 출판장소,

기준/모식 표본 정보, 이름 (분류학적 개념)을 상이하게 사용하는 참조정보 등을 포함하는 상세 목록까지 다양할 수 있다.

예:

- Species2000 <<http://www.species2000.org>>;
- 통합분류학정보시스템 (Integrated Taxonomic Information System, ITIS) <<http://www.itis.usda.gov/>>;
- 국제식물이름색인 (International Plant Name Index, IPNI) <<http://www.ipni.org/index.html>>;
- GBIF 기지유기체 종의 전자이름목록 (Electronic Catalogue of Names of Known Organisms, Ecat) 프로그램 <<http://www.gbif.org/prog/ecat>>;
- 보편적생물다양성색인자와조직자 (Universal Biodiversity Indexer and Organizer, UBio) <<http://www.ubio.org/>>;
- 균류색인 (Index Fungorum) <<http://www.indexfungorum.org/>>;
- 바이러스 색인 (Index of Viruses) <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/ICTVdb/Ictv/index.htm>>;
- 분류 검색 엔진 (Taxonomic Search Engine, TSE) <<http://darwin.zoology.gla.ac.uk/~rpage/portal/>>;
- 동물학 명명집 (Nomenclator Zoologicus) <<http://uio.mbl.edu/NomenclatorZoologicus/>>;
- 전세계 인시류 이름 색인 (Global Lepidoptera Names Index) <<http://www.nhm.ac.uk/entomology/lepindex/>>;
- 트로피코스 (Tropicos) <<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>>;
- 하버드 대학교의 그레이 카드 색인 (Gray Card Index) <<http://www.huh.harvard.edu/databases/>>.

식물상과 동물상

식물상과 동물상에 대한 출판물은 분류학적 연구결과의 첫 번째 산출물중의 하나이고 온라인으로 종-발생 데이터 접근을 통해 이 분야의 발전이 크게 향상되고 있다. 출판된 대부분의 식물상과 동물상은 위치 정보를 포함하고 종종 간단한 분포 지도를 포함한다. 전통적으로 이러한 지도는 손으로 그려졌고, 이용 가능한 수집물 전부에 접근 없이 일정하게 만들어졌다. GBIF 포털과 같은 분산시스템과 간단한 GIS 를 사용하여, 이러한 지도는 이제 빠르고 쉽게 제작될 수 있고, 더 많은 수집물에 접근할 수 있게 됨에 따라 해당 분포의 전체성을 다룰 가능성이 높아질 것이다.

예:

- 온라인상의 호주 식물상 (ABRS, Canberra) <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/abif/flora/main/>>;
- 뉴질랜드의 동물상 (Manaaki Whenua Landcare Research) <<http://www.landcareresearch.co.nz/research/biodiversity/invertebratesprog/faunaofnz/>>;
- 이탈리아의 동물상 <<http://faunaitalia.it/index.htm>> ;
- 상파울루 주의 꽃식물(Phanerogamic) 식물상 (Brazil) <<http://www.cria.org.br/flora/>>.

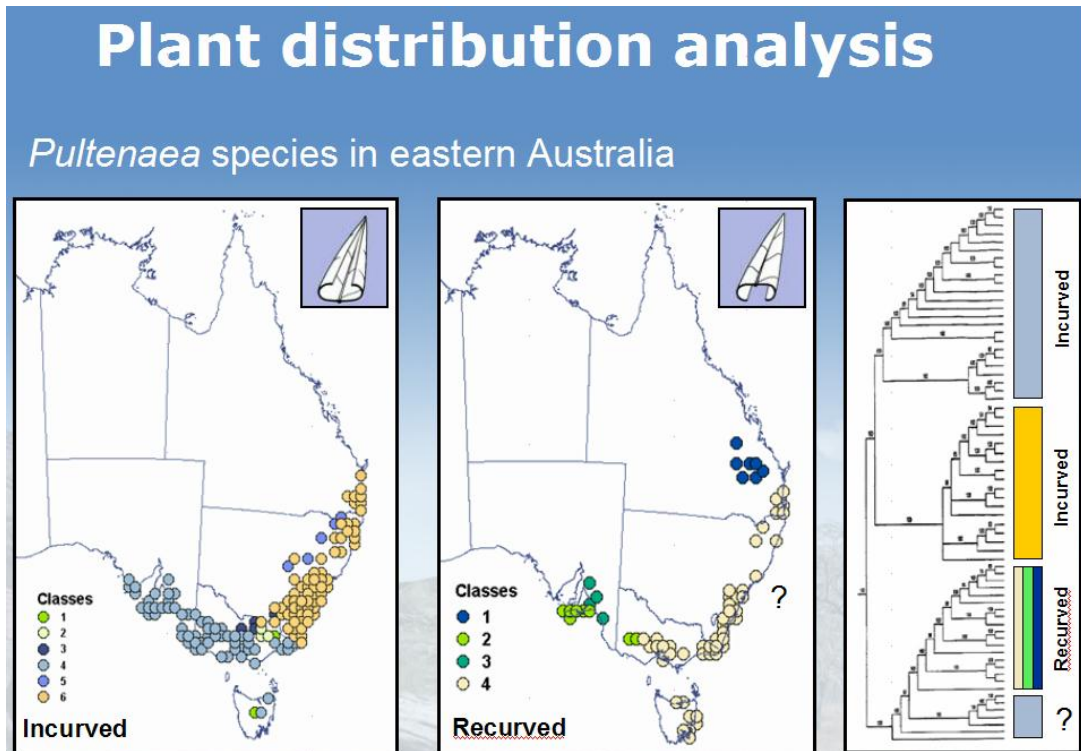


Fig. 1. 잎 모양 관련하여 지리적 패턴을 보이는 호주 *Pultenaea* 종의 계통발생적 정보. 잎 모양의 가설된 유사성을 가진 식물표본관 레코드의 군집분석과 분자 데이터에서 도출한 계통발생적 진화분기도를 이용하여 계통발생적 군집이 결정되었다(오른쪽). 데이터는 호주가상식물표본관 (Australian Virtual Herbarium, AVH) (CHAH 2002)을 통해 대조되었다. 작가의 허락을 받은 West and Whitbrea (2004)의 사진.

많은 수집물 기관의 분산된 데이터의 위치를 이용할 수 있게 됨에 따라, 이제 더 빠르고 상세한 연구를 할 수 있게 되었고, 그 예로는 기원 차이, 서로 다른 특징을 가진 수집물의 위치 (예로, 잎 길이에 따른 위치 분포), 서로 다른 분류학적 개념의 맵핑 조사가 있다. 아래 언급된 많은 산출물(식물상, 동물상, 현장 지침서 등)은 기본적인 분류학 연구의 가시적 결과이다.

예:

- 호주 식물생물다양성연구센터의 프로젝트는 *Pultenaea* 속(genus)의 계통발생적 군집에 대해 잎 모양 관련한 패턴을 지도상에 표시한다 (figure 1). 분자 데이터에 기반한 계통발생적 진화분기도와 잎 모양에 기초하여 군집이 식별되었다 (Bickford et al. 2004, West and Whitbread 2004).
- 식물생물다양성연구센터의 또 다른 프로젝트는 서로 다른 분류학적 개념에 관련되는 지리적 패턴을 표시하기 위해 호주가상식물표본관 (CHAH 2002)을 통해 접근할 수 있는 8 개의 호주 식물표본관으로부터 획득한 데이터를 이용한다 (West and Whitbread 2004).

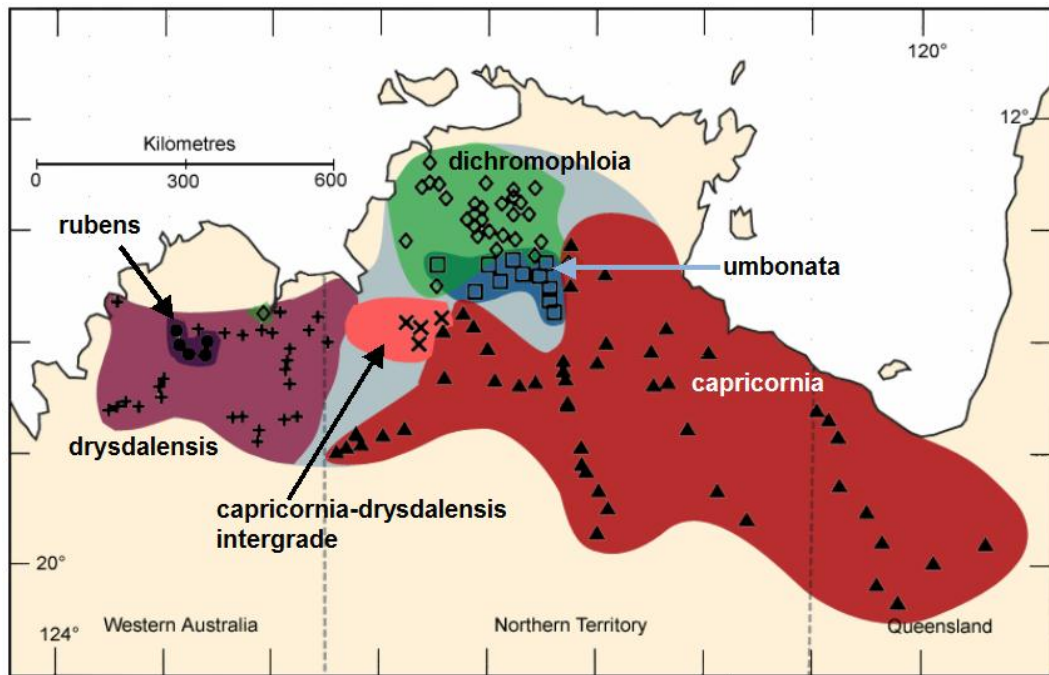


Fig. 2. *Corymbia* 속 (이전에는 *Eucalyptus* 의 부분) 의 한 그룹의 종에 대해 서로 다른 해석을 보여주는 지도. 전문가들의 서로 다른 분류학적 개념은 *C.umbonata* 와 *C.dichromophloia* 가 그림처럼 그룹의 전체 분포를 둘러싸고 있다고 제안하고, 이에 비해 또 다른 개념은 *C.dichromophloia* 를 더 좁은 측면에서 해석하고 여기에서 나타낸 것처럼 많은 수의 다른 종을 인지한다. 작가의 허락을 받은 *West and Whitbread (2004)* 의 사진.

현장 지침서

대부분의 현장 지침서는 연구중인 종의 분포도를 포함한다. 식물상과 동물상처럼, 이것은 종에 대한 저자의 지식에 기반하여 손으로 그린 지도를 전통적으로 포함시켰다. 분산된 종 데이터를 이용할 수 있게 되어 더 쉽고 더 정확하게 지도를 제작하고 분산된 정보를 포함하는 것이 가능하게 되었다.

예:

- 아르헨티나와 우루과이의 조류. 현장지침서(Narotsky and Yzurieta 2003).
- 잠자리 기록 네트워크
<<http://www.searchnbn.net/organisation/organisation.jsp?orgKey=6>>;
- 브라질 해안의 환형동물 다모류 (Annelid Polychaetes) 종 목록 (Amaral and Nallin 2004);
- 북미 나비 <<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/distr/lepid/bflyusa/bflyusa.htm>>;
- 호주의 나비 (Braby 2000);
- 2003 년 GBIF 데모 프로젝트의 여행 2: 다수 연구자의 열대우림 목록의 접근
<<http://gbifdemo.utu.fi/>>.
- 우수리뒤영벌 ID (BumblebeeID) – 색깔 패턴에 따라 영국 종을 검색.
<http://www.nhm.ac.uk/entomology/bombus/key_colour_british/ck_widespread.html>

통합된 전자 자원

문자 기반 데이터베이스, 대화식 키 및 디지털 이미지 개발과 CD-ROM 과 DVD 의 도래로 많은 수의 통합 전자 자원이 개발되었다.

예:

- PoliKey (다모류 과와 상위 분류군에 대한 대화식 키와 정보시스템) (Glasby and Fauchald 2003)
- Linnaeus 2 소프트웨어를 이용하여 개발된 분류군동정전문가센터(Expert Centre for Taxonomic Identification, ETI)의 출판물 (Shalk and Heijman 1996).
 - Linnaeus 소프트웨어를 사용하여 개발된 CD 제작물을 검색하고 브라우징 할 수 있는 색인 <<http://www.eti.uva.nl/Products/Search.html>>. 몇 가지 예는 다음과 같다:
 - 세계 Chalcidoidea 목록,
 - 유럽의 조류,
 - 일본의 개,
 - Davalliaceae,
 - 말레이시아의 동물상, 그리고
 - 동북부 대서양과 지중해의 어류.
 - 경제적으로 중요한 절지동물
 - 인도 아대륙의 박쥐
 - 목화 곤충에 대한 열쇠(Key)
- Lucid 소프트웨어를 이용한 출판물 (University of Queensland 2004):
 - Lucid 소프트웨어를 이용하여 발행된 출판물을 검색할 수 있는 색인. 검색은 분류학적, 지리적, 그리고 그 외 여러 방법으로 수행될 수 있다 <<http://www.lucidcentral.com/keys/keysearch.aspx>>. 몇 가지 예는 다음과 같다:
 - 인도의 Common Chilocorus 종에 대한 키(Key) (J. Poorani). 경제적으로 중요한 무당벌레의 속,
 - Key to the World Genera of Eulophidae Parasitoids (Hymenoptera) of Leafmining Agromyzidae (Diptera),
 - 곤충 목(Orders)에 대한 열쇠(Key),
 - 세계의 유해 중 삼주벌레 (Thrips)
- DELTA 와 IntKey 를 이용한 출판물 (Dalwitz and Paine 1986).
 - DELTA 와 IntKey 를 이용한 출판물에 대한 색인 <<http://biodiversity.bio.uno.edu/delta/www/data.htm>>. 몇 가지 예:
 - 딱정벌레과 – Elateroformia(Coleoptera) – 과(families) – (성체와 유충으로 나뉨). Intkey 프로그램에서 사용할 수 있는 다운로드 가능한 문자와 설명.
 - New World 의 Braconidae (Hymenoptera) – 아과, 속, 종.
 - Intkey 프로그램에서 사용할 수 있는 다운로드 가능한 문자와 설명 – 영어와 스페인어.
 - 상업적 수목 (영어, 독일어, 프랑스어, 스페인어)
 - 다모류 목 및 상위 분류군
- XID 저작 시스템을 이용한 출판물 <<http://www.exetersoftware.com/cat/xid.html>>

- 북미의 잡초. CD 내용은 북미의 광범위한 잡초 동정을 위한 참고 문헌이 있고, 140 개의 유사 잔디 및 860 개의 잎이 넓은 잡초를 수록하고 있다.

호주생물자원연구(Australian Biological Resources Study, ABRs)와 호주 식물다양성연구센터의 CD-ROM 출판물은 Lucid 소프트웨어(University of Queensland 2004)를 이용하여 대부분 제작되었다. 몇 가지 예는 다음과 같다.

(<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/publications/cds/index.html>>):

- 호주의 아카시아,
- 토양의 진드기,
- AusGrass,
- 호주의 거미,
- 호주 열대 우림목 및 관목

<http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/rainforest-key/home_page.html>, 그리고

- 호주 남부의 유칼립투스 <<http://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/Euclid/>>.

점검표와 목록

권역, 국립공원 등의 종 점검표(checklists)는 이제 분산 정보 시스템을 이용하여 거의 자동으로 생성하고 유지할 수 있다. 이것은 아마 가장 적게 이용되는 것 중 하나일 수 있으나 분산 시스템을 가장 효율적으로 이용하는 것이다.

예:

- 양서류 종의 점검표와 동정 지침서. 북미 멕시코 북부의 양서류 동정을 위한 온라인 지침서. <<http://www.npwrc.usgs.gov/narcam/idguide/>>;
- 미시간 개미의 점검표 <<http://insects.ummz.lsa.umich.edu/fauna/MICHANTS.html>>;
- 코스타리카 라라 아비스(Rara Avis)의 파충류 및 양서류 점검표 <<http://www.rara-avis.com/herplist.htm>>;
- 아프리카 동부의 섬을 포함하는, 아프리카 사하라 사막 이남의 봉어마름과 우산이끼의 점검표와 분포 <<http://www.oshea.demon.co.uk/tbr/tbrr3.htm>>;
- 호주 포유류 감사(McKenzie and Burbidge 2002)는 호주 생물다양성 감사의 일부이다 <http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/docs/national/FINAL_MAMMAL_REPORT.doc>.

사진 데이터베이스

사진 데이터베이스, 특히 기준/모식 표본의 이용은 자연사 수집물의 손상을 줄이고 있는데 이것은 분류학자들이 표본을 대출하기보다 표본 또는 라벨의 사진을 이용하기 때문이다.

예:

- 뉴욕 식물원 유관식물 유형 목록 <<http://www.nybg.org/bsci/hcol/vasc/Acanthaceae.html>>;
- 기생충 사진 라이브러리 <http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/HTML/Image_Library.htm>;
- 자연사박물관(런던)의 표본 라벨 사진 <<http://atiniui.nhm.org/gallery/album33>>.

계통발생

계통발생 즉 진화적 계통 연구는 1 차 중-발생 데이터의 이용으로 향상되고 있다.

예:

- 생물 계통도 – 계통발생과 생물다양성에 대한 정보를 포함하는 인터넷 협업 프로젝트 <<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>>;
- *Pultenaea* 군집의 계통발생 패턴에 대한 연구 (figure 1) (Bickford *et al.* 2004).

보조 분류학

보조 분류학자들은 많은 개발 도상국에서 수집물의 기초적인 분류 작업에 이용된다. 이러한 보조 분류학자들은 자신들의 일을 더 효율적이고 효과적으로 완수하기 위해 올바른 종-발생 데이터와 결과물에 의존한다.

예:

- 보조 분류학자들은 코스타리카의 구아나카스테(Guanacaste) 보전 구역에서 폭 넓게 이용되고 있다 (Janzen *et al.* 1993)
<<http://www.unep-wcmc.org/forest/restoration/docs/CostaRica.pdf>>;
- 보조 분류학자들은 뉴기니아 비나탕(Binatang) 연구 센터가 주관하는 생물학 조사를 수행하고 있다. <<http://www.entu.cas.cz/png/parataxonomists.htm>>.

자동 동정 도구

패턴인식과 함께 클러스터링, 분류, 또는 인공 신경 네트워크를 이용하는 자동 동정 도구는 곤충, 조류, 개구리에 사용될 목적으로 테스트되고 있다.

예:

- 독일에서, 자동화된 벌 동정 소프트웨어(Automatic Bee Identification Software, ABIS)와 패턴인식을 사용하여 벌을 동정할 수 있다.
<http://www.informatik.uni-bonn.de/projects/ABIS/ABIS_Contact.html>;
- 일본에서, 지능적인 생물청각동정시스템(Intelligent Bioacoustic Identification System, IBIS)과 신호를 인지하는 기능을 이용하여 소형 녹음기로 매미와 메뚜기를 동정하고 있다.
<<http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijfl01/research/acoustics/grasshoppers.shtml>>;
- 영국에서, 지능적인 생물청각동정시스템(Intelligent Bioacoustic Identification System, IBIS)을 사용하여 박쥐를 동정하고 있고
<<http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijfl01/research/acoustics/bats.shtml>>
또한 지하의 오소리 서식지를 동정하고 있다
<<http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/ijfl01/research/acoustics/badgers.shtml>>;
- 핀란드에서, 새 울음소리의 사인곡선 모델링을 통해 조류를 자동으로 동정하는 연구를 하고 있다 (Härmä 2003).

생물지리 연구

자연사 수집물은 우리가 살고 있는 세계의 유일하고 대체할 수 없는 자연사 및 문화사 기록을 포함한다. 수집물의 많은 표본과 부수적 데이터는 주요 지형 변화 전에 획득되었고, 이것은 대체할 수 없는 것들이다 (Chapman 1999, Page *et al.* 2004). 실제로, 이 수집물은 변화하는 지형과 종 분포 패턴에 대한 근본적인 데이터베이스이다 (Page *et al.* 2004).

종-발생 데이터를 이용하는 생물지리 연구는 수천 건은 아니더라도 수백 건 정도가 있다. 일부 연구는 격자(grid)내의 간단한 분포를 이용하고, 다른 일부는 환경 모델링 도구를 통해 기후 및 지질과 같은 환경 데이터 계층에 연결하고, 또 다른 일부는 다양성 및 풍토성, 상대적 풍부성 등의 척도를 개발하기 위해 다양한 조합을 조사하고 있다. 이러한 모든 프로젝트는 많은 기관의 분산 데이터를 접근할 수 있어 이익을 얻는다. 아래 개별 제목에서 사례들이 설명될 것이다.

BIOCLIM(Nix 1986, Busby 1991), GARP(stockwell and Peters 1999, Pereira 2002)와 같은 환경모델링 소프트웨어 그리고 GLIM(Austin 2002), GAM(Hastie and Tibshirani 1990), 의사결정 나무 (Breiman 1984), 인공 신경 네트워크 (Fitzgerald and Lees 1992) 등의 방법은 개별 동식물의 위치를 기후와 같은 환경 기준에 연결하여 잠재적 분포 지도를 만들기 위해 20 년 이상 동안 계속 사용되고 있다. 당시 이용 가능한 환경 계층의 규모 때문에, 초기 연구중의 일부는 엘라피드 뱀(Elapid Snakes) (Lonemore 1986)에 사용된 것 처럼 동식물 그룹의 광범위한 분포를 조사하였고, 또는 *Nothofagus cunninghamii* (Busby 1984)와 같이 하나의 종을 심도 있게 연구하였다. 당시 이용 가능한 소프트웨어의 특성과 적합한 환경 계층이 적었기 때문에, 이러한 연구는 느리게 진행되었고, 단지 한 종에 대한 모델을 만드는 데에도 몇 달이 소요되었으며, 종종 단지 대강의 결론만을 이끌 수 있을 정도의 규모로 수행되었다. 새로운 소프트웨어가 개발되고 아주 크게 향상된 환경 계층으로 (Hijmans *et al.* 2004) 이제는 제한된 시간 내에 모델을 만들 수 있으며, 개별 종에 대해 더 심도 있는 연구를 하거나 더 많은 수의 종에 대해 연구할 수 있게 되었다. 그렇지만 이러한 모델링 방법 중에서 임의의 어떤 것을 사용할 때도 주의가 필요하며, 이것을 이용하기 전에 올바른 데이터에 올바른 모델이 이용되고 있는지 전문가에게 조언을 구하는 것이 가장 좋을 것이다 (Chapman *et al.* 2005).

분포 도감

지리정보를 가진 1 차 종 데이터는 전통적으로 종 분포 지도를 작성하고 분포 도감 개발에 이용되어 왔다. 이러한 것은 이전에 지리 격자 즉 5km 에서부터 2.5 도 격자 또는 생물지리 권역 내에서 존재 또는 부재 여부를 밝히는데 이용되었다. 이러한 것들의 많은 부분이 전자적으로 이용 가능하지 못했었다.

격자 또는 권역의 지도작성 예는 다음과 같다:

- 파이프(Fife) 조류 도감 (2km 격자)
<http://www.the-soc.fsnet.co.uk/fife_bird_atlas.htm>;
- 영국 식물상 도감 (Perring and Walters 1962) (10km 격자);
- 영국과 아일랜드 나비의 천년 도감 (Asher *et al.* 2001) (10km 격자);
- 온타리오 파충류 요약 도감 (10km 격자)
<<http://www.mnr.gov.on.ca/MNR/nhic/herps/about.html>>;;

- 북미에 아시아산 긴더듬이 딱정벌레(Long-horned Beetle)의 유입과 확산은 생물지리 분석을 이용하여 연구되고 있다 <<http://www.uvm.edu/albeetle>>, 그리고 (Peterson *et al.* 2004) <http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PSH_AMN_2004.pdf>.
- 호주 조류 도감 (초판) (Blakers *et al.* 1984) (10 분 격자);
- 유럽 식물상 도감 (50km 격자)
<<http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/ibc99/IDB/afe.hrm>>;
- 호주 유관식물 개체조사 (Hnatiuk 1990) (호주 전역을 다루는 97 개 생물지리 권역);
- 북미의 나방 (군(County) 또는 주(State))
<<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/distr/lepid/moths/mothsusa.htm>>.

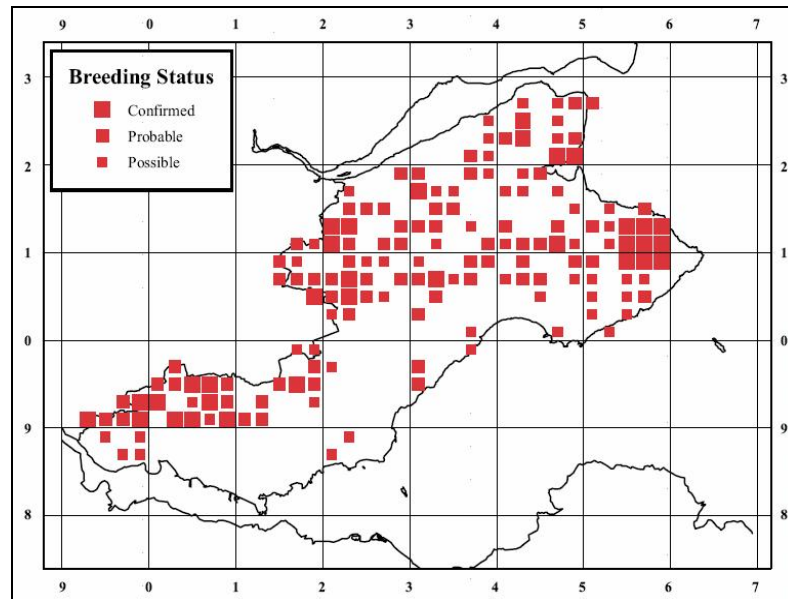


Fig. 3. 스코틀랜드, 파이프 지역의 유라시안 마도요(*Numenius arquata*)의 분포. 2km 격자를 이용한 파이프 조류 도감(Elkins *et al.* 2003)의 일부. 작가의 허락을 받아 다시 지도를 만들.

많은 초기 종 분포 도감은 손으로 만들어졌고, 종종 완전한 지리-참조연산(geo-referencing)이 수행되지 않았다. 격자 내 분포 표시는 GIS 없이 수행될 수 있었고 각 격자 셀 내에 단지 존재 또는 부재 여부를 기록하는 것은 쉬운 일이었다. 분산 데이터베이스 검색과 지리정보시스템(GIS)의 사용으로 이제 종 분포 표시 및 도감을 더 정확하고 잘 표현하여 제작할 수 있고 개별 표본 레코드의 표시를 더욱 쉽게 할 수 있게 되었다.

개별 레코드 표시의 예는 다음과 같다:

- 호주 엘라피드 뱀의 도감 (Longmore 1986);
- 프로티(Protea) 도감 프로젝트 (South Africa)
<<http://protea.worldonline.co.za/default.htm>>;
- 호주의 새로운 조류 도감 <<http://www.birdsastrailia.com.au/atlas/>>;
- 2003 년 GBIF 데모 프로젝트의 여행 1: 신열대구 종 분포의 신뢰성과 일관성
<<http://gbifdemo.utu.fi/>>;
- 멕시코 조류 도감 (Navarro *et al.* 2003).

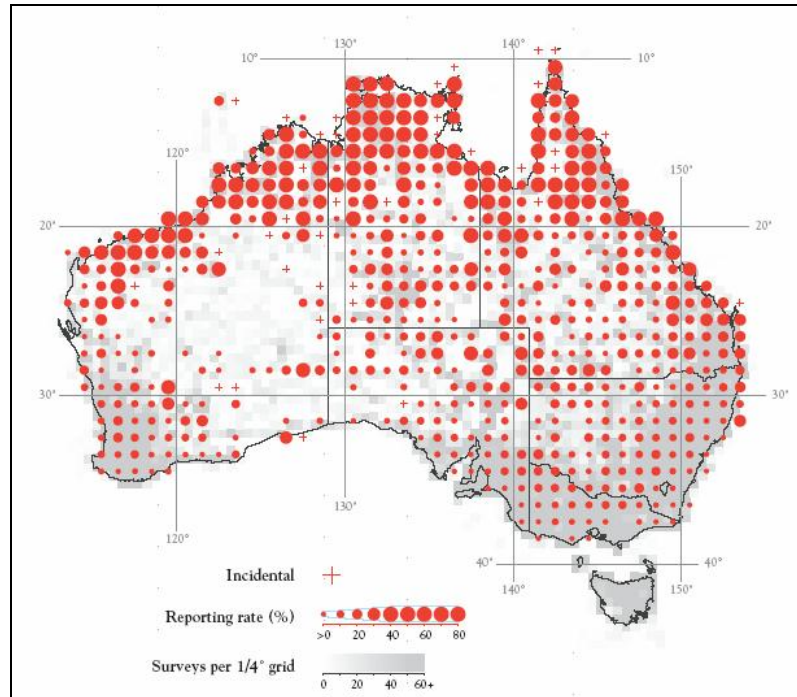


Fig. 4. 새로운 호주 조류 도감에서 *Rainbow Bee-eater* 의 분포 (Barrett et al. 2003.). 레코드는 점 레코드로 기록되고 1 도 격자(붉은색)와 0.25 도 격자(회색) 내에 요약되어 표시되었다.

종 분포 모델링

1980년대 중반, 기후와 같은 환경 데이터를 이용한 환경 종 분포 모델링 개념이 BIOCLIM (Nix 1986, Busby 1991)과 같은 컴퓨터 소프트웨어가 개발됨에 따라 적용되기 시작하였다. 그 이후로, 많은 새로운 모델링 방법론과 프로그램이 개발되었고, 이것은 일반화된 선형모델 (Generalized Linear Models, GLM) (Austin 2002), 일반화된 부가모델 (Generalized Additive Models, GAM) (Hastie and Tibshirani 1990), 규칙-집합 생성을 위한 유전학적 알고리즘 (Genetic Algorithm for Rule-set Production, GARP) (Stockwell and Peters 1999, Pereira 2002), DOMAIN (Carpenter et al. 1993)과 다른 많은 것들이 있다. 이러한 프로그램은 독립형 프로그램이었지만, 1994년 World Wide Web을 이용할 수 있게 되면서 인터넷상에서 모델링 개발이 이루어졌다 – 처음으로 BIOCLIM과 GARP (Boston and Stockwell 1995)로 모델링을 하였고 그 이후 이러한 것과 다른 프로그램들이 수정되었다.

이러한 모델링 기술의 발전은 1차 종-발생 데이터를 더욱 많은 곳에 사용할 수 있는 계기가 되었다. 이러한 데이터의 주요 단점 중 하나가 포괄성 및 완전성의 부족이었지만, 모델을 사용하게 됨으로써 채워야 할 종의 분포 지식 격차를 줄일 수 있게 되었다. 다양한 제약이 가해진 오늘날의 기후 조건에서, 기후 변화를 수반하는 변형된 기후 조건에서, 그리고 이전 지질변화 시대의 과거 기후 조건에서 종의 잠재적 분포를 결정하기 위해 모델링 기술을 사용하는 많은 프로젝트가 이제 존재한다. 이것 중의 일부는 더 특정한 주제로 다루어 질 것이다.

예:

- 호주의 엘라피드 뱀 도감 (BIOCLIM) (Longmore 1986);
- 호주의 습한 열대지방에 풍토적인 척추동물 도감 (BIOCLIM) (Nix and Switzer 1991);
- 식물 및 동물상 모델링에 환경적 변화 요인의 사용 (GLM) (Austin 2002);

- 북미에서 *Anoplophora glabripennis* (Asian Long-horned Beetle) 의 잠재적 분포 (GARP) (Peterson *et al.* 2004);
- 멕시코 조류의 분포 예측 (GARP) (Peterson *et al.* 2002b);
- 아프리카에서, 종 데이터와 원격인지 식물 데이터를 이용하여 testse fly 서식지를 모델링하였다 (Robinson *et al.* 1997).

호주 Elapid 뱀의 도감

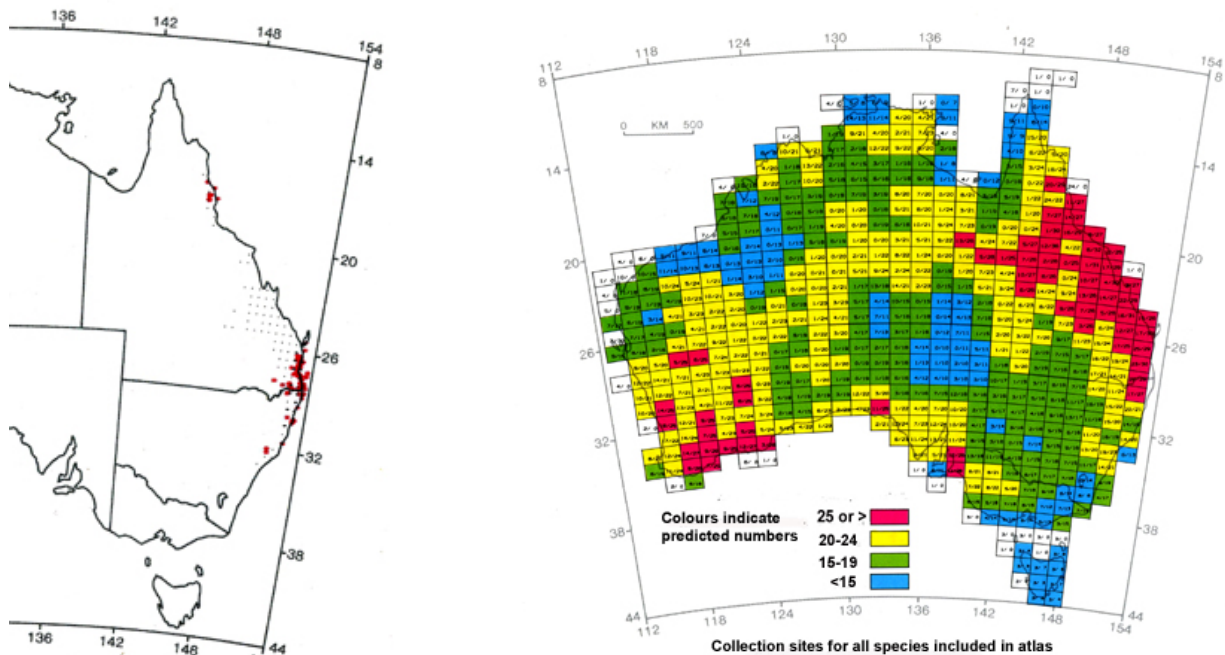


Fig. 5. 좌측사진 - 호주에서 *Tropidechis carinatus* 의 잠재적 분포. 빨간 별은 알려진 수집물을 가리키고, 점은 모델링된 분포를 나타낸다. 우측사진은 $1^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ 셀 내에서 종의 예측된 수를 나타낸다. 호주생물자원연구소의 허락 하에 Longmore(1986)에서 발췌.

