

적정기술 교육과 공학봉사의 융합 모델

제조고려설계 수업과 네팔솔라봉사단의 예



안 성 훈

서울대 기계항공공학부 교수
ahnsh@snu.ac.kr

미국 미시간 대학 항공우주공학 학사
미국 스탠포드 대학 항공우주공학(기계공학) 박사
(현) 서울대 기계항공공학부 교수
네팔솔라봉사단 단장
한국정밀공학회 녹색생산기술부문 회장
한국정밀공학회, 한국복합재료학회,
한국기계공학회, 국경없는과학기술자회 이사
관심분야: 설계 및 생산, 3D 프린팅,
나노/마이크로 가공, 녹색생산기술, 적정기술



이 경 태

서울대 기계항공공학부 박사과정
lekyta83@snu.ac.kr

서울대 기계항공공학부 학사
서울대 경영대학 학사
(현) 서울대 기계항공공학부 박사과정
네팔솔라봉사단 학생대표
관심분야: 스마트 재료, 3D 프린팅, 적정기술

적정기술(appropriate technology) 소개

‘90%를 위한 기술’, ‘따뜻한 기술’, ‘중간기술’, ‘모두를 위한 기술’은 모두 적정기술을 의미하는 말이다[1-3]. 첨단?거대 기술에 대한 반성으로 나타난 적정기술의 개념은 1973년 경제학자 슈마허(Ernst Friedrich Schumacher, 1911~1977)가 출간한 ‘작은 것이 아름답다(Small is Beautiful)’에서 ‘중간기술(intermediate technology)’로 표현된 것에서 시작된다[2]. 적정기술은 특정 집단의 문화적, 환경적 상황을 반영하며, 주로 저개발국이나 개발도상국에서 소규모, 저비용, 노동집약적, 친환경적으로 적용할 수 있는 기술을 뜻한다.

적정기술의 보급과 적용은 다양한 방법으로 이루어지고 있는데, 선진국에서 국가가 주체가 되어 행해지는 공적개발원조(official development assistance, ODA)와, 비정부기구(non-governmental organization, NGO)나 사회적 기업(social enterprise)의 활동이 있다[3-10]. 대학 등

교육기관에서는 학생들을 대상으로 적정기술을 교육하고 이에 관련된 활동을 하도록 하는 형태로도 이루어진다. 그림 1은 각 주체에 따른 과제의 규모와 사회적인 파급 효과를 개략적으로 보인다.

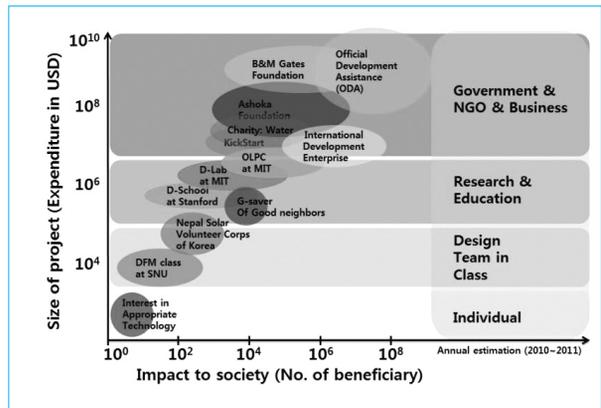


그림 1. 여러 기관들의 적정기술 관련 활동과 파급효과를 개략적으로 비교하는 그림([6-15]에서 유추)

적정기술은 미국의 스탠포드 대학이나 MIT의 예에서 보듯이 공학교육과 밀접한 관계를 발전시키고 있다[14, 15]. 적정기술을 교육과정에서 배우지는 않은 것으로 보이지만, 스탠포드 대학의 기계 공학 박사 출신인 마틴 피셔(Martin Fisher)는 닉 문(Nick Moon)과 함께 1991년 아프로텍(ApproTEC)을 설립하였고, 그 이후 수십만 명의 사람들을 가난에서 벗어날 수 있도록 'Super Money Maker' 와 'MoneyMaker Hip Pump' 를 보급하는 '킥 스타트(KickStart)' 라는 NGO를 만들어 활동하고 있다. 공학교육에서 얻은 경험을 바탕으로 제품을 개발하고 어려운 사람들에게 실질적인 도움을 주고 있는 것이다. 근래에는 스탠포드 공대와 경영대 등이 함께 Entrepreneurial Design for Extreme Affordability 라는 수업을 통해 적정기술 제품을 개발하고 개발도상국에 적용하고 있다. 또한 MIT의 D-Lab 에서는 사탕수수 숯, 태양광 살균장치, 드럼통 세탁기 등의 제품이 개발도상국의 사람들을 위해 개발되었다. 이처럼 대학교에서 공학교육을 통해 적정기술을 가르치고, 새로운 아이디어를 도출하고, 시제품을 만드는 일련의 과정이 교육의 수준에서 그치는 것이 아니라, 적정기술을 바탕으로 공학봉사활동을 수행하고, 사회적 기업을 창업하고, 개발도상국 사람들을 위해 공헌하는 활동의 시발점이 된 예들을 찾아 볼 수 있다.

