

연구개발 투자 활성화와 기술혁신 방안

-Rebuilding the Commitment to R&D Investment and Innovation-

이 글은 WEC에서 발간하고 있는 정보자료인 Journal('98.7월)에서 발췌한 내용을 번역하여 게재한 것이다.

Kurt Yeager
美 전력연구소(EPRI) 회장

오늘날 범세계적(global)인 경쟁 확산은 기술혁신에 대한 기회와 도전을 주고 있다. 많은 국가의 노동생산성이 더욱더 향상됨에 따라, 지구 전체적으로 대규모적인 경제적 성장이 이루어지고 있다.

그러나 아직 불확실한 것은 기본적 생활과 사회적 안정을 이루게 하는 임금구조를 유지시킬 수 있는 능력이다. 만일 새로운 제품과 서비스가 계속해서 출현하지 않는다면 높은 임금은 유지될 수 없다.

한편 경제적 변형은 미래가 필요로 하는 것을 만족시키고 창조하는 데 초점을 맞추는 혁신적인 기술개발(리더쉽)에 달려있다. 지속적인 기술혁신이 없다면, 범세계적 규모의 경쟁으로 인하여 점차적으로 비교우위가 잠식당할 것이다.

1년 전에 경제인들을 대상으로 실시된 월스트리트 여론조사에서 다른 부문과 달리 연구개발과 교육에 대한 투자의 중요성에는 의견일치를 보였다.

이들은 교육과 연구개발에 대한 투자 정책

이 다른 정책과 비교가 되지 않을 정도로 장기적인 경제성장에 가장 큰 효과를 미칠 수도 있다고 보았다.

기술혁신이 장기적인 경제성장 비중의 반 이상을 차지하고 있고, 또한 이에 따른 이익률이 공장과 생산 설비에 의한 것보다 최소 2배가 된다고 해도, 개발도상국가에서 국내총생산(GDP)에서의 연구개발 투자비중이 하락하고 있다는 것은 역설적이다.

산업부문의 연구개발이 더욱 비용대비 효율적으로 되고 있지만, 연속적이고 신속한 단기적 기술응용에 주력함에 따라, 과거에 수많은 기술혁신의 원동력 역할을 하였던 中期課題에서 심각한 공동화 현상을 초래하였다.

연구개발 투자의 구성에 있어 변화의 또다른 측면은 정보기술시스템의 엔지니어링과 실험에 주로 중점을 둔 서비스산업의 증가를 들 수 있다.

미 대통령 과학기술 자문위원회는 이러한 이슈에 대하여 에너지 기술개발에 관한 1997년 보고서에서 잘 요약하였다.

“연구개발을 통하여 달성되는 과학과 기술발전은 에너지와 복지증진 및 투자결정의 상호작용(경제, 환경 그리고 천연자원)과 관련된 현재와 미래의 난관을 최소화시키는 데 필수불가결하며, 또한 기회를 극대화시키는 데 결정적인 사항이다.”

“만일 이 같은 진보 속도가 충분하지 않다면, 미래의 경제적 번영은 감소할 것이고, 환경은 더 오염될 것이며 또한 두 가지 요소의 충돌에 따른 부담이 대부분 사람들이 예상했던 것보다도 더 커질 것이다.”

에너지분야 연구개발 투자

전세계적인 에너지 부문 연구개발은 지난 20여년 동안 감소해 왔다. 예를 들어 미국 에너지부(DOE)의 에너지 및 기술부분 연구 예산은 최고에 달했던 1978년 이래로 실질가격으로 20%로 줄었다.

그 당시에는 1970년대 에너지위기 이후에 에너지지원을 다양화하기 위한 정책으로 에너지부문 연구개발비가 급증했던 것을 고려해도, 미 연방정부의 연구개발비는 30년 동안 GDP에서 상대적으로 가장 낮은 수준에 있다.

이러한 경향은 독일, 이태리, 영국, 프랑스 및 캐나다 등 G-7국가에서도 나타나고 있다. 이같이 연구개발 투자가 감소한 이유로는 값싼 에너지, 정부예산의 제약, 각 에너지 관련 기관의 경쟁에 따른 상호 상쇄효과 그리고 에너지 산업에서의 규제완화 등을 들 수 있다.

G-7국가 중에서 지난 15년 동안 에너지 부문의 연구개발 투자가 감소하지 않은 유일한

나라는 일본이다.

