産業用 로보트로 無人化工場은 實現될 것인가

日本의 産業用 로보트는 바야흐로 세계의 로보트 王國으로 浮上하고 있으며 그 總設置台數는 15萬台, 年産 3萬台, 과거 5년간의 平均 신장률은 20% 이상을 지속하고 있다. 이 상태로 21세기로 들어선다면 20年 이전에 500萬名 이상의 人間의 勞動作業을 대신하게 될 것이다.

한편 로보트의 技術은 최후의 牙城이라고 할 수 있는 組立, 檢査시스템의 無人化를 추진하여 第3世代의 로보트, 人工知能센서 등의 연구, 개발이 계속되고 있다.

여기서 産業界의 大·中小企業의 톱클라스는 일제히 産業用 로보트의大量利用이나 無人化FMS의 어느 것인가를 開發中이며 21世紀에의 基本戰略으로서 定着化되어 가고 있다. 大規模시스템으로서의 無人化工場도 극히 일부의 企業에서는 이미 操業을 하고 있다. 複合生産시스템과 로보트(IMS & Robotics)의 硏究, 開發의 시대가 시작되고 있다. 그러나 無人化工場建設을 위한 새로운 設計法, 프로젝트엔지니어링의 技法 등 大形 技術開發의 과제가 아직 남아 있으며 人材의 育成을 기다리는 단계에 있다.

1950年代부터 21世紀에의 生産技術開發의 성과와 그 전망을 보면 이상한 스피드로 그 實用化를 추진하여 無人化工場을 향한 急伸張을 인정하지 않을 수 없다. 또한 集大成된 최후에는 超近代化 生産技術이 이른바 産業革命을 추진해나갈 것이다.

21世紀에는 無人化工場의 시대가 到來하는 것은 必至의 事實이다. 지금부터 「人間과 로보트의 時代」에의 對應을 준비해도 결코 너무 이르다고 할 수는 없다. 또한 이 産業界의 技術, 開發이야말로 人類에게는 未踏革新技術로서의 開發課題라고 할 수 있겠다.

1. 現狀과 開發의 動向

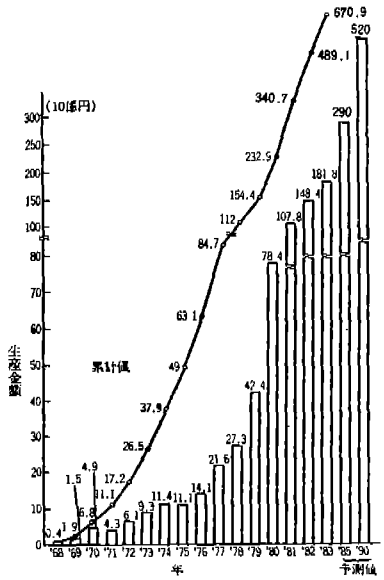
(1) 産業用 로보트의 普及

産業用 로보트가 美國의 自動車工場에서 처음으로 직장을 얻어 일을 하게 된 이후로 20年이 경과했다.

그 동안 産業界의 각 분야에서 前例가 없을 정도의 速度로 개발과 利用, 또한 그 보급과 발전의 歷史를 기록하게 되었다.

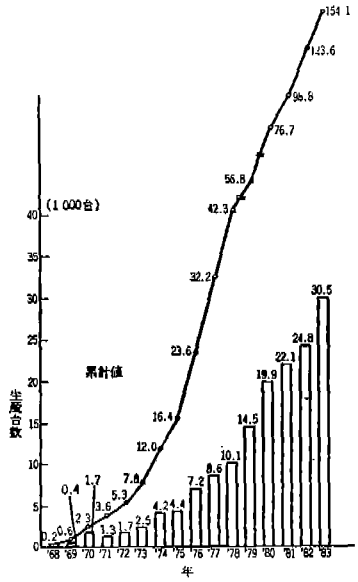
최근의 産業用 로보트는 美國, 유럽, 日本 등 先進國에서 각각 作業에 따른 高性能化와 더불어 低코스트化를 추진하는 한편 專門技能化와 汎用作業化 등 技術的으로는 극히 다채로운 발전을 계속하고 있다.

