大韓環境工學會誌・技術資料 - Technical Information - 106～110. 2008.

지구 온난화 현상 및 차량과의 연계성 : 현상, 가설 및 해결책

이 기 열

(재)전남테크노파크 신소재기술지원센터

(2007년 8월 29일 접수, 2007년 12월 24일 채택)

Global Warming and Cars : The Facts, the Myths and the Answers

Kiyeol Lee

Jeonnam Advanced Materials Industrialization Center, Jeonnam Technopark

본 글은 자동차부품혁신센터 및 신소재기술지원센터에 다년 근무한 경험을 토대로 지구 온난화 현상과 연계된 차량 에너지 기술에 관련하여 서술한 기술자료이다. 주된 내용으로는 현재 범 세계적으로 이슈화되고 있는 환경문제인 지구 온난화 현상(global warming)을 현상(facts), 가설(myths) 및 해결책(answers)의 3개 측면으로 분류하여 이를 차량 에너지 기술과 연계하여 서술함으로써 지구 온난화 문제에 대한 해결책을 제시하고자 한다.

1. 서 론

우리들은 생활하는 가운데 지구 온난화 현상(global warming)에 관하여 방송매체나 신문지상 등을 통해 은연중 들어본 적이 있다. 지구상 대기온도의 점진적인 상승에 기인하여 전반적으로 실제 온도가 상승하면, 이는 빙벽을 녹일 뿐만 아니라 그린랜드(Greenland)에 있는 지반에 기초한 얼음덩어리를 녹임으로서 지구를 위협하게 된다. 만약, 그린랜드에 있는 얼음이 전부 녹게 되면, 해양의 수위(sea level)는 7미터 까지 상승하게 되며, 그 결과 이는 해양에 인접해 있는 도시들에게는 치명적인(dire) 결과를 가져오게 된다. “우리는 생태계(ecosystem)를 지금 시험하고 있는 중이다”라고 포드 자동차의 수석 기술 연구원인 Richard Parry-Jones는 언급한다.

우리는 당면한 문제의 심각성을 과소평가해서는 안 되며, 이러한 문제에 대해 자동차 산업계에서도 별반 해결책을 가지고 있지는 못한 실정이다. 지구 대기온도의 점진적인 상승은 대기상에 있는 온실가스의 레벨이 증가하는 것과 맥락을 같이 한다. 전술한 바와 같이 지구 온난화 현상과 연계된 대기중의 온실가스와 관련하여 이산화탄소(carbon dioxide), 질소산화물(nitrous oxide), 메탄(methane)은 우주 밖으로 방출되어야 할 열(heating)을 보유한 채, 지구주위를 맴도는 하나의 절연재(insulation)로서 작용을 하게 된다.

† Corresponding author
E-mail: leeky@jamic.re.kr
Tel: 061-720-9330 Fax: 061-724-9315

2. 현상(The facts)

최근에 국경을 초월하여 회자되는 대기 및 환경 관련 용어중의 하나가 “지구 온난화 현상(global warming, greenhouse effect)”이며 이를 체계적으로 간략하게 정리하면 다음과 같다.[1~3)]

- ○ 지구 온난화 현상(global warming)은 온실가스(greenhouse gase ; CO_2 가스)가 증가하는 것에 일단 기인하며, 이는 우주로 반사되는 적외선을 차단시키면서 지구의 대기층을 두껍게 한다.
- ○ 1780년도에 대기중의 이산화탄소 배출량은 280 ppm (parts per million)이었으나, 지금은 382 ppm에 달한다. 현재의 속도로 증가할 경우, 21세기말 경에는 800 ppm에 달할 것으로 전망된다.
- ○ 2001년에 UN 산하 IPCG(Inter-Governmental Panel on Climate Change; 국제 이상 기후 대책 위원단)는 다음 세기에 달하면 지구 온도가 2～3℃ 정도 상승할 것으로 예측한 바 있다.
- ○ 이 과정에서, 2℃ 정도의 온도상승은 잠재적으로 홍수(flooding), 기근(famine), 범 세계적 인구의 이동(migration), 40% 가량의 기존 종족의 소멸(extinction) 등을 예고하고 있다.
- ○ 미 정부산하기관의 보고에 의하면, 다음 세기에 이르러 5℃ 정도 온도가 상승할 수도 있다고 예견이 된다. 이는 빙하시대 이후로 지구가 5℃ 정도 더워지는 현상에 전 세계가 직면하고 있다는 것을 시사한다.
- ○ 전반적으로 차량의 이용은 지구 온난화 현상의 주요 인자이며 2020년까지 지구상에는 적어도 11억 대의 차량이 운행될 전망이다.

