



2009
KOREA-JAPAN
WORKSHOP

**Proceedings for International Workshop
on Climate Change for
Ecological Highway Construction
in the Application of
Strategic Environment Assessment**

기후변화에 따른 친환경고속도로건설을 위한
전략환경평가 워크숍 자료집



환경부지정/서울시립대학교
서울지역환경기술개발센터
Seoul Environmental Science & Technology

hi-pass 한국도로공사



Ewha Womans University
College of Engineering



21세기 포용적어연구개발사업
수자원회 지속적 확보기술개발사업
SUSTAINABLE WATER RESOURCES RESEARCH



도로 건설 환경영향평가에 있어서의 HEP의 적용방안¹
Application of HEP in the process of EIA in the National Highway Project in Japan

타나카 아키라, 도쿄도시대학
Dr. Akira Tanaka, Tokyo City University

1. 서론

1999년 6월, 일정 이상의 대규모 사업에 대해서 환경에의 영향평가를 실시하는 것을 의무화 한 환경 영향 평가법(이하, 법어세스)이 시행되어 지금까지의 내각회의 어세스로부터 법어세스에의 변경에 수반해, 새롭게 「생태계」라고 하는 평가 항목이 더해졌다. 동시에, 대상 미티게이션을 포함한, 「회피」, 「저감」, 「대상」이라고 하는 미티게이션의 종류와 우선 순위가 환경영향평가의 프로세스에 대해서 처음으로 나타났다(타나카, 2000). 그 이후, 환경영향평가에 있어서의 생물 분야의 평가를 「생태계어세스먼트」라고 부르고 있지만, 이것은, 종래의 「동물」, 「식물」, 「지형·지질」, 「수질」, 「대기」라는 세분화된 항목에 의해서 자연 환경을 평가하는 것이 아니라, 이러한 총체로서(holistic)로서 자연 환경을 파악하는 것이다(타나카, 전회, 2003). 이것은 최근에는, 후술 하는 생물 다양성 조건의 영향도 있어, 생물 다양성 어세스먼트(biodiversity assessment)라고도 부른다.

개발 사업이 완전 중지되지 않는 이상 사업 구역 자체의 생태계의 소실 등, 회피도 최소화도 할 수 없는 악영향이 반드시 남는다. 이러한 악영향에 대해서는, 근린의 다른 토지에 동일한 생태계를 사업자의 손에 의해서 복원, 창조, 유지 등 하는 것에 의해서, 지역의 동일한 생태계의 손실의 현상 유지(no net loss)를 실현하는 것이, 많은 나라에서는 여러가지 법제도에 의해 의무 지워지고 있다. 이러한 행위를 미국에서는 「대상 미티게이션(Compensatory mitigation)」이라고 불러, 1950 년대에 시작해, 1980 년대 이후는 매우 활발하게 되어 있는 구조이다. 근년이 되고, 대상 미티게이션은 EU 제국이나 오스트레일리아 등 미국 이외의 나라들에서도 시작되고 있고, 국제사회에서는 대상 미티게이션을 「생물 다양성 오프셋(Biodiversity Offset)」이라고 통일적인 용어로 불리게 되고 있다. 현재, 「생물 다양성 오프셋」은, 오는 2010 년에 나고야에서 개최되는 생물 다양성 조건 체결국 회의(CBD/COP10)에 있어서의 중요 테마가 되고 있다.

HEP(Habitat Evaluation Procedure)는 미국에서 개발되어 여러가지 형태로 개량계속

¹ 본 번역문은 정식번역문이 아닌 초벌번역 상태입니다. 따라서, 많은 표현상의 오류가 있을 수 있음을 알려드립니다.

되고 있는 정량적 생태계 평가 수법이다. 생태계라고 하는 것은 만일 먹이 복합계를, 야생 생물의 거주지라고 하고, 계획시점에 옮겨놓아 평가하는 것으로, 생태계에 대한 영향의 손실 혹은 이익을 정량 평가할 수 있어 개발 사업 등의 인간 활동과 자연 보호의 밸런스를 검토할 때에 지극히 유익한 수법이다. HEP 는 생태계에의 악영향, 또 그에 대한 회피, 최소화, 대상이라고 하는 미티게이션의 효과를 평가할 수 있는 것부터, 대상 미티게이션, 즉, 생물 다양성 오프셋의 평가 수법이라고 해도 가장 중요한 수법의 하나로 생각되고 있다.

일본에의 HEP 의 도입은, 필자에 의해 처음으로 그 개념이 소개되어 필자에 의해 본격적인 HEP 의 기술 입문서가 출판되고 있다. 기술적인 세미나도 활발히 행해져 그 기본적인 개념은 환경영향평가 등을 실시하는 환경 컨설턴트 업계에는 침투하고 있다. 그 결과, 최근에는 국내의 환경영향평거나 자연 재생 사업 등에 적용되어 시작하고 있다. 본 연구는, 그 중의 하나로 필자가 HEP 팀 리더를 맡은 사례를 사례연구로서 환경영향평가에 있어서의 각종 미티게이션(회피→최소화→대상)의 평가 수법으로서의 HEP 적용의 가능성을 고찰하는 것을 목적에 행해졌다.

2. 개발 계획의 개요

본 사례연구는, 치바현의 「나리타 신고속철도선」 및 「일반 국도 464 호북 치바 도로(인바~나리타)」의 2개의 건설 사업(본사업)과 거기에 따르는 환경영향평가에 대해 제안된 대상 미티게이션을 평가하기 위해서 적용된 HEP 를 참고에, 일본의 환경영향평가에 있어서의 HEP 적용의 가능성을 필자에 의해서 검토한 것이다. 그림 1 에 관동 지역에 있어서의 본 사업 대상지를, 표 1 에 계획 사업 개요를 각각 나타내 보인다.

「나리타 신고속철도선」은, 도심과 치바현에 있는 나리타 공항간을 묶는 새로운 철도 액세스 루트로서 정비해, 소요 시간의 단축(최단 51 분→36 분, 닛포리~쿠코우 제 2 빌딩간)에 의해 공항 액세스를 향상시키는 것과 동시에, 치바현 북서부등의 교통 편리성의 향상, 나리타시와 치바 뉴 타운의 기능 제휴의 강화에도 크게 기여하는(나리타 고속 철도 액세스 주식회사, 2004) 일을 목적으로 하고, 기존의 인바 일본 의대역으로부터 나리타 공항역까지를 묶는 약 19.1 km 를 건설하는 사업이다.

「일반 국도 464 호북 치바 도로(인바~나리타)」는, 도로 네트워크 형성의 강화를 도모하는 것으로, 수도권 북부·도심부 및 현서지역으로부터 나리타 국제 공항에의 액세스 강화, 지역 상호의 교류·제휴의 촉진, 물류 효율화의 지원등에 크게 기여하는 것을 목적으로 하고, 치바현 임바무라 와카하기에서 나리타시 오오야마까지를 묶는 약 13.5 km 를 건설하는 사업이다.

두 사업은, 루트가 병행해 건설되는 부분이 많기 때문에(그림 2), 환경 영향 평가의 절차도 동시에 진행하고 있다. 이러한 환경 영향 평가 준비서에 대하고, 귀중한

조류(알락해오라비, Bittern, *Botaurus stellaris*)인 산카노고이의 생식지인 인바늬에의 환경 영향에 대한 대상 미티게이션 방책으로서 그 거주지인 주 번식지를 조성하는 것이 제안되었다. 그러한 대상 미티게이션으로서의 대체번식지조성에 대해서, HEP(Habitat Evaluation Procedure : 거주지 평가 절차)를 이용해 정량적으로 평가하는 것이, 지사 의견으로서 사업자에게 요구되었다. 지금까지의 경위를 표 2에 나타냈다.

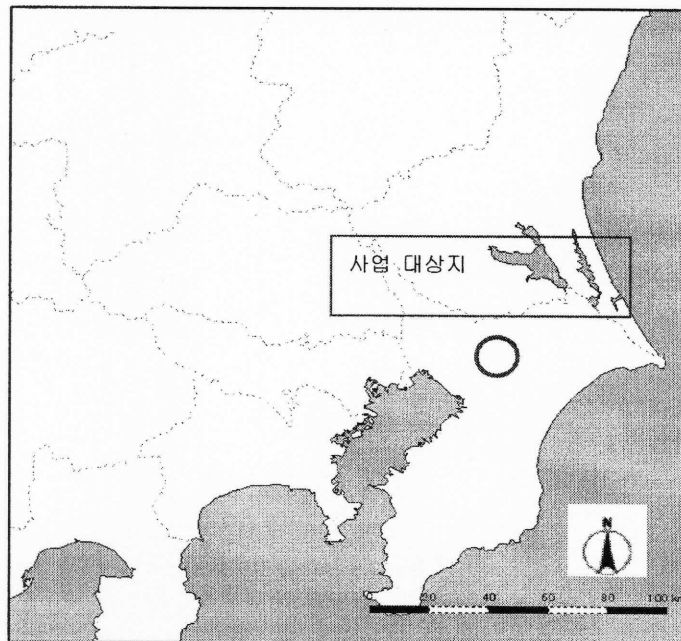


그림 1 본 사업 대상지

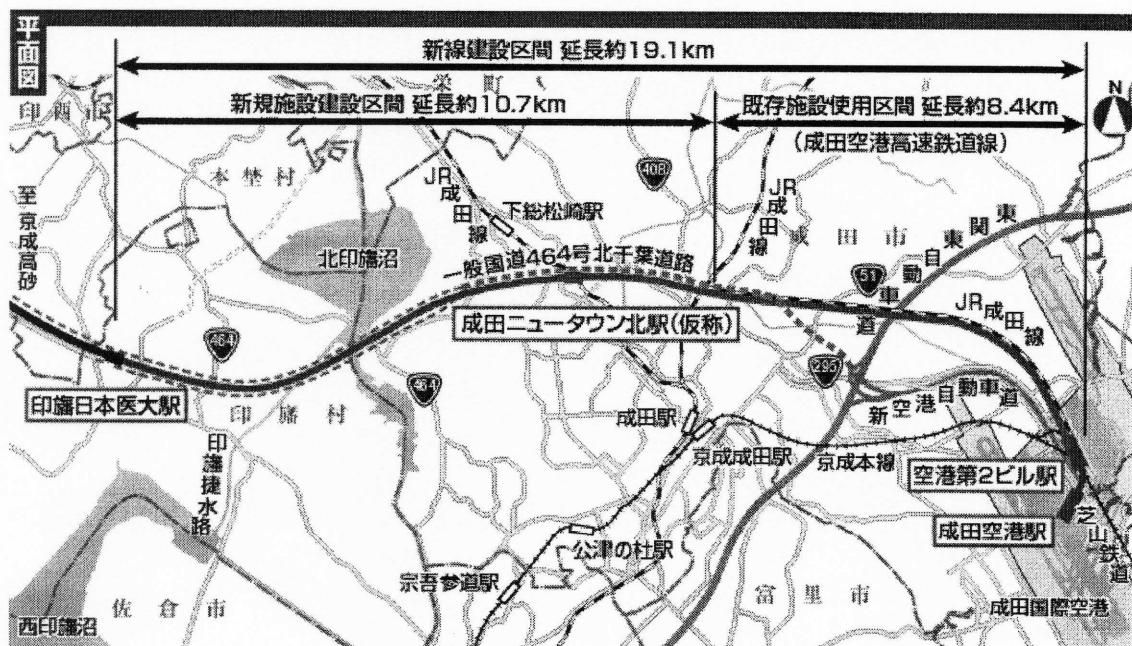


그림 2 계획 사업의 루트

출전 : 나리타 고속 철도 액세스 주식회사(2004)

