



傳統動力機械를 오늘에 照明한다

—産業革命以前의 動力을 中心으로—

To Illuminate the traditional prime mover today

趙 明 濟*

Cho, Myong Jae

1. 序 言

人間이 先史時代以來 地球에 定着生活하면서 衣食住를 해결하기 위하여 [便利한 用具를 사용하게 된 것은 約 BC3000年 頃으로 거슬러 올라간다. 오늘날 文明의 尺度를 表現하는 方法으로 몇 가지를 定할 수 있겠지만 國民 1人當 年間 動力(에너지) 사용량을 잡는 것이 타당하다고 본다.

1인당 에너지 및 전력소비량('83)

구 분	한 국	일 본	미 국
에너지(TOE)	1.24	2.86	7.33
전 력(KWH)	1,067	4,009	9,411

1789年 産業革命 以後의 눈부신 鑛工業 發展으로 社會的變化가 200年을 지나는동안 많은 文化, 經濟, 科學, 政治 各 方面에 變革을 주었고 오늘의 高度社會를 形成하는 地球社會 乃至 地球家族의 概念을 낳게 하였다. 돌이켜 보면 産業革命前 蘭日 關係史에 따르면 1598年 6月 23日 和蘭船舶이 出發하여 日本 九州豊後에 1600年 4月 19日 도착하였으니 約 1年 10個月이 所要되었고(당시 파나마 運河는 開設되지 않아서 南美南端을 經由하였지만) 오늘의 1日圈 歐洲, 美國旅行, 世界各國間의 通信 그리고 宇宙 여행을 생각해 볼때 참으로 今昔之感이 있기 때

문이다.

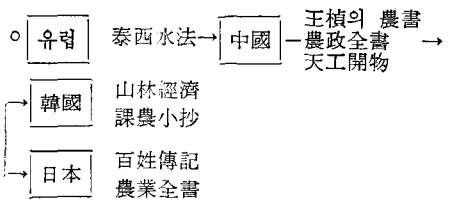
産業革命 以前의 古代 封建時代부터 中世, 近世까지 맷돌과 水車가 人類 産業社會에 미친 影響은 實로 至大하였다. 動力機械야말로 産業發展의 核心的인 役割을 하였고 5000年의 文化歷史를 단숨에 바꾸어 놓았던 것이다. 증기기관에 이어 水力터어빈, 석유기관, 發電機, 電動機 그리고 증기터어빈, 가스터어빈 등 그리고 原子力

傳統回轉 機器의 發達史

1. 先史古代期(BC5000~AD900)

- 나일江, 티그리스유프라테스江 流域에 農耕牧畜 文化
- 農耕部落의 定着과 米·小麥의 耕作
- 磨石·桔槔의 出現(粉碎·揚水 道具의 起源)
- SILK ROAD에 따른 東西文化의 交流
- 碾礮→水車+石臼(製粉技術의 發達)

2. 中世期(AD 900~AD1500)



- 政治社會의 變遷(民權運動-市民生活의 發展-手工業制의 分化)
- 産業發達의 原動力(人力→畜力→水力)

3. 近世期(AD1500~AD1800)

- MANUFACTURE의 全盛期→水力 動力의 制約性
- 續機械의 發明과 産業革命→蒸氣動力에 의한 生産性 增大
- EULER 理論에 立却한 現代式 流體 機械의 出現

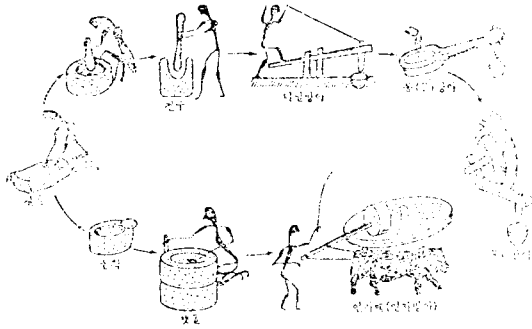
* 機械技術士(熱原動機)韓國動力資源研究所 에너지機器研究部長

發電 技術은 産業革命 以後의 200 年의 發展相은 實로 刮目할 만하다. 돌이켜 보면 産業革命의 動機는 Mule의 운전에 水車가 크게 貢獻한 背景이 있었다고 본다. 따라서 産業革命 以前의 傳統動力機械를 歷史를 通하여 考察하므로써 오늘에 照明하고 祖上의 業을 되새겨 보는 것은 科學技術史의으로 意味가 크다고 본다.

