

공학 - 독트린의 기반

Basic Engineering-Doctrine

The term of 'the Basic Engineering - Doctrine' implies that "doing more with less", which had been resulted in a proliferation of "technical slaves" capable of substituting for human labor or animal power during the 1760's Industrial Revolution, Recently with the downsizing this has been also used to be as a basic concept of every company in Korea. Basically the word is based on a conception of energy conservation for human activities.

불은 에너지의 대명사이다. 우리는 에너지(energy)를 영어의 발음 그대로 쓰지만, 중국 사람들은 이것을 '능원(能源)'이라 한다. 한자 문화에 젖은 우리는 '能源'이란 글자에 압축된 에너지의 본뜻을 쉽게 읽을 수 있다. 동물이나 식물이 그들의 생장에 필요한 에너지를 얻는 과정은 '에너지 대사'이다. 그들의 생장에 필요한 주된 에너지 소서로는 아데노신(adenosine)에 인산기(磷酸基)의 몇 개를 덧붙인 아데노신-3인산(ATP) 그리고 아데노신-2인산(ADP)들이다. 그들 외에도 생체 안에 저장된 에너지 소서들이 여럿 있다. 보통의 물리 현상으로 보면, 다양한 에너지의 변환들 중의 하나에 속할 뿐이다.

우리 몸통에 피로나 스트레스가 쌓이면, 생체 에너지인 기(氣)의 순환 기능은 그들에게 쏠려지므로 그것의 정상 순환은 이뤄질 수 없다. 이럴 때, 기의 흐름이 약해진 부분들에서 만병의 요인들이 생겨날 틈새가 생긴다. 몸통을 건강하게 유지시킬 면역성은 기의 주된 기능이다. 기 흐름의 불균형이 심화되면 약화된 부위의 면역 기능은 외부로부터 습격해 오는 병원균을 막아내지 못하여 세포조직의 일부에 바이러스가 진을 친다.

잡은 감기 몰살은 몸의 피로 뒤에 나타난다. 피

로 때문에 기의 순환에 이상이 생긴 징후다. 감기 몸살이 심해질 때, 무서운 암세포가 우리 몸속에 태생할 틈새도 생긴다. 사람 몸속에 기 흐름의 균형처럼, 우리의 경제를 뒤받침 할 산업 에너지의 균형이 무너지면, 회복 불능의 사회적 암세포가 생겨날 것이다.

1882년에 기록된 자료는 에너지를 다음과 같이 설명한다[1].

《“에너지라는 낱말이 처음 과학적인 뜻으로 쓰인 것은 '젊음(young)' 이었고, 그리고 자연의 힘들에 관한 과학을 완성시켰던 카르노트 마이어(Carnot Mayer, 줄J. Joule)…, 그리고 라브와지에(Lavoisier), 돌턴(Dalton)…, 우리가 빛진 화학자들이 이룩한 노고들의 한 성과물로 남아있는 최근의 한 개념(생각)을 대표한다. 이 짧은 에너지 낱말 속에서 우리는 틴들(Tyndall) 박사의 지당한 표현인, 많은 '운동 모드들(modes of motion)'을 이용하여 한결같이 나타났고 만들어지고 있는 전기, 열, 빛 화학적 반응과 열역학을 포함하여 현존하는 역자들을 확인한다. 다른 운동 모드들 사이에서 우리가 고정시킨 하나의 반응을 확정지었을 때, 우리는 한 에너지의 형태에서 다른

모습의 에너지로 변환 가능한 최적의 결과가 무엇인지, 그리고 변환에 영향을 미칠 우리 그릇의 크기가 얼마나 모자라는 지를 미리 알게 된다.”》

본지에 기고되었던 한 칼럼(2)은 우리가 에너지를 사용함에 있어 반드시 기억해야 될 두 가지 문제점들을 지적했다. “그 첫째는 에너지는 재사용이 불가능하므로 그 이용 가능한 양에는 스스로 한계가 있는 것이며, 둘째는 에너지 사용은 환경 파괴라는 부작용을 수반하는 것이다.”

“기술 노예들”의 먹이

고고학자가 보는 불의 역사는 기원전 40만 년 쯤 전이다. 그때, 북경 원인들은 동굴을 밝히려고 불을 썼다는 증거가 있다(3). 한때, 불은 종교적인 우상으로 섬기던 신위(神位) 그리고 신화(神話)를 만들기도 했다. 인간은 불을 통하여 사회를 이루고 생활하면서 문명을 발전시켜 온 것이다.