본 고에서는 공학교육에 적정기술을 어떻게 접목할 것인가에 대하여, 서울대학교의 제조고려설계 수업과 네 팔솔라봉사단의 예로 설명하고자 한다.

적정기술의 교육 예

서울대학교 공과대학 기계항공공학부의 대학원에서 개설되는 '제조고려설계(Design for Manufacturing, DFM) - 적정기술의 응용' 수업도 외국 대학의 적정기술 제품 개발 수업과 유사한 내용으로 진행된다[17, 18]. 학기 중에 다양한 국가에서 온 학생들이 한 조를 이루어 그들의 국가에서 겪는 어려운 점, 불편한 점을 기초로 함께 제품 또는 장치를 개발한다.

원래 DFM은 제품을 개발하는 과정에 도움을 주는 개념으로써 제조 시 형상/재료/생산비용에서 발생할 수 있는 문제를 설계 단계에서 미리 알고 수정하여 제조비용

과 시간을 최소화하는 설계를 주요 내용으로 다룬다[19]. 이론 수업과 함께 제품을 설계하고 시작품을 제작하고 발표하는 프로젝트 형식으로 진행되는데, 2006년부터 진행된 과제의 주제는 창의적 제품, 장애인 편의 장비(Quality of Life Technology, QoLT), 의료장비 등을 거쳐 2011년부터는 적정기술을 응용하는 제품을 포함하고 있다.

적정기술 교육의 주요 내용은 개발도상국에서 사용하기에 적합한 기술에 대한 것과 경제적, 문화적, 환경적 요소와 문제점들을 이해하는 것이 더해지게 된다. 적정기술을 주제로 하는 DFM 수업에서 다루는 주요 내용은 다음과 같다.

- 공학 설계 및 해석, 제조 공정
- 친환경, 에너지 절감, 지속가능성을 제품에 반영
- 재료의 특성
- 시제품 제작
- 비용 예측
- 현지의 경제, 문화, 환경에 대한 이해
- 특허 및 지적 재산권
- 벤처기업, 사회적 기업의 모델 및 창업

다양한 전공의 아프리카, 동남아, 유럽, 중남미 출신의 학생들이 공대 학생들과 팀을 이뤄 진행하며, 특히 개발도상국에서 우리나라에 유학 온 학생들이 팀에 포함되면서 개발도상국에서 해결되면 좋을 만한 문제점과 기술이 자연스럽게 학기 초에 도출된다. 2011년 수업에서 제작된 과제 중 일부를 사용하여 적정기술을 제품개발에 응용한 예를 소개하고자 한다[17].

1) '물 운반 자켓' 은 수자원이 부족한 사막 지역이나 고산지역에서 물을 기르는 일이 많은 시간과 노동력을 필요로 하다는 점에 착안하여, 특히 지형 조건 때문에 물을 담아서 끌고 올 수 없는 산지의 경우를 위해 조끼 형태의 물 운반 도구를 만들었다.

2) 아프리카, 세네갈에서 유학 온 한 학생이 세네갈의 풍족한 과일들을 오래 보관하지 못하여 버려지는 것을 안타깝게 생각한 것에서 시작되었고, 우리나라 학생들과 함께 '태양열 과일 건조장치' 를 개발하였다(그림 2).



그림 2. DFM 수업에서 개발된 태양열 과일 건조장치

3) 접근성이 떨어지는 오지 마을에 사는 사람들이 질병 혹은 사고로 인해 급히 약품이 필요로 할 때, 긴급히 약품을 투하하고 섭씨 8도 이하로 일정 시간 냉동할 수 있도록 보 관해 주는 '응급 백신투하무인항공기'는 GPS 위치제

어와 무인기, 열전소자를 사용한 냉동 기술을 사용하여 개발되었다. 중간기술이라기보다는 고급기술을 사용한 결과물이지만 기계항공공학부의 전공지식을 십분 활용하여 특수한 환경에 사용할 수 있는 시스템이다.