日本의 産業用 로보트는 美國보다 5年 늦게 개발, 이용이 시작되었다. 15年이 지난 현재는 그 保有台數, 年間 生産台數 모두가 世界第一이 되었다. 즉 현재의 總設置台數는 15萬台를 초과하였고, 또한 年産 3萬台 이상의 규모로 더구나 그 前年度比 伸張率 20% 이상을 계속하여 세계의 로보트國의 자리를 차지하게 되었다. 그러나 그보다도 注目할 것은 그 台數規模와 그 伸張率이다 (그림 1, 그림 2, 표 1 참조).



〈그림－1〉 年次別 産業用 工具의 生産台數

日本産業用 工具工業會제공(이하 같음)



〈그림－2〉 年次別 産業用 工具의 生産金額

〈표－1〉 産業用 로보트의 生産伸張率

年代	'78	'79	'80	'81	'82	5年間平均
生産台數(前年度比)	1,174	1,436	1,372	1,110	1,122	1,243
生産金額(前年度比)	1,264	1,553	1,849	1,375	1,377	1,484

註：生産金額의 신장률은 주목할만 하다

日本의 産業界에는 「이른바 人口統計에도 포함되지 않고 住民登錄證도 갖지 않은 鐵의 勞動者가 15萬名이나 있고 또한 每年 3萬名, 또는 5萬名으로 해마다 증가하여 새로 工場에 취직이 되어 간다」는 것이 중요하다.

鐵의 勞動者는 人間作業이 2交代, 3交代의 作業分擔을 代身하고 있으므로 50萬台에 도달했을 때에는 人間作業員의 100萬名 이상에 상당한다. 또한 현재의 伸張率로 보면 10年 이전에 도래할 것으로 전망된다.

또한 工場에는 20台, 30台 또한 100台이상이 배열되고 로보트化率은 90%를 초과하고 있는 로보트라인 作業시스템이 이미 操業을 하게 되어 있다.

가령 樹脂成型, 塗裝 또는 스포트熔接, 組立라인 作業 등 이른바 無人化라인 作業工程 이다.

工場에서의 人間作業方法은 一変하여 새로운 生産시스템, 가령 8～24 또는 8～16시스템으로서 操業하고 있다. 많은 企業이 로보트에 의한 無人化工場을 향하여 変革을 추진하고 있으며 그 속도가 극히 빠르다는 것에 주목해야 될 것이다.

이같이 大規模的이고 또한 로보트의 大量利用을 추진하고 있는 것은 지금의 시점에서 主導産業의 大企業에 집중되고 있는 것이 大企業에서 中小企業을 향하여 파급되어갈 것은 必然的이다.

日本의 工業製品 특히 국제경쟁력을 가진 自動車 電氣器具 등의 기업에서 크게 生産性 向上効果를 올리고 있고 産業用 로보트가 크게 역할을 하고 있다 그 利用台數가 急增하고 또한 다른 産業分野를 향하여 파급되어 가고 있다는 의미가 중요하다 (표2 참조).

(2) 無人化 FMS의 発展

최근의 主導産業이라고 할 수 있는 自動車, 電氣器具, 樹脂成型, 精密機械 등의 둡企業群에서는 일제히 無人化FMS, 또한 無人化工場에의 變革을 추진하여 그 일부는 이미 조업에 들어가고 있다. 가령 機械加工이나 樹脂成型工場에서는 無人化 FMS로서 40台에 이르는 機械裝置와 로보트群으로 공장의 24시간 조업을 불과 數名의 監視要員만으로 수