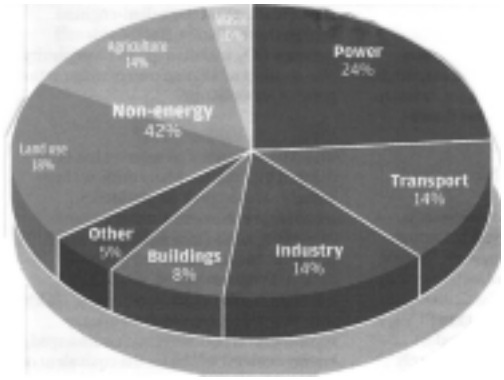

Fig. 1. Main factors related to the phenomena of global worming.[2)]

대기상에 존재하는 이산화탄소의 농도수치가 증가하고 있는 것에는 논란의 여지가 없다. 지구 대기 및 환경과학에 관한 여러 문헌 들을 살펴보면, 1780년에 산업혁명이 도래했을 때 대기중에 존재하는 이산화탄소의 양은 280 ppm이었다. 사실상, 1958년까지 이산화탄소의 양은 315 ppm까지 상승해 왔으며, 현재는 382 ppm의 수치를 보이고 있다. 전반적으로, 환경 시스템상 시간적 지연(a time lag)이 존재하므로, 실제 이산화탄소 농도수치는 다소 높을 것으로 알려져 있다.

만약 우리가 차량을 운행하는 소유자라고 할 경우, 대중적인 차량 이용이 지구 온난화 현상의 주요한 변수로서 작용되어 왔다는 것을 부인할 수 없을 것이다. 미래의 차량은 큰 물갈이가 예상이 되며, 만약 우리가 2020년까지 차량을 운행한다고 전제할 경우, 보다 많은 관심과 주의를 가지고 우리는 대처해야 할 것이다. 최근 구미 차량 전문가 들의 발표에 의하면,[1)] 신 차량이 지구 온난화 현상에 영향을 미치는 데는 보통 15년이 걸리고, 신 주택의 경우에는 50～100년이 걸리게 된다고 보고가 된다.

Fig. 1 도표(Pie Chart)를 통해 볼 때,[2)] 전력소모가 24%의 비율을 차지하며 가장 높은 수치를 보여주고 있다. 아울러, 산림벌채 및 토양고갈(land use)도 지구 온난화 현상과 관련된 주요 인자에 해당된다. 이는 도표상에서 18%의 수치를 기록하고 있으며 지구 온난화 현상과 관련하여 두 번째로 큰 변수에 해당한다.

지구 온난화 현상의 인자들과 관련하여 수송분야(transport)는 산업(industry) 및 농경활동(agriculture)과 함께 동등한 수치(14%)를 보여주고 있으며 세번째로 높은 분야에 해당된다. 수송분야의 대상물로는 차량뿐만 아니라 트럭, 항공기 및 선박 등이 해당된다.

3. 가설(The Myths)

3.1. 보편적인 가설

지구온난화 현상과 연계하여 대중적인 차량이용 및 배기가스가 주요 인자로 작용한다는 전제하에서 산업체, 대학 및 연구계통의 분야에서 보편적인 가설(the myths)로서 받아들여지는 이론에는 다음과 같은 내용들이 있다.[3～6)]

1) 지구 대기상에 이산화탄소의 배출에 대하여 가장 크게 영향을 미치는 인자는 노상(road)에서 주행중 일어나는 배기가스의 배출(exhaust emission)이다.

2) 대개 4륜 구동용 차량(four-wheel-drive vehicles)이 이산화탄소를 배출하는 주요 공급원에 해당된다.

3) 이산화탄소 문제를 해결하기 위한 완전한 대비책으로는 하이브리드(hybrid)나 전기(electric) 차량의 광범위한 도입 및 사용이 있다.

4) 오일은 현재 고갈되고 있는 중이며, 이는 결국 우리가 비화석 연료에 고개를 돌리게 해주며 이 과정에서 이산화탄소 문제는 완화될 수 있다.

