

技術革新과 發明의 役割

— 模倣서 出發, 創造로 發展하는 것 —

金 貞 欽

〈高麗大教授 物理學〉

情報化社會로의 移行

第1의 물결인 農業化社會에 이어 第2의 물결인 工業化社會의 時代가 오래도록 계속 되었다. 그러나 이제 새로이 第3의 물결인 情報化社會의 幕이 열리고 있다. 그에 따라 社會 全體에서 情報에의 需要가 높아져 가고 있다. 그리고 그에 따른 情報技術의 눈부신 進歩가 이루어져 나가고 있다. 그래서 經濟社會 全般에 걸쳐 새로운 技術革新의 바람이 불고 있다.

情報技術의 發達は 새로운 技術革新을 물고오고 있다. 所謂 尖端技術이 그것이다. 尖端技術이란 한마디로 最高質의 情報가 最高品位의 附加價値를 만들어 내는 技術을 뜻한다.

사실 1980年代에 들어와 눈부신 技術革新에의 移行이 이루어지고 있다. 情報化社會의 支柱가 될 「情報革命」, 機械를 有識化시키고 機械에 새로운 生命과 靈魂을 불어넣어 주는 「機電一體革命」, 技術突破의 牽引役割을 하는 「材料革命」, 魔法의 빛 레이저가 방아쇠가 되어 있는 「光革命」, 遺傳工學을 主軸으로 하는 「生物革命」, 에너지 危機를 克服시켜 주는 「에너지革命」, 宇宙空間이나 海洋空間속으로 新天地를 開拓해 나가는 「邊境工學革命」 등등의 尖端技術이 줄을 이어 開花되려 하고 있다.

새로운 技術革新의 패턴

이와 같은 技術革新을 論하는데 있어 가장 重要的 것은 技術革新의 性格과 패턴이 過去와는 다르다는 點이다.

周知하는 바와 같이 技術革新의 시작은 1800年頃부터 시작된 第1次産業革命이다. 紡績, 蒸氣機關車 등이 出現하여 農業化社會를 온통 工業化社會로 뒤바꾼 革命이다. 이 革命의 결과 사람의 손발을 代替해 주기 위해 機械가 登場한 것이다. 이것이 技術革新의 시작이었다.

그후 19世紀 後半에 들어와 第2次의 技術革新의 물결이 일게 되었다. 이 때 飛行機, 鐵鋼의 大量生産, 無線通信, 自動車가 發明되었다.

그리고 20世紀의 第2 四半世期에 들어와 石油文明이 開花되었던 것이다. 第2次大戰을 前後해서 個別專門領域의 發明 發見이 뒤를 이어 不連續的 變身이라고도 할 飛躍이 있었던 것이다. 例컨데 트랜지스터, TV, 컴퓨터, 제록스, 레이더 등으로 代表되는 電子工業革命, 原子力, 로켓, 제트엔진으로 象徵되는 動力革命, 페니실린, 나일론, 폴리에스테르纖維 등의 化學合成革命, 超合金, 슈탈루미늄, 티타늄 등으로 代表되는 材料革命 등 헤아릴 수 없이 많은 技術革新이 일어났던 것이다.

<表 1> 1925年以後의 4半世紀別 重要發明·研究開發의 베스트 10

1925~1950	1951~1975	1976~
實用的인 TV開發 페니실린 發見 合成고무의 發明 나일론의 發明 DDT의 發見 V I, V II 로케트 發明 原子爆彈의 開發 電子計算機의 發明 트랜지스터의 發明 除草劑의 發見	水素爆彈의 實驗 原子力潛水艦의 完成 原子力發電所操業 大陸間彈道彈 完成 人工衛星 스푸트니크 發射 高速彈丸列車(日本新幹線)開通 Apollo 11號의 달 着陸 日本·中共·佛의 人工衛星發射 遺傳子 DNA의 合成 火星探測器의 成功	조세 프슨 素子 光通信·光計算機 核 融 合 이온 엔진 超傳導材料 휘스커·세라믹엔진 癌의 新藥 바이오 리액터 인터페론 導電性高分子
發明·發見型, 技術突破型이 中心. 계속적인 新市場을 만 들어냄.	組立型·應用技術에 重點이 두 어져 있음. 시스템의 프로젝 트가 많음.	

