



수문학 연구의 산실, 영국 생태수문연구소 소개

- Introduction of CEH(Centre for Ecology & Hydrology), the cradle of hydrology research -



김 현 준
한국건설기술연구원 수자원연구실 연구위원
hjkim@kict.re.kr

1. 머리말 (Introduction)

필자는 한국건설기술연구원의 직원교육프로그램의 지원으로 영국 생태수문연구소(CEH, Centre for Ecology & Hydrology)에 방문연구자로서 1년간(2012.3.12.~2013.3.11.) 체류하고 있다. 본 방문연구는 CEH 및 영국 자연환경연구위원회(NERC, Natural Environment Research Council)의 초청에 의하여 이루어졌으며, 도시홍수, 유역물순환, 홍수예보 분야와의 밀접한 교류와 향후 공동연구를 위한 기반을 구축하고 영국 수문분야 연구자들과의 네트워크를 넓히는데 목적이 있다.

우리에게 'Flood Study Report'(IH, 1975)로 잘 알려진 영국의 수문연구소(IH, Institute of Hydrology)가 바로 CEH이다. 2000년부터 기관 이름을 CEH로 사용하고 있다. 본 고에서는 CEH의 설립 배경과 현재 수행중인 연구분야를 소개하고자 한다. 또한 우리 학회와 유사한 영국의 수문학회에 대해서도 간단한 소개를 덧붙여 회원들의 이해를 돕고자 한다.

2. CEH의 현황 및 역사

2.1 CEH의 현황

영국 정부는 정책 및 산업계 지원을 위한 연구를 지원하고 관리하기 위하여 7개의 분야별 연구위원회(Research Council)를 두고 있다. 이들은 각기 STFC(Science and Technology Facilities Council), EPSRC(Engineering and Physical Sciences Council), BBSRC(Bioecology and Biological Sciences Council), AHRC(Arts and Humanities Council), NERC(Natural Environment Research Council), MRC(Medical Research Council), ERSC(Economic and Social Research Council) 등이며, CEH는 NERC에 소속되어 있다.

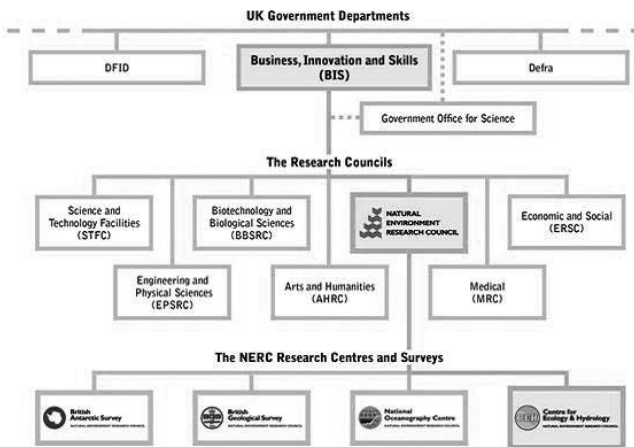


그림 1. 영국 NERC 산하의 연구소 현황

NERC에는 CEH 외에도 BAS(British Arctic Survey), BGS(British Geological Survey), NOC(National Oceanography Centre) 등의 연구소가 포함되어 있다.



그림 2. CEH를 비롯한 여러 기관이 연구단지(Maclean Building)에 모여 있다(사진, 김현준).

CEH는 영국 Oxfordshire의 Wallingford에 위치하고 있으며 Edinburgh, Lancaster, Bangor에도 연구 분소가 있다. 325명의 과학자와 125명의 지원인력이 근무하고 있다. Wallingford의 연구소 인근에는 수리분야의 연구와 수리실험을 수행하는 HR Wallingford Limited가 있다.