DFM 수업의 예와 같이 학기 중 수업과 과제를 통해 학생들이 적정기술에 대해 배우고, 외국 학생들과 함께 현지 문제점에 대해 공감하고 이를 바탕으로 제품을 개발하는 과정 자체도 공학교육에서 사회적 측면과 국제화의 측면을 강조하는 장점이 있다. 여기에서 더 나아가 자신이 개발한 제품을 가지고 현지를 방문하여 공학 봉사를 실천하는 것은 적정기술의 적용에서 효과나 비용 면에서 장점을 제공한다.

적정기술의 현지적용 순환 모델

적정기술을 필요로 하는 대상은 저개발국이나 개발도상국뿐만 아니라 국내의 특수한 환경에 있는 지역, 예를 들면 산간, 도서, 농어촌, 도시에 있는 소득 수준이 매우 낮은 지역도 될 수 있다. 그러나 여행이나 해외 봉사를 통해 저개발국을 방문하면 국내에서는 잘 경험하지 못하는 에너지, 물, 주거, 교육 등의 열악한 환경을 체험할 가능성이 높으며, 적정기술의 필요성을 국내에서 보다 더 구체적으로 인식할 수 있다. 또한 적정기술의 특징 중 하나인 현지인의 노동력과 현지에서 쉽게 얻을 수 있는 재료를 사용하는 것도 해외 현지가 유리하다. 그리고 무엇보다 중요한 점은 기술이 가지고 제공할 수 있는 '영향

력' 이 국내보다 현지에서 더 크다는 점이다.

적정기술의 교육과 현지적용은 2단계의 순환 모델로 설명할 수 있다(그림 3).

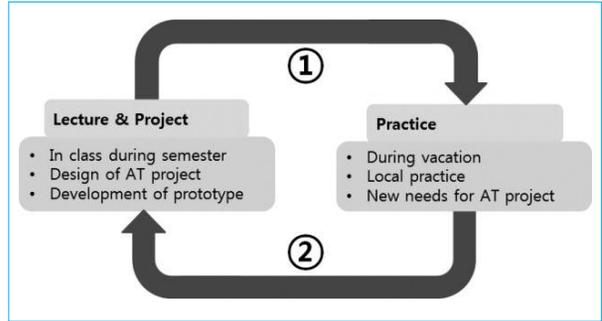


그림 3. 적정기술 교육과 현지 적용의 순환 모델

수업에서 적정기술 제품의 요구사항이 도출되면 제품 개발 과정을 거쳐 설계, 시제품, 최종 결과물의 제작 단계를 한 학기 혹은 두 학기에 걸쳐 구현하고 그것을 방학 동안 현지에 가서 적용해보고 결과를 얻는다(그림 3의 1번 과정). 또는 현지에 방학 중 먼저 가서 생활을 하면서 영감을 얻은 문제점을 학기 중 수업을 통해 적정기술 교육 과정에서 해결하는 방향으로 시도해 보는 과정이 그림 3의 2번 과정이 된다. 교수와 학생이 환경이 비슷한 지역이나 나라에 여러 번 반복해서 방문하면 이러한 과정은 선순환 구조를 이루며, 순환이 거듭될수록 아이디어의 양과 질이 더욱 높아질 것으로 기대된다. 학기와 방학으로 구분된 학교 시스템의 특성을 활용하는 순환 구조는 적정기술의 교육과 적용을 모두 제공함으로써 큰 효과를 가져 올 수 있는 모델이다.

적정기술의 적용과 공학봉사의 융합 예

본 장에서는 적정기술의 교육과 현지 적용에서 현지에 적용하는 방법 중 '공학봉사와 연계' 하는 모델을 설명하고자 한다. 구체적 예로 전기가 들어오지 않는 네팔 고산 지역의 마을에 태양광발전 및 조명시설을 제공하는 네팔솔라봉사단(Nepal Solar Volunteer Corps)의 활동을 들 수 있다[17]. 2011년 1월에 출범한 네팔솔라봉사단은 서울대학교 기계항공공학부의 안성훈 교수와 실험실의 대학원생, 학부생 13명으로 구성되어 시작되었다.

6월에 현지 사전 조사를 다녀왔고, 8월과 10월에 각각 량탕국립공원에 위치한 해발 약 2500m 고도에 위치한 마을인 라마 호텔(Lama Hotel)과 림체(Rimche)에 각각 2kW와 240W 태양광발전 시스템 및 충전 시스템, LED 조명 약 100여 개를 각 가정의 실내조명과 가로등으로 설치하였다(그림 4). 고산지역에 전기를 발전하기 위해 운반이 상대적으로 쉬운 태양전지를 선정하였고 발전량이 많지 않음을 고려하여 7W급의 LED를 조명으로 설치하였다[20, 21].