〈표－2〉 産業用 로보트의 타이프別 需要予測

			'80	'85	'90
內需	台數(台)	A. 로보트및應用시스템(計)	19,700	42,600~54,700	74,500~93,900
		ㄱ. 매뉴얼 매니퓨레이터	1,500	3,000~8,000	4,000~12,000
		ㄴ. 固定시퀀스 로보트	15,000	25,000~30,000	45,000~50,000
		ㄷ. 可變시퀀스 로보트	1,800	9,000	14,000
		ㄹ. 플레이백 로보트	900	3,500	6,500
		ㅁ. 數値制御 로보트	150	900	1,400
		ㅂ. 知能 로보트	300	1,200~3,300	3,600~10,000
	金額(億원)	B. 로보트및應用시스템(計)	615	1,670~2,140	3,000~4,000
		ㄱ. 매뉴얼매니퓨레이터	25	50~140	70~200
		ㄴ. 固定시퀀스 로보트	320	500~600	900~1,000
		ㄷ. 可變시퀀스 로보트	100	500	750
		ㄹ. 플레이백 로보트	100	400	700
		ㅁ. 數値制御 로보트	30	100	150
		ㅂ. 知能 로보트	40	120~400	430~1,200
		C. 周辺機器 부속품	25	330~360	700~1,000
	計 (B+C)		640	2,000~2,500	3,700~5,000
D. 輸出			10	400~500	800~1,000
總計(B+C+D)			650	2,400~3,000	4,500~6,000

제공：日本産業用로보트工業會
「産業用 로보트 長期需要予測報告書」
1980年 3 月에서

技術開發力으로 대체되어 販賣競爭을 하고 있다」는 것을 이해해야 될 것이다.

또한 관련된 中小企業에서도 工場이나 工程의 시스템化, 로보트化에 의한 生産性 向上의 課題를 위해 개발을 일제히 추진하게 되었다.

産業用 로보트의 大量利用이나 無人化 FMS의 어느 쪽인가를 추구하고 또한 無人化工場의 計劃도 현실적으로 개발을 하게 되었다. 그 경향은 自動車, 電氣器具, 樹脂成型, 精密機械 등의 大, 中, 小의 企業群에서 또한 食品, 流通 등에도 확대되어 生産革命이라고도 할 수 있게 되었다.

시스템化, 로보트化에 의한 工場의 再編成과 그에 의한 生産性 向上의 成果가 장차 기업으로서의 製品, 가격의 경쟁력이나 收益力의 確保와 向上을 가져올 것으로 보고 있기 때문이다.

여하간에 21世紀에로의 生存을 위한 經營 戰略의 一環이며 「工業製品은 그 超近代化 生産技術의 경쟁」으로 되고 있다.

행하고 있는 것이다.

이 사실은 각각의 「企業의 製品技術, 즉 設計, 生産技術, 品質, 價格의 격투가 사실은 無人化 FMS

즉 단지 産業用 로보트의 導入만이 목적이 아니라 無人化 FMS로서 또한 無人化工場計劃의 技術과 그 건설, 조업, 보존의 기술의 中心인 研究開發力의 경쟁이 된 것이다.

2. 技術的 諸問題

(1) 産業用 로보트應用에서 無人化工場에의 発展의 條件

현재까지의 發展의 歷史를 보면 그 모델로서 다음과 같은 시스템의 擴張을 추진해온 點에 주의해야 된다.

① 單体의 産業用 로보트 應用시스템
② 機械群, 로보트 應用시스템
③ 로보트 라인作業 또는 서클作業시스템

④ FMC 또는 FMS

⑤ 無人化工場시스템

이 모델들은 産業用 로보트 利用技術의 發展의 歷史인 동시에 모두 廣義의 FMS開發의 모델이기도 하다.

또한 현재의 工場의 시스템化, 로보트化는 이 중의 어떤 것인가를 담당하여 각 기업이 일제히 착수하고 있다.

이들은 大, 中, 小企業에 적합한 스케일로 계획되고 있는 것이 일반적인데 대체로 다음과 같은 규모이다.