영국 사람인 제임스 와트(James Watt)가 스팀 엔진을 만들었던 1760년대를 우리는 산업혁명이 시작된 원년으로 본다. 그로부터 인간은 불을 종교적 대상이 아닌, 하나의 도구로서 불의 사회적 기능을 인식하게 된다. 스스로가 경쟁적으로 불을 지필 뿔감 확보의 전략을 세워야 살아남았다.

다른 한편으로는 뿔감의 효율을 높이려는 노력에 힘입어 증기 기관들의 구조는 차츰 에너지의 효율이 높아지는 쪽으로 발전되었다. 증기 기관들은 장치 산업들을 차례로 확충시키는 데 결정적인 도구가 된다. 그런 기관들은 ‘엔진’의 개념으로 바뀌면서 엔진들의 먹이인 뿔감의 효율을 높일 “저비용 고효율”의 구호로 바뀐다. 나라의 경제가 어려울 때면 어김없이 등장했던 구호이기도 하며, 필자의 가슴속을

뒤집어 놓았던 기억하기 싫은 구호이기도 하다.

정부차원에서 이 도구를 가장 혹독하게 쓴 것은 DJ 정부였다. 많은 노동자들은 그 도구의 칼날에 일자리를 잃었다. 마음속에 깊은 상처를 남겼던 가장 혹독한 슬로건으로서 많은 사람들의 기억 속에 오래 남게 될 것이다.

명예퇴직의 빌미를 준 그 경제 논리의 원조는 이미 산업혁명의 물결을 타던 견인차의 엔진 소리였다. “doing more with less”라는 ‘공학의 기본 독트린(basic engineering doctrine)’이 성공을 거두면서 산업혁명이 가져온 “기술 노예들(technical slaves)”이란 새로운 낱말이 유행하게 된다. 경제학자들은 한 국가의 재정적 규모를 ‘기술 노예들’을 기준으로 평가했던 적도 있었다(3).

산업혁명은 기계를 효율적으로 다룰 자동화 시스템, 통신 산업 그리고 물류를 원활하게 할 운송 산업 등을 발전시킴으로써 기계가 먹을 식물(食物)의 수요가 기하급수로 늘어나게 된다. 산업혁명 이전은 농경사회였다. 대단위 농업 기반을 경작하는 데 노예의 노동력과 가축들의 힘은 절대적이었다. 그런 근육의 힘을 기계의 힘으로 대체시켰고, 근육의 힘을 얻기 위해 필요하던 식물들은 기계들이 먹을 나무, 뿔감, 화석연료인 석탄 그리고 석유로 바뀌게 되었다.

역사적 기록이긴 하지만, 아일랜드 코크항에서 신대륙인 미국 뉴욕까지 대서양을 건넌던 최초의 배는 시리우스호였다. 마지막 항해의 며칠동안 연료 부족으로 싯고 있던 화물을 뿔감 대신으로 썼던 기록이 있다(4).

‘에너지 혁명’, ‘거대과학’ 그리고 ‘에너지 안보’

* 스팀 엔진을 처음 고안해 낸 사람은 뉴커멘(Thomas Newcomen)이었다. 광산에서 광물을 들어올리고 내리는 기계로 만든 것이 인류 최초의 스팀 엔진이다. 나중에 와트(James Watt)가 운송에 쓸 동력과 용광로에 바람을 불어넣는 엔진으로 대형화시켰다.

** 당시의 기술자들은 신대륙까지 항해하는 데 필요한 연료를 모두 싯을 수 있는 배는 만들 수 없다고 생각했었고, 시리우스호의 경우가 그런 사실을 증명해 주었다.

기계의 먹이(식물)인 오일은 제2차 세계대전 이전까지만 해도 물처럼 무한하다고 여기던 값싼 연료들 중의 하나였다. 산업이 발전하면서 세계는 기계로 움직일 장치 산업들을 경쟁적으로 확장시켜야만 했고, 기계의 먹이들을 남보다 더 많이 확보할 전략은 나라마다 지상 과제였다. 선진국일수록 석유 연료 자원을 확보하기 위한 경쟁에 앞장서 뛰어들면서 국가들 사이에는 에너지 자원의 선점을 노린 치열한 경쟁을 하게 되었고, 급기야 제2차 세계대전이란 에너지 확보 전쟁이 일어나게 된다.