표 1 계획 사업 개요

사업명	나리타 신고속철도선건설 사업	일반 국도 464 호북 치바 도로(인바~나리타) 건설 사업
목적	도심과 나리타 공항간을 묶는 신데츠도 액세스 루트로서 정비해, 소요 시간 단축에 의해 공항 액세스를 향상, 치바현 북서부등의 교통 편리성의 향상, 나리타시와 치바 뉴타운의 기능 제휴의 강화에도 크게 기여한다.	본사업의 정비에 의해, 도로 네트워크 형성의 강화를 도모하는 것으로, 수도권 북부·도심부 및 현서지역으로부터 나리타 국제 공항에의 액세스 강화, 지역 상호의 교류·제휴의 촉진, 물류 효율화의 지원등에 크게 기여한다.
사업자	정비 주체 : 나리타 고속 철도 액세스 주식회사 운영 주체 : 케이세이 전철 주식회사	치바현
사업 규모	개량 구간/32.3km (앞질러 시설, 궤도 개량등의 공사를 실시한다.) 철도의 새 선로 건설 구간/19.1km	4 차선 약 13.5km
사업 범위	기점 : 치바현 임바군 임바무라 와카하기 종점 : 치바현 나리타시 산리즈카	기점 : 치바현 임바군 임바무라 와카하기 종점 : 치바현 나리타시 오오야마

표 2 대상 미티게이션 제안까지의 검토

일시	미티게이션 검토
2001년 6월	나리타 신고속철도 사업화 추진 검토 위원회에서는, 인바뉴의 추우오, 기타, 미나미를 통과하는 3안이 검토되어 「중앙을 횡단하는 루트가 향후의 검토안」이라고 여겨졌다.
2002년 4월	일본 들새의 회 치바현 지부에서(보다), 「노선 변경이나 지하 터널화등에서 조류와의 공생을 도모하면 좋겠다.」라고 하는 의견이 현 지사에 제출된다.
2002년 7월	방법서에 대한 주민 의견으로서 「루트 변경의 과정의 설명」 및 「복수안 검토를 위해서 복수 루트의 영향평가」를 요구한 것이 제출되었다. 사업자 견해로서 「극력 취락의 분단 및 학교·병원등의 시설을 피해 자연 환경의 개변을 가능한 한 억제되도록(듯이) 거리를 짧게 하는 등 배려했다.인바뉴의 요시원에 대해서는, 극력 인바소부의 추수성 식물을 개변하지 않게, 교량 구조를 채용한다.」라고 했다.
2002년 8월	치바현 환경 영향 평가 위원회에 대하고, 「터널 구조로 할 수 없는가.」라고 하는 안이 나왔다.
2002년 11월	방법서에 대한 지사 의견에 있고, 「향후의 조사·예측 결과를 기본으로, 환경보전 조치에 대해 복수안의 비교 검토등을 실시하도록(듯이).」라고 기술.
2004년 11월	준비서에 대하고, 「대상 조치로서 요시원을 조성한다.」라고 기술. 주민 의견으로서 「북쪽 인바뉴의 구역 및 거기에 인접하는 논지대에 있어서는, 노선을 우회 시킨다든가 지하 매설하는 등 노선 변경을 포함한 사업 계획의 변경을 실시하는 것.」, 「노선 변경 혹은 지하 터널 공법을, 재검토하는 것.」, 「환경 영향이 더 적은 루트를 재검토하는 것.」라고 하는 의견이 제출.
2004년 12월	치바현 환경 영향 평가 위원회에서 루트 변경, 터널화에 대해 논의된다.
2005년 2월	주민 의견에 대한 사업자 견해로서 「루트에 대해서는 「나리타 신고속철도 사업화 추진에 관한 조사」에 의해, 철도의 건설 효과와 현지 연선 주민을 중심으로 한 환경보전등의 영향을 종합적으로 감안해, 현재 루트 계획의 기본이 결정된 경과로부터도, 본루트가 노선으로서 최적이라고 판단되고 있다.」라고 했다.
2005년 4월	공청회에 대하고, 「노선의 변경등 계획의 변경을 실시할 필요가 있다.」, 「인바뉴의 풍부한 자연이 후세에 계승해지도록, 현계획의 발본적인 재검토를 실시할 필요가 있다.」, 「희소 조류에의 영향이 있는 개소는, 루트 변경이나 지하 터널화등의 보호 대책을 세워야

	한다», 「요시원을 근처에 조성한다고 말하지만, 순조롭게 육성해 넓은 요시원이 되는 보장은 없다.만일 할 수 있었다고 해서, 희소 조류가 거기를 번식지로서 선택할까 보증이 없다.대체지를 만든다고 하는 것 만으로는 무책임하다.» 라고 하는 의견을 기술되었다.
2005년 6월	준비서에 대한 지사 의견(24일)에 있고, 「터널화 및 루트 변경을 검토하는 것.» 라고 기술. 현의회(28일)에서 현 지사가 「터널화는 몹시 곤란하다.» 라고 답변.

3. 확인된 귀중종

환경영향평가의 조사에 대하여, 본사업의 치바현 인바늬(inba-numa)를 통과하는 루트 주변에 있고, 산카노고이(*Botaurus stellaris stellaris*)가 생식 하고 있는 것이 밝혀졌다(그림 3). 본종은, 현재, 일본에 있어 번식지 해 확인되고 있는 장소가 인바늬(inba-numa) 뿐여, 환경성의 레드 리스트에 대하여, 멸종 위구심 IB 류(EN)에, 치바현 레드 데이터 북에 있어 A(최대중요 보호 생물)로 지정되어 있다. 그러나, 생식지도 개체수도 극히 적고, 야행성으로, 사람이 가까워지기 어려운 요시원으로부터 별로 나올 것도 없는 것으로부터, 생태에는 불분명한 점이 많다(표 3).

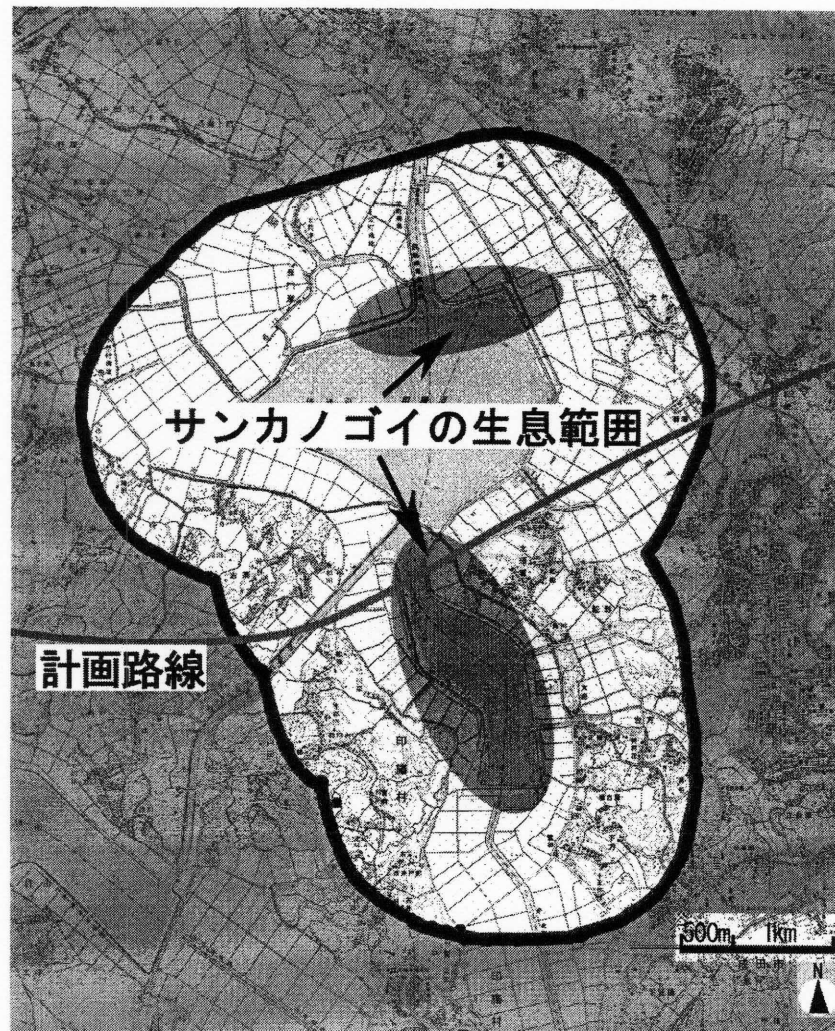
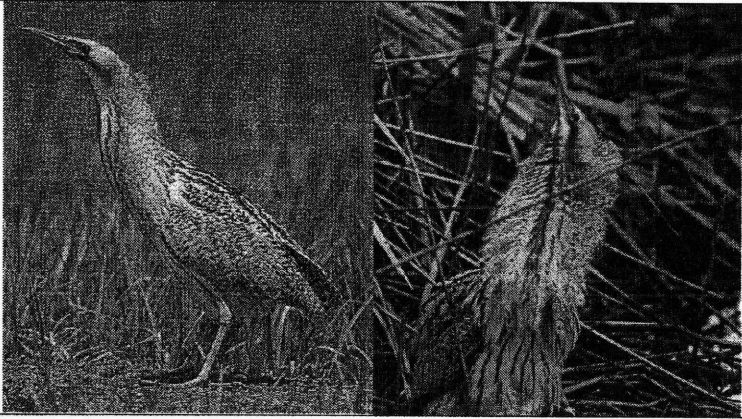