2012년 2월에는 서울대학교 기계항공공학부의 봉사단이 한양대학교와 경상대학교의 공학봉사단들과 연합으



그림 4. 라마 호텔에서의 태양광 발전기 설치 공사

로 네팔솔라봉사단을 구성하여 마관푸르 지역에 위치한 텡간(Thingan Village)에 5kW급 태양광 발전시스템과 전신주 69개를 포함하는 총 20km 길이의 전력망, 57개 가구의 옥내 배전과 250여개의 LED 조명을 설치하여 전기와 빛을 제공하였다(그림 5)[25, 26].

네팔솔라봉사단의 봉사활동은 공학기술로 저개발지역을 돕는 공학봉사이며, 일반적으로 적정기술에서 말하는 ‘중간기술’이 아니라 태양광과 LED라는 현지에서 생산하지 못하는 ‘하이텍’을 고산지역에 ‘적정하게’ 적용한 예라고 할 수 있다. 현지 봉사활동을 통하여 얻게 되는 공학교육의 내용은 준비를 하면서 배우게 되는 철저한 계획과 함께, 예측하지 못한 여러 환경 및 기술적 요인에 대처하는 순발력을 들 수 있다. 아무리 국내에서 미리 설계를 철저히 잘 해도 한 번도 가본적 없는 외국의 지

형과 부품 수급, 비나 바람 등 기상변화에 대응하여 시설을 설치하고 현지인들과 생활하는 것은 봉사활동에 참여한 공학도들에게 잊을 수 없는 기억과 함께 값진 공학설계 및 적용의 경험이 된다.

2011년 8월 봉사활동에서는 여름임에도 불구하고 고산지대이기 때문에 밤이 되면 기온이 많이 떨어졌는데



그림 5. 밀림에서 나무를 베어 만든 전신주를 주민들과 함께 세우는 모습(텡간)

네팔 주택의 실내에 난방장치가 없어서 추위에 떨어야 하는 경험을 하였다. 네팔 시골의 집들은 실내에 있는 부엌에서 나무를 태워 음식을 하며, 연통이 없는 집에는 연기가 집 안을 가득 메우고 이로 인해 호흡기에 문제를 일으키는 것을 보았다. 이 두 가지 경험을 바탕으로 우리의 전통 난방 기술인 온돌을 네팔에 보급하면 난방과 연기 제거에 도움이 되겠다는 아이디어를 얻게 되었다. 봉사활동을 마치고 우리나라에 귀국한 후 온돌을 네팔에 적용하기 위해 온돌에 관해서 조사하였다. 이를 토대로 2012년 2월 방문 시에 현지에서 온돌을 제작하였다(그림 6). 한국 온돌의 네팔 전파는 아마도 최초가 아닐까 싶다. 현재 2012년 1학기 DFM 수업에서 온돌의 설치방법과 용도를 개선하는 과제를 진행하고 있으며, 새로운 온돌을 2013년 네팔 봉사활동에서 적용할 예정이다[18].

앞 장에서 보여준 순환 모델에서처럼 온돌의 네팔 현지 적용의 예는 수업과 현지 실습을 통한 문제도출과 적정기술의 적용이 효과적으로 될 수 있다는 장점을 보여준다.

결어

우리나라의 적정기술은 공학교육의 요소로서 자리 잡



그림 6. 텅간에 설치한 온돌

는 초기 단계에 있다. 수업에서 국내외의 적정기술 사례들을 소개하거나 교과목의 학기말 과제물 또는 적정기술을 주제로 하는 경진대회에 출품하기 위한 시작품을 만드는 것이 적정기술 교육의 주된 예라고 할 수 있다 [22, 23]. 해외에서 적정기술 실습을 주된 목적으로 방학을 이용해 현지를 방문하는 것도 의미 있지만, 이왕 현지에 가는 김에 공학봉사활동과 적정기술의 적용을 융합하는 시도도 비용과 시간의 측면에서 1석 2조의 효과가 있다고 생각된다. 적정기술 제품이나 시설을 현지에서 테스트 하면서, 현지의 에너지, 물, 주거환경 등 개선할 수 있는 부분을 찾아 공학봉사활동을 할 수 있으며, 또 현지 초중등 학교에서 과학기술 캠프를 열어 과학기술에 관심을 유도하는 교육활동도 병행할 수 있다.

