

# 機械工學教育의 改革

大橋 秀雄

東京大學 工學部 機械工學科 教授



● 1931년생  
● 日本機械學會 理事, 國際協力部會委員長 및 流體工學部門委員會 委員長 等 歷任  
● 流體力學 및 流體機械의 教育 및 研究에 從事, 特히 터보機械에서의 非定常現象 및 二相流動에 關心이 있다.

## 1. 變해가는 機械

筆者는 어릴때부터 장난감이나 時計 등의 몸 가까이에 있는 機械를 分解해서 또 組立하는 것을 좋아하였다. 부서진것을 修理해서 칭찬을 들은 적도 있으나 正常的인 것까지 分解하여 父母로부터 꾸지람을 들은 쪽이 더 많았다. 機械工學을 平生의 專門으로 選擇한 것도 意外로 이와같은 幼兒體驗의 延長이었는데도 모른다.

어른의 장난감이라고 하면 自動車를 筆頭로 올릴 수 있다. 自動車의 修理도 筆者의 趣味의 하나이고 어느 곳인가 故障이 생기는 것을 바라고 있었던 적도 있다. 筆者의 自動車經歷은 30餘年에 이르나 最近 數年을 除外하면 거의 中古車를 타고 있어서 이 趣味를 滿喫하고 있었던 것이다. 그 때문인지 너털너털한 自動車を 타고 있어도 아직 豫想外의 故障으로 路上에서 오도가도 못하였던 記憶은 한번도 없다.

요즈음 數年사이에 自動車의 電子化가 急激히 進行되어 오고 있다. 엔진의 燃料 및 排氣 가스 制御, 自動變速機制御, anti-lock brake 制御, 空調制御 등은 각각 專用의 CPU를 가진 컴퓨터制御로 바뀌고, 自動車의 性能과 機能은 놀랄만한 進歩를 가져왔다. 筆者가 路上에서 오도가도 못하는 經驗을 하게 된 것은 알곳게도 이와같은 高機能의 新車를 타게되어서부터이다. 그중에는 wire connector의 接觸不良과

같은 單純한 경우도 있었으나 制御用 board를 新品과 交替하여 겨우 고쳐진 경우도 있다. 自動車는 急速히 black box化하여 自動車修理의 趣味로부터 아주 멀어져 버리게 되었다.

自動車의 이와같은 變化는 變해가는 機械의 한 典型이라해도 좋다. 그러나 여기에서도 가장 單純한 경우를 例로 들어 이 變化를 抽出하여 보자. “어떠한 方向으로의 變화가 時間에 따라 그림1의 軌跡에 따라서 變化하는 機構를 設計하라.”라는 課題를 學生에게 주었다고 하자.

筆者가 學生인 時代였으면 많은 學生들이 틀림없이 그림2와 같은 캠 驅動方式을 취하여 cam profile의 設計에 大部分의 時間을 傾注하였을 것이다. 머리가 좋은 學生이면 그 軌跡을 近似的으로 實現하는 멋진 링크機構를 생각했을런지 모른다. 지금의 學生이면 거의 例外없이 그림3의 方式으로 設計할 것이다. 이것은  $x-y$  table과 같은 原理이고 ball screw의 나사軸을 서보모터 또는 필스모터로 回轉하여 너트側을 주어진 條件에 맞게 變位시킨다. 모터의 驅動電源은 別途로 準備된 制御프로그램에 따라 interface를 經由하여 CPU로부터 直接制御된다. 캠 設計의 베테란의 立場에서 보면 價格問題는 別途로 하더라도 後者の 設計는 誇張되고 難澁하며 또 高速의 變化에는 適合하지 않다고 一笑에 부칠지도 모른다. 그러나 學生의 이 選擇에는 時代의 흐름을 느끼게 한다.