그림 3 산카노고이의 생식 범위

표 3 산카노고이의 생태

일본에서 부르는 이름	산카노고이, 알락해오라비
학명	<i>Botaurus stellaris stellaris</i>
영명	Bittern
사진	
분류	황새눈백로과
환경성 레드 리스트의 분류	멸종 위기상 IB 류(EN)
치바현 레드 데이터 북의 분류	A 최대중요 보호 생물
적요	홋카이도와 혼슈 중부의 습성의 초원이나 요시원으로 번식하는 대형의 백로.국내에서의 홋카이도 이외로의 번식은 1983 년에 시가현에서 처음으로 확인되었다.분포는 국지적이고, 개체수도 많지는 않다.
형태	전체 길이 약 70 cm, 익개장 약 120cm.체중 약 1kg.자웅 동색.전신이 황갈색으로 검은 얼룩이 있다.두정과 약선은 검고, 아래쪽 면에는 세로얼룩이 있다.주둥이와 다리는 초록 갈색.일견 비슷한 고이사기(해오라비, <i>Nycticorax nycticorax</i>)의 병아리는, 몸이 작고 약선의 흑이 없다.
분포의 개요	종의 번식 분포는 유라시아 대륙 중부에 퍼져, 북쪽의 것은 동남아시아, 인도, 아프리카에서 활동한다.일본에서는, 본아종이 홋카이도, 이바라키현, 치바현, 시가현에서 번식해, 번식지 주변에서는 유조.홋카이도에서는 여름새로, 혼슈 이남에서는 겨울 철새. 남아프리카의 B.s.capensis 와 유라시아, 북부아프리카의 기아종 B.s.stellaris 로 나눌 수 있다.
생물학적 특성	생식지는 넓은 요시원이나 습성초원(누마자와, 다습 초원)에서, 번식에는 특히 조용한 환경을 필요로 한다.어류, 갑각류, 곤충류, 양서류를 먹는다.5~8 월 무렵, 요시원의 지상에 둥지를 만든다.일부다처의 번식도 볼 수 있다.한 배 산란수는 4~5 알.포란 날짜는 약 25 일.메스만이 포란, 육추 한다.수컷은 식용개구리와 같은 소리로 운다.
분포역과 그 동향	번식지는 좁은 범위로 한정된다.생식지의 요시원은 감소하고 있다.
개체수와 그 동향	생식지인 요시원의 감소로부터, 개체수의 감소가 걱정되지만, 전국적인 개체수의 동향은 파악되어 있지 않다.
생식지의 현황과 그 동향	요시원이나 습성초원은 각종의 개발, 하천 개수등에서 소실하고 있다.
존속을 위협하고 있는 원인과 그 시대적 변화	생식지의 파괴(습지 개발)와, 농약 오염의 가능성이 있다.

주) 치바현 RDB 에 있어서의 「A 최대중요 보호 생물」은, 개체수가 지극히 적은, 생식·생육 환경이

지극히 한정되어 있는, 생식·생육지의 대부분이 환경 변화의 위기에 있는, 등의 상황에 있는 생물.방치하면 가까운 시일내에도 치바현으로부터 멸종, 혹은 거기에 가까운 상태가 될 우려가 있는 것.이 카테고리에 해당하는 종의 개체수를 감소시키는 영향 및 요인은 최대한의 노력을 가지고 경감 또는 배제할 필요가 있다.

출전 : 카와이 다이스케 외 (2003), 환경성(2002), 히다카 하루타카 외 (1996), 치바현(Web1)을 개변

4. 제안된 7 개의 대상 미티게이션 후보지

산카노고이의 거주지인 요시원을 인공적으로 복원, 창조하는 대상 미티게이션의 후보지로서 A~G 의 7 개의 안을 들 수 있었다(표 4, 그림 4).

덧붙여 엄밀하게 말하면, 인바소내에서의 요시원의 조성안은, 「회파→최소화(저감)→대상」이라고 하는 미티게이션의 종류와 우선 순위안의 「저감 미티게이션」에 해당해, 「대상 미티게이션」이라고는 부를 수 없는 것이다.

표 4 제안된 7 개의 대상 미티게이션안

후보지안	면적(ha)	물가장(m)	위치(본래적인 평가해)
A 안	24	2000	늪의 외측(대상 미티게이션)
B 안	5	1200	늪의 외측(대상 미티게이션)
C 안	4	1200	늪의 외측(대상 미티게이션)
D 안	6	1000	늪의 안쪽(저감 미티게이션)
E 안	4	500	늪의 안쪽(저감 미티게이션)
F 안	7	900	늪의 안쪽(저감 미티게이션)
G 안	3	500	늪의 안쪽(저감 미티게이션)
A~G 의 합계	53	7300	-

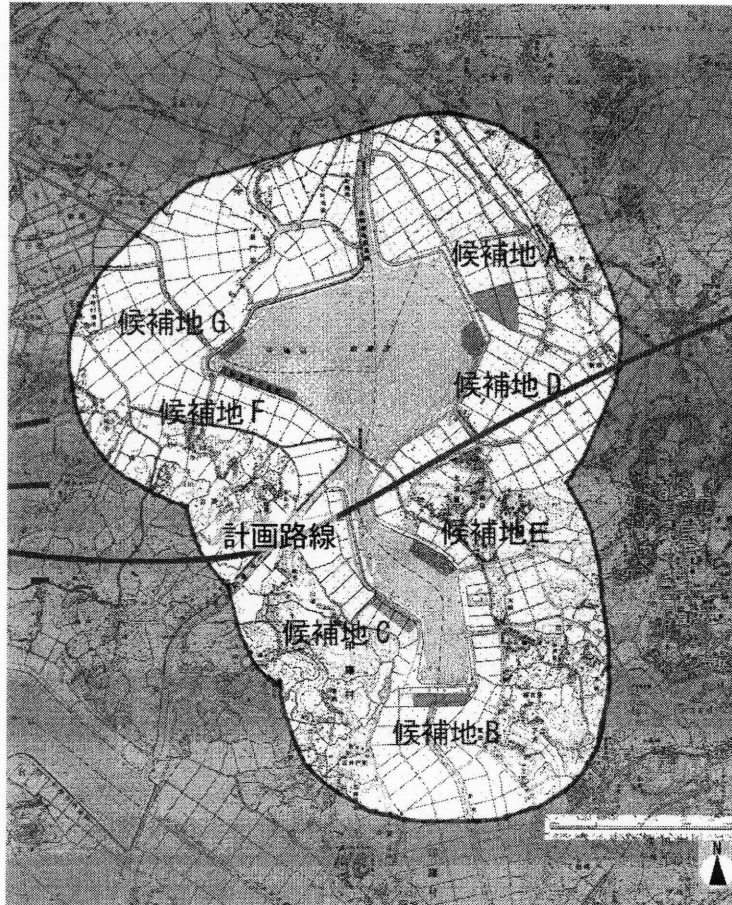


그림 4 7개의 대상 미티게이션 후보지

5. HEP 분석의 개요

HEP 는, 본사업(「나리타 신고속철도선」 및 「일반 국도 464 호북 치바 도로」)의 환경영향평가의 방법서가 제출된 2002 년부터 환경 영향 평가서가 제출된 2005 년까지의 사이에 행해졌다. 주 된 작업은 환경 영향 평가 준비서가 제출된 2004 년까지의 2 년간에 행해져 HEP 분석 결과는, 2004 년의 환경 영향 평가 준비서 및 2005 년의 환경 영향 평가서에 나타났다. HEP 는, 본사업에 의해서 영향을 받는 귀중종 산카노고이의 보전을 위해서 제안된 7 개소의 대상 미티게이션 후보지의 우선 순위를 요구하기 위해서 행해졌다.

본 연구는, 상기 HEP 분석을 바탕으로, HSI 모델을 개량해, 게다가 개발 사업이 없는 경우(baseline), 대상 미티게이션을 수반하지 않고 개발 사업을 실시하는 경우를 추가한 합계 9 케이스에 대해서, 누적적 거주지 유닛(CHU, Cumulative Habitat Unit)을 예측해, 비교한 것이다. 이하에 HEP 분석에 대해 개설했다.

(1) HEP 팀

HEP 는 HEP 팀이라고 하는 그룹에서 추진된다. 이번 HEP 팀은, 이번 개발 계획이 산카노고이라고 하는 귀중한 조류의 거주지에 직접적 및 간접적인 악영향을 주는 것,

그 때문에(위해) 그 거주지인 요시원을 대상 미티게이션으로서 복원, 창조하는 것이 제안되고 있는 것부터, 개발 지역을 포함한 관동 지역의 조류의 전문가, 요시원의 복원의 전문가에게, HEP 팀 리더로서의 HEP 의 전문가, 조사나 분석 작업을 실시하는 환경 컨설턴트라고 하는 멤버로 편성되었다.

덧붙여 필자는 HEP 팀 리더, 생태계 어세스먼트 및 생태계 미티게이션 전문가로서 참가했다.

(2) HEP 평가종의 설정

전술한 본 HEP 분석의 목적으로부터, 산카노고이(알락해오라비)를 평가종으로 설정했다.

(3) HEP 평가 구역의 설정

조사 구역은, 본사업에 대하고, 영향을 받는 구역과 대상 미티게이션·사이트 및 산카노고이의 행동 범위를 고려해, 조사 구역을 설정했다. 대상 지역의 산카노고이의 관찰로부터 동지역의 산카노고이가 이동하는 최장 거리인 약 1.5 km 를 행동 범위와 가정해, 인바뉴와 인바뉴로부터 1.5 km 의 에리어를 평가 구역으로 했다(그림 5).