일본의 공공부문에서 에너지분야 연구개발비 증가율은 1980년 이래로 인플레이션 수준을 유지하고 있으며, 현재 연간 거의 50억 달러 수준이다. 부존자원 부족으로 에너지 안보를 확보하는 것은 일본의 핵심 관심사항이다.

미국 민간부문의 에너지 관련 연구개발 투자도 계속 감소하고 있다. 태평양서북연구소(Pacific Northwest Laboratory)에 의하면 불변가격으로 1985년 44억 달러에서 40% 감소한 26억 달러로 에너지 부문에 대한 투자가 감소하였다.

미국의 에너지 분야 컨소시엄인 미 전력연구소(EPRI: Electric Power Research Institute)와 가스연구소(GRI: Gas Research Institute)는 공익사업 부문의 구조개편의 결과로 지난 수년동안 25% 수입이 줄었다.

이에 따라 EPRI는 사업 프로그램을 공개하고 에너지 부문의 각국 기업에 회원가입을 확대하고 있다.

연구개발 환경

투자비 감소추세는 지난 50년 동안의 전통적인 연구개발 모델의 변화를 반영하고 있다.

2차 세계대전 이후의 일반적인 개념으로는 만일 충분한 자원과 노력이 연구개발에 투입된다면, 과학과 기술개발 결과는 기업의 사업목표를 만족시키리라고 여겨졌었다. 공급자의 힘이 소비자보다 컸던 시대의 경제적 환경에서는 이같은 패러다임이 지배하였다.

그러나 1980년대에 들어서 새로운 환경이 형성되어 전통적인 공급자 위주의 연구개발 모델을 근본적으로 변화시켰다. 이같은 환경변화를 형성시킨 힘은 다음과 같다.

- 범세계적인 경제 연계성 및 확장
- 정보기술의 혁명
- 전통적으로 규제를 받아왔던 공익산업의

규제완화

결과적으로 현대에는 소비자가 공급자를 지배하면서 새로운 경쟁의 차원을 열고 있다.

새로운 지식중심의 서비스를 제공하는 기업은 전통적인 생산자가 생산하는 제품을 끊임없이 비용을 삭감하게 내물면서, 여기에서 가치사슬(value chain)의 거대한 분야를 확보하기 위하여 정보기술을 이용하고 있다.

이러한 경향은 통신, 천연가스, 그리고 현재에는 전력과 같은 規制緩和되고 있는 산업에서 극적으로 두드러지고 있다. 투자된 자본비보다 높은 이익을 내지 못하는 기업은 인수나 강제적인 합병 또는 폐쇄 대상이 된다.

이러한 기업측면에서의 중대한 변화는 마찬가지로 역시 연구개발 시스템에 중대한 변화를 주고 있다. 예를 들면,

- 연구개발 투자는 단기적이고 부가가치 산출 중심의 평가기준에 의하여 다른 부문의 투자 대안과 함께 점증적으로 서로 경쟁이 되고 있다.

- 분권화와 범세계화로 인하여 집중형 에너지 공급 시스템보다는 분산형 과학 및 기술이 선호되고 있다.

- 광범위한 벤치마킹에 의하여 각 기관의 연구개발 효율성에 대하여 더 정확한 비교 평가를 할 수 있게 되고 있다.

- 연구개발 기능은 기업의 다른 기능과 마찬가지로 비용을 절감시키고 생산성 향상을 이루어줄 것으로 기대되고 있다.

광범위한 연구개발 가치

기초연구, 재생에너지와 청정에너지를 이용한 발전, 에너지 효율 향상 그리고 장기 환경과학과 같이 단기적으로 상업적인 가치를 측정하기 어려운 첨단기술의 새로운 연구개발 환경에 대한 관심이 증가하고 있다.

오늘날의 문제는 공공부문과 민간부문에 대한 기술발전 결과의 영향력이 광범위하여, 어떤 기술이 공공재이고 사유재인가를 구분하는데 따른 논쟁으로 발생하는 역효과이다.

저명한 경제학자인 스탠포드 대학의 폴 로머(Paul Romer), 그리고 펜실바니아 대학의 에드윈 맨스펠드 교수는 모든 연구개발이 공공재에 적용되고 있음을 밝혔다.