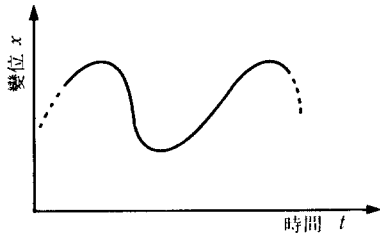


그림 1 變位曲線

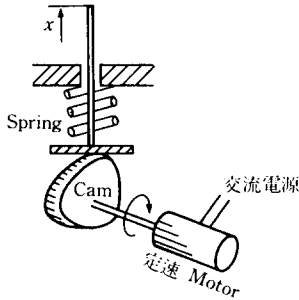


그림 2 Cam 驅動方式

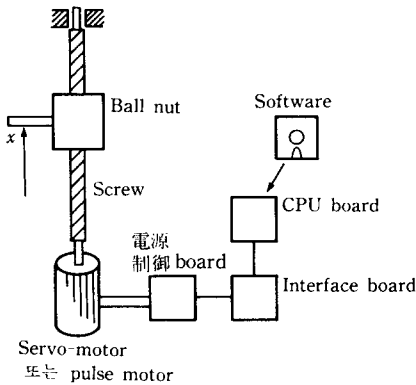


그림 3 Ball screw 方式

後者の 特色은 同一의 hard 構成으로 自由로운 軌跡이 實現되고 또 그 變更이 容易한 點, 2次元, 3次元으로의 擴張이 容易한 點, 카탈로그 掲載의 標準部品の 組合으로 아마튜어도 設計할 수 있다는 點 등이다. 한마디로 말해서 하드의 어려움을 소프트웨어로 代身시키는 셈이고 設計者의 일은 좋은 소프트웨어를 自作하는데 歸着된다.

그림 2가 하나의 機械要素이라고하면 같은 機能을 實現하는 그림 3의 모든 構成要素도 또한 機械要素이다. CPU board도 interface board도 制御 board도 모두 特定の 機能을 實現하기위한 새로운 機能要素이고 볼트나 너트와 同類라고 생각하면 된다. 이와같이 하여 옛날에는 無와 같았을 소프트웨어도 또한 新機械要素의 一員이고 機械의 高機能化, 知能化에 決定的인 役割을 지니고 있다. 이와같이 생각하면 機械工學은 電子工學을 筆頭로 하는 新興의 分野에 밀려서 縮退하기는 커녕 이들을 次例로 同化해서 永遠히 그 魅力을 잃은 일은 없다. 機械工學教育의 改革은 우선 이 認識부터 出發하여야 한다.

## 2. 새로운 機械工學이란 ?

機械工學이라함은 機械의 企劃, 研究, 開發, 設計, 操作, 運轉, 保守, 環境, 廢棄 등에 관한 學問全般을 指稱하고 또 그 觀點도 機械固有의 問題로부터 人間, 社會, 地球와의 關係에 이르기까지 대단히 넓다. 機械라 함은 意圖된 機能을 實現하기 위한 人工構造物을 指稱하나 船舶, 航空機와 같은 固有의 學問分野가 存在하는 것에 대하여는 이들을 除外하는 것이 普通이다.

現代 大學에 있어서의 機械工學教育은 여러 가지 이름의 學科에서 行해지고 있다. 發祥의 機械工學科를 筆頭로 産業機械, 生産機械, 生産工學, 機械시스템, 機械制御, 機械情報, 機械物理, 精密機械, 動力機械, 에너지工學, 應用機械, 舶用機械, 電子機械, 機械電氣, 交通機械등 여러가지 學科가 存在하고 각각에 特色을 나타내려고 努力하고 있다. 本稿에서는 이와같은 學科細分化的 테두리를 넘어서 넓은 意味로서의 機械工學者를 育成하기 위한 學士學位課程에서의 機械工學 教育에 대하여 論述하려고 한다.

