

# 未來型 工場自動化

李 宗 元

〈韓國科學技術院CAD/CAM 研究室長·工博〉

## 1. 序 論

現代의 産業社會를 우리는 흔히 情報化 社會라고 일컫는다. 이는 급속히 발달되어 가는 컴퓨터와 通信技術이 바탕이 되어 情報의 流通이 활발하여지고 나아가 情報 자체가 상품으로서 가치를 가지고 産業을 형성하게 되는 것을 指稱한다. 生産(Manufacturing)에 의하여 附加價値를 創出하던 産業社會에서 情報에 의하여 附加價値가 創出되는 産業社會로의 轉換은 여러가지 側面에서 企業環境과 市場環境을 변화시켜 가고 있으며 미래의 企業生存은 企業이 이러한 변화에 얼마만큼 잘 適應하여 가느냐에 달려 있다.

이러한 변화를 産業發達의 觀點에서 살펴보면 한 나라의 工業化過程이나 産業技術의 發展過程에서 技術이 複合化되는 현상에서도 찾아볼 수 있다. 초기의 産業形態는 化學工業이나 輕工業처럼 제품을 구성하는 部品數가 10個單位인 소위 「10單位」産業으로 출발되며 자몽틀, 섬유 등 「100單位」, 家電製品 등 「1,000單位」를 거쳐 自動車, 半導體 등 「10,000單位」産業과 宇宙産業 등 「100,000單位」의 産業에 이르게 된다. 이는 産業이 발달함에 따라 生産活動의 側面에서는 많은 部品들을 작은 規模로 효율적으로 생산하는 방법이 요구되며 이러한 要求는 앞으로 加速될 것이다.

이를 또한 國內外 市場環境에 投影하여 보면

技術에 뒷받침한 市場의 急變을 예상케 되며 市場에서의 存廢는 다양한 市場의 要求를 얼마나 빨리 맞추어 副應하느냐에 달려 있다. 그러나 市場의 要求라고 하는 것은 앞으로 올 産業社會와 같이 動的인 사회에서는 불확실한 要素를 많이 포함하고 있어 精確한 豫測이 불가능하며 따라서 企業의 生存目標은 얼마만큼 適應性(Flexibility)을 가지고 이에 대처해 나가느냐 하는데 있다.

이는 앞으로 올 産業社會에는 지금까지와 다른 企業戰略이 필요하다는 것을 시사하고 있다. 즉 지금까지의 産業社會는 生産性(Productivity)을 바탕으로 하여 값싼 製品을 多量으로 소비자에게 提供하는 生産爲主의 경제로 소위 規模의 經濟(Economy of Scale)를 추구하여 왔으나 앞으로의 사회에서는 適應性, 柔軟性(Flexibility)을 바탕으로 하여 다양한 소비자 요구에 효율적으로 부응하는 소비자 위주의 경제로 무엇을 提供하느냐에 의하여 경제가 定해지는 소위 範圍의 經濟(Economy of Scope)로 바뀔을 의미한다.

未來型 生産體制는 이러한 産業環境에서 요구하는 生産性, 柔軟性의 두 目標을 추구하며 형성되어 가고 있다.