2. 東西洋에서의 動力機器의 變遷過程

가. 유럽國家에서의 傳來樣相

現代의 모든 機械의 基本이 되는 定常回轉運



脫殼製粉用具의 發展過程



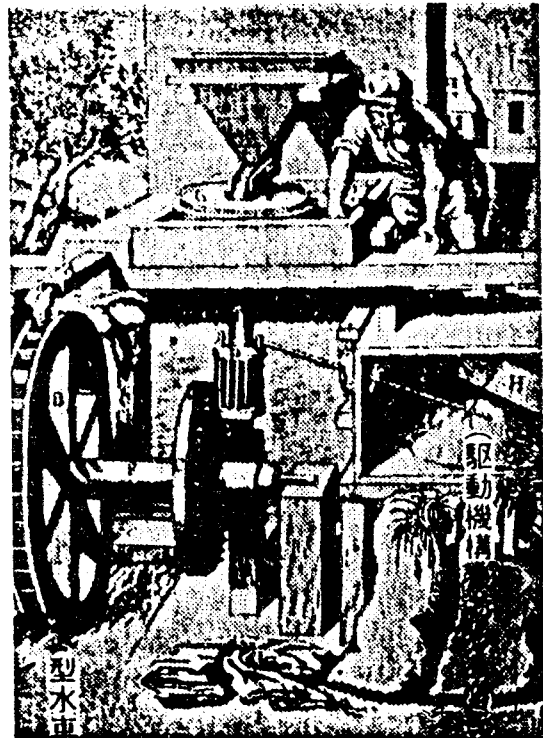
桔 槔

動은 돌 질구로부터 發生되었으며 水車와 風車도 돌 질구를 돌리기 위해서 元來 考案되었다. 石器時代에 이르러 人類가 農耕生活를 營爲함에 따라 이집트, 서아세아 그리고 中國에는 일찍부터 쌀, 밀 等 곡식을 耕作하여 왔으며 灌溉用具와 穀類의 分쇄를 위하여 돌질구와 揚水器를 만들어 사용하였다. 古代 東方國家에서 가장 普及된 것은 桔槔였다. 이집트에서는 BC2000~3000 年頃에 桔槔가 出現되었고 揚程 2m 에 容量 3,400l/h 程度였다고 한다.

그후 畜力으로 揚水를 하였다. 桔槔의 그림은 앗시리아의 遺跡에서 볼 수 있다.

水車는 自然力을 利用한 機械裝置인 同時에 挽臼, 鍛冶用槌 等 裝置에 傳達되는 에너지源인 機械裝置였다. 水車는 紀元前 數世紀 앞서서 中國 印度에 出現하였다. 6 世紀에는 로마에서 水車의 回轉이 齒車에 의해 질구에 傳達되는 裝置가 發明되었고 6 世紀 以後 西유럽에 出現한 水車는 그 數가 極히 적었으며 이 機構의 重要部分은 上射式水車였다.

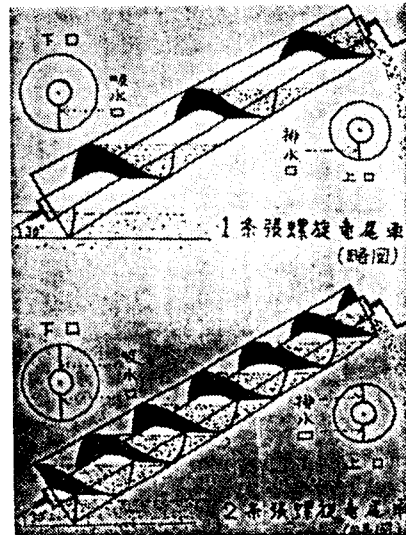
水車가 널리 이용된 것은 技術이 全般的으로



체달린 製粉用立式水車

發達되고 封建社會의 生産力이 一定한 發達水準에 왔을 때였다. 이렇게 앞선 技術이 西유럽에 成長되기 시작한 것은 10世紀였고 東유럽에 水車가 나타난 것은 15世紀에서 17世紀 中葉이었다. 初期의 水車는 主로 製粉用이었으므로 10~13世紀에는 挽臼의 構造가 改良되고 가루를 磨으기 위한 分체기를 사용하게 되었고 水位에 의해서 回轉方向을 바꾸는 등이 技術上의 特徵이었다. 또 水車는 11世紀末부터 揚水裝置와 Boring 裝置를 움직이는데 紡績工場의 梳毛 工程에 利用되었다. 14世紀 中葉에서부터 水車는 金屬加工用에 普及되기 시작하였고 독일에서 鐵線製造에 水車利用이 發明되어 이를 契機로 技術이 根本적으로 變化하여 人間은 重勞動에서 解放되어 生産效果가 急激히 上昇되었다. 뿐만 아니라 水車自體나 機械各部分의 連結이 더욱 精密하여졌다. 예를 들면 지렛대를 이용하여 움직이게 하는 Drop hammer와 回轉運動을 斷續的인 前進運動으로 바뀌주는 粉粹裝置 Cam shaft를 사용하여 水車を 動力으로 하는 加工裝置에 運動을 傳達하는 機構(齒車傳導裝置 包含)가 出現되었다. 軍事와 武器의 大變革은 大砲, 小銃等 火器의 出現에서 찾을 수 있으며 大砲 제작의 初期工程에서 水車의 힘으로 回轉하는 大型 drill에 의해 砲身이 穿孔되었다. 技術의 進歩는 必然적으로 좋은 鑛物素材의 利用과 密接한 關係를 맺게 되었다. 따라서 鑛業技術이 西유럽에서는 15~18世紀前半까지 눈부시게 發達되었고 特筆할 것은 15世紀에 水車는 鑛山에서 Boring M/C, 吊桶, 捲上機, 排水裝置, 破碎 및 洗鑛裝置 등의 動力源이 되는 등 널리 普及되었다. 當時 排水用手動 Bucket 汲上器로서는 깊이 14m만이 可能하였으나 水車を 利用하므로써 깊이 70m까지 汲上할 수 있었으며 排水能力이 매우 向上되었다. 이 裝置의 概要는 一定間隔의 木製 筒이 달린 Chain으로 같은 直徑의 配管안에서 밑에서 移動시켜 地表까지 퍼올리게 되었다.

