

주요국의 지질자원기술 R&D 프로그램 비교분석연구

이옥선*·김성용**·김유정***·안은영****
한국지질자원연구원 정책연구부
{sun, ksy, kyj}@rock25t.kigam.re.kr, eyahn@kigam.re.kr

A Study on Comparing on Geological Resources Technology R&D programs in developed countries

Ok Sun LEE*, Seong-Young KIM**, Yu jeong KIM*** and Eun Young Ahn****
Policy Research Division, KIGAM

1. 서론

오랜 기간 인류가 이룩한 문명의 발달은 실로 놀라운 일이다. 과거 농경사회를 거쳐 산업혁명을 바탕으로 현 문명을 이룩하기까지 많은 시간과 노력이 소요되었다는 것은 피할 수 없는 사실이며 현재 전세기는 지식기반의 사회를 이룩하기 위해 또 한 차례 도약을 준비하고 있다. 이러한 상황에서 인류는 자연이라는 거대한 힘에 의해 시련을 맞이하고 있다.

지난 해 전세계적으로 자연재해로 인한 인명피해는 2002년과 비교하여 3배 이상 증가하였으며 재산손실 또한 2배 이상 증가하였다. 특히 일본에서는 잇따른 태풍과 지진으로 인한 자연재해 피해는 인명 및 지역적 재산 손실뿐만 아니라 국가경제, 나아가 세계경제의 흐름에도 영향을 주고 있다.

일본은 필리핀 지각판, 북미지각판, 유라시아지각판 등 3개의 지각판 경계지역에 위치해 있어 지각판들의 충돌에 따른 여파로 거대 지진이 발생할 가능성이 높다고 예측되어온 지역이다. 과거 간토대지진, 한신대지진과 같은 몇 차례의 강진으로 인한 경험으로 일본은 내부적으로 지진 피해에 대비한 노력을 지속적으로 해 오고 있음에도 불구하고 최근 일어난 니카타현의 지진은 일본정부에서 파악하고 있는 지진예상지역에서 벗어나 있었으며, 이는 활성단층대에 대한 연구가 넓은 지역을 대상으로 심도 있게 수행되어야 함을 뜻한다. 1차적인 지진피해 이후, 추가 산사태, 토사붕괴와 같은 2차적인 재해로 이어질 수 있으며 수도, 가스, 전기, 도로와 같은 공공시설의 피해와 이로 인한 물류수송의 차질, 해당지역의 공장설비 피해에 따른 조업중단 등은 유통업, 제조업 등으로 영향을 미치고 이는 금융시장의 불안정 등으로 인해 지역경제와 국가경제에 이르기까지 영향을 주게 된다. 또한 지진피해 복구에 따른 일시적인 철강수요의 증가는 세계 철강업의 수급을 한시적으로 불안정하게 만들 수 있다. 이는 한 나라에서 일어나는 사건의 영향이 비단 당사국에게 미치는 것이 아니라 전세계적으로 영향을 주고 있음을 단적으로 보여주는 예라고 할 수 있다.

따라서 지진, 홍수 피해와 같은 지역적 자연재해뿐만 아니라 지구온난화와 같은 전지구적 재해에 대비할 필요가 있으며, 유럽환경개발회의(리우 환경정상회의, 1992년)에서 채택된 기후변화협약과 G-8 정상회의에서 논의되고 있는 전지구적시스템 구축은 이러한 필요에 대비해 실제로 수행하기 위한 것으로 풀이할 수 있다. 이러한 일련의 현상은 지구환경에 대한 관심을 증대시키고 나아가 지구에 대한 R&D의 중요성을 일깨우고 있다.

그러므로 본 연구에서는 지구시스템을 포함한 포괄적 개념으로서의 지질자원기술의, R&D의 중요성을 인식하고 미국, 영국을 포함한 세계 각국의 지질자원기술 R&D를 위한 일련의 정책방향과 그에 따른 프로그램을 비교분석함으로써 전세계적인 지질자원기술의 R&D 동향을 파악하고

그에 따른 시사점을 도출하고자 한다.