이는 연구개발의 특성이 탐색과 발견에 있어 결과를 예측하기 어려운 과정이기 때문이다. 따라서 연구개발은 예상 못했던 기회를 가져오고 단독으로 추진이 되지만, 독점적인 이득을 넘어서는 이익을 가져온다.

이 같은 연구결과의 파급효과로 시간이 지남에 따라 모든 사람이 혜택을 보게 되며, 따라서 공공부문의 이익률이 사적부문의 이익률보다 크게 된다.

이러한 이유로 미래 전망의 한계를 인식하여야 하고, 그리고 새로운 아이디어의 발견을 법제화한다는 것은 불가능함을 이해하여야 한다.

따라서 우리는 아이디어를 공유하고 응용하면서, 단지 연구개발 토양과 발견을 진작시키는 인센티브와 사회적 의지를 제공할 수 있을 뿐이다.

에디슨이 우리에게 소중한 이유는 그가 단순히 상업적인 제품인 전기를 발명하였다는 것이 아니고 사회적 그리고 경제적 기본 동력원으로서 전력화의 개념을 발명하였다는 데 있다.

초기 전력시스템은 어떤 의미에서 판매에 적합한 전구를 생산하는 데 필요한 기술을 구체화한 것에 불과하였다. 그러나 10년 안에 전기는 그 자체로서 상품이 되어 오늘날의 전력산업을 탄생시키고 발전시키는 모태역할을 하였다.

그러나 이것은 아주 높은 가치의 결과는 아니었다. 그것은 우리 생활의 모든 면을 향상시키고 현대생활을 변화시킨 전기의 믿을 수 없는 능력 때문이다. 그것은 예측 불가능하였으며, 만질 수도 없었고 측정할 수 없었던 에디슨의 기술혁신 가치였다.

기술혁신을 통한 사회적 기회 조성

사회적인 기회를 조성하기 위해서는 기술혁신을 위한 저변이 필요하다. 이것은 서로가 공유되어야 할 범세계적 요구로서, 여기에 협력과 경쟁이 동시에 존재할 뿐만 아니라 상호 격려 작용도 존재한다.

사실, 고도화된 경쟁은 상호 협력적이다. 각 기업과 국가는 시장을 어떻게 분할하느냐를 위하여 치열하게 경쟁할지도 모르나, 상호 협력적인 연구개발은 새로운 기회를 형성함으로써

나누어 가질 수 있는 파이를 크게 한다.

가장 경쟁적인 산업, 즉 반도체에서부터 사진시스템 그리고 진보된 전력저장 장치, 그리고 전력 등과 같이 전통적으로 상호 의존성이 높은 사회기반 시설 부문에서 막대한 시너지 효과를 낼 수 있다.

실제로 공공부문과 민영부문에 대한 투자전략을 아주 잘 조화시킨 산업과 국가는 승자가 될 것이다.

이같은 맥락에서 지금 선택한 정책은 절약되는 한계비용 또는 단기적인 경쟁우위를 넘은 영향을 미칠 것이다.

만일 에너지 산업의 구조개편으로 기술개발에 대한 확고한 인센티브를 줄 수 있다면, 앞으로 다가올 25년간 인류에 주는 이득은 막대하다.

다음과 같은 사항을 예로 들 수 있다.

- 세계 GDP가 매년 수 조 달러 증가될 수 있다.
- 최소 20% 에너지 효율 향상을 이룰 수 있고, 이에 상응하는 이산화탄소 방출과 환경오염을 줄일 수 있다.
- 범세계적인 지속가능성을 위한 기본적인 에너지의 공급기반이 정립될 수 있다.

사회적 이익의 源泉인 경쟁우위를 유지하기 위한 효율적인 정책의 핵심은 산업 및 정부에 기여할 수 있는 전략이 필요하다는 것을 이해하는 것이다.

산업부문은 국가 연구개발 투자의 가장 큰 비중을 차지한다. Tassez 교수가 지적하였듯이 정부 부문의 역할은 일반적으로 연구개발 투자에 영향을 미치는 시장실패를 밝히는 것이며, 이를 좀더 전문적으로 말하자면 민간부문

투자의 생산성을 결정하는 기술중심의 사회적 생산기반시설(Technology-based infrastructure)을 유도하는 것이다.