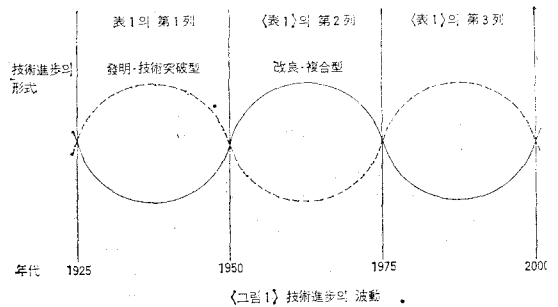
그런데 그 후 이와 같은 종류의 技術突破型의 이노베이션(innovation)이 약 20餘年間은 얼굴을 감추고 있었던 것이다.

즉 <表 1>에서 보는 바와 같이 1950~75年 사이에는 革新的인 發明이나 發見은 거의 모습을 보이지 않는 代身, 이미 發見된 로케트나 原子力을 토대로 이것들의 改善을 통한 製品인 人工衛星, 原子力船, 高速電鐵 등 所謂 시스템의 프로젝트가 많이 登場하고 있다.

따라서 이 期間中에는 市場화된 非連續的 發明에 의한 技術은 보이지 않는다. 既存技術에 의한 組立型·應用型 技術開發에 重點이 移行되었던 것이다. 그러나 잘 注意해서 보면 이들 사이 사이에 다음의 未來技術로서 期待되는 核融合, 遺傳子, 第5世代 컴퓨터技術, 레이저技術, 새로운 合金技術 등의 싹이 트기 시작한 것도 사실이다.

技術革新의 長期波動

일반적으로 技術革新은 어느 한 時期에 開花



하고, 技術突破가 연달아 일어나 最盛期를 마지한 후 數 10年이 지나면 停滯期에 들어간다고 들 한다. 開花와 停滯期의 週期는 대략 50年前後라 한다.

예컨대 <表 1> 및 <그림 1>에서 보는 바와 같이 1925~1950年은 發明·技術突破型의 技術革新의 全盛時代라 할 수가 있다. 그러나 그후 1975年까지 25年間은 이렇다 할 發明型技術은 나타나 있지 않다.

그렇다면 이런 停滯期에는 어떻게 對應하는가 하면, 既存의 技術을 結合해서 시스템화하는 同

時에 技術의 改良에 힘썼던 것이다. 例컨데 TV는 天然色化되었고, 遠隔操縱裝置가 追加되고, 비디오 테이프 레코더(VTR)가 添加된 세트로 複合化되었던 것이다. 또 時計는 디지털화하고, 카메라는 小型化되었다.

또 NASA(美航空宇宙局)의 아폴로宇宙船이나 原子力發電所 등의 實用化에서는 既存技術을 最大限으로 利用해서 시스템화함으로써 그렇게 劃期的인 業績을 남긴 것이었다.

사실 Apollo計劃은 人間을 달에까지 데려가 着陸시킨 후 다시 地球까지 無事히 되돌아오게 하는 劃期的인 일을 했으면서도 새로운 劃期的인 發明이나 發見은 거의 없다. 勿論 수 없이 많은 조그마한 發明이나 改良은 헤아릴 수 없이 많아 대략 약 50만件的의 새 技術이 開發되었다고 한다. 이렇게 조그마한 技術의 結合이 아폴로宇宙船의 成功을 뒷받침해준 것이었다.

이와같이 1960年代, 1970代의 技術進歩는 既存技術의 高度化, 極限化, 複合化에 依해서 이루어졌으며 그 결과 오히려 技術의 大衆化·普及化가 促進되기도 하였다.