이 후 본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 지질자원에 대한 정의 및 연구분야 등 지질자원 기술에 대해 간략히 설명하고, 3장에서는 주요국의 지질자원기술과 관련하여 연구개발 동향 및 프로그램에 대한 비교분석을 통해 중요 R&D 방향을 제시하고자 한다. 다음으로 4장에서 결론 및 시사점을 제시하고자 한다.

2. 지질자원의 기술개요

2-1 지질자원기술의 정의

지질자원기술은 인간 생존을 위한 공간과 물질자원을 제공하는 국토 및 암권 지구를 대상으로 하는 자연과학과 공학적 응용이 복합된 지구과학기술로, 기술 적용영역(성격)을 기준으로 분류할 때, 1차적인 조사와 평가를 목적으로 한 지역적 영역(특수성), 이해와 규명을 목적으로 한 전지구적 영역(일반성), 이를 바탕으로 지역적 영역과 전지구적 영역을 연계하여 지구환경에 대한 예측 및 대응을 목적으로 한 영역(융합성)으로 나눌 수 있다. 궁극적으로 지질자원기술은 장주기적 지구의 이해를 바탕으로 지역적 및 전지구적 문제를 해결하고 지구환경의 변화와 그 영향을 예측하여 대비하는 것을 목적으로 한다.

<표 1> 지질자원기술

| 분류 | 지질자원기술 | | | 결과물 형태 |
|------|-------------|----------|-------------|-----------------|
| | 과거 | 현재 | 미래 | |
| 시간 | 조사·평가 | 이해·규명 | 예측·대응 | 기반정보, SW적 요소 |
| 목적 | 지역(특수성) | 전지구(일반성) | 지역+전지구(융합성) | |
| 연구범위 | 지역(특수성) | 전지구(일반성) | 지역+전지구(융합성) | |
| 연구분야 | GI·GE·GR·GU | | | |

주: 이상규 외(2003)에서 인용.

2-2 지질자원기술의 분야

지질자원기술은 그 특성에 따라 지질지반정보(GI, Geo-Information), 국토환경보전(GE, Geo-Environment), 전략자원확보(GR, Ge-Resources), 자원·소재활용(GU, Geo-Utilizaion) 등 4개의 분야로 분류할 수 있다. 지질지반정보분야(GI)는 육상·해저·국토의 지질자원에 대한 조사와 평가를 바탕으로 지구조 변동현상과 환경변화시스템을 규명하는 지구과학적 기반기술분야이며, 국토환경보전분야(GE)는 쾌적하고 안전한 인간생활을 위한 수리지질자원 개선 및 확보, 자연·인공재해 예측 및 저감, 국토·지하공간의 친환경적 이용을 위한 환경기술분야이며, 전략자원확보분야(GR)는 기존의 광물·에너지자원뿐만 아니라 해저·우주자원 등 미래지향적인 미활용자원 개발을 위한 실용기술분야이다. 마지막으로 자원·소재활용분야(GU)는 광물·원료소재자원의 부가가치를 향상시키고 폐자원·폐기물의 환경친화적 재활용을 위한 산업응용기술분야라고 할 수 있다.

<표 2> 지질자원기술 분야별 분류

| 분류 | 지질자원기술 소분류 |
|----|--|
| GI | 국토지질기술, 지구시스템기술, 지구환경기술 |
| GE | 지하수·토양기술, 인공·자연재해기술, 지질환경기술, 친환경지하이용기술 |
| GR | 광물자원기술, 석유·가스자원기술, 신에너지자원기술 |
| GU | 광물자원처리기술, 원료소재제조기술 |