## 2. 未來型 工場의 自動化 形態

未來의 工場自動化 形態를 精確히 豫측하기에

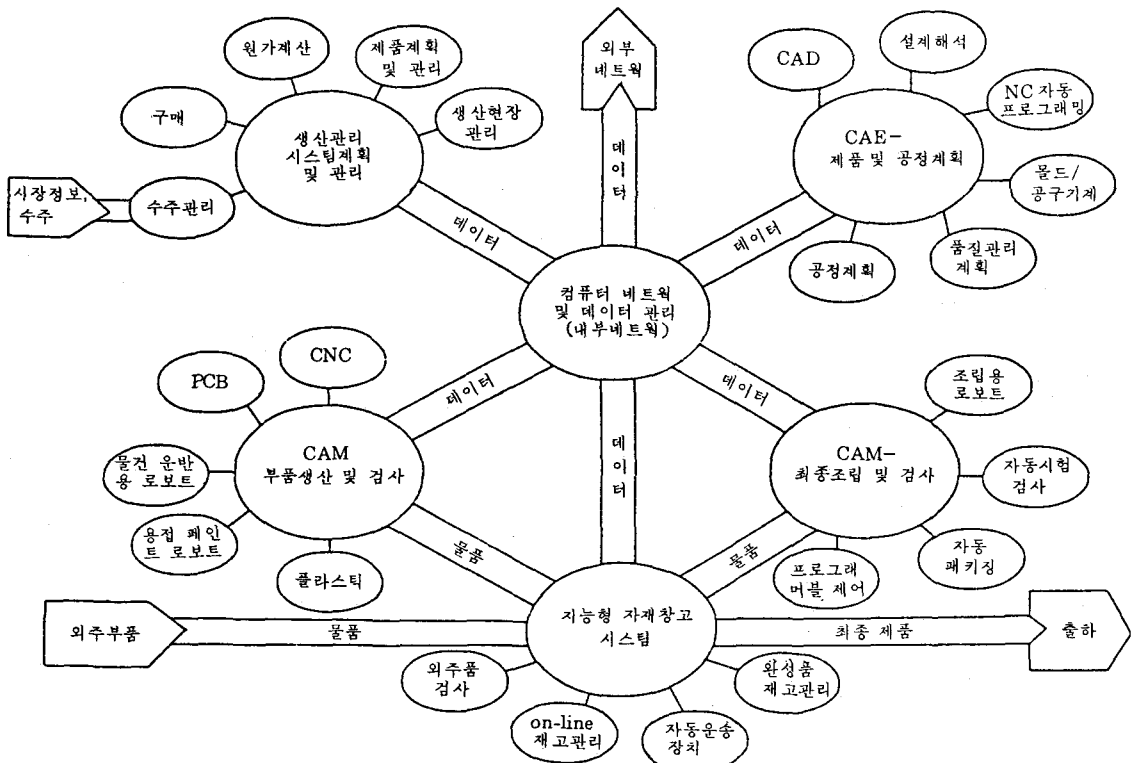
는 여러가지 불확실한 要素가 많아 힘드나 새로운 기술이 定着하기까지는 10년에서 20년이 걸리는 것을 감안하면 20年後의 未來型 工場(Factory of the Future)은 지금 創出되는 尖端技術(Emerging Technology)이 經濟·社會的 要求에 따라 정착된 형태라고 볼 수 있다.

生産技術의 側面에서 종래의 공장과 미래의 공장을 구별짓는 것은 企業經營에 관한 意思決定을 신속히 수행할 수 있는 柔軟性에 있으며 이를 위하여 컴퓨터가 중요한 역할을 하게 된다. 즉 로봇·머시닝센터 등으로 특징지어지는 多目的 生産機械가 컴퓨터에 의하여 統合制御되는 高度의 知能型 生産體制로 발전되어 갈 것이며 이러한 未來型工場을 우리는 컴퓨터統合自動化(Computer Integrated Manufacturing : CIM)工場이라 부른다.

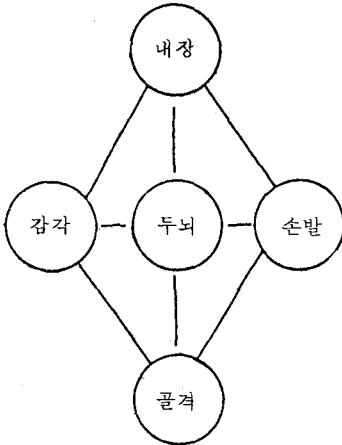
현재 世界各國은 公機關이나 私企業에서 막대한 研究開發費를 投入하여 CIM技術 開發에 박