엘라피드 뱀의 도감(Longmore 1986)은 1982 년 호주 박물관에서 지리정보를 가진 1 차 종 데이터의 이용을 조사하기 위해 수행된 시범 프로젝트의 결과이다. 1983 년 호주 동식물국 (현재 호주 생물자원연구소)은 박물관이 이미 보유한 데이터를 먼저 활용하지 않고 새로운 종 레코드의 수집에 사업비를 지원하는 것은 자원을 낭비하는 것이라고 결정하였다. 당시에 17,000 개 레코드의 데이터가 호주의 모든 주요 박물관에서 수집되었고, 생물기후 모델링 소프트웨어인 BIOCLIM(Nix 1986, Busby 1991)을 이용하여 통합되고 모델링되었다. 데이터의 많은 부분이 충분한 관리가 되지 않은 상태였고 사용되기 전에 광범위한 데이터 검증과 정제가 필요하였다. 이 도감은 호주에서 앞 독아를 가진 유독성 육상 뱀(the family Elapidae) 77 종 모두에 대한 지도를 포함하였고 생물지리 연구 목적을 위해 한 동물 그룹의 모든 레코드를 대조하고, 지리정보를 기록하고, 문서화한 초기 노력 가운데 하나였다. 이 프로젝트를 통해 소프트웨어 프로그램인 BIOCLIM (Nix 1986)의 첫번째 상세 버전이 나오게 되었다.

생물기후학 모델링에 사용하기 위한 환경데이터 계층은 여전히 아주 미숙한 상태였다. 12 개 기후 인자가 0.5 도 범위로 이용되었다. 종 데이터는 가능한 한 정확하게 지리정보가 입력되었고, 고도는 가장 가까운 경우 약 50m 까지 결정되었다. 종은 5-95 와 100 백분위 단위로 모델링되었고 대륙 규모로 지도화되었다 (figure 5).

새로운 종 분포를 예측하기

종 모델링 도구와 함께 종-발생 데이터를 이용함으로써, 종의 추가적 위치를 알아내는 것이 가능하다. 다른 경우, 종 모델링은 이전에 단지 하나의 종만 있었다고 알려진 곳에 두개의 종이 있다고 표시하는 기후 자료의 불일치를 파악해내는 것에 이용되었다.

예:

- 새로운 조사 데이터 뿐만 아니라 박물관 수집물이 마다가스카르에서 파충류 다양성을 예측하는데 이용되었고 새로운 카멜레온 종의 위치 예측에 성공적으로 이용되었다 (Raxworthy *et al.* 2003);
- 호주에서, 희귀한 *Leptospermum* 종(Myrtaceae)의 새로운 위치가 종 모델링을 이용해 밝혀졌다 (Lyne 1993)
<<http://www.anbg.gov.au/projects/leptospermum/leptospermum-namadgiensis.html>>.

종 감소 연구

장소 정보와 수집 일자와 같은 수집물 정보를 이용함으로써, 1 차 종 데이터는 시간의 경과에 따른 종 감소를 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

예:

- 양서류 웹 (Wake 2004) <<http://amphibiaweb.org/>>; 종 감소: 오염물질이 중요 인자. 파투센트(Patuxent) 야생동물연구센터 데이터베이스
<<http://www.pwrc.usgs.gov/pattee/select.htm>>;
- Red List Index 는 생물다양성의 현황 측면에서 지구적인 동향을 측정하기 위한 도구를 개발하였다. (Butchart *et al.* 2004)
<http://www.birdlife.org/print.html?url=%2Fnews%2Fpr%2F2004%2F10%2Fred_list_indices.html>;
- 호주의 육상생물다양성평가는 호주의 자연자원도감 v.2.0 의 일부분이다
<http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=bio_asses>.

종 다양성과 개체군

종 다양성, 종 밀도, 종 풍부성 연구는 증가하는 종-발생 데이터의 가용성으로 매우 큰 도움을 받고 있는 분야이다. 과거에 이러한 유형의 연구는 데이터 수집과 준비에 수년은 아니더라도 수개월이 필요했고, 보통 단지 몇몇 박물관과 식물표본관에서 이용 가능한 데이터에 집중하였고, 따라서 데이터의 전체성을 거의 망라하지는 못했다. 분산 시스템을 통해 데이터를 새롭게 이용할 수 있게 됨에 따라, 증가되는 데이터 이용을 지원하고, 더욱 신속한 분석과 평가를 수행할 수 있도록 새로운 도구가 개발되고 있다. 이 결과로, 이러한 데이터는 생물다양성 평가 프로젝트, 보전 평가, 그리고 권역 계획 및 관리에 더 효과적으로 이용될 수 있다.

이용 가능한 데이터의 증가로 연관성과 개체군에 대해 향상된 모델링과 분포도 작성이 가능하게 되었고 종에 대해 그리고 종이 환경과 어떻게 상호 작용하는지를 더 잘 이해할 수 있게 되었다. 이것은 더 나은 개체군 관리 그리고 멸종위기 종과 커뮤니티에 대한 더 나은 이해를 가능하게 하고 있다. 예를 들면, 이러한 향상된 이해로 호주는 종 뿐만 아니라 위협 받고 있는 생태계 커뮤니티의 목록을 만드는 것이 가능해졌다 (DEH 2000, 2004).

종 다양성, 풍부성 및 밀도

종 풍부성, 밀도, 다수성의 연구와 풍토성의 중심지역 발굴은 지난 20 년 동안 생물다양성 연구의 핵심 분야였다. 더욱 최근에는 이러한 일들이 보전 평가와 계획, 종 보호로 통합되고 있다. 많은 경우, 종 다양성과 풍부성은 생물 다양성을 측정하는 척도로 이용된다.

종 풍부성 도구

종 풍부성 및 풍토성 평가를 돕고, 보전 평가를 위한 계획 도구로 이용될 수 있는 새로운 도구들이 개발되고 있다.

예:

- WorldMap 은 종 풍부성 지도를 만들기 위해 종 분포 데이터를 이용하고, 이것은 이후 심화된 분석의 수행에 이용될 수 있다 (Williams *et al.* 1996)
<<http://www.nhm.ac.uk/science/projects/worldmap/index.html>>;
- 호주 환경유산부에서 개발되고 있는 호주유산평가도구(Australian Heritage Assessment Tool)는 사용하기 쉬운 인터페이스를 통해 광범위한 호주의 식물, 척추동물, 무척추동물 분류군의 풍부성 및 풍토성 지도를 신속하게 생성할 수 있다 (figure 4);
- PATIN (Belbin 1994)과 같은 패턴 분석 도구는 종 다양성과 풍토성 패턴을 식별하는데 이용될 수 있다 <<http://www.patn.com.au/>>;
- EstimateS 는 종 풍부성을 측정하는 또 다른 소프트웨어 패키지이다. (Colwell 2000)
<<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>>;
- 종 풍부성의 참고문헌 <<http://www.okstate.edu/artsci/botany/ecology/richness.htm>>.

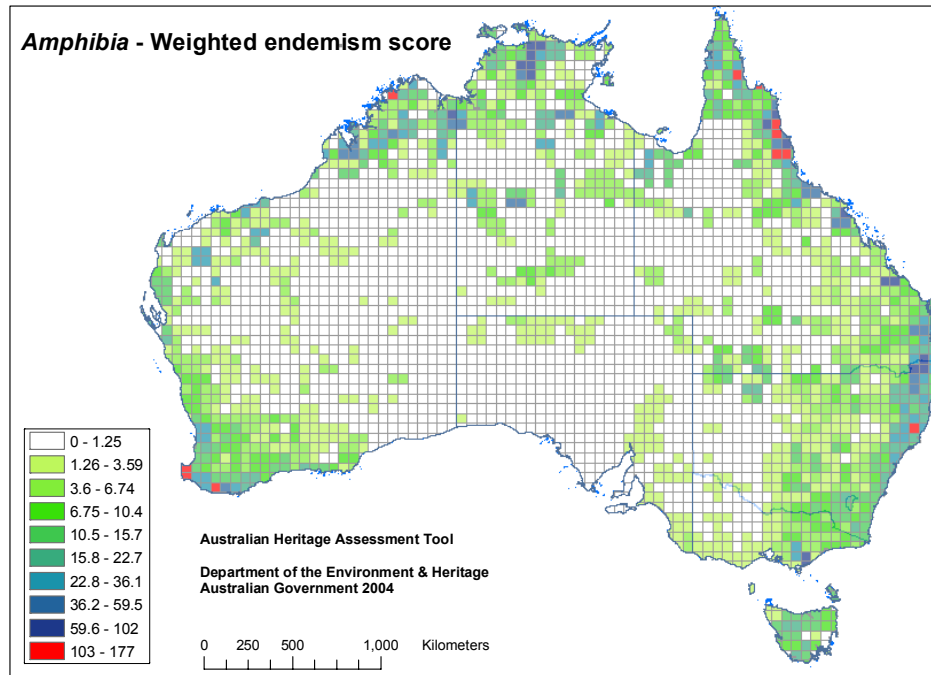


Fig. 6. 개구리 풍토성이 가장 높은 지역을 붉은색으로 표시한 호주 개구리의 풍토성. 호주유산평가도구의 사진; 2004 년, 호주 환경유산부, Cameron Slatyer 와 Dan Rosauer 의 허락 하에 게재.

생물다양성 풍토성중심지역

생물다양성 풍토성중심지역(hotspots) 또는 풍토성의 중심지역은 보전을 위해 생물학적으로 세계에서 가장 풍부하고 중요한 지역으로 간주된다 (Mittermeier *et al.* 2000). 국제보전연맹 (Conservation International)은 가장 “종이 풍부한” 지역으로 여겨지는 세계 여러 지역을 평가하기 위한 프로그램을 실행하고 있다.

예:

- 국제보전연맹 (Conservation International)은 세계에서 가장 심각하게 위협에 처해 있는 생물다양성 풍부 지역 25 곳을 밝혀냈다 (Myers *et al.* 2000)
<<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots>>;
- 국제조류보호연맹(Birdlife International)이 지정한 세계의 조류 풍토성 지역 (Stattersfield *et al.* 1998) <http://www.birdlife.net/action/science/endemic_bird_areas/>;
- 호주의 생물다양성 풍토성중심지역
- <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/hotspots/index.html>>;
- 나비천년도감은 영국의 나비 종 풍부성을 지도로 표시하고 있다
<<http://www.butterfly-conservation.org/index.html?bnm/atlas/index.html>>.

종 풍부성의 패턴

종 풍부성 연구는 하나의 식물군 크기에서 세계적인 규모까지 수행된다. 대부분의 종 풍부성 연구는 보전, 위에서 언급한 풍토성중심지역의 동정, 그리고 보전을 위한 우선지역의 식별과 관계가 있다.

예:

- 브라질 중부의 한 연구는 cerrado (대초원과 유사한) 식물의 속(genus)에 대해 모종의 풍부성과 다수성을 조사하였다. (Andrade *et al.* 1999)
<http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000400005&script=sci_arttext&tlng=en>;
- 아프리카의 한 연구는 아프리카 사하라 사막 이남에서 곤충에 관한 종 풍부성과 풍토성을 조사하고 있다 (Miller and Rogo 2001);
- 남미 조류 종의 종 풍토성 및 풍부성은 보호지 네트워크의 계획 수립에 이용되었다 (Fjeldsa and Rahbek 1997);
- 종 풍부성에 대한 지리적 관계성과 제한사항이 가운데영역 효과(middomain effects)를 이용하여 연구되었다 (Colwell and Lees 2000);
- 커뮤니티 수준에서 공간적 패턴 검사 (Ferrier *et al.* 2002).

개별 종의 연구

하나의 종에 대한 종 풍부성 연구(어디에서 이것이 발생하고, 어디로 이동하고, 개체 군의 밀도를 이해하는 것)는 해당 종의 보전에 도움을 줄 수 있다. 역사적인 데이터를 이용함으로써, 이동 패턴의 변화를 조사할 수 있다.

예:

- 중앙 아프리카 숲의 코끼리 밀도가 지리정보시스템을 이용해 연구되고 있다 (Michelmore 1994).

진화 패턴

종 풍부성 연구 측면의 하나는 풍토성과 풍부성의 패턴 발견이다. 종 집중도와 풍토성의 패턴을 조사함으로써, 역사적인 진화 패턴을 결정할 수 있다.

예:

- 아프리카의 한 보전 연구에서, 브룩스(Brooks) (2001)는 네 종류(포유류, 조류, 뱀, 양서류)의 동물을 조사했고 1 차 생산성, 증발 가능량, 태양광, 온도, 강우량과 같은 환경조건에 따른 종 풍부성을 모델링하였다.

군집 모델링 — 군집생활력분석

군집 모델링은 군집의 변화를 추적하고 보전에 필요한 최소면적 결정에 도움을 줄 수 있고, 포식자와 먹이 등의 상호작용 조사에 도움이 될 수 있다. 종 관찰 데이터 및 심도 있는 조사에서 산출되는 데이터는 이러한 연구의 필수적인 도구이다. 군집생활력분석(Population Viability Analysis, PVA)은 원래 적당한 시간 동안에 적당한 생존기회를 가지려면 얼마나 많은 개체가 존재해야 하는지를 결정하기 위해 사용되었다.

예:

- 캔버러의 자원환경연구센터에서, 멸종위험을 받고 있는 작은 유대류 개체군(북부 빅토리아 숲의 Leadbeater's Possum (*Gymnobelideus leadbeateri*))에 대한 상세한 연구가 수행되고 있다. (Lindenmeyer and Possingham 1995, 2001. Lindenmeyer and Taylor 2001) <<http://increas.anu.edu.au/possum/possum.html>>;
- Applied Biomathematics®은 군집생활력분석 이용을 통하여 조류의 멸종 위험성을 모델링하기 위해 RAMAS 소프트웨어 패키지를 사용하고 있다
<<http://www.ramas.com/birds.htm>>;

- 중국의 많은 연구들이 자이언트 팬더(*Ailuropoda melanoleuca*)의 생활가능한 군집 유지를 위한 최소 보호지 크기 조사를 위해 군집생활력분석을 이용하였다 (Zhou and Pan 1997);
- 남부 코끼리바다표범(Elephant Seals) 개체 수 조사가 매년 10 월 15 일 남극 이남 맥과리(Macquarie) 섬에서 실시되고 그 해의 군집 측정치가 만들어진다 (Burton 2001). 세계 코끼리바다표범 개체수의 7 분의 1 정도가 이 섬에서 살고 있으며 이들은 서부 헤럴드(Herald) 섬에서 동부 로스(Ross)해까지 남쪽 대양의 광범위한 지역에 걸쳐 존재하는 것으로 예측되고 있다 <<http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802>>.

종 상호관계

종 상호관계 연구는 종-발생 데이터가 필수적인 또 다른 분야이다. 이러한 상호관계는 기생관계, 동물종간, 식물종간 또는 동식물 사이의 공생관계, 포식자-먹이 관계, 경쟁 등을 포함할 수 있다.

예:

- 척추동물의 진핵 기생충 목록을 만드는 프로젝트가 코스타리카의 구아나카스테 보전 구역에서 수행되고 있다 <http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/FMPro?-DB=CONTENT.fp5&-Format=intro.html&-Lay=Layout_1&-Error=err.html&content_id=1&-Find>;
- 파푸아뉴기니 마당(Madang)의 프로젝트는 열대우림 나무 60 종에 대해 초식성 곤충의 숙주 특이성을 조사하였다. 이 프로젝트에 서식지, 숙주, 곤충 종, 숙주 이용 패턴, 그리고 샘플링 사건에 대한 상호참조 데이터가 필요했다 (Basset *et al.* 2000);
- 토론토 대학교의 기생충 데이터베이스는 기생충-숙주 관계의 정보를 유지하고 관리한다 <<http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/index.html>>;
- 아프리카 국가들과 협업하는 유럽 생물다양성정보네트워크(European Network for Biodiversity Information, ENBI)의 한 프로젝트는 곤충과 숙주 식물의 종 분포에 대한 검색 웹사이트를 이용해 아프리카 열대우림의 Ceratitidine 초파리를 연구하고 있다. <<http://projects.bebif.be/enbi/fruitfly/>>
- 코스타리카의 또 다른 연구는 민물 거북이의 기생충에 대해서 조사하고 있다 (Platt 2000) <<http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/pdf/Neopolystoma%20fentoni.pdf>>;
- 캐나다에서는 nemertean (*Crebatulus lacteus*)와 soft-shell 대합조개 (*Mya arenaria*)간의 포식자-먹이 관계가 연구되고 있다 (Bourque *et al.* 2002) <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/cgi-bin/rp/rp2_abst_e?cjz_z02-095_80_ns_nf_cjz>;
- 세계균주은행(World Federation of Culture Collections, WFCC)은 많은 종에 대하여 기생충과 숙주간의 상호작용 데이터를 GBIF 를 통해 제공하고 있고 <<http://wdcm.nig.ac.jp/hpcc.html>>, 벨기에미생물수집물은행(Belgian Co-ordinated Collections of Microorganisms, BCCM)도 이러한 정보를 제공하고 있다.

커뮤니티 보호

호주에서는, 새로운 환경보호법 (DEH 2000)을 근거로 멸종위기 종 목록을 만들 때와 같은 방법으로 멸종위기 커뮤니티 목록을 만들고 있다. 커뮤니티는 다음과 같이 목록화 될 수 있다: 심각하게 위험, 보전 의존적 또는 야생에서 멸종 단계 그리고 이러한 것에 심각한 영향을 주는 활동은 중대한 별점이 가해진다. 1 차 종-발생 데이터는 목록을 작성하기 전에 경계 범위와 정의를 결정하는데 사용된다 (Chapman *et al.* 2001).

예:

- 강 기슭 수생보호구역: 종, 커뮤니티 또는 생태계 과정을 보호하기 (Koehn 2003).

생명사와 생물계절학

동식물의 생명사 연구는 종-발생 데이터를 이용할 수 있음으로써 이익을 보고 있다. 1차 종-발생 데이터의 이용은 또한 (수집물과 레코드를 발생 날짜와 시간에 따라 관련시킬 수 있게 함으로써) 생물계절학 연구에 도움을 준다.

생명사 연구

박물관 수집물은 생명사 연구를 위한 논리적인 자원이다. 1991년 페티트(Pettitt)는 다음과 같이 설명하였다

“이러한 연구에 현존하는 수집물을 사용함으로써 종종 많은 양의 데이터가 짧은 시간 안에 축적되도록 하는 것이 가능한데, 예를 들어 생식/사망 패턴, 숙주-기생충간 관계, 번식시기 예측, 미세-성장 증진(많은 유기체들은 절개되었을 때 나무의 나이테와 같은 성장층을 보이고 이것은 과거 환경조건 연구에 사용될 수 있다), 식량 해충, 생명체 주기, 애벌레 성장 패턴, 이주(박물관 수집물은 메뚜기 출현 지역을 찾고 전통적인 이주 패턴을 추적하기 위해 이용되었다), 다른 동물을 흉내내는 중, 다형태성, 식물 생식력, 개화 및 열매 시기, 동면 기간, 강수량과 고도에 따른 식물 성장지의 연관성 등이 있다.” (Pettitt 1991).

많은 동식물은 완전히 다른 성장단계를 가지고 있고, 종-발생 데이터는 생명체 주기중 각기 다른 성장과정, 지리적 위치 또는 그 해의 시기 등의 관계성에 대한 풍부한 정보를 제공할 수 있다.

예:

- 플로리다의 북미 Wood Stork (*Mycteria americana*)의 연구에서, 박물관 수집물은 1875년 이후 알의 부화 개수가 현저하게 감소하지 않았음을 보여주기 위해서 사용되었다 (Rogers 1990). 왜가리와 해오라기 역시 연구되고 있다
<http://web8.si.edu/sms/irlspec/CI_Aves3.htm>;
- 이탈리아에서는 박물관 수집물을 이용해 강도래목의 wingpad 발생을 연구하였다 (Zwick 2003)
<<http://www.unipg.it/maystone/PDF%202001%20proc/ZWICK2%20IJM%20proceedings.pdf>>.

생물계절학

생물계절학은 자연적으로 발생하는 사건의 시간과 생물학적 및 비생물학적 변수와의 관계를 연구한다. 예로는 식물 개화, 조류의 출발과 도착 시기, 메뚜기 전염병 발생, 단공류와 조류에 의한 알의 부화시기 등이 있다. 1차 종-발생 데이터는 생물계절학 연구에서 사용될 수 있는 주요 정보자원이다.

예:

- 사과와 배의 중요 해충인 사과나방 (*Cydia pomonella*)의 알 낳는 시기에 대한 연구는 살충제를 뿌리는 시간 등을 결정할 때 중요하다
<http://www.ipm.ucdavis.edu/PHENOLOGY/ma-codling_moth.html>;
- 캔사스에서, 야생화와 잔디의 개화시기에 대한 데이터베이스가 구축되었다
<<http://www.lib.ksu.edu/wildflower/season.html>>;

- 미국에서, 조류의 이동 속도와 이주율을 연구하고 있다
<<http://www.npwrc.usgs.gov/resource/othrdata/migratio/speed.htm>>;
- 거북이의 집 짓기와 이주에 대한 생물계절학 연구에 종 데이터가 사용되고 있다
<<http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Chelonia+mydas>>.

멸종위기 종, 이주 종 및 침입 종

멸종위기 종, 이주 종 및 침입 종은 생물다양성 관리에 핵심 그룹으로 여기지는 세가지 그룹의 종이다. 실제로 호주에서는 이것들은 “국가적으로 중요한” 것으로 입법화되었다 (DEH 2000). 종-발생 데이터는 자연환경에서 이러한 종 집단의 이해 및 관리에 필수적이다.

멸종위기 종

멸종위기 종은 생물지리학자, 모델링 설계자, 보전 생물학자들에게 많은 도전과제를 제시한다. 보통 남아있는 기록이 거의 없어 환경 모델링 기술이 거의 적용되지 못하고 있다. 그러나 멸종위기 종은 모든 보전 프로그램의 핵심적인 요소이고 종종 종-발생 레코드만이 이용할 수 있는 중요한 정보를 제공한다. 1 차 종-발생 데이터베이스는 멸종위기 종을 식별하고, 왜 이러한 것이 멸종위기 상태가 되었는지에 대한 원인을 파악하고, 종에 영향을 끼치는 외부적 요인을 식별하고, 그리고 종 복구 계획 수립에 도움이 되어 중요하다.

예:

- 국제자연보전연맹(IUCN) 멸종위기 종 목록 <http://www.redlist.org/>.
- 미국의 멸종위기 종 프로그램 – 미국 어류야생동물서비스
<<http://endangered.fws.gov/>>;
- 멸종위기 종 프로그램 – 호주 환경유산부
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/index.html>>.

종 복구 계획

종 복구 계획은 많은 국가에서 멸종위기 종 관리와 점점 통합되고 있다.

예:

- 퀸스랜드 공원과 야생동물 서비스의 Angle-stemmed Myrtle (*Austromyrtus gonoclada*) 복구 계획
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/publications/recovery/a-gonoclada/index.html>>
- 호주 환경유산부의 멸종위기 종 복구 계획
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/recovery/list-common.html>>;
- 뉴질랜드 보전부의 멸종위기 종 복구 계획
<<http://www.doc.govt.nz/Publications/004~Science-and-Research/Biodiversity-Recovery-Unit/Recovery-plans.asp>> ;
- 캐나다 환경부의 복구계획 요약 자료
<http://www.speciesatrisk.gc.ca/publications/plans/default_e.cfm>.

위협 요소

멸종위기 종에 대한 위협요소 연구는 (특히 이러한 위협요소가 포식자나 경쟁자와 같은 다른 종인 경우) 1 차 종-발생 데이터 사용을 통해 또한 향상될 수 있다. 호주에서는, 핵심 위협요소 단계들이 법률 하에 기록되고, 이러한 것은 야생 염소, 뿌리 부패 곰팡이 (*phyophthora cinnamomi*), 불개미 (*Solenopsis invicta*) 등을 포함한다.

예:

- 위협 경감 계획 – 호주 환경유산부
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/tap/index.html>>;
- 신천옹과 큰바다제비류에 대한 위협요소
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/publications/recovery/albatross/index.html>>;
- 빨간 불개미 *Solenopsis invicta* 의 유입은 호주 고유 동식물상의 생물다양성 감소를 초래하였다 <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/ktp/fireant.html>>.

종 감소

종 개체 수 및 종 분포 감소 연구는 종과 종 서식지 관련하여 다가올 위험과 멸종을 예방하기 위한 중요한 단계이다. 종-발생 데이터베이스는 향후의 감소를 예방하기 위해 과거의 감소 연구 및 현재의 종 개체 수 모니터링 연구 두가지 모두를 위한 중요한 정보 원천이다.

예:

- 양서류 웹(AmphibiaWeb) <<http://www.amphibiaweb.org/declines/declines.html>>;
- FrogLog – 감소하는 양서류 개체군 비상위원회의 소식지
<<http://www.open.ac.uk/daptf/froglog/>>;
- 미국 코넬대학교에서는 감소하는 종을 식별하기 위해 조류 현황을 모니터링한다
<<http://www.scsc.k12.ar.us/2000backeast/ENatHist/Members/BryanM/page%202.htm>>;
- 감소하는 종의 멸종 위험을 예측하기 (Purvis *et al.* 2000)
<<http://www.bio.ic.ac.uk/evolve/docs/pdfs/Purvis%202000%20PRSLB.PDF>>.

침입 종과 위치변경 연구

외래 침입 종과 위치를 변경하는(translocated) 종의 확산은 오늘날 대부분의 나라들이 직면하는 가장 큰 환경 문제 중 하나이다. 이것은 생물다양성협약에서 서식지 변화 다음으로 두 번째로 가장 중요하게 생물다양성을 위협하는 것으로 여겨지고 있다 (CBD 2004). 미국, 영국, 호주, 인도, 남아프리카, 브라질의 6 개국에만 약 120,000 종이 유입된 것으로 추정된다 (Pimentel 2002). 이것들 중에서 현재 약 20~30%가 유해 종일 것으로 여겨지고 있다 (Pimentel 2002). 미국에서 외래 30,000 종에 의한 경제적 손실은 연간 1,230 억 달러로 추정된다 (Pimentel *et al.* 1999, 2000).

모든 유입 종이 침입성 종이 되는 것은 아니다. 미국 역사에서, 대략 5 만종이 외부에서 유입되었다고 추정되고 있다 (Pimental *et al.* 1999). 이러한 것들 중 다수는 농작물 사료, 가축, 소 및 가금류와 같은 농장 동물, 애완동물, 생물학 조절제, 주변환경 복구 등에 이용되고 있다. 그러나 유해 종이 된 것들은 생산저하, 관리, 질병의 측면에서 매년 세계에 많은 자원 손실을 입히고 있다.

미래의 침입을 방지하고 이미 유입된 종의 영향을 예측하기 위해서는 이러한 종과 함께 긍정적 또는 부정적 영향을 가지는 관련 종 뿐만 아니라 유입된 종의 자연적인 분포 및 생태학적 요구사항에 대한 축적된 동정 자료와 정보가 필요하다 (Page *et al.* 2004). GBIF 와 같은 프로젝트를 통해 다른 국가의 종-발생 데이터를 이용할 수 있어, 연구자들은 침입 종의 본래 위치를 식별할 수 있고, 기후 및 환경적 요구사항의 형태로 생태적소 특징들을 결정할 수 있고, 다음으로 유입된 해당 국가에서 새로운 종이 어떻게 분포할 것인지를 예측할 때 이러한 정보를 사용할 수 있다.

이것은 또한 연구자들이 잠재적인 생물학 조절 종의 분포를 살펴볼 수 있도록 하고, 이 정보를 이용하여 유입 전에 이러한 종의 가능한 확산과 환경적 제약 사항들을 조사할 수 있도록 한다.

이러한 정보의 가용성으로 이전에는 가능하지 않았던 침입 종과 생물학 조절제에 대한 연구가 가능하며, 단지 이것 자체만으로도 GBIF 와 같은 프로젝트의 경비 사용을 정당화하고도 남는다.

이미 이와 같은 정보를 이용하는 연구가 많이 있으며, 80 개 이상의 사례 연구에 대한 링크를 생물다양성협약 웹 사이트에서 볼 수 있다 <<http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/alien/cs.aspx>>.

예:

- 온라인 툴킷의 세계침입종프로그램(Global Invasive Species Program, GISP)은 “유해 종의 침입을 예방하고 군집을 형성하는 이러한 침입자들의 근절 또는 관리에 도움을 주는 조언, 참조 정보 및 연락처를 제공한다”
<<http://www.cabi-bioscience.ch/wwwgisp/gtcsun.htm>>;
- 생태학적 적소 모델링을 이용한 종 침입 지역의 예측 (Peterson 2003)
<http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/P_QRB_2003.pdf>;
- 케냐에서, 식물표본관의 표본을 이용해 잡초 침입 과정을 추적하였고, 이것은 케냐에서 잡초의 지역적 분포는 농업시스템 변화와 연관되어 있음을 보여주었다 (Stadler *et al.* 1998);
- 과거 100 년이 넘게 미국 전역에서 침입 종인 아르헨티나 개미(*Linepithema humile*)의 확산을 슈아레즈와 그의 동료들이 (Suarez 2001)이 박물관 수집물과 관찰자료를 이용하여 연구하였다 <http://www-biology.ucsd.edu/news/article_051500.html>;
- 뉴질랜드에서, 뉴질랜드에 유입이 금지된 잡초의 잠재적 분포를 모니터링 하기 위해 생물기후학적 예측을 이용하고 있다 (Panetta and Mitchell 1991);
- 북미에서, 유입된 Saltcedar (*Tamarix ramossissima*)에 대한 연구가 수행되고 있으며, 이것은 멕시코 건조 지역의 거대한 물 사용자로 주요 유해 종이 되어가고 있고, 공격적으로 강기슭의 고유 식물을 대체하고, 조류와 다른 동물의 서식지를 감소시킨다. 조절과 박멸 계획을 돕기 위해 원서식지와 유입서식지의 분포 정보가 모델링 되고 있다 (Soberón 2004);
- 브라질과 북미에서, GARP (Peterson *et al.* 2003a)와 분포모델을 이용하여 과수원 경작물 박테리아의 운반체 역할을 하는 곤충인 *Homalodisca coagulata* 의 잠재적 침입성이 연구되고 있다;
- 호주에서, 이제 침입 종의 목록이 법률 하에 작성되고 있고 종 발생 데이터는 이들의 확산을 추적하고 이것의 조절을 모니터링하기 위해 이용된다
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/invasive/index.html>>;
- 종 분포 모델은 몇몇 새와 곤충 종의 침입 위험성을 평가하기 위해 이용되었다 (Peterson and Vieglais 2001)
<http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PV_B_2001.pdf>;
- 알맞고 필요한 때 유해 종 동정은 고비용 조절 프로그램의 필요를 줄일 수 있다
<http://www.bionet-intl.org/case_studies/case17.htm>.
- Harlequin Ladybird (*Harmonia axyridis*)의 연구 – 영국에서 침입 종의 조사
<www.harlequin-survey.org>

절지동물과 환형동물.

약 4500 종(하와이에 2,582 종, 미국 대륙에 2,000 종 이상)의 절지동물이 미국에 유입되었다 (Pimental 1999). 또한 다수의 수중 무척추동물과 지렁이가 유입되었다. Pimental loc. cit.에 따르면, 유입의 약 95%가 우연히 일어난 일이었다.

예:

- 북미 비토착절지동물데이터베이스(North American Non-Indigenous Arthropod Database, NANIAD)는 미국에 유입된 2,000 종이 넘는 비토착 절지동물에 대한 온라인 데이터베이스이다 <<http://www.invasivespecies.org/NANIAD.html>>.

선박배출수

선박의 선박배출수는 세계의 해안 서식지에 외래 종을 유입시키는 주요 원천이다. 이러한 종을 식별하는 것은 국제적인 문제로 이러한 것은 세계 어느 곳에서나 일어날 수도 있기 때문이다. 온라인 1 차 종 데이터베이스의 가용성은 이러한 종의 동정, 궁극적인 조절과 관리를 위해 진보된 중요한 수단을 제공한다.

예:

- 북태평양 불가사리(*Asterias amurensis*)는 사실상 조개 종을 멸종시켰고 해양 환경에 주요 위협요인이다. 이것은 또한 역으로 태즈메이니아와 서부 호주 어업에 영향을 끼치고 있다. 이것은 1992 년까지 새로 유입된 종으로 동정되지 않았고, 그리하여 이것에 대한 통제 시도가 늦추어졌다. 분산된 1 차 종 데이터베이스는 미래에 발생할 수 있는 이와 같은 지체를 예방하는데 도움을 줄 수 있을 것이다 <<http://www.fish.wa.gov.au/hab/broc/invasivespecies/seastar/>>;
- 폴란드와 구 소련이 원산인 얼룩무늬 홍합(*Dreissena polymorpha*)은 선박배출수에서 유입된 후에 북유럽 그리고 캐나다와 미국간의 5 대호를 포함하여, 미국에서 현재 여러 가지 문제를 야기하고 있다 <<http://nas.er.usgs.gov/taxgroup/mollusks/zebramussel/>>;
- 호주에서, 선박배출수 관리전략은, 예를 들어, ‘보호구역’의 특정 종이 유해 종이 될 수 있기 때문에 선박배출수를 담을 수 있는 지역을 식별하기 위해 종-발생 데이터를 이용한다 <<http://www.affa.gov.au/content/output.cfm?ObjectID=6F3A6281-9705-4878-9FA6836B5D6D5814>>.

유해 종의 생물학적 조절

유해 종을 조절하기 위한 생물학적 조절제는 50 여년동안 이용되었으며, 이것의 이용은 점점 더 늘어나고 있다. 종-발생 데이터는 적합한 생물조절제를 발견하는 것을 돕고 이것의 효율성과 가능한 확산을 모니터링하기 위해 이용된다.

예:

- 남아프리카에서 쥐똥나무벌레의 생물학적 조절 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case2.htm>;
- 하와이에서는 분류학이 생물조절물질의 선택에 이용된다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case15.htm>;
- 호주와 다른 곳에서는 *Eichhornia crassipes* 를 조절하기 위해 바구니과 곤충(weevils)이 이용된다 <<http://aquat1.ifas.ufl.edu/hyacin.html>>;
- 호주에서는 다양한 바이러스 종을 이용해 토끼 개체 수를 조절한다 <<http://www.csiro.au/communication/rabbits/qa1.htm>>.

잘못된 생물학적 조절

생물학적 조절제의 이용은 통제되어야 하며, 그렇지 않을 경우 재해가 발생할 수 있다. 종-발생 데이터는 잠재적인 생물학적 조절제의 위치를 연구하고, 유입되었다고 여겨지는 국가에서 이것의 가능한 확산을 예측하는데 이용될 수 있다. 과거에 소개된 모든 생물학적 조절제가 올바르게 작동을 한 것은 아니었다.

예:

- 호주에서, 사탕수수 산업에 유입된 유해 종(회색등 지팡이 딱정벌레와 프랑스 딱정벌레)을 조절하기 위해 거대지팡이두꺼비(Giant Cane Toad) (*Bufo marinus*)가 1935 년 호주에 유입되었다. 호주 CSIRO 는 박물관 레코드와 관찰데이터를 이용해 이 확산을 지도화하고 있다
<<http://www.csiro.au/index.asp?type=faq&id=CaneToadControl&stylesheet=sectorInformationSheet>>;
- Lantana* 종 조절을 위해 호주와 남아프리카에 많은 종이 유입되었다. 이것의 대부분은 여러 이유로 올바르게 작용을 하지 못했고, 몇 개만이 하와이와 일부지역에서 제대로 작용하였다. 각기 다른 생물학적 조절제는 호주에서 발생하는 서로 다른 형태의 *Lantana* 에 대해 서로 다른 효과를 나타냈고, 이러한 형태의 기원, 확산 그리고 해당 지역의 생물조절제 관계성을 지도화하기 위해 종-발생 데이터를 이용하는 것은 성공을 향상에 도움을 줄 수 있다 (Day and Nesser 2000).