尖端技術의 登場

그러던 중 1980年을 前後로 해서 技術革新은 다시 탈바꿈이 시작된 것이다. 마이크로 일렉트로닉스의 飛躍의 進歩 外에 光技術, 生物技術, 材料技術이라는 새로운 技術이 싹트기 시작한 것이다. 빛으로 情報를 送達할 수 있고, 細胞등에 새로운 情報를 追加해서 完全히 새로운 生命體를 만들어 낸다는 등 數年前에는 實用化되리라 꿈에도 생각 못했던 일이 일어나고 있는 것이다.

또 從來의 工學의 立場에서는 상상치도 못했던 새로운 技術領域도 생겨나고 있다. 例컨데 테크네트로닉스(technetronics) 또는 메카트로닉스(mechatronics)라 불리는 機電一體工學이 出現하여 脚光을 받기 시작했다. 그 결과 로보트

産業이 눈부신 發展을 시작하기도 하였다. 그리하여 情報化社會, 光産業, 生物産業 등등의 새 낱말이 亂舞하기 시작했다.

尖端技術의 特徵

그렇다면 1980年代 後半에서 2000年代初에 걸쳐 開花할 새 技術인 尖端技術(물론 2000年代가 되면 이들 技術은 尖端技術이 아니라 一般化 技術이 되겠지만)이란 도대체 어떤 特徵을 갖고 있는가?

그 가장 特徵的인 것은 이들 技術이 한결같이 高附加價値를 지니고 있다는 點이다. 高附加價値는 주로 이들 製品의 複雜性과 그 複雜性속에 들어 있는 情報量에 依해서 創出된다.

製品의 部分品 수가 늘어나면 그만큼 高度의 機能을 發揮할 수 있고 또 正確 無變한 任務를 遂行해 준다. 그 결과 이런 尖端製品에서는 製品價에서 原資材값은 거의 無視할 수 있을 정도의 자리밖에 차지하지 않는다. 그뿐만 아니라 이런 尖端技術에서는 部分品 하나 하나를 만들어 내는 加工費마저도 그리 큰 몫을 차지하지 않게 된다. 중요한 것은 組立費이다.

組立費라 해서 保稅加工 따위처럼 外國에서 部分品을 들여다 나사를 조이고 구멍에 맞추는 따위의 單純組立의 뜻은 아니다. 그 製品을 設計하고, 研究開發하고, 새로운 原理를 發見해 내고, 未踏技術을 찾아 내는 등등의 技術突破를 위한 갖가지 發見·發明·開發등의 活動이 모두 포함된다.

그러므로 發明의 特許도 들어 있는 것이고, 노우하우(kno-how 秘密技術)를 開發해 내는 것, 새 原理를 發見해 내는 基礎研究등도 포함될 것이다.

또 부분품수가 늘어나면 그것을 管理하는 技術도 必要해진다. 製品수가 10萬個를 넘는 技術에서는 주먹 구구식 方式은 成立하지 않는다. 高度의 시스템 工業, 工程管理 技術이 必要해진다.

다. 어느 部分을 어느 시기에 누구에게 下講을 주고, 언제 納品시키며 언제 어떤 순서로 組立시키는 것이 가장 有效한 가하는 것도 미리 알아야 한다.

部分品數로 본 尖端技術

尖端技術은 部分品數가 많다 했지만 部分品數가 많은 만큼 그 하나 하나에는 改良의 餘地가 있고, 그에 따라 갖가지 小發明, 小發見이 無數히 要求되고 있다.

사실 이들 尖端技術이 얼마나 많은 部分品을 갖고 있는가를 살펴보자.

예컨대 전자산업의 중심부분은 LSI(大規模集積回路)인데 LSI는 5mm×5mm 정도의 얇은 실리콘기판 위에 수만개 수십만개의 電子素子가 들어간다. 예컨대 64K(킬로비트)의 LSI는 15만개, 256K의 VLSI는 60만개의 電子素子를 가지며 素子間 거리 또는 素子の 크기는 각각 64K의 경우 4 μ , 256K의 경우 1.5 μ 정도가 된다.