機械工學은 英語에서는 “mechanical engineering”이라고 持稱되는바와 같이

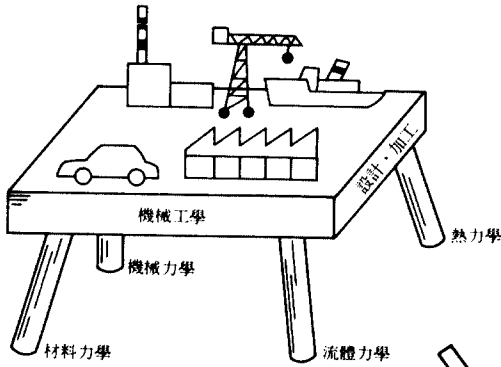


그림 4 傳統的 機械工學

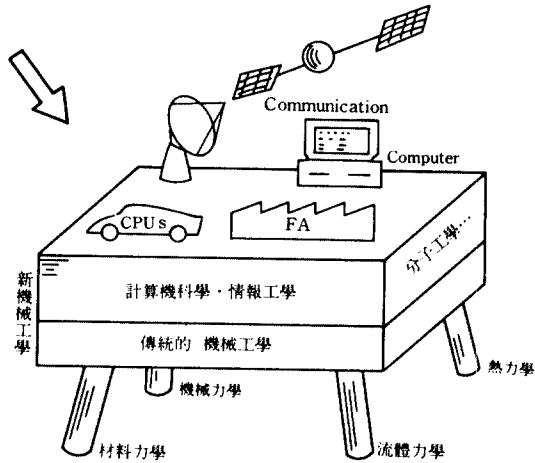


그림 5 新機械工學

“mechanics” 即 力學을 그 基礎에 두는 學問이라고도 解釋된다. 從前의 機械工學은 正當 그대로 였고 그림 4에 表示한 바와 같이 材料力學, 機械力學, 流體力學, 熱力學의 4 力學을 充實히 가르치고 이것에 應用·統合知識으로서의 設計學이나 加工學등을 올려놓아서 機械工學을 形成하여 왔다. 여기서는 베어링, 齒車, 이음쇠 등의 傳統的機械要素가 주로 使用되고 運搬機械, 工作機械, 發電所 등 여러가지 機械製品이나 工場·플랜트群을 產出하여 왔다.

20世紀後半의 技術은 電子計算機의 侵透에 의하여 헤아릴 수 없는 影響을 받았다. 機械工學도 例外가 아니고 前章의 實例로서 記述한바와 같이 CPU를 機械要素로서 다루는 新機械工學時代에 突入하였다. 그림5는 그것을 模式的으로 나타내고 있다. 從來의 力學베이스의 機械工學위에 計算機科學, 情報工學, 시스템工

學등의 論理·手法베이스의 學問이 重疊되고 이에 連續體의 틀을 넘은 分子工學, 量子工學등이 加해져서 新機械工學을 構築한다. 그 위에는 보다 高機能이고 知能화된 機械製品이 꽃피울 것이다.

日本에서는 從前의 重厚長大가 過去의 遺物로 취급되고 輕薄短小가 人氣가 있었던 時代가 있었다. 그러나 宇宙스테이션의 發射에는 巨大한 로켓을 必要로 하고 그 開發에는 오늘날 대단히 困難한 課題가 山積되어 있다. 問題는 치수나 重量의 大小가 아니고 機能의 高度의 程度이다. 日本機械學會는 1987年의 創立 90週年을 契機로 그림 6의 key phrase를 採用하여 100週年度를 指向하여 機械工學의 變革의 目標로 하였다. 傳統的인 機械工學을 力의 메카(힘의 메카)로, 新機械工學을 知의 메카(知的 메카)로 象徴하여 變化의 方向을 明確히 하고 있

# 力のメカから JSME.90 知のメカへ

그림 6 日本機械學會 創立90周年의 key phrase

다.

### 3. 學生의 Needs와 産業界의 Needs

機械工學教育을 생각하는데 있어서 그것이 機械技術者가 現實的으로 必要로 하는 知識이나 能力에 도움이 되는가 卽 學生의 needs와 合致하는가를 充分히 檢討하여야 한다. 東京大學의 機械系學科의 實績(機械工學科, 産業機械工學科, 舶用機械工學科의 學士 및 碩士卒業者