멕시코 *Opuntia* 종과 생물학적 조절제 *Cactoblastis cactorum*

Opuntia 는 멕시코와 중앙 아메리카에서 가장 많이 이용되는 식물 속 중 하나이고 (Soberón *et al.* 2001), 멕시코에서 농업상으로 열 번째로 중요하다 (Soberón *et al.* 2000). 나방 *Cactoblastis cactorum* 은 성공적인 생물학적 프로그램으로 가장 잘 알려진 사례 중 하나로서, 이것은 호주 퀸스랜드와 북부 뉴사우스웨일즈에서 *Opuntia* 종 조절에 사용되었다 (Debach 1974). 멕시코에 *Cactoblastis* 나방 유입으로 현재 이것에 대한 두려움이 발생하고 있고, 멕시코 생물다양성이용및보전위원회(Conabio)는 멕시코에서 나방의 잠재적 확산과 영향을 모델링하고 있다.

예:

- 멕시코와 북미의 토착 선인장 90 종 이상에 대해 *Cactoblastis cactorum* 의 잠재적 영향과 확산을 검사하기 위해 종-발생 데이터와 종 분포 모델링을 이용하기 (Soberón *et al.* 2001) <<http://www.fcla.edu/FlaEnt/fe84p486.pdf>>.

동시진화적 패턴 연구

새로운 환경에서 잡초의 빠른 진화 반응과 적응을 조사하기 위해 박물관 수집물이 이용되었다.

예:

- 북미에서, 방풍나무(*Pastinaca sativa*)와 방풍나무 거미벌레 (*Depressaria pastinacella*)의 동시진화에 대한 연구에서 식물과 곤충의 화학적 동시진화를 비교하기 위해 식물표본관의 표본 씨를 검사하였다 (Berenbaum and Zangerl 1998).
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=24890> .

이주 종

이주 종은, 실제적인 정의에 의하면, 정치적인 경계를 넘어 분포하고 따라서 이것의 연구는 사법권의 경계를 넘나드는 데이터를 필요로 한다. 과거에, 연구자의 국가가 아닌 외부

지역에서 연구되는 종 분포 데이터를 구하는 것은 어려운 일이었다. 분산 데이터 시스템을 이용할 수 있어 이주 종 연구는 이제 새로운 기회를 맞이하고 있다. 이주 종을 추적 및 모니터링하고 종-발생 데이터를 포함하는 정보를 교환하기 위해 세계 여러 지역에서 다양한 협약이 이루어지고 있다.

예:

- 이주 종 협약 (Bonn Convention) <<http://www.cms.int/>>;
- 일본-호주 철새 협정(Japan-Australia Migratory Bird Agreement, JAMBA) <<http://www.austli.edu.au/au/other/dfat/treaties/1981/6.html>>과 중국-호주 철새 협정 <<http://www.austli.edu.au/au/other/dfat/treaties/1988/22.html>>;
- 아프리카-유라시아 이주 물새 협정 <<http://www.unep-wcmc.org/AEWA/index2.html>>;
- 세계이주종등록부 (Global Register of Migratory Species, GROMS) <<http://www.groms.de/>>.
- 국경이 없는 철새. 철새에 대한 이스라엘의 광범위한 정보자원 <<http://www.birds.org.il/>>

이주 종의 경로 추적

이주 종의 경로 및 이것이 움직이는 곳에 대한 추적이 수년 동안 계속해서 진행되고 있다. 과거 문제 중 하나는 종-발생 데이터에 대한 접근 부족이었다. 종-발생 데이터를 새롭게 이용할 수 있게 되면서, 행동 패턴의 변화, 개체 수의 감소, 수명 등을 추적하고 모니터링하기 위해 모든 국경 지역의 데이터가 통합될 수 있게 되었다. 이러한 추적은 관찰과 샘플, 띠감기(banding)와 재생포, 위성추적 장치의 사용, 또는 방사성 동위원소 등을 이용해 진행될 수도 있을 것이다.

예:

- 조류 띠감기 유럽 연합 <<http://www.euring.org/>>;
- 호주의 조류 및 박쥐 띠감기 전략 (ABBBS) <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/science/abbbs/>>;
- 매년 멕시코에서 미국으로 이주하는 모나크(Monarch) 나비 (*Danaus plexippus*) 이주 경로가 띠감기를 이용하여 추적된다 <http://www.uen.org/utahlink/activities/view_activity.cgi?activity_id=2030>;
- 수소 동위원소(중수소 또는 중수)는 모나크 나비 (*Danaus plexippus*) 번식과 먹이로 이용되고 있다 (Wassenaar and Hobson 1998) <<http://whyfiles.org/083isotope/2.html>>;
- 말레이시아에서, 위성추적 장치를 이용해 세계의 해양을 이동하는 바다거북이의 경로를 추적하고 있다 <<http://www.kustem.edu.my/seatru/satrack/>>.

남극에서 애들리 펭귄의 모니터링

애들리 펭귄은 중요한 크릴-의존성 지표 종으로 밝혀졌고 남극에서 해양생물자원의 보전 평가에 이용될 목적으로 중요 생태계 요소들의 변화 모니터링에 이용되고 있다. 한 프로젝트(Southwell and Meyer 2003)는 시간과 공간 모두에서 펭귄의 먹이 영역과 크릴 어업의 겹침 정도, 매년 펭귄 번식의 성공과 먹이 소비의 변이사항과 책임 요인, 그리고 크릴에 의존하는 펭귄에 영향을 주지 않고 얼마나 크릴을 잡을 수 있을지를 연구하고 있다.

예:

- 케이시 기지(Casey Station) 주변에서 식습관을 모니터링하기 위한 아델리 펭귄의 경로 추적 (Kerry *et al.* 1999) <http://aadc-maps.aad.gov.au/aadc/metadata/metadata_redirect.cfm?md=AMD/AU/Tracking_SI>;

- CCAMLR 생태계 모니터링 프로젝트, 남극 과학 프로젝트 No.2205 의 지원을 위한 애덜리 펭귄 연구 및 모니터링
<http://cs-db.aad.gov.au/proms/public/report_project_public.cfm?project_no=2205>.

방랑하는 신천옹과 바다제비

신천옹은 남부 해양 주위를 수천 마일 방랑하고 일반적으로 번식을 위해서만 땅에 앉는다. 서로 다른 종 그리고 개체의 이동(얼마나 넓게 분포하는지, 겨울에 이동하는 곳 등)은 거의 알려진 것이 없다. 위성 추적장치 및 관찰자료를 이용해 1 차 중-발생 데이터가 현재 모아지고 있다 (Croxall *et al.* 1993).

예:

- 신천옹의 위치추적을 위해 태즈메이니아 수줍음 신천옹(Tasmanian Shy Albatrosses)에 녀 달 넘게 플랫폼 터미널 송신기가 부착되었다
<http://www.wildlifebiz.org/The_Big_Bird_Race/152.asp>;
- 두 종류의 신천옹이 남극 허드 섬(Heard Island) 주위에서 추적되었다
<<http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=14718>>;
- 열대 지방에서 남극 지방까지 바다제비와 신천옹의 위성 경로추적 (Catard and Weimerskich 1998).

기후 변화의 영향

기후 변화는 생태계적 커뮤니티의 생존, 개체의 종, 인간의 건강과 복지를 위협한다. 인구 수, 도로, 댐, 섬의 개체군 등에 대해 기후 변화가 끼치는 영향에 관한 많은 연구가 있었다. 생물다양성에 대한 기후 변화의 영향 연구는 상대적으로 적었지만, 환경모델에서 이러한 영향을 조사하기 위해 종-발생 데이터의 이용은 점점 증가하고 있고, 여러 연구는 그 영향이 상당할 것이라는 것을 보였다. 예를 들면, 호텐(Howden *et al.*, 2003)은 호주의 산호초, 열대우림, 방목장 그리고 조류, 식물, 파충류의 분포에서 그 영향을 확인하였다. 최근 연구는 18~35%의 종이 기후 변화로 인해 2050 년 이전에 멸종될 것이라고 예측하고 있다 (Thomas *et al.* 2004).

토착 종

GBIF 포털과 같은 분산 시스템을 통해 종-발생 레코드를 이용할 수 있게 되어 새로운 연구 분야가 개척되었고, 종, 기후 및 권역의 범위에 걸쳐 기후 변화 영향을 연구할 수 있게 되었다.

예:

- 호주에서 멸종위기 종에 대한 기후 변화 영향 연구는 2030 년 경에 82~84%의 핵심 기후 서식지 감소와 12%의 멸종위기 종이 멸종될 것으로 예견하였고 (Dexter *et al.* 1995), 현재 제한된 분포지역, 특정 서식지 또는 토양이 요구되는 비멸종위기 종들도 심각하게 영향을 받을 것으로 예측하였다 (Chapman and Milne 1998);
- 멕시코의 연구는 동물상에 끼치는 기후 변화 영향을 조사하였다 (Peterson *et al.* 2002a)
<http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Petal_N_2002.pdf>;
- 브라질의 연구는 cerrado 종에 끼치는 기후 변화 영향을 조사하였고, 보전 평가와 보호지 선택의 함축 관계를 연구하였다 (Siqueira and Peterson 2003)
<<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/en/download?article+BN00803022003+item>>;
- 35 종류의 비이주성 유럽 나비의 연구는 과거 100 년 동안 그 분포가 35~240km 북쪽으로 현저하게 이동된 것을 보였고, 해당 저자들은 지구 온난화가 그 원인이라고 결론지었다 (Parmesan *et al.* 1999)
<http://www.biosci.utexas.edu/IB/faculty/parmesan/pubs/Parm_Ntr_99.pdf>;
- 아메리카에서 조류에 대한 연구는 나무 제비의 번식 날짜가 변경되었음을 보였다 (Dunn and Winkler 1999);
- 지구 기후 변화에 대한 철새의 적응 연구는 European Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*)를 이용하여 수행되었다 (Coppack and Both 2003)
<<http://www.rug.nl/biologie/onderzoek/onderzoekgroepen/dierOecologie/publications/803Pdf.pdf>>.

1 차 생산

모든 기후 변화가 유해한 것은 아니며, 농업의 경우 일부 종에게는 장점이 된다. 어떤 종은 이전에는 잘 성장하지 않던 곳에서 잘 성장할 것이다.

예:

- 호주 일부지역에서 밀 생산이 증가할 것으로 예측되고 있다 (Nicholls 1997);

- 덴마크에서의 연구들은 세계 기후 변화가 고위도와 중위도 지역에서 생산량을 증가시킬 가능성이 있다는 것을 보였다 (Olesen 2001)
<<http://glwww.dmi.dk/f+u/publikation/dkc-publ/klimabog/CCR-chap-12.pdf>>;
- 각기 다른 농업 및 임업 종을 서로 다른 지역에 경작할 필요가 있고, 일부 지역은 새로운 종의 경작이 필요하고, 그 외 다른 종은 좀더 일찍 경작될 필요가 있고, 살충제 조절을 변경할 필요가 있고, 관개 시스템에 대한 조사 필요 등이 연구에서 예견되고 있다 <<http://www.gcric.org/gwcc/booklet2.html>>.

사막화

기후 변화와 사막화는 현재 세계가 직면하고 있는 두 가지 큰 이슈이다. 1 차 종 데이터는 기후 변화 하에서 사막화의 지표로 이용되고 있다

예:

- 사막화의 기본 지표. 동부의 경험과 전망 (Hambly and Angura 1996);
- 생물다양성과 사막화를 연관시키는 세계생물다양성 포럼: 전략적 관점
<http://www.gbf.ch/desc_workshop_old.asp?no=6&app=&lg=EN&now=2>.
- 쿠바에서, 사막화 지표 개발에 생물다양성 데이터가 사용되고 있다 (Negrin *et al.* 2003) <<http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf>>;
- 기후 변화, 생물다양성, 사막화의 3 자 회담
<<http://www.gdrc.org/uem/Trialogue/trialogue.html>>.

생태, 진화 및 유전

1 차 종-발생 데이터는 진화와 생태계 현상의 패턴, 과정, 원인을 밝히기 위한 원시 자료를 제공한다 (Krishtalka and Humphrey 2000). 식물 구조와 구성에 대한 연구는 크게 종-발생 데이터의 이용에 의존하고 있다. 세계의 많은 식물이 근세기에 변화되었고, 따라서 이미 정착된 식물 정보의 재구축을 위해서는 1 차 종 데이터와 토양, 기후, 지형에 따른 모델링의 조합이 요구된다.

식물 분류

식물 분류 및 서술은 식물과 그 기능, 특성을 이해하는 첫 번째 단계이다. 1 차 종-발생 데이터는 분류와 서술 모두에 중요하다.

예:

- 길리슨과 카펜터(Gillison and Carpenter) (1994)는 식물의 서술과 분석에 기능적인 속성을 이용하였다 <http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/WPapers/WP-03n.pdf>;
- VegClass: 식물 분류 도구 <http://www.cifor.cgiar.org/docs/_ref/research_tools/vegclass/>;
- UK 서식지 분류 <<http://www.jncc.gov.uk/habitats/habclass/default.htm>>;
- 식물분류표준 (연방지리데이터위원회) <http://www.fgdc.gov/standards/status/sub2_1.html>;
- 아프리카 남부의 식물 <<http://www.plantzafrica.com/vegetation/vegmain.htm>>.

식물 지도화

식물 지도화는 환경을 이해하고, 종과 이것의 연관관계 연구에 필요한 전후 상황을 제공하는 핵심 절차이다. 식물 지도화는 현재 식물 서식지를 지도화하고, 덧붙여 도시화, 농업 등으로 인해 현재 사라진 지역의 과거 식물 서식지를 해석하는 것 모두를 포함한다.

예:

- 온라인 식물, 초목 분포 지도의 대조표 (Englander and Hoehn 2004) <<http://www.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html>>;
- 호주국립식물정보시스템(Australian National Vegetation Information System, NVIS)은 식물표본관과 육상 조사에서 획득한 종 분포 데이터를 이용하여 대륙의 상세 식물 지도를 작성한다 <http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=NVIS_framework>;
- 호주 국립자원도감 v.2.0 은 호주 토착식물의 종류와 분포범위를 검사하고 이 식물이 유럽인 정착 이전에 어떠한 형태였는지를 조사한다 <http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=veg_type>;
- USGS-NPS 식물 지도화 프로그램 <<http://biology.usgs.gov/npsveg/>>;
- 플로리다 해안 저습지 – 식물 지도 <<http://fcelter.fiu.edu/maps/>>.

서식지 감소

서식지 감소(분할을 포함)는 생물다양성에 가장 중대한 위협 중 하나로 여겨진다. 서식지 감소 연구는 조사 뿐만 아니라 박물관의 데이터를 포함하는 종-발생 데이터의 가용성에 또한 의존한다.

예:

- 호주의 삼림지대 조류 연구는 서식지 분할이 진행됨에 따라 조류의 현저한 감소를 보여주고 있다 <<http://www.wilderness.org.au/campaigns/landclearing/nsw/birdecline/>>;
- 박물관 수집물은 일리노이 대초원의 작은 포유류들의 비율 변화와 서식지 파괴가 동시에 발생했다는 것을 밝히기 위해 사용되었다 (Pergams and Nyberg 2001) <<http://home.comcast.net/~oliver.pergams/ratio.pdf>>;
- 카메룬 Mbalmayo 삼림 보호구역의 열대우림 연구는 8 개 동물 그룹의 종 풍부성을 조사하였고, 이것을 증가된 방해와 비교하였다 (Lawton *et al.* 1998) <<http://invertebrates.ifas.ufl.edu/LawtonEtal.pdf>>.

생태계 기능

생태계 기능은 생태계의 과정들이 내부적으로는 이것의 구성 개체들과, 외부적으로는 물리적인 환경과 상호작용하는 방식을 서술하고, 영양 순환, 분해, 물과 에너지 균형, 가연성 등과 같은 과정을 포함한다. 생태계의 건강(Costanza *et al.* 1992)은 효율적인 생태계의 기능에 크게 의존한다. 세계의 많은 생태계는 인간 활동의 영향 때문에 현재 종 구성에서 급격한 변화를 겪고 있다. 이러한 변화는 때때로 종 다양성과 종 풍부성의 감소 및 종 구성의 변화를 초래한다. 이러한 변화들이 생태계의 전반적인 기능에 어떻게 영향을 주고 그리하여 이것의 건강에 어떻게 영향을 끼치는가는 진행중인 연구 주제이다. 이 연구는 1차 종-발생 데이터의 가용성에 크게 의존하고 있다.

예:

- 생태계 기능에서 생물다양성의 역할 (Gillison 2001) <<http://www.asb.cgiar.org/docs/SLUM%5C05-Ecological%20functions%20of%20biodiversity%5C05-2%20Does%20biodiversity%20play%20a%20significant.ppt>>;
- 생물다양성과 생태계 기능 온라인 <<http://www.abdn.ac.uk/ecosystem/bioecofunc/>>;
- BIODDEPTH는 지구 초목의 생태계 기능을 조사하는 프로그램이다 <<http://www.cpb.bio.ic.ac.uk/biodepth/contents.html>>;
- BIOTREE는 온대 삼림의 수목 다양성과 기능을 조사하는 장기 프로젝트이다 <<http://www.biotree.bgc-jena.mpg.de/mission/index.html>>;
- 토양 미생물은 효율적인 생태계 작용에 핵심 역할을 하는 것으로 생각되고 있다 (Zak *et al.* 2003) <<http://www.bio.psu.edu/ecology/calendar/Zak.pdf>>.

조사 설계 - 격차를 찾기

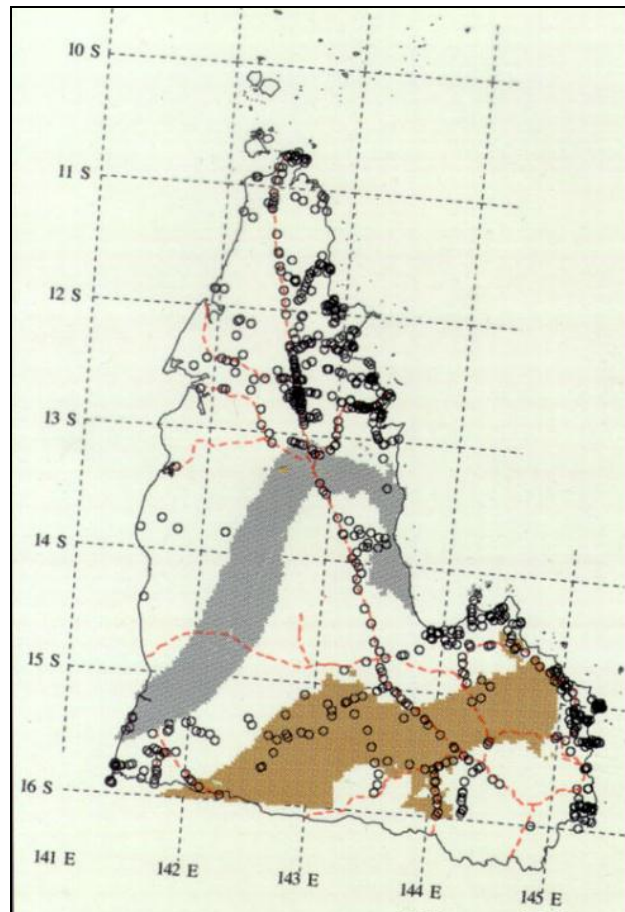


Fig. 7. 연평균 강수량과 온도에서 도출한 기후 등급을 이용하여 환경 구역이 파악되었고 GIS 를 이용하여 지도화되었다. 각 등급별로 생물학적 수집물의 비율이 결정되었고, 상대적으로 조사가 부족했던 지역에 대한 조사가 계획되었다 (Neldner *et al.* 1995).

중-발생 데이터는 향후 조사 수립을 위한 우선순위 결정에 핵심 자원이다. 일부 과학자들은 자신의 데이터를 전자적으로 이용 가능하게 할 경우 새로운 생물 조사와 수집물에 대한 연구비가 감소될 것으로 걱정하지만 (Krishtalka and Humphrey 2000), 그 반대의 현상이 일어나고 있으며, 이러한 격차를 채우기 위한 지원이 증가하고 있다. 데이터를 이용 가능하게 함으로써, 지식의 지리적, 분류학적, 생태계적 격차는 더욱 쉽게 발견되고, 따라서 새로운 조사와 조사 장소가 효율적이고 증가된 비용-효과 측면에서 계획될 수 있을 것이다 (Chapman and Busby 1994).

예:

- 미국 격차분석프로그램은 중 보전의 격차를 밝히는 것을 목적으로 한다 <<http://www.gap.uidaho.edu/>>;
- 호주에서, 환경 및 중 모델링과 생물학적 구역화는 향후 조사 목적으로 케이프요크(Cape York) 반도의 핵심 지역을 파악하기 위해 이용되었다 (figure 5). VISTR (분류군, 샘플, 구역의 가시화)라고 이름지어진 프로그램이 개발되었다 (Neldner *et al.* 1995);
- GBIF 데모 프로젝트 2003 의 여행 1: ‘신열대구 중 분포의 신뢰성 및 일관성’은 향후 조사에서 적합한 지역을 결정하는데 이용될 수 있다 <<http://gbifdemo.utu.fi/>>;

- 알려진 개체군의 기후 인자에 근거하여 Tarengo Leek Orchid (*Prasophyllum petilum*)의 서식지 예측에 BIOCLIM 분석이 호주에서 이용되었다 (NSW National Parks and Wildlife Services 2003)
<http://www.nationalparks.nsw.gov.au/PDFs/recoveryplan_draft_prasophyllum_petilum.pdf>;
- 남다코타 격차분석프로그램은 조사 지역을 결정하기 위해 토착 척추동물의 분포를 이용하였다 <<http://wfs.sdstate.edu/sdgap/sdgap.htm>>.

진화, 멸종 및 유전

종-발생 데이터는 종의 진화 연구, 과거 기후 하에서 존재했을 것으로 예상되는 종 분포 조사, 멸종 원인 조사 및 유전학적 관계 연구에 이용되고 있다.

예:

- *Nothofagus* (*Nothofagus cunninghamii*) 종의 생물기후학적 수집자료가 태즈메니아의 충적세 기후 예측에 이용되었다 (McKenzie and Busby 1992);
- 꽃가루 흔적이 태즈메니아의 고돈강 계곡 저지대의 고대 환경 재구축에 이용되었다 (Harle *et al.* 1999);
- 종 데이터는 계통발생을 추론하는 것에 이용된다
<<http://evolution.genetics.washington.edu/book/datasets.html>>;
- Ring species 와 DNA 를 이용하여 일련의 종에 대해 진화 패턴을 유추할 수 있다
<<http://www.origins.tv/darwin/rings.htm>>;
- 호주에서의 여러 연구는 거대동물군의 멸종 원인과 현대 호주 동물군의 종 진화를 조사하고 있다 <<http://science.uniserve.edu.au/school/quests/mgfauna.html>>;
- 진화와 집단 멸종 (Hunt 2001)
<<http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/freemanea2/chapter3/custom5/deluxe-content.html>>;
- 캐나다에서, 일련의 프로젝트는 분자 시스템학과 보전 유전학 분야를 조사하고 있다. 이 프로젝트는 멸종위기 종의 보전 유전학, 파충류의 단성진화, DNA 를 이용한 미지의 종 발견 등을 포함하고 있다
<<http://www.rom.on.ca/biodiversity/cbcb/cbmolecu.html>>;
- 양서류의 진화 역사 연구는 분자 데이터를 이용하였다 (Feller and Hedges 1998)
<<http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf>>;
- 나비의 패턴 및 의태 진화가 연구되고 있다
<<http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf>>.

유전체학

유전체학은 유전자와 그 기능을 연구하는 학문이다. 1 차 종-발생 데이터는 미국 자연사 박물관의 냉동티슈 수집물 등을 통해 유전체 연구에 이용되고 있다.

예:

- 식물 유전자 데이터베이스 <<http://www.nal.usda.gov/pgdic/>>;
- 미국 자연사 박물관의 비교 유전체 연구소
<<http://www.amnh.org/science/facilities/hayden.php>>;
- 아라비아 오릭스의 보전을 위한 유전체 데이터의 사용 (Marshall *et al.* 1999)
<<http://www.latrobe.edu.au/genetics/staff/sunnucks/homepage/papers/AnimalCons/Marshall98.pdf>>;
- 알래스카 영구 동토층에서 발견된 화석 뼈의 진화 과정을 관찰하고 계통발생학적인 나무를 만들기 위해 고대 DNA 기술이 이용되고 있다 (Shapiro and Cooper 2003);

- 핀란드에서, 유전체를 이용한 적응 변이를 연구하고 있다
<<http://cc.oulu.fi/~genetwww/plants/adaptive.html>>;
- DNA 바코딩은 생물학적 동정과 보전에 이용될 목적으로 연구되고 있다 (Herbert *et al.* 2003) <<http://barcoding.si.edu>>.

생물정보학

유전체 용어로, 생물정보학은 데이터베이스를 빠르게 검색하고, DNA 서열 정보를 분석하고, 단백질 서열과 구조를 예측하기 위한 방법들의 개발을 포함한다.

예:

- GenBank 데이터베이스
<<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/GenbankOverview.html>>;
- EMBL – 유럽분자생물학연구소 <<http://www.embl-heidelberg.de/>>;
- 생물정보학: 서열, 구조 및 데이터뱅크 – 실제적인 접근 (Higgins and Taylor 2000).

미생물 다양성과 종분화

James T. Staley²

박테리아가 생명체 중 가장 오래된 생물군이기 때문에 작은 리보솜 DNA 서열분석에 기반한 생물계통도에 적어도 40 개의 계가 있다는 것은 그리 놀라운 일이 아니다. 이렇게 높은 다양성과 미생물이, 이것중의 일부는 끓는 온천과 pH 1 의 산성 서식지와 같은 극단적인 환경에서 존재, 모든 생태계에서 발견된다는 사실을 고려할 때, 단지 약 6,000 종의 박테리아와 아키아(Archaea)만이 서술되고 명명되어진 것은 주목할 만하다. 이렇게 종의 수가 적은 이유는 박테리아에 이용된 종 개념이 동식물에 비해 매우 광범위하기 때문이다. 과학자들은 이제 이것의 폭 때문 뿐만 아니라 기존의 박테리아 종 어떤 것도 지구상의 특정 지역에 고유한 것으로 간주될 수 없기 때문에 미생물 종 개념에 대해 의문을 제기하고 있다. 최근, 과학자들의 아종 수준의 연구에서 풍토성의 증거가 보고되고 있다.

리보솜 RNA 보다 덜 보존된 단백질 유전자의 다중-위치 서열 분석이 풍토성 연구에 이용되고 있다.

예:

- 한가지 예는 인간 병원체인 *Helicobacter pylori* 균으로, 이것은 궁극적으로 위암으로 발전될 수 있는 위궤양을 초래한다. 몇몇 단백질 유전자의 서열분석을 이용해서, 아프리카에서 퍼뜨려진 이후로 *Homo sapiens* 에서 잠복했던 *H.pylori* 기질(strains)로 인간 이주 패턴이 식별될 수 있음이 발견되었다. 그러므로 *H.pylori* 의 마오리 기질은 유럽인의 가계, 최근에 뉴질랜드로 이동,의 것과는 분명히 다른 독특한 기질을 포함한다. 아프리카 기질은 아프리카계 미국인뿐만 아니라 서아프리카에서 높은 빈도로 발견되었다. 과거 50,000 년 전에 발생한 인간 이주로 설명될 수 있는 또 다른 패턴이 밝혀지고 있다 (Falush *et al.* 2003);
- 비병원성 박테리아가 온천 지대에만 고유하게 존재한다는 증거가 새로 태동하는 이 분야에서 최근 보고되었다. 만약 종 분화 사건이 미생물의 아종 수준에서 발생하고 있다면, 이것은 미생물 종의 재정의가 필요함을 나타내는 것이다. 또한, 풍토성 박테리아가 존재한다면, 이 정보는 법의학 연구에서 매우 유용할 수 있는데,

² This section was authored by James T. Staley, University of Washington, Seattle, WA, USA.

왜냐하면 한 지역에서 제거된 물체의 미생물상은 물체의 출처에 대한 유전 정보를 포함할 수도 있기 때문이다;

- 종분화 연구는 미생물학에서 새로운 혁명이다. 언젠가는, 미생물 종의 수가 수백만으로 늘어날 수도 있을 것이다.

고고학 연구

박물관에서 화석 형태 수집물의 1 차 종-발생 데이터는 종의 고고학적 역사 연구에 이용된다.

예:

- 스프링필드(Springfield), 일리노이 주 박물관의 연구자들은 과학 논문에서 컴퓨터 지도 상에 지난 4 만년간에 걸친 북미 포유류의 서식 범위를 그리기 위해 박물관의 화석 데이터를 이용하고 있다 (Cohn 1995);
- 에티오피아에서 발견된 새로운 화석들은 아프리카의 ‘밝혀지지 않은 과거’를 밝히는 새로운 창을 열고 있다 (Washington University in St. Louis News and Information)
<<http://news-info.wustl.edu/news/page/normal/575.html>>;
- 아프리카 고고학 데이터베이스
<http://www.archaeolink.com/african_archaeology.htm>;
- 대량 동물군 시대 (호주 방송 위원회);
- 아리조나 주립 박물관, 동물 고고학 연구소의 비교학적 척추동물 수집물은 고고학 연구의 자원을 제공한다
<http://www.statemuseum.arizona.edu/zooarch/zooarch_browse.asp>.

환경 구역화

한 지역을 유사한 환경 조건을 가진 구역으로 나누는 것은 환경 데이터, 원격탐사 (remote-sensing) 사진과 함께 종 정보를 이용함으로써 가능하다. 이러한 구역화는 지역에서 대륙적인 범위까지의 환경 계획에 이용될 수 있다.

국가 계획 연구

환경 구역화는 보전 계획과 자연 자원 이용에 매우 유익한 도구이다. 호주에서는, 호주임시 생물지리구역화 (figure 8)가 보전 계획, 지속가능한 자원 관리 및 환경 모니터링에 광범위하게 이용된다.

예:

- 호주임시생물지리구역화(Interim Biogeographic Regionalisation of Australia, IBRA)는 종 데이터, 원격탐사 데이터 및 기후 데이터를 이용하여 개발되었다 (Thackway and Cresswell 1995) <<http://www.deh.gov.au/parks/nrs/ibra/version5-1/index.html>>;
- 호주 정부는 국가 보호지 시스템 개발을 위해 생물구역의 우선순위 결정에 생물구역을 이용하고 있다 <<http://www.deh.gov.au/parks/nrs/ibra/priority.html>>.

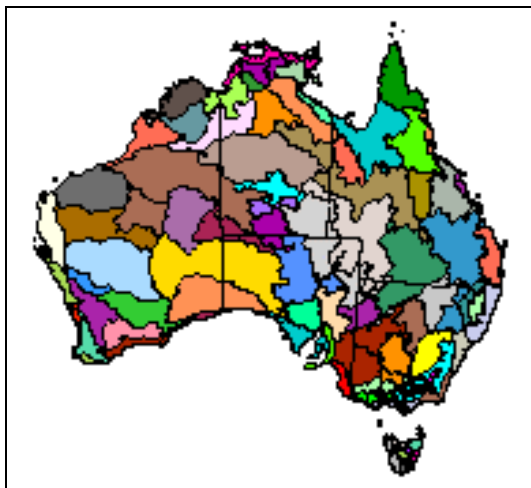


Fig. 8 호주임시생물지리구역화(IBRA)는 생물구역 내에서 보전 계획과 지속가능한 자원관리를 위한 기본틀구조(framework)이다. 구역은 환경 속성에 대한 일련의 대륙 데이터를 이용해 토지 표면을 분류하는 접근방식에 기반하는 경관을 나타낸다.

구역 계획 연구

생물구역 계획은 환경 평가와 계획에 사용될 수 있도록 권역 환경 패턴을 식별하고 특징화하는 접근방식의 개발과 관련되어 있다 (Chapman and Busby 1994).

예:

- 짐바브웨에서 생물구역은 보전 계획과 침식 조절을 위해 이용되고 있다 <<http://www.lancs.ac.uk/fss/politics/people/esrc/pppage2.html>>;
- 태즈메이니아의 새로운 생물지리 구역화 (Peters and Thackway 1998) <<http://www.gisparks.tas.gov.au/dp/newibra/Title&Background.htm>>;

- 호주 정부는 보전 및 구역 계획의 통합 목적으로 생물구역을 이용하고 있다
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/planning/index.html>>. 사례로 위메라저수지관리청 (Wimmera Catchment Management Authority) 시험 프로젝트가 있다 (Birds Australia 2003) <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/wimmera/methods.html>>.

해양 구역화

해양 지역에서 가치 있는 환경 구역을 만드는 것은 대륙에서만 간단하지는 않지만 보전계획을 위해 매우 중요하다.

예:

- 호주 임시해양해안구역화는 종 데이터와 관련된 수심측량 데이터 등의 환경 데이터를 이용해 만들어졌다 <<http://www.deh.gov.au/coasts/mpa/nrsmpa/imcra.html>>;
- 200 개의 세계 생태구역: 해양
<http://www.nationalgeographic.com/wildworld/profiles/g200_marine.html>;
- 캐나다 국립해양보전지역시스템계획
<http://www.pc.gc.ca/progs/amnc-nmca/plan/index_E.asp>.

수상 구역화

수상 구역화는 육지나 해양만큼 자주 있지는 않지만 수상 생태계 관리를 위해 이용된다

예:

- 대형 비척추동물 구역화를 이용한 수상 생태계 관리 (Wells *et al.* 2002).

보전 계획

장기적이며 지속가능한 방법으로 생물다양성을 보전하기 위해서는, 보전 우선순위 결정에 종-발생 데이터를 이용하는 것이 중요하다. 지구상의 모든 종의 군집을 보전하는 것은 가능하지 않다 (Margules *et al.* 2002). 전통적인 보전 지역에 모든 종의 대표 개체를 보전하는 것 역시 가능하지 않다. 최근에는 비로소 보전지역 선택에 생물다양성이 가장 중요한 고려사항이 되었다. 우선순위 결정 과정에서 핵심 요소는 상보성, 복제성, 대표성, 그리고 비대체성이다.

가스톤과 그의 동료들은 (Gaston 2002) 보전 계획 과정에서 뚜렷한 여섯 개의 단계를 구분하였다. 이것들의 첫번째는 생물다양성에 대한 데이터의 정리, 기존 데이터의 재검토, 시간과 자원이 허락할 경우 새로운 데이터 수집, 해당 구역에서 멸종위험에 처하거나 다른 우선순위 종의 위치에 대해 자세한 정보를 수집하는 것이다. 데이터는 필수적인 첫번째 단계이며, 다른 어떤 과정도 적절한 데이터 없이 수행될 수 없을 것이다.

신속한 생물다양성 평가

대부분의 신속한 생물다양성 평가 프로젝트가 의미있는 결과를 제시하기 위해서는 광범위한 종-발생 데이터를 필요로 한다. 이러한 프로젝트는 비용이 매우 많이 들었으며, 데이터 수집, 특히 종-발생 데이터 수집은 이러한 프로젝트에서 가장 시간이 많이 걸리는 부분이었다 (Nix *et al.* 2000)

예:

- 파푸아뉴기니의 바이오랩 (BioRap) 생물다양성평가 및 계획 연구
<<http://www.amonline.net.au/systematics/faith5a.htm>>;
- 파푸아뉴기니의 생물학적 다양성에 대한 연구 (Sekhran and Miller 1995);
- 아마존 생물다양성 측정
<http://www.amazonia.org/SustainableDevelopment/Jauaperi/Biodiversity/ALMA/ABDE/ABDE_3.htm>;
- 인도네시아의 신속한 생물다양성 조사
<http://www.opwall.com/Indonesia_biodiversity_surveys.htm>;
- 스페인 벨리즈의 크리크 야생동물 보호구역에 대한 신속한 생태 평가
<http://biological-diversity.info/Spanish_Creek.htm>.