15世紀 末에는 Leonard Davinchi에 의해 水力을 이용한 金屬壓延機, 섬유기계가 設計製作되었고 從前의 手動旋盤은 17世紀에 와서는 水車로서 回轉하는 方式이 出現되었다. 16~17世紀에 걸쳐 西유럽 各國에서는 水車에 톱을 달아



龍尾車

톱나무를 切斷하는 製材所가 發達하였고 都市의 上水道 또는 公營洗濯所에서 쓰이는 給排水 配管은 木製로서 水力으로 Boring M/C을 사용 穿孔하였다. 그렇지만 17世紀 當時 Versailles 宮殿에 巨大한 費用을 들여 建設한 100馬力 揚水裝置(水車)는 겨우 그 效率이 6.5%에 不過하였음은 그 性能을 可히 짐작할 수 있다. 그후 Euler 理論에 基礎하여 各國에서는 競爭的으로 18世紀에서 20世紀에 걸쳐 效率 좋은 터보 水車を 開發하게 되었다. 이와 같이 水力利用은 古來로부터 穀類製粉의 手段이었으나 그後 Manufacture의 여러 分野의 動力源으로 基本이 되어 왔기 때문에 19世紀 文獻에 보면 “Mill, Mühle”이라고 하는 單語는 單純히 “製粉하는 機械”뿐만 아니라 “自然力으로 움직이는 機械設備를 使用했던 모든 Manufacture”라고 記錄되어 있음은 너무나 當然하다고 생각된다.

나. 中國에서의 傳來樣相

中國에서는 BC2500年頃 黃河文明이 싹트게 되었다. 史料에 의하면 河川沿邊 2km 근처까지의 肥沃한 農土를 利用 農耕生活에 定着함에 따라 일찍부터 揚水用具로서 桔槔가 쓰여졌다고 한다. 先史 古代期間에 SILK ROAD를 따라 東西文化가 交流하면서 磨石에서 맷돌로 發展되었고 龍骨車는 中國의 主要한 灌溉用具로서 翻車

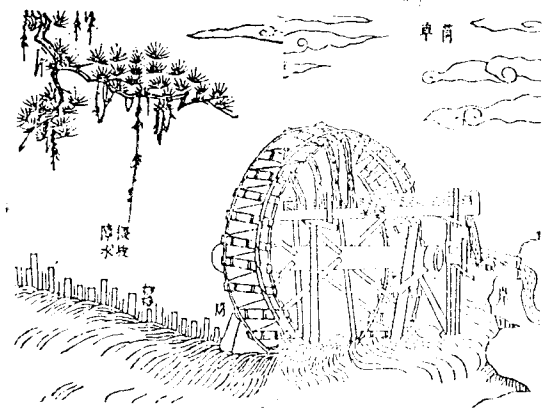
라고도 말하며 漢나라때 發明되었으며 그後 “農政全書” “天工開物” 等 農事技術書에 한결같이 說明되어 있다. 龍骨車는 龍骨板을 여러개 連結한 Endless chain 을 만들어 樋속을 순환 회전시켜 童骨板으로 하여금 물을 퍼올리게 하는 一種의 揚水機이며 回轉動力으로서는 手動, 足踏, 畜力 그리고 水力 등이 있다.

南宋의 “陳旉農書”는 江南의 水稻作을 說明하는 最初의 古典이다. 여기서는 灌溉面에서 단지 堤防利用에 의해 自然配水를 中心으로 한 主題에 끝났다. 또 有名한 資料로 南宋의 “耕織二圖詩”에서 壁畫轉寫物로부터 當時의 일을 다음과 같이 미루어 볼 수 있다. 卽 灌溉目的으로 童骨車, 戽斗가 使用되었음을 볼 수 있고 이 圖詩에는 一種의 勸農書로서 童骨車 使用은 當時의 江南 水稻作地帶의 基本的 水利樣式이었음이 明白하다.