3. 주요국의 지질자원기술 R&D 프로그램

최근 몇 년 동안 각 나라들은 자국의 과학기술 R&D 예산을 점차적으로 증가시켜 왔다. 미국의 경우 지난 해 대비 국가 R&D 예산은 8.1% 증가하였으며, 일본의 경우 0.8%, 이는 총예산 증가율보다 높은 수치이며, 우리나라의 경우 '04~'08년 국가재정운용계획에 의해 동기간동안 국가 R&D 예산을 연평균 9.3% 증가시킬 계획에 있으며 EU 역시 2006년까지 R&D 투자를 GDP대비 3% 수준으로 투입할 것을 권고하고 있다. 세계 각국의 과학기술 발전을 위한 노력은 점점 가속화되고 있으며 이러한 변화의 기초에는 경제성장의 원동력 창출 및 환경보존에 대한 고려를 수반하고 있으며, 이는 미래세대를 위한 가능성을 손상시키지 않는 범위 내에서 현세대의 필요성을 충족시키고자 하는 지속가능한 발전 개념을 바탕으로 하고 있다고 할 수 있다.

3-1 미국

미국의 지질자원기술 R&D 방향은 정부의 정책방향과 밀접하게 연관되어 발전해 왔다. 과거 에너지 위기와 환경문제가 대두되었을 때, 에너지자원 수급 안정화를 위한 기술과 환경문제 해결을 위한 기술 R&D가 중점적으로 수행되었으며, 현재 기후변화 R&D, 수자원 R&D, 나노기술 R&D 등 국가전략분야와 연동하여 추진되고 있다. 특히 미국은 환경기술 개발을 위한 예산을 점진적으로 증가시켜 왔고 일차적으로 산사태, 지진, 홍수, 태풍 등 자연재해뿐만 아니라 인공재해에 대비하고, 이차적으로 심해저 가스하이드레이트 및 석탄층 메탄가스 등 미활용자원의 개발과 같이 환경오염물질 거동조사 및 예측을 위한 환경기술개발을 위한 목적뿐만 아니라 에너지기술 확보를 위한 복합적인 목적을 달성하기 위한 것이라 볼 수 있다. 즉 환경안보와 에너지안보를 동시에 달성함으로써 궁극적으로 국가안보를 이룩하기 위한 통합된 정부정책이라 판단할 수 있다. 또한 인문, 생물, 지질 및 기후시스템 간의 상호작용 연구 등 생태시스템과 지구 구성 및 역학적 운동 규명 등 광범위한 시간적, 공간적 범위의 지구를 대상으로 하는 기초·기반성격의 지질자원기술 R&D 프로그램을 다수의 부처에서 수행하고 있으며 국가지질도작성법 제정을 통해 지질자료의 표준화 및 정보화를 꾀하고 있다.

<표 3> 미국 지질자원기술 R&D 프로그램

| 소관 | R&D 프로그램명 | 분류 |
|------|---|----------|
| DOE | Fossil Energy Research & Development, Energy Conservation | GR |
| | Biological & Environmental Research | GE |
| | Basic Energy Sciences | GI/GE/GU |
| DOI | US Geological Survey(USGS) | GI/GE/GR |
| | Mineral Management Service(MMS) | GR |
| DOC | Nat'l Oceanic & Atmos. Admin.(NOAA) | GE |
| EPA | Operation Program Grants(Water Quality, Hazardous Waste) | GI/GE |
| NASA | Earth System Science Program | GI |
| NSF | Earth Sciences Program, Polar Research Programs | GI |

3-2 EU

EU의 지질자원기술 R&D는 1952년 유럽석탄철강공동체를 통해 석탄철강산업의 재해 및 안전성 연구수행을 시작으로 현재 EU Framework Programme를 통해 공동연구를 수행하고 있다. EU Framework Programme는 각 차마다 공동연구의 대상 및 범위를 달리하여 왔으며 제3차 및 제4차 Programme을 통해 환경보호기술, 기후와 천연재해, 비원자력에너지 등 지질자원기술 관련 R&D

프로그램을 수행하였다. 현재 진행 중인 제6차 EU Framework Programme에서는 높은 불확실성과 위험을 가지는 연구 분야를 우선추진분야로 선정하여 지원하고 있으며, 지구환경 및 생태시스템이 포함된다. 또한 EU는 폐기물 재활용을 적극 추진하고 있으며 이의 일환으로 폐차 재활용 의무화 지침과 전지·전자제품 재활용처리 강화 지침을 지정한 바 있다.