차를 가하고 있다. 그 대표적인 概念이 1982년 제시된 美國 GE社의 CIM計劃에 잘 나타나 있다. <그림-1>에 표시된 바와 같이 CIM은 情報의 흐름(Information flow)을 制御하는 컴퓨터네트워크 및 中央集中式 데이터뱅크와 物質의 흐름(Material flow)을 制御하는 知能型 物流시스템을 主軸으로 하여 生産情報시스템, CAD/CAE/CAP에 의한 製品 및 工程設計, 部品生産을 위한 CAM, 最終組立 및 檢査를 위한 CAM 등 네개의 單位를 연결하여 市場情報蒐集段階에서 最終 出荷段階까지의 全工程을 一貫自動化하도록 되어 있다.

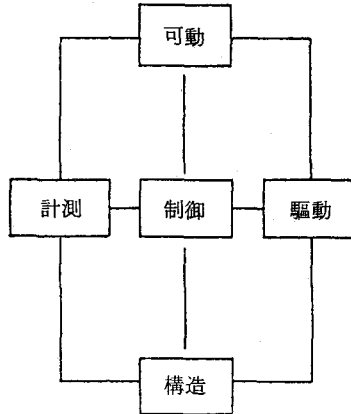
그러나 이러한 CIM工場을 이루기 위하여서는 아직도 해결하여야 할 技術的 問題가 山積되어 있다. 현재까지 발전되어 온 自動化技術은 部分的 解決策(Island solution)만을 제시하고 있으며 앞으로의 과제는 이러한 部分自動化를 어떻게 統合하느냐에 있다. 특히 지금까지의 部分自



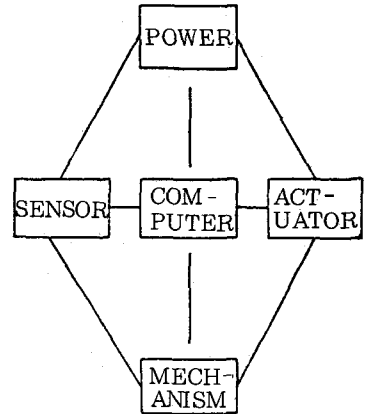
<그림-1> 美國 GE社의 CIM 概念圖



人間的 5大 要素



MECHATRONICS 의 5大 機能



MECHATRONICS 시스템의 5大 要素

〈그림-2〉 MECHATRONICS 製品 特性圖

動化는 多機能複合加工機械, 物流制御장치, 컴퓨터制御장치의 세가지 분야에 한정돼 발전되어 왔는데 이러한 한정된 技術要素가 生産單位에 複合되어 柔軟성을 주는 것을 柔軟生産單位(Flexible Manufacturing Cell : FMC)라고 부르며 FMC가 시스템으로 統合되었을 때를 柔軟生産시스템(Flexible Manufacturing System : FMS)이라고 하여 未來型自動化工場의 기초를 이루고 있다.

### 3. 自動化工場의 構成要素

工場을 構成하는 加工機械와 作業機械들은 生産性向上과 더불어 柔軟性 確保라는 目標를 동시에 指向하는 방향으로 발전되어 왔다. 專用機械라고 불리우는 大量生産用 기계들은 정해진 工程을 反復的으로 수행함으로써 生産性을 높이는 側面에서는 매우 효율적이나 柔軟性이 결여되어 製品의 조그마한 변화에도 이에 맞는 專用機械를 다시 설치해야 하는 결점이 있다. 따라서 CIM과 같이 컴퓨터로 制御되는 柔軟한 生産體制에는 適合하지 않다.