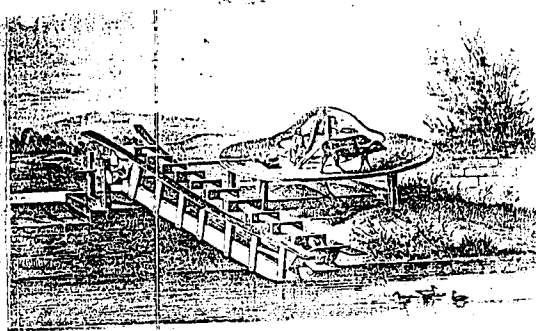
이어서 元(1275~1352)의 王禎의 農書를 보면 많은 揚水機가 나온다. 桔槔, 戽斗와 같은 原始的인 것부터 畜力, 人力에 의한 童骨車의 運轉



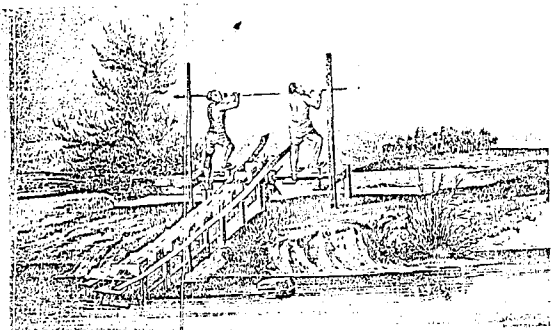
戽斗



車筒



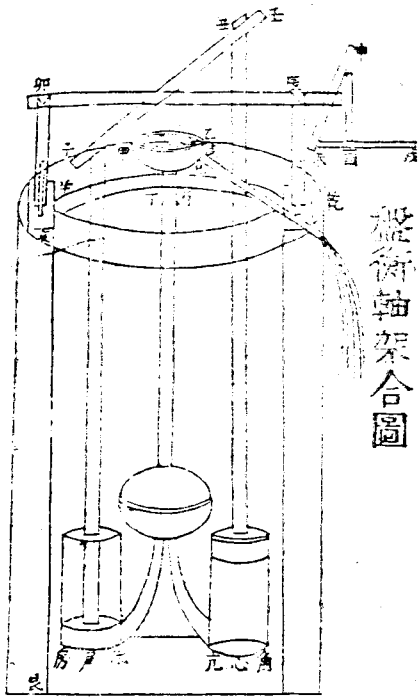
畜力龍骨車



人力龍骨車

그리고 筒車가 있다.

中國의 筒車는 西아세아에 잘 알려져 있는 것으로 流水로서 그대로 回轉시켜 垂直 揚水方式의 것이다. 이는 매우 非能率的으로 퍼올린 물의 切半 以上이 導管에 流入되기 前에 쏟아지는 樣相으로 黃河上流地域에는 아직도 돌아가고 있어 古態를 보여주고 있으며 龍骨車도 20年前만 하여도 中國에서는 悠久히 돌아가고 있었다.



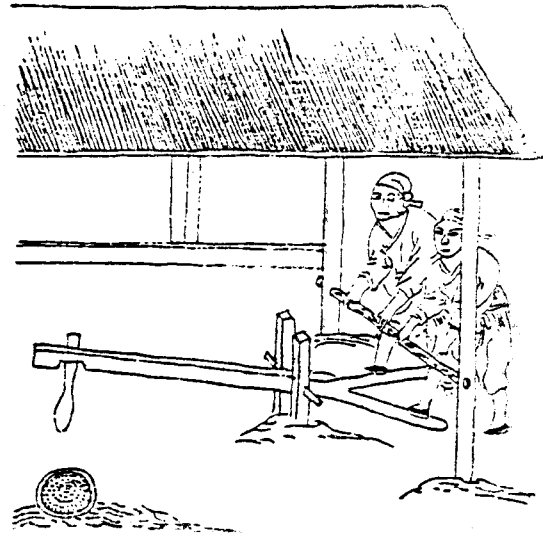
玉衡車

西洋에서 시작된 童尾車는 明나라 때 “泰西水法”에 의해 紹介된 것이 最初였다. 泰西水法은 伊太利의 熊三拔이 著作하였고 西洋技術을 中國語로 번역하였다(1612年). 童尾車는 곧 바로 徐光啓의 “農政全書” “遠西奇器圖說”에 收用되었다고 한다. 그외에 揚水用具로서 鶴飲, 恒升, 玉衡이 있으며 모두 물을 퍼올리는 機具로서 크고 작고 構造가 複雜한 差異일 뿐이다.