① 大規模

無人化 FMS 組立(30~50台 규모)

스포트熔接라인(100~200台 규모)

塗裝라인(20~30台 규모)

② 中規模

機械加工 FMS(1~3台 규모의 유니트)

樹脂成型 FMS(1~3台 규모의 유니트)

이같은 유니트는 연속 시스템化, 擴張하여 大規模無人化工場에의 발전이 용이하며 실적도 많다(40~100台 규모로서 物流와 합한 시스템化로 향하여 擴張해 간다)

③ 小規模

塗裝로보트(單体利用形)

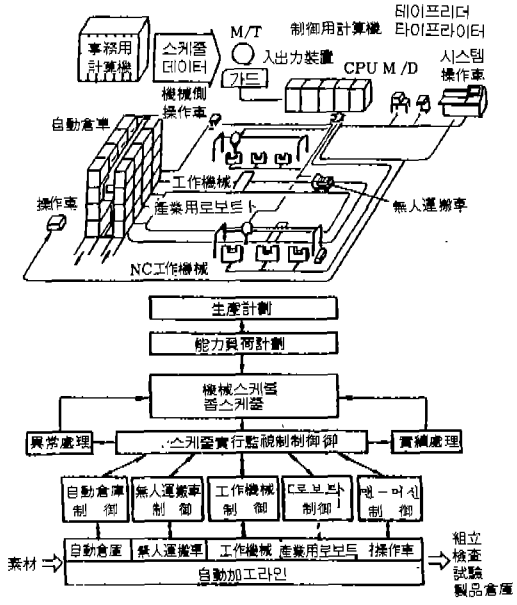
熔接로보트(單体 利用形), 기타

최근에는 大規模化하여 그 綜合効果의 크기를 기대하고 또한 시스템化하여 재료의 搬入에서 加工, 組立, 檢査, 포장, 出庫까지의 토틀FMS 또한 無人化工場을 企圖하게 되었다(그림 3).

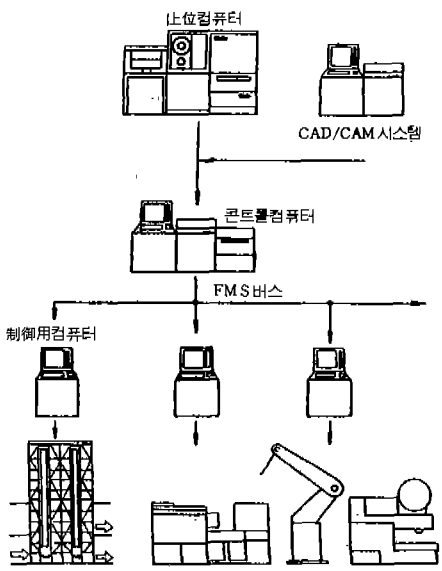
가령 앞으로의 技術課題는 投資經濟性이나 改善目標를 충족시키는 生産시스템으로서 여하히 로보트化率의 向上을 도모할 것인지에 焦點이 있다.

가령 현재의 技術力을 動員해도 組立 分野의 로보트化率이 50%를 초과하는 것이 當面目標라고 할 정도로 기술적 곤란성이 남아 있다.

自動車의 車体의 스포트熔接, 塗裝 등의 工程은 이미 90%를 초과하고 있는데 그 나름대로의 연구, 개발기간 3~5年이 소요되고 있다. 組立, 檢査工



(a) FMS 概念圖



(b) FMS 機器構成시스템(概念圖)

〈그림-3〉 無人化 FMS

程은 아직 더욱 高度의 技術課題를 많이 남기고 있다.

즉 새로운 센서, 人工知能, 로보트의 새 機種(高性能, 低코스트形, 모듈形) 등이 21世紀에의 技術課題의 최후의 관문이다.

또한 하나의 중요한 技術課題가 있다.