생물다양성 우선 지역의 동정

생물다양성 보전 계획과 평가를 위해서는 구역, 국가, 생물군계의 생물학적 다양성을 대표하는 구역의 동정이 필요하다 (Margules and Redhead 1995). 어떤 생물다양성을 보전하고 얼마나 많이 각각의 종을 보전할지를 결정하는 것 등이 우선순위 선정과 관련된다.

예:

- 생물다양성 우선 지역을 위한 도구 (Faith and Nicholls 1996);
- 파푸아뉴기니에서 보전을 위한 생물다양성 대체물의 실제적 응용과 목표 비율 (Faith *et al.* 2001);
- 생물다양성 세계(Biodiversity World) – 생물다양성 모델링을 이용한 보전 평가
<<http://www.bdworld.org/index.php?option=content&task=view&id=16&Itemid=25>>;

- 지방정부를 위한 생물다양성 도구박스는 해당 위원회에 생물다양성 보전을 통합하기 위한 도구, 자원, 연락처 정보를 제공하기 위해 설계되었다
<<http://www.deh.gov.au/biodiversity/toolbox/index.html>>;
- 국가 육지, 수상자원 생물다양성 평가 (보전 우선순위 식별)
<http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=bio_asses>;
- 해양 우선지역 설정 <<http://www.mcabi.org/marineprotected/Marine.htm>>;
- 생물다양성 보전을 위한 우선권 결정 워크숍
<http://www.earth.nasa.gov/science/biodiversity/section_d2.html>;
- 파푸아뉴기니 보전은 평가가 필요하다 (Alcorn 1993).

보호지 선택

일단 생물다양성 평가가 수행되고 생물다양성 우선지역이 결정되면, 다음 단계는 보호지로 적합한 지역을 선택하는 것이다.

예:

- 보호지 선택을 위해 미국 아이다호에서는 격차 분석을 이용한다
<<http://www.gap.uidaho.edu/Bulletins/9/bulletin9/bulletin9html/aaoarsafipobanme.html>>;
- 호주 박물관은 보호지 선택에 유전적인 기준을 이용하여 조사하는 프로그램이 있다
<http://www.amonline.net.au/evolutionary_biology/research/projects/gcrs.htm>;
- 호주 박물관의 또 다른 프로젝트는 유전적 다양성을 비교하고 측정하기 위한 종 지표로 말뚝 풍뎡이들을 이용하는 것을 조사하고 있으며 보호지 선택 시에 이것들의 이용을 평가하고 있다
<http://www.amonline.net.au/evolutionary_biology/research/projects/ressel.htm>;
- 브리티시 콜럼비아의 한 연구는 보호지의 선택 및 결정에 규모, 생물다양성 데이터, 목표치에 관한 민감도를 조사하였다 (Warman *et al.* 2004);
- 마들과 프레시(Margule and Pressey) (2000)는 보호지 외부와 보호지 내부, 둘 모두의 보전 중요성을 강조하였고 생산과 보호를 위해 전체 경관을 관리하는 필요성을 강조하였다;
- 격차 분석과 보호지 선택 참조 리스트
<<http://www.apec.umn.edu/faculty/spolasky/reserve.PDF>>;
- 패턴 분석은 보호지 선택시에 환경적 대표성을 고려할 수 있도록 한다 (Belbin 1993);
- 중국 자이언트 팬더를 위한 보전 지역 설계와 중요한 서식지 연결통로의 이용 (MacKinnon and De Wulf 1994).

상보성

상보성의 착안점은 가장 많은 종이 서로 같이 발생할 수 있도록 하는 일련의 보전 지역을 선택하는 것이다 (Margules *et al.* 1998). 상보성은 반복적 과정이다 – 예를 들면 당신이 모든 종이 출현하기를 원한다면, 상보성은 가장 많은 종이 출현한 첫번째 지역을 선택하고, 그 다음 아직 나타나지 않았으면서 가장 많은 종을 가진 다음 지역 등을 찾는 방식이다. 종-발생 데이터는 이러한 알고리즘을 이용해 지역을 결정하는데 필수적이다.

예:

- 보전을 위한 상보성, 생물다양성 생존력 분석 및 정책 기반 알고리즘 (Faith *et al.* 2003);

- 대표적인 상보성 세트에 가장 높게 기여를 하는 지역과 같은 최우선 지역을 식별하기 (Faith and Walker 1997);
- 열대 대륙의 척추동물 중 분포에 대한 새로운 데이터베이스로 아프리카 보전을 위한 우선 순위에 대해 새로운 통찰이 가능하다 (Brooks 2001);
- 오레곤에서, 육지 척추동물 데이터를 이용하여 보호지 선택 알고리즘이 비교되었다 (Csuti *et al.* 1997);
- 파푸아뉴기니의 최근 전체 국토 계획 연구는 보전 우선순위를 결정할 때 상보성에 기반한 장단점의 중요성을 나타냈다 (Faith and Walker 1996)
<<http://www.ias.ac.in/jbiosci/jul2002/393.pdf>>.

현지 외 보전

모든 생물다양성 보전이 공식적으로 지정된 보전 구역에서만 일어나지는 않는다. 보호지 외부나 현지 외 보전 역시 중요하며 동물원, 식물원은 희귀하고 멸종위기에 처한 종 보전과 생포 번식 프로그램에서 중요한 역할을 한다. 종-발생 데이터는 현지 외 보전 프로그램을 운영하는 기관 및 개인에게 필수적인 정보 원천이다.

동물원

동물원은 현재 희귀 종 보전에 중요한 역할을 한다. 많은 동물원이 생포 번식 프로그램을 운영하고 있고, 일부 동물원은 희귀 종들을 야생으로 돌려보내기 위해 교배하고 있다.

예:

- 프세발스키 말을 야생으로 돌려보내기 위해 세계의 여러 동물원에서 이것이 교배되고 있다 <<http://www.imh.org/imh/bw/prz.html>>;
- 국제자연보전연맹(IUCN)은 야생으로 돌려보낼 목적으로 여우, 늑대, 자칼, 개의 생포 교배를 지원하고 있다 <<http://www.canids.org/1990CAP/10captvb.htm>>;
- 멸종위기에 처한 동물의 재생 조직이 미래 번식 프로그램을 위해 호주에서 보전되고 있다 <http://www.monash.edu.au/pubs/eureka/Eureka_95/freeze.html>;
- 1995 년 세계의 동물 연구소들은 세계 동물원 보전 전략을 마련하였다 <<http://www.zoo.nsw.gov.au/content/view.asp?id=47>>.

식물원

식물원은 식물에 대해 동물원과 유사한 역할을 한다. 많은 희귀 식물은 종묘원으로 분배될 목적으로 성장 및 이식되고 있고, 따라서 야생 개체군에 대한 압력을 감소시키며, 일부는 야생으로 다시 보내지고, 다른 일부는 식물원 자체에 보전된다.

예:

- 녹색 유산 – 캐나다의 식물원과 보전 <http://www.rbg.ca/greenlegacy/pages/botanical_pg2.html>;
- 호주 식물원에서 희귀식물의 성장 <<http://www.anbg.gov.au/chabg/bg-dir/collections.html>>;
- 꽃잎의 무게: 식물원의 가치 (Bruce Rinker) <<http://www.actionbioscience.org/biodiversity/rinker2.html>>;
- 야생으로의 식물 재도입에 관한 식물원 핸드북 (Akeroyd and Wyse-Jackson 1995);
- 식물 재도입, 회복 계획, 복구 프로그램에 대한 참조 리스트 (Royal Botanic Gardens Kew) <<http://www.rbgkew.org.uk/conservation/reintro.html>>;

- 호주의 울레마이 소나무 (*Wollemi nobilis*) 위치는 비밀로 부쳐졌고, 이 동안 야생 묘목에의 고통을 줄이기 위해 여러 야생 식물원에서 종묘원으로 배포할 묘목이 재배되었다 <<http://home.bluepin.net.au/yallaroo/conservationandcult.htm>>.

야생동물 공원

야생동물 공원 – 동물과 식물 포함 – 은 현지 외 보전을 하고 있는 또 다른 지역이다.

예:

- 영국의 남부호수야생동물공원은 대규모의 보전 프로그램을 운영한다 <<http://www.wildanimalpark.co.uk/>>;
- 샌디에고 동물원의 야생동물공원 또한 주요 보전 프로그램을 운영한다 <<http://www.sandiegozoo.org/conservation/zooprojects.html>>;
- 호주 남부의 클레랜드보전공원은 동식물 보전을 목표로 하고 있다 <<http://www.environment.sa.gov.au/parks/cleland/>>;
- 동물과 식물의 보전을 위한 많은 사설 자연보호 구역이 세워지고 있다 <<http://www.environment.sa.gov.au/biodiversity/sanctuary.html>>.

지속가능한 이용

보전과 지속가능한 이용을 동시에 이루려는 움직임이 증가하고 있다. 모든 국가가 전통적인 보전 보호지를 묵혀 둘 수는 없고, 지역 커뮤니티와 생물다양성 데이터를 활용하면서 지속적으로 이용 가능한 지역을 개발하고 있다.

예:

- 남아프리카에서, 에즘벨로 (Ezemvelo) 자연보호지는 지속가능한 방식으로 이것의 자연자원을 활용하는 경제적으로 독립적인 보전기반 보호지로서 제안되고 있다 (Sonnekus and Breytenbach 2001);
- 코스타리카에서, 구아나카스테 보전 구역은 지역 커뮤니티의 지원으로 지속적인 사용이 가능한 보호지로 만들어졌다 (Janzen 1998, 2000);
- UN 인간과 생물구 프로그램은 생물다양성의 보전과 이것의 지속적인 사용의 조화를 목적으로 한다 <<http://www.unesco.org/mab/>>.

종자은행과 배형질 은행

종자와 배형질(germplasm)의 장기적 저장과 보전을 통한 생물다양성의 보전은 종 데이터가 사용되고 있는 또 다른 예이다.

예:

- 새천년 종자은행 프로젝트는 식물 종을 멸종에서 안전하게 보호하기 위한 지구적인 협업 프로젝트이다 <<http://www.kew.org/msbp/>>;
- 중국 과학원은 중국 남서부의 야생동물에 대한 배형질 은행을 개발하고 있다 <<http://english.cas.ac.cn/english/news/detailnewsb.asp?infoNo=24630>>;
- GenBank 데이터베이스 <<http://www.psc.edu/general/software/packages/genbank/genbank.html>>.

자연 자원 관리

생물다양성에 관한 향상된 정보는 자원 관리자들이 높은 종 다양성, 높은 풍토성 및 이용 가능한 자원을 가진 지역을 식별할 수 있는 능력을 증진시키고, 자연 자원을 보호하고 관리하는 노력을 향상시킬 것이다 (Page *et al.* 2004).

토지 자원

지속가능한 방식으로 토지 자원 관리의 필요성이 점점 중요한 문제로 인식되고 있다. 증가하는 고해상도 생물다양성 데이터는 토지이용 계획과 관리 결정에 필수적이다.

예:

- 자연 자원 관리와 식물 – 개요 – 호주.
<http://audit.ea.gov.au/ANRA/vegetation/vegetation_frame.cfm?region_type=AUS®ion_code=AUS&info=NRMV_overview>;
- 브리티시 콜럼비아의 지역 토지 이용 계획과 토지자원관리계획 (Land Resource Management Plans, LRMPs) <<http://srmwww.gov.bc.ca/rmd/lrmp/>>;
- 쿠바에서, 사막화 방지에 생물다양성 데이터가 이용되고 있다 (Negrin *et al.* 2003)
<<http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf>>;
- 아프리카와 중동 지역에서의 자연 자원의 관리
<http://web.idrc.ca/en/ev-3313-201-1-DO_TOPIC.html>;
- 국제자연보전연맹(IUCN)의 지속가능한 이용 사이트
<<http://www.iucn.org/themes/sustainableuse/>>;
- 남아프리카 자연자원연구소 <<http://www.inr.unp.ac.za/>>.

수자원

수자원 관리의 수질지표 개발과 잡초의 생물학적 조절을 포함하는 지속적인 관리 및 이용과 관계가 있다.

예:

- (농업과 수력 발전을 위한 요구와 함께) 인구 성장과 기후 변화는 아프리카에서 물 부족 현상을 가중시키고 있다 (Schultze *et al.* 2001);
- 세계은행(The World Bank) – 수자원관리 사이트
<<http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/ardext.nsf/18ByDocName/WaterResourcesManagement>>;
- 미국-중국 수자원 관리 프로그램 <<http://www.lanl.gov/projects/chinawater/main.html>>;
- 수질지표로 거대 무척추동물이 사용된다 (Maryland Department of Natural Resources)
<<http://www.dnr.state.md.us/streams/pubs/freshwater.html#Where%20and%20when%20are%20freshwater%20benthic>>;
- 미국 환경보호국 수질, 수생 생물 프로그램
<<http://www.epa.qld.gov.au/register/p00736ad.pdf>>.

환경 보호

환경 보호는 광범위한 분야를 다루고, 흔히 인간이 유발하는 오염으로부터 환경을 보호하는 것으로 생각되고 있다. 그러나 환경보호는 이보다 더욱 더 광범위하고, 기후 변화, 자연

환경상의 인공적인 환경에 대한 효과 등과 같이 인간이 야기한 모든 형태의 활동에서 환경을 보호하는 것을 뜻한다.

예:

- 호주 환경보호법은 세계 문화유산 사이트나 멸종위기에 처한 이주 종, 중요한 습지와 같이 환경적으로 중요한 문제에 대해 개발, 농업, 어업 등의 영향을 모니터링하기 위해 온라인 의사결정 지원 시스템을 이용한다. 1 차 중-발생 데이터는 의사결정 지원 시스템의 기초 정보가 되는 중요한 소스이다 (Chapman *et al.* 2001) <<http://www.deh.gov.au/erin/ert/epbc/index.html>>;
- 미국 환경보호국은 환경보호의 여러 측면에서 중-발생 데이터를 사용한다 <<http://www.epa.gov/>>.

환경 모니터링

시간에 경과에 따른 환경 모니터링은 때때로 간과되는 문제이지만, 환경자원의 계속적 관리를 위해서는 필수적인 것이다.

예:

- 호주 생물자원의 장기적 모니터링 (Redhead *et al.* 1994);
- 스웨덴의 환경 모니터링 <<http://www.svenskamiljonatet.se/cbd/eng/hav/miljoovervakning.htm>>;
- 워털루 대학의 학생들은 3 학년 과정의 일부인 환경 모니터링 과목에서 여름마다 숲의 생물다양성 구역에서 데이터를 수집한다 <http://www.escarpment.org/Monitoring/mon_forestbio.htm>;
- 알부페라 국제 생물다양성 단체(The Albufera International Biodiversity Group, TAIB)는 자원 봉사자들의 도움으로 환경 변화를 모니터링하기 위한 데이터를 수집한다 <http://www.medwetcoast.com/article.php3?id_article=200>;
- 국제조류보호연맹에서는 환경 모니터링을 위해 생물다양성 지표를 이용한다 <<http://www.birdlife.net/action/science/indicators/>>.

농업, 임업, 어업 및 광업

농업, 임업, 어업 및 광업은 1 차 중-발생 데이터를 가장 많이 이용하는 분야이다. 경작 적합지 파악, 유전 교배를 위한 주요 작물 종에 대한 야생 친척의 동정, 식량, 삼림, 거주지, 섬유와 산업적 이용을 위한 새로운 종의 동정, 서로 다른 지역의 경작에 이용하기 위한 기원 종의 동정, 잡초나 질병에 대한 생물학적 조절제의 동정, 인공림과 자연 경작 등의 임업 생산 및 보호를 위한 주요 지역 파악, 어업생산 파악과 관리, 잡어 동정, 식습관, 살충제, 오염 물질에 대한 연구, 그리고 잠재적인 광산지역 파악 등에 1 차 중-발생 데이터가 이용된다.

농업

새로운 용어 ‘agrobiodiversity’ 혹은 ‘agricultural biodiversity(농업생물다양성)’가 최근 생물다양성협약 5차 당사국 회의 결정 V/5에 의해 정의되었고 이것은 다음의 내용을 포함한다“... 음식 및 농업과 관련 있는 생물학적 다양성의 모든 요소, 그리고 농업생태계를 구성하는 생물학적 다양성의 모든 요소”(<http://www.biodiv.org>). 이것은 관광업과 같은 문화적 측면뿐만 아니라 영양분 순환, 유해 종과 질병 규약 (자연적인 생물학적 조절), 꽃가루 받이, 야생동물 서식지, 수문학적 순환, 탄소 격리, 그리고 기후 규약 등과 같은 생태학적 서비스를 포함한다 (Miller and Rogo 2001).

미국 식품 산업 하나만의 규모가 연간 8 천억 달러로 추산된다 (Pimental *et al.* 1999). 이것 모두는 옥수수, 밀, 쌀, 콩 등의 식물이든지 또는 식용 작물과 소, 돼지, 가금류와 동물이든지, 또는 버섯류와 같은 곰팡이이든 생물학적 종에 근거한 것이다. 생물학적 종은 또한 경관 복구, 생물학적 해충 조절, 스포츠, 애완동물, 식물 가공 등 농업 산업에도 이용된다. 1 차 중-발생 데이터베이스는 농업 종사자들이 이용하는 주요 정보의 원천이다.

새로운 농작물과 야생 친척

사람들은 항상 농업에 사용될 새로운 종을 찾고 있다. 1 차 중 데이터베이스는 현재 농업에 이용되는 종의 야생 친척 종을 동정하기 위해 이용되고, 또는 토착민들이 이용했었을 새로운 종을 동정할 때 이용되고 있다. 또한, 잡초를 제어하고, 성장율을 증가시키고, 물 사용을 감소시키는 등 유전자 전이 목적으로 경작 농작물의 야생 친척을 조사하고 있다.

예:

- 경작 벼와 가까운 친척은 *Oryza rufipogon*, *O.nivara*, *O.longistaminata*, *O.glumaepatula* 를 포함하며 많은 아시아, 아프리카, 아메리카 국가의 벼 경작 시스템에서 흔하게 발견되거나 공존한다. 수백 년 동안 이중 교배에 이러한 종들이 실제 이용되었으며, 더욱 최근에는 특정 유전자를 전이하여 베타-카로틴, 단백질 함량, 질병 그리고 해충 저항성, 제초제 저항성, 염 저항도를 증가시키기 위해 생명공학 기술이 사용되고 있다 (Lu 2004);
- 브라질에서, 카사바(*Manihot esculenta*)와 이것의 야생 친척 중간 인공 및 자연 교배가 이루어지고 있다. 개선된 생산성과 번식성을 가진 새로운 잡종을 발견하거나 교배하기 위한 연구가 수행중이다 (Nassar 2003)
<http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2003/vol4-2/gmr0047_full_text.htm>;
- Desert Quandong (*Santalum acuminatum*)은 호주 원주민들이 전통적으로 사용한 식물이다. 이것은 현재 상업 식품의 소스로 개발되고 있다
<<http://sres.anu.edu.au/associated/fpt/nwfp/quandong/Quandong.html>>.

기원 종과 야생 친척

재배 종의 새로운 기원 종을 동정하는 것은 전통적으로 수백 년을 거슬러 올라가야 하는 작업이다. 1 차 종-발생 데이터베이스는 이제 이러한 검색을 도울 수 있고, 인터넷상에서 점 레코드를 추출할 수 있게 되면서 연구 목적으로 새로운 군집과 지역을 동정할 수 있도록 하고 있다.

예:

- 뉴질랜드에서, 식물 *Cordyline australis* 에 대한 지속적인 과당 생산 적합성을 조사하기 위해 네 가지 기원 종이 선택되었다 (Harris 1994);
- 호주에서, 가축 방목에 이용하기 위해 *Acacia* 종의 적합한 기원 종을 찾고 있다 (Dynes and Schlink 2002);
- 중앙 아프리카에서, 고영양 초록 식물로서 가치가 있는 종인 Eru (*Gnetum africanum* and *Gnetum buchholzianum*)의 85 개 기원 종의 배형질이 유전적 개선, 현지 외 경작 및 관리를 위해 선별되었다 (Shiembo 2002)
<<http://www.fao.org/docrep/X2161E/x2161e06.htm>>;
- *Cassia brewsteri* 의 고무 씨 생산 잠재성 (Cunningham et al. 2001)
<<http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/UCQ-12A.pdf>>;
- 미국의 성공을 위한 종자(Seeds for Success) 프로그램은 버려진 땅의 안정화, 재생, 복구를 위해 사용할 종의 종자를 수집하고 있다 <<http://www.nps.gov/plants/sos/>>.

식품 가공

수천 년 전부터 알코올과 빵을 만들 때 효모를 사용하고, 치즈 생산에 박테리아를 사용한 것처럼 식품 생산에서 종을 이용하였다. 예를 들면, 와인의 여러 다양한 종류와 맛은 발효시킬 수 있는 여러 포도들을 폭 넓게 선택할 수 있음과 이용가능한 광범위한 효모와 박테리아에서 유래한다. 와인 생산자들과 맥주 양조자들은 항상 새롭고 향상된 효모 품종을 주시하고 있다.

예:

- 알코올 음료 생산에서 효모의 역할.
<<http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/BOT135/Lect14.htm>>;
- 박테리아는 산패유, 버터밀크, 요거트, 치즈, 사우어크라우트(독일김치), 소금에 절인 야채, 초콜릿, 커피, 식초 등의 생산과 가공에 이용되고 제조업자들은 새로운 맛과 제품을 출시할 때 사용할 수 있는 새롭고 개선된 종을 항상 주시하고 있다
<<http://www.bacteriamuseum.org/niches/foodsafety/goodfood.shtml>>.

야생 개체군의 수확

식량과 장식을 위해 동식물군의 야생 개체군을 수확하는 분야는 종-발생 데이터와 데이터베이스의 가용성으로 이익을 보는 또 다른 주요 산업이다. 토착 동물을 기르는 것은 논란의 대상이지만, 이것은 많은 개발도상국에서 중요한 산업이다. 삼림의 이용은 이 논문의 다른 부분에서 언급되며, 야생 지역으로부터 화초 재배는 남아프리카나 호주와 같은 국가에서 규모가 큰 산업이다. 종-발생 데이터는 수확에 적합한 종의 동정과 지속적으로 이용할 수 있는 개체군이 생활할 수 있는 지역의 결정에 이용된다.

예:

- 남아프리카 핀보스(Fynbos) 지역에서 야생생물 재배는 20,000 명에게 수입을 제공한다 (Lee 1997) <<http://www.ars.usda.gov/is/pr/1997/971010.2.htm>>;

- 일부 남미산 과일과 고구마는 “반야생적”으로 경작되며, 예를 들면 *Spondias mombin* 이 있다 (Campbell 1996)
<<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-431.html>>;
- 22 종의 동물을 아프리카에서 야생 상태로 기르고 있다 (Ntiamoa-Baidu 1997)
<<http://www.fao.org/docrep/W7540E/w7540e00.htm>>;
- 브라질에서, 많은 토종 과일이 아이스크림의 향료와 과일 주스로 이용된다
<http://www.maria-brazil.org/brazilian_sherbets.htm>.

농업에 이로운 곤충들

곤충은 농업에 심각한 해를 끼치기도 하지만, 이것은 또한 중요하고 긍정적인 기여자이기도 하다.

예:

- 꿀 산업 정보 (Saskatchewan 지역의 농업, 식품 및 농촌 부흥)
<<http://www.agr.gov.sk.ca/docs/crops/apiculture/HoneyIndustry.pdf>>;
- 이란의 실크산업
<http://www.iccim.org/English/Magazine/iran_commerce/no1_1999/17.htm>;
- 아프리카 수입 창출을 위한 양봉과 양잠의 경제성 (Raina 2000);
- 현금이 되는 작물(예: 나비 또는 화학적 추출), 소규모 가축 (Odhiambo 1977);
- 흰개미 등지는 건축자재로 또한 이용된다 (Swaney 1999: 435);
- 종-발생 데이터는 말레이시아 기름 야자나무의 꽃가루받이를 향상시키는데 이용되었다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case14.htm>.

잡초와 유해 종

농업 생산에 대한 잡초, 유해 종, 질병의 경제적인 영향은 매우 심각하다 (Suarez and Tsutsui 2004). 일반적으로 가장 큰 영향을 끼치는 종은 주로 다른 지역에서 유입되고 (Pimental *et al.* 1999), 이러한 부분은 침입 종 섹션에서 별도로 다루어진다. 모든 유해 종과 질병이 외부에서 유입되는 것은 아니지만, 이것의 식별, 조절, 관리는 농부들에게 중요한 사항일 수 있다. 예를 들면, 잡초는 꽃가루받이를 하는 곤충에게 중요한 먹이 자원을 제공한다. 때때로, 농업을 위한 과거 황무지 개척은 호주의 캥거루나 코알라(Corellas) 같은 초식 동물과 씨를 먹는 조류에게 목초지가 늘어나는 것을 의미하였다. 1 차 종 데이터베이스는 농업에서 이용되는 잡초와 유해 종을 동정하고 이것의 분포 연구에 중요할 수 있다.

예:

- 일부 동물들은 호주의 변화된 경관에 잘 적응하였고 이것의 개체 수는 계속해서 증가하고 있다. 이러한 것은 서양회색 캥거루 (*Macropus fuliginosus*), 분홍 앵무새 (*Cacatua roseicapilla*), 갈가마귀 (*Corvus coronoides*), 호주 까치 (*Gymnorhina dorsalis*), 코알라 (*Cacatua tenuirostris*), 포트 링컨 앵무새 (*Barnardius zonarius*)가 있다. 그 외 다른, 연관된 종은 매우 희귀할 수 있으며, 이러한 것의 관리를 위해서 동정이 중요하다 (Hindmarsh 2003).
<http://portal.environment.wa.gov.au/pls/portal/docs/PAGE/DOE_ADMIN/TECH_R EPORTS_REPOSITORY/TAB1019581/WRM33.PDF>;
- 호주에서 큰발류 (캥거루) 43 종 중에서 5 종만이 도축될 수 있으며, 도축을 승인할 개체 수를 결정하기 위해 매년 개체 수를 조사한다. 정확한 수를 알고 더 많은 멸종위기 종이 실수로 죽임을 당하지 않도록 동정은 중요하다
<<http://www.dfat.gov.au/facts/kangaroos.html>>;

- 미국에서 밀 곰팡이의 올바른 동정으로 밀 수출량의 연간 50 억 달러의 손실을 방지하였다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case8.htm>.

무척추 유해 종

무척추 유해 종, 특히 곤충은 매년 생산량에 엄청난 손실을 야기하고, 아프리카의 많은 지역과 그 외 지역에서 기근(역병을 옮기는 메뚜기)의 주요 요인이다. 유해 종 동정은 종 데이터가 결정적인 역할을 하는 또 다른 분야이다.

예:

- 인도의 국가 통합해충관리센터는 국가 주요 작물의 모든 유해 종에 대한 지리 분포를 지도화하는 프로그램을 개발하고 있다 <<http://www.ncipm.org.in/Maps.htm>>;
- 캐나다의 국제연구개발센터는 아프리카 사하라 남부의 농업을 위해 곤충의 동정 및 생물시스템 서비스를 구축하고 있다 <http://web.idrc.ca/en/ev-26155-201_870175-1-IDRC_ADM_INFO.html>;
- 간작은 유해 종의 기생을 증가시킨다 (Khan *et al.* 1997).

식물과 동물의 병원체

미국에만 5 만 여종의 병원성, 비병원성 식물 질병이 있는 것으로 추정되고 있고, 이것의 대부분은 곰팡이 종에 의해 발생한다. 살아있는 균주를 포함하는 균류학적 종 데이터베이스는 이러한 많은 종의 동정과 조절을 위해 중요할 수 있다.

예:

- 세계 곤충 병원체의 생태계 데이터베이스는 곤충, 진드기, 관련 절지동물에 전염성이 있는 곰팡이, 바이러스, 원생동물, 모리쿠티 (mollicutes), 선충류, 박테리아에 대한 정보를 제공한다 <<http://cricket.inhs.uiuc.edu/edwipweb/edwipabout.htm>>;
- 1 차 종 데이터베이스와 연관되어, 캔사스 주립 대학교는 식물 병원체를 추적하기 위해 지리 도구를 이용한다 <http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar_forstwissenschaften/bericht-27646.html>;
- 남아프리카 주요 인공림 병원체의 공간 분포 모델링 (van Staden *et al.* 2004).

임업

임업은 세계적으로 거대한 산업이다. 이 산업은 전통적으로 토착, 야생 개체군을 이용해 왔지만 점점 인공림쪽으로 이동하고 있다. 1 차 종-발생 데이터는 첫째, 보전과 이것의 균형을 맞추는 시도를 하면서 임업 생산을 위한 지역 및 종에 대한 동정을 하고 둘째, 어느 종과 기원 종이 특정 지역에서 서로 적합하게 성장할 것인가를 결정할 때 중요한 역할을 한다.

임업과 보전의 균형

토착 임업 산업은 새로운 종의 위치와 임업 생산 지역을 찾기 위해 종 분포 데이터에 의존한다. 종-발생 데이터는 자연적인 수확을 위해 제한된 지역을 별도로 선정하는 것을 통해 지속적으로 사용가능한 임업 관리 절차의 개발에 또한 이용되고, 이 논문의 다른 곳에 서술된 방법 (보전 평가 참고)을 사용해 보전을 위한 지역을 별도로 결정하는 것에도 이용된다.

예:

- 남아프리카의 국가토착산림목록 (Wannenburgh and Mabena 2002)
<<http://www.dwaf.gov.za/Forestry/FTIS/symp2002/inventory.doc>>;
- 스와질랜드의 국가임업프로그램은 산림지의 생물다양성 가치와 다양한 이용을 조사한다 <http://www.ecs.co.sz/forest_policy/fap/index.htm>;
- 호주의 지역산림협정. 태즈메니아 정부와 호주 공화국
<<http://www.affa.gov.au/content/output.cfm?ObjectID=89389274-95D8-4380-BD9BB177D644820A&contType=outputs>>;
- 브라질 유칼리 인공림에 단계 기반 및 경험적 산림 모델의 이용 (Almeida *et al.* 2003);
- 호주의 연구는 임업과 생물다양성의 균형을 맞추기 위해 모델링과 보전 평가에서 종-발생 데이터를 이용한다 (Faith *et al.* 1996).

인공림업

인공림 이용은 세계적으로 증가하고 있고, 종을 조성할 가장 적합한 장소를 결정하기 위하여 여러 기술이 이용되고 있다. 종-발생 데이터는 토착 지역의 기후 정보를 결정하는 환경 모델링에 링크되고, 다음으로 이러한 정보는 인공림을 조성할 지역과 국가에 적용된다.

예:

- 환경 모델링을 이용하여 나무와 식재 장소를 짝짓기 (Booth 1996)
- 임업 시스템의 모델링. 이 책은 분포 모델링을 포함하면서 산림 모델링을 위한 여러 가지 산림 모델, 도구 및 접근 방법을 다루고 있다 – 이것의 일부는 종-발생 데이터를 이용한다 (Amaro and Soares 2003).

기원 동정

신규 인공림 지역에서 조성할 가장 적합한 종의 선택은 매우 중요하다. 선택할 때 현재의 조건뿐만 아니라 미래의 기후 조건 등에 대한 모델링을 고려할 수 있다.

예:

- 동남 아시아, 아프리카, 라틴 아메리카와 더불어 호주, 중국, 태국, 캄보디아, 베트남, 인도네시아, 필리핀, 짐바브웨에서 조성할 호주산 나무의 종과 기원의 선택 (CSIRO Australia) <<http://www.ffp.csiro.au/pff/species/>>;
- 환경 모델링을 이용하는 ‘나무와 장소의 짝짓기’ 프로그램은 중국과 동남 아시아에서 조성할 호주산 나무 종의 기원을 조사한다 (Booth 1996);
- 인도에서, 속명 *Leucaena* 종의 새로운 기원을 찾고 있으며, 그 이유는 더 곧은 줄기, 늦은 개화, 적은 종자 세트를 생산할 수 있는 기원 종을 찾는 것이 목적이다.
<<http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qfriconf/qfri6.htm>>;
- 베트남에서, 대규모 재배를 위해 *Acacia* 종과 그 기원 종을 선택하고 있다 (Ngia and Kha 1996). 1982 년과 1995 년 사이 *Acacia* 5 개 종에서 18 개 종과 73 개 기원 종을 찾는 노력이 베트남 전역의 8 개 지역에서 시도되었다
<<http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qfriconf/qfri6.htm>>;
- 영국의 기후 변화 연구는 새로운 경작 작물을 미래에 예상되는 더 따뜻하고 건조한 조건에 적응시키기 위해 기존 종의 새로운 기원 종을 발견해야 할 필요가 있다는 결론에 도달하였다 (Cannell *et al.* 1989).

어업

어업과 어장은 중요한 산업이고 종 분포 데이터를 이용하고 있다. 북대서양의 대구 재고량 감소에서 알 수 있듯이 수산물 비축량에 대한 압력은 점점 증가하고 있다 (Crosbie 1992, Meisenheimer 1998). 해양과 민물에서 어류의 움직임과 비축량을 추적할 수 있는 능력은 장기적으로 상업적 어류 비축량을 지속적으로 관리하는데 필수적이다. 어망에 함께 잡힌 잡어의 종을 동정하는 것은 보전과 자원 관리에 또한 중요하다.

자원 관리

해양과 민물 어업의 자원 관리는 세계적으로 중대한 문제가 되고 있다. 세계 해안 인구의 많은 비율이 생계를 위해 거의 전적으로 어업에 의존하고 있다. 중요한 자원 결정을 위해 분산 데이터와 정보의 이용은 그 중요성이 점점 증가되고 있다.

예:

- 메인만(The Gulf of Maine)의 생물지리정보시스템은 해양 생물지리 데이터를 접근하고 배포하기 위한 방법론적 기본틀구조(framework)를 개발하고 있다. 이 시스템은 어류 군집을 더욱 잘 이해하고 규제하기 위한 정보와 기술을 제공할 것이다 (Tsontos and Kiefer 2000)
<<http://gmbis.marinebiodiversity.ca/aconw95/aconscripts/gmbis.html>>;
- 미국 국립해양어업서비스는 어류와 조개류의 상업적 포획량에 대한 자동화된 데이터 요약 자료를 제공한다. 1950-2002 년 포획량과 포획 가치는 연도, 주, 종별로 요약될 수 있다 <<http://www.st.nmfs.gov/st1/commercial/>>;
- FAO 의 종 동정 및 데이터 프로그램(Species Identification and Data Programme, SIDP) <www.fao.org/fi/sidp/products.htm>;
- 베링해의 연구는 장기적인 해양 1 차 생산량과 생태계 변화를 조사하였고 1946 년과 1997 년 사이에 생산성이 현저하게 25~45% 감소했음을 보여주었다 (Schell 2000) <http://www.alaskasealife.org/documents/Education/Teacher_guide.pdf>
- 뉴질랜드에서 해양 풍토성중심지역 동정으로 가치 있는 산란지 보호가 가능하다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case25.htm>.