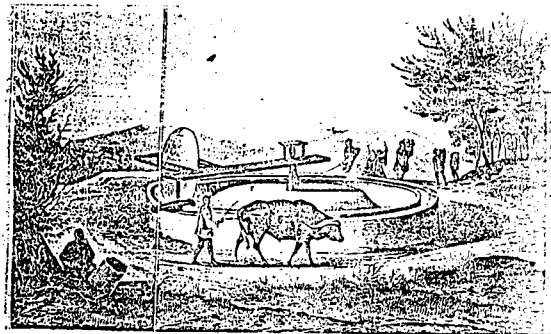
다. 韓國과 日本에서의 傳來形態

우리나라는 史料에 의하면 이미 古代朝鮮의 石器農具 特히 甃돌이 平南 大同郡에서 出土하여 그 發達過程을 재미있게 說明해준다. 이는 花崗岩製石臼로서 漢나라 것과 매우 類似하며 이들 石器時代의 脫穀, 製粉用 農具가 樂浪時期에 내려와서는 上石, 下石 그리고 中軸으로 構成, 回轉挽粉하는 碾磑으로 發展하였으나 SILK ROAD 를 거쳐온 西方傳來說이 有力視되고 있다. 또 新羅統一 以前에 벌써 디딜방아式인 碓로 進歩되어 安岳 3號古墳에서 出土한 高句麗時代 壁畫에서 碾臼는 그 證據가 될 수 있다.

第22卷 第3號(1989.9)



東碓

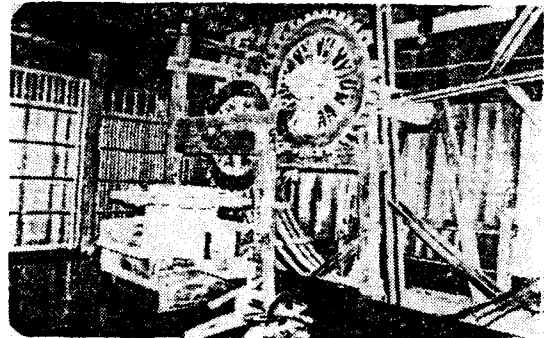


畜力牛碾(연자방아)

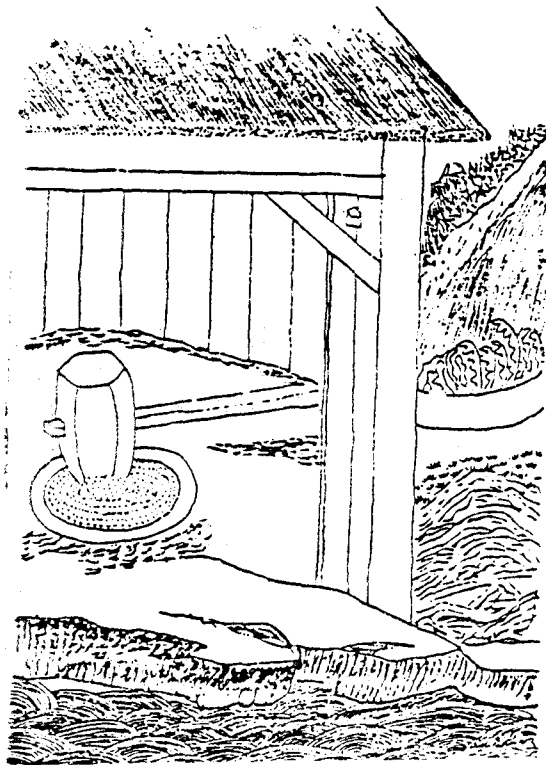
“日本書記”에 의하면 610年 高句麗의 僧曇徴으로 하여금 碾磑를 만들어 直徑이 930mm이고 上石은 몇개의 구멍이 있어서 畜力으로 하여금 牽引토록 한 것이 아닌가 짐작되며 이것이 日本에 처음으로 傳承된 事實로 알려져 있다.

韓國과 日本은 地政學的으로 古代부터 根本的으로 中國大陸의 影響을 받았고 代表的인 農書, 技術書로서는 天工開物, 泰西水法, 農政全書 등을 入手하여 農業技術에 關한 知識을 터득하였으나 오랜 歲月에 걸쳐 두나라의 社會 經濟體制의 變遷史가 判異하기 때문에 揚水, 製粉用具 靚장에 대한 國家政策도 差異가 있었다. 韓國은

灌溉用 水車가 新羅時代에도 使用되었다는 說이 있으나 未詳하며 史料上 高麗末 恭愍王 1362年 白文玉으로 하여금 水車利用을 上疏토록 한것이 最初의 일이다. 日本은 王禎의 農書에 影響을 받아 筒車, 龍骨車를 水利灌溉에 利用하였고 李朝世宗實錄에 의하면 通信使 朴瑞生이 學生 金愼을 日本淀城에 보내어 살펴오도록 하고 國內에 便利하게 普及시킬 것을 上疏하였다.