3.2. 가설상의 문제점 분석

반면, 보편적으로 산업체, 대학 및 연구소 등의 대기, 환경 및 관련 분야에서 현재 잠정적으로 받아들여주는 가설, 즉 "차량운행이 지구온난화의 주범이다"는 이론과 관련하여 이러한 이론에 상반되는 반론 역시 제기되고 있는 바 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1. 차량(중대성 문제 여부)

지금까지의 모든 상황을 고려할 때, 이산화탄소 배출의 가장 큰 주범은 노상주행이 아니며, 가정용(home), 산업용(industry), 상업용(commerce)에 이용되는 전력 가동 설비이다. 즉, 화석연료(fossil fuel)로부터 전기를 이끌어내는 설비가 이산화탄소 배출의 주요변수이다.

3.2.2. 4륜 주행용 차량(정체성 문제 여부)

4륜 주행용 차량은 친환경문제와 관련하여 반드시 문제가 되는 것은 아니다. 이산화탄소의 배출은 차량 유형(vehicle type)이 아니라 중량(weight), 출력(power output), 기계효율(mechanical efficiency), 공기역학(aerodynamics) 등에 의해 영향을 받게 된다. 전반적인 주행거리를 통해 볼 때, 상당히 많은 대형 차량들이 SUV 차량들보다 훨씬 더 많은 이산화탄소를 배출한다. 차량에서 나오는 이산화탄소 배출은 전적으로 연료의 사용 한도(usage extent)에 좌우되어 진다.

3.2.3. 하이브리드 차량(완전 해결책의 여부)

하이브리드 차량(hybrids)은 원래(originally) 지구 온난화 현상과는 다소 거리가 있는 문제점들을 해결하기 위해 개발되었다.[3)] 즉, 스모그가 많은 도시들에 대해 국부적인 오염을 줄여보고자 저속으로 주행하는 과정에서 이산화탄소 배출량을 제로(zero)로 만들고자 하이브리드 차량이 제작되었다. 하이브리드의 경우, 전기엔진(electric engine)을 장착하여 저속으로 주행시 이산화탄소는 배출되지 않으나, 가속상태로(under accelleration) 주행하면서 내연기관이 작동할 경우에는 전반적으로 주행중 이산화탄소가 배출이 된다.

그럼에도 불구하고, 하이브리드 차량은 전통적인 차량보다는 훨씬 적은 이산화탄소를 배출하게 되며, 이러한 복합 엔진 차량(dual-engined vehicle)이 미래가 밝다는 것은 주지의 사실이다. 그러나, 하이브리드 차량은 여전히 이산화탄소를 배출하고 있으며 이러한 복잡성(complexity)은 제조 측면에서 추가적인 에너지 기술개발 등을 필요로 한다.

3.2.4. 오일의 고갈 문제 여부(가능성의 여부)

지구의 오일 저장량의 한도는 수년 동안 문제가 되어 왔다. 많은 전문가들은 전 세계적으로 우리들이 이미 오일 생산의 한계에 도달했다고 주장을 한다. 이와 관련하여 역설적 주장(counter-argument)도 제기되고 있다.

미 정부산하기관의 보고에 의하면, 전 세계는 지금까지 2조 7천억 배럴(2,700 billion barrels)에 해당하는 오일, 가스 및 석탄을 소비해 왔다고 분석이 된다. 반면에, 아직도 40조 배럴의 잔량이 남아 있고, 이 가운데 7조 배럴은 경제적으로 회수가 가능하다. 만약, 에너지 정책이 지속적으로 유지된다면, 차기 50년에 걸쳐 4조 7천억 배럴에 해당하는 에너지 소비가 있을 것이며, 이 가운데 1조 8천억 배럴 정도만이 오일에 해당된다.

4. 해결책(The solutions)

"차량이용 및 배기가스가 지구 온난화 현상의 주범이다"라고 제기되는 가설 및 이러한 가설에 상반되는 반대이론과 관련하여 '전반적인 해결책이 유럽 및 북미 차량 전문가들에 의해 제시되고 있는 바, 그 내용을 단기적, 중기적 및 장기적인 측면에서 분석해 보면 다음과 같다.

4.1. 단기적 해결책(Short-term solutions)

1) 디젤 차량-상대적으로 적은 양의 질소 산화물(nitrous oxides)과 분진(particles)을 배출-의 선택은 이산화탄소 배출량을 줄이는데 있어서 하나의 주요 인자로서 작용한다. 이러한 디젤 엔진으로의 전환(shift)은 지난 1세기동안 차량의 효율성(efficiency) 증가에 크게 기여를 해왔다는 점은 특기할 사항이다.