1 μ 는 0.001mm로써, 박테리아(細菌)의 크기가 0.3 μ 에서 30 μ 정도란 것을 생각한다면 얼마나 작은가 하는 것은 추측할 수가 있다.

遺傳工學도 마찬가지이다. 예컨대 사람의 DNA 속에는 30억개의 부분품 즉 30억개의 鹽基(A, C, G, T의 4가지 종류)가 들어있다. 가장 下等 生物에 속하는 박테리오파지(박테리아 기포 바이러스)인 파이엑스 174마저도 5,800개의 염기로 되어있다. 유전공학에서 가장 잘 사용되며 또 비교적 간단한 구조를 갖는 대장균의 DNA마저 약 400만개의 부분품을 갖고 있다. 물론 이들 염기의 크기는 0.001 μ 정도가 되므로 VLSI의 電子素子보다 1,000분의 1이나 더 작다.

항공산업이나 우주산업도 부분품 수는 못해도 수십만개에서 수천만개에 이른다. 예컨대 보잉 707, 727, 737, 747 등등은 대략 30만개, 전략폭격기는 50만개 이상의 부분품을 갖는다. 헬리콥터나 간단한 전투기도 10만개 정도의 수준이다.

아폴로宇宙船이 1,200만개이고, 앞으로 위력을 발휘할 宇宙武器(레이저무기, 荷電粒子武器)의 부분품은 아마도 수천만개에서 1억개 정도가 되리라 추측된다. 한결음 더 나아가 宇宙植民地, 우주도시는 아마도 수억개 정도의 부분품으로 될 것이 예상된다.

또 원자력산업도 적어도 천만개 이상의 부분품으로 구성되어 있다. 核融合原子力發電所는 아마도 분열형의 재래식 원자력발전소보다 한결 더 규모도 크고 구성부분품수도 늘 것이 예상된다.

기타 精密化學(제품이 아니라 그 공정 및 시설쪽), 해양산업, 로봇산업(電子頭腦에는 수없이 많은 VLSI가 사용될 것이므로), 에너지산업 등 어느 하나를 들어도 전체시스템은 매우 복잡하고 10⁶ 이상의 부분품을 요하고 있다.

尖端技術은 微細技術

제품의 부분품수가 많다는 것은 그 부분품이 미세한 동시에 정교하다는 뜻도 포함하고 있다. 그래서 첨단기술은 한마디로 微細技術(micro engineering)이라 해도 과히 틀린 표현은 아닐 것이다. 물론 첨단기술 중에는 미세기술이 아닌 것도 있겠지만(예컨대 에너지산업의 상당부분) 그 대부분은 미세기술이다. 전자산업이 그렇고 유전자산업이 그렇다. 또 光通信産業도 그렇고 素材産業도 그렇다. 예컨대 광통신에서는 0.125mm의 가는 유리섬유를 서로 잇기도 하고 브랜칭(分岐)도 해야 하는데 현미경적인 기술이 필요하다.

또 로봇도 1,000분의 1mm, 만분의 1mm의 정밀도를 얻기 위해서는 무척 정교한 기술을 써야만 한다. 또 素材産業에서는 10억분의 1정도의 불순물이 끼어 있어도 안되는 경우가 많다.

따라서 이런 기술을 개발해 나가고 습득하는 데는 훈련된 두뇌도 필요하겠지만 한편으로는

섬세한 손재주도 필요하다. 다행히 우리 국민은 젓가락 사용국 특유의 손재주를 갖고 있어 微細技術分野에서는 매우 유리한 고지를 점유하고 있다. 사실 국제기능올림픽에서의 空前의 대기록인 四連覇가 이 사실을 여실히 증명하고 있다.

또 우리에게는 고도로 훈련된 고급 두뇌도 비교적 많이 養成되어 있다. 단 한가지 없는 것이 있다면 그것은 公業화된 日淺하여 경험과 전통과 노하우가 부족하다는 것뿐이다.