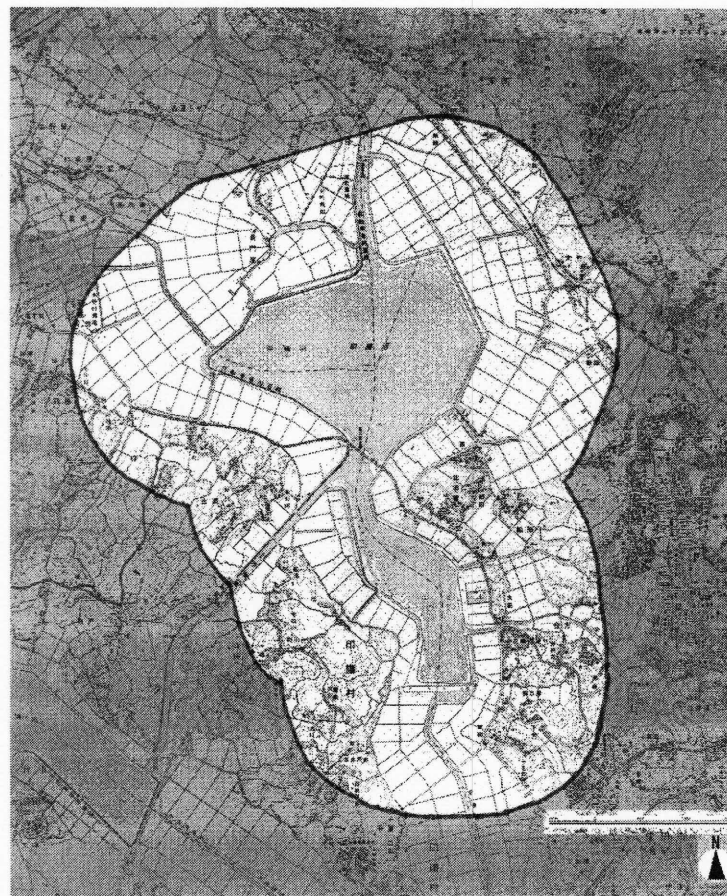
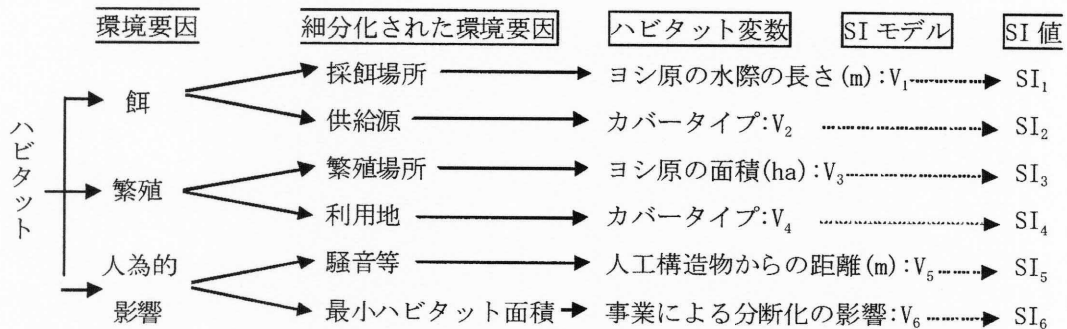


그림 5 HEP 평가 구역

(4) 산카노고이의 환경요인의 추출

산카노고이의 거주지 조건(환경요인)을 먹이 조건, 번식 조건과 인위적 영향의 3개의 측면에서 정리해, 최종적으로 6개의 생존 필수 조건마다 각각의 SI 모델을 작성했다.



注) 最小ハビタット面積とは、ある地域がある種に占有される前の状態において、その種にとって最低限必要な、連続した好適ハビタットの面積(財団法人日本生態系協会, 2004)として定義されている。

그림 6 산카노고이의 환경요인(생존 필수 조건)의 추출

(5) SI 모델의 구축

SI는 Suitability Index의 약어이며, 어느 A 환경요인으로 주목한 생식 환경의 적부를 나타내는 지표이다. 여기에서는 SI1 「요시원의 물가의 길이」를 예를 들어 설명했다.

산카노고이의 채이는, 물가의 추수 식물에 덮인 아사바에서 행해진다. 따라서, 산카노고이의 생존을 위해서는 있는 일정 면적 이상의 추수 식물에 덮인 물가의 존재가 필요하다. 본 SI1 모델은, 이 조건에 대한 토지의 상황을 0(전혀 적합하지 않는다)에서 1(가장 적합하다)의 사이의 지수로 나타낸 것이다.

인바늘에서는, 산카노고이가 생식 하고 있는 요시원의 가장 짧은 물가장은 약 350 m, 평균적인 물가장이 약 800 m였다. 이 때문에, 다음과 같이 SI1를 정했다.

조사 대상 구역의 물가장이 0 m 이상 350 m 미만 때는 SI1=0. 같은 800 m 이상 때는 SI1=1. 또, 물가장의 350 m 이상 800 m 미만의 사이의 SI1의 값은 직선적으로 증가하면 가정했다.

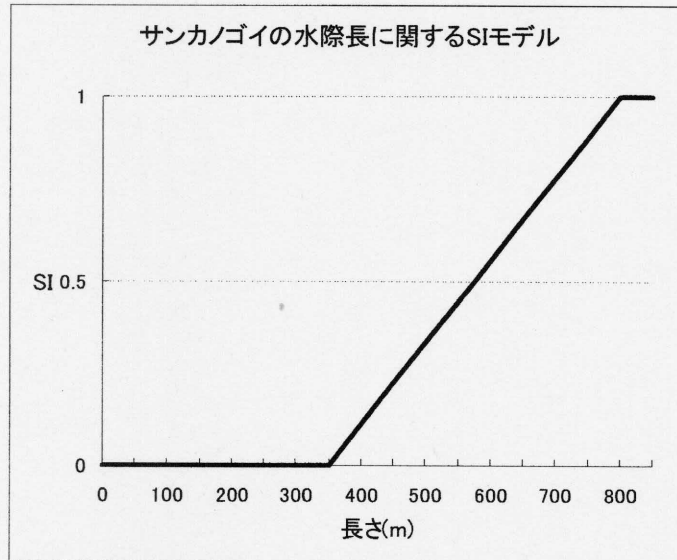


그림 7 산카노고이의 물가장에 관한 SI 모델

(6) HSI 모델의 구축

그림 5 로 나타내 보인 6 개의 SI 모델로부터 각각의 SI 치를 읽어내, 최종적으로 하나의 HSI 의 값을 산출하는 모델을 HSI 모델이라고 한다. HSI 와는 Habitat Suitability Index 의 약어로, 개개의 환경요인을 종합 한 생식치로서의 적정 정도를 나타내는 지표이다. 이번은 각각의 중요를 고려하고, 이하와 같은 HSI 모델식을 작성했다.

$$\begin{aligned}
 \text{HSI} = & \{(\text{물가장의 SI1}) + (\text{공급 장소의 커버 타입 SI2})\} / 2 \\
 & \times \{(\text{요시 및 마코모의 면적의 SI3}) + (\text{생활상 이용하는 장소의 커버 타입 SI4})\} / 2 \\
 & \times (\text{도로로부터의 거리의 SI5}) \times (\text{최소 거주지 면적의 SI6})
 \end{aligned}$$

(7) CHU 의 산출

THU 란, Total Habitat Unit 의 약어로, 어느 A 해의 평가 구역의 거주지로서의 질적 가치와 공간적 가치를 곱한 지수(HU)의 합계이다. HU(Habitat Unit)라고 하는 지수는, 각 평가소구역(평가 구역을 SI 모델의 필요에 따라서 구분한 HEP 분석을 위한 최소 구역 : 통상은 커버 타입마다의 구분)의 HSI 의 값에 그 평가소구역 면적을 곱한 지수이다.

이번 HEP 분석에서는, 사업 개시(요시 조성 개시) 시(TY0), 요시 조성 공사 후 5 연시(TY5), 요시 조성 공사 후 10 연시(TY10), 요시 조성 공사 후 30 년 후(TY30)의 4 시점의 각각의 THU 를 요구해 그러한 결과로부터 CHU(Cumulative Habitat Unit)를 산출했다.

CHU 는, 표 4 에 나타낸 7 종류의 대상 미티게이션을 수반하는 7 종류의 개발 사업, 개발 사업이 없었던 경우(baseline), 대상 미티게이션을 수반하지 않고 개발 사업을 실시하는 경우의 합계 9 케이스 마다 산출했다. 산출한 CHU 를 표 5 에 나타낸다.

이 결과, 가장 효과적인 대상 미티게이션은 A 안이며, 가장 효과의 낮은 대상 미티게이션은 C 안 및 E 안이었다. 그러나 그 차이는 거의 없다. A 안으로부터 G 안의 모든 대상 미티게이션을 실시했다고 해도, baseline 의 CHU 를 웃돌지 못하고, 노우 넷 로스를 실현하기 위해서는 절대적인 토지의 넓이를 따르는 대상 미티게이션의 실시가 필요한 것을 재확인했다.

표 5 CHU 의 산출 결과

	미티게이션 없음		개발과 미티게이션 있음							
	① 베이스 라인	② 개발	③ 개발 + A 안	④ 개발 + B 안	⑤ 개발 + C 안	⑥ 개발 + D 안	⑦ 개발 + E 안	⑧ 개발 + F 안	⑨ 개발 + G 안	⑩ 개발 + A~G 안
THUHU TY0Y0	244 44	244 44	24 444	244 44	244 44	244 44	244 44	244 44	244 44	244 44
THUHU TY5Y5	---	134 34	13 434	134 34	134 34	134 34	134 34	134 34	134 34	134 34
THUHU TY1010	---	---	14 444	135 35	134 34	137 37	134 34	138 38	135 35	152 52
THUHU TY3030	244 44	134 34	14 444	135 35	134 34	137 37	134 34	137 37	135 35	152 52
CHUHU	733 131	430 202	45 4343	431 515	430 505	435 757	430 505	437 676	431 010	469 797

6. 생태계 어세스먼트에의 HEP 적용의 가능성

본연구는, 환경영향평가에 있어서의 각종 미티게이션(회피→최소화→대상)의 평가 수법으로서의 HEP 적용의 가능성을 고찰하는 것을 목적으로, 실제로 행해진 환경영향평가에 있어서의 HEP 를 사례연구에 검토한 것이다.

본사례연구를 통하여, 생태계 어세스먼트에의 HEP 적용의 가능성에 대하여 이하에 나타내는 몇개의 요점이 추출되었다.

- ① HEP 는 복수안을 생물의 시점으로부터 비교 평가하는데 적합한 수법이다.
- ② HEP 는 광역 한편 조기의 토지 이용에 영향을 미치는 전략적 환경영향평가에 대해 특히 유효한 수법이다.
- ③ HEP 에서는, 생물의 생존 필수 조건 만이 아니고, 이번 인공 구조물로부터의 거리 S15 나 최소 거주지 면적 S16 등의 인간의 측에서의 거주지에의 영향도 포함하는 것이 가능하고, 환경영향평가에 있어서의 수법으로서 지극히 적절한 것이다.

- ④ HEP 에서는, 이해하기 어려운 생태계의 가치나 영향을 누구라도 아는 수치에 옮겨놓는 것으로, 시민의 해당 사업의 생태계에 대한 영향이나 사업자가 제안하는 미티게이션의 효과의 이해를 늘릴 수 있다.
- ⑤ 개발지에 있어서의 거주지의 손실과 대상 미티게이션사이트에 있어서의 거주지의 이익을 비교하는 것은 HEP 에서는 용이하지만, 그렇게 하는 것으로 실질적으로 효과가 있는 대상 미티게이션(예를 들면 개발 지역 면적에 상당하는 거주지 면적의 확보 등) 제안의 중요성이 국민에게 알기 쉽게 전해진다.
- ⑥ HSI 모델의 작성과 공개는, 해당 평가종의 생존 필수 조건이나 인간 활동의 영향 등에 관한 지금까지의 과학 문헌을 수집 정리하는 이차적인 역할도 있어, 평가종의 기초적 자료의 축적 및 이용, 나아가서는 평가종의 보전에 큰 공헌을 기대할 수 있다.
- ⑦ HEP 를 적용하는 것으로, 지금까지 애매하고 한편 공개되어 오지 않았다, 생물에게 영향을 줄 우려가 있을 계획이나 미티게이션 정책에 대한 구체적 정보의 공개가 촉진된다.