남획

천연 수산자원의 남획은 점점 중요한 문제가 되고 있다. 북대서양에서 대구의 지나친 포획은 전체 인구의 중대한 혼란을 야기시켰으며, 그 예로 뉴파운드랜드(Newfoundland)에서 사람들은 새로운 직업을 찾아야 했다. 종-발생 데이터는 수산 재고량의 모니터링에 이용된다.

예:

- 대구 포획 중지 실행 계획 (CNLBSC 2003)
<http://www.cbasc.org/nf/search/display.cfm?Code=6145&coll=NF_PROVBIS_E>;
- 대구와 관련하여 무엇이 문제인가? (Meisenheimer 1998)
<<http://www.imma.org/codvideo/whatproblemcod.html>>;
- 심해 어류 종 어업이 영국 서부 지방에 끼치는 영향에 대한 연구가 1970 년대와 1980 년대에 수행되었다 (Basson *et al.* 2002).

민물

상업적 민물 어업은 세계 여러 곳에서 또한 중요하다. 많은 국가에서 민물 어업은 대부분 취미로 행해지지만, 상업적 어업은 이러한 국가에서 여전히 문제가 되고 있고, 많은 내륙 호수와 내륙 어업 산업을 가진 국가에서도 마찬가지이다.

예:

- 호주 빅토리아 정부의 민물어업 관리 정책
<<http://www.nativefish.asn.au/fwpolicy.html>>;
- 종, 생태계 등의 정보를 포함하는 캐나다 5 대호 지역의 어류와 어업
<<http://www.great-lakes.net/envt/flora-fauna/wildlife/fish.html>>;
- “민물 참새우 양식”은 FAO 기술 문서이고, 이것은 거대강참새우 (Giant River Prawn) 양식에 대한 설명서를 제공하면서 명명법과 분포를 조사한다 (*Macrobrachium rosenbergii*). <<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4100E/y4100e00.htm#TOC>>;
- 내륙 포획 어업과 증진: 식품 안정성의 현황, 제한점 및 전망 (Coates 1995).

잡어

더욱 더 많은 해양 종이 멸종위기에 처해짐에 따라 상업적 어업에서 잡어를 동정하고 줄여나가는 일은 국제적인 문제가 되고 있다. 잡어 모니터링은 몇몇 정부에 하나의 요구사항이 되었고, 잡어의 종 수와 양을 줄이기 위한 여러 방법이 시행되고 있다.

예:

- 멕시코만의 한 프로그램은 만의 어업 자원의 보전과 관련하여 잡어의 효과를 조사하고 있다 (Burrage *et al.* 1997). <<http://www.rsca.org/docs/ib324.htm>>;
- 참치잡어실행계획은 거북이의 올바른 동정과 종 동정 포스터 및 소책자의 필요성을 강조한다. <http://www.afma.gov.au/fisheries/etbf/mac/mac54/item3_2.pdf>;
- 호주산 상어와 가오리 보전에 대한 CSIRO 사실 자료는 “지속적인 관리를 위해 잡어 종에 관한 광범위한 정보 수집을 지원하는 동정 지침서”의 필요성을 또한 강조한다 <<http://www.marine.csiro.au/LeafletsFolder/53guide/53.html>>.

오염물질

인간이 소비할 수 있는 적합성을 결정하기 위해 시간의 경과에 따른 어류 오염물질 동정과 모니터링은 중-발생 데이터를 이용하는 또 다른 예이다. 어류는 또한 독소가 축적됨에 따라 수질을 측정하기 위한 좋은 개체이다.

예:

- 어류 및 야생동물의 영속적인 환경 오염물질에 대한 검사 (Schmitt and Bunck 1995);
- 스웨덴의 통합어류모니터링 (Sandström *et al.* 2004);
- 조류 먹이 사슬에서 과거 DDT 수준을 분석하기 위하여 리히터(Richter) 박물관의 어류 표본 이용 <<http://www.uwgb.edu/davisj/biodiv/richter/resources.htm>>;
- USGS 의 국가 오염물질 생물 모니터링 프로그램은 미국 민물 어류의 비소, 카드뮴, 구리, 납, 수은, 셀레늄, 아연의 농축 정도를 연구한다 <<http://www.cerc.cr.usgs.gov/data/ncbp/ncbp.html>>.

종묘원과 애완동물 산업

식물 종묘원

종묘 산업은 종 이름을 많이 이용하는 대규모 사용자이며 종-발생 데이터 이용으로 큰 도움을 받는다. 종묘원은 판매하는 식물 이름과 라벨에 추가할 분포 정보를 항상 조사하고 있다.

예:

- 호주식물재배협회는 호주산 식물 종을 판매하는 재배자와 종묘원에 정보 제공을 목적으로 이름의 변경을 조사한다(<<http://farrer.csu.edu.au/ASGAP/changes.html>>;
- 관상용 식물 데이터베이스는 수백 종의 재배 식물에 대해 이름과 정보 등의 세부 사항을 제공한다 (<<http://www.msue.msu.edu/msue/imp/modzz/masterzz.html>>).

난초와 균근류

많은 육상 난초의 재배는 특정 균근류와의 연관을 필요로 하고 종 데이터베이스는 이러한 연관 관계의 식별에 도움을 줄 수 있다.

예:

- 호주 국립식물원에서는 육상 난초 종의 공생적 발아에 대한 많은 연구를 수행하였다 (Clements and Ellyard 1979) (<<http://www.anbg.gov.au/cpbr/summer-scholarship/2003-4-offer-clements.html>>;
- 코스타리카에서, 난초 재배와 균근류의 관계에 대한 연구가 란케스터(Lankester) 식물원에서 진행되고 있다 (Rivas *et al.* 1998).

애완동물

애완동물 산업은 세계적으로 거대한 산업이다. 애완동물 상점 등은 판매하는 많은 동물들의 원산지와 이름에 대한 정보를 필요로 한다.

예:

- 미국에서만, 1900만 마리의 새가 가정용 애완동물로 길러진다 (<<http://www.birdsnways.com/>>;
- 해외 애완동물 색인 (<<http://exoticpets.about.com/cs/resourcesgeneral/a/exoticpetsatoz.htm>>).

광업

광업은 종-발생 데이터를 이용할 것으로 보이지 않지만, 광업에서 종-발생 데이터를 이용하는 두개의 주요 분야가 있다. 일부 종들은 고광물 축적의 지표이며, 일부 드물게 심지어 광산 채굴에 이용된다. 그 외 다른 종들은 광산 지역의 재생에 이용된다.

예:

- *Terminalia alata* 는 인도에서 구리 광물질화의 존재 지표로 이용된다 (Pujari and Shrivastava 2001);
- 식물 채굴은 토양에서 가치 있는 중금속 광물질을 추출하기 위해 식물을 사용한다 (<<http://www.ars.usda.gov/is/pr/2000/000622.htm>>;
- 뉴질랜드와 브라질에서 금에 대한 식물 채굴 (<http://www.gold.org/discover/sci_indu/gold2003/pdf/s36a1355p976.pdf>;

- 식물 치료는 토양 정화에 식물을 이용한다
<<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jun00/soil0600.htm>>;
- 토양 화학에 관한 곤충의 작용은 심지어 광물 예측에 이용될 수 있다 (예, Watson 1974);
- 광산과 다른 버려진 지역의 복원
<<http://www.otago.ac.nz/geology/features/restoration/wangaloa/wangaloa.html>>;
- Polycarpha 속의 종은 일반적으로 구리가 풍부한 토양에서만 자라기 때문에 이것은 구리의 지표로 이용되었다 (Nicholls *et al.* 1965).

광업과 쓰레기

중-발생 데이터는 광업 그리고 오염 모니터링 및 조절 등과 같은 생명공학 응용에 이용되고 있다.

예:

- 박테리아는 핵 지대를 포함하는 독소 폐기물 지역을 깨끗하게 하기 위해 이용된다
<<http://sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2003/07/14/MN103893.DTL>>;
- 박테리아는 구리, 금, 철을 포함하는 철광석의 추출과 쓰레기 관리에 이용되고 있으며 더욱 깨끗한 광산 기술을 선도하고 있다
<<http://www.bioteach.ubc.ca/Bioengineering/microbialmining/>>;
- 식물은 공기 오염의 발견자 그리고 공기 오염물질의 청소자로서 이용된다 (Omasa *et al.* 2002) <<http://www.cplpress.com/contents/C808.htm>>;
- 지의류는 오염 지표자로서 이용된다 <<http://www.earthlife.net/lichens/pollution.html>>.

보건과 공중 안전

종 데이터의 중요성 그리고 공중 보건 및 안전에 대한 이것의 기여는, 그 중요성이 점차 증가하고 있지만, 일반 대중에게 아직 잘 알려져 있지 않다. 슈아레즈와 츠츄이(Suarez and Tsutsui 2004)가 언급한 것처럼 종-발생 데이터는 “환경 보건과 유행병학 연구의 초석으로 공중 보건과 안전에 중대한 역할을 한다”. 이것은 또한 다양한 생물학적 테러의 방지, 탐지 및 조사에서 그 중요성을 통해 보안의 핵심 역할을 한다 (NRC 2003).

사람과 환경에 대한 보건의 최근 테러리즘 증가 그리고 인간, 동물, 식물의 이주와 더불어 기후 변화에 의해 영향을 받고 있다. 종-발생 데이터는 병원체, 병의 매개체, 환경 오염 물질 연구에 귀중한 통찰을 제공할 수 있다 (Suarez and Tsutsui 2004). 많은 질병(인간, 동물, 식물)이 생물다양성과 관련이 있고 매개체와 병원체의 확산은 종-발생 데이터를 이용해 연구할 수 있다. 생물다양성 모델링 프로그램과 연결되어 있을 때, 오늘날의 조건과 바뀐 기후 체제 등에서 이러한 종 일부의 잠재적 확산과 확산율이 예측될 수 있다.

질병과 질병 매개체

도미니카 공화국의 웨스트나일바이러스(West Nile Virus)에 대한 연구(Komar *et al.* 2003)는 조류 중에 웨스트나일바이러스가 존재하는지를 검사하였고 철새 종의 이주 경로와의 가능한 연관 관계를 가설화하였다. 분포 모델링을 이용하여 (Peterson *et al.* 2003b) 넓은 지리 범위상에서 웨스트나일바이러스의 전파는 철새에 의한 것이라는 가설이 성공적으로 검증되었고, 시뮬레이션 모델에 접목시킨 정보의 이용으로 새로운 발병과 확산을 예측할 수 있게 되었다 (Peterson *et al.* 2003b).

또 다른 많은 바이러스 또한 매개체에 의해 전달되고, 세계 곳곳의 곤충 수집물은 말라리아, 조류 말라리아, 뎅기열, 말 뇌염과 이미 언급한 웨스트나일바이러스 등의 질병들을 전파하는 많은 모기 레코드를 포함한다.

종-발생 데이터는 더 강력한 백신을 만들고 (Ferguson and Anderson 2002), HIV 의 기원을 연구하고 (Siddall 1997), 원산지 및 자국 조류에 대해 조류 독감(Bird Flu)의 기원과 이동을 연구(Perkins and Swayne 2002)하기 위해 바이러스의 진화적인 발달사를 구축하는 것에 이용되었고, 그리고 다른 동물에 토끼칼리시바이러스(Rabbit Calici Virus, RHD)의 잠재적인 교차-감염 연구(Munro and Williams 1994)에 또한 이용되고 있다.

더욱이, 현재 우리는 전염성, 기생성 질병이 발생하는 문제에 직면해 있으며, 전염 형태를 문서화하는 것이 필요하다. 이것은 성체와 감염 단계(유충/애벌레) 모두에 대한 종 수준의 동정 없이는 가능할 수 없을 것이다 (Brooks and Hoberg 2000).

예

- 웨스트나일바이러스 (Komar *et al.* 2003).
<http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Ketal_EID_2003.pdf>;
- 모기에서 유래된 질병 (Rutgers University and CDC)
<<http://www.rci.rutgers.edu/~insects/disease.htm>>;
- 토끼 출혈성 병 (Munro and Williams 1994);
- HIV 의 유래 (Siddall 1997).

생물테러

테러를 제어할 때 종-발생 데이터가 수행하는 핵심 역할은 전염병의 전달과정을 추적하고 이것의 출처를 파악하는 일이다. 공중 보건과 연관된 가장 중요한 종-발생 데이터 수집물의 일부는 알려진 바이러스와 박테리아의 샘플로 이것은 새로운 전염병이 발생하였을 때 비교 목적으로 보관되고 사용된다. 최근 이것의 이용 사례는 2001 년 미국에 탄저균 공격이 있을 때였고 여러 다양한 질병조절예방센터의 연구원들은 사용된 탄저균 스트레인을 동정하기 위해 1960 년에서 1970 년 사이의 표본 수집물을 이용하였다 (Hoffmaster *et al.* 2002).

이러한 성질의 국가적인 위협에 직면할 경우 박물관 커뮤니티의 분별 있는 도전자중의 한명은 잠재적인 생물학적 테러제에 대해 신속하고 정확한 동정 정보를 제공할 수 있을 것이다 (Page *et al.* 2004).

예:

- 2001 년 미국에서 발생한 탄저균 공격 (Hoffmaster *et al.* 2002);
- 생물학적 테러 위험 평가(켄사스 대학교, 생물다양성연구센터)
<<http://www.specifysoftware.org/Informatics/informaticsbtra/>>.

생물안정성

변형 개체에서 이것의 야생 친척으로의 유전자 이동은 유전자 변형 작물과 연관되어 그 위험성이 잘 알려져 있다 (Soberón *et al.* 2002). 소베론(Soberón) 등이 지적하였듯이, 작물이 “자발적으로 분류학적으로 연관된 종과 잡종 교배 시에 ” 그 위험은 최대치에 이른다. 과학자들이 GMO 작물과 야생 친척간의 공간적 관계성, 다양한 기후 조건 하에서 잠재적 분포 그리고 두 그룹의 식물 번식 생물학을 추적하여 이러한 위험성을 평가할 수 있으려면, 종-발생 데이터는 필수 사항이다 (Soberón *et al.* 2002).

예:

- The Mexican Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (<http://www.conabio.gob.mx/>),는 세계 여러 곳의 식물표본관에서 획득한 종-발생 데이터를 이용하여 잠재적 분포를 연구 및 모델링하고, 유전성 전이 가능성을 연구한다 (Soberón *et al.* 2002). 이 정보는 일주일에 수회 멕시코 농업부의 보고에 이용된다 (Soberón *pers. com.* Aug. 2004).

환경 오염물질

자연 군집의 환경 오염물질을 모니터링 하는 것은 보건 관련하여 1차 종-발생 데이터를 이용하는 또 다른 중요한 예이다. 하나의 예로, 동물 종의 오염물질을 모니터링하고 멸종 위기에 처한 종들에 대해 해로운 물질의 영향을 연구하기 위해서 스웨덴 자연사박물관의 환경표본은행에서 종-발생 데이터를 이용한다. 다른 예로는 토종 양서류의 군집에 대한 오염물질 연구를 통해 개천에서 농약, 살균제 등을 조사하는 것이 있다. 캘리포니아 독수리 (*Gymnogyps californianus*)의 보전 연구에서 납을 가진 오염물질 (그리고 아마도 DDT)이 독수리의 개체 수 감소의 주요 원인이며 증가된 사망률과 함께 멸종으로 내몰고 있다는 것이 밝혀졌다 (Jassen *et al.* 1986). 박물관 수집물은 시공간에 따른 납과 DDT 수준의 조사에 이용되었다 (Ratcliff 1967). 다른 연구는 해양 생태계에서 증가하는 수은 수준을 조사하였고, 그 방법으로 세계 다양한 지역에서 번식된 바다새 깃털의 수은 수준을 검사하고 자연사 박물관에 소장된 같은 위치의 역사적 표본에서 얻어진 양과 비교하였다 (Monteiro and

Furness 1998, Thompson *et al.* 1998). 조류는 음식에서 얻은 중금속을 축적하고 털갈이 동안 자라나는 깃털에 이것을 분비한다 (Green and Scharlemann 2003). 중금속 축적에 따른 장기적 변화와 공간적 변이는 이와 같은 수집물을 이용하여 용이하게 연구될 수 있다.

예:

- 환경표본은행(스웨덴 자연사박물관) <<http://www.nrm.se/mg/mpb.html.en>>;
- 캐나다에서, 양서류의 환경 오염물질 (Froglog 16: 1996)
<<http://www.open.ac.uk/daptf/froglog/FROGLOG-16-5.html>>;
- 태평양 동남부에서 조류 깃털의 수은: 위치와 분류학적 연관성의 영향
<http://cars.er.usgs.gov/posters/Ecotoxicology/Mercury_in_Bird_Feathers/mercury_in_bird_feathers.html>.

해독제

뱀이나 거미에 물리는 것은 세계 여러 곳에서 보통 있는 일이며, 매년 3,000 건 이상이 보고되는 호주보다 더 많이 보고되는 곳은 없다 (Queensland Museum 2004). 세계에서 가장 높은 독성을 가진 많은 뱀들이 호주에서 발견된다. 물은 뱀을 정확한 동정해야 올바른 해독제를 사용하는 것이 가능하다. 종-발생 데이터는 특정 해독제를 보관할 필요가 있는 지역을 한정시킬 수 있고, 지리적 조사를 통해 더욱 빠르게 뱀의 동정을 도울 수 있다. 이것은 건강적 측면과 비용적 측면 모두에서 중요할 수 있다. 호주에서 다가의 해독제 앰플은(개별 해독제의 혼합) 1600 달러이지만 특정 해독제 앰플은 300~800 달러이다 (Queensland Museum 2004). 뱀에 물린 환자는 8 개까지 해독제 앰플이 필요할 수도 있어, 올바른 동정을 통한 비용 절감은 상당할 수 있고, 또한 건강 측면에서 상당한 혜택이다.

예:

- 퀸스랜드 박물관의 해독제 프로젝트
<<http://www.qmuseum.qld.gov.au/features/snakes/saving.asp>>.

기생충학

기생충은 환경에서 중대한 요소로 인식되고 있으며 진화 연구에 좋은 모델이다 (Brooks and Hoberg 2001). 기생충은 사람, 가축, 그리고 야생생물의 질병원이며, 생태계 통합성 및 안정성에 중대한 역할을 한다 (Brooks and Hoberg 2000). 기생충 수집물들은 전통적으로 대부분 개인적으로 보관되어 왔고 따라서 연구자들이 이용하기가 쉽지 않았다 (Hoberg 2002). 이것은 이제 GBIF 포털과 같은 새로운 분산 시스템의 사용으로 바뀌어지고 있다. 표본에 기반한 데이터는 기생충과 병원체의 분포에 대하여 환경적 변화와 인간의 간섭을 이해할 수 있는 역사적, 시간적 기준선의 역할을 할 수 있다 (Hoberg 2002).

예:

- 미국 국가기생충수집물(USNPC)은 계통학, 분류학, 진단 생태계, 및 곤충학적 연구를 위한 주요 자원을 제공한다 <<http://www.anri.barc.usda.gov/bnpcu/>>;
- 설치류 분포 정보는 라임 병을 포함하여 일련의 기생충 질병에 대한 숙주 및 매개장소를 연구하는 것에 사용되었다 – 이러한 질병은 진드기에 물려서 인간에 전염되는 기생충 질병, 멀티마메이트(multimammate) 쥐와 관련된 아프리카의 라싸(Lassa) 열, 아르헨티나와 칠레의 다양한 한타 바이러스가 있다 (Mills and Childs 1998) <<http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol4no4/mills.htm>>;

- 기생충은 진화적 생물학 연구에 이용되고 있다 (Dimigian 1999)
<http://www.baylorhealth.edu/proceedings/12_3/12_3_dimijian.html>;
- 아메바의 유행병학: 분류학이 해결한 고전 문제
<http://www.bionet-intl.org/case_studies/case1.htm>.

안전한 약초 생산물

약사와 건강 관련 상점을 통해 많은 새로운 약초가 점점 이용 가능하게 되었고 판매되고 있다. 이러한 약의 안전성과 순도를 모니터링하고 검사할 필요가 있다. 이러한 것에 지리 분포 정보는 중요할 수 있다.

예:

- 중국 약초의 인증은 더 안전한 약의 조제에 도움을 준다
<http://www.bionet-intl.org/case_studies/case3.htm> ;
- 약초의 검사 및 표준화
<<http://www.frlht-india.org/html/lab.htm#testingmedicines>>.

생물자원탐구

생물자원탐구(Bioprospecting)는 새로운 의약품, 식품 그리고 아직 발굴되지 않은 이용 등 잠재적인 경제적 가치를 지닌 상품을 제공할 수도 있는 동식물을 동정하고 조사하는 것이다. 종 분포 데이터는 장소와 가능성 있는 종을 결정하는 것을 돕는데 필요하고, 분류학 및 계통발생론적 연구와 자연사 수집물의 분포 정보 또한 생물자원탐구에 필요하다 (Page *et al.* 2004).

의약품

수세기 동안 동식물은 치료제의 원천이었다. 오늘날 이러한 것은 세계 많은 의약품의 기본 재료이다. 1 차 종 데이터는 이미 사용 중인 제품의 재료로 알려진 종의 친척을 동정하거나 분석 목적으로 이러한 또는 다른 종의 위치를 찾는 데 이용된다.

예:

- 코스타리카에서, 국립생물다양성연구소(Inbio)는 코스타리카 삼림에서 의약품에 대한 생물자원탐구를 하는 주요 기관이다 (Janzen *et al.* 1993)
<<http://www.inbio.ac.cr/en/>>;
- 천연 산물 연구, 특히 곤충-식물의 상호작용과 아프리카 절지동물 독액에 관한 새로운 화학적 측면에서 연구 (Iwu 1996; Torto & Hassanali 1997; Weiss and Eisner 1998);
- 의약품 생산을 위한 식물의 이용 (생명공학정보자문위원회)
<<http://whybiotech.ca/canada-english.asp?id=3352>>;
- 브라질에서, FAPESP-Biota 프로그램은 화학 및 의약품을 위한 Mata Atlantica(해안 열대우림)과 Cerrado(사바나)의 식물을 조사하는 프로젝트에 자금을 지원하고 있다
<<http://www.biota.org.br/projeto/index?show+229>>;
- 아마존 열대우림은 현재와 미래 의약품의 원천이다 <<http://www.rain-tree.com/>>;
- 의약품 원료로서의 개미 (Majer *et al.* 2004)
- 식물에서 추출한 약: 생산품, 기술, 응용
<http://bcc.ecnext.com/coms2/summary_0002_001960_000000_000000_0002_1>;
- Xylariaceae 의 화학 분류학은 곰팡이 종에 대한 정보를 얻기 위해 생물자원탐구를 이용한다. <<http://pyrenomycetes.free.fr/xylariaceae/keydir/chemotaxonomy.htm>>;
- PCR (Polymer Chain Reaction) 데이터를 이용하여 곰팡이에서 생물활성 요소를 선별하기 (Stadler and Hellwig 2005).
- 호주에서, 연체동물에서 의약품을 찾는 화학적 자원탐구는 보전을 위한 도구로서 연구되고 있다 (Benkendorff 1999)
<<http://www.library.uow.edu.au/adt-NWU/public/adt-NWU20011204.154039/>>;
- 생물다양성 제품에 대한 탐구는 심해 탐구와 함께 수행될 수 있다
<<http://www.theworx.com/deepsea/mining.html>>;
- 약초 <http://hcd2.bupa.co.uk/fact_sheets/html/herbal_medicine.html>.

법의학

1 차 중-발생 데이터는 법의학 연구에 이용되는 정보의 원천이다. 법의학은 생물의 정확한 동정과 정밀한 분포 정보를 필요로 하는 프로토콜에 기초한다 (Page *et al.* 2004). 자연사 박물관의 수집물은 장소를 찾고 정보 수집 등에 이용될 수 있는 대량의 DNA 정보 저장소를 포함하고 있다.

유전자 조각

DNA 를 이용한 유전적 조각(genetic fragments)의 동정과 이것에 대해 박물관이 소장한 정보 또는 1 차 중 데이터베이스와의 비교는 법의학에서 핵심적으로 이용하는 것이다.

예:

- 가루로 된 아시아산 의약품 그리고 예멘 장식용 단도와 같은 제품에 유전적 흔적을 조사하면서 유전자 조각이 코벨소 밀렵꾼의 추적에 이용되었다. 유전자 조각으로 종 뿐만 아니라 뿔이 유래한 개별 보호지역을 식별할 수 있었다. *New Scientist* 2411 (2003). <<http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg17924110.700>>;
- 개에서 얻어낸 혈흔 증거는 살인자나 강간자의 유죄 입증에 이용되었다 <http://www-ucdmag.ucdavis.edu/sp02/feature_2.html>;
- 천식 호흡용 마스크의 DNA 분석은 경주마에 대해 경기력을 향상시키는 약물 투입 여부를 밝히는데 이용되었다 <http://www-ucdmag.ucdavis.edu/sp02/feature_2.html>;
- 수사학 DNA 샘플링은 뉴질랜드, 카와우 섬에 서식하고 있는 태머 왈라비 (tammar wallabies)의 도입된 군집이 1900 년대 초기 호주 남부에서 멸종된 왈라비 아종의 후손으로 거의 확실히 구성되어 있다는 것을 입증하였다. 이 아종은 다시 원래의 지역으로 재도입되고 있다 <http://www.bio.mq.edu.au/school/mag/intro/98bytes/may98/Bytes_May98.html>;
- DNA 증거는 멸종위기 종의 불법 무역을 입증하는데 보통 이용된다 <<http://genetics.nbi.gov/forensics.html>>;
- DNA 는 붉은 콜러부스 원숭이와 같이 미국으로 밀수입되는 수입금지 고기를 적발하기 위해 이용되었다 (Nash 2001).

식물 물질

멸종위기 종과 관련이 있는 법적 사건에 대해 식물 물질을 동정하고 이것을 위해 식물표본관의 수집물을 이용한다 – 이러한 것에는 양탄자의 원료가 되는 식물, 범죄 현장 식별에 도움을 주는 식물 등이 있다. 의복위에 남아있는 풀잎과 잔디를 이용해 범죄자의 움직임 추적이거나 불법으로 수송된 물품의 원산지 등을 추적할 수 있다. 알려진 물질을 이용해서 비교하는 것만이 명확한 위치 및 분류학적 정보를 결정할 수 있다.

예:

- 탄소 12, 탄소 13 의 비율과 질소 14, 질소 15 의 비율 측정에 대형 분광계를 이용함으로써, 밀렵꾼 추적 시에 코벨소 종이 식별되었다. 이 비율은 식성에 따라 다양하며 풀을 먹는 흰 코벨소에서 뿔이 유래했는지, 풀잎과 수목 식물을 먹는 검은 코벨소에서 유래했는지를 알 수 있게 한다. 또한 광학 방출 분광계를 이용함으로써, 철, 구리와 같은 일반적인 추적 물질의 비율로 해당 물질이 발생했음직한 장소를

식별할 수 있다 *New Scientist* 2411 (2003).

<<http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg17924110.700>>;

- 마리화나를 포함하는 식물 물질의 동정은 법의학에서 일반적으로 이용된다;
- 살인 현장 또는 용의자의 차 등에서 발견될 수도 있는 나뭇잎과 열매의 동정은 혐의를 밝히는데 도움을 줄 수 있다 <<http://www.sfu.ca/biology/faculty/mathewes/>>;
- 희생자 내장에서 발견되는 식물 일부분에 대한 동정은 살인 사건 조사에 도움을 줄 수 있다 (Norris and Bock 2001);
- 식물 물질의 동정은 범죄를 해결하는데 중요할 수 있다 (Lane *et al.* 1990).

꽃가루

꽃가루는 법의 화분학에서 사용할 수 있는 핵심 식별 자원을 제공한다. 법의 화분학은 꽃가루와 가루 물질을 연구한다. 이러한 것의 식별 및 위치는 신체 또는 어떤 특정 물체가 특정 시간에 특정 지역에 있었다는 것을 확인하기 위해 사용될 수 있다.

예:

- 스웨덴 자연사박물관은 25,000 개 이상의 서로 다른 식물의 꽃가루 샘플이 담긴 국제적인 슬라이드 수집물을 관리한다 <<http://www.nrm.se/pl/samling.html.en>>;
- 환경 자료수집과 법의 화분학의 배경지식 및 이용 (Wiltshire 2001) <http://www.bahid.org/docs/NCF_Env%20Prof.html>;
- 꽃가루 분석을 이용한 첫번째 유죄판결이 1959 년 호주에서 있었다. 용의자 장화의 진흙에 묻은 꽃가루를 이용하여 시체가 매장된 장소를 밝혀내었다 <<http://www-saps.plantsci.cam.ac.uk/osmos/os23.htm>>;
- 절도된 페르시아 양탄자의 배송지를 식별하기 위해 꽃가루가 이용되었지만, 이란에서 구할 수 있는 적합한 비교학적 종-발생 데이터가 부족하여 혐의를 밝히는 것에는 실패하였다 (Bryant and Mildenhall 2004) <<http://www.crimeandclues.com/pollen.htm>>.

곤충

곤충 법의학은 희생자가 사망한 이후 경과한 시간을 식별하고 (Post-mortum Interval - PMI), 사망 후 시체가 옮겨졌는지를 연구하고, 구더기 연구를 통해 시체 내의 화학 물질이나 독극물을 탐지하고, 차량 이동경로를 추적하고, 시 의회나 보건 부서에서 악역 발생의 출처(집파리와 작은 파리를 이용해서)를 결정하는 것 등에 광범위하게 이용된다.

예:

- 곤충 법의학의 이용 <http://www.expertlaw.com/library/attyarticles/forensic_entomology.html>;
- 합법적인 조사에서 곤충의 이용 <<http://www.forensic-entomology.com/>>;
- 미국 법의학곤충위원회 <<http://www.missouri.edu/~agwww/entomology/>>;
- 수사 곤충학에서 갑충류와 이것의 중요성 <<http://www.beetlelady.com/hister.html>>;
- 많은 곤충과 다른 절지동물의 올바른 분류학적 동정은 사망 시각과 위치를 알아내는데 결정적인 단서를 제공할 수 있다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case24.htm>
- 사망 경과 시간을 결정하기 위한 곤충의 이용 <http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/F/Fo/Forensic_entomology.htm>;
- 사망시간 결정 및 독극물과 화학 물질의 검출을 위한 구더기의 이용 <<http://www.benecke.com/suntel.html>>.

조류와 포유류의 습격

조류의 습격은 비행기 안전성 등에 주요 문제이다. (미국 조류습격위원회 – <http://www.birdstrike.org/events/signif.htm>). 이러한 조류를 동정하는 것은 향후 공격 예방에 필수적이고, 중-발생 데이터는 이러한 동정에 중요한 도구이다. 포유류의 공격(예를 들어, 큰 동물들이 기차나 육상 수송 수단을 습격하는 것 등)은 또한 일부 지역에서 문제가 될 수 있다.

예

- 스미스소니언 연구소의 조류 동정 (Dove *et al.* 2003).
<<http://wildlife.pr.erau.edu/BirdIdentification.htm>>;
- 캐나다 환경부의 조류/야생동물 습격 보고 데이터베이스.
<<http://www.tc.gc.ca/aviation/applications/birds/en/default.asp>>;
- 국제조류습격위원회의 조류 습격 링크
<<http://www.int-birdstrike.com/links.html>>;
- 독일 조류습격위원회 (BIRDTAM 포함) <<http://web.tiscali.it/birdstrike/>>;
- 조류동정시스템 (Bird Remains Identification System, BRIS) (암스테르담, 동물 박물관)
<http://www.christ-media.de/cgi-bin/auswahl.cgi?basket=180757&wahl=__2454629>;
- 조류 습격의 영향과 조류습격정보시스템(Bird Strike Information System, IBIS)
<http://www.icao.int/icao/en/jr/5308_ar1.htm>.

국경 관리와 야생동물 무역

야생동물 무역은 큰 산업이지만 불법적인 활동을 야기시키기도 한다. 국경 관리는 질병, 불법으로 교역되는 멸종위기 종과 같은 야생동물, 또는 상아와 같은 멸종위기 종의 생산품, 목재를 통해 무심결에 운송될 수 있는 해충, 마약 등의 국가 유입을 방지하는 일을 한다. 중-발생 데이터는 국경 관리 직원들에게 불법으로 교역되고 수입되는 물품을 파악할 수 있도록 동정 도구와 수단을 제공하기 위해 이용되며 이러한 것이 어디에서 유래되었는지 결정하는 것에 도움을 준다.

국경 관리와 세관

세관원이 1차 중-발생 데이터에 대한 제대로 된 동정 도구와 접근 없이 어느 것(금지된 유해 종 등)이 불법으로 유통되고 있는지 아닌지를 구별하는 것은 어려운 일이다.

CITES

멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약 (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES) (<http://www.cites.org/>)은 야생 동식물 표본에 대한 국제 거래가 이것들의 생존을 위협하지 않도록 하는 것을 목표로 한다. 많은 종 및 종 그룹의 목록이 있고, 세관원이 어느 것이 멸종위기 종인지 또는 아닌지를, 특히 제조된 상품 또는 식품이 CITES에 기록된 종에서 파생된 것인지를 구별하는 것은 쉽지 않다.

예:

- 호주 세관이 적발한 불법적인 곰의 일부분
<<http://forests.org/articles/reader.asp?linkid=32880>>;
- 연방 기관은 불법 조류 매매를 적발한다
<<http://www.internationalparrotletsociety.org/smuggle.html>>;
- 난초와 야생 식물의 불법 매매 (Cites World No 9, July 2002)
<<http://www.cites.org/eng/news/world/9.pdf>>;
- 9,300 종의 살아있는 거북이에 대한 불법 선적이 홍콩에서 적발되었다 (Traffic Bulletin vol. 19 2002) <<http://www.traffic.org/bulletin/Nov2002/seizures3.html>>;
- CITES 동정 기술과 지침서 <http://www.cites.ec.gc.ca/eng/sct5/sct5_1_e.cfm>;
- 티베트에서 샤투슈(Shahtoosh) 무역을 조절하기
<<http://www.met.police.uk/wildlife/new%20site%20docs/docs/shah.htm>>;

불법 어업

불법 어업은 대부분의 해양 국가에 주요 걱정거리이다. 어획된 많은 종들이 CITES 종이고, 일부는 그렇지 않다.

예:

- 에콰도르는 갈라파고스 섬의 불법적인 상어 지느러미 어획을 단속한다
<<http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/22244/newsDate/16-Sep-2003/story.htm>>;
- 불법 어업은 갈라파고스 섬 근해를 위협한다
<http://news.nationalgeographic.com/news/2004/03/0312_040312_TVgalapagos.html>;
- 불법 어업의 성장이 계속되고 있다 (FAO)
<<http://www.fao.org/newsroom/en/focus/2004/47127/>>.

약물

약물과 약물 차단은 국경 관리 기관의 또 다른 역할이다. 약물과 약물 생산품의 동정은 1 차 중 데이터의 또 다른 이용이다.

예:

- 인도 당국은 식물 약품으로 거래되고 있는 인도 약물 식물과 종의 데이터베이스를 개발하고 있다 <<http://www.frlht-india.org/html/crg.htm>>;
- 멸종위기에 처한 의약 식물 종의 수출 규제 – 과학적이고 엄격한 집행의 필요성 (Ved 1998) <<http://www.ias.ac.in/currsci/aug/articles8.htm>>.

검역

유해 종과 질병

질병과 유해 종의 운반은 일반 대중 외에도 농업 산업에 주요 관심 사항이고 중요하다. 다시 말하면, 유해 종과 질병의 동정이 국경 관리 기관에 종종 문제를 일으킬 수 있다.