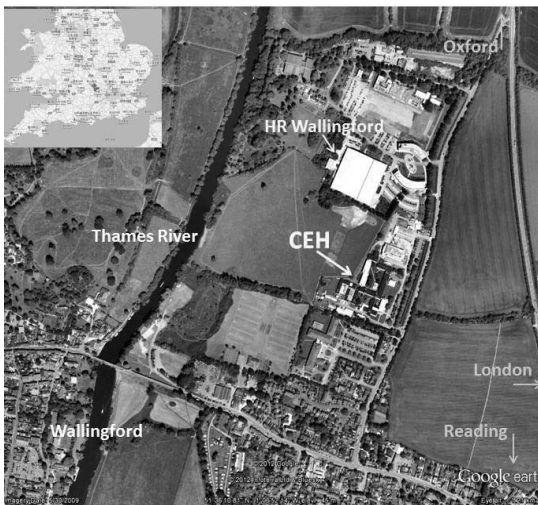


그림 3. CEH의 위치(Google Map)

CEH는 각기 별도로 운영되던 4개의 연구소를 통합하여 생물(Biodiversity), 생물 지질 화학(Biogeochemistry) 및 물(water)의 3개 분야가 “변화하는 세상을 위한 종합과학”을 목표로 학제간 협동 연구를 수행하고 있다.

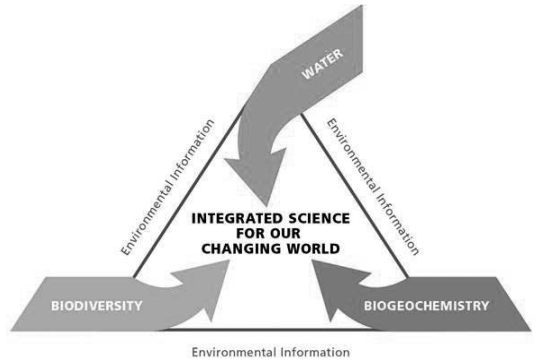


그림 4. CEH의 학제간 통합연구

CEH는 정부의 여러 부처와 협력하고 있는데, DEFRA (Department for environment food and rural affairs), EA(Environment Agency), SEPA(Scottish environment protection agency), DFID(Department for international development), EC(European commission) 및 각 지방 정부(England, Wales, Scotland, Northern Ireland)의 관련 기관 등이다.

2.2 CEH의 역사

2차 대전이 막바지에 달하던 즈음에 하천과 항만 시설에 대한 수리 연구의 필요성이 대두되었다. 1945년에 영국 토목학회(Institution of Civil Engineers)는 해안침식, 홍수방어, 하천/하구/항만에서의 퇴적과 세굴 등과 같은 토목공학적 문제를 다룰수 있는 기구(연구소) 설립을 건의하였다. 1947년에 과학산업연구부(Department of Scientific and Industrial Research) 산하에 수리연구소(HRS, Hydraulic Research Station¹⁾)가 런던에서 발족하였다. 이들은 항구적인 실험시설과 연구

시설을 물색하였는데 적절한 장소로 “수량이 풍부한 곳, 평탄한 곳, 적절한 토질과 전력공급이 용이한 곳”을 조건으로 하였다. 마침내 1949년에 Oxfordshire의 Wallingford에 있는 Thames 강 좌안의 국유지였던 Howbery Park을 선정하게 되었고, 1951년에 London의 ‘National Physical Laborator’에 있던 연구실을 Wallingford로 이전하였다. 1961년에는 수문연구위원회(Committee on Hydrological Research)의 권고에 따라서 자연유역에서 물수지(water balance)를 연구하는 수문연구실(Hydrological Research Unit)이 HRS에 추가되었다. 1965년에는 법령(Royal Charter)에 의하여 NERC(Natural Environment Research Council)가 설립되었고, Hydrological Research Unit은 HRS에서 NERC로 소속을 옮기게 되었다. 1967년에는 수문기상과 지하수 연구실이 추가되었으며, 이듬 해인 1968년에 수문연구소(IH, Institute of Hydrology)로 명칭을 개편하였다. IH의 대표적인 업적으로 꼽을 수 있는 ‘Flood Study Report’가 1969년 12월부터 1972년 7월까지 Dr. John Sutcliffe가 이끄는 30여 명의 연구팀(Dr. John Sutcliffe, Ma Beran, Con Cunnane, Dick Johnes, Mike Lowing, Dr. John Miller와 Malcom Newson 등 7명을 “Magificent 7”이라 한다)에 의하여 수행되었으며 보고서는 1975년에 발간되어 이후 영국은 물론 세계 여러나라의 홍수량 연구의 모범이 되었다. 1973년에는 새로운 연구동이 완성되어 NERC의 부위원장이었던 고(故) Donald J Maclean(토양물리학자)의 이름을 따서 Maclean Building으로 명하였다. 현재 이 곳에는 CEH외에도 BGS(British Geological Survey), Met office 협동연구실, IAHS(International Association of Hydrological Societies), IST(Information, Systems and Technology), Wallingford HydrSolutions 등이 연구동을 같이



그림 5. Flood Study Report(1975) 작성을 위하여 연구팀이 머물던 Wallingford 시내의 건물(사진, Google Earth)

사용하고 있다.