생물 다양성 보전의 실현에는, 보전해야 할 생물의 거주지의 보전이 처음이자 마지막의 필요 충분조건이다. HEP 적용에 의해서, 개발 행위에 의해 어떠한 거주지가, 언제, 얼마나 없어져 미티게이션 정책에 의해서 어떠한 거주지가, 언제, 얼마나 얻을 수 있는지, 라고 해요 셋집 들이마셔 정보가 시민에게 전해져, 그 결과, 회피→최소화→대상이라고 하는 미티게이션의 종류와 우선 순위의 준수, 해당 개발이 중지되지 않는 한은 대상 미티게이션(생물 다양성 오프셋)은 필요 불가결한 것 등의 이해가 촉진된다. 향후, 보다 많은 개발 계획, 환경영향평가, 자연 재생 사업등에서 HEP 가 적용되는 것으로, 생물 다양성 보전의 손실과 이익이 시민에게 알기 쉽게 제시되어 하나의 지역으로부터 지구 전체의 생태계의 노 넷 로스 (no net loss)로 연결되어 가는 것을 기대하고 싶다.

참고 문헌

- 카지와라 나리모토(2005)“환경 영향 평가의 기본적 사항의 개정등에 대해”, 환경영향평가 학회 제 3 회 공개 세미나,3-16.
- 타나카 아키라(2009)“생물 다양성 오프셋”제도의 여러 나라에 있어서의 현상과 지구 생태계 은행, “어스 बैं크”의 제언.환경영향평가 학회잡지, Vol.7, No.2,1-7.
- 타나카 아키라, 오오사와게 시무라, 요시자와 마이코(2008) 환경영향평가에 있어서의 일본 최초의 HEP 적용 사례.풍경 연구, Vol.71 No.5,543-548.
- 타나카 아키라(2008) 순응적 관리에 의한 인공 간석 조성을 위한 HEP 적용에 관한 연구 -오노미치사기항의 4 개의 간석에 있어서의 사례 연구법.무사시 공업대학 환경 정보 학부 기요, 제 9 호,50-62.

- 타나카 아키라(2006) HEP 입문-거주지 평가 절차-메뉴얼.아사쿠라 서점.도쿄, 266pp.
- 타나카 아키라(2005) 「재생」의 환경영향평가-새로운 환경영향평가의 가능성-.환경영향평가 학회잡지, Vol.3, No.1,46-49.
- 타나카 아키라(2004) 미국의 기름 유출 사고에 수반하는 대상 미티게이션과 그 정량적 평가 수법 HEA. 환경영향평가 학회잡지, 2(2), p55-61.
- 타나카 아키라(2003) 생태계 어세스먼트에 있어서의 과제와 전망 -미티게이션과 생태계의 정량적 평가에 대해. 환경영향평가 학회잡지, Vol.1, No.2, p1-2.
- 타나카 아키라(2003) 거주지의 평가와 복원 -대상 미티게이션을 평가하는 HEP-.일본 생태학회 칸토 지구회 회보, 51, p25-33.
- 타나카 아키라(2002) 새로운 자연 복원·재생·정화 기술 미국의 거주지 평가 절차"HEP"탄생의 법적 배경. 환경 정보과학, vol.31, p37-42.
- 타나카 아키라(2002) 생태계의 레스트 배급량 무엇을 가지고 생태계를 복원했다고 말할 수 있는지 생태계 복원의 목표 설정과 거주지 평가 절차 HEP 에 대해.풍경 연구, vol.65, No.4, p282-285.
- 타나카 아키라(2000) 환경 영향 평가 제도에 있어서의 미티게이션 수법의 국제 비교 연구.풍경 연구 Vol.64(2),170-177.
- 타나카 아키라(2000) 새로운 평가 영역 미티게이션과 생태계 평가-. 환경 과학 회지 Vol.13 (2), 280-28.
- 타나카 아키라(1999) 미국의 대상 미티게이션 사례와 일본에 있어서의 그 가능성.풍경 연구 Vol.62(5),581-586.
- 타나카 아키라(1998) 환경영향평가에 있어서의 미티게이션 규정의 변천.풍경 연구 Vol.61(5),763-768.
- 나리타 고속 철도 액세스 주식회사(2004) 나리타 신고속철도선환경 영향 평가 준비서(요약서), 치바현, 나라타 신고속철도선환경 영향 평가 준비서(요약서), p.27-31
- 치바현 환경 정책과 환경 영향 평가·지도실(Web1), 환경 영향 평가(환경영향평가).
http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e_kansei/assess/assess.html, 2005.07.09
- 나리타 고속 철도(Web1), 나리타 신고속철도 정비 사업.<http://www.nra36.co.jp/index.cgi>, 2005.04.26
- 나리타시(Web1), 북 치바 도로.<http://www.city.narita.chiba.jp/>, 2005.04.25

国道建設に伴う環境アセスメントにおけるHEPの適用

Application of HEP in the process of EIA in the National Highway Project in Japan

田中 章、東京都市大学

Dr. Akira Tanaka, Tokyo City University

1. はじめに

1999年6月、一定以上の大規模事業に対して環境への影響評価を行うことを義務付けた環境影響評価法（以下、法アセス）が施行され、それまでの閣議アセスから法アセスへの変更に伴い、新たに「生態系」という評価項目が加わった。同時に、代償ミティゲーションを含む、「回避」、「低減」、「代償」というミティゲーションの種類と優先順位が環境アセスメントのプロセスにおいて初めて示された（田中、2000）。それ以降、環境アセスメントにおける生物分野の評価を「生態系アセスメント」と呼んでいるが、これは、従来の「動物」、「植物」、「地形・地質」、「水質」、「大気」といった細分化された項目によって自然環境を評価するのではなく、これらの総体として（holistic）として自然環境を捉えるものである（田中、畠瀬、2003）。これは最近では、後述する生物多様性条約の影響もあり、生物多様性アセスメントとも呼ばれることもある。

開発事業が完全中止されない限り、事業区域自体の生態系の消失など、回避も最小化もできない悪影響が必ず残る。このような悪影響については、近隣の他の土地に同様な生態系を事業者の手によって復元、創造、維持等することによって、地域の同様な生態系の損失の現状維持（no net loss）を実現することが、多くの国では様々な法制度により義務づけられている。このような行為を米国では「代償ミティゲーション（Compensatory mitigation）」と呼び、1950年代に始まり、1980年代以降は非常に盛んになっている仕組みである。近年になって、代償ミティゲーションはEU諸国やオーストラリアなど米国以外の国々でも始まりつつあり、国際社会では代償ミティゲーションのことを「生物多様性オフセット（Biodiversity Offset）」と統一的な用語で呼ばれるようになりつつある。現在、「生物多様性オフセット」は、来る2010年に名古屋で開催される生物多様性条約締約国会議（CBD/COP10）における重要テーマになりつつある。

HEP（Habitat Evaluation Procedure）は米国で開発され、様々な形に改良され続けている定量的生態系評価手法である。生態系というわかりにくい複雑系を、野生生物のハビタットというわかりやすい視点に置き換えて評価するもので、生態系に対する影響の損失あるいは利益を定量評価することができ、開発事業などの人間活動と自然保護のバランスを検討する際に極めて有益な手法である。HEPは生態系への悪影響、またそれに対する回避、最小化、代償というミティゲーションの効果を評価できることから、代償ミティゲーション、即ち、生物多様性オフセットの評価手法としても最も重要な手法のひとつと考えられている。

日本へのHEPの導入は、筆者により初めてその概念が紹介され、筆者により本格的なHEPの技術入門書が出版されている。技術的なセミナーも盛んに行われ、その基本的な概念は環境アセスメントなどを行う環境コンサルタント業界には浸透している。その結果、最近では国内の環境アセスメントや自然再生事業などに適用されて始めている。本研究は、その中のひとつで筆者がHEPチームリーダーを務めた事例をケーススタディーとして、環境アセスメントにおける各種ミティゲーション（回避→最小化→代償）の評価手法としてのHEP適用の可能性を考察することを目的に行われた。

2. 開発計画の概要

本ケーススタディーは、千葉県の「成田新高速鉄道線」及び「一般国道464号 北千葉道路（印旛～成田）」の2つの建設事業（本事業）とそれに伴う環境アセスメントにおいて提案された代償ミティゲーションを評価するために適用されたHEPを参考に、日本の環境アセスメントにおけるHEP適用の可能性を筆者によって検討したものである。図1に関東地域における本事業対象地を、表1に計画事業概要をそれぞれ示す。

「成田新高速鉄道線」は、都心と千葉県にある成田空港間とを結ぶ新たな鉄道アクセスルートとして整備し、所要時間の短縮（最短51分→36分、日暮里～空港第2ビル間）により空港アクセスを向上させるとともに、千葉県北西部等の交通利便性の向上、成田市と千葉ニュータウンの機能連携の強化にも大きく寄与する（成田高速鉄道アクセス株式会社、2004）ことを目的として、既存の印旛日本医大駅から成田空港駅までを結ぶ約19.1kmを建設する事業である。

「一般国道464号北千葉道路（印旛～成田）」は、道路ネットワーク形成の強化を図ることで、首都圏北部・都心部並びに県西地域から成田国際空港へのアクセス強化、地域相互の交流・連携の促進、物流効率化の支援等に大きく寄与することを目的として、千葉県印旛村若萩から成田市大山までを結ぶ約13.5kmを建設する事業である。

両事業は、ルートが並行して建設される部分が多いため（図2）、環境影響評価の手続きも同時に行っている。これらの環境影響評価準備書において、貴重な鳥類であるサンカノゴイの生息地である印旛沼への環境影響に対する代償ミティゲーション方策として、そのハビタットであるヨシ原を造成することが提案された。それらの代償ミティゲーションとしてのヨシ原造成について、HEP（Habitat Evaluation Procedure：ハビタット評価手続き）を用いて定量的に評価することが、知事意見として事業者に要求された。それまでの経緯を表2に示した。