사적부문에 의해서는 그 본래적 특성상 과소 투자될 수 있는 사회적 생산기반에 대하여 공공부문은 보완적 역할을 하여야 한다.

따라서 전력산업의 구조개편은 비용절감뿐만 아니라 새로운 사회적 기회를 만드는 잠재성 측면에서 보아야 한다.

여기에는 경제적 생산성과 경쟁력을 생활의 질과 궁극적으로 범세계적 경제 및 환경에 있어서 지속가능성을 달성하기 위한 기회를 포함시켜야 한다.

근본적인 토대는 기술혁신의 요람이 되는 부상하고 있는 디지털 사회의 요구에 부응하기 위한 확고한 전력 부문의 사회적 생산기반이다.

전력기술 지도 작성

EPRI는 향후 25년간 사회에서 활용될 전력기술에 대한 기회를 밝히기 위하여, 전력부문의 공공부문과 민간부문의 주요 당사자를 포함시킨 전력기술 지도의 작성을 제안하였다.

이 지도의 목표는 진정한 지구적 규모의 혁신기술을 진작하는 데 있다.

또한 전력중심의 기술혁신에 대한 확고한 연구개발을 투자 이해당사자(소비자)에 대한 가치를 주는 구조적인 틀을 제공하기 위한 것이다.

여기에는 특히 다음과 같은 사항이 포함되어 있다.

1. 경제적 번영, 생활의 질, 환경보전 그리

고 지구적인 지속가능성 달성을 위한 소비자의 요구와 위협.

2. 이같은 목적 달성을 촉진시키기 위한 전력중심 혁신에서의 명확한 역할.

3. 좁혀져야 할 중대한 과학 및 기술적인 간격에 대한 정의.

4. 과학과 기술의 간격을 좁히기 위한 광범위한 연구 의제 정립.

5. 연구의제를 수행하는 데 필수적인 공공 및 민간부문의 협력체제 유지.

이 기술지도는 과학과 기술이 계속 진보하고 또한 이해당사자의 협력체제가 확장됨에 따라 계속적으로 갱신되고 재작성되는 동태적인 문서형태로 되어있다.

지도의 基底部門은 지구적인 이해당사자에 대한 위협요소를 제거하고 기회를 창조하는 연구개발에 관한 것이다.

기술적인 전환

기술지도는 100여년 이전부터 전력이 상업적으로 이용된 이래로, 영향력과 속도에서 최대로 전력산업을 재편시킬 수 있는 상호 관련이 깊은 다음 4가지 부문의 기술적 변화 벡터를 중심으로 만들어져 있다.

1. 1차 에너지 이용에 있어서 소비자에게 더 효율적이고 다양한 방법으로 에너지의 경제적 전환이 가능해지고 있다.

이는 새로운 分散型電源과 중전의 中央集中型 발전소간의 혁신적인 경쟁을 낳고 있다.

2. 電力電子가 처음으로 진정으로 광범위한

지역의 송전선 관리를 가능하게 해주고 있다.

이것이 실시간 통신기술과 연계되면 지능형 송전선이 되고, 이를 이용하여 대단위 공급자와 소비자를 연계시켜, 부상하고 있는 디지털 경제(Digital Economy)의 요구에 부응하는 완벽한 전력의 질을 갖춘 서비스를 개별 소비자에게 제공할 수 있다.

3. 혁신적인 마이크로프로세서를 응용한 전자공학은 또한 효율성과 정확성 利點을 더욱더 강화시키면서, 전력서비스에 관한 새로운 시장을 창조하고 있다.

이것은 전력의 상업화를 통하여 전력산업을 성장시킨 기술적 진보의 가장 마지막 단계가 되고 있다.

전력은 OECD국가의 에너지소비 60%를 전력이 차지하고 있으며, 전 세계적으로 다음 세기 중반까지 40%를 차지할 것이다.

4. 정보기술 발달은 공익산업의 공급자와 소비자간의 境界와 관계를 재정립시키고 있다. 역사상 처음으로 모든 사람들간에 實時間적으로 대화형(interactive) 통신이 가능하게 되었다.

인터넷, 자동화된 실시간 계량기 그리고 기타 “최종소비자와 직접 연계가 가능한 기기”들은 전력 판매자(seller)와 중전의 전력공급자(supplier)¹⁾를 구별시키고 있다.