한편, HRS는 1971년에 환경부로 이전되었다가 1982년 민영화가 되어 Hydraulic Research Station Limited로 바뀌었고 1983년에는 Hydraulic Research Limited, 1991년에는 **HR Wallingford Limited**로 바뀌어 현재에 이르고 있다. 필자가 출국하기 전에 한국의 여러 원로분들께서 수리연구소(아마도 Hydraulic research Station)도 부근에 있을 것이라고 말씀해 주셨었는데 HRS와 CEH는 같은 뿌리를 두고 있었다.

1994년에는 NERC에 CEH(Centre for Ecology & Hydrology)가 설립되었다. CEH에는 Institute of Hydrology(IH), Institute of Freshwater Ecology(IFE), Institute of Terrestrial Ecology(ITE), Institute of Virology and Environment Microbiology(IVEM) 등 4개의 연구소가 소속되어 독립적으로 운영되었다. 2000년에는 각각 운영되던 4개의 연구소를 한 명의 원장이 관리하는 조직으로 사실상의 통합을 완결하였다.

1) Station는 불어로 연구소를 의미함

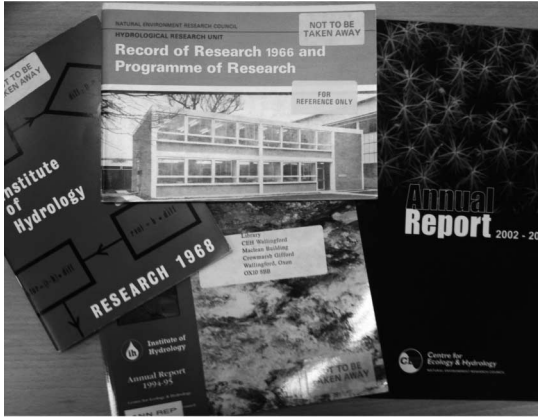


그림 6. CEH의 역사를 볼 수 있는 연차보고서 (사진, 김현준)

3. CEH의 연구분야

NERC에서 발간된 연차보고서 (2008-2009)에 의하면, CEH는 19.5백만£(한화 약 712억원)의 예산을 사용하였으며, 600여명의 연구진과 학생들이 근무하고 있다.

CEH의 연구분야는 크게 생물다양성(Biodiversity), 생물지질화학(Biogeochemistry) 및 물(water)로 나뉘어 있는데, 본 고에서는 Water Program에 대해서만 자세한 소개를 하고자 한다.

Water Program은 CEH의 부원장(deputy director)인 Prof. Alan Jenkins에 의해 이끌어지며 3개의 하위 프로그램(Water Topic)으로 구성되어 있고 각 Topic은 또다시 4개의 Sub-Topic으로 나뉘어져 있다.

Water Program은 유역 및 수자원의 지속가능한 관리를 지원하기 위하여 유량, 수질 및 생물자원에 대한 과학적 연구를 지원하고 있다. 지형학, 수문학, 저습지 및 상류하천과 호수의 생물에 대한 관측 및 분석을 통하여 경향을 규명하고 기존 혹은 새로운 모델을 평가한다. 담수계에서 비생물적 및 생물학적 과정들의 역할과 상호작용을 규명하고 담수생태계의 관리, 보전 및 복원을 위하여 모니터링, 실험 및 모델링 방법들이 적용된다. 유역 규모의 모니터링 및 실험

연구들은 지표면과 대기의 수문학적인 피드백에 대해 현재 우리들이 알고 있는 한계로부터 생길 수 있는 환경변화예측의 불확실성을 줄이는 것을 목표로 하고 있다.



그림 7. CEH 연구동 중앙의 정원. 생태계 모니터링을 위하여 자연 그대로 두고 있다.(사진, 김현준)

Water Program은 3개의 상호 연계된 주제(Topic)로 구성되어 있다.