‘에너지 혁명’은 제2차 대전 이후, 1940년대 말에서부터 시작되어 1950년대 말인 ‘수에즈(Sues) 동란’ 직후, 절정에 이른다. ‘에너지 혁명’이란 석유 소비량이 석탄의 그것을 넘어서면서 석탄시대에서 석유시대로 바뀐 것을 뜻한다. 대전이 끝나고 석유를 원료로 하는 석유화학 산업들이 붐을 타면서 중동의 풍부한 석유 자원이 개발되었다. 세계로 실어 나를 원유의 운송수단의 대형화가 이뤄지면서 석유 소비는 석탄을 앞질렀다.

‘거대과학(big science)’ [5]이란 낱말도 에너지 문제를 해결하기 위하여 새로 생겼다. 에너지 혁명 기간 중에 에너지 문제를 해결할 방도를 찾는 데서 나온 낱말일 것으로 생각된다. 1955년 원자력의 평화적 이용에 관한 제네바 회의에서 에너지 문제를 해결하기 위하여 새로 도입한 기술인 원자력의 평화적 이용을 논의하는 과정에서 거대과학의 뿌리가 짝이 트였을 것으로 이해한다. 그때의 원자력 산업은 핵폭탄 제조가 전부였다. 거대한 과학적 시스템들의 뒷받침 없이는 원자력의 평화적 이용을 할 수 없다고 여기던 시대였다.

대전 후, 10년이 지나면서 세계는 자본주의와 공산주의인 양대 블록으로 나뉘지고 에너지 자원을 확보하려는 경쟁은 양쪽 진영에서 치열하게 전

개된다. 그때부터 에너지는 국가의 안보개념으로 자리를 잡게 된다. 에너지 위기가 일어나기 바로 전 해에 ‘로마 클럽’^{***}에서 나온 뉴스는 중동 산유국들을 긴장시켰다.

1973년 에너지 위기[6]를 겪었던 우리는 에너지 문제를 해결하기 위하여 ‘거대과학’에 기대면서 원자력산업을 육성시켜 왔다. 다른 한편으로는 한때, 원자력산업에 우리 국가 안보의 토대가 될 핵개발의 비전도 포함시켰던 것으로 알고 있다.

거대과학인 원자력 산업

원자력 산업의 제1세대는 ‘라듐 산업’ [7, 8]이 그 원조이다. 라듐의 방사능으로 사람의 병을 고칠 수 있는 그 신기한 기능 때문에 제2차 세계대전 이전까지 라듐은 19세기의 1/4 분기 동안 전 세계가 주목했고, 라듐 산업 붐을 타고 번창했었다. 하지만 에너지 산업만큼 성쇠(盛衰) 그리고 부침(浮沈)이 뚜렷하게 나타나면서 엄청난 경제-사회적인 혼란을 야기 시키는 분야는 찾기 어렵다.

우리의 경제개발 5개년 계획이 시작될 무렵, 태백지구의 무연탄 산업이 그렸고, 라듐 산업도 그랬다. 라듐이 붐을 타던 때, \$180,000/g(1920년대 초) 값으로 거래 된 적도 있었다. 하지만, 이것 역시 부침의 쓰라린 에너지 사이클로 쇠퇴기를 맞았다. 라듐 산업의 중추 기능이던 원자력은 원자로가 개발되면서 새로운 모습으로 등장하게 된다.

원자력으로 전기를 생산하고, 전략 무기인 핵폭탄을 만들어내고, 그리고 의학, 농업, 장치산업 그리고 제조산업 등에 쓰일 필요한 방사성 동위원소들을 원자로가 만들어내면서 라듐은 하나의 방사성 쓰레기로 진화되고 말았다. 수백 톤의 우라늄 정광을 처리해야 겨우 그램 단위의 라듐을 얻을 수 있는 산업은 도태될 수밖에 없었다. 라듐

*** 1972년 25개국에서 파견된 70명의 학자들 그리고 경영자들이 로마에 모여 결성한 단체로 앞으로 생산될 수 있을 석유의 생산량을 예측하고, 그때 소비량으로서는 20년 안에 등이 날 것이란 성명을 발표

은 귀한 보배에서 오히려 방사성 쓰레기처럼 처분해야 될 골칫거리 쓰레기로 바뀌고 말았다.