영국의 경우 자연환경연구회 소속의 영국지질조사소가 지질자원기술 R&D를 중점적으로 수행하고 있다. 영국지질조사소는 지질과학조사의 핵심으로 지구조 연구사업을 추진하고 있으며 특히 G-7 국가들은 독자적으로 시추, 물리탐사, 지진파 연구 등을 통해 지구 심부지각 구조 규명을 위한 연구를 활발히 진행 중에 있다. 또한 시대미상 지층군의 집중연구를 통해 층서체계 정립, 세계 수문지질도 작성 및 수문지질 평가사업을 준비하고 있다. 영국지질조사소는 환경·재해 연구프로그램, 국토·자원 프로그램 등 두 부분의 연구조직과 함께, 대국민 지구과학 이해 증진 및 관련 정책·사업의 의사결정지원을 위한 지질자원 정보 및 기술 제공을 위해 국가지구과학정보, 디지털 지구공간모델 등을 제공하는 정보 서비스·관리 프로그램 조직을 두고 있다.

<표 4> EU 지질자원기술 R&D 프로그램

| 소관 | R&D 프로그램명 | 분류 |
|----------------------------|-------------------------------------|-------|
| 제6차 EU Framework Programme | 연구활동의 집중과 통합사업 - 지구환경변화 및 ecosystem | GI |
| | 방사성폐기물처리·저장 | GI/GE |
| | 방사선 방호 및 기타 | GE |
| 영국지질조사소 | 환경·재해 연구프로그램 | GE |
| | 국토·자원 프로그램 | GI/GR |
| | 정보 서비스·관리 프로그램 | GI |

3-3 일본

일본은 기후, 해수면 변동 조사 등 지질환경 조사, 활성단층 파악 등 제4기 단주기 지구환경변동 규명을 위한 연구를 집중적으로 수행하고 있다. 제4기환경 연구의 목적은 과거 지구환경변동 현상을 파악하여 미래 환경변동을 예측하기 위한 것으로 일본과 미국을 중심으로 연구가 수행중이다. 특히 미국과 더불어 2010년 상업적 생산을 목표로 가스하이트레이트 R&D 프로그램을 진행중이다. 수준 높은 해저 탄성과 탐사자료의 처리 및 해석기술과 활발한 탐사장비의 개발로 인해 지층구조 파악 정밀도가 높다고 할 수 있으며, 이러한 지질자원 해석기술을 지하환경 이용을 위한 지반탐사에 적극 활용하고 있다. 환경기술에 대한 관심이 고조됨에 따라 위해성물질 거동예측을 통한 지구환경오염 저감 및 확산방지를 위해 노력하고 있다. 또한 일본은 광산-제조공장-연구소 간에 공조체제를 구축함에 따라 산업계의 수요에 민감하게 대응하여 고부가가치 창출기반을 구축하고 있다.

<표 5> 일본 지질자원기술 R&D 프로그램

| 소관 | R&D 프로그램명 | 분류 |
|-------|------------------------------|----|
| 경제산업성 | 신에너지 개발 등 자원의 안정적 공급 확보 | GR |
| 문부과학성 | 심해지구 드릴링 프로젝트 | GI |
| | 인간·자연·지구공생 프로젝트 | GE |
| | 고레벨 방사성 폐기물처분 연구개발 | GE |
| | 지진정보전달망 실용화프로젝트 | GE |
| | 일반산업폐기물·바이오매스의 복합처리·재자원화프로젝트 | GU |
| 농림수산성 | 유해화학물질의 종합관리 | GE |
| 환경성 | 지구환경연구종합추진 | GE |
| 농림성 | 위해물질종합관리 | GE |