컴퓨터 統合生産 시스템을 구성하는 機械 및 裝置의 특성은 〈그림-2〉에 표시한 MECHATRONICS 概念圖에서 찾아볼 수 있다. 機械

의 기능을 遂行하기 위한 骨格, 動力源, 모터, 空油壓 액츄에이터와 더불어 센서와 마이크로 컴퓨터가 接合됨으로써 單位機械가 知能化됨과 동시에 機械와 機械間의 對話(Communication)가 가능케 되어 있다. 이러한 MECHATRONICS型 기계의 대표적인 것이 數値制御 工作機械(Numerically Controlled Machine : NC機械)와 産業用 로봇로서 作業者가 프로그램에 의하여 操作할 수 있을 뿐만 아니라 中央컴퓨터에서의 制御도 가능한 것이다.

프로그램型自動화(Programmable Automation)라고 불리는 單位自動화機概들이 모여 組織的·協同的으로 作業하기 위하여서는 컴퓨터네트웍의 階層構造가 필요하다. 〈그림-3〉에 表示된 바와 같이 이러한 自動化工場의 컴퓨터 階層構造에서는 構成되는 機械群(Machining Cell)에 따라 Cell 階層에서 制御하는 컴퓨터가 필요할 뿐만 아니라 여러 機械群이 모여 組織적인 作業을 要할 때는 시스템 階層에서 制御하는 컴퓨터가 별도로 필요하게 된다.

이와 같이 下位階層인 單位機械內의 마이크로 프로세서에서부터 中間階層인 프로세스컴퓨터를 거쳐 上位階層인 監視·統制用컴퓨터까지 相互間의 對話를 원활히 하기 위하여서는 機種間의 通信約束이 필요하다. 이러한 약속은 하드웨어

상의 互換性뿐만 아니라 소프트웨어間的 接合問題에도 필요한 것으로 현재 世界標準機構(ISO)에서 制定中에 있다. 이것이 이루어진다면 工場內에는 電氣, 물, 空氣, 에너지 등의 配管뿐만 아니라 「情報配管」이 형성되어 단순히 기계를 情報配管에 연결함으로써 自動運轉에 필요한 정보를 얻게 될 것이다.

#### 4. 綜合生産情報시스템과 組織變化

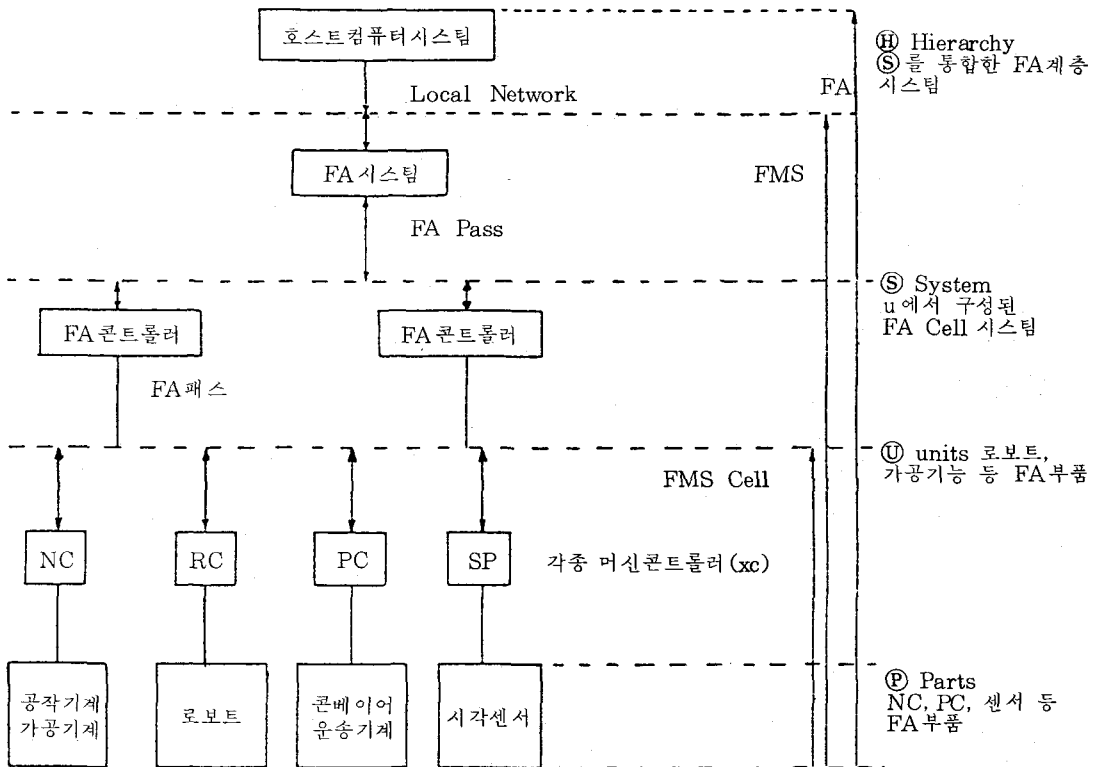
企業의 柔軟性を 강조하는 未來型 自動化工場에서는 工場의 構造的인 側面에서뿐만 아니라 經營과 組織的인 側面에서의 變化도 豫상된다. 企業이 치열한 市場環境 속에서 生存하기 위하여서는 企業의 外部環境과 內部狀態를 分析하여 짧은 時間內에 意思決定(Decision making)을 내리고 이를 수행해 나가는 것이 필수적이다. 그러나 이를 對處해나가기 위한 計劃과 制御