필자는 원자력을 전공했다. 그리고 앞으로 지속 가능한 우리 에너지는 원자력임을 잘 알고 그리고 믿고 있었다. 하지만, 지금은 앞이 보이지 않는다. 원자력은 기본적으로 두 개의 걸림돌들을 가지므로 대부분의 사람들에게 두려운 존재로 인식되고 있다. 그 중 하나는 공포의 대상인 엄청난 에너지가 한꺼번에 좁은 공간에서 교환되는 폭발의 위험성이고, 다른 하나는 원자로를 돌리면서 내뿜는 방사성 쓰레기의 처분 문제이다. 그래서 원자력을 지속 가능한 에너지의 원천으로 보기에는 한계가 있다.

우리는 태백지구의 무연탄이 사양화되면서 석유를 외국으로부터 수입하여 쓰고 있다. 많은 논문들은 우리나라 총 에너지의 95% 이상을 수입에 의존함을 지적한다. 다행히 지금의 원자력은 그런대로 우리의 발전부문에서 전력소비의 40% 이상을 공급해 주는 효자 노릇을 하고 있다. 하지만 그것을 '지속 가능'이란 논제로 다루기에는 자체 안에 위와 같은 모순이 존재한다. 우리는 원자력 발전을 대체시킬 새로운 에너지 원천을 찾아낼 일이 화급하다.

미래 에너지의 전망

그 대안으로 떠오르는 것들은 여럿 있다. 대체 에너지로 불리는 태양 광-열에너지, 풍력, 조력, 지열, 수소 연료, 바이오메스 그리고 수소 연료 전지들은 앞으로 원자력을 대신할 우리 에너지의 희망이다. 지금처럼 전기 생산의 원천 에너지들로서 세 가지인 수력, 화력 그리고 원자력 발전 정책은 앞으로는 지속 가능하다고 볼 수 없다. 에너지의 원천을 보다 더 다원화해야 우리의 경제-사회를 현 수준보다 높게 유지시키는 데 요구될 에너지 수요를 감당할 수 있을 것이다. 대체 에너지들 중에서도 앞으로 우리의 운송부문에 쓰이는 석유는 수소 연료 전지가 그 대안이 될 것이다(9, 10 그리고 11).

필자는 '원자력산업' 지에 투고한 글(10)에서 우선 우리가 시급하게 서두를 에너지 정책은 에너지 소비의 패턴별로 대책을 세울 필요가 있음을 지적했다. 한 국가의 에너지 흐름은 고등동물의 몸통을 흐르는 피의 순환과 흡사하다. 그 흐름이 끊긴다면 국가나 생명을 지탱하지 못한다. 환경 그리고 반핵 단체들은 당장 원자력의 이용을 중단시키라고 외친다(12). 우리산업의 동맥을 끊어버리자는 구호이고 어리석음이다.

대안을 제시하라! 그리고 사회적인 합의를 얻고 나서 그렇게 주장하라! 우리에게 아직도 원자력은 사회적-경제적 합의로 이뤄진 밑바탕 에너지임을 자타가 인정한다.

라듐 산업이 남긴 교훈

다음은 필자가 최근에 투고했던 원고 내용의 일부를 옮긴 것이다(8).

《모든 산업이 그랬듯이, 호황이 있었다면 반드시 몰락도 뒤를 잇는다. 특히 에너지 산업의 구조에서 이런 논리는 아주 뚜렷이 나타난다. 우리는 태백 지구의 무연탄 생산 붐이 사라져버린 이후를 분명히 기억한다. 국가의 에너지 정책은 그때의 경우, 모든 사업들보다 우선했다. 우리의 생활이 윤택해지고 남미 국가들이 부러워하는 푸른 산림을 가꿀 수 있었던 배경에는 분명히 태백 지구의 무연탄도 한 몫을 했다. 정부의 주도로 추진하던 기간산업에 사람들이 '태백 드림'의 꿈을 품고 거기에 몰려들었다. 하지만, 약 40년이 지난 지금은 어떤가? 에너지의 주역이 바뀌면서 무연탄의 퇴조로 지역 경제도 뒤따라 몰락해버렸다. 우리의 정서에도 부정적인 카지노 사업을 정부가 어쩔 도리 없이 거기에 허락해야 할 난감한 처지가 되고 만 것도 우리는 이해함이 당연하다.