예:

- “미국에서 잠재적인 농업, 임업, 의학적 유해 종의 차단은 분류학적 자원의 분산 네트워크 접근으로 더욱 쉬워질 것이다” (Page *et al.* 2004);
- 선충류 (nematodes)는 미국 농부들과 <<http://www.hqsareur.army.mil/opm/aug04.htm>> 멕시코산 피칸을 위협한다 <http://southwestfarmpress.com/mag/farming_nematodes_threaten_new/>;
- 호주에 해충이나 질병을 유입하지 말아주세요. <http://www.aust-immig-book.com.au/in_quarantine.html>;
- 호주 식물 유해 종 데이터베이스 <<http://appd.cmis.csiro.au/>>;
- 나미비아에서, 과실파리 동정으로 더 효과적인 쌍방 무역이 가능하게 되었다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case6.htm>.

수입 애완동물

사람들의 이주로 국경지방을 넘어 애완동물이 또한 옮겨지고 있다. 검역 당국은 비합법적 수입, 질병 등에 대해 이러한 것을 모니터링 할 필요가 있다.

야생동물 무역

모든 야생동물의 무역이 불법적인 것은 아니지만, 수출입 허가에 대한 통제는 어느 종이 거래되고 있는지에 대한 정보와 지식이 요구되고, 이것은 1 차 중-발생 데이터를 필요로 한다.

예:

- 호주의 야생동물 무역과 보전 <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/trade-use/index.html>>;
- 야생동물 보전 프로그램의 일환으로서, WWF 기아나는 야생동물 수출업자 및 지방 정부와 함께 야생동물 무역이 올바르게 관리되고 최신의 과학적 지식을 기반으로 이루어질 수 있도록 협력하고 있다 <http://www.wwfguianas.org/Wildlife_IDman.htm>;
- 야생동물 매매에 이용되는 해마 – 동정 매뉴얼 <<http://www.worldwildlife.org/trade/seahorses.cfm>>;
- EU는 야생 동식물에 대한 유럽의 수요를 조절해야 하는 도전에 직면해 있다 <http://www.traffic.org/news/enlarge_european.html>.

교육과 공공 전파

모든 단계에서의 교육과 함께 공공 전파는 1 차 중-발생 데이터를 이용한다.

학교 수준의 교육

모든 단계에서 학교 수준의 교육은 박물관과 함께하는 일체적인 활동과 학교-수준의 생물다양성 데이터 프로젝트와 관련되어 이익을 얻을 수 있다.

예:

- 박물관학교 협력 프로그램 (박사 학위논문) (King 1998)
<<http://home.iag.net/~ksking/muslearn.html>>;
- GLOBE 프로그램 – 체험 교육 및 과학 프로그램
<http://www.globe.gov/globe_flash.html>;
- 호주의 Waterwatch 프로그램은 박물관, 정부, 학교와 지역단체 간에 해당지역의 습지 생물다양성과 서식지 평가를 수행하는 프로그램이다
<<http://www.waterwatch.org.au/>>;
- 런던 자연사박물관은 광범위한 교육 프로그램을 운영한다 – 생물다양성을 탐험하기
<<http://internet.nhm.ac.uk/eb/messages/probbrowser.shtml>>;
- 미국에서, 국립동물생물다양성모니터링 프로젝트는 학교 어린이들과 함께 해당 지역에서 생물다양성을 조사하고 모니터링한다
<<http://nationalzoo.si.edu/Publications/PressMaterials/BMPSchoolProjects.cfm>>;
- 헝가리에서, 두꺼비 활동 그룹은 학교 어린이들의 도움을 받아 양서류를 관찰한다
<http://www.virtualfoundation.org/publicboard/display.cgi?_Hungarian_amphibian_biodiversity_monitoring_EPCE_Hungary+archive>;
- 영국에서, 사슴벌레 생물다양성 활동계획의 일부로, 여러 학교들이 영국 전역에 걸쳐 사슴벌레의 위치를 기록하고 지도화에 참여하였다
<http://www.lbp.org.uk/03action_pages/ac30_comms8.html>;
- ‘아이를 위한 생물다양성’ – 교사 자료
<<http://www.bookshop.nsw.gov.au/pubdetails.jsp?publication=3403>>.

대학교 수준의 교육

대학교는 세계 생물다양성 전문가를 훈련하는 센터이고 대부분 박물관과 식물 표본관 수집물을 유지하고 보관하며, 많은 학교 수업과정의 일부로 중-발생 데이터를 수집한다.

예:

- 듀크 대학교는 ‘식물과 곰팡이 생물다양성 연구에 대한 바이오인포매틱스와 계통발생적 접근’이라는 여름 연구 프로그램에 대학생들을 초대한다.
<http://www.biology.duke.edu/reu/>
- 중국의 Xishuangbanna 열대 식물원은 세계의 여러 대학교와 함께 아시아에서 대학원생 훈련 과정을 운영한다
<http://www.xtbg.ac.cn/english/PDF/gsxtdbg.pdf>

보조 분류학자의 훈련

보조 분류학자를 양성하기 위한 지역주민 훈련에 이름, 분포 정보, 그리고 종종 양질의 사진 데이터베이스를 포함하는 광범위한 1 차 종 데이터가 요구된다.

예:

- 보조 분류학자 양성을 위한 훈련 프로그램이 구아나카스테 보전 구역에서 이용될 목적으로 코스타리카 국립생물다양성연구소(Inbio)에 의해 개발되었다 (Janzen *et al.* 1993, Janzen 1998);
- 파푸아뉴기니의 마당 지역과 가이아나에서 곤충을 이용해 지역 토착 주민들의 훈련이 실시되고 있다 (Basset *et al.* 2000);
- 하와이 비숍(Bishop) 박물관은 곤충 처리 과정을 이용해 보조 분류학자를 훈련시킨다 <<http://www.bishopmuseum.org/research/natsci/guyana/LOGGING4.HTM>>;
- 브라질 수분매개자 운동 <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/pollinas.pdf>>;
- 분류학적 도구는 비전문가들이 빠르게 문제 해결을 할 수 있도록 한다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case5.htm>.

공공의 자각

대중은 자신들의 지역 환경을 계속해서 자각하며 관련 활동을 하고 있다 (아래 공공 참여 프로그램 또한 참고). 많은 단체들은 사람들이 그들의 자연 환경이나 그 속에 있는 것들을 쉽게 발견할 수 있도록 노력하고 있다. 이것은 안내 책자를 만들어서 사람들이 자신들의 정원을 방문하는 새들의 종류를 식별할 수 있도록 하는 간단한 것부터 인근 지역에 대해 아주 상세하게 환경 정보를 서술하는 것 등이 있을 수 있다.

예:

- 국가생물다양성네트워크(National Biodiversity Network, NBN)는 사람들이 자신들의 자연 환경을 더욱 쉽게 발견할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다 <<http://www.nbn.org.uk/>>;
- 호주 북부 개구리 데이터베이스 시스템(Frogwatch)은 북부지역 대중들에게 개구리, 지팡이 두꺼비 및 개구리 질병에 대한 정보를 제공한다 <<http://www.frogwatch.org.au/>>;
- 우즈베키스탄의 국가생물다양성 보전정책과 실행계획은 대중의 생물다양성 인식 증대를 목표로 한다 <http://bpsp-neca.brim.ac.cn/books/actpln_uzbek/>.

책과 자료들

책과 자료의 출판 – 동식물에 대한 지역 안내 책자, 포스터, 화면 보호기, 달력 모두는 생물다양성에 대한 대중들의 자각을 증가시키는 데 도움이 된다. 1 차 종-발생 데이터는 이러한 자료를 개발할 때 도움이 되는 필수적인 자료이다.

예:

- 호주 포유류 포스터 <<http://www.bookshop.nsw.gov.au/pubdetails.jsp?publication=492>>;
- 세계의 어류 포스터 <<http://www.fishposters.com/index.html>>;
- 동물 포스터 <<http://www.realtime.net/~raintree/gallery/posters.htm>>;
- 동물 화면 보호기 <<http://www.tnpsc.com/ssaver/animals.htm>>;

- 서호주의 네이처베이스(NatureBase) 화면보호기
<<http://www.calm.wa.gov.au/screensavers/>>;
- 아프리카의 야생동물 달력
<<http://www.wildlife-pictures-online.com/wildlife-shopping-1.html>>;
- 라이프맵퍼(Lifemapper) 화면 보호기는 분포 지도를 생성한다
<<http://www.npaci.edu/online/v6.14/lifemapper.html>>.

박물관 전시회

박물관 전시회는 교육과 공공 자각을 위한 주요한 원천이다. 최근, 박물관 전시회는 더욱 왕성하게 교육적인 역할을 수행하고 있다. 1 차 중-발생 데이터는 이러한 전시회의 계획에 핵심적인 역할을 한다.

예:

- 1995 년 초반, 필드박물관(The Field Museum)은 과학적인 연구를 넘어서 수집물 레코드를 자동화하여 혜택을 보았다. 청각 및 문자 데이터를 시각적인 사진과 통합함으로써 관람객들이 여러 다른 박물관의 전시회를 볼 수 있게 하였고 사람들은 자신들의 집 또는 사무실에서 대안적인 해석을 고찰할 수 있게 되었다 (Cohn 1995).
- 북부 캐롤리나 자연박물관과학센터 <<http://www.unc.edu/depts/cmse/museums.html>>;
- 호주 박물관 “What’s on” <<http://www.austmus.gov.au/visiting/whatson/>>.

사진 데이터베이스

사진 데이터베이스는 생물다양성 평가를 위해 가상 참조 시스템과 온라인 동정 기술을 개발하기 위한 귀중한 자원이다 (Oliver *et al.* 2000). 예를 들면, 곤충 표본 사진을 스크린상의 참조 시스템에 연결함으로써, 원격 연구실에서 같은 분류군을 연구하는 수명의 보조 분류학자들은 동시에 동정 작업을 할 수 있고, 이것은 값비싼 참조 표본에 대해 반복적인 작업의 필요와 이것의 손상을 줄이고 있다 (Oliver *et al.* 2000).

예:

- 고화질 사진은 시드니 맥쿼리(Macquarie) 대학교에 구축되고 있는 온라인 무척추동물 동정 네트워크의 핵심 구성요소이다 (Oliver *et al.* 2000);
- 호주 식물사진 데이터베이스 <<http://www.anbg.gov.au/anbg/index-photo.html>>;
- 뉴욕 식물원의 유형별 사진 <<http://sciweb.nybg.org/science2/hcol/vasc/index.asp>>;
- 딱다구리 사진과 소리
<http://www.infochembio.ethz.ch/links/en/zool_voegel_spechte.html>;
- 웹상의 자연사 사진 수집물
<<http://www.ucmp.berkeley.edu/collections/otherother.html>>;
- 디지털 직서류 표본 접근 (Digital Orthoptera Specimen Access, DORSA)
<<http://www.dorsa.de/>>;
- 호주 조류사진 데이터베이스 <<http://www.aviceda.org/abid/>>;
- Imagens da Biodiversidade Brasileira <<http://imagem.cria.org.br/>>;
- 디지털 화보집– New Endeavour 프로젝트의 일부
<<http://www.invisible-consulting.com/endeavour/flora.php>>;
- 구글 사진 <<http://www.google.com>>;

공공 참여 프로그램

공공 참여 보전 프로그램은 인기있는 행사가 되고 있다. 이것은 보전, 물 사용, 생산을 위한 저수지 지역의 관리, 낙후된 지역의 집단 조림, 또는 지역사회-기반 보전 평가 수행 등에 도움을 줄 수 있다.

예:

- 아프리카의 칼라배시(Calabash) 프로그램은 아프리카 남부의 환경 평가에 대중의 참여를 확대시키는 프로그램이다
<<http://www.sarpn.org.za/documents/d0000772/index.php>>;
- 환경법연구소의 아메리카상호환경프로그램은 아르헨티나의 경관과 멕시코의 보전커뮤니티구역에 대중의 참여를 지원하고 권장하고 있다
<<http://www2.eli.org/research/interamerican2.htm>>
- 호주에서, 연방 정부는 지역 단체가 토지 낙후 및 침식지역에 나무를 심고, 야생동물 연결통로 등을 개발하는 것에 사업비를 지원한다. 1차 생물다양성 데이터는 적합한 식물 종과 식재 지역을 식별하기 위해 이용된다
<<http://www.landcareaustralia.com.au/>>;
- 호주에서는 또한, 통합저수지관리계획에서 지역 단체는 주 및 연방정부와 긴밀히 협력하여 물과 생물다양성을 포함하는 자원을 유지하기 위한 관리 계획들을 계획 및 실행하고, 이것을 농업 생산성과 균형을 맞춘다
<<http://www.dlwc.nsw.gov.au/community/index.html>>;
- 미국 코네티컷 바이오블리츠(BioBlitz) 프로그램에서, 과학자들은 커뮤니티 그룹과 함께 주말 심화 프로그램에서 주변 지역의 신속한 생물다양성 평가를 수행한다 (Lundmark 2003) <<http://www.mnh.uconn.edu/BioBlitz/>>;
- 영국 자연사박물관의 ‘쥐며느리와 함께 걷기’ 프로젝트에서 학교, 지역 클럽, 그리고 개인들이 참여하여 영국의 쥐며느리를 조사하고 있다
<<http://www.nhm.ac.uk/interactive/woodlice/biodiversity.html>>;
- 알코아개구리관찰프로그램(Alcoa Frogwatch Program)은 모든 연령대의 많은 사람들이 참여하고 활발하게 도우면서 대규모 개구리 서식지의 품질을 향상시키는 것을 목표로 한다 <<http://frogs.org.au/frogwatch/>>;
- 전체 저수지 관리 – 대중의 참여 <<http://www.dlwc.nsw.gov.au/community/index.html>>;
- 국가생물다양성네트워크의 지역기록센터 <<http://www.nbn-nfbr.org.uk/nfbr.php>>.

생물 계통

생물 계통도 웹 프로젝트 그리고 유사한 여러 협업 프로젝트는 지구상 생물의 다양성, 이것의 역사 그리고 특징들에 대한 정보를 제공한다.

예:

- 생물 계통도 <<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>>;
- 쌍시류 중 페이지 <<http://www.diptera.org>>.

생태관광

생태관광은 많은 생물다양성-풍부 국가에서 빠르게 그리고 가장 큰 수입원중의 하나가 되고 있다. UNEP(유엔환경계획)는 생태관광이 생물학적 다양성의 보전, 지속적인 사용 및 관리에 대한 역할을 수행할 수 있기 때문에 이것에 대해 특별한 관심을 가지고 있다

(<http://www.uneptie.org/pc/tourism/ecotourism/home.htm>). 1 차 중-발생 데이터는 훌륭한 생태 관광 프로그램 개발에 중요하다 – 이것은 지침서, 팸플릿, 정보 자료 개발과 여러 나라들이 생태관광지로 이용할 적합한 지역을 결정할 때 도움이 된다.

생태관광의 가치평가

생태관광에 반대하는 압력 중 하나는 소비와 보다 집중적인 이용에 대한 대안으로 생물다양성, 보전 그리고 생태관광에 가치를 두고 있는 것이다. 그러나 많은 생태관광 프로젝트에서 생태관광과 생산은 병행될 수 있다.

예:

- 생태관광을 위한 나무의 가치평가
<<http://www.nuevomundotravel.com/nuevomundo.php?c=129>>;
- 멕시코 시에라 타라후마라 (Sierra Tarahumara) 지역에서 생태관광의 가치평가
<http://www.srs.fs.usda.gov/econ/research/std43_8.htm>;
- 생태계 서비스로서 생태관광의 가치평가 (The Nature Conservancy)
<http://nature.org/event/wpc/files/drumm_presentation.pdf>;
- “생태 관광”의 경제학: 갈라파고스 섬의 경제적 측면 (Taylor *et al.* 2002)
<http://www.reap.ucdavis.edu/working_papers/jet-galapagos.pdf>.

훈련 안내자와 운영자

생물다양성을 이해하는 여행 안내자와 관광 운영자 훈련은 1 차 중-발생 데이터가 핵심 역할을 하는 영역이다. 아주 종종, 참조 수집물은 순찰자 기지에서 만들어져 보관되고, 안내자들에 의해 운반되는데, 이러한 것의 훈련과 동정을 위해 1 차 중 다양성 데이터가 요구된다.

예:

- 호주의 생태계-보증 생태관광 <http://www.ecotourism.org.au/eco_certification.asp>;
- 생태관광 보증 워크숍 <<http://www.planeta.com/ecotravel/tour/certification.html>>;
- 보호지역 관리자를 위한 생태관광 훈련 매뉴얼 (Strasdas 2002);
- 커뮤니티-기반 관광을 위한 훈련 매뉴얼 (Inwent Zschortau, Leipzig, Germany) (Hausler and Strasdas 2003).

안내 책자

안내 책자, 팸플릿 및 여러 출판물은 생태관광의 필수적인 요소이고 다른 곳에서 언급한 안내 책자와 같이 이러한 것을 준비하기 위해 중-발생 데이터에 의존한다.

예:

- 여러 사례를 일반 서점이나 웹 여행 안내책자에서 발견할 수 있고, 대부분 생태관광 섹션이 있다;
- 파나마의 조류 안내책자 (Ridgely and Gwynne 1989);
- 코스타리카 국립 공원과 보전지역: 방문자를 위한 안내책자 (Franke 1999).

정원, 동물원, 수족관, 박물관과 야생동물 공원

식물원, 동물원, 수족관, 야생동물 공원, 및 박물관은 모두 생태관광에 일조를 한다. 예를 들면 많은 신규 수족관은 탁 트인 바다의 접근과 함께 해저 풍경 관람지역을 제공한다. 대부분의 식물원, 동물원, 야생동물 공원은 주변 지역의 동물군, 식물군의 전시관을 운영하고 박물관은 보통 광범위한 자연사 전시 행사를 진행한다. 이러한 것의 대부분은 또한 교육적인 요소를 가지고 있다. 이러한 전시품에 붙여진 라벨이나 정보를 위해 관련된 생물의 이름과 분포를 포함하여, 준비하고 유지해야 할 양질의 정보와 데이터가 필요하다.

예:

- 몬테레이만 수족관 <<http://www.mbayaq.org/>>;
- 커스텐보쉬(Kirstenbosch) 국립식물원 <<http://www.nbi.ac.za/frames/kirstfram.htm>>;
- 주룽(Jurong) 조류공원, 싱가포르 <<http://www.birdpark.com.sg/Main/>>;
- 저지(Jersey) 동물원과 듀렐야생동물보전재단 <<http://www.durrellwildlife.org/>>;
- 스미스소니언 국립자연사박물관 <<http://www.mnh.si.edu/>>;
- 가상 도서관: 세계의 박물관 <<http://vimp.museophile.org/world.html>>.

예술과 역사

예술은 생물다양성의 이해와 보전에 중요한 역할을 하였다. 대부분의 초기 과학 탐험은 생물다양성 기록을 위해 탐험 대원들 중에 예술가를 포함시켰다. 오늘날, 예술가는 계속해서 자연에 대한 그림을 그리고, 자신들이 그린 작품의 이름과 위치에 대한 정보를 구한다. 역사 또한 1차 중-발생 데이터의 이용자이다. 초기 탐험가들은 또한 타고난 역사 학자들이었고 생물다양성 표본을 수집하였다. 조만간 다가올 100년, 200년 전의 여러 탐험을 기념하여, 많은 연구자들은 이러한 초기 탐험가들의 궤적 조사를 시도하고 있고 중-발생 데이터는 이러한 조사에 주요한 정보의 원천이다.

과학의 역사 — 탐험가와 수집가를 추적하기

과거 및 근대 탐험가와 과학자들은 확증 표본을 자연사 수집물에 보관하였다. “이러한 표본은 수세기 동안에 걸친 탐험가와 과학자들의 경로와 목적을 기록하고 있고 과거 데이터에 대한 유일하고 대체할 수 없는 원천을 제공한다” (Page *et al.* 2004). 수집물이 오래되어감에 따라, 이것이 수집된 년도가 점점 중요해지고 있다 (Winker 2004).

예:

- 자연 탐구자: 호주 로버트 브라운(Robert Brown)의 일기 1801-1805 (Vallance *et al.* 2001);
- 멕시코 조류 표본을 이용한 수집물 패턴의 동정 (Peterson *et al.* 1998);
- *New Endeavour* 는 HMS Endeavour 의 제임스 쿡(James Cook) 선장이 항해한 육지를 다시 방문하는 프로젝트이다 (1768-1771) <http://www.invisible-consulting.com/endeavour/>;
- 호주 계통 식물학의 역사 (Short 1990);
- 브라질의 식물 수집가들 (Koch 2003) <http://splink.cria.org.br/collectors_db>;
- 루이스(Lewis)와 클라크(Clarke)의 미국 탐험 <<http://www.cr.nps.gov/nr/travel/lewisandclark/encounters.htm>>;
- 호주 식물 수집가와 삽화가들 1780년대-1980년대 <<http://www.anbg.gov.au/bot-biog/index.html>>.

예술과 과학

위에서 언급된 바와 같이, 예술은 초기 과학적 발견에 중요한 역할을 하였다. 카메라가 없었기 때문에 그림은 많은 동식물을 나타내기 위해 이용할 수 있는 유일한 도구였다. 동식물에 대한 초기 일부 예술가들의 그림은 매우 자세해서 많은 사람들은 이것이 현대의 사진보다 우수하다고 간주하고 있다.

- 시드니 파킨슨(Sydney Parkinson) 은 1768년에서 1771년까지 남부 해안에 쿡(Cook) 항해 탐험대의 예술가였다. 그는 많은 동물, (<<http://pages.quicksilver.net.nz/jcr/~parkinson.html>>), 곤충, (<<http://www.nhm.ac.uk/services/ibd/gfx/te/vod/17.jpg>>) 그리고 식물 (<<http://internt.nhm.ac.uk/cgi-bin/perth/cook/>>)을 그렸고 캥거루를 처음으로 스케치 하였다 <http://www.nhm.ac.uk/library/art/drawingconclusions/more/hibiscus_more_info.htm#collection>;

- 페르디난드 바우어(Ferdinand Bauer, 1760-1826)는 전시대를 통틀어 가장 뛰어난 식물학 예술가중의 하나로 인식되고 있다 (Bauer *et al.* 1976)
<<http://nokomis.com.au/html/biography.html>>;
- 존 구드(John Gould)의 아시아의 조류
<<http://www.jadestonegallery.com/printgallery/gould/birdsofasia.htm>>;
- 세계의 조류 – 1997년 맥클렁(McClung) 박물관 특별 전시회
<<http://mcclungmuseum.utk.edu/specex/birds/birds.htm>>;
- 중국 예술에 표현된 곤충의 세계: 2001년 타이완 국립박물관에서 식물과 곤충 그림의 특별 전시회가 열렸다
<<http://www.taiwanheadlines.gov.tw/20010816/20010814f2.html>>.

향토 예술

향토 예술과 예술품은 토속민들의 주요 수입원이다. 예술가들은 점점 그들이 창작한 예술의 대상 또는 예술품과 결과물을 구성하는 물질에 대한 정보를 제공하기 원한다.

예:

- 안데스와 히말라야의 산맥 보전을 위한 기술과 과학의 협력 가능성 (Camino 2002)
<<http://www.mtnforum.org/resources/library/camia02a.htm>>;
- *Canna indica* 는 보석류와 그외 다른 목적으로 흔히 사용된다
<<http://waynesword.palomar.edu/pljune98.htm>>;
- Nickernuts (*Caesalpinia bonduc*)는 에콰도르에서 목걸이 재료로 사용된다
<<http://waynesword.palomar.edu/nicker.htm>>;
- 깃 장식은 많은 사회에서 전통적인 장식품이었다. 파푸아뉴기니에서 파라다이스 새의 이용은 그 좋은 예이다 (Frith and Beehler 1998)
- 파푸아뉴기니에서 참마는 마스크의 재료로 사용된다 <<http://www.art-pacific.com/artifacts/nugueina/yamwoodo.htm>>;
- 조개껍질, 깃털, 잔디 그리고 다른 재료들은 향토 예술에 흔히 이용된다
<http://www.lostworldarts.com/new_page_2.htm>;
- 안데스와 히말라야에서 양모가 이용된다 <www.andeansoftware.com>;
- 섬유는 바구니를 만드는데 이용된다 <<http://www.aotearoa.co.nz/flaxworks/>>;
- 대나무와 다른 목재는 악기를 만드는데 이용된다
<http://www.canne-et-bambou.com/eng/bamboo_flutes.htm>;
- 나무껍질은 호주 원주민들의 그림에 이용된다
<<http://www.aboriginalartonline.com/art/bark.html>>.

우표

세계 대부분의 현대 사회는 우표에 생물다양성을 이용한다. 이러한 우표는 때로는 일반적인 이름뿐만 아니라 학명을 포함하고, 우표 생산자들은 이러한 식별을 위해 1 차 종 데이터에 의존한다.

예:

- 호주 우표: Bush Tucker
<http://www.auspost.com.au/philatelic/stamps/index.asp?link_id=2.608>;
- 우표에 나타난 조류 <<http://www.birdtheme.org/regions/region.html>>;
- 키르기스스탄 동물 우표 <<http://ecopage.freenet.kg/biodiversity/animals.html>>;

- 피지 우표는 종종 식물, 곤충 그리고 동물을 포함한다
<http://www.stampsfiji.com/stamps/peregrine_falcon/index.html>.

사회와 정치

사회와 정치 분야에서 종 데이터의 많은 이용은 다른 제목들 밑에서 다루어졌다; 그렇지만 몇몇 이용은 다른 곳에서 다루기에 수월하고 적합하지 않은 것 같다.

생물다양성의 사회적 이용

생물다양성은 인구의 사회적 상황 안에 위치한다 – 보전, 식량에 대한 요구 및 생존을 위한 보금자리간의 경쟁은 결코 끝나지 않는 갈등이다. 많은 새로운 연구들이 생물다양성과 인류의 사회적 문화간의 상호관계를 조사하고 있다.

예:

- 조류 풍토성이 높은 지역은 또한 높은 인구 밀도를 가지고 빠른 서식지 감소율을 보이고 있으므로 인구 밀도와 성장률은 보전 우선순위를 결정할 때 고려되어야 한다 (Brooks 2001);
- 다른 중요하고 “종종 민감한 논쟁성 지표로는 군사 갈등의 분포지, 난민들의 이동, 목재와 광물 채굴권, 일용품 생산, 관목동물 사냥, 마약 매매”가 있다 (Brooks 2001);
- 브라질 상파울로의 Biota/FAPESP 프로그램의 몇몇 프로젝트는 생물다양성의 사회적 측면을 조사하고 있다
 - 한 연구는 인간 활동과 생물다양성 간의 균형 계획 수립에 도움을 주는 환경 도감을 조사하고 있다 <<http://www.biota.org.br/projeto/index?show+192>>;
 - 다른 연구는 어업, 공예물 그리고 해안가 거주자들의 정신적인 목적을 위해 천연 자원의 이용을 조사하고 있다. 이 연구는 어떻게 해당 커뮤니티가 생활하고 어업 활동을 하는가에 대한 조사 뿐만 아니라 명명법의 사용법 및 해당지역의 명명법과 함께 이들의 활동이 환경에 미치는 영향도 조사하고 있다 <<http://www.biota.org.br/projeto/index?show+226>>;
- 생물다양성 생태계 관리를 위해 유럽의 사회적 연구 잠재성을 활성화하기 (SoBio) (자연보전을 위한 유럽 센터) <<http://www.ecnc.nl/doc/ecnc/press/070404.html>>;
- 사회와 환경 연구의 단위 – 치앙마이(Chiang Mai) 대학교 <<http://www.sea-user.org/>>;

인류학과 언어

인류학 연구와 심지어 일부 생물학적 연구는 (Basset *et al.* 2000) 종에 대한 향토 명명 체계를 린네(Linnaeus) 체계에 접목하려는 노력을 하고 있다.

예:

- 파푸아뉴기니에서는 지역 삼림 종의 이름을 학명에 연결시키는 작업을 하고 있고, 이것은 지역민들을 보조 분류학자와 곤충 수집가로 훈련시키는 프로젝트의 일부분이다 (Basset *et al.* 2000);
- 1 차 종 데이터는 영장류의 단백질질을 비교하기 위해 이용되고 있다 <<http://www.bioquest.org/bioinformatics/module/tutorials/Anthropology/>>;
- 이주 패턴을 추적할 목적으로 음식물에 사용되는 종의 동정에 식물 종 데이터가 이용된다 (Newton-Fisher 1999) <http://www.budongo.org/nen1000/reprints/NewtonFisher_1999_diet.pdf>.

민족생물학

30 만년 전부터 이용한 유용 동식물들에 대한 지역 지식은 민족식물학자 (Gómez-Pompa 2004)와 민족동물학자들의 중요한 연구 주제이다. 이러한 지식과 1 차 중-발생 데이터를 기반으로 하는 분포 지역에 대한 연구의 통합은 중요한 연구 분야이다.

예:

- 일부 인류학 연구는 치료, 의약, 음식에 동식물 종의 이용을 조사하고 있다 <<http://www.library.adelaide.edu.au/guide/soc/anthro/subj/med.html>>;
- 민족식물학 연구소는 음식과 약으로 이용된 수천 종의 레코드를 보관한다 <<http://www.umma.lsa.umich.edu/ethnobotany/ethnobotany.html>>;
- 누아울루(Nuaulu) 민족동물학 – 캔터베리, 켄트 대학교의 로이 알렌(Roy Allen)이 만든 체계적 목록 <http://lucy.ukc.ac.uk/csacpub/ellen_ch1.html>;
- 호주의 *Acacia*: 민족식물학과 잠재적 식량 작물 (Lister *et al.* 1996) <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-228.html>>;
- 츠오우(Tsou) 민족의 민족동물학: 독을 이용한 어업 <http://tk.agron.ntu.edu.tw/Segawa1/fishing_poison.htm>
- 원주민, 식물 그리고 동물 <<http://www2.sfu.ca/halk-ethnobiology/>>;
- 킬리만자로 산의 과충류에 대한 민족동물학 연구 <<http://www.uni-bayreuth.de/departments/toek2/claudia/fEthnozoology.htm>>;
- 민족식물학: 식물과 사람과의 상호작용 <<http://maya.ucr.edu/pril/ethnobotany/Start.html>>.

데이터 송환

생물다양성협약(CBD)은 원산지 국가로 정보의 송환을 요구한다. 더욱 최근에, 박물관과 식물 표본관 수집물의 1:1 데이터 송환의 개념은 데이터 공유의 개념쪽으로 더 옮겨지고 있으며, 특히 아래와 같은 포털을 사용해 온라인 데이터를 이용할 수 있도록 하고 있다.

예:

- 원산지 국가와 데이터 공유에 대한 보고서 (GBIF) <<http://www.gbif.org/Stories/STORY1079623109>>;
- 세계 딱정벌레 연구가들의 0.8%만이 아프리카에 거주하고, 기준/모식 표본은 아프리카에 거의 존재하지 않는다 (Miller and Rogo 2001);
- 런던 자연사박물관은 칠레에서 유전 자원, 이익 공유 그리고 전통적 지식에 대한 접근 프로젝트 활동을 하고 있다 <http://www.darwin.gov.uk/news/projects/access_gen.html>;
- 자연사박물관은 또한 브라질 바히아(Bahia)의 식물군계 표본 데이터의 송환에 관한 일을 하고 있다 <<http://www.darwin.gov.uk/projects/details/7108.html>>
- 정보 송환과 공유를 증가시키기 위한 가상 박물관의 이용 *Whole Earth* 2000 <http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0GER/is_2000_Fall/ai_66240384>;
- 세계 자연사 수집물의 중앙식 데이터베이스에 대한 멕시코의 사례 연구 (Navarro *et al.* 2003) <http://journals.eecs.qub.ac.uk/codata/Journal/Contents/1_1/1_1pdf/DS105.Pdf>.

생물다양성 수집

많은 국가에서 보호지 개발 및 확장으로 이러한 지역에서 일부 경우 과학자들의 생물다양성에 대한 수집 및 연구 활동이 어려워지고 있다. 이것 때문에, 새로운 수집물에 대한 접근이 제한되는 지역에서 기존의 종-발생 데이터에 더욱 더 의존할 필요가 있을 것이다.

여가 활동

여가 활동은 또 다른 형태로 중-발생 데이터를 이용한다. 많은 여가 활동이 여러 측면으로 생물다양성과 관련이 있다 – 낚시, 사냥, 조류 그리고 고래 관찰, 정원관리, 산책, 승마 등.

여가 낚시

여가 낚시는 규모가 큰 산업으로, 낚시인들은 그들이 잡은 고기가 어떤 것인지 알고 싶어한다 – 특정 종의 고기가 언제, 어디에서 나타나는지 등등. 이 모든 정보는 1차 중-발생 데이터에 근거한다.

예:

- 서호주의 여가 낚시인들은 여가 낚시를 개선시키기 위해 해당 서식지가 보전되기를 원한다 <<http://www.recfishwest.org.au/PolicyFishHab.htm>>;
- 대보초(Great Barrier Reef)상의 권역선정 계획 시에, 전체 안전의 36%가 낚시인들로부터 제안되었다 <http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/management/zoning/rap/rap/overview/intro/recfish.html>;
- 여가 낚시가 벨라루스(Belarus)에서 생물다양성 감소의 주요 원인이다 <<http://www.iucn-ce.org.pl/documents/belarus.pdf>>;
- 어류자원 관리를 위해 브라질의 파라나 (Paraná) 강 상류 유역에서 여가 낚시를 통제하는 것이 고려되고 있다 <<http://www.unep.org/bpsp/Fisheries/Fisheries%20Case%20Studies/AGOSTINHO.pdf>>.

사냥

여가 낚시인들처럼, 사냥인들은 그들이 잡은 동물의 종류가 무엇이고 이들이 언제 어디에서 발생하는지 알고 싶어한다. 보전 활동은 사냥인들이 획득한 것이 어떠한 종인가를 식별하는 것과 관련이 있으며 이것은 종 관리에 이러한 부분을 고려하기 위해서이다.

예:

- 브라질 상파울로, 대서양에 인접한 일부 숲에서의 사냥과 생물다양성 <<http://www.wildlifetrust.org/huntipe.htm>>;
- 사냥에 의한 멸종 <<http://www.virtualglobe.org/en/info/env/04/diversity07.html>>;
- 뉴질랜드 토착종에 대한 사냥의 영향 <<http://www.biodiversity.govt.nz/picture/biodiversity/state/hunting.html>>;
- 지속적으로 이용 가능한 사냥을 위한 북미사냥유산협정계획 <http://centralflyway.org/Hunting_Accord_Draft.html>.

사진촬영과 영화제작

야생동물의 사진촬영은 또 다른 주요 여가 활동으로 사진 찍을 특정 종을 어디서 발견할 것인가의 결정과 식별은 1차 중-발생 데이터에 의존한다. 사진사는 온라인 수집물 외에도 책, 달력, 우표, 기획물 등의 제작에 책임이 있다.

예:

- 북미 자연사진협회 <<http://www.nanpa.org/index.html>>;
- 핀란드 자연사진사 협회 <<http://www.luontokuva.org/>>;
- 발견채널(The Discovery Channel) <<http://dsc.discovery.com/>>;
- 자연과 야생동물 영화
<http://www.dropbears.com/b/broughsbooks/movies/nature_wildlife.htm>;
- 데이비드 에텐보로프의 영화(David Attenborough Films)
<http://www.bbc.co.uk/nature/programmes/who/david_attenborough.shtml>.