외국의 교육기관들의 예를 보면 적정기술의 교육과 보급이 발전되면 ‘지속가능한’ 사회적 기업을 창업하고, 국제기구, 세계은행, 아쇼카재단 등과 같이 재정지원이 가능한 기관과 연계하여 영향력이 큰 공학봉사 활동이 가능할 것이다. 또한 해외 봉사를 통해서 축적된 적정기술의 적용 노하우를 국내에 있는 취약한 지역에도 적용하는 것도 의미가 있을 것이라 생각된다.

후기

본문에서 소개한 DFM 수업은 서울대학교 기계항공공학부의 지원으로 이루어졌으며, 네팔솔라봉사단의 활동은 교육과학기술부(한국연구재단) 개도국 과학기술 지원 사업(2011-0020853), 남북 과학기술 및 학술협력사

업(2011000K1A5A200002), 서울대학교 공과대학, 공학연구소 산학협력 전략 사업(연구 클러스터 사업), 정밀기계설계공동연구소, 서울대학교 차세대융합기술원(2012-P1-26), 학생처, 연구처 등의 지원으로 수행되었습니다. LED 전구를 기증해 주신 삼성 LED, 그리고 여러 지원기관과 후원자, 봉사활동에 참여한 경상대 송철기 교수님과 한양대 이선영 교수님을 비롯한 네팔솔라봉사단원들, 네팔 카트만두 대학의 Maskey 교수님과 현지조율에 힘쓴 정형준 선교사님과 서울대 Binayak Bhandari군, 온돌 제작 방법을 알려주신 배종관님께 감사를 드립니다. 

참고문헌

- [1] 스미소니언 연구소, “소외된 90%를 위한 디자인(Design for the Other 90%),” 에트 더월드, 2007.
- [2] E. F. Schumacher, “Small is beautiful-a study of economics as if people mattered,” Harper & Row, 1973.
- [3] 국경없는 과학기술자회, “이웃을 위한 적정기술 100선,” 국경 없는 과학기술자회, 2011.
- [4] 유병선, “보노보 혁명,” 부키, 2007.
- [5] 김정태, 홍성욱, “적정기술이란 무엇인가(세상을 바꾸는 희망의 기술),” 살림, 2011.
- [6] UN (<http://www.un.org>)
- [7] Ashoka Foundation (<http://www.ashoka.org>)
- [8] Bill & Melinda Gates Foundation (<http://www.gatesfoundation.org>)
- [9] International Development Enterprise (<http://www.ideorg.org>)
- [10] Engineering for change (<https://www.engineeringforchange.org>)
- [11] Charity: Water (<http://www.charitywater.org>)
- [12] KickStart (<http://www.kickstart.org>)
- [13] OLPC(one laptop per child) (<http://one.laptop.org>)
- [14] MIT D-Lab (<http://d-lab.mit.edu>)
- [15] Institute of Design at Stanford (<http://dschool.stanford.edu/>)
- [16] J. R. Mihelcic, J. C. Crittenden, J. Mitchell, “Sustainability science and engineering: The emergence of a new metadiscipline,” Environ. Sci. Technol, Vol. 37, pp.5314-5324, 2003.
- [17] 안성훈, “대학에서 적정기술(Appropriate Technology) 적용하기: 서울대학교 기계항공공학부의 교육 및 기술봉사의 예,” 유니테프 저널, Vol. 1, No. 1., pp. 41~46, 2012.
- [18] 제조고려설계 (Design for Manufacturing, DFM) 웹사이트 <http://dfm.snu.ac.kr> (2012)
- [19] J. G. Bralla, “Design for Manufacturability,” McGraw-Hill Professional, 1998.
- [20] 김성규, “감감한 네팔 오지에 희망의 빛 선물,” 동아일보, 2011.9.30.
- [21] 박은하, “서울대 봉사단, 태양광 발전소 세워 네팔의 밤을 밝혔다,” 경향신문, 2012.1.3.
- [22] 사단법인 나눔과 기술 (<http://www.stiweb.org>)
- [23] 적정기술재단 (<http://www.approtech.or.kr>)
- [24] 서울대학교 기계항공공학부, “다른 나라 사람들과 함께 나누는 따뜻한 기술,” BK21 차세대 기계항공시스템 창의설계 인력양성사업단 뉴스레터, 서울대학교 기계항공공학부, Vol. 6, No. 1, 2012.
- [25] 네팔 솔라 봉사단, “네팔 솔라 봉사단 뉴스레터,” 네팔 솔라 봉사단, Vol. 1, 2012. (<http://www.nepal-solar.org>)
- [26] K. Taylor, “Koreans help bathe Nepali village in light,” Korea Herald, 2012.3.22.
- [27] 굿네이버스 (<http://www.goodneighbors.kr>)