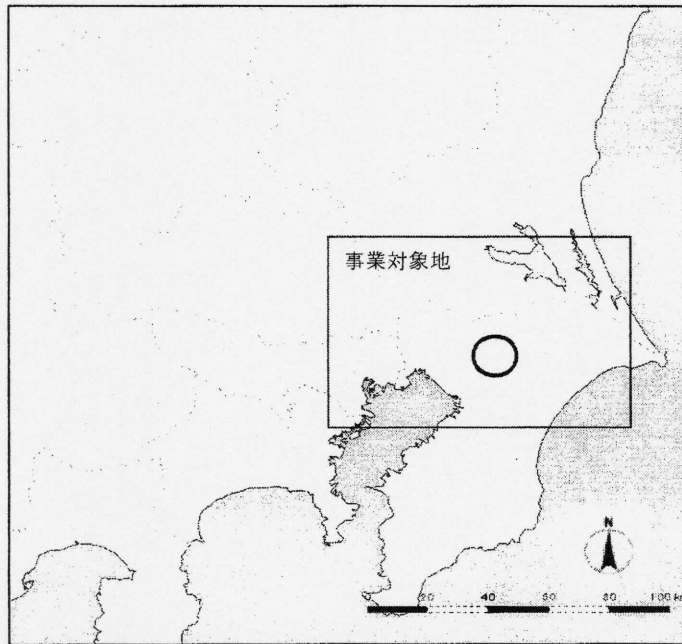


図1 本事業対象地

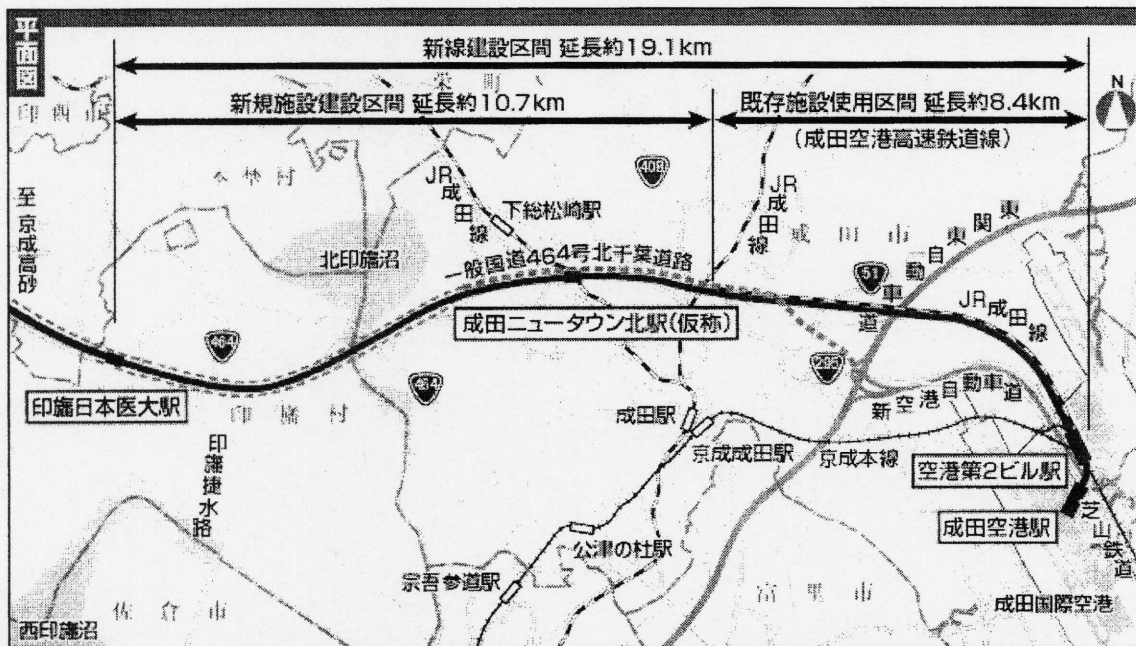


図2 計画事業のルート

出典：成田高速鉄道アクセス株式会社（2004）

表1 計画事業概要

事業名	成田新高速鉄道線建設事業	一般国道464号 北千葉道路 (印旛~成田) 建設事業
目的	都心と成田空港間を結ぶ新鉄道アクセスルートとして整備し、所要時間短縮により空港アクセスを向上、千葉県北西部等の交通利便性の向上、成田市と千葉ニュータウンの機能連携の強化にも大きく寄与する。	本事業の整備により、道路ネットワーク形成の強化を図ることで、首都圏北部・都心部並びに県西地域から成田国際空港へのアクセス強化、地域相互の交流・連携の促進、物流効率化の支援等に大きく寄与する。
事業者	整備主体：成田高速鉄道アクセス株式会社 運行主体：京成電鉄株式会社	千葉県
事業規模	改良区間 / 32.3km (追抜き施設、軌道改良等の工事を行う。) 新線建設区間 / 19.1km	4車線 約13.5km
事業範囲	起点：千葉県印旛郡印旛村若萩 終点：千葉県成田市三里塚	起点：千葉県印旛郡印旛村若萩 終点：千葉県成田市大山
関係地域	成田市、富里市、印旛村、本埜村、栄町	印旛村吉高、成田市北須賀、松崎、土屋

表2 代償ミティゲーション提案までの検討

年月	ミティゲーション検討
2001年 6月	成田新高速鉄道事業化推進検討委員会では、印旛沼の中央、北、南を通る3案が検討され、「中央を横断するルートが今後の検討案」とされた。
2002年 4月	日本野鳥の会千葉県支部より、路線変更や地下トンネル化などで鳥類との共生を図ってほしい。」という意見が県知事に提出される。
2002年 7月	方法書に対する住民意見として、「ルート変更の過程の説明」及び「複数案検討のために複数ルートの影響評価」を求めたものが提出された。事業者見解として、「極力集落の分断及び学校・病院などの施設を避け、自然環境の改変を出来る限り抑えられるよう距離を短くする等配慮した。印旛沼のヨシ原については、極力印旛沼部の抽水性植物を改変しないよう、橋梁構造を採用する。」とした。
2002年 8月	千葉県環境影響評価委員会において、「トンネル構造にできないか。」という案が出された。
2002年 11月	方法書に対する知事意見において、「今後の調査・予測結果を基に、環境保全措置について複数案の比較検討などを行うように。」と記述。
2004年 11月	準備書において、「代償措置として、ヨシ原を造成する。」と記述。住民意見として、「北印旛沼の区域及びそれに隣接する水田地帯においては、路線を迂回させるとか地下埋設するなど路線変更を含めた事業計画の変更を行うこと。」「路線変更もしくは地下トンネル工法を、再検討すること。」「環境影響がもっと少ないルートを再検討すること。」という意見が提出。
2004年 12月	千葉県環境影響評価委員会において、ルート変更、トンネル化について議論される。
2005年 2月	住民意見に対する事業者見解として、「ルートについては『成田新高速鉄道事業化推進に関する調査』により、鉄道の建設効果と地元沿線住民を中心とした環境保全等の影響を総合的に勘案し、現在ルート計画の基本が決定された経過からも、本ルートが路線として最適と判断されている。」とした。
2005年 4月	公聴会において、「路線の変更等計画の変更を行う必要がある。」「印旛沼の豊かな自然が後世に受け継がれるよう、現計画の抜本的な見直しを行う必要がある。」「希少鳥類への影響のある箇所は、ルート変更や地下トンネル化などの保護対策をとるべき。」「ヨシ原を近くに造成すると言うが、順調に育成して広いヨシ原になる保証はない。仮にできたとして、希少鳥類がそこを繁殖地として選ぶか保証がない。代替地を造るというだけでは無責任だ。」という意見が述べられた。
2005年 6月	準備書に対する知事意見(24日)において、「トンネル化及びルート変更を検討すること。」と記述。県議会(28日)において、県知事が「トンネル化は大変困難である。」と答弁。

3. 確認された貴重種

環境アセスメントの調査において、本事業の千葉県印旛沼（inba-numa）を通過するルート周辺において、サンカノゴイ（*Botaurus stellaris stellaris*）が生息していることが明らかになった（図3）。本種は、現在、日本において繁殖地して確認されている場所が印旛沼（inba-numa）のみであり、環境省のレッドリストにおいて、絶滅危惧IB類（EN）に、千葉県レッドデータブックにおいてA（最重要保護生物）に指定されている。しかし、生息地も個体数もきわめて少なく、夜行性で、人が近づきにくいヨシ原からあまり出ることからも、生態には不明な点が多い（表3）。

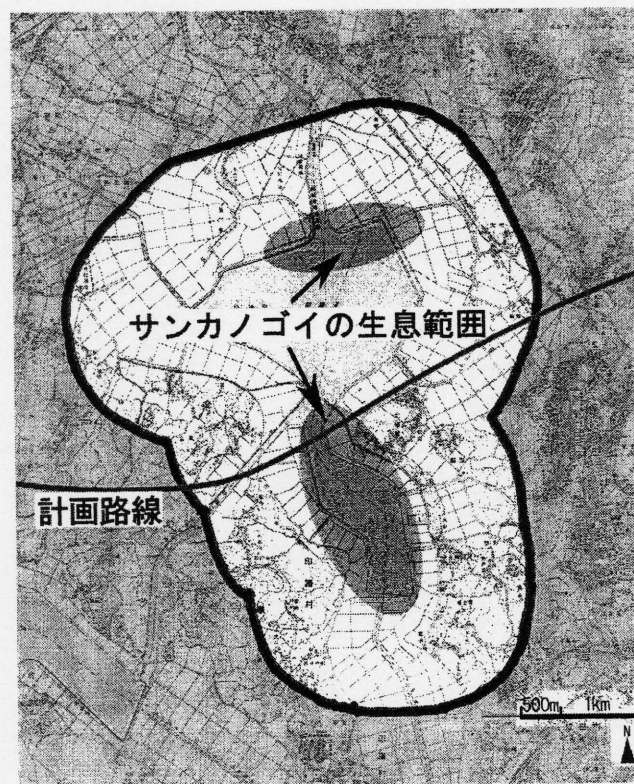




図3 サンカノゴイの生息範囲

表3 サンカノゴイの生態

和名	サンカノゴイ	
学名	<i>Botaurus stellaris stellaris</i>	
英名	Bittern	
写真		
分類	コウノトリ目 サギ科	
環境省レッドリスト の分類	絶滅危惧B類 (EN)	
千葉県レッドデータブック の分類	A 最重要保護生物	
摘要	北海道と本州中部の湿性の草原やヨシ原で繁殖する大型のサギ。国内での北海道以外での繁殖は1983年に滋賀県で初めて確認された。分布は局地的で、個体数も多くはない。	
形態	全長約70cm、翼開長約120cm。体重約1kg。雌雄同色。全身が黄褐色で黒い斑がある。頭頂と頸線は黒く、下面には縦斑がある。嘴と脚は緑褐色。一見似ているゴイスギ (<i>N.nycticorax</i>) の幼鳥は、体が小さく頸線の黒がない。	
分布の概要	種の繁殖分布はユーラシア大陸中部に広がり、北のものは東南アジア、インド、アフリカで越冬する。日本では、本亜種が北海道、茨城県、千葉県、滋賀県で繁殖し、繁殖地周辺では留鳥。北海道では夏鳥で、本州以南では冬鳥。南アフリカの <i>B.s.capensis</i> とユーラシア、北アフリカの基亜種 <i>B.s.stellaris</i> に分けられる。	
生物学的特性	生息地は広いヨシ原や湿性草原 (沼沢、湿原) で、繁殖には特に静かな環境を必要とする。魚類、甲殻類、昆虫類、両生類を食べる。5~8月頃、ヨシ原の地上に巣を作る。一夫多妻の繁殖も見られる。一腹産卵数は4~5卵。抱卵日数は約25日。メスのみが抱卵、育雛する。オスはウシガエルのような声で鳴く。	
分布域とその動向	繁殖地は狭い範囲に限定される。生息地のヨシ原は減少している。	
個体数とその動向	生息地であるヨシ原の減少から、個体数の減少が心配されるが、全国的な個体数の動向は把握されていない。	
生息地の現況とその動向	ヨシ原や湿性草原は各種の開発、河川改修などで消失しつつある。	
存続を脅かしている原因と その時代的变化	生息地の破壊 (湿地開発) のほか、農薬汚染の可能性もある。	