원예

원예는 많은 사람들의 사랑을 받고 있으며, 식물이 무엇인가를 아는 것은 대부분의 원예가들에게 중요하다. 원예에 관련된 책이나 잡지는 변함없이 판매되고 있고 이러한 관련된 모든 정보는 종-발생 데이터에 의존한다. 많은 사람들이 또한 유기 원예를 시작하고 있으며 재배하기에 적합한 종을 찾고 있다.

예:

- 왕립원예협회 <<http://www.rhs.org.uk/research/biodiversity/index.asp>>;
- 생물다양성을 위한 원예 <<http://www.english-nature.org.uk/news/story.asp?ID=257>>;
- 유기 원예 책 <http://supak.com/organic_gardening/organic.htm>;
- 호주 식물 온라인 – 호주산식물생장학회
<<http://farrer.riv.csu.edu.au/ASGAP/apoline.html>>.

산책, 하이킹 그리고 도보여행

자연 환경에서 산책, 하이킹 또는 도보여행은 흔한 오락 활동이고 사람들은 종종 그들이 지나갈 때 마주치는 종이 무엇인지를 알고 싶어한다.

예:

- 뉴사우스웨일즈(New South Wales)에서의 산책
<<http://www.npansw.org.au/web/activities/bushwalking.htm>>;
- 과테말라에서의 하이킹 <http://www.guatemalaventures.com/hiking_tours.htm>;
- 애리조나 동남부에서의 하이킹
<<http://www.geo.arizona.edu/geophysics/students/tinker/SEhiking.html>>;
- 에콰도르에서의 도보여행
<http://www.surtrek.com/ecuador/adventuretours/trek_podocarpus.htm>;
- 뉴질랜드에서의 도보여행 <<http://www.enzed.com/tramp.html>>.

조류 관찰

조류 관찰은 많은 조류 관찰자 클럽과 조류 관련 활동이 있으며 세계 여러 곳에서 행해지는 주요 여가 활동이다. 이 모든 활동은 그들이 보는 새를 동정할 수 있는 것부터 시작하고 따라서 이러한 것은 1차 종-발생 데이터로 만든 안내 책자나 현장 도감에 의존한다.

예:

- Birding.com <<http://www.birding.com/>>;
- 국립 오더본(Audubon) 학회 <<http://www.audubon.org/>>;

- 캐나다에서 조류 관찰 <<http://www.web-nat.com/bic/>>;
- Birds Australia <<http://www.birdsaustralia.com.au/>>;
- Birding Africa <<http://www.birding-africa.com/>>.

사회 기반시설 계획

사회 기반시설 계획(도로, 전력선, 토지 구획 등)은 건설에 최적의 장소를 찾고 환경에 최소의 영향을 끼칠 수 있도록 중-발생 데이터를 이용한다.

위험성 평가

도로와 여러 서비스 시설의 건설은 재정적 측면과 생태계적 측면 모두에서 가장 비용 효율이 높은 위치 선정과 관련하여 위험성 평가가 필요하다. 공공 장소의 잡초와 해로운 식물 관리, 그리고 어느 종을 도로와 길가에 심어야 할지의 결정 또한 위험성 평가 및 종 동정과 관련이 있다.

예:

- 장소 선정, 개발 및 관리 측면에서 타인토지통행권(Rights-of-Way)의 환경적 문제 (전력연구원) <http://www.epri.com/destinations/descriptions/57_row.pdf>;
- 공공 장소의 해로운 잡초 및 위험한 식물 관리 – 인간과 비-표적 종에 대한 위험성 평가 <<http://www.fs.fed.us/r3/projects/ro/ea-noxiousweeds/ea-weedsappa.html>>;
- 교통의 토지 이용 효과비용 (Litman 1995) <http://www.agenda21.ee/english/transport/landuse_costs_extern.pdf>;
- 광범위한 생물학적 조사 자료의 이용을 통해 도로유지 비용의 상당 부분을 줄일 수 있다 <http://www.bionet-intl.org/case_studies/case19.htm>.

경관

특정 종의 나무 뿌리는 주택, 하수관 등에 큰 피해를 야기할 수 있다. 가로수는 종종 전기 줄 아래 식재되고 이것이 너무 높게 자라기 때문에 많은 비용을 들여 잘라야 하며 다른 종은 포장도로와 길의 표면을 갈라지게 한다. 일부 종은 태풍이나 토네이도 등의 피해를 더 당하기 쉽다. 에너지를 절약하고 적은 물을 필요로 하는 종을 선택하는 것은 세계 일부 지역에서 중요할 수 있다. 민감한 지역에 식재할 나무의 동정 그리고 뿌리를 통한 식물의 동정 등을 위해 1 차 중-발생 데이터의 정보가 필요할 수 있다.

예:

- 해안 모래언덕 침식을 막기 위해 식물을 이용 <http://www.epa.qld.gov.au/environmental_management/coast_and_oceans/beaches_and_dunes/coastal_dunes/>;
- 캘리포니아 모데스토(Modesto)에 식재된 가로수 종의 이익-비용 분석 (McPherson 2003) <<http://www.treelink.org/joa/2003/jan/01McPherson.pdf>>;
- 에너지 절약을 위한 경관 <<http://www.pioneerthinking.com/landscape.html>>;
- 나무 뿌리로 인해 커져 가는 문제 (South East Water Ltd, Melbourne, Australia) <<http://www.sewl.com.au/sewl/upload/document/treeroots.pdf>>;
- 경제적인 생물다양성을 위한 방풍림 (Stace 1995) <<http://www.newcrops.uq.edu.au/acotanc/papers/stace.htm>>;
- 미주리 주의 방풍림 계획 <<http://muextension.missouri.edu/xplor/agguides/forestry/g05900.htm>>;

- 서로 다른 종들은 태풍을 이겨내는 능력이 서로 다르다
<http://www.plant.id.au/home/guide_view.aspx?id=15>.

야생 동물과 기반시설

야생동물과 사회 기반시설 간에 항상 충돌이 발생한다. 동물은 고속도로와 도로상에서 죽고, 새들은 비행기 엔진과 풍력 터빈에 빨려 들어가고, 댐은 종이 산란을 위해 상류로 이동하는 것을 막는다. 1 차 종 데이터는 종의 행동과 장소 등을 이해하는데 중요하다.

예:

- 캐나다 환경부는 차에 치어죽는 야생동물의 수를 감소시키고 있다
<http://www.pc.gc.ca/pn-np/ab/banff/docs/routes/chap3/sec4/routes3d_e.asp>;
- 미국 생물통로 프로젝트는 차에 치이는 동물의 수를 줄이고 있다
<<http://www.fhwa.dot.gov/environment/wildlifecrossings/index.htm>>;
- 공공 시설, 풍력 터빈, 통신 탑과 조류의 상호관계 (EPRI's Destinations 2005)
<<http://www.epri.com/destinations/product.aspx?id=309>>;
- 연어를 구하기 위해 댐이 제거되고 있다
<<http://www.wildsalmon.org/library/lib-detail.cfm?docID=300>>.

수목 조성

흰개미에 대한 저항성을 가지는 건축물, 철도 침목, 다리, 울타리, 전신주에 사용될 수 있는 식물 종을 선택하기 위해서는 적합한 종에 대한 연구가 필요하다.

예:

- 흰개미와 주택 <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/Urban/termites/termites.htm>>;
- 유칼립투스 종은 호주에서 가구, 철도 침목, 다리 건설, 바닥 재료 등으로 이용된다.
<http://www.tpcvic.org.au/page_timber_info.htm>;
- 호주에서 전신주 목적으로 적합한 종
<<http://www.daleandmeyers.com.au/species.html>>;
- 흰개미의 잘못된 동정은 많은 비용을 초래할 수 있다
<http://www.bionet-intl.org/case_studies/case20.htm>.

수생 및 해양 생물다양성

수생 및 해양 생물다양성은 앞의 여러 다른 주제에서 대부분 다루어졌다; 그러나 이것을 이 부분에서 분리해서 다루는 이유는 특정한 종-발생 데이터를 요구하는 일부 수생 및 해양 생물다양성 시스템이 있기 때문이다.

예:

- 해양생물지리정보시스템(Ocean Biogeographic Information System, OBIS)
<<http://www.coml.org/descrip/obis.htm>>;
- 메인만의 생물지리정보시스템도감 (GMBIS)
<<http://gmbis.marinebiodiversity.ca/aconw95/aconscrip/gmbis.html>>;
- 강변의 수생 보호지역: 종, 군집 또는 생태계 과정을 보호하기 (Koehn 2003);
- 해양생물조사(Census of Marine Life) – “70 여 개 이상의 국가에서 참여하는 연구자들의 세계적 네트워크로 계속 성장하고 있으며 과거, 현재, 미래에 대해 해양 생명체의 다양성, 분포, 풍부성을 평가하고 설명하기 위해 10 년의 기간 동안 프로젝트를 진행한다” <<http://www.coml.org/coml.htm>>.

결론

이 문서 전반에 걸쳐 본 것처럼, 1차 종-발생 데이터의 이용은 무한하고, 지구의 모든 지역에서 인간 활동의 거의 모든 분야에 접목된다. 이것은 식량과 서식지와 같은 매일 매일의 생존을 위한 이용에서부터 교육과 학습, 만족과 여가 활동에 이르기까지 여러 범위에 걸쳐 있다. 우리 대부분은 이것에 대해 생각하지 않고 또는 심지어 이것이 존재한다는 것을 알지 못하면서 이러한 데이터에 의존하고 있다. 그러나 이러한 것이 없다면, 박물관 또는 식물표본관에 보관되든지, 조류 관찰가들의 데이터베이스 또는 대학교, 개인, 회사가 보관하는 조사 데이터베이스에 자료가 있든지 간에, 우리는 오늘날 우리가 가진 생물다양성을 이해하지 못할 것이고, 우리의 생존은 현재보다 더 큰 위험에 처할 것이다.

우리는 우리의 생물다양성과 우리의 지구를 더 잘 이해하기 위해 이러한 데이터를 최대한 이용해야 할 필요가 있다 – 즉, 우리 환경의 변화를 경감시키고 모니터링하는 것, 우리가 의존하는 자원을 향상시키고, 보전하고, 그리고, 지속적으로 이용하는 것, 이러한 데이터에 기반하는 생물다양성의 진정한 가치를 알고 이해할 수 있도록 미래의 세대들을 교육시키고 훈련시키는 것이 필요하다.

분명히 이 문서에서 다루지 못한 많은 이용이 있고, 모든 사례를 참조하는 것은 불가능했다. 이 문서가 “살아있는” 어떤 형식으로 만들어져서 가능하면 이 데이터의 온라인 이용자들이 스스로가 계속 갱신하고 새로운 이용을 더할 수 있기를 바란다.

감사의 글

많은 사람들이 이 논문의 작성에 도움을 주었고 힘이 되었다. 첫 번째로, 필자는 이 프로젝트를 지원한 세계생물다양성정보기구(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)에 감사드린다. GBIF의 직원들, 특히 Larry Speers, Meredith Lane 그리고 Jim Edwards가 종-발생 데이터의 이용에 대한 제안을 하여주고 귀중한 연락 정보를 제공하는 등의 도움을 주었다. 다른 많은 사람들이 성심성의로 참조 문헌, 출판자료, 정보 그리고 제안을 하여주었다. 이러한 사람들은 다음과 같다: Lee Belbin (Australian Antarctic Data Center, Hobart, Tasmania), Daniel R. Brooks (University of Toronto, Canada), Vanderlei Perez Canhos and Dora A.L. Canhos and staff (CRIA, Campinas, Brazil), Barry Chernoff (Wesleyan University, Connecticut, USA), Robert Colwell (University of Connecticut, USA), Trevor James (National Biodiversity Network, UK), Carlos Joly (University of Campinas, Brazil), Ingrid Koch (CRIA, Campinas, Brazil), Scott Miller (Smithsonian Institution, Washington, USA), Robert Morris (University of Massachusetts, Boston, USA), A. Town Peterson (University of Kansas, USA), Daniel Roseau and Cameron Slatyer (Department of the Environment and Heritage, Canberra, Australia), Peter Shalk (ETI, Amsterdam, Holland), Jorge Soberón Mainero (Conabio, Mexico), Jim Staley (University of Washington, Seattle, USA), Bob Bloomfield and Honor Gay (The Natural History Museum, London), Antonio López Almirall (Museo Nacional de Historia Natural, Cuba), Johann Breytenbach (Ezemvelo Nature Reserve, South Africa), Judy West and Greg Whibread (Centre for Plant Biodiversity Research, Canberra, Australia), Patricia Mergen (Belgian GBIF, Belgium), Anton Güntsch (Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Germany), Marc Stadler (Bayer HealthCare AG, Wuppertal, Germany), Barbara Gemmel (Herren) (FAU, Rome, Italy) 그리고 Anna Weitzman (Smithsonian Institution, Washington, DC, USA). 마지막으로, 다소 분명치 않은 출판 자료들의 일부를 얻을 수 있도록 도움을 준 것에 대해 필자는 호주, 투움바, 남퀸스랜드 대학교 도서관 직원들에게 감사드린다.

참고문헌

- Akeroyd, J. and P. Wyse-Jackson (comps.). 1995. *A handbook for botanic gardens on the reintroduction of plants to the wild*. London: Botanic Gardens & Conservation International. 31 pp.
- Alcorn, J.B. (ed.). 1993. *Papua New Guinea Conservation Needs Assessment*. Washington: Conservation International.
- Almeida, A.C., Maestri, R., Landsberg, J.J., Scolforo, J.R.S., 2003. Linking process-based and empirical forest models in Eucalyptus plantation in Brazil **in** Amaro, A. and Tomé, M. (eds.), *Modelling Forest Systems*. CABI, Portugal, pp. 63-74.
- Amaral, A.C.Z. and Nallin, S.A.H. 2004. *Catálogo das espécies dos Annelida Polychaeta da Costa brasileira*. http://www.ib.unicamp.br/pesquisa/projetos/biota/bentos_marinho/7.htm. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Amaro, A. and Soares, P. 2003. *Modelling Forest Systems*. CABI Publishing.
- Andrade, I., Morais, H.C., Diniz, I.R. and van den Berg, S. 1999. Richness and abundance of caterpillars on Byrsonima (Malpighiaceae) species in an area of cerrado vegetation in Central Brazil. *Rev. Biol. Trop. dic.* 47(4): 691-695.
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400005&lng=es&nrm=iso [Accessed 15 Apr. 2005].
- Asher, J., Warren, M., Fox, R., Harding, P., Jeffcoate, G. and Jeffcoate, S. 2001. *The Millenium Atlas of Butterflies in Britain and Ireland*. Oxford: Oxford University Press.
<http://www.butterfly-conservation.org/index.html?bnm/atlas/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Austin, M.P. 2002. Case Studies of the Use of Environmental Gradients in Vegetation and Fauna Modeling: Theory and Practice in Australia and New Zealand pp. 73-82 **in** Scott, M.J. *et al.* eds. *Predicting Species Occurrences. Issues of Accuracy and Scale*. Washington: Island Press.
- Barrett, G., Silcocks, A., Barry, S., Cunningham, R. and Poulter, R. 2003. *The New Atlas of Australian Birds*. Melbourne:, Australia, CSIRO Publishing. <http://birdsaustralia.com.au/atlas/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E. and Pyle, R. 2000. Quantifying Biodiversity: Experience with Parataxonomists and Digital Photography in Papua New Guinea and Guyana. *BioScience* 50(10): 899-908.
- Basson, M., Gordon, J.D.M., Large, P., Lorange, P., Pope, J and Rackham, B. 2002. The effects of fishing on deep-water fish species to the west of Britain. *JNCC Report No 324*, 150 pp.
- Bauer, F., Stearn, W.T. and Blunt, W. 1976. *Australian Flower Paintings of Ferdinand Bauer* London: Basilisk Press
- Belbin, L. 1993. Environmental representativeness, regional partitioning and reserve selection. *Biological Conservation* 66: 223-230.
- Belbin, L. 1994. *PATN: Pattern analysis package technical reference*. Canberra: CSIRO Division of Wildlife and Ecology.
- Benkendorff, K. 1999. *Bioactive molluscan resources and their conservation: Biological and chemical studies on the egg masses of marine molluscs*. Thesis, University of Wollongong
<http://www.library.uow.edu.au/adt-NWU/public/adt-NWU20011204.154039/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Berenbaum, M.R. and Zangerl, A.R. 1998. Chemical phenotype matching between a plant and its insect herbivore. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95, 13743-13748.
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=24890> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Berners-Lee, T. 1999. *Weaving the Web*. San Francisco, CA: Harper.

- Bickford, S.A., Laffan, S.W., de Kok, P.J. and Orthia, L.A. 2004. Spatial analysis of taxonomic and genetic patterns and their potential for understanding evolutionary histories. *J. Biogeogr.* 31: 1-23.
- BioCASE. 2003. *Biological Collection Access Service for Europe*. <http://www.biocase.org> [Accessed 12 Apr. 2005].
- Birds Australia. 2003. *Integrating Biodiversity into Regional Planning – The Wimmera Catchment Management Authority Pilot Project*. Canberra: Environment Australia. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/wimmera/methods.html>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Blakers, M., Davies, S.J.J.F. and Reilly, P.N. 1984. *The Atlas of Australian Birds*. Melbourne: Melbourne University Press.
- Booth, T.H. 1996. Matching Trees and Sites. Proceedings of an international workshop held in Bangkok, Thailand, 27-30 March 1995, *ACIAR Proceedings* No. 63.
- Boston, T and Stockwell, D. 1995. Interactive species distribution reporting, mapping and modelling using the World Wide Web. *Computer Networks and ISDN Systems* 28: 239-245.
- Bourque, D., Miron, G. and Landry, T. 2002. Predator-prey relationships between the nemertean *Cerebratulus lacteus* and the soft-shell clam, *Mya arenaria*: surface-exploration activity and qualitative observations on feeding behaviour. *Can. J. Zool.* 80(7): 1204-1211. [Accessed 19 Aug. 2004].
- Braby, M. 2000. *Butterflies of Australia. Their Identification, Biology and Distribution*. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Breiman L. 1984. *Classification and regression trees*. Pacific Grove, CA: Wadsworth.
- Brooks, D.R. 2002. *Database for Inventory of Eukaryotic Parasites of Vertebrates of the Area de conservación Guanacaste, Costa Rica*. http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/FMPro?-DB=CONTENT.fp5&-Format=intro.html&-Lay=Layout_1&-Error=err.html&content_id=1&-Find [Accessed 15 Apr. 2005].
- Brooks, D.R. and Hoberg, E.P. 2000. Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comp. Parasitol.* 68: 1-25
- Brooks, T. 2001. Toward a blueprint for conservation in Africa. *BioScience* 51(8): 613-624.
- Bryant V.M. and Mildenhall, D.C. 2004. Forensic Palynology: A New Way To Catch Crooks. *Crimes and Clues. The Art and Science of Criminal Investigations*. <http://www.crimeandclues.com/pollen.htm>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Burrage, D.D., Branstetter, S.G., Graham, G. and Wallace, R.K. 1997. Development and Implementation of Fisheries Bycatch Monitoring Programs in the Gulf of Mexico. *Miss. Agric. Forest. Exper. Sta. Information Bulletin* 324: 103 pp. <http://www.rsca.org/docs/ib324.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Burton, H. 2001. Annual population estimates of Southern Elephant Seals at Macquarie Island from censuses made annually on October 15th., *Australian Antarctic Data Centre - SnowWhite Metadata* <http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Busby, J.R. 1979. *Australian Biotaxonomic Information System. Introduction and Data Interchange Standards*. Canberra: Australian Biological Resources Study. 25pp.
- Busby, J.R. 1984. *Nothofagus cunninghamii* (Southern Beech) Vegetation in Australia. *Australian Flora and Fauna Series* No. 1. Canberra: Australian Biological Resources Study.
- Busby, J.R. 1991. BIOCLIM – a bioclimatic analysis and prediction system. pp. 4-68 in Margules, C.R. and Austin, M.P. (eds) *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and data Analysis*. Melbourne: CSIRO.
- Butchart, S.H.M., Stattersfield, A.J., Bennun, L.A., Shutes, S.M., Akçakaya, H.R., Baillie, J.E.M., Stuart, S.N., Hilton-Taylor, C. and Mace, G.M. 2004. Measuring global trends in the status of biodiversity: Red List Indices for birds. *PLoS Biol* 2 (12): e383. <http://biology.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document&doi=10.1371/journal.pbio.0020383>. [Accessed 14 Apr. 2005].

- Campbell, R.J. 1996. South American fruits deserving further attention. pp. 431-439. **in** Janick, J. (ed.) *Progress in new crops*. Arlington, VA: ASHS Press.
- Camino, A. 2002. An untapped potential for cooperation in science and technology for mountain conservation and sustainable development: the case of the Andes and the Himalayas *International Seminar on Mountains (ISM), Kathmandu, Nepal*.
<http://www.mtnforum.org/resources/library/camia02a.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Cannell, M.G.R., Grace, J. and Booth, A. 1989. Possible impacts of climatic warming on trees and forests in the UK: a review. *Forestry* 62: 337-364.
- Carpenter, G., Gillison, A.N. and Winter, J. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation* 2: 667-680.
- Catard, A.; Weimerskirch, H. 1998. Satellite tracking of petrels and albatrosses: from the tropics to Antarctica *Proceedings of the 22nd Ornithological Congress, Durban* 69(1-2): 152pp.
- CBD. 2004. *Alien Species*. Convention on Biological Diversity Secretariat.
<http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/alien/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- CHAH 2002. *AVH - Australian's Virtual Herbarium*. Australia: Council of Heads of Australian Herbaria. <http://www.chah.gov.au/avh/avh.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Chapman, A.D. 1999. Quality Control and Validation of Point-Sourced Environmental Resource Data pp. 409-418 **in** Lowell, K. and Jatón, A. eds. *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources*. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Chapman, A.D. 2005a. *Principles of Data Quality*. Report for Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.
- Chapman, A.D. 2005b. *Principles and Methods of Data Cleaning*. Report for Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen..
- Chapman, A.D. and Busby, J.R. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate and environmental monitoring 177-195 **in** Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Chapman, A.D. and Milne, D.J. 1998. *The Impact of Global Warming on the Distribution of Selected Australian Plant and Animal Species in relation to Soils and Vegetation*. Canberra: Environment Australia
- Chapman, A.D., Bennett, S., Bossard, K., Rosling, T., Tranter, J. and Kaye, P. 2001. Environment Protection and Biodiversity Conservation Act, 1999 – Information System. *Proceedings of the 17th Annual Meeting of the Taxonomic Databases Working Group, Sydney, Australia 9-11 November 2001*. Powerpoint: http://www.tdwg.org/2001meet/ArthurChapman_files/frame.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Chapman, A.D., Muñoz, M.E. de S. and Koch, I. (2005). Environmental Information: Placing Biodiversity Phenomena in an Ecological and Environmental Context, *Biodiversity Informatics* 2: 24-41.
- Clements, M.A. and Ellyard, R.K. 1979. The symbiotic germination of Australian terrestrial orchids. *Amer. Orchid Soc. Bull.* 48: 810-815.
- CNLBSC. 2003. *Closure of Cod Fisheries – Action Plan*. Canada/Newfoundland and Labrador Business Service Centre, Government of Newfoundland and Labradore.
http://www.cbbsc.org/nf/search/display.cfm?Code=6145&coll=NF_PROVBIS_E [Accessed 15 Apr. 2005].
- Coates, D. 1995. Inland capture fisheries and enhancement: status, constraints and prospects for food security. KC/FI/95/TECH/3. 82 p. *Contribution to the International Conference on the Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security, Kyoto, Japan, 4-9 December 1995*, organized by the Government of Japan, in collaboration with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Cohn, J.P. 1995. Connecting by computer to collections. *BioScience* 45(8): 518-521.

- Colwell, R.K. 2000. *EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Colwell, R.K. and Lees, D.C. 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *TREE* 15:70–76.
- CONABIO. 2002. *Red Mundial de Información sobre Biodiversidad*. Mexico City: Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html [Accessed 13 Apr. 2005].
- Conn, B.J. (ed.). 1996. *HISPID3. Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Version 3 (Draft 1.4). Sydney: Royal Botanic Gardens. <http://www.bgbm.org/TDWG/acc/hispid30draft.doc> [Accessed 12 Apr. 2005].
- Conn, B.J. (ed.). 2000. *HISPID4. Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Version 4 – Internet only version. Sydney: Royal Botanic Gardens. <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/Hispid4/> [Accessed 30 Jul. 2003].
- Coppack, T. and Both, C. 2003. Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. *Ardea* 90(3), special Issue: 367-378 <http://www.rug.nl/biologie/onderzoek/onderzoekgroepen/dierOecologie/publications/803Pdf.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005]
- Costanza, R., Norton, B. and Haskell, B. (eds). 1992. *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Island Press, Washington, D.C.
- Croft, J.R. (ed.). 1989. *HISPID – Herbarium Information Standards and Protocols for Interchange of Data*. Canberra: Australian National Botanic Gardens.
- CRIA. 2002. *speciesLink*. Campinas: Centro de Referência em Informação Ambiental. <http://splink.cria.org.br/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Crosbie, J.C. 1992. *Crosbie Announces First steps in Northern Cod Recovery Plan*. Press Release from Minister of Fisheries and Oceans, Canada. 1992. <http://www.stemnet.nf.ca/cod/announce.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Croxall, J.P., Briggs, D.R. and Prince, P.A. 1993. Movements and interactions of the Wandering Albatrosses: the roles of satellite tracking and direct observations *Sea Swallow* 42: 41-44
- Csuti, B., Polasky, S., Williams, P.H., Pressey, R.L., Camm, J.D., Kershaw, M., Kiester, A.R., Downs, B., Hamilton, R., Huso, M. and Sahr, K. 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80: 83-97.
- Cunningham, D., Walsh, K. and Anderson, E. 2001. *Potential for Seed Gum Production from Cassia brewsteri*. RIRDC Project No. UCQ-12A. Kingston, ACT: Rural Industries Research and Development Corporation. <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/UCQ-12A.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dallwitz, M.J. & T.A. Paine (1986). Users guide to the DELTA system. CSIRO Division of Entomology Report No. 13, pp. 3-6. *TDWG Standard*. (Periodic updates of this guide have been published.) <http://delta-intkey.com/>. [Accessed 14 Mar. 2005].
- Day, M.D. and Naser, S. 2000. Factors Influencing the Biological Control of *Lantana camara* in Australia and South Africa. *Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds* 4-14 July 1999. Montana, USA. <http://www.ppru.cornell.edu/weeds/Symposium/proceed/13pg897.pdf> [Accessed 18 Aug. 2004].
- Debach, P. 1974. Biological control by natural enemies. pp. 323. Vambridge: Cambridge University Press.
- DEH. 2000. *Environment Protection and Biodiversity Conservation (EPBC) Act 1999*. Canberra, Department of the Environment and Heritage. <http://www.deh.gov.au/epbc/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- DEH. 2004. *Threatened Ecological Communities*. Canberra: Department of the Environment and Heritage. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/threatened/communities/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Dexter, E.D., Chapman, A.D. and Busby, J.R. 1995. *The Impact of Global Warming on the Distribution of Threatened Vertebrates (ANZECC 1991)*. Report to Department of Environment Sport and Territories, Canberra. 163 pp
- Dimijian, G.G. 1999. Pathogens and parasites: insights from evolutionary biology. *BUMC Proceedings* 12: 175-187. http://www.baylorhealth.edu/proceedings/12_3/12_3_dimijian.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dove, C., Laybourne, R. Heacker-Skeans, M. 2003. Bird Identification. <http://wildlife.pr.erau.edu/BirdIdentification.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Duckworth, W.D., Genoways, H.H. and Rose, C.L. (1993). *Preserving Natural Science Collections: Chronicle of our Environment Heritage*. Washington, DC: National Institute for the Conservation of Cultural Property 140pp.
- Dunn, P.O. and Winkler, D.W. 1999. Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proc. R. Soc. London B. Biol. Sci.* 266(1437): 2487-2490 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?holding=npg&cmd=Retrieve&db=PubMed&listuids=10693819&dopt=Abstract> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Dynes, R.A. and Schlink, A.C. 2002. Livestock potential of Australian species of *Acacia*. *Conservation Science W. Aust.* 4(3): 117-124. <http://science.calm.wa.gov.au/cswajournal/4-3/117-124.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Edwards, J.L. 2004. Research and Societal Benefits of the Global Biodiversity Information Facility. *BioScience* 54(6): 485-486.
- Elkins, N., Reid, J. Brown, A. Robertson, D. and Smout, A.-M. 2003. The Fife Bird Atlas. Fife, UK. Fife Ornithological Atlas Group. http://www.the-soc.fsnet.co.uk/fife_bird_atlas.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Englander, C. and Hoehn, P. 2004. *Checklist of Online Vegetation and Plant Distribution Maps*. Berkeley, CA: University of Berkeley Library <http://www.lib.berkeley.edu/EART/vegmaps.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P. and Nicholls, A.O. 1996. *BioRap Volume 3: Tools for Assessing Biodiversity Priority Areas*. Canberra: The Australian BioRap Consortium.
- Faith, D.P. and Walker, P.A. 1996. Integrating conservation and development: effective trade-offs between biodiversity and cost in the selection of protected areas. *Biodiver. Conserv.* 5, 417-429.
- Faith, D.B. and Walker, P.A. 1997. Role of trade-offs in biodiversity conservation planning local management, regional planning and global conservation efforts. *Journal of Biosciences* 27(4): 393-407. <http://www.ias.ac.in/jbiosci/jul2002/393.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P., Walker, P.A., Ive, J., and Belbin, L. 1996. Integrating conservation and forestry production: Exploring trade-offs between biodiversity and production in regional land-use assessment. *Forest Ecology and Management* 85: 251-260.
- Faith, D.P., Walker, P.A., Margules, C.R., Stein, J. and Natera, G. 2001. Practical application of biodiversity surrogates and percentage targets for conservation in Papua New Guinea. *Pacific Conservation Biology* 6: 289-303 http://www.science.murdoch.edu.au/centres/others/pcb/toc/pcb_contents_v6.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Faith, D.P., Carter, G. Cassis, G. Ferrier, S. and Wilkie, L. 2003. Complementarity, biodiversity viability analysis, and policy-based algorithms for conservation. *Environmental Science and Policy* 6: 311-328. http://www.amonline.net.au/systematics/pdf/faith_esap.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Falush, D. plus 17 other authors. 2003. Traces of human migrations in *Helicobacter pylori* populations. *Science* 299: 1582-1585
- Feller, A.E. and Hedges, S.B. 1998. Molecular Evidence for the Early History of Living Amphibians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 9(3): 509-516. <http://evo.bio.psu.edu/hedgeslab/Publications/PDF-files/101.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Ferguson, N.M. and Anderson, R.M. 2002. Predicting evolutionary change in the influenza A virus. *Nat. Med.* 8(6): 562-3.
- Fjeldsa, J., Rahbek, C. 1997. Species richness and endemism in South American birds: Implications for the design of networks of nature reserves. pp. 466-482 in Laurence, W.L., Bierregaard, R. Jr., (eds) *Tropical Forest Remnants*. Chicago: Chicago University Press.
- Ferrier, S., Drielsma, M. Manion, G. and Watson, G. 2002. Extended statistical approaches to modelling spatial pattern in biodiversity in northeastern new South Wales. II. Community-level modelling. *Biodiversity and Conservation*. 11(12): 2309-2338.
- Fitzgerald, R.W. and Lees, B.G. 1992. The application of Neural Networks to the floristic classification of remote sensing and GIS data in complex terrain (I). *Proceedings 6th Australian Remote Sensing Conf., Wellington, N.Z.* V3; 2-10.
- Franke, J. 1999. *Costa Rica's National Parks and Preserves: a visitors guide*. Seattle, WA: The Mountaneers.
- Frith, C.B. and Beehler, B.M. 1998. *The Birds of Paradise*. Oxford, UK: Oxford University Press. 613pp.
- Gaston, K.J., Pressey, R.L. and Margules, C.R. 2002. Persistence and vulnerability: retaining biodiversity in the landscape and in protected areas. *J. Biosc.* (Suppl. 2) 27(4): 361-384.
- GBIF. 2004. *Data Portal*. Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility. <http://www.gbif.net/portal/index.jsp>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Gillison, A.N. 2001. *Does biodiversity play a significant role in ecosystem function?* in Alternatives to Slash and Burn (ASB) Global Partnership ,Proceedings of Workshop Bringing the Landscape into Focus ,Developing a Conceptual Framework and Identifying Methods for ASB Work at the Landscape Scale Chiang Mai, Thailand <http://www.asb.cgiar.org/docs/SLUM%5C05-Ecological%20functions%20of%20biodiversity%5C05-2%20Does%20biodiversity%20play%20a%20significant.ppt> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Gillison, A.N. and Carpenter, G. 1994. *A Generic Plant Functional Attribute Set and Grammar for Vegetation Description and Analysis*. Working Paper No. 3. Jakarta, Indonesia: CIFOR. http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/WPapers/WP-03n.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Glasby, C.J. and Fauchald, K. 2003. *PoLiKEY. An information system for polychaete families and higher taxa version 2*. Canberra: ABRs. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/abrs/online-resources/polikey/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Gómez-Pompa. 2004. The Role of Biodiversity Scientists in a Troubled World. *BioScience* 54(3):217-225.
- Goodchild, M.F., Rhind, D.W. and Maguire, D.J. 1991. Introduction pp. 3-7 In: Maguire D.J., Goodchild M.F. and Rhind D.W. (eds) *Geographical Information Systems* Vol. 1, Principals: Longman Scientific and Technical.
- Green, R.E. and Scharlemann, J.P.W. 2003. Egg and skin collections as a resource for long-term ecological studies. *Bull. British Ornithologists' Club*. 123A: 165-176 <http://www.boc-online.org/PDF/124GreenEggAndSkin.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Güntsch, A. 2004. The ENHSIN Pilot Network – Implementation issues. Freie Universität Berlin, Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem. <http://www.bgbm.org/BioDivInf/projects/ENHSIN/PilotImplementation.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Harle, K.J., Hiodgson, D.A. and Tyler, P.A. 1999. Palynological evidence for Holocene palaeoenvironments from the lower Gordon River valley, in the World Heritage Area of southwest Tasmania. *The Holocene* 9(2): 149-162.
- Hambly, H. and Angura, T.O. 1996. Grassroot Indicators for Desertification. Experience and Perspectives from Eastern and Southern Africa. 180pp.