그러나 이 缺點도 政府 및 民開企業體의 올바른 目標設定과 努力에 의해 漸次 改善되어 나가고 있다.

그리하여 1990年代가 되면 우리도 尖端技術分野에서 世界를 이끌어나가는 尖端技術國家로 두각을 나타내게 되리라 생각된다.

技術革新과 發明의 役割

돌이켜 보면 우리의 科學技術은 그 歷史가 매우 짧다. 그 옛날 우리는 金屬活字를 發明했고, 世界에 빛나는 高麗瓷器나 李朝瓷器도 만들어냈지만 李朝 500年間을 통해 鎖國主義를 擇했기 때문에 世界의 科學技術潮流의 本流에서는 멀리 떨어져 나가 있었다.

그리하여 우리가 제 精神을 찾아 工業立國을 目標로 努力해온 것은 不過 20餘年밖에 되지 않는다. 우리는 不過 20餘年 사이에 西歐文明이 약 200~300年間에 걸쳐 이룩해 놓은 工業化過程을 急速히 進展시켜 왔다.

이런 急激한 工業化過程에서는 그 性格上 先進國에서 開發된 技術을 無條件 導入해서 模倣하는 길이 가장 빠른 길이였다. 그래서 지난 20餘年間 우리는 外國의 特許며 know-how를 비싼 royalty를 들여가면서 無條件 導入하고 吸收하였다. 이 方法은 成功했고, 그래서 이제 어느새 모르게 우리는 中進國중에서도 先頭그룹을 달리는 存在가 되었다.

그러나 問題는 이제부터이다. 中進國에서 先進國에의 前進는 그리 쉬운 것은 아니기 때문이다. 于先 여러 先進國들이 이미 우리를 競爭相對者라 보고 技術移轉을 꺼리기 시작했기 때문이다. 또 高級技術移轉 自體도 따지고 보면 무척 높은 로얄티를 물어야 하는 難點에 부딪치게 된다. 그 결과 우리는 이제 善진 自體開發에 힘을 쓸 수밖에 없고, 自體開發을 위해서는 많은 頭腦를 必要로 한다.

다행히 우리나라는 世界에서도 가장 熱誠에 찬 敎育熱을 갖고 있다. 또 젓가락 使用國民 特有의 手재주도 갖고 있다. 거기 에다 勤勉性까지 갖고 있어 自體技術開發에 는 安성맞춤의 여러 條件들을 갖추고 있다. 단 지 우리에게 모자라는 것이 있다면 傳統이 없다는 것이다. 즉 技術蓄積이 그리 많지 않다는 것이다. 그래서 앞으로 當分間은 계속 先進技術의 模倣에 힘을 써야 한다.

一般的으로 模倣이라 하면 蔑시하는 傾向이 많지만 模倣없이 創造는 없다. 創造란 하루 아침에 갑자기 創出되는 것은 아니고 數없이 많은 模倣을 하는 동안에 번쩍 머리속에서 떠오르는 法이다. 또 數없이 많은 模倣을 하다보면 어느새 모르게 여러가지 조그마한 아이디어가 생겨나 온다. 이 아이디어를 계속 살려나가다 보면 드디어 어느 段階에 가서 發明이 생겨나고 創造가 이루어진다.

數없이 많은 이 조그마한 發明이 쌓이고 쌓일 때 우리의 技術은 더욱더 發展을 하게되고 이렇게 技術이 쌓여서 蓄積되어 가는 사이에 나라 全體의 技術力은 현저히 向上되고 그 결과 우리도 1990年代에 가서는 先進隊列에 끼이게 되리라 생각된다.

數없이 많은 조그마한 發明의 蓄積이 결국은 尖端技術의 開發에도 連結되고 先進祖國創造에도 連結된다. 마치 잎사귀에 떨어진 빗물이 모여 조그마한 시냇물이 되고 그 시냇물이 모여 江이 되고, 江이 모여 바다가 되듯이 말이다.