2) 많은 엔진들이 향후 친환경 연료(biofuel)를 이용하게 될 전망이다. 친환경 연료의 이용량은 전 세계적인 지역을 고려할 때 적은 편이지만 현재 어떤 대체 연료(alternative fuel)보다도 빠르게 성장하고 있는 추세이다.

3) 점화플러그 없이 작동하는 HCCI(homogeneous charge compression ignition) 엔진이 현재 Ford, GM 및 Honda 사에서 개발 중에 있다. 이러한 차량은 디젤 차량의 절반 가격으로 디젤 효율의 80%를 얻을 수 있으며 보다 적은 양의 이산화탄소를 배출하게 된다는 잇점이 있다.

4) 차량구조용 변속기(transmission)의 경우, 내부적으로 마찰(friction)을 적게 함으로서 보다 많은 기어비율(gear ratios), 제어장치 및 효율성을 가지게 될 것이다.

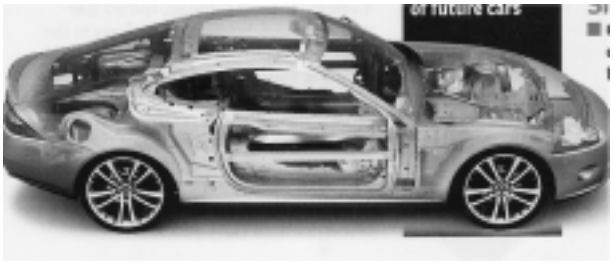

Fig. 2. Aluminium widely used for weight-saving materials of automobile.[3)]

5) 향후 차량은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 중량 감소 재료(weight-saving materials)를 더욱 더 선호하는 방향으로 흘러갈 전망이다. 대표적인 경량합금 소재로는 알루미늄이 해당되며, 마그네슘 역시 최근 급격하게 각광받는 경량소재에 해당한다.

6) 대중적 하이브리드 차량이 곧 등장하게 될 것이며 이 차량에는 재생 브레이크와 발전기가 장착되어 출시될 전망이다. BMW는 현재 재생 브레이크장치(regenerative braking)를 범 세계적으로 보급시키고자 추진 중이다.[4,5)]

7) 차량 개발은 주행뿐만 아니라 제작(construction), 유지(maintenance) 및 폐기(disposal) 공정 중에도 이산화탄소 배출량을 감소시키는 방향으로 개발될 전망이다.

8) 수소동력 차량(hydrogen-powered cars)이 BMW 사가 제작한 'BMW Hydrogen 7'에 이어 곧 출시하게 될 전망이다.

4.2. 중기적 해결책(Medium-term solutions)

1) 내연기관은 차량개발시 기본 모델로서 고려된다. 디젤 엔진과 가솔린 엔진의 우수한 특성들을 특징적으로 조합한 혼합형 연소 기술(combined combustion techniques)이 곧 등장할 전망이다.

2) 첨단 지능형 친환경 연료 차량이, 특히 유럽 및 미국에서, 향후 출시될 예정이다(친환경 연료에 관련하여 하단에서 서술예정).

3) 하이브리드 차량이 곧 범람하게 될 예정이다. 이미 700,000 대의 하이브리드 차량을 제작한 Toyota 사는 범 세계적으로 2010년도 초반까지 소형 트럭을 포함하여 10종류의 하이브리드 차량을 출시할 전망이다. Honda 사도 하이브리드 차량 개발에 역시 박차를 가하고 있는 실정이다.

4) 생산준비 중에 있는 연료전지 차량의 경우 GM, Toyoda, Honda 등의 제작사로부터 적정 비율로 출시될 전망이다.

- 예1. 친환경 연료(Biofuels) :

친환경 연료의 개발 역시 지구 온난화 현상을 감소시키는 대안으로 제시되고 있으며(Fig. 3 참조), 미국에서는, 옥수수가 새로운 오일로 등장하고 있다. 미국 정부는 에탄올에 기반을 둔 연료의 개발에 주안점을 두어 왔으며, 이러한 연료의 개발을 위해 대중적인 곡물 경작(mass crop cultivation)을 장려하고 있는 실정이다.

Fig. 3. Biofuel with a potential to reduce the exhaust amount of carbon dioxide.[7)]

미국에는 곡물경작과 관련하여 현재 50개의 공장들이 가동되고 있으며, 옥수수 가격은 10년 기간 중 최고치에 달하고 있다. 브라질의 경우 사탕수수를 주원료로 하여 연료를 제조하고 있으며, 친환경 연료(biofuel) 이용에 있어 세계적인 선두주자이다. 브라질은 친환경 에탄올(bio-ethanol)을 전 세계적으로 수출하고 있는 중이다. 영국의 경우 2010년까지 5%의 친환경 연료를 의무적으로 첨가하는 조항을 정부가 발표한 상태라서 친환경 연료의 사용량은 점차 증가하게 될 것이다.