(Control)는 두가지 側面에서 어려운 點을 안고 있다.

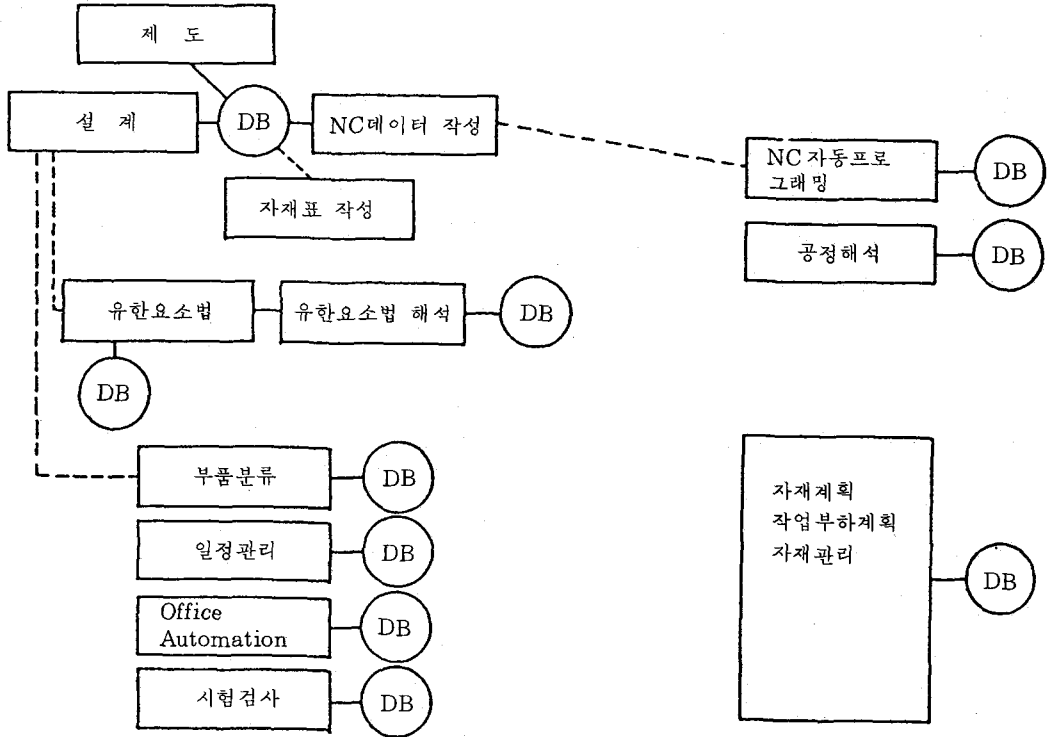
그 하나는 外部의 市場環境이 수시로 變化하는 動的 시스템과 이를 精確히 豫測하고 對應하는 方法論이 부족하다는 것이고 다른 하나는 生産活動 자체가 數學的 方法으로 定義하기에는 不分明한 시스템이라는 點이다.