- Härmä, A. 2003. Automatic identification of bird species based on sinusoidal modelling of syllables *IEEE Int. Conf. Acoust. Speech and Signal Processing (ICASSP'2003)*, Hong Kong. <http://www.acoustics.hut.fi/~sfagerlu/project/pubs/icassp03.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Harris, W. 1994. Preliminary investigation of the suitability of *Cordyline australis* (Asphodeliaceae) as a crop for fructose production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 22: 439-451.
- Hastie, T.J. and Tibshirani, R.J. 1990. *Generalized Additive Models*, New York: Chapman and Hall
- Hausler, N and Strasdas, W. 2003. *Training Manual for Community-based Tourism*. Zschortau, Germany: Capacity-Building International.
- Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. and deWaard. J.R. 2003. Biological Identifications through DNA barcodes. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270, 313-322.
- Higgins, D. and Taylor, W. 2000. *Bioinformatics: Sequence, Structure and Databanks – A Practical Approach*. Oxford University Press.
- Hijmans, R.J., Cameron, S., Para, J., Jones, P., Jarvis, A. and Richardson, K. (2004.). *Worldclim Version 1.2*. Berkeley, CA: Museum of Vertebrate Zoology. <http://biogeoberkeley.edu/worldclim/worldclim.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hindmarsh, R. 2003. *Natural Resource Management Plan for the Brockman River Catchment*. Perth: Water and Rivers Commission. http://portal.environment.wa.gov.au/pls/portal/docs/PAGE/DOE_ADMIN/TECH_REPORTS_R EPOSITORY/TAB1019581/WRM33.PDF [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hnatiuk, R.J. 1990. Census of Australian Vascular Plants. *Australian Flora and Fauna Series* No. 11. Canberra: Australian Biological resources Study.
- Hoberg, E.P. 2002. Foundations for an integrative parasitology: collections archives and biodiversity informatics. *Comparative Parasitology* 69(2): 124-131.
- Hoffmeister, A.R., Fitzgerald, C.C., Ribot, E., Mayer, L.W. and Popovic, T. 2002. Molecular Subtyping of *Bacillus anthracis* and the 2001 Bioterrorism-Associated Anthrax Outbreak, United States. *Emerging Infectious Diseases* 8(10): 1111-1116. <http://www.cdc.gov/ncidod/EID/vol8no10/02-0394.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Howden, M., Hughes, L., Dunlop, M. Zethoven, I., Hilbert, D. and Chilcott, C. 2003. *Climate change impacts on biodiversity in Australia*. Canberra: CSIRO Sustainable Ecosystems. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/greenhouse/index.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Hunt, K. 2001. Evolution and Mass Extinction in Freeman, S. and Herron, J.C. *Evolutionary Analysis*, 2nd edn. Prentice Hall.
- Iwu, M.M. 1996. Biodiversity prospecting in Nigeria: seeking equity and reciprocity in intellectual property rights through partnership arrangements and capacity building. *Journal of Ethnopharmacology* 51: 209-219.
- Janssen, D.L., Oosterhuis, J.E., Allen, J.L., Anderson, M.P., Kelts, D.G. and Wiemeyer, S.N. 1986. Lead poisoning in free-ranging California Condors. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 155: 1052-1056.
- Janzen, D.H. 1998. Gardenification of wildland nature and the human footprint. *Science* 279:1312-1313.
- Janzen, D.H. 2000. How to grow a wildland: the gardenification of nature pp. 521-529 in Raven, P.H. and Williams, T. (eds) *Nature and Human Society*. Washington, DC: National Academy Press.
- Janzen, D.H., Hallwachs, W., Jimenez, J., and Gamez R. 1993. The role of parataxonomists, inventory managers, and taxonomists in Costa Rica's national biodiversity inventory in Reid, V.W. et al. (eds). *Biodiversity Prospecting: Using Generic Resources for Sustainable Development*. Washington, DC: World Resources Institute.

- Kerry, K. 1999. *Satellite Tracking of Adelie Penguins Around Casey Station Antarctica*, Australian Antarctic Data Centre - SnoWhite Metadata <http://www.aad.gov.au/default.asp?casid=3802> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Khan, Z.R., Ampong-Nyarko, K., Chiliswa, P., Hassanali, A., Kimani, S., Lwande, W., Overholt, W.A., Pickett, J.A., Smart, L.E., Wadhams, L.J. and Woodcock, C.M. 1997. Intercropping increases parasitism of pests. *Nature* 388: 631-632.
- King, K.S. 1998. *Museum School Partnership*. Doctoral Dissertation Indiana University. <http://home.iag.net/~ksking/muslearn.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Koch, I. 2003. *Coletores de plantas brasileiras*. Campinas: Centro de Referência em Informação Ambiental. http://splink.cria.org.br/collectors_db [Accessed 15 Apr. 2005].
- Koehn, J. 2003. Riverine aquatic protected areas: protecting species, communities or ecosystem processes? *Australian Society for Fish Biology*. http://www.asfb.org.au/research/mp/jk_aq_prot_areas.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Komar, O., Robbins, M.B., Klenk, K., Blitvich, B.J., Marlenee, N.L., Burkhalter, K.L., Gubler, D.J., Gonzálvez, G., Peña, C.J., Peterson, A.T. and Komar, N. 2003. West Nile Virus Transmission in Resident Birds, Dominican Republic. *Emerging Infectious Diseases* 9(10): 1299-1302. http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Ketal_EID_2003.pdf [Accessed 13 Apr. 2005].
- Krishtalka, L. and Humphrey, P.S. 2000. Can Natural History Museums Capture the Future. *BioScience* 50(7): 611-617.
- Kristula, D. 2001. *The History of the Internet*. <http://www.davesite.com/webstation/net-history.shtml> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Lane, M.A., Anderson, L.C., Barkley, T.M., Bock, J.H., Gifford, E.M., Hall, D.W., Norris, D.O., Rost, T.L. and Stern, W.L. 1990. Forensic Botany: Plants, perpetrators, pests, poisons and pot. *BioScience* 40: 34-39.
- Lee, J. 1997. *Floral Gems Coming to D.C.: Flower Power Saves South African Ecosystems*. USDA Agricultural Research Service News and Events <http://www.ars.usda.gov/is/pr/1997/971010.2.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S. and Watt, A.D. 1998. Biodiversity indicators, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76 <http://invertebrates.ifas.ufl.edu/LawtonEtal.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lindenmayer, D.B. and Possingham, H.P. 1995. Modelling the impacts of wildfire on the metapopulation behaviour of the Australian arboreal marsupial, Leadbeater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri*. *Forest Ecology and Management* 74:197-222
- Lindenmayer, D.B. and Possingham, H.P. 2001. *The risk of extinction: ranking management options for Leadbeater's Possum using population viability analysis*. Canberra: CRES, Australian National University 204 pp.
- Lindenmayer, D.B. and Taylor, M. 2001. *The Leadbeater's Possum Page*. Canberra: Australian National University <http://increas.anu.edu.au/possum/possum.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lister, P.R., Holford, P., Haigh, T. and Morrison, D.A. 1996. *Acacia* in Australia: Ethnobotany and potential food crop. p. 228-236 in Janick, J. (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/v3-228.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Litman, T. 1995. Land use impact costs of transportation. *World Transport Policy and Practice* 1(4): 9-16. http://www.agenda21.ee/english/transport/landuse_costs_extern.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lourie, S.A., Pritchard, J.C., Casey, S.P., Truong, S.K., Hall, H.J. and Vincent, C.J. 1999. The taxonomy of Vietnam's exploited seahorses (family Syngnathidae). *Biological J. Linn. Soc.* 66:

- 231-256. http://seahorse.fisheries.ubc.ca/pubs/Lourie_etal_vietnam.pdf [Accessed 13 Apr. 2005].
- Longmore, R. (ed.) (1986). Atlas of Elapid Snakes of Australia. *Australian Flora and Fauna Series* No. 7. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Lu, B.-R. 2004. Gene Flow from Cultivated Rice: Ecological Consequences. *IBS News Report* <http://www.isb.vt.edu/articles/may0402.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Lundmark, C. 2003. BioBlitz: Getting into Backyard Biodiversity. *BioScience* 53(4): 329.
- Lyne, A.M. 1993. *Leptospermum namadgiensis* (Myrtaceae), a new species from the Australian Capital Territory – New South Wales border area. *Telopea* 5(2): 319-324. <http://www.anbg.gov.au/projects/leptospermum/leptospermum-namadgiensis.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Mackinnon, J. and De Wulf, R. 1994. Designing protected areas for giant pandas in China 127-142 **in** Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Majer, J., Shattuck, S.O., Anderson A.N. and Beattie, A.J. 2004. Australian ant research: fabulous fauna, functional groups, pharmaceuticals, and the Fatherhood. *Australian Journal of Entomology* 43(3): 235
- MaNIS. 2001. *The Mammal Networked Information System*. <http://manisnet.org/manis> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Margules, C.R. and Pressey, R.L. 2000. Systematic Conservation Planning. *Nature* **405**: 243-253.
- Margules, C.R., and Redhead, T.D. 1995. *BioRap: guidelines for using the biorap methodology and tools*. Canberra: CSIRO. 70pp.
- Margules, C.R., Nicholls, A.R. and Pressey, R.L. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biodiversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- Margules, C.R., Pressey, R.L. and Williams, P.H. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Biosci.* 27(4): 309-326.
- Marshall, T.C., Sunnocks, P., Spalton, J.A., Greth, A. and Pemberton, J.M. 1999. Use of genetic data for conservation management: the case of the Arabian oryx. *Animal Conservation* 2: 269-278. <http://www.latrobe.edu.au/genetics/staff/sunnucks/homepage/papers/AnimalCons/Marshalletal98.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- McKenzie, G.M. and Busby, J.R. 1992. A quantitative estimate of Holocene climate using a bioclimatic profile of *Nothofagus cunninghamii* (Hook.) Oerst. *Journal of Biogeography* 19: 531-540.
- McKenzie, N.L. and Burbidge, A.L. 2002. *Australian Mammal Audit*. A Component of the National Land and Water Resources Biodiversity Audit.
- McPherson, E.G. 2003. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U.S. *Journal of Arboriculture* 29(1): 1-8
- Meisenheimer, P. 1998. *What is the Problem with Cod?* Guelph, ON: International Marine Mammal Association. 1998. <http://www.imma.org/codvideo/whatproblemcod.html> [Accessed: 15 Apr. 2005].
- Michelmore, F. 1994. Keeping elephants on the map: Case studies of the application of GIS for conservation pp. 107-123 **in** Miller, R.I. (ed.). *Mapping the Diversity of Nature*. London: Chapman and Hall.
- Miller, S.E. 1991. Entomological collections in the United States and Canada: current status and growing needs. *American Entomologist* **37**(2): 77-84.
- Miller, S.E. and Rogo, L.M. 2001. Challenges and opportunities in understanding and utilisation of African species diversity. *Cimbebasia* 17: 197-218.
- Mills, J.N. and Childs, J.E. 1998. Ecologic Studies of Rodent Reservoirs: Their Relevance for Human Health. *Emerging Infectious Diseases* 4(4): 529-537. <http://www.cdc.gov/ncidod/eid/vol4no4/mills.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Mittermeier, R.A., Myers, N. and Mittermeier, C.G. 2000. *Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. 430 pp. Chicago, IL:University of Chicago Press
- Monteiro, L.R. and Furness, R.W. 1998. Accelerated increase in mercury contamination in North Atlantic mesopelagic food chains as indicated by time series of seabird feathers. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(12): 2489-2493.
- Munro, R.K. and Williams, R.T. (eds). 1994. *Rabbit Haemorrhagic Disease: Issues for Biological Control*. Canberra: Bureau of Resource Sciences.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Kent, J. and Fonseca, G.A.B. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Narosky, T. and Yzurieta, D. 2003. *Birds of Argentina and Uruguay. A Field Guide* 15th edn. Argentina: Vazquez Mazzini Editores.
- Nash, S. 2001. New Tools, Moon Tigers, and the Extinction Crisis. *BioScience* 51(9) 6.
- Nassar, N.M.A. 2003. Gene flow between cassava, *Manihot esculenta* Crantz, and wild relatives. *Genet. Mol. Res.* 2(4): 334-347.
http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2003/vol4-2/gmr0047_full_text.htm [Accessed 15 Apr. 2005].
- Navarro-Sigüenza, A.G., Peterson, A.T. and Godillo-Martínez. 2003. Museums working together: The atlas of the birds of Mexico. *Bull. British Ornithologists' Club* 123A: 207-225
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/NPG_BBOC_2003.pdf. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Negrin, R.E.S., Moro, F.F., Alonso, G., Fernández, J.M.G. and Rodriguez, N.M.U. (eds). 2003. *Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificacion y la Sequia en la Republica de Cuba*. Havana, Cuba: Ministerio de Ciencia, Tecnologia y Medio Ambiente.
<http://www.unccd.int/actionprogrammes/lac/national/2003/cuba-spa.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Neldner, V.J., Crossley, D.C. and Cofinas, M. 1995. Using Geographic Information Systems (GIS) to Determine the Adequacy of Sampling in Vegetation Surveys. *Biological Conservation* 73: 1-17
- Newton-Fisher, N.E. 1999. The diet of chimpanzees in the Budongo Forest reserve, Uganda. *Afr. J. Ecol.* 37: 344-354 http://www.budongo.org/nen1000/reprints/NewtonFisher_1999_diet.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Nghia, N.H. and Kha, L.D. 1996. Acacia species and provenance selection for large-scale planting in Vietnam. *Proceedings of 1996 QFRI – IUFRO Conference, Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry*, Caloundra, Queensland.
<http://www.forests.qld.gov.au/resadv/research/qfriconf/qfri6.htm> [Abstract accessed 15 Apr. 2005].
- Nicholls, N. 1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. *Nature* **387**: 484-485.
- Nicholls, O.W., Provan, D.J.M., Cole, M.M. and Tooms, J.S. 1965. Geobotany and geochemistry in mineral exploration in the Dugald River Area, Cloncurry District, Australia. *Trans. Inst. Mining and Metallurgy* 74: 695-799.
- NISO. 2002. *Z39.50 Resource Page*. Bethesda, MD: National Information Standards Organization.
<http://www.niso.org/z39.50/z3950.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Nix, H.A. 1986. A biogeographic analysis of Australian elapid snakes in Longmore, R.C. (ed). *Atlas of Australian elapid snakes. Australian Flora and Fauna Series No. 7*: 4-15. Canberra: Australian Government Publishing Service.
- Nix, H.A. and Switzer, M. (eds). 1991. *Rainforest Animals: Atlas of Vertebrates Endemic to Australia's Wet Tropics. Kowari 1* Canberra: Australian National Parks and Wildlife Service.

- Nix, H.A.; Faith, D.P.; Hutchinson, M.F.; et al. 2000. *The BioRap Toolbox: A National Study of Diversity Assessment and Planning for Papua New Guinea*. Canberra: CRES, Australian National University.
- Norris, D.O. and Bock, J.H. 2001. Method for examination of fecal material from a crime scene using plant fragments. *Journal of Forensic Investigation* 51: 367-377.
- NRC. 2003. *Countering Agricultural Bioterrorism*. National Research Council (NRC). Washington, DC: National Academy Press.
- NSW National Parks and Wildlife Service. 2003. *Draft NSW and National Recovery Plan for the Tarengo Leek Orchid (Prasophyllum petilum)* Hurstville, NSW: NSW National Park and Wildlife Service.
- Ntiama-Baidu, Y. 1997. Wildlife and food security in Africa. *FAO Conservation Gude* 33. <http://www.fao.org/docrep/W7540E/w7540e00.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Odhiambo, T.R. 1977. Entomology and the problems of the tropical world (pp. 52-59) **in** *Proceedings of the XV International Congress of Entomology*. College Park, Maryland: Entomological Society of America. 824 pp.
- OECD. 1999. *Final Report of the Megascience Forum Working Group on Biological Informatics*. Paris: OECD.
- Olesen, J.E. 2001. Climate Change and Agriculture in Denmark **in** Jørgensen, A.M.K.; Fenger, J.; Halsnæs, K. (eds), *Danish contributions*. Copenhagen: Danish Meteorological Institute pp. 191-206 <http://glwww.dmi.dk/f+u/publikation/dkc-publ/klimabog/CCR-chap-12.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Oliver, I., Pik, A., Britton, D., Dangerfield, M.J., Colwell, R.K. and Beattie, A.J. 2000. Virtual Biodiversity Assessment Systems. *BioScience* 50(5): 441-450.
- Omasa, K., Saji, H., Youssefian, S. and Kondo, N. 2002. *Air Pollution and Plant Biotechnology – Prospects for Phytomonitoring and Phytoremediation*. Springer Verlag 455 pp.
- Page, L., Funk, V., Jeffords, M., Lipscomb, D., Mares, M. and Prather, A. (eds). 2004. Workshop to Produce a Decadal Vision for Taxonomy and Natural History Collections. *Report to the U.S. National Science Foundation Biodiversity Surveys and Inventories Program*. http://www.flmnh.ufl.edu/taxonomy_workshop/NSF_Workshop_Report_3-08-04.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Panetta, F.D. and Mitchell, N.D. 1991. Bioclimatic prediction of the potential distribution of some weeds prohibited entry to New Zealand *N.Z. J. Agric. Res.* **34**: 341-350.
- Parmesan, C., Rurholm, N., Stefanescu, C., Hill, J.K., Thomas, C.D., Descimon, H., Huntley, B., Kaila, L., Kullberg, J., Tamaru, T., Tennent, W.J., Thomas, J.A. and Warren, M. 1999. Poleward shift of butterfly species' ranges associated with regional warming. *Nature* 399: 579-583 http://www.biosci.utexas.edu/IB/faculty/parmesan/pubs/Parm_Ntr_99.pdf [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pereira, R.S. 2002. *Desktop Garp*. Lawrence, Kansas: University of Kansas Center for Research. <http://beta.lifemapper.org/desktopgarp/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pergams, O.R.W. and Nyberg, D. 2001. Museum collections of mammals corroborate the exceptional decline of prairie habitat in the Chicago region. *Journal of Mammalogy* 82(4): 984-992 <http://home.comcast.net/~oliver.pergams/ratio.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Perkins L. and Swayne, D. 2002. Susceptibility of Laughing Gulls (*Larus atricilla*) to a H5n1 and a H5n3 Highly Pathogenic Avian Influenza Virus. *Avian Diseases* 46(4): 877-885.
- Perring, F.H. and Walters, S.M. eds. 1962. *Atlas of the British Flora*, London: Nelson - for Botanical Society of the British Isles
- Peters, D. and Thackway, R. 1998. *A New Biogeographic Regionalisation for Tasmania*. Hobart: Parks and Wildlife Service <http://www.gisparks.tas.gov.au/dp/newibra/Title&Background.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Peterson, A.T. 2003. Predicting the Biogeography of species Invasions via Ecological Niche Modeling. *Quarterly Rev. Biol.* 78(4): 419-433.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/P_QRB_2003.pdf
 [Accessed 13 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Navarro-Sigüenza, A.G. and Benitez-Diaz, H. 1998. The need for continued scientific collecting: A geographic analysis of Mexican bird specimens. *Ibis*, 140:288-294.
- Peterson, A.T., and Vieglais, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience* 51: 363-371
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PV_B_2001.pdf. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Ortega-Huerta, M.A., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R.H. and Stockwell, D.R.B. 2002a. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/Petal_N_2002.pdf.
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Ball, L.G. and Cohoon, K.P. 2002b. Predicting distributions of Mexican birds using niche modelling methods. *Ibis* 144: e27-e32.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/NPG_BBOC_2003.pdf
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Scachetti-Pereira, R. and Kluza, D.A. 2003a. Assessment of Invasive Potential of *Homalodisca coagulata* in Western North America and South America. *Biota Neotropica* 3(1).
<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n1/en/download?article+BN00703012003+item>
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Vieglais, D.A. and Andreasen, J.. 2003b. Migratory birds as critical transport vectors for West Nile Virus in North America. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, 3:39-50.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PVA_VBZD_2003.pdf
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Peterson, A.T., Scachetti-Pereira, R. and Hargrove, W.W. 2004. Potential geographic distribution of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in North America. *American Midland Naturalist* 151: 170-178.
http://www.specifysoftware.org/Informatics/bios/biostownpeterson/PSH_AMN_2004.pdf
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pettitt, C. 1991. What Price Natural History Collections, or 'Why de we need all these bloody mice?' *Mus. Journal* 91(8): 25-28. <http://fenscore.man.ac.uk/Uses/cwpmusjpap.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pimentel, D. (ed.). 2002. *Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal, and Microbe Species*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zunigar, R.; and Morrison, D. 1999. *Environmental and Economic Costs Associated with non-Indigenous Species in the United States*. Ithaca, NY: College of Agricultural and Life Sciences, Cornell University. 1999.
http://www.news.cornell.edu/releases/Jan99/species_costs.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zunigar, R.; and Morrison, D. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50(1): 53-65.
- Platt, T.R. 2000. *Neopolystoma fentoni* n. sp. (Monogenea: Polystomatidae) a parasite of the conjunctival sac of freshwater turtles in Costa Rica. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 95: 833-837. <http://brooksweb.zoo.utoronto.ca/pdf/Neopolystoma%20fentoni.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Pouliquen-Young, O. and Newman, P. (1999). *The Implications of Climate Change for Land-Based Nature Conservation Strategies*. Final Report 96/1306, Australian Greenhouse Office,

- Environment Australia, Canberra, and Institute for Sustainability and Technology Policy, Murdoch University, Perth, Australia, 91 pp.
- Pujari, G.N. and Shrivastava, J.P. 2001. High bioassay values in *Terminalia alata* leaves: indication of Cu mineralisation in Malanjkhand Granitoid, Central India. *Chemical Speciation and Bioavailability* 13(4): 97-111.
- Purvis, A., Gittleman, J.L., Cowlishaw, G. and Mace G.M. 2000. Predicting extinction risk in declining species. *Proc. Roy. Soc. Lond. B* 267: 1947-1952.
- Queensland Museum. 2004. *Saving Lives: Queensland Museum Collections*.
<http://www.qmuseum.qld.gov.au/features/snakes/saving.asp> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Raina, S.K. (ed). 2000. *The economics of apiculture and sericulture modules for income generation in Africa*. Nairobi: ICIPE Science Press. 86 pp.
- Ratcliffe, D.A. 1967. Decrease in eggshell weight in certain birds of prey. *Nature*. 215: 208-210.
- Raxworthy, C.J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R.A., Schneider, G.E., Otregal-Huerta, M.A. and Peterson, A.T. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*. 426: 837-841.
- Redhead, T., Mummery, J. and Kenchington, R. (eds). 1994. *Options for a National Program on Long-Term Monitoring of Australian Biodiversity*. Canberra: CSIRO & Department of Environment, Sport and Territories.
- Ridgely, R.S. and Gwynne, J.A. 1989. *A Guide to the Birds of Panama* 2nd edn. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Rivas, M., Warner, J., Bermúdez, M. 1998. Presencia de micorrizas en orquídeas un jardín botánico neotropical *Rev. biol. Trop.* 46(2):
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441998000200004&script=sci_arttext&lng=es
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Robinson, T.P., Rogers, D.J. and Williams, B.G. 1997. Mapping tsetse habitat suitability in the common fly belt of southern Africa using multivariate analysis of climate and remotely sensed vegetation data. *Medical and Veterinary Entomology* 11, 235-245.
- Rodgers, J. A. 1990. Breeding chronology and clutch information for the wood stork from museum collections. *J. Field Orn.* 61: 47-53.
- Schell, D. 2000. Declining carrying capacity in the Bering Sea: Isotopic evidence from whale baleen. *Limnology and Oceanography* 43: 459-462.
- Schmitt, C.J. and Bunck, C.M. 1995. *Persistent Environmental Contaminants in Fish and Wildlife*. USGS. <http://biology.usgs.gov/s+t/noframe/u208.htm> [Accessed 14 Aug. 2004].
- Sekhran, N. and Miller, S. 1995. *Papua New Guinea Country Study on Biological Diversity*. Port Moresby: Department of Environment and Conservation.
- Shalk, P.H. and Heijman, P. 1996. ETI's Taxonomic *Linnaeus II* Software. A New Tool for Interactive Education. *Uniserve-Science News* 3:
<http://science.uniserve.edu.au/newsletter/vol3/schalk.html> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Shapiro, B. and Cooper, A. 2003. Beringia as an Ice Age genetic museum. *Quaternary Research* 59: 94-100.
- Shiembo, P.N. 2002. The sustainability of Eru (*Gnetum africanum* and *Gnetum buchholzianum*) an exploited non-wood forest production from the forests of Central Africa in *RATTAN Current research Issues and Prospects for Conservation and Development*. FAO.
<http://www.fao.org/docrep/X2161E/x2161e06.htm>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Schulze, R., Meigh, J. and Horan, M. 2001. Present and potential future vulnerability of eastern and southern Africa's hydrology and water resources. *South African Journal of Science* 97: 150-160.
- Short, P.S. (ed.). 1990. *History of systematic botany in Australia*. Proceedings of a symposium held at the University of Melbourne 25-27 May 1988. South Yarra, Vic.: Australian Systematic Botany Society. 326 pp.

- Siddall, M.E. 1997. The AID Pandemic is New, but is HIV **Not** New? *Cladistics* 13: 266-273.
<http://research.amnh.org/~siddall/HIV.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Siqueira, M.F. de, and Peterson, A.T. 2003. Global climate change consequences for cerrado tree species. *Biota Neotropica*, 3(2):
<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/en/download?article+BN00803022003+item> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Soberón, J. 2004. *The National Biodiversity Information System of Mexico*
http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=/power_point/presentations_assembly/4_soberon_pps/
 [Accessed 23 Aug 2004].
- Soberón, J., Golubov, J. and Sarakhán, J. 2000. Predicting the Effects of *Cactoblastis cactorum* Berg on the *Platyopuntia* of Mexico: A Model on the Route of Invasion pp. 95-97 **in** *Assessment and Management of Alien Species that Threaten Ecosystems, Habitats and Species*. CBD Technical Series No. 1. Montreal, Canada: Convention on Biological Diversity. . Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (17 Mb) <http://www.biodiv.org/doc/publications/cbd-ts-01.pdf>
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Soberón, J., Golubov, J. and Sarakhán, J. 2001. The Importance of *Opuntia* in Mexico and Routes of Invasion and impact of *Cactoblastus cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* 84(4): 486-492.
- Soberón, J. Huerta-Ocampo, E., Arriaga-Cabrera, L. 2002. The Use of Biological Databases to Assess the Risk of Gene Flow: The Case of Mexico in *LMOS and the Environment*, OECD.
<http://www.oecd.org/dataoecd/40/56/31526579.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Sondström, O., Larsson, Å., Andersson, J., Appelberg, M., Bignert, A., Ek, H., Förlin, L. and Olsson, M. 2004. *Integrated fish monitoring in Sweden*. Helsinki: Helcom Monas Coastal Fish Monitoring
[http://www.helcom.fi/dps/docs/documents/Monitoring%20and%20Assessment%20Group%20\(MONAS\)/MONAS%20Coastal%20Fish%20Monitoring%201.%202004/3-4.pdf](http://www.helcom.fi/dps/docs/documents/Monitoring%20and%20Assessment%20Group%20(MONAS)/MONAS%20Coastal%20Fish%20Monitoring%201.%202004/3-4.pdf) [Accessed 15 Apr. 2005].
- Sonnekus, I.P. and Breytenbach, G.J. 2001. Conservation business: sustaining Africa's future. *Koedoe* 44: 105-123.
- SourceForge. 2004. *Distributed Generic Information Retrieval (DiGIR)*.
<http://digir.sourceforge.net/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Southwell, C., Meyer, L. 2003. The utility of satellite remote sensing for identifying the location and size of penguin breeding sites in Antarctica: a review of previous work and specifications of some current satellite sensors. *CCAMLR Scientific Abstracts*. WG-EMM-03/51 19
http://cs-db.aad.gov.au/proms/public/report_public.cfm?project_no=2205 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Stace, P. 1995. Winbreak trees for exonomic biodiversity: a habitat for pests, predators and crop pollinators *ACOTANC – 95. The Sixth Conference of the Australian Council on Tree and Nut Species, Lismore, Australia* <http://www.newcrops.uq.edu.au/acotanc/papers/stace.htm>
 [Accessed 15 Apr. 2005].
- Stadler, J., Mungai, G. and Brandl, R. 1998. Weed invasion in East Africa: insights from herbarium records. *African Journal of Ecology* 36: 15-22.
- Stadler, M. and Hellwig, V. 2005. PCR-based Data and Secondary Metabolites as Chemotaxonomic Markers in High-Throughput Screening for Bioactive Compounds from Fungi. In *Handbook of Industrial Mycology* (Z. An, ed.) New York: Marcel Dekker. 269pp.
- Stattersfield, A.J, Crosby, M.J., Long, A.J. and Wege, D.C. 1998. *Endemic bird areas of the world: priorities for biodiversity conservation*. Birdlife International.
- Stockwell, D. and Peters, D. 1999. "The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction." *International Journal of Geographical Information Science* 13(2): 143-158.

- Strasdas, W. 2002. *The Ecotourism Training Manual for Protected Area Managers*. Zschortau, Germany: German Foundation for International Development.
- Suarez, A.V., Holway, D.A. and Case, T.J. 2001. Patterns and spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: Insights from Argentine ants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 1095-1100.
- Suarez, A.V. and Tsutsui, N.D. 2004. The Value of Museum Collections for Research and Society. *BioScience* 54(1): 66-74.
- Swaney, D. 1999. *Zimbabwe, Botswana & Namibia. Third edition*. Hawthorn, Australia : Lonely Planet. 817 pp
- Taylor, J.E., Yunez-Naude, A., Dyer, G.A., Stewart, M. and Ardila, S. 2002. *The Economics of "Eco Tourism:" A Galapagos Island Economy-wide Perspective*. University of California, Davis. http://www.reap.ucdavis.edu/working_papers/jet-galapagos.pdf [15 Apr. 2005].
- TDWG 2004. ABCD Schema – Task Group on Access to Biological Collection Data. <http://bgbm3.bgbm.fu-berlin.de/TDWG/CODATA/default.htm> [Accessed 13 Apr. 2005].
- Thackway, R. and Cresswell, I. (eds). 1995. *An Interim Biogeographic Regionalisation for Australia: A Framework for Setting Priorities in the National Reserves System Cooperative Program*. (Version 4.0) Canberra: Australian Nature Conservation Agency. <http://www.ea.gov.au/parks/nrs/ibra/version4-0/index.html>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- Thomas, C.D., Cameron, A., Gree, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L. and Williams, S.E. 2004. *Nature* 427: 145-148.
- Thompson, D.R., Furness, R.W. and Monteiro, L.R. 1998. Seabirds as biomonitors of mercury inputs to epipelagic and mesopelagic marine food chains. *Science of the Total Environment* 213: 299-305.
- Torto, B. & Hassanali, A. 1997. Progress in the search for anti-arthropod botanicals. *Recent Research Developments in Phytochemistry* 1: 475-488.
- Tsontos, V.M. and Kiefer, D.A. 2000. Development of a dynamic biogeographic information system for the Gulf of Maine. *Oceanography* 13(3): 25-30. <http://iobis.org/Plone/about/2000Tson.pdf>. [Accessed 15 Apr. 2005].
- University of Queensland. 2004. *Welcome to Lucidcentral*. Centre for Biological Information Technology, University of Queensland. <http://www.lucidcentral.org/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- UTU-Biota. 2004. *GBIF Demonstration project 2003*. Biota BD Ltd and University of Turku. <http://gbifdemo.utu.fi/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vallance, T.G., Moore, D.T. and Froves, E.W. 2001. *Nature's Investigator: The Diary of Robert Brown in Australia 1801-1805*. Canberra: ABRs.
- van Staden, V., Erasmus, B.F.N., Wingfield, M.J. and van Jaarsveld, A.S. 2004. Modelling the spatial distribution of two important South African plantation forestry pathogens. *Forest Ecology and Management* 187(1): 61-73.
- Ved, D.K. 1998. Regulating export of endangered medicinal plant species – Need for scientific rigour *Current Science* 75(4): 341-343 <http://www.ias.ac.in/currsci/aug/articles8.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vieglais, D. 1999. The Species Analyst. Integrating Disparate Biodiversity Resources using Information Retrieval Standards (Z39.50). Powerpoint presentation. <http://www.tdwg.org/daveTDWG.htm> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Vieglais, D. 2003a. *Species Analyst Revision 1.6*. Lawrence, KA: University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center. <http://speciesanalyst.net/> [Accessed 15 Apr. 2005].

- Vieglais, D. 2003b. *The Darwin Core. Revision 1.5*. Lawrence, KA: University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center. <http://speciesanalyst.net/docs/dwc/> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Wake, D.B. 2004. *Biodiversity Informatics Approaches to Taxon-Based Studies – The Amphibia as an Exemplar*. Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (10 Mb). http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=/power_point/presentations_assembly/6_wake_pps/ EN_1.0_&a=d [Accessed 16 Aug. 2004].
- Wannenburgh, A. and Mabena, S. 2002. National Indigenous Forest Inventory. *National Forests and Woodlands Symposia III*. Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry. <http://www.dwaf.gov.za/Forestry/FTIS/symp2002/inventory.doc> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Warman, L.D., Sinclair, A.R.E., Scudder, G.G.E., Klinkenberg, B. and Pressey, R.L. 2004. Sensitivity of Systematic Reserve Selection to Decisions about Scale, Biological Data, and Targets: Case Study from Southern British Columbia. *Conservation Biology* 18(3): 655-666.
- Wassenaar, L. and Hobson, K. 1998. Natal Origins of Migratory Monarch Butterflies at Wintering Colonies in Mexico: New Isotopic Evidence. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95: 15436-15439.
- Watson, J.P. 1974. Termites in relation to soil formation, groundwater, and geochemical prospecting. *Soils and Fertilizers* 37: 111-114.
- Weiss, C. and Eisner, T. 1998. Partnerships for value-added through bioprospecting. *Technology in Society* 20: 481-498.
- Wells, F., Metzeling, L. and Newall, P. 2002. Macroinvertebrate Regionalisation for use in the Management of Aquatic Ecosystems in Victoria, Australia. *Environmental Monitoring and Assessment* 74(3): 271-294.
- West, J.G. and Whitbread, G.H. 2004. *Australian Botanical Informatics serving Science and Society*. Copenhagen: GBIF. Powerpoint presentation (14 Mb) http://circa.gbif.net/Public/irc/gbif/pr/library?l=/power_point/presentations_assembly/5_west_pps/ EN_1.0_&a=d [Accessed 16 Aug. 2004].
- Wheeler, Q.D., Raven, P.H. and Wilson, E.O. 2004. Taxonomy: Impediment or expedient? *Science* 303: 285.
- Williams, P., Gibbons, Margules, D., Rebelo, C., Humphries, A. and Pressey, R. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots and complementary areas for conservation diversity using British birds. *Conservation Biology* 10: 155-174.
- Wiltshire, P.E.J. 2001. *Environmental Profiling and Forensic Palynology. Background and potential value to the criminal investigator* British Association for Human Identification. http://www.bahid.org/docs/NCF_Env%20Prof.html [Accessed 15 Apr. 2005].
- Winker, K. 2004. Natural History Museums in a Postbiodiversity Era. *BioScience* 54(5): 455-459.
- World Resources. 1992. [Global Biodiversity Strategy: Guidelines for action to save, study and use Earth's biotic wealth sustainably and equitably](http://www.wri.org/pubs_content.cfm?PubID=2550). WRI, IUCN, UNEP, FAO, UNESCO. http://biodiv.wri.org/pubs_content.cfm?PubID=2550 [Accessed 13 Apr. 2005].
- Zak, D.R., Holmes, W.E., White, D.C., Peacock, A.D. and Tilman, D. 2003. Plant Diversity, Soil Microbial Communities, and Ecosystem Function: Are there any links? *Ecology* 84(8): 2042-2050. <http://www.bio.psu.edu/ecology/calendar/Zak.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].
- Zhou, Z.; and Pan, W. 1997. Analysis of the viability of a giant panda population. *Journal of Applied Ecology*; 34(2): 363-374.
- Zwick, P. 2003. Shapes and patterns of wingpad development in the Plecoptera, in Gaino, E. (ed.) *Research update on Ephemeroptera and Plecoptera; University of Perugia*, pp. 477- 483. <http://www.unipg.it/maystone/PDF%202001%20proc/ZWICK2%20IJM%20proceedings.pdf> [Accessed 15 Apr. 2005].

색인