前記와 같은 새 로보트, 센서, 人工知能 등의 最新鋭로보트 외에도 無人搬送, 運搬시스템, 檢査, 倉庫시스템 등의 새로운 메카트로닉스技術의 소프트, 하아드에 걸친 開發, 實用化가 필요하다.

이들이 앞으로의 生産革命의 主役인데 또한 制御모듈의 利用, 또한 토틀 시스템化, 즉 効果的인 情報, 物流 生産시스템으로서의 設計, 計劃과 그 建設, 操業 保全에 이르는 일련의 기술이 중요하다 (표 3 참조).

「超近代化 生産技術로서의 기술과 그 人材와 編成」이 無人化工場에의 발전의 條件이 된 것이다.

(2) 프로젝트 엔지니어링

産業用 로보트의 應用과 그 보급에서 출발하여 해마다 시스템化, 로보트化의 擴張을 계속하여 無人化 FMS의 개발을 중심으로 공장의 近代化를 추진하게 되었다.

그러나 최근의 工場의 合理化의 방법으로서 처음부터 移轉을 條件으로 한 無人化工場을 건설하기 시작하고 있다.

現有設備, 工場에 다소의 개선을 계속하는 것만으로는 劃期的인 生産性 向上을 기대할 수 없고 또한 다음 代의 工場의 상태로서 不充實한 점이 많고 生存을 계속할 수 없는 것으로 判斷되고 있는 것이다.

한편 最新鋭 메카트로닉스 技術에 의하여 이른바 情報, 物流, 生産시스템을 再編成한 理想設計를 시도한 概念設計에 입각하여 보면 現工場의 상태로는

〈표 - 3〉 無人化 FMS 実現을 위한 重要課題와 設計方法 - FMS 다이나믹스

段 階	情 報	物 流	生 産
1. 方針設定 要求의 變化 豫 測 評 價 新시스템의 임무부여	○수요예측과 판매전략(시뮬레이션) ○시스템要求分析과 工場診斷 ○生産性向上과 許容投資限度 ○最適化生産시스템 決定論	○物流코스트分析, 評價시스템 ○저스트인타임供給시스템 ○生産, 物流(재고, 리드타임) 밸런스 시스템	○生産原價分析, 評價시스템 ○生産性評價方法(加工組合性) ○製品設計 - 無人化 生産시스템 ○新시스템構想의 設定 (理想시스템試案)
2. 시스템計劃및 시스템設計 情 報 物 流 生 産	○經營情報시스템 ○營業, 物流, 生産시스템 ○最適化FMS計劃論 ○生産指令, 生産計劃管理시스템 ○意志決定支援시스템 ○시스템化, 로보트化에 의한 상각, 원가시뮬레이션	○스케이스, 레이아우트計劃法 ○物流設備能力과 시스템決定論 ○生産進行과 在庫, 리드타임 시뮬레이터 ○搬送, 倉庫시스템의 自動化의 평가법 ○外流品의 發注, 搬入시스템	○工程編成法 ○生産設備能力과 시스템決定論 ○標準時間, 스케줄링 콘트롤 시스템 ○로보트시스템의 평가법
3. 시스템의 運用, 評價와 經營 生産性의 向上管理	○시스템밸런스 ○最適操業시스템 ○運用評價시스템 ○新經營管理시스템 새로운 정보傳送, 表示對話, 指令시스템	○生産進行, 在庫, 리드타임의 運用, 콘트롤(物流) ○在庫, 在工, 서비스品의 管理시스템(費用, 코스트)	○生産管理시스템 ○品質管理시스템 ○原價管理시스템 ○操業度 管理 시스템 ○故障診斷, 修復시스템 ○保安시스템

개조가 不可能하거나 또는 不利한 것으로 判定되는 수가 많다.

대부분은 物流分析과 레이아우트計劃에 基因한다.