현재 企業에서는 지금까지 西歐에서 開發된 전통적 生産管理方式을 採擇하고 있다. 이는 生産計劃, 資材所要量計劃, 日程計劃, 工程管理 등이 專門分野別로 段階的으로 이루어짐을 뜻한다. 그러나 現代 企業에 요구되는 다양한 주문과 짧은 對應時間, 管理 및 制御되어야 할 情報의 幾何級數的 증가와 더불어 生産情報間에 얽힌 複合性的 深化는 制限된 部署의 限定된 視覺으로 是解決하기가 어렵게 되었다.

未來型 工場에서의 生産情報시스템은 이러한 西歐式 意思決定方法과 달리 社內 各부서가 공



<그림-3> 自動化 工場의 컴퓨터 階層構造



註 : DB ; 데이터베이스

<그림-4> CAD/CAE/CAM의 INTEGRATION

동으로 참여하여 問題點을 여러 視覺에서 분석하여 意思決定하는 綜合生産情報시스템으로 발전 되어가고 있다. 이와 같은 시스템의 長點으로는 生産管理에 관한 固定觀念에서 탈피하여 그 狀況에 맞는 生産計劃, 生産管理 및 統制에 관한 새로운 모델을 쉽게 만들 수 있다는 것으로 컴퓨터회사나 소프트웨어 하우스에서는 이에 필요한 소프트웨어들을 開發하고 있다.

## 5. CAD/CAE/CAM

企業이 市場要求에 副應하여 製品을 開發·生産하는 生産過程(Manufacturing process)을 分析하여 보면 크게 設計, 生産計劃, 生産活動으로 나눌 수 있다. 미래의 工場自動化에서는 이러한 一聯의 工程을 컴퓨터를 이용하여 統合함으로써 納期를 短縮할 뿐만 아니라 設計자와 生産者間의 壁(Barrier)을 없애므로써 製品設計段階에서

이미 生産概念을 導入시키는 소위 「生産을 고려한 設計(Design for Manufacturability)」가 이루어지는 方向을 指向하고 있다. 이러한 기술의 構成要素가 되는 CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing) 技術은 각각 컴퓨터를 이용하여 設計와 設計解析過程 및 加工過程을 자동화하는 기술을 이룬다.

컴퓨터를 이용하여 生産過程을 一貫自動化하려는 노력은 1960년 美國 MIT大學에서 시작되었다. 設計者가 컴퓨터와 對話하며 필요한 몇 개의 設計示方만 入力하면 컴퓨터가 内部的으로 필요한 計算을 하여 자동으로 圖面도 만들고 기계도 제어하게 하려는 꿈은 당시에는 制限된 컴퓨터性能과 必要技術의 부족으로 좌절되었으나 아직도 여러 科學者에 의하여 추구하고 있다.

製品의 概念設定段階에서 最終出荷段階까지의

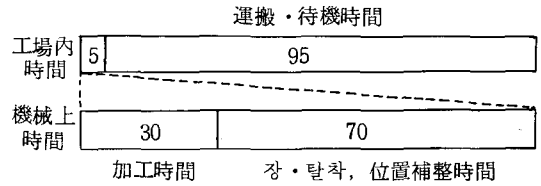
全工程을 一貫自動化하기 위하여서는 生産活動에 필요한 모든 情報가 共有되지 않으면 안되며 이는 컴퓨터에 의한 巨大한 單一 데이터베이스의 形成을 의미한다. 그러나 지금까지 開發된 CAD/CAE/CAM은 <그림-4>에 나타난 바와 같이 部分的인 데이터만 共有하는 部分自動化에 그치고 있다.