注) 千葉県RDBにおける「A 最重要保護生物」は、個体数が極めて少ない、生息・生育環境が極めて限られている、生息・生育地のほとんどが環境改変の危機にある、などの状況にある生物。放置すれば近々にも千葉県から絶滅、あるいはそれに近い状態になるおそれがあるもの。このカテゴリーに該当する種の個体数を減少させる影響及び要因は最大限の努力をもって軽減または排除する必要がある。

出典：河井大輔ほか (2003)、環境省 (2002)、日高敏隆ほか (1996)、千葉県 (Web1) を改変

4. 提案された7つの代償ミティゲーション候補地

サンカノゴイのハビタットであるヨシ原を人工的に復元、創造する代償ミティゲーションの候補地として、A~Gの7つの案が挙げられた(表4、図4)。

なお、厳密に言えば、印旛沼内でのヨシ原の造成案は、「回避→最小化(低減)→代償」というミティゲーションの種類と優先順位の中の「低減ミティゲーション」にあたり、「代償ミティゲーション」とは呼べないものである。

表4 提案された7つの代償ミティゲーション案

候補地案	面積(ha)	水際長(m)	位置(本来的な位置づけ)
A案	24	2000	沼の外側(代償ミティゲーション)
B案	5	1200	沼の外側(代償ミティゲーション)
C案	4	1200	沼の外側(代償ミティゲーション)
D案	6	1000	沼の内側(低減ミティゲーション)
E案	4	500	沼の内側(低減ミティゲーション)
F案	7	900	沼の内側(低減ミティゲーション)
G案	3	500	沼の内側(低減ミティゲーション)
A~Gの合計	53	7300	-

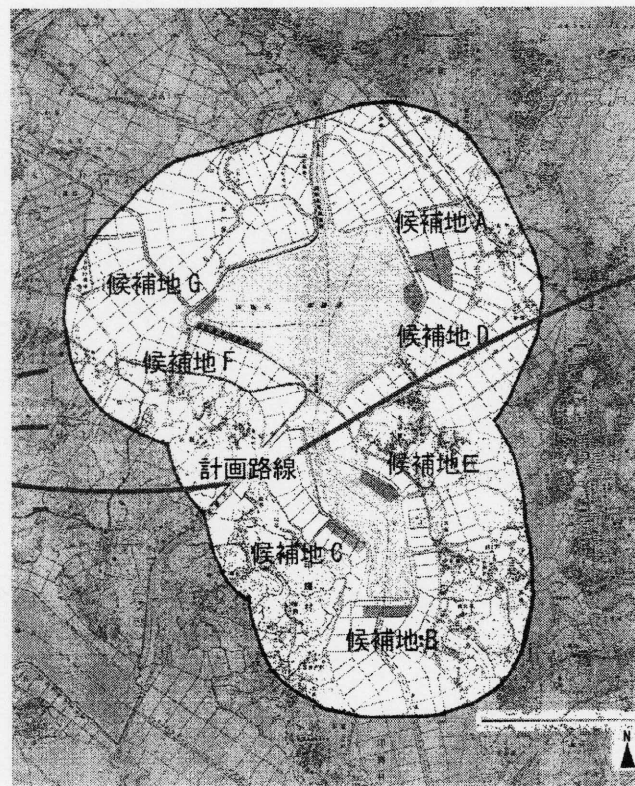


図4 7つの代償ミティゲーション候補地

5. HEP分析の概要

HEPは、本事業（「成田新高速鉄道線」及び「一般国道464号 北千葉道路」）の環境アセスメントの方法書が提出された2002年から環境影響評価書が提出された2005年までの間に行われた。主な作業は環境影響評価準備書が提出された2004年までの2年間に行われ、HEP分析結果は、2004年の環境影響評価準備書及び2005年の環境影響評価書に示された。HEPは、本事業によって影響を受ける貴重種サンカノゴイの保全のために提案された7カ所の代償ミティゲーション候補地の優先順位を求めるために行われた。

本研究は、上記HEP分析を元に、HSIモデルを改良し、さらに、開発事業がない場合（ベースライン）、代償ミティゲーションを伴わずに開発事業を行う場合を追加した合計9ケースについて、累積的ハビタットユニット（CHU、Cumulative Habitat Unit）を予測し、比較したものである。以下にHEP分析について概説した。

(1) HEPチーム

HEPはHEPチームというグループで推進される。今回のHEPチームは、今回の開発計画がサンカノゴイという貴重な鳥類のハビタットに直接的及び間接的な悪影響を与えること、そのためにそのハビタットであるヨシ原を代償ミティゲーションとして復元、創造することが提案されていることから、開発地域を含む関東地域の鳥類の専門家、ヨシ原の復元の専門家に、HEPチームリーダーとしてのHEPの専門家、調査や分析作業を行う環境コンサルタントというメンバーで編成された。

なお、筆者はHEPチームリーダー、生態系アセスメント及び生態系ミティゲーション専門家として参加した。

(2) HEP評価種の設定

前述した本HEP分析の目的から、サンカノゴイ (*Botaurus stellaris stellaris*) を評価種に設定した。

(3) HEP評価区域の設定

調査区域は、本事業において、影響を受ける区域と代償ミティゲーション・サイトならびにサンカノゴイの行動範囲を考慮し、調査区域を設定した。対象地域のサンカノゴイの観察から同地域のサンカノゴイが移動する最長距離である約1.5kmを行動範囲と仮定し、印旛沼と印旛沼のふちから1.5kmのエリアを評価区域とした（図5）。

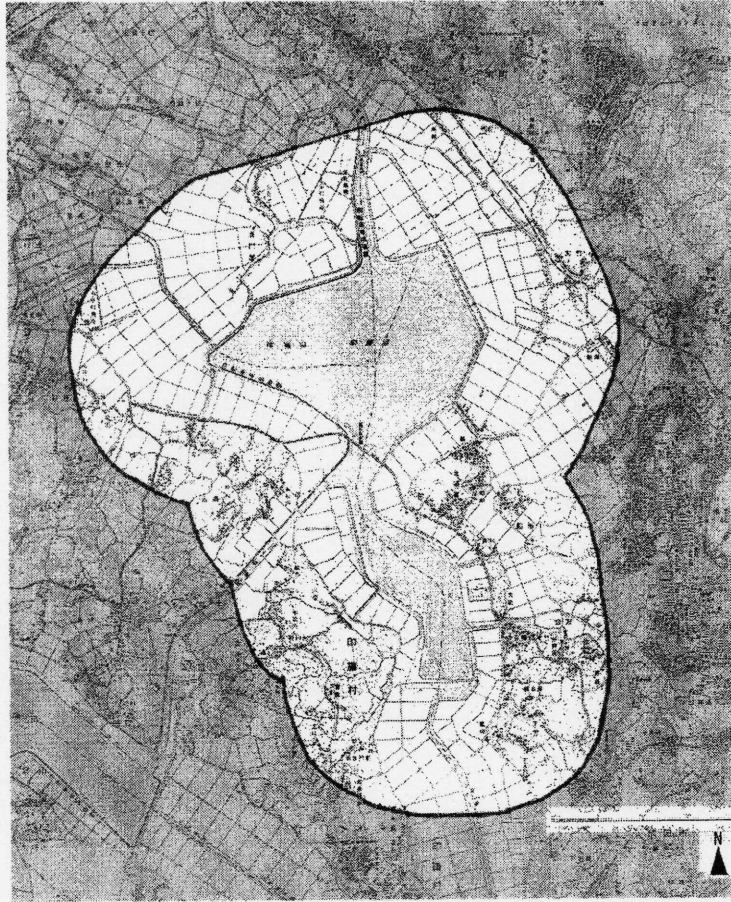
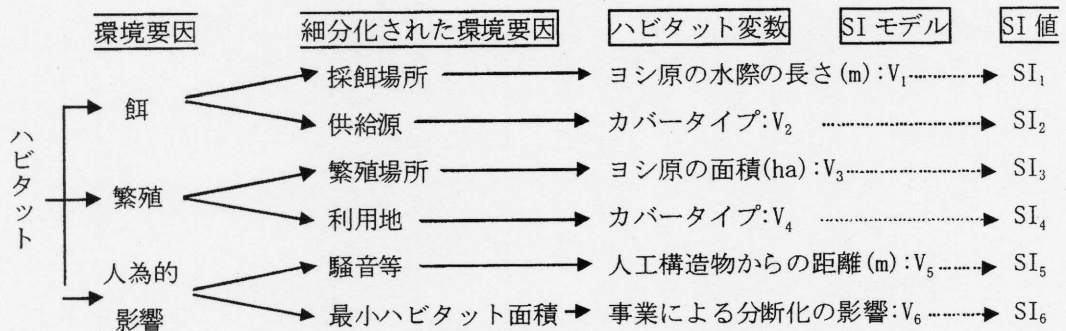


図5 HEP評価区域

(4) サンカノゴイの環境要因の抽出

サンカノゴイのハビタット条件（環境要因）を餌条件、繁殖条件と人為的影響の3つの側面から整理し、最終的に6つの生存必須条件ごとにそれぞれのSIモデルを作成した。



注) 最小ハビタット面積とは、ある地域がある種に占有される前の状態において、その種にとって最低限必要な、連続した好適ハビタットの面積（財団法人日本生態系協会，2004）として定義されている。

図6 サンカノゴイの環境要因（生存必須条件）の抽出

(5) SIモデルの構築

SIはSuitability Indexの略であり、ある環境要因に着目した生息環境の適否を示す指標である。ここではSI1「ヨシ原の水際の長さ」を例にとって説明した。