이같은 大規模시스템의 경우에는 물론 프로젝트 엔지니어링技法을 구사하여 확실한 조사, 분석, 설계를 하여 각 단계마다 評價를 하여 無人化 FMS 또는 無人化工場시스템으로서 試運轉, 引渡를 하는 것이 일반적이다.

따라서 企業이 保有하는 生産技術部門의 人材 現有能力이 프로젝트 엔지니어링의 請負人으로서 分擔, 推進力을 가지고 있는지 여부에 하나의 난관이 있다.

超一流企業조차도 數百名의 人材(候補生)를 集結하여 가령 메카트로닉스 센타를 설치하여 그 人材養成에 數年이 소요되고 있다.

또는 3～5개년간의 연구, 개발계획으로서 無人化 FMS를 추진하고 있는 것이 實狀이다. 21世紀에의 준비와 그 胎動이다.

中核이 되는 技術은 IMS (Integreted Manufecturing System) & Robotics라고 하겠는데 모두가 시스템設計 및 프로젝트 엔지니어링에 의한 開發技術이 그 原點이 된다(**그림 4**). 구체적으로는

① 新工場, 토틀시스템 (無人化 FMS) 情報, 物流, 生産시스템과 新工場計劃法

② 로보트應用시스템

最適化 로보트應用시스템과 그 大規模化

○ 로보트의 선택, 가령 學習機能로보트

○ 로보트 센서, 시스템

○ 모듈 로보트 應用시스템

○ 人工知能모듈

○ 制御, 驅動, 周邊모듈과 應用시스템 (汎用化와 專門技能化)

③ 無人搬送, 倉庫시스템

④ 上位 CPU에 의한 총괄제어 시스템등을 들수 있다.

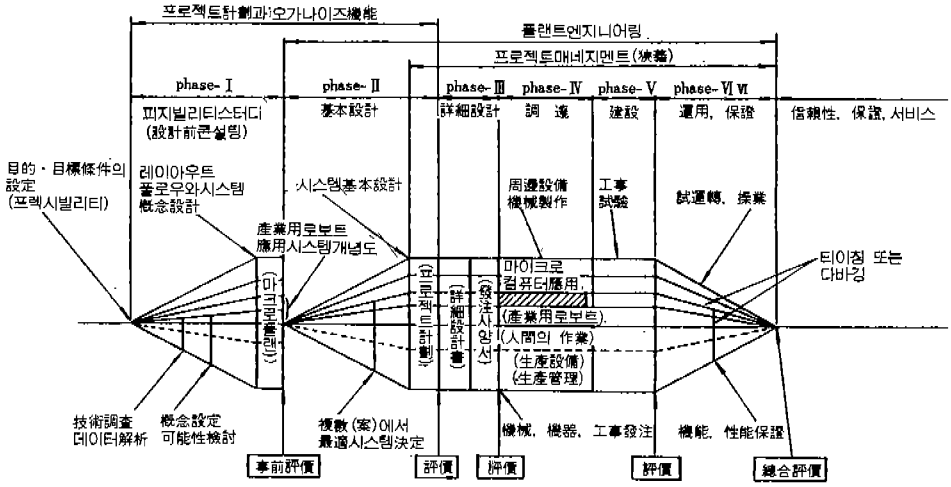
이들을 종합한 프로젝트 엔지니어링의 技法과 그 技術力이 그 請負人이며 또한 成敗를 장악하고 있는 것이다.

또한 人材의 集結과 育成이 최대의 과제라는 점을 거듭 提言하는 바이다.

3. 21世紀에의 展望

최근의 歷史的 發展의 動向에서 21世紀로 향하는 工場의 상태, 이른바 無人化工場에의 展望을 보면 다음과 같다(**그림5, 표4 참조**).

① FA, OA, MA (Management Automation)의 元化와 即時情報管理 시스템이 추진된다.



〈그림－4〉 프로젝트엔지니어링

② 製品企劃(設計와 販賣豫測), 生産技術이 一体化한 開發戰略으로 실시되고 CAD, CAM, CAE 등과 함께 FMS－로보트化가 추진된다.