- WA-1 물 시스템에서의 변동성과 변화 (Variability and change in water systems) (Topic leader, Dr. David Boorman)
- WA-2 생태수문학적 과정 (Ecohydrological processes) (Topic Leader, Prof. Mike Acreman),
- WA-3 물관리과학 (Science for water management) (Topic Leader, Dr. Graham Leeks),

물 분야의 연구 프로그램은 다음과 같은 내용을 담고 있다:

- 호소시스템 개선 (Lake system remediation)
- 기후변화에 대한 심층호수의 영향 (Response of deep lakes to climate change)
- 스코틀랜드 담수생태계 (Scottish freshwater ecosystems)
- 실험습지(Experimental wetlands)



- 도시 및 인접지역의 물수지 (Water balance of peri-urban systems)
- 수문학적 극치사상의 예측 및 모델링-가뭄 (Prediction and modelling of hydrological extremes-drought)
- 미생물(Micro-organics)
- 수질(Water quality)
- 기후, 유량 및 서식처에 대한 하천생태의 영향 (Response of river biota to climate, flows and habitat)
- 강우예측(Rainfall forecasting)
- 육지에서 바다까지 관측(Source to sea observatories)

3.1 Water Program WA-1

WA-1은 환경요인에 대해서 시스템의 반응에 대한 발견과 특성 등을 연구하며(불확실성 분석을 포함한 장기간 및 대규모 지역에 대한 모니터링 및 모델링), 다음과 같은 상호 연계된 4개의 전문분야로 구성되어 있다.

- WA-1.1 담수시스템에 대한 장기 모니터링 및 종합 관측 (Continued long-term monitoring and integrated observation of freshwater systems)
- WA-1.2 수질, 수량 및 수생태계의 건강성에 대한 변동성 정량화 (Quantifying variability in water quality, quantity and ecosystems health)
- WA-1.3 기후변화 및 토지이용변화가 수문 및 담수시스템에 미치는 영향 평가 (Model, attribute and predict impacts of climate and land cover change on hydrological and freshwater systems)
- WA-1.4 담수계 자료의 관리 및 배포 (Management and dissemination of fresh

waters data)

연구분야는 다음과 같다.

- 담수미생물생태 (Freshwater microbial ecology)
- 수문생태 (Hydroecology)
- 호소에서 화학적 생물학적 장기모니터링 (Long-term chemical and biological monitoring of lakes)
- 산림유역 모니터링 (Monitoring upland forested catchments)
- 저지대 투수성 유역의 수문, 생태, 화학적 기능 (Hydrology and ecological/chemical functioning of lowland permeable catchments)
- 스코틀랜드 보존지역 수자원평가 (Assessing the condition of Scottish standing waters)
- 물 시스템의 경향 및 변동성 정량화 (Quantification of trends and variability in water systems)
- 하천흐름 빈도 평가 및 예보 (River flow frequency estimation and forecasting)
- 변화하는 세계의 수자원평가 (Assessing water resources in a changing world)
- 담수 및 습지의 지속가능한 관리 (Sustainable management of freshwaters and wetlands)

3.2 Water Program WA-2

WA-2는 하천, 호소 및 습지에서 다양한 규모(실험실 수준에서 현장까지)로 자료와 모델을 이용하여 플럭스, 유로, 물의 수원과 저류, 화학물질, 유사 및 담수생명체에 대하여 규명하고 정량화하는 연구를 수행하고 있으며, 다음과 같은 상호 연계된 4개의 전문분야가 있다.

- WA-2.1 물의 기원, 플럭스, 유로, 화학물질 및

유사에 대해서 규명하고 정량화 (Identifying and quantifying sources, fluxes and pathways of water, chemicals and sediments)

- WA-2.2 도시 및 농촌의 토지이용이 생태수문학적 기능에 미치는 영향을 종합화 (Integrating the effect of urban and rural land use on the ecohydrological functioning of a landscape mosaic)
- WA-2.3 하천, 호소 및 습지 생태계가 생태수문학적 인자에 미치는 영향 평가 (Assessing responses of river, lake and wetland ecosystems to ecohydrological drivers)
- WA-2.4 담수생태계의 기능과 기여를 조절하는 먹이사슬구조 및 영양에 대한 상호 작용 정량화 (Quantifying food web structure and trophic interactions that control freshwater ecosystem functions and services)

연구분야는 아래와 같다.