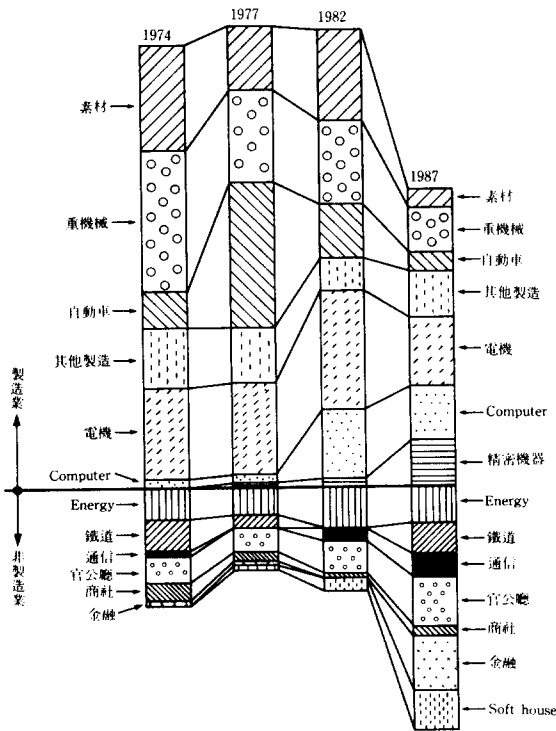


그림 7 機械卒業生의 就職分野의 變化

를 對象)에서 보면 그림 7에 表示된 것과 같이 最近 5年사이에 就職分野의 急激한 變化가 일어나고 있다. 從前에는 素材産業(鐵鋼, 시멘트 등), 重機械(造船, 重工業 등), 自動車, 電機(重電機, 家電 등)으로 代表되는 所謂 製造業에 約 80%의 學生이 就職하였으나 最近에는 製造業과 非製造業이 大略 半半씩 나누어 가지게 되었다. 非製造業에서는 電力·가스 등의 에너지産業, 鐵道·航空·運輸·流通産業, 電話·出版을 爲始로 하는 通信情報産業, 官公署, 商社, 金融(銀行, 證券, 保險), soft house 등 實로多方面에 걸쳐서 機械의 卒業生이 侵透하고 있다.

製造業의 內容을 보면 컴퓨터, 電氣, 精密機械가 增加하고 素材나 重機械의 減少가 顯著하다. 또한 從前에 主流를 차지하고 있던 하드웨어의 開發·設計·製造에 從事하는 技術者는 半以下로 減少하고 시스템開發이나 소프트웨어開發에 從事하는 技術者가 꾸준히 增加하는 趨勢에 있다. 이와같은 現象을 생각하면 機械의 學生全員에 力學의 素養을 注入하는 것이 果然 必要한가 疑問이 생긴다. 力學系의 基礎科目에 熱中하는 學生을 찾는 것은 어려우나 컴퓨터 앞에 앉아서 時間가는 것을 잊는 學生은 얼마든지 있다. 學生의 needs의 觀點으로 보는 限力學의 重要性이 減少하고 있는 現實은 否定할 수 없다.

學生은 別途로 하고 産業界의 第一線에서 活躍하고 있는 機械技術者에 “材料力學을 전혀 모르는 機械技術者를 내보내도 좋은가?”라고 물어보면 答은 한결같이 否定的이다. 이를테면 시스템 技術者와 같이 소프트主體의 技術者에 물어보아도 같은 答이었다. 機械出身의 soft engineer가 computer science나 information engineering出身의 soft engineer와 다른 點은 機械 그 自體를 理解할 수 있는 強點에 있다. 이 點이 實際로 일해보아 實感으로서 알려지는 것 같다. 産業界가 우리들에게 要求하고 있는 것은 어떨든지 시스템이나 情報에 강한 機械技術者이며 機械를 모르는 컴퓨터키드(computer

kid)는 아니다.

機械工學教育은 學生의 needs와 產業界의 needs를 함께 念頭에 두고 아울러 機械工學의 將來를 展望하면서 생각하여야 한다. 機械工學으로서의 integrity를 維持하면서 그 identity를 主張하기 위하여는 적어도 學士課程教育에서는 力學教育을 固執한다든지 또는 이를 拋棄하여 情報工學에 기울어 過度하게 偏重하는 등의 單純한 方策은 許容되지 않는다. 制限된 時間들 속에서 新機械工學時代에 副應하는 새로운 科目을 認知·導入하는 한편 傳統的인 科目의 合理的 統合에 의하여 이를 위한 時間을 產出하도록 하여야 한다. 이를 위하여 勢力圈 意識을 버리고 機械工學全體를 統合的으로 把握하는 能力이 모든 staff에게 要求된다.