### 6. 柔軟生産體制와 産業用 로봇

生産 시스템의 柔軟性은 前術한 소프트웨어의 側面에서뿐만 아니라 構成機械의 側面에서도 補完되어야 한다. 最近의 工作機械는 이러한 柔軟性을 目標로 開發되어 왔다. 그러나 單位工作機械에 의한 自動化는 工場全體의 生産性과 柔軟性이란 側面에서는 部分的 解決策에 불과하다. 例로 生産性의 하나의 指標라고 할 수 있는 資材가 入庫에서 出庫까지 걸리는 시간을 分析하여 보면 <그림-5>에 표시된 바와 같이 機械 위에

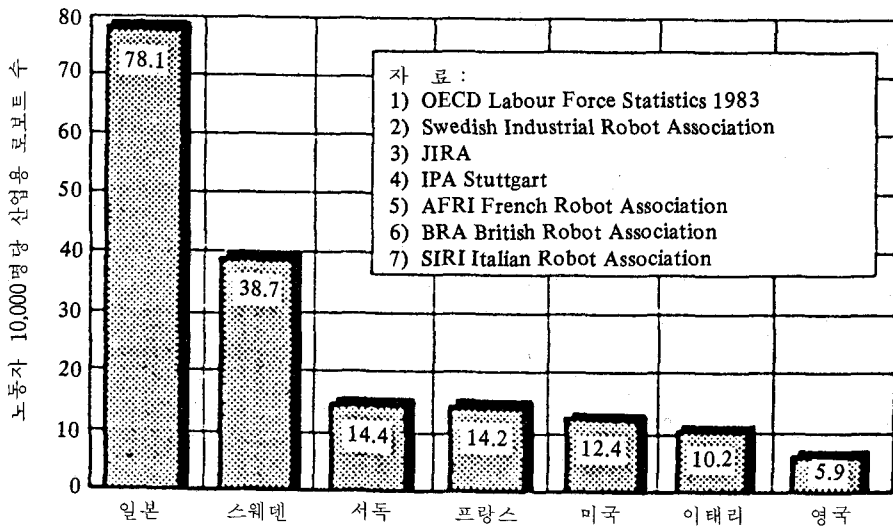
있는 시간은 실제로 全體時間의 5%에 불과하며 나머지는 貯藏되어 있거나 운반되는 시간이다. 또한 機械 위에 있는 시간도 70%가 장·탈착에 所要되거나 位置補整에 사용되며 나머지 30%만이 실제로 加工에 쓰인다.

이러한 데이터의 의미는 工場의 生産性을 올리기 위해서는 工作機械의 加工能力향상보다 準備時間을 줄이는 것이 필요함을 시사한다. 현재까지 開發된 柔軟生産體制인 FMS에서는 單一機械에서 밀링, 보링, 드릴링, 태핑 등 複合的으로 加工함으로써 장·탈착 및 位置補整의 시간을 줄이는 머시닝센터와 運搬·待機時間을 줄