- 담수미생물생태 (Freshwater microbial ecology)
- 습지복원 및 관리 (Wetland restoration and management)
- 환경유량 (Environmental flows)
- 도시의 수문생태 (Peri-urban hydro-ecology)
- 하상혼합대의 기작 (Hyporheic zone processes)

3.3 Water Program WA-3

WA-3은 보다 나은 적응, 저감 및 복원을 가능케 하는 도구, 방법, 모델, 기술, 지침 및 시나리오 분석 등의 연구를 담당하며, 다음과 같은 상호 연계된 4개의 전문분야가 있다.

- WA-3.1 하천의 유량빈도 평가 및 예측을 위한 차세대 방법의 개발 (Development of next-

generation methods for river flow frequency estimation and forecasting)

- WA-3.2 기후, 토지이용, 인구성장에 대한 장기 시나리오에 근거한 가용수자원의 평가 (Assessment of available water resources in a changing world based on long-term scenarios of climate, land use and population growth)
- WA-3.3 지구 시스템 모델에서 수문학적 생지구화학적 반응 모사 방법의 개선 (Better representation of hydrological and biogeochemical processes in Earth-system models)
- WA-3.4 담수 및 습지의 지속가능한 관리를 위한 개선 방안 개발 (Development of novel and improved methods to enable the sustainable management of freshwaters and wetlands)

연구분야는 다음과 같다.

- 수문학적 극치사상의 예측 및 모형화 (Prediction and modelling of hydrological extremes)
- 전지구적 수문학적 모델링 (Global hydrological modelling)
- 수자원종합관리 (Integrated water resource management)
- 유역관리 (Community catchment management)
- 지중해지역의 지속가능한 물이용 (Sustainable water use in the Mediterranean)
- 식물성 플랑크톤에 대한 환경영향 예측 (Predicting environmental impacts on phytoplankton communities)
- 부영양방지 호수복원기술 (Techniques for enhancing lake recovery from eutrophication)



3.4 Water Program에서 개발된 소프트웨어

CEH는 이전 수문연구소(IH) 시절부터 수리, 수문, 수자원, 하천수질과 관련하여 다양한 프로그램을 개발하여 공급하고 있다.

표 1. CEH에서 개발된 주요 소프트웨어

프로그램	주요 내용
FEH CD-ROM	홍수량 산정 방법과 영국 전역의 자료가 정리
WINFAP-FEH	홍수량 산정
IH-FLOODS	홍수량 산정
HYDATA	수문자료 관리
HYRAD	레이다 강우예측
LOW FLOWS 2000	갈수량 산정
PC-IHACRE	장기 강우-유출
PC-QUASAR	하천수질 모의
QUESTOR	하천수질 모의
RAPID 2.1	하천생태조사 자료 입력 시스템
ReFH	개정된 홍수량 산정
RFFS	실시간하천 유출 산정
RIVPACS	하천수질 생물학적 평가
STARBUGS	생태평가시 불확실성 평가
WHAM	수생태계 화학적 분류

이중 FEH CD-ROM은 HydroSolution에 의하여 판매되고 있으며 영국내의 홍수량산정을 위한 실무에 활발히 적용되고 있다.

3.5 한국건설기술연구원과의 연구협력

한국과의 지속적인 연구 교류를 위하여 한국건설기술연구원과 CEH는 연구협력에 관한 협정(MoU)을 2012년 5월 9일에 체결하였다. 체결식에는 한국건설기술연구원의 김광수 수자원환경연구 본부장과 CEH의 원장인 Prof. Mark Bailey 및 주요 관계자들이 참석하였다. 조인식과 함께 연구소 현황 및 양국 수자원 현황 소개를 위한 세미나(양측에서 5편의 발표)를 개최하여 이해를 넓힐 수 있도록 하였다.