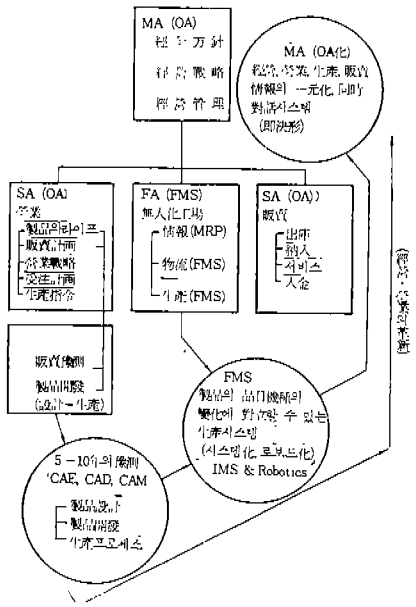
③ 새로운 工場計劃法下에 營業, 在庫, 出庫, 生産, 서비스의 体系的 即時 一元化 運用으로 전환된다.

④ 未來工場의 상태로서 공장기능의 모든 시스템化, 로보트化를 추진하여 그 極點으로서 無人工場을 목표로 그 이상 시스템에 접근해 간다.

그 때의 製品設計(CAD)－生産技術(CAM) －로보트(Robotic)이 중심적인 기술과제이다. 단, 아직 그 때의 로보트의 基体設計 思想은 명확히 제시되고 있지 않다.

⑤ 産業用 로보트가 人間의 勞動作業과 交代하는 것도 아직 많이 남아 있다.

한편 擴張시스템化된 로보트, 機械시스템, 로보



〈그림－5〉 無人化工場을 둘러싼 21世紀에의 展望

〈표－4〉 産業界에서의 生産技術의 變革－21世紀에의 展望

年 代	1950	1960	1970	1980	1990	2000
産業經濟	○復興經濟(資本의 不足) ○資本生産性	○高度經濟成長(重化學工業化) ○勞動力不足	○安定成長(닉슨및石油波動) ○生産性向上	○安定成長 ○産業構造의變容(輕薄短小) ○無人化에의한生産性向上	○高附加價値産業으로 경사 ○無人化工場에의 發展	○科學技術의高度化産業化, 一般社會化 ○經營生産性의向上
生産設備	○海外에서의輸入(技術과設備)	○高爐의 건설 ○콤비나트化	○節減, 新에너지 對策	○多品種少量生産시스템	○最新鋭生産시스템	○無人化工場과營業, 經營革新
新 産 業	○에너지 ○化學 ○纖維	○製鐵 ○造船	○自動車 ○工作機械 ○電氣機器	○電子制御 ○메카트로닉스	○高度情報通信 ○파인케미컬	○新素材産業 ○바이오테크노産業
新生産技術	○自動化플랜트의 건설 ○프로세스制御의 自動化 ○計裝制御機器技術의도입, 개발, 보급	○설비의 巨大, 高速, 연속화 ○메카니컬오토메이션 ○컴퓨터의보급 ○産業用로보트의개발	○品質管理와 自動化技術 ○NC, DDC, FMS ○小形컴퓨터의보급 ○産業用로보트의 利用의擴大	○無人化FMS(開發) ○CAD, CAM, CAE ○MA ○制御모듈 ○센서 ○人工知能 ○第2世代의로보트의 變革	○無人化工場(開發) ○INS) FA形VAN ○FMS유닛 ○學習 로보트 ○制御모듈과 모듈로보트化	○超近代化生産技術(完成) ○經營과 營業, 生産시스템의 自動化(FA-OA-MA) ○CAD-로보트 ○시스템化FMS 모듈化
主要로보트의開發		○유니메이트 ○버서트랜	○트랠파 ○아세아	○퓨머 ○스카라	○知能로보트 모듈化	○IMS & Robotics

트라인 作業시스템, 無人化 FMS 등 大規模의 타게트를 위한 再開發이 추진되고 있다.