3-4 한국

우리나라는 2003년 국가 과학기술기본계획에 따라 지속가능한 사회구현(환경혁신 및 에너지 수급, 수자원관리, 폐기물저감 및 재활용, 환경친화적 소재, 위해성관리를 통한 환경보건 관련 기술), 고부가가치 창출 산업구조 실현(첨단주거 및 사회인프라 구축, 신소재/부품 산업도약, SOC 인프라건설, 건설정보화, 해저자원 개발, 및 나노 조세/소자, 고기능 고분자소재 관련 기술), 국가안전 및 위상제고(안전사회 구현, 재해/재난방재기술)를 실현하기 위한 목적으로 국가전략과학기술 R&D 프로그램이 진행 중이다. 특히 기초연구에 대한 정부의 투자 확대계획에 따라 지질기반의 기초·기반연구에 관심이 증대하고 있으며, 동북아 중심의 지각진화 및 지구조 발달 규명을 위한 R&D 프로그램이 진행 중이다. 일본과 같이 단주기 지구환경변동 규명을 위한 연구가 최근 집중되고 있으며, 각종 분석법을 바탕으로 지층의 연대측정기술 수준이 높아지고 있다. 또한 기초과학 지원과 더불어 실용과학지원이 증대됨에 따라 전략광물자원의 고부가가치화를 위한 실용기술 R&D가 증가하고 있으며, EU, 일본과 마찬가지로 21세기프론티어사업을 통한 폐기물재활용 연구가 수행되고 있다.

<표 6> 우리나라 지질자원기술 R&D 프로그램

| 소관 | R&D 프로그램명 | 분류 |
|-------|----------------|----------|
| 건설교통부 | 건설핵심기술연구개발사업 | GE |
| | 건설기술기반구축사업 | GI/GE |
| 과학기술부 | 핵심연구개발사업 | GI/GE/GU |
| | 21세기프론티어연구개발사업 | GE/GU |
| | 나노-바이오연구개발사업 | GU |
| | 기초과학지원사업 | GI |
| 산업자원부 | 산업핵심기술개발사업 | GI/GU |
| | 산업기술기반조성사업 | GI/GE |
| | 에너지·자원개발사업 | GR |
| 해양수산부 | 해양자원개발 | GR/GU |
| | 해양환경보호 및 관리 | GI |
| 환경부 | 폐기물관리사업 | GR/GU |
| | 차세대핵심환경기술개발사업 | GE |
| | 21세기프론티어 연구개발 | GU |
| | 환경정책연구개발사업 | GE |

3-5 주요국의 지질자원기술 R&D 동향

미국, EU, 일본, 우리나라 등 세계 각 국은 지속가능한 발전이라는 명제 하에 경제성장을 위한 노력을 가시화하고 있으며 이의 일환으로 국가 R&D 예산 및 기초·기반 성격의 지질자원기술 R&D 예산을 증가시키는 등 과학기술 R&D의 중요성을 인식하고 이를 위한 노력을 경주하고 있다.

특히 기후변화협약 이행기간을 앞두고 있으며 전지구적시스템 구축을 위한 각 국의 장관급 회의와 지구관측그룹(Group on Earth Observation, GEO)의 활동이 활발히 이루어지고 있는 등 지구를 대상으로 한 전세계적인 관심이 증가하는 가운데, 육지, 해안 등 지구환경변화 추이를 조사하고 지질시대의 범지구적 지구환경변화 해석을 통해 미래 지구환경변화 예측을 목적으로 하는 지구환경과 심부지각구조 구현, 지구내부 동력학적 구조 연구 등 지구시스템과 관련된 지질기반정보분야(GI)에 대한 R&D가 중점적으로 수행되고 있다. 즉 포괄적이고 범지구적인 기초·기반 연구를 통하여 인간생활 공간인 지구에 대한 이해를 증진시키는 것을 목적으로 하고 있으며, 이에 대한 R&D는 타 지질자원기술분야, GE, GR 및 GU분야와 밀접한 관계를 가진다.