1624年 使用되었던 石臼製漿機械(日本)



槽 碓

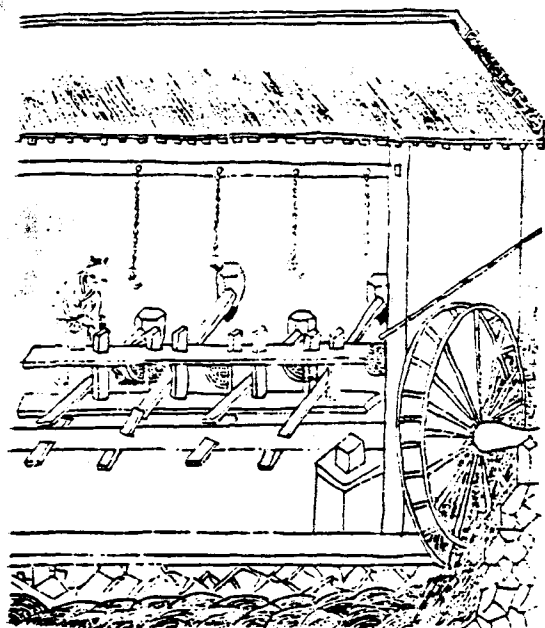


李朝世宗代 通信使가 본 倭水車

英正祖時期에 實學派인 朴趾源, 朴齊家 等 諸賢들도 水車의 積極 利用 및 普及에 先導하였으며 西洋系 水車인 龍尾車에 關해서도 關心을 가졌다. 日本은 이미 德川幕府初에 佐渡金山에 龍尾車를 導入하여 抗内の 湧水를 퍼내는데 利用하여 그 뒤인 1670年 以後 農事灌溉用에도 利用되었다 한다. “北學議”에 따르면 童尾車說에서 「내가 일찌기 두어치 되는 나무를 깎아서 굴대를 만들고 벗나무껍질을 이용하여 바깥둘레를 싼다음 바퀴를 달아 운전하였는데 ...작은 못가에 가설하고 시험삼아 운전하였더니 생각한 대로 되었고 ...어떤사람은 ...굴대쇠가 빨리 닳을 것이다. 그것은 고치고 바꾸려면 괴롭기만 할 것이니 쓸것이 못된다. ...우리나라 사람은 솜씨가 거친만큼 이점을 조심해야 할 것이다」라고 하였는데 그후 흐지부지되었다. 또 明나라 農政全書 60卷이 들어왔는데도 우리나라에는 機械化된 고무래 等 하나도 없다고 개탄하였으니 農機具의 落後性과 舊態依然함이 如實한 듯했다.

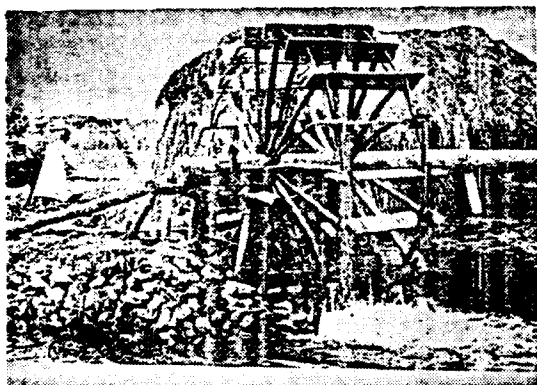
朴趾源은 全國의 農機具의 落後性을 歎息하고 農機製造에 令匠두기를 進言하였고 水車可用의 力說 방아(碓)에 대해서는 너무 拙劣하기 때문에 能率 좋은 磨, 輾, 連磨 等を 主張하는 등 進歩的 發想은 當時의 環境으로 木살되기도 하였다. 丁若鏞은 農法의 不振을 개탄하고 水車制에 關하여 中國式을 본따 만들어 보았으면 하였고 “泰西水法”을 권하였다.

李朝 500年間 2,3년에 旱害와 水害가 번갈아 發生하는 自然的 條件下에서 堤堰과 砂防事業이 發展되었지만 補修에 汲汲하였고 灌溉揚水機具의 積極的인 普及擴散은 매우 緊要하였다고 본다.

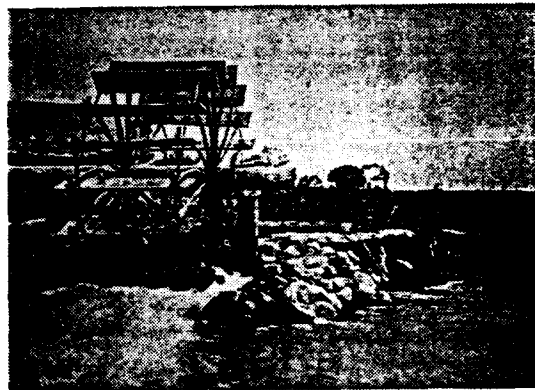


機 碓

以上과 같이 農事勸獎策과 水車類等 農具에 대한 技術書가 高麗末以來 李朝 全期를 통해서 中國으로부터 들어와 國內學者들에 의하여 參考 指針書가 刊行되었고 使臣들로 하여금 明, 淸 그리고 日本에 往來하면서 새로운 것을 見聞하였음에도 不拘하고 普及이 不振하였던 理由가 무엇인지. 當時 支配層의 見解에 의하면 農民들의 保守性, 費用의 負擔 그리고 技術不足을 말하고 있다. 이러한 見解는 어느정도 妥當하다고