サンカノゴイの採餌は、水際の抽水植物に覆われた浅場で行われる。したがって、サンカノゴイの生存のためにはある一定面積以上の抽水植物に覆われた水際の存在が必要となる。本SI1モデルは、この条件についての土地の状況を0（まったく適していない）から1（もっとも適している）の間の指数で表したものである。

印旛沼では、サンカノゴイが生息しているヨシ原の最も短い水際長は約350m、平均的な水際長が約800mであった。このため、次のようにSI₁を定めた。

調査対象区域の水際長が0m以上350m未満の時はSI₁=0。同じく800m以上の時はSI₁=1。また、水際長が350m以上800m未満の間のSI₁の値は直線的に増加すると仮定した。

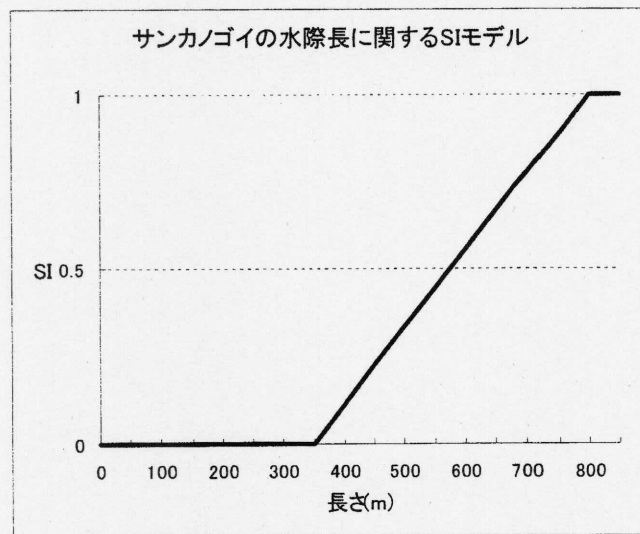


図7 サンカノゴイの水際長に関するSIモデル

(6) HSIモデルの構築

図5で示した6つのSIモデルからそれぞれのSI値を読み取り、最終的にひとつのHSIの値を算出するモデルのことをHSIモデルという。HSIとはHabitat Suitability Indexの略で、個々の環境要因を総合した生息値としての適正度合いを示す指標である。今回はそれぞれの重み付けを考慮して、以下のようなHSIモデル式を作成した。

$$\begin{aligned} \text{HSI} = & \{ (\text{水際長のSI}_1) + (\text{供給場所のカバータイプSI}_2) \} / 2 \\ & \times \{ (\text{ヨシ及びマコモの面積のSI}_3) + (\text{生活上利用する場所のカバータイプSI}_4) \} / 2 \\ & \times (\text{道路からの距離のSI}_5) \times (\text{最小ハビタット面積のSI}_6) \end{aligned}$$

(7) CHUの算出

THUとは、Total Habitat Unitの略で、ある年の評価区域のハビタットとしての質的価値と空間的価値を乗じた指数 (HU) の合計である。HU (Habitat Unit) という指数は、各評価小区域 (評価区域をSIモデルの必要に応じて区分したHEP分析のための最小区域：通常はカバータイプごとの区分) のHSIの値にその評価小区域面積を乗じた指数である。

今回のHEP分析では、事業開始 (ヨシ造成開始) 時 (TY0)、ヨシ造成工事後5年時 (TY5)、ヨシ造成工事後10年時 (TY10)、ヨシ造成工事後30年後 (TY30) の4時点のそれぞれのTHUを求め、それらの結果からCHU (Cumulative Habitat Unit) を算出した。

CHUは、表4に示した7種類の代償ミティゲーションを伴う7種類の開発事業、開発事業がなかった場合 (ベースライン)、代償ミティゲーションを伴わずに開発事業を行う場合の合計9ケースごとに算出した。算出したCHUを表5に示す。

この結果、もっとも効果的な代償ミティゲーションはA案であり、最も効果の低い代償ミティゲーションはC案及びE案であった。しかしその差はほとんどない。A案からG案のすべての代償ミティゲーションを実施したとしても、ベースラインのCHUを上回ることではできず、ノーネットロスを実現するためには絶対的な土地の広さを伴う代償ミティゲーションの実施が必要であることを再確認した。

表5 CHUの算出結果

	ミティゲーション なし		開発とミティゲーション ともにあり							
	① ベース ライン	② 開発 のみ	③ 開発 + A案	④ 開発 + B案	⑤ 開発 + C案	⑥ 開発 + D案	⑦ 開発 + E案	⑧ 開発 + F案	⑨ 開発 + G案	⑩ 開発 + A~G案
THU TY0	244	244	244	244	244	244	244	244	244	244
THU TY5	-	134	134	134	134	134	134	134	134	134
THU TY10	-	-	144	135	134	137	134	138	135	152
THU TY30	244	134	144	135	134	137	134	137	135	152
CHU	733 1	430 2	454 3	431 5	430 5	435 7	430 5	437 6	431 0	4697

6. 生態系アセスメントへのHEP適用の可能性

本研究は、環境アセスメントにおける各種ミティゲーション（回避→最小化→代償）の評価手法としてのHEP適用の可能性を考察することを目的に、実際に行われた環境アセスメントにおけるHEPをケーススタディーに検討したものである。

本ケーススタディーを通して、生態系アセスメントへのHEP適用の可能性について以下に示すようないくつかの要点が抽出された。

- ① HEPは複数案を生物の視点から比較評価するのに適した手法である。
- ② HEPは広域かつ早期の土地利用に影響を及ぼす戦略的環境アセスメントにおいて特に有効な手法である。
- ③ HEPでは、生物の生存必須条件だけではなく、今回の人工構造物からの距離SI5や最小ハビタット面積SI6などの人間の側からのハビタットへの影響も含めることが可能であり、環境アセスメントにおける手法として極めて適切なものである。
- ④ HEPでは、わかりにくい生態系の価値や影響を誰でもわかる数値に置き換えることにより、市民の当該事業の生態系に対する影響や事業者が提案するミティゲーションの効果の理解を増すことができる。
- ⑤ 開発地におけるハビタットの損失と代償ミティゲーションサイトにおけるハビタットの利益を比較することはHEPでは容易であるが、そうすることで実質的に効果のある代償ミティゲーション（例えば開発地域面積に相当するハビタット面積の確保など）提案の重要性が国民にわかりやすく伝わる。
- ⑥ HSIモデルの作成と公開は、当該評価種の生存必須条件や人間活動の影響などに関するこれまでの科学文献を収集整理する二次的な役割もあり、評価種の基礎的資料の蓄積及び利用、ひいては評価種の保全に大きな貢献が期待できる。
- ⑦ HEPを適用することで、これまで曖昧でかつ公開されてこなかった、生物に影響を与えるおそれのある計画やミティゲーション方策についての具体的情報の公開が促進される。

生物多様性保全の実現には、保全すべき生物のハビタットの保全が最初で最後の必要十分条件である。HEP適用によって、開発行為によりどのようなハビタットが、いつ、どれだけ失われ、ミティゲーション方策によってどのようなハビタットが、いつ、どれだけ得ることができるのか、というわかりやすい情報が市民に伝わり、その結果、回避→最小化→代償というミティゲーションの種類と優先順位の遵守、当該開発が中止されない限りは代償ミティゲーション（生物多様性オフセット）は必要不可欠であることなどの理解が促進される。今後、より多くの開発計画、環境アセスメント、自然再生事業などでHEPが適用されることにより、生物多様性保全の損失と利益が市民にわかりやすく提示され、ひとつの地域から地球全体の生態系のノーネットロスにつながってゆくことを期待したい。

参考文献

- 梶原成元 (2005) “環境影響評価の基本的事項の改正等について”, 環境アセスメント学会第3回公開セミナー, 3-16.
- 田中章 (2009) “生物多様性オフセット”制度の諸外国における現状と地球生態系銀行, “アースバンク”の提言. 環境アセスメント学会誌, Vol.7, No.2, 1-7.
- 田中章,大澤啓志,吉沢麻衣子(2008)環境アセスメントにおける日本初のHEP適用事例.ランドスケープ研究,Vol.71 No.5,543-548.
- 田中章 (2008) 順応的管理による人工干潟造成のためのHEP適用に関する研究 -尾道糸崎港の4つの干潟におけるケーススタディ. 武蔵工業大学環境情報学部 紀要, 第9号, 50-62.
- 田中章 (2006) HEP 入門-ハビタット評価手続き-マニュアル. 朝倉書店. 東京, 266pp.
- 田中章 (2005) 「再生」の環境アセスメント-新しい環境アセスメントの可能性-. 環境アセスメント学会誌, Vol.3, No.1, 46-49.
- 田中章(2004)米国の油流出事故に伴う代償ミティゲーションとその定量的評価手法HEA. 環境アセスメント学会誌, 2(2), p55-61.
- 田中章(2003)生態系アセスメントにおける課題と展望 -ミティゲーションと生態系の定量的評価について. 環境アセスメント学会誌, Vol.1, No.2, p1-2.
- 田中章(2003)ハビタットの評価と復元 -代償ミティゲーションを評価するHEP-. 日本生態学会関東地区会報, 51, p25-33.
- 田中章(2002)新たな自然復元・再生・浄化技術 米国のハビタット評価手続き"HEP"誕生の法的背景. 環境情報科学, vol.31, p37-42.
- 田中章(2002)生態系のレストレーション 何をもって生態系を復元したといえるのか?生態系復元の目標設定とハビタット評価手続きHEPについて. ランドスケープ研究, vol.65, No.4, p282-285.
- 田中章 (2000) 環境影響評価制度におけるミティゲーション手法の国際比較研究. ランドスケープ研究Vol.64 (2), 170-177.
- 田中章 (2000) 新しい評価領域-ミティゲーションと生態系評価-. 環境科学会誌 Vol.13 (2), 280-28.
- 田中章 (1999) 米国の代償ミティゲーション事例と日本におけるその可能性. ランドスケープ研究Vol.62 (5), 581-586.
- 田中章 (1998) 環境アセスメントにおけるミティゲーション規定の変遷. ランドスケープ研究 Vol.61(5), 763-768.
- 成田高速鉄道アクセス株式会社 (2004) 成田新高速鉄道線環境影響評価準備書 (要約書), 千葉県, 成田新高速鉄道線環境影響評価準備書 (要約書), p.27-31
- 千葉県環境政策課環境影響評価・指導室 (Web1), 環境影響評価 (環境アセスメント), http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e_kansei/assess/assess.html, 2005.07.09
- 成田高速鉄道 (Web1), 成田新高速鉄道整備事業. <http://www.nra36.co.jp/index.cgi>, 2005.04.26
- 成田市 (Web1), 北千葉道路. <http://www.city.narita.chiba.jp/>, 2005.04.25