#### 4. 教育組織의 變遷

東京大學에서는 建學以來 繼續하여 學部—學科—講座의 垂直型組織을 취하여 왔다. 講座(lecture chair, 本來 獨逸의 大學의 Lehrstuhl에 由來하고 있다)는 教授 1, 助教授 또는 講師 1, 助手 및 技官計 2-3名으로 構成되는 末端組織이고 特定の 專門分野에 대하여 教育·研究의 責任을 負擔하고 있다. 이를테면 筆者는 流體力學 및 流體機械講座 擔當의 教授이고 現在는 助教授, 2名의 助手, 博士課程 4人, 碩士課程 8人의 大學院學生, 卒業研究를 하는 8名의 學士課程學生, 3名의 研究生과 함께 合計 約 25名의 그룹을 形成하고 있다. 1講座에 大學으로부터 支給되는 年間の 教育·研究費는 500万円弱(人件費除外)이고 이에 科學研究費補助金과 產業界로부터의 研究費를 合해서 運營하고 있다.

時流에 支配되지 않고 學問의 繼續性을 維持하며 또한 後繼者의 育成에 現任者가 責任을 가지는데에 講座制의 利點이 있다. 反面 新興의 學問分野에 대한 對應이 늦고 既存의 學問分野에 固執하는 弊害가 생긴다. 最近과 같이 學問의 發展이 驚異的인 時代에서는 講座制로

서는 자칫 뒷전으로 밀리기 쉽다. 日本國文部省은 講座制를 採用하고 있는 國立大學에 대하여 數講座를 묶어서 大講座制로 移行하여 新興分野에의 對應을 圓滑하게 하도록 勸奨하고 있으나 그 例는 아직 極히 적다.

講座의 名稱이나 擔當範圍를 變更하는 것은 比較的 容易하다. 따라서 講座制로서도 運用에 留意하면 充分히 變化에 對應할 수 있을 것이다. 이에 대하여 國立大學의 學科名稱을 變更하는 것은 豫算要求事項으로 取扱되어 相當히 困難을 同伴한다. 60年代 中間 日本의 造船業이 最盛期였을 때 產業界의 要請을 받아서 機械工學科로부터 船用機械工學科를 分離獨立시켰다. 그로부터 20餘年 造船에 관한 狀況은 一變하였음에도 不拘하고 船用機械工學科는 아직도 存在하고 있다. 新興의 學問分野에 對應하여 이에 適合한 名稱變更를 要求하는 우리들의 申請이 하루라도 빨리 受理되는 것을 바랄뿐이다.

表 1은 東京大學 機械工學科의 講座內容의 變遷을 表示하고 있다. 1965년에는 產業界의 強한 要請에 順應하여 學生定員을 倍增하고 學科도 機械, 產業機械, 船用機械의 3學科로 增加하였다. 우리는 큰 機械工學科를 希望하였으나 學科의 크기를 統一하고 싶은 文部省은 學科의 分裂을 要請하여 왔다. 以來 이 3學科(以下 機械系學科라 稱한다)는 學務, 人事, 豫算 등 모두 合同으로 運營하고 있고 實質的으로는 하나의 大學科이다.

1965年の 變化를 第1次의 組織改革이라고 하면 우리들은 現在 第2次 改革을 計劃中에 있다. 改革의 主眼點은 3가지이고 第1은 情報關聯의 分野를 強化할 것, 第2는 科學과 技術의 境界로부터 생기는 萌芽技術에 對應하는 것, 第3은 各個보다 群에 着目하는 시스템手法의 增強을 圖謀하는 것이다. 이 計劃이 實現되면 우리들의 staff는 機械基礎, 機械시스템, 機械情報의 3分野에 거의 等分되어 적어도 21世紀까지는 이 態勢로 臨하려고 하고 있다.