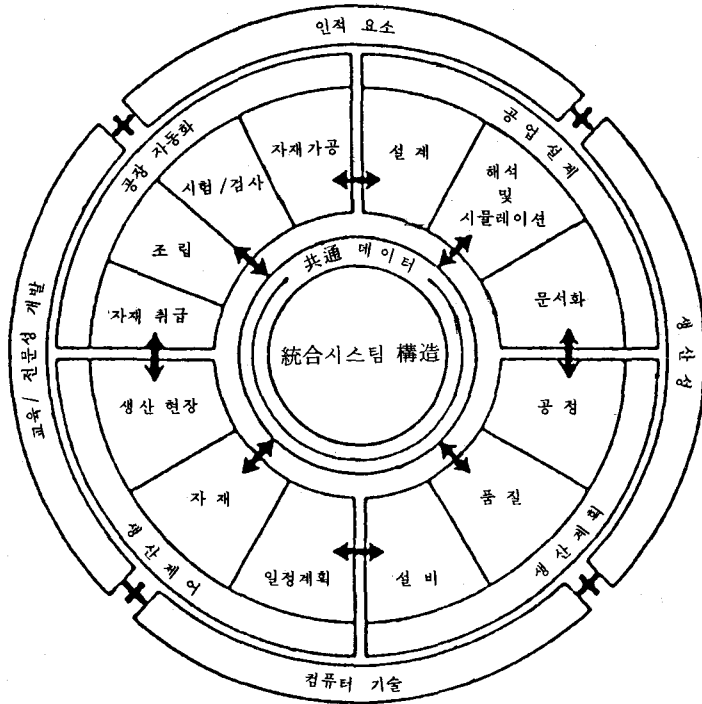


<그림-5> 工場內 資材가 거치는 時間分析(%)

1983년도 노동자 수 (백만명) <sup>1)</sup>	11.52	0.984	8.601	5.269	21.817	5.388	6.4
1986년말 산업용 로봇 설치대수	90,000 <sup>3)</sup>	3,800 <sup>2)</sup>	12,400 <sup>4)</sup>	7,500 <sup>5)</sup>	27,000 <sup>6)</sup>	5,500 <sup>7)</sup>	3,800 <sup>6)</sup>



<그림-6> 先進國의 産業用 로봇 密度



〈그림-7〉 美國 生産工學會 (SME)의 CIM 概念

이는 産業用 로봇, 無人搬送車, 自動倉庫 등으로 시스템을 형성하고 있다.

미래의 공장을 구성할 대표적 기계로 産業用 로봇을 들 수 있다. 인간을 흉내내어 만든 로봇은 현재 一世代로 인간의 팔의 기능만을 가지고 있고 知能도 두살 정도의 아이에 비유할 수 있다. 〈그림-6〉은 先進國에 설치된 産業用 로봇數를 노동자 숫자로 나눈 로봇 密度를 표시한 것으로 로봇의 도입과 生産技術의 發達과의 관계에 시사하는 바 크다.

産業用 로봇은 基本的으로 作業機械로서 作業物을 조작하거나 工具를 조작하여 주어진 生産活動을 하게 된다. 産業用 로봇이 未來型 공장에서 인간을 대신하여 작업하기 위하여서는 로봇에 感覺을 주는 各種 센서의 開發, 인간의 判斷能力에 버금가는 知能의 附與뿐만 아니라 사람과 같이 원하는 곳을 마음대로 다닐 수 있는 移動能力의 開發 등이 이루어져야 한다.

## 7. 結 論

미래의 工場自動化에서는 生産性向上과 더불어 企業의 生存과 成長에 필요한 適應性도 동시에 요구한다. 世界 各國에서는 이러한 어려운 명제를 풀기 위하여 수많은 研究費를 投入하여 새로운 産業시스템 創出에 노력을 傾注하고 있다.

그러나 科學者들은 이렇게 하여 創出된 시스템이 흔히 이야기되는 無人化된 工場이 되기를 願지 않는다. 〈그림-7〉에는 美國 生産工學會에서 提示하는 未來型 CIM工場의 概念圖로서 이것은 機械의 일은 컴퓨터가 맡아서 하고 이에 필요한 意思決定은 人間이 定하는 役割의 分擔을 意味하고 있다. 自動化가 시작되면서 야기된 인간의 기계에 대한 從屬으로부터 解放되어 人間の 意志에 의한 工場의 制御가 未來型 工場自動化 技術이 追求하는 眞正한 方向인 것이다. ♣