그림 8. KICT-CEH MoU 조인식 후 기념 촬영. 우측으로부터 Dr. Nick Reymond(연구실장), 주진철 박사(한국건설기술연구원), Dr. Thomas Kjeldsen(영국 홍수량 산정 전문가, 필자의 연구 파트너), 김광수 박사(한국건설기술연구원 수자원환경연구본부장), Prof. Mark Bailey(CEH 원장), Dr. David Boorman(연구실장, 필자가 소속된 연구실), Prof. Mike Acreman(연구실장), Dr. Steve Cole(영국 홍수예보 전문가, 필자(사진, 김현준))

4. 영국수문학회(BHS, British Hydrology Society)

영국 수문학회(<http://www.hydrology.org.uk>)는 수문학 분야의 발전을 위하여 1983년에 설립되었다. 회장 및 주요 임원은 회원들에 의하여 선출되며 임기는 2년이다. 현재 회장은 Mr. Bob Sargent이고, 사무국장은 Mr. Tim Fuller이다. 6개의 지회를 지역에 두고 있으며, 각 지회는 자체적인 위원회와 학술 모임, 행사 등을 개최하고 연례학술회의에 참여한다. 지회는 다음과 같은데, Scottish Hydrologic Group은 영국 토목학회(Institution of Civil Engineers)와 연계되어 운영되고 있다.

- Midland Section
- Pennines Hydrological Group (North of England)
- Scottish Hydrological Group
- South-East Section
- South-West Section
- Welsh Section

2012년 현재 회원수는 1,000 여명인데, 회원의 1/3은 토목공학 전공자이고 지리학 분야 전공자들이 1/3이다. 환경과학, 물리학, 수학, 지질학 분야의 전공자들이 나머지를 차지하고 있다. 회원들은 수문실무(engineering hydrology), 수문연구(scientific hydrology), 수문생태(hydro-ecology), 수리지질(hydrogeology), 수문기상(hydrometeorology), 수자원계획/분석/운영(water resources planning, analysis, operation), 홍수예보(flood forecasting) 및 수문계측(hydrometry) 분야에 종사하고 있다. 이들의 주요 업무 기관은 환경청(environment agency), 설계사(consultancy), 물관리기관(water utilities) 및 연구소와 대학 등이다. 전체 회원의 50%가 영국 내에서 일을 하고 있으며 8%는 해외에 거주하고 있다.

학회에서 발간하는 정기 학술지는 Hydrological Research이다. 영국수문학회(BHS)와 북유럽수문학회(Nordic Association for Hydrology), 독일수문학회(German Hydrological Society) 및 이탈리아수문학회(Italian Hydrological Society)와 공동으로 발간하고 있으며 IWA Publication에 의하여 출판되고 있다. 2010년 현재 ISI Impact Factor는

1.024이고, 학술지의 편집위원장은 영국의 Dr. Ian Littlewood와 노르웨이의 Prof. Chong-Yu Xu가 공동으로 맡고 있다. 이외에도 소식지(Circulation)와 학술대회 초록 및 부정기적인 학술모임의 초록(Occasional Paper)이 발간되는데 학회 홈페이지에서 다운받아 볼 수 있다.

매년 정기 학술회의가 개최되는데 금년에는 11회 학술회의가 Scotland Dundee 대학에서 3일간(7월 9~11일) 개최(<http://www.abdn.ac.uk/bhs2012>)되며 80여편의 논문이 6개의 세션으로 나뉘어져 발표되었다. 특별강연(Penman Lecture)으로 영국 Lancaster 대학의 Prof. Keith Beven이 초청되었다. ☺

본고는 한국건설기술연구원 직원교육프로그램의 지원과 영국 생태수문연구소(CEH, Centre for Ecology & Hydrology) 및 자연환경연구위원회(NERC, Natural Environment Research Council)의 초청에 의한 방문연구에 의하여 작성되었습니다. 양 기관과 CEH의 Dr. Thomas Kjeldsen에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Centre for Ecology & Hydrology (2002), Health and Wealth of the Environment – Science Strategy 2002–2007
2. Centre for Ecology & Hydrology (2003), Annual Report 2002–2003.
3. Centre for Ecology & Hydrology (2009), About Us
4. Centre for Ecology & Hydrology, www.ceh.ac.uk, 2012. 7. 1 accessed
5. HR Wallingford, www.hrwallingford.com, 2012. 7.1 accessed
6. Hydrology Research Unit (1966), Record of Research 1966 and Programme of Research
7. Institute of Hydrology (1968), Research 1968
8. Institute of Hydrology (1995), Annual Report 1994–95
9. Marshall D.(2001), A brief of CEH Wallingford, Note for new Staff, CEH
10. Wikipedia, Hydraulic Research Station, www.wikipedia.org, 2012. 7. 1 accessed
11. Wikipedia, UK Research Council, www.wikipedia.org, 2012. 7. 1 accessed