表 1 東京大學 工學部 機械系學科의 講座內容

1965  
學生定員의 倍增에  
따른 組織擴大

學科名	機械工學科	機械工學科 産業機械工學科 船用機械工學科
講座數	12	21
學年定員	60	125
講座內容	蒸氣原動機, 보일러 水力學, 水力機械 內燃機關 工業熱力學 機構學, 機械力學 材料力學 實驗機械工學 一般機械工學 工作機械 鑄造 車輛工學  船用機關	蒸氣原動機, 보일러 流體力學, 流體機械 內燃機關 工業熱力學, 熱工學 機構學, 機械力學 材料力學 機械設計 一般機械工學 切削加工, 工作機械 鑄造, 塑性加工 車輛工學 機械構造學 生産管理 自動制御 情報시스템 工學 船用內燃機關 船用터빈, 보일러 船用가스 터빈 船用機關力學 船用補機 船用操縱機器

### 5. Curriculum의 變遷

東京大學에서는 入學後의 1年半은 全員 教養學部에 所屬하여 所謂 教養課程을 履修한

다. 理科系의 學生들도 法律이나 經濟學등의 社會科學, 第2, 第3의 外國語등의 履修를 통하여 社會全般에 대한 넓은 視野를 가지게끔 하는 것이 目的이고 贊反 兩論에 直面하면서도 이미 35年の 歷史를 거듭하고 있다. 專門은 나

表 2 Curriculum의 變遷

分類	1965年以前	現 在
數學・力學	數學 力學 統計數學 數學力學特論	# 數學 # 컴퓨터機械工學
基礎理學	現代物理 應用物理 物理測定 無機化學通論 有機化學通論 電氣工學通論	# 機械分子工學 計測通論 # 電氣工學通論
材料	金屬通論 金屬材料 非金屬材料 材料試驗法	金屬組織學概論 金屬材料 # 機械材料學 非破壞檢查法
材料力學	* 材料力學 材料力學特論 塑性學	# 材料力學 m 彈性・塑性力學 # 強度設計學 # 連續體解折學 # 流體力學 e 流動斗 波動 m 亂流輸送現象論 e 數值熱流體力學
流體・ 熱力學	* 水力學 * 工業熱力學 熱工學	# 應用熱力學 m 統計熱力學 # 傳熱工學 e 熱・物質移動學
機械力學・ 시스템	* 機構學 및 機械力學 振動學 自動制御	# 機構 및 機械力學 # Mechatronics i Robotics # 振動學 # 自動制御 i 시스템工學 d 線形시스템論 Bio-system technology
設計	* 機械設計 機械試驗法  * 機械製作法	# 機械 design # 機械設計 # 設計工學 d CAD/CAM Tribology

加工・生産	工作機械 鑄造作業 熔接工學 塑性加工學 精密加工學 作業管理 工業經營	# 實驗計測法  # 加工의 原理 高度加工技術 # 生産의 技術 d 自動生産시스템 d 管理시스템論 工業經營
個別機械・ 시스템	水力機械 流體機械概論 蒸氣原動機 原動所設計 內燃機關 가스터빈 暖冷房 및 換氣 冷凍機 自動車工學 車輛工學 鐵道車輛 纖維高分子機械 荷役機械 造船學通論 舶用機關	터어보機械 에너지機械特別講義 # 蒸氣터빈 보일러 및 原子爐 에너지 시스템工學 # 內燃機關 e 가스 터빈 自動車工學 i Vehicle dynamics 交通시스템 特別講義 産業機械特別講義 基幹産業概論 舶用機關
演習	數學演習	# 數學 및 力學演習 # 機械工學演習 Medi course 別 세미나
實驗・實技	* 圖學 * 機械製圖 * 機械製作實習 * 機械工學實驗 電氣工學實驗 * 卒業論文 * 卒業設計	* 機械設計製圖 * 機械製作 實習 * 機械工學實驗 # 電氣工學實驗 * 卒業論文 * 機械設計・計劃

記號：必須科目 = \*， 指定科目(3/4以上の 履修가 必要)：共通 指定=#， course別 指定=m for mech. sci., e for energy sys., d for design & prod., i for inf. & cont.

머지의 2年半사이에 履修하여 合計 4年으로 學士가 誕生한다.