19世紀 朝鮮時代의 물방아



1900年代 間島地方 朝鮮人마을의 물방아

水車類 普及不振 理由

* 當時支配層의 說明:

- 農民들의 保守性
- 費用의 問題
- 技術不足

1. 社會條件으로 볼 때 (科擧制府, 身分制度) 長期 計劃的 國策政策決定의 人物缺如
2. 適切한 材料(木材, 鍊鐵) 調達未熟 및 製作技術 (精巧性包含) 不足
3. 一般常民들의 水車에 대한 인식 不足(기술서 이 용지식층 不足)
4. 農業과 手工業의 分業化困難
5. 발농사에는 中國과 달라 揚水機가 不必要(消極的 理由)

보나 農民의 現實을 모르는 政府支配層의 觀念의 觀察이라고 하겠다. 從來의 因習에서 벗어나 새로운 技術을 導入하는 것을 싫어하는 農民이 아무리 保守的이라해도 自國의 經濟生活을 向上 시킴에도 그렇게 無關心 할리가 없다. 또 技術不足은 當時 社會體制에서 工匠人의 賤待乃至는 事大思想에 의한 中國技術의 無批判的 吸收가 國內地勢(土質, 立地)와 氣候(降雨量)條件에 그대로 迎合될 수 없었다고 느껴진다. 또 技術不足은 專門技術人과 熟練技能者의 不足(農業과 手工業의 未分化)을 뜻하며 當時 社會相으로 보아 一般庶民層의 意識構造로서는 아무리 支配層의 政策은 좋았지만 馬耳東風格으로 失敗할 수 밖에 없었다고 본다.

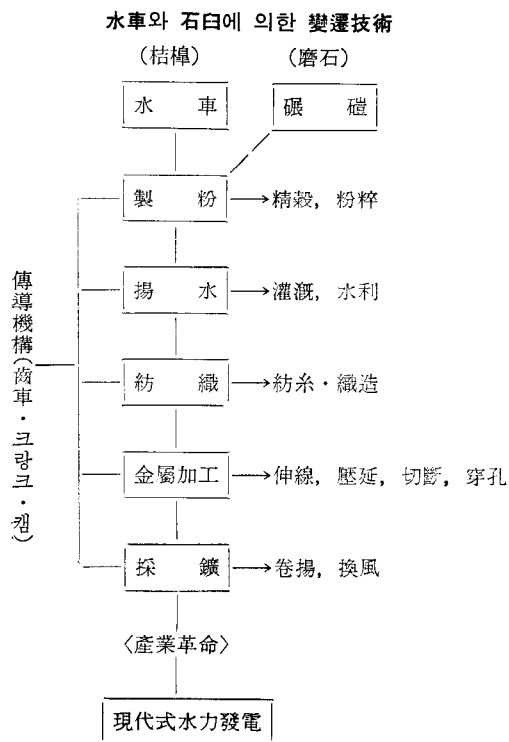
少數 韓國人의 技術은 時代的 特徵으로 꽃을 피웠을 뿐 長久한 歲月에 걸쳐 蓄積 發展됨이

없이 分散되어 그때 그때 日本으로 流出되었음을 생각하면 매우 안타깝다고 본다.

3. 結 論

以上 各 章에서 古代以來 水車類의 出現과 그 變遷過程을 考察하였다. 新石器文化下에서 이집트의 나일江, 서아세아 등 메소포타미아 티그리스 유프라테스江, 中國의 黃河, 揚子江 流域에 農耕部落이 定着되면서 研磨, 切斷, 穿孔의 石器道具技術이 實際生活에 便利하게 影響을 주었다. 그후 出現된 것이 粉摺器로서 돌질구, 揚水器로서의 桔槔가 東西洋에 共通의으로 生活利器로 오랜 세월에 걸쳐 登場傳播되어 온 것이다. 人間의 智慧로 점차 5,6世紀 以後부터 西洋에서는 齒車에 의한 傳導機構, 減速機構, 크랭크와 캠 機構에 의한 回轉運動과 直線運動의 새로운 技術進歩가 이루어져 Manufacture에 커다란 轉機가 마련되었던 것이 東洋과의 特異點이라고 할 수 있겠다.