산사태, 지진, 홍수, 지반 침하, 핵무기실험과 같은 자연·인공재해로 인한 피해가 증가하고 있으며, 일차적인 인명, 물리적 피해와 함께 이차, 삼차 등 경제부문으로의 파급효과가 크며, 선진국에서, 주변지역보다 도시지역에서 피해가 더욱 심각하게 나타난다. 이는 인류가 이룩해 온 문명의 발달을 한 순간에 파괴할 수 있을 뿐만 아니라 근본적으로 인간의 생존권을 위협하여 인간의 삶의 질 향상을 위한 노력을 약화시킨다. 따라서 미국, EU, 우리나라는 국민 복지향상을 위한 목적에 기반하여 자연·인공재해 저감 및 예방을 위한 지질자원기술 R&D 프로그램을 실행하고 있으며, 산사태, 단층활동 등 지질재해를 이해하고 모니터링 및 재해예측 기술을 획득하기 위해서는 지각의 구조와 구성물질에 대한 기본적인 이해가 필수적이다.

현재 영국지질조사소는 두 개의 연구조직과 함께 지질자원기술 R&D 프로그램의 성과를 표준화 및 정보화하기 위해 전담부서 정보 서비스·관리 프로그램 조직을 두고 있다. 미국과 캐나다는 국가사업으로 지질정보 표준화작업을 실시하고 있으며 세계지질도 및 광물자원분포도와 같은 세계적인 지구과학정보를 제공하기 위해 세계광물 및 지구과학 데이터베이스 프로젝트를 수행하고 있는 등 3차원 시뮬레이션과 같이 IT기술과의 다각적인 접목을 통해 지질자원정보의 정보화/DB화를 위한 노력을 경주하고 있다. 각 국의 지질자원의 표준화 및 정보화에 대한 노력은 R&D 성과의 체계적인 분류를 바탕으로 지질자원 자료의 이용가치와 효용성을 증대시키고 지질관련 주제도 혹은 시스템간의 호환성을 확보하기 위한 것으로 풀이할 수 있다. 즉 국민, 기업, 정부의 지질자원 정보에 대한 접근을 용이하게 하고 실시간 정보를 제공받으므로 정책 및 사업 의사결정에 도움이 되고 과학지식의 대중화에 기여할 수 있다.

4. 결론 및 시사점

지질자원기술 R&D는 인간의 생활공간인 지구에 대한 이해를 목적으로 하며, 연구대상 및 연구범위, 연구시기가 광범위하고 포괄적이며 장주기적이기 때문에 대부분 국가차원에서 이루어지고 있다. 지질자원기술은 국민생활공간 및 사회기반시설 건설, 환경보존 등을 위한 지구과학적 기반기술이며 환경기술로써 공공기술로 분류될 수 있으나, 광물자원 및 에너지자원 확보, 광물자원 부가가치 향상, 신기능 원료소재 개발을 통해 국가경쟁력 향상을 위한 산업응용기술로 활용될 수 있는 등 기초·기반성 및 실용·활용성을 동시에 지닌다고 할 수 있다. 이러한 특징을 가지는 지질자원기술의 전세계적 R&D 동향을 살펴볼 때, 경제성장을 위한 원동력으로 과학기술 혁신을 들고 있으며, 이를 위해 기초연구에 대한 지원이 확대됨으로써 지질자원기술 R&D 프로그램 및 예산이 증가하고 있다. 또한 기후변화협약과 전지구적시스템 구축이라는 세계적인 흐름에 따라 중점 R&D 분야로서 지구환경변화 및 지구시스템에 대한 관심이 증가하고 있으며 지속적으로 증가하는 지질자원기술 R&D 프로그램의 성과 확산을 위한 방안으로 미국, 영국, 캐나다를 중심으로 표준화와 정보화가 이루어지고 있다.