機械工學은 從來부터 넓은 範圍를 包含하고

學生이 그 全容을 把握하여 卒業하는 것은 大 단히 어렵다. 大學院의 入學試驗에서 學生이 進學의 動機로서 陳述하는 말은 으레 “더 工夫



하고 싶다”의 한마디이다. 機械工學의 大海에 翻弄되어 學生이 가슴을 펴고 卒業하는 氣분이 되지 못하는 狀況은 充分히 理解된다. 新機械工學이 되면 工夫의 範圍는 한層 더 넓어진다.

學士課程學生이 機械技術者로서의 integrity를 維持하면서 어느 程度 自身을 가지고 卒業하게하려면 어떻게 하면 되는가? 이에 대하여 우리들은 다음과 같은 方針으로 curriculum을 運用하고 있다.

(1) 機械技術者로서 꼭 必要하다고 생각되는 基礎的인 講義를 嚴選하여 指定科目으로 하고 그 3/4以上을 履修하는 것을 요구한다.

(2) 必須는 實驗, 實習, 設計製圖, 卒業論文의 實技系科目에 限定한다.

(3) 그 以外는 學生의 自由選擇에 맡긴다. 學生이 專門家로서의 自身을 가지게끔 機械系의 學生을, mechanical science, energy system, design and production, information and control의 4個의 course으로 나누고 각각의 course에 適合한 科目을 選擇하여 履修를 勸獎한다.

(4) 卒業論文은 最新의 研究課題의 一部를 分擔시켜 state of the art와 關聯하여 體驗을 가지게 한다.

機械系學科의 2年次後半, 3年 및 4年의 學士課程學生에 대한 curriculum의 變遷이 表 2에 表示되어 있다. 1965年以前은 力學系를 中心으로 하는 重要講義科目은 必修(\*標)로 指定되어 合格이 卒業의 要件이었다. 또 表에는 表示되어 있지 않으나 다른 主要한 科目은 限定選擇으로 指定되어 履修가 勸獎되었었다. 그 後 새로운 重要한 講義가 導入되어 機械工學의 scope가 넓어짐에 따라서 이 制度가 再檢討되어 現在로서는 上述한 原則에 따라서 變更되어 있다. 講義의 必修科目은 全廢되고 代身 指定科目의 3/4以上의 履修를 條件付로 함으로써 機械技術者로서의 identity를 保證하려

고 하고 있다. 指定科目에는 機械系 全體에 共通의인 科目(#標)과 course마다 指定하는 科目이 있다. 現在 必須와 指定科目의 3/4를 履修하는 것만으로서 卒業所要單位의 75%를 滿足해 버리고 學生의 自由度가 낮다는 指摘이 있다. 事實 機械의 學生이 農科大學에서 醞酵의 이야기를 듣는다든지 經營大學에서 經營學을 工夫한다든지 하는 것은 이제부터의 多樣性의 時代에는 더욱더 重要하게 될 것이다. 專門家로서의 identity을 가지고 卒業시키려면 一定한 卒業單位의 어디까지를 占有하는 것이 좋은가 하는 것은 論議를 要하는 點이다.

新機械工學에 對應하기 위한 curriculum 變更이 現在 熱心히 檢討되고 있다. 量子力學등 連續體의 殼을 打破하는 科目, 産業이나 生産의 system手法에 關한 科目의 導入에 대하여 最大의 重點은 software工學등의 計算機械學·情報工學關聯의 科目의 強化에 놓여 있다. 새로운 科目을 列舉하는 것은 쉬우나 導入에는 既存科目을 整理·統合함과 함께 選擇의 大幅의인 自由化를 주는 것이 不可缺하다. 新 curriculum을 實施하기까지에는 많은 論議가 남아 있다.

## 6. 結 言

本稿는 昨年11月 大韓機械學會秋期學術大會에 招請되어 행한 特別講演의 內容에 따라서 整理한 것이다. 機械工學教育의 總論이라기 보다 오히려 東京大學 機械系學科의 實狀紹介에 그치고 있으나 韓國의 同僚諸兄의 參考가 되면 多幸으로 생각한다. 이를 契機로 機械工學教育의 分野에서도 韓·日交流와 相互理解가 한層 進展되는 것을 期待한다. 마지막으로 本稿의 翻譯을 위하여 수고해 주신 李澤植 大韓機械學會 前會長께 深甚한 感謝의 뜻을 表한다.