그 때의 새로운 生産시스템, 로보트, 로보트應用시스템, FMS 다이나믹스, 新工場計劃法 등의 새 기술의 개발이 無人化工場의 성공을 확실하게 한다

⑥ 假設인데 공장은 8－24FMS가 하나의 흐름으로서 발전해 갈 것으로 想定되고 있다. 一擊에 3倍의 能力으로 운전되는 것이다.

3流企業도 部品의 加工, 組立의 中堅企業도 大企業도 일제히 8－24시스템을 향하여 개발이 추진될 것이다.

이같은 技術課題들을 달성하고 이른바 無人化工場의 시대가 적어도 製造業의 過半數의 企業에 미칠 것은 필연적이다.

또한 大, 中, 小企業이 현재 이미 착수하고 있다는 점에서 볼 때 5～10年의 연구, 개발과 人材의 育成課題를 넘어서면 21世紀에는 문자 그대로의 無人化工場時代가 도래하여 「새로운 人間과 로보트의 時代」를 想定해야 될 것이다.

또한 그 때의 産業界에서의 産業用 로보트와 總設置台數는 250萬台가 되고 또한 年産 5萬台를 넘게 된다. 앞으로도 年産台數의 신장률이 20%를 계속할 것인지 여부에 달렸는데 이미 로보트部品時代가 대두하여 그 可能性은 극히 높은 것으로 판단된다. 21世紀의 初期부터 鐵의 勞動者가 500萬名의 人間의 作業과 交代하게 되는 것이다. 한편 視點을 바꾸어 從業員證도 住民登錄證도 갖지 않은 鐵의 勞動力 590萬을 가지게 된다고 볼 수도 있다. 이것이 중요한 것이다.

工場에서는 많은 마이컴과 로보트 속에서 극히 少數의 人間이 이들을 조작, 감시하는 편성이 될 것이다.

지금부터 「人間과 마이컴, 로보트時代에서의 人間勞動의 위치, 作業의 보람을 검토하는 것」이 긴급하고 또한 불가피한 과제가 된 것이다.

超近代生産技術의 급격한 발전이 第2次 産業革命을 촉진시킨다는 것은 「人間과 로보트의 時代」에의 對應이 촉구되고 있다는 것이며 21世紀에의 최대의 과제라는 점을 주목해야 될 것이다. 그 기술의 進步와 轉換의 속도가 人間의 對應力을 넘을 정도로 빠르고 또한 空前의 大規模이고 또한 그 時期는 15年이 경과되기 전에 도래할 可能性이 극히 높은 것이다. *

(109페이지에서 계속)

나. 절연유시험
- 동신아파트 8건, 중앙아파트 4건, 현대상가 2건

다. 시설물점검
- 피뢰침설비에 대한기술적인검토 (12. 13)

4. 85년도 전기분야 조사연구 과제수집
가. 대상과제 : 전기, 전자, 에너지, 자원등
나. 수집기간 : '84. 12. 31
다. 수집공문발송 : 회원사, 교수, 정부기관, 유관단체 등 350부

5. 동양정밀 공유지보 등기 이전완료

6. 해외전기관계 업단체 "전기연감" 증정
가. 일본 : 15　　마. 호 주 : 1
나. 대 만 : 1　　바. 영 국 : 1
다. 미 국 : 1　　사. 서 독 : 1
라. 캐나다 : 2　　아. 프랑스 : 2
자. 벨지움 : 1

자료입수현황

1. 자료입수현황
가. 단행본 : 103 (구입)
나. 정간물 : 국내－92권
일본－31권
구미－7권
다. 기 타 : 41종

2. 규격 구입
가. IEC(국제전기기술규격) : 9,469매
나. ANSI(미국표준규격) : 5,815매
다. JIS(일본공업규격) : 1,570매

*