전세계는 지속가능한 발전이라는 명제 하에 경제성장과 환경보존을 동시에 고려해야 하며, 기초·기반성과 실용성을 동시에 지니는 지질자원기술은 이러한 조건을 만족시킬 수 있을 것이다. 지질자원기술 R&D 증가로 인한 기술수준의 향상 및 표준화/정보화는 지질자원기술 정보에 대한 접근을 용이하게 할 것이며, 전지구적시스템구축이 이루어 질 경우 전지구 지질자원의 DB 구축으로 인해 지질자원기술 정보를 손쉽게 얻을 수 있게 될 것이다. 따라서 이러한 지질자원기술 발전 동향을 인지하고 지질자원기술 R&D를 통해 기초·기반 기술력을 확보하되, 높은 기술수준의 지질자원정보를 해석하고 활용할 수 있는 전문가 육성 또한 이루어져야 할 것이며 이를 위해 선진 연구기관과의 활발한 R&D 교류와 함께 관련 국제기구 활동에 적극적으로 참여하는 노력이 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 건설교통부: “2004년 건설기술연구개발사업 안내”, (2004)
- [2] 과학기술부: “주요업무현황”, (2004)
- [3] 과학기술부: “2004년도 특정연구개발사업 시행계획”, (2004)
- [4] 과학기술정책연구원: “미국의 과학기술체제와 정책, 국별 과학기술정책분석”,(1999)
- [5] 과학기술정책연구원: “새로운 국가연구개발사업의 기획을 위한 연구, 과학기술부 특정연구개발사업 보고서”, (2003a)
- [6] 김성용 외: “지구과학분야 연구활동의 전략화방안 연구”, 대한지질학회지 제37권 4호, 659-676, (2001)
- [7] 대한민국정부: “2004~2008년 국가재정운용계획”, (2004)
- [8] 산업자원부: “2004년도 산업기술개발사업 이행계획”, (2004)
- [9] 산업자원부: “2004년도 산업기술기반조성사업 이행계획(안)”, (2004)
- [10] 이상규 외: “지질자원 분야 미래 첨단과학기술 기획조사 연구”, 공공기술연구회 정책연구보고서, (2003)
- [11] 한국지질자원연구원: “2003년도 기관자체평가보고서”, (2004)
- [12] 해양수산부: “2004 상반기 주요업무 평가결과”, (2004)
- [13] 해양수산부: “2004년 예산 및 기금개요”, (2004)
- [14] 환경부: “2004년도 환경부 소관 세입·세출 예산 개요”, (2003)
- [15] 환경부: “21세기 생명공동체 시대를 여는 2004년도 주요업무 추진계획”, (2004)
- [16] 재정경제부 외: “참여정부의 과학기술기본계획”, (2003)
- [17] British Geological Survey: “2002/2003 Annual Report”, (2004)
- [18] Department of Energy USA: “FY2005 President budget request for Department of Energy”, (2004)
- [19] Department of Interior USA: “FY2005 President budget request for Department of Interior”, (2004)
- [20] Department of Commerce USA: “FY2005 President budget request for Department of Commerce”, (2004)
- [21] Environmental Protection Agency USA: “FY2005 President budget request for Environmental Protection Agency”, (2004)
- [22] Michel G.J and André P.G de Moor: “Analyzing the Kyoto Protocol under the Marrakesh Accords: economic efficiency and environmental effectiveness”, Ecological Economics, 43, (2002)
- [23] Nat’l Aeronautics and Space Administration USA: “FY2005 President budget request for Nat’l Aeronautics and Space Administration”, (2004)
- [24] Nat’l Science Foundation USA: “FY2005 President budget request for Nat’l Science Foundation”, (2004)
- [25] The White House: “Budget of United States of America FY2005”, (2004)