20세기의 1/3 기간동안 세계적인 붐을 타던 라

뚝 산업도 예외일 순 없었다. 한 산업에서 성장과 몰락은 한 사이클로 묶임으로 모든 산업들이 안고 있는 필연의 순환 과정이며, 피해갈 수 없다. 라듐에서 우연히 장애들이 알려지긴 했어도, 그런 장애들이 알려지면 알려질수록 그 원소의 진귀한 가치는 차츰 시들어 갔다. 핵분열 원자로에서 라듐을 대체시킬 더 값싸고 더 효율적인 방사성 물질들을 만들어 낼 수 있었던 것도 라듐 산업의 몰락을 더욱 부추겼다. 원자력 산업에서 기본적으로 따라다니는 두 가지 - 안전성 그리고 방사성 쓰레기 - 부정적인 문제들도 라듐 산업에서 이미 경험했다. 오늘의 라듐은 더 이상 값진 일용품이 아니다. 의학용이든 산업용이든 라듐의 이용은 라듐 산업이 한창일 때의 우라늄 처지가 되고 만 것이다. 라듐 이용은 지극히 제한적이고 급기야는 그것을 처분할 묘안을 찾는 일로 골치가 아프다.

오늘도 우리 언론들은 부안 주민들의 원전 센터 건립을 반대하는 격렬한 시위 현장을 전한다. 원자력이 가져다 준 부정적인 한 모습이고 필자의 가슴이 예리한 침으로 찢리는 것처럼 느껴오는 아픔이다. 원자력 산업도 언젠가는 라듐 산업처럼 무너져 내릴 것이다.

오늘 한 신문이 다룬 기사는 충격적이다(13). 노 대통령은 부안 사태에 대한 정부의 실수를 인정했다고 전한다. 정부의 에너지 정책 실무 책임자가 속한 부서는 산업자원부이다. 당연히 그 장관이 발표할 것을 대통령이 그토록 그 사업에 깊숙이 관여하고 사과해야 할 까닭이 없다. 장관을 보좌하는 정책 실무책임자의 그림자는 어디에 숨었는가?

한 나라의 에너지 정책은 먼 훗날을 예지한 바탕에서 기획하고 추진해 가야한다. 과연 우리의 참여 정부의 에너지 정책 책임자가 이런 철학으로 국가 정책을 펴고 있는지도 의심스럽다. 언젠가는 원자력 산업도 뒀안길로 사라질 것이다. 그 때를

대비한 대책이 우리의 에너지 정책에 반영되고 있는가를 라듐 산업은 묻고 있다. 성장과 몰락은 실과 바늘처럼 한 사이클이다. 필연이고 숙명이다. 땀질하는 정책으로서는 감당하지 못한다. “앞을 내다보지 못하는 자는 목이 말라야 우물을 파기 시작한다”(14).》

참고문헌

1. "50 AND 100 YEARS AGO", *Scientific American* 1982(9), p.1034
2. 이기성, "인간, 에너지 그리고 환경", 기술사 1996(4), 4-7쪽, 한국기술사회
3. G. R. Davis, "Energy for Planet Earth", *Scientific American*, 263(3), September 1990, P. 21 ~ 27
4. 「불쑥만의 원자」, 197쪽
5. W. Sassin, "Energy", *Scientific American*, September 1980, P.107
6. C. J. Campbel and J. H. Laherrere, "The End of Cheap Oil", *Scientific American*, March 1998, p.59 ~ 65
7. E. R. Landa, "The First Nuclear Industry", *Scientific Americans*, November 1982, pp. 154 ~ 163
8. 주승환, "라듐 산업이 남긴 교훈(7)", 원자력산업, 2004(1) 게재예정, 한국원자력산업회의
9. 주승환, "미래형 승용차에 쓰일 수소연료 전지", 기술사, 36(6), 68~71쪽, 한국기술사회(2003, 11)
10. 주승환, "에너지 안보", 원자력산업, 2003(11), 48~55쪽, 한국원자력산업회의
11. 산업자원부, "수소 연료전지 연구개발 및 상용화 지원 방안", [수소, 연료전지 조찬 간담회], 2003. 11. 12.
12. 신준봉, "한국, 어디로 가야하나(2), 소설가 박경리 인터뷰", 중앙일보, 2004. 1. 3. 3쪽
13. 최 훈, "정부가 오판한 것 같다: 盧, 부안 선정 착오 첫 인정", 중앙일보, 2003. 11. 27. 3쪽, 중앙일보사
14. 이창근, "에너지의 미래와 원전 수거물 처분장 확보", 원자력산업 23(7), 14쪽, 한국원자력산업회의 (2003)

글 : 주승환/방사선관리기술사, SRI, 공학박사, 고려공업검사(주) 연구소장, 한국기술사회 홍보위원.

(원고 접수일 2003. 12. 4)