- 예2. 하이브리드 차량(Hybrids) :

신세대 사고방식을 가진 운전자는 하이브리드 차량을 선호한다(Fig. 4 참조). 반면, 전통적 사고방식을 고수하는 운전자는 이러한 차량을 불편하다고 생각한다. 이러한 하이브리드 차량기술이 상당한 잠재성(potential)을 내포하는 한, 현재 당면한 큰 관심사는 비용문제다.[3)] 종래 가솔린 차량과 비교시 상대적으로 높은 하이브리드 차량의 할증 금액(premium price)은 단지 연료 절감만으로 대체될 수는 없다.

반면, 디젤 차량의 경우 신뢰성 담보 차원에서 비용을 절감할 수 있다는 점에서 하이브리드 차량이 가지는 유익한 특성을 도출해 낼 수가 있다. 하나의 예로서 'Stanley Steamer' 차량과 같은 디젤 차량의 경우, 이러한 차량 제조기술은 실용적이고 일정한 범주의 역할을 담당하기도 하지만, 보다 유익하고 편리하면서 정교한 차량으로 인도해 주는 일종의 천이기술(transition technology)이다.[4~8)]

하이브리드 차량은 미래형 자동차 산업의 한 축을 담당할 수 있는 반면, 제작시 많은 비용이 소요된다. 하이브리드 차량은 대형 및 중형차에 대한 수요자의 요구사항을 충족시켜 줄 것으로 기대가 되며, 도심에서도 무난히 운행될 수 있을 것으로 예상이 된다. 특히, Honda 사의 경우 2009년에 소형 및 경량 하이브리드 차량을 출시할 예정이다. 이 차량이 가지는 자체적 특성이 어떠하든지 간에, 향후 많은 하이브리드 차량이 운행되어질 전망은 확실하다. Toyota 사는 이산화탄소 무배출 구간을 확장하고자 대형 배터리를 장착한 하이브리드 차량인 'Prius'를 개발하기 위해 구상중이다.

Fig. 4. Hybrid vehicle with a potential for futuristic automobile technology.[3)]

4.3. 장기적 해결책(Long-term solutions)

1) 지금으로부터 대략 20년 내로 내연기관이 가지는 잠재성(potential)도 서서히 고갈상태에 다다를 전망이다.

2) 전기(electricity)는 향후 중요한 자산으로 여겨진다. 이유인즉, 전기는 범 세계적으로 적용되는 모든 에너지 원천들(energy sources)을 이용할 수가 있기 때문이다.

3) 전기 차량용 배터리는 아직 존재하지 않고 있으며, 이러한 측면에서 연료전지(fuel cell)와 같은 매개체가 필요하다.

4) 연료전지 차량은 차량 개발 시 향후 막대한 자금 투자(huge investment)를 필요로 한다.

- 예1. 연료전지 차량(Fuel cell vehicles) :

수소(hydrogen)를 동력원으로 사용하는 차량들은 석유(petrolleum)에 대한 의존도를 원활하게 해주고, 지구온난화(global-warming) 현상을 감소시켜 준다.[6)] 연료전지의 동력원으로 사용되는 수소는 가솔린이나 디젤보다 더욱 우수한 친환경형 미래 연료로서 그 가능성을 시사해준다(Fig. 5 참조).

연료전지에 이용되는 수소는 화학반응시 스택(stack)에 있는 침투성(permeable) 경계막을 거쳐 산소와 결합하게 되며, 부산물(byproduct)로서 물을 형성하면서 전기에너지(electric energy)를 만들어 내게 된다. 이러한 전기에너지

Fig. 5. "Sequel" being in research of fuel cell vehicle by GM.[6)]

Fig. 6. Fuel cell technology significant for futuristic vehicle development.[6)]

는 모터를 작동시켜 주며, 배터리를 충전시켜 전원을 저장시키게 된다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 미국 등지에서 몇몇 시험 단계에 있는 연료전지 차량은 현재 노상에서 주행을 하고 있는 실정이다. 혼다 사는 일본에서 한정 생산(limited-production)용 신 연료전지 차량인 제 2세대용 FCX 차량을 현재 구상 중에 있으며 4년 내로 출시할 예정이다. 아울러, BMW사는 2007년까지 7종류에 걸쳐 100대의 연료전지 차량을 출시할 예정에 있다.