15世紀 末에 이르러서는 技術進歩의 傾向이



두드러졌기 때문에 生産을 위驅動力 根動力 本的으로 解決할 必要性이 생겼다. 人間은 이미 筋肉에 의한 에너지만으로는 勞動用具와 機械裝置를 可動할 수 없어 水力과 風力에 全的으로 依存하여 에너지 利用을 有用化하도록 할 수 밖에 없었다. 더 나아가 17~18世紀에는 工場과 鑛山에서 使用되는 機械類 即 Hammer, Winch, Blower, Boring M/C, 木挽機, 旋盤 등을 움직이는 原動機로서 水力은 自然水流에 束縛되어 重大한 缺點으로 큰 動力을 얻는데 限界性에 이르게 됨에 水力依存은 工業諸部門의 發達을 阻害하게 되었다. 多幸히 1776年 James Watt의 蒸氣機關이 實用化되고 産業革命이 일어나게 된 것이다. 증기기관은 그후 1930年까지 約 150年 動力의 主要動力으로 발전되었다.

傳統的 水車類의 貢獻度

項 目	西洋國察	東洋國察
古代社會 利器로서의 變遷	同等	同等
石臼의 回轉目的	至大	普通
製粉技術의 發達水準	至大	普通
周邊傳導機構의 發達動期	至大	微弱
動力源으로의 價値	至大	大
應用分野의 變遷	活潑	單純
應用分野의 種類	多種	制限
産業革命의 促進役割	至大	—
現代式水力機械의 發明	至大	—



1900年代牛碾(연자방아) 작업광경

水車는 前述한 바와 같이 5世紀부터 出現하여 15, 16世紀에는 “Manufacture”의 動力源으로서 全盛期를 이루게 되었다. 水力은 그후 近代式 여러 原動機 發明과 實用에 밀려 Euler 理論에 立脚한 水力터어 빈으로 改良되어 水力發電의 자리를 지켜왔다. 하지만 오늘 Electronics 속 에 水車에 의한 製粉技術이 先進國產 텔레비전 의 絶緣基板에 쓰이는 粉體工學上 特性은 現代式 高速 MILL 이 추종하지 못하는 事實! 이는 可히 數千年 이어온 우리 祖上의 經驗과 機構學的인 設計의 眞粹가 아닌가. 아직도 시리아, 中國黃河上流에는 傳統의인 水車를 옛모습대로 엿 볼 수 있으며 直徑이 큰 것은 15m의 巨大한 물방아가 悠然히 돌아가고 있으나 참으로 壯觀이다. 한편 粉食民族國家는 工業文明을 앞당겨 20

世紀에 들어서 世界列強에 君臨하게 된 것은 技術史를 통하여 吟味하면 決코 偶然한 일이 아니라고 믿는다. 數千年이 흐르는 동안 揚水와 製粉技術은 끊임없이 西洋社會에서 꾸준히 發展되어 産業革命을 일으켰고 오늘에 온 것이다.

1. 石臼와 水車는 現代文明의 源祖로서 産業革命 促進劑 役割을 하였다(近代産業의 原動力)

2. 粉食民族이 物質文明을 主導하게 되었다(石臼와 水車의 不可分性).

3. 石臼와 水車는 新動力으로 代替되었으나 現代속에서 再評價할 價値가 있다.

4. 石臼와 水車는 民俗文化史, 科學史, 技術考古學的 觀點에서 保存, 維持 그리고 研究할 責任과 義務가 있다.

寄稿要領

1. 一般要領

- 1) 投稿者의 資格은 本會 會員으로 한다. 다만 編輯委員會에서 特히 必要하다고 인정할 때에는 例外로 한다.
- 2) 本紙에 投稿되는 掲載內容으로서 研究論文, 研究報文, 技術解說, 隨筆, 紀行文, 社會相 또는 見聞記, 生活科學技術, 感想文, 其他 經濟에 關한 것으로 하고 다만 學術研究論文은 科總傘下 各學會의 規定에 準한다.
- 3) 本紙에 掲載키로 採擇된 原稿中 編輯委員會는 字句의 修正加減을 할 수 있다.

2. 投稿要領

- 1) 投稿는 200字 或은 400字 原稿紙를 반드시 使用하고, 題目과 姓名은 國漢文 및 英文으로 記載하여야 한다.
- 2) 筆者의 最近撮影된 寫眞一枚(명함판 크기)와 本文記事와 關係있는 寫眞 및 圖解 原本을 添付하여야 한다.
- 3) 本會誌에 掲載된 論文의 別刷는 著者에게 實費로 提供한다.
- 4) 採擇된 原稿에 對해서는 所定의 稿料를 支拂한다.
- 5) 提出期間: 投稿는 隨時로 한다.
- 6) 提出處: 韓國技術士會 事務局(編輯委員會)

서울特別市 江南區 驛三洞 635-4
科學技術會館 401號 Tel : 566-5875.