이것은 중전의 전통적인 소매 상품과 중간 상품을 통합, 새롭고 부가가치가 높은 산업을 출현시키고 있다.

지속가능한 범세계적 에너지 전략 수립

거시적인 관점에서 기술지도는 에너지 기술 혁신에 관한 범세계적 요구사항을 보여주고 있다고 볼 수 있다.

현재 지구상에는 약 20억의 인구가 상업에너지의 혜택을 받지 못하고 있다. 이것은 역사적으로 경제적 기회라는 복권 신기루를 얻기 위하여 농촌에서 도시로 인구가 대규모로 이동하게 하는 데 영향을 주었다.

2020년까지 개발도상 국가의 도시중 30개 이상이 인구가 1,000만 이상이 될 것으로 보이며, 그 이후에도 1년 또는 2년에 평균 1개가 증가할 것이다.

이러한 급속한 인구 증가로 탄생하는 거대 도시는 새로이 증가되는 인구에게 제공될 기본적인 사회적 생산기반시설이 부족하게 된다. 이들 국가의 주도적이고 전형적인 주 에너지원은 전력이나 가스가 아닌 등유와 木炭 등이다.

지구상에는 60억의 인구가 연간 15TW의 에너지를 사용하고 있다. 이들에게 공급되는 에너지 중에서 53%가 석유와 가스, 22%가 석탄, 13%가 바이오매스 그리고 6%가 수력이나 원자력 에너지이다.

또한 1차 에너지 15TW의 대략 30%가 전력 13조 kWh를 생산하는 데 이용되고 있다.

한편 2050년까지 지구의 에너지 소비는 2배 이상인 35TW가 될 것이며, 또한 인구당 전력 소비는 현재의 폴란드 수준인 3.5kWh

1) 공급자는 공급설비, 즉 발전설비 또는 송배전 설비를 보유하여 전력을 서비스하는 중전의 전기사업자를 의미한다. 그러나 판매자는 기존의 공급자를 포함하여, 새로이 형성되는 경쟁적인 전력시장을 이용하여 공급설비가 없이 전력서비스를 하는 중간 사업자로써, 최종 소비자를 대상으로 서로 서비스 경쟁을 하는 전력시장 참여자(marketer)로 볼 수 있다.(역자주)

가 될 것이다.

단, 이러한 예측은 에너지 原單位(에너지소비량/GDP)가 에너지 이용 기술발전으로 매년 1%가 감소한다는 전제이다.

전세계적으로 전력생산과 소비는 현재의 4배 수준으로 증가하여 좀더 효율적인 에너지 사용의 중요성이 높아갈 것이며, 또한 10,000GW의 새로운 발전설비가 필요하게 된다.

다음세기 중반에는 아시아 지역의 전력소비가 현재의 전세계 전력소비량보다 50% 많아질 것이며, 한편 경제협력개발기구(OECD) 국가가 전세계에서 차지하는 전력소비 비중은 현재 75%에서 40%수준으로 감소할 것이다.

지구 전체적의 탄소 방출량은 연료사용의 편차에도 불구하고 지난 세기보다 최소한 연간 1.3% 감소할 것이다.

따라서 만일 혁신적인 기술의 개발과 적용에 대한 지속적인 대응이 이루어진다면 이 지구가 다음 세기말 이전에 전력과 수력 중심의 에너지경제 체제를 유지할 수 있을 것이다.

따라서 예를 들면, 2100년까지 지구전체의 탄소 방출 수준은 1900년 수준으로 유지할 수 있는 것이다.

에너지와 인구를 연관지어 본다면 다음 세기의 전반기는 에너지 시스템이 불충분 상태에 놓일 것이라는 것은 분명하다.

따라서 우리는 에너지 이용기술의 기술체계를 변경시키는 데 수십 년이 소요된다는 것을 인식하고, 유연하게 대응할 수 있는 기술혁신 대안의 구성(mix)을 시급히 찾아야 한다.

이같이 장기에너지전략의 핵심은 범세계적 동태적 에너지 소비구조에 필요한 제도적이고 기술적인 유연성을 확보하는 것이다.

효율적인 범세계적 전략은 모든 기술의 公開이다. 또한 에너지부문에서의 21세기의 도전에 직면하여, 주요 산업국가는 장기적으로 실현 가능한 모든 에너지 대안을 유지시킬 공동 책임이 있다.