GM, Honda, Mercedes-Benz, Nissan 및 Toyota 사는 미래의 기술 대비책으로 연료전지(fuel cell)및 수소(hydrogen)를 확고하게 신뢰하는 몇몇 제작사들에 해당한다, GM 및 Honda 사는 연료전지의 개발을 이산화탄소 배출 예방의 최종 해결책(final answer)-차량주행시 이산화탄소 배출을 완전히 없게 만드는 것-으로서 받아들이고 있다.

연료전지 차량 기술은 상대적으로 단순하며, 이산화탄소 배출을 잠재적으로 제로(zero)로 만들어 주며, 기술개발시 존재하는 기술 장애물(hurdles)은 적어도 극복할 수 있을 것으로 보인다. 기술개발시 도전에 대한 장애물로 남아 있는 사항은 수소의 공급(supply of hydrogen)에 해당한다. 수소는 지구상에서 가장 흔한 원소에 해당하지만, 수소를 분리시킬 수 있는 물이나 화석연료와 같은 물질들 내에서 구속된 채 패키지 상태(ready-packaged)로 존재하기가 어렵다는 점이다.

Ford 및 Fiat와 같은 일부 제작사들은 이러한 점 때문에 연료전지는 향후 대체 에너지로서 실행성이 없다고 회의적으로(sceptically) 주장하기도 한다. 그럼에도 불구, 이를 성공적으로 수행하기 위한 기술 개발이 상기 제작사들에 의해 지속적으로 수행되고 있는 중이다.

5. 결 론

1) 향후 가까운 미래에, 자동차를 만드는 제작사들은 배출가스가 거의 없는 차량을 어떻게 만들지에 집중해야 한다. 배출가스가 거의 없는 차는 전체적으로 탄소방출을 기준으로 결정되는 것이 아니며, 친환경 연료를 이용하는 내연기관 차량, 이산화탄소를 적게 방출하는 하이브리드 차량와 같이 조합된 효과들을 통하여 배출가스의 여부와 관련하여 실제적인 결과물로 나타날 것이다.

2) 지구온난화 현상과 관련하여 차량측면에서 그 해결책을 제시해 보면, 중기적 해결책으로는 친환경연료의 이용 및 하이브리드 차량의 총체적 기술개발이 해당되며, 장기적 해결책으로는 비용이 많이 들지만 탄산가스 배출을 거의 줄여주는 연료전지 차량의 기술개발 및 보급화에 있다고 분석이 된다.

3) 현재 범 세계적으로 자동차 산업 선진국들의 경우 지구온난화 문제를 근본적으로 해결하고자 상당한 투자를 하고 있으며 향후 어느 수준에 도달할 것이라고 예상이 된다. Toyota의 목표는 배출가스를 제로로 만드는 것이며, 목표를 놓치지 않고 대중화 단계까지 갔다. GM은 연료전지와 수소에 투자를 조금 부족하게 하였지만, 기술 활용도에 있어서 어느 정도의 수준을 가지고 있다. Honda, VW, 미쯔비시와 나머지 제작사들은 진전하고 있는 중이다.

참 고 문 헌

1. Yamamoto Ryoich, “Impact Report for Global Worming,” Media Wall(2007).
2. Tim Flannery, “We are the Weather Makers : the story of Global Worming Phenomena,” Scenery of Knowledge (2007).
3. Kim, H. S., Kim, J. M., and Kim, D.H., “Presence and Future of Hybrid Electric Vehicle,” *Auto Journal*, **28**, 16～27(2006).
4. Nakazawa, N., “Development of a Braking Energy Regeneration System for City Buses,” *SAE Paper*, **872265** (1987).
5. Gao, Y., Chen, L., and Ehsani, M., “Investigation of the Effectiveness of Regenerative Braking for EV and HEV,” *SAE Paper*, **1999-01-2910**(1999).
6. Oh, H. S., “Development Trends and Prospects of Fuel Cell Vehiches,” *Auto Journal*, **29**, 16～21(2007).
7. Lim, S. W., “Advanced Automobile Material,” *KSHT*, **20**, 148～156(2007).
8. Jens Meiners and Tim Moran, “The flawed, the fabulous, the futuristic,” *Automotive News Europe*, **11**, 16～21(2006).