이것은 강제적인 방법이 아닌 전략적인 인센티브 방법으로 민간부문의 기술혁신에 대한 투자를 진작시킬 수 있도록 하여야 한다.

결론

“인간 加速의 법칙이 인간을 편리하게 하는데 필요한 에너지를 완화시킬 수 없다”라고 100여년 전에 역사학자인 헨리 애담스가 말하였다. 인간가속의 법칙은 이제 새로운 세기, 새로운 천년기(millennium) 그리고 새로운 세대로 치닫고 있다.

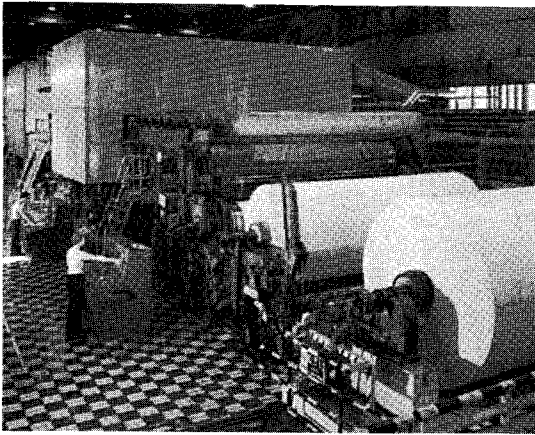
산업혁명으로 생산성이 향상되고 인간의 생활수준이 향상되기까지는 여러 世代가 소요되었다.

오늘날의 지식혁명은 더욱더 빠르며, 광범위한 인류에게 주는 영향이 더 집중적이고 극적이다.

따라서 효율적인 에너지 사회적 생산기반시설과 광범위한 혁신기술은 필수적인 사항이다.

만일 즉각적인 대응을 취하지 않는다면, 이와같은 범세계적 규모의 대책은 개발도상 국가들의 장기적인 경제적 성장에 의하여 심각하게 손상을 받는다. 이것은 빠른 경제성장을 이루려는 개발도상 국가들의 근시안적인 태도 때문이다.

기술혁신보다는 단기적인 기술적용에 비중



을 두고 이들 국가들의 정책은 기술혁신이 지속적인 경제성장을 이룰 수 있는 가장 중요한 요소라는 것을 망각하는 것이다.

특히, 이같은 경향은 전력과 같이 기술집약적인 사회적 기반시설에서 분명하다. 산업의 구조개편으로 형성된 공공부문이 지불하여야 하는가 또는 민간부문이 지불하여야 하는가 하는 역사적 논쟁은 기술혁신과 연구개발 원동력의 개발을 더디게 한다.

이에 대한 효과적인 대처방안으로서 사회적 생산기반시설의 우월성이 민간부문의 생산성과 국내투자의 전제사항이라는 것을 인식하여, 민간부문과 공공부문의 협력이 필요하다.

에너지에 대한 사회기반 시설의 기술적인 수요는 전세계적으로 전례가 없을 정도로 빠르게 이동하고 있다는 사실 때문에 시급한 대처가 강조되고 있다. 따라서 적절히 대응하지 못하면 필연적으로 황금알을 낳는 거위를 죽이는 결과를 초래하는 것이다. ☞

(번역 : 김동현 박사/한전 전력경제처)

참고자료

Awerbuch, Shimon 및 Preston, Alistair, 가상기업-회계, 기술 그리고 대두되는 산업에서의 경쟁, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherland, 1997

Ausubel, Jesse, 및 Landford, H. Dale, 기술적인 채적 및 인간환경, National Academy Press, Washington, DC, 1997

Council on Competitiveness, Competitiveness Index 1996-A Ten Year Strategic Assessment, Washington, DC, 1996.

EPRI, Powering Progress : The Electricity Technology Roadmap Initiative, Palo Alto, California, August, 1997.

과학기술 분야 대통령 자문위원회 연구개발 분과, 21세기 연방에너지 연구 및 개발 Executive Office of the President, November, Washington DC, 1997.

Tassey, Gregory, The Economics of R&D Policy, Quorum Books, Westport, Connecticut, 1997.

US Department of Energy, Draft Comprehensive National Energy Strategy, Washington, DC, 1998.

Yeager, Kurt, R&D and the Dimensions of Value, EPRI Journal, Palo Alto, California, January/February, 1996.

WEC Journal-Yeager