

컴퓨터에 의한 設計·生産·管理

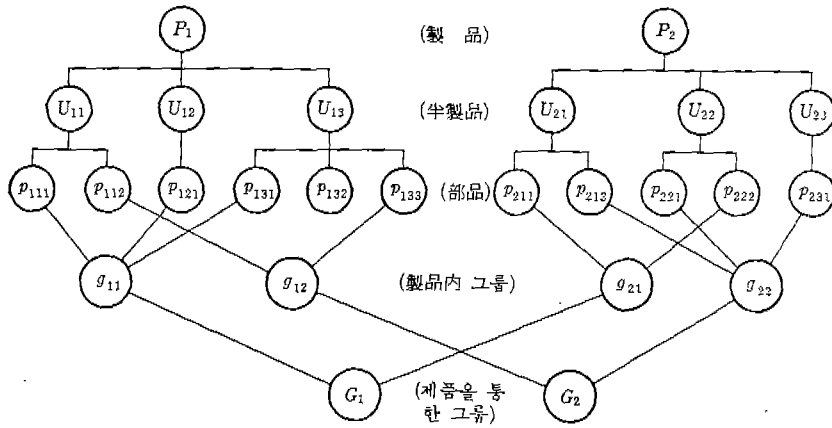
—CAD·CAM·CAP—

4·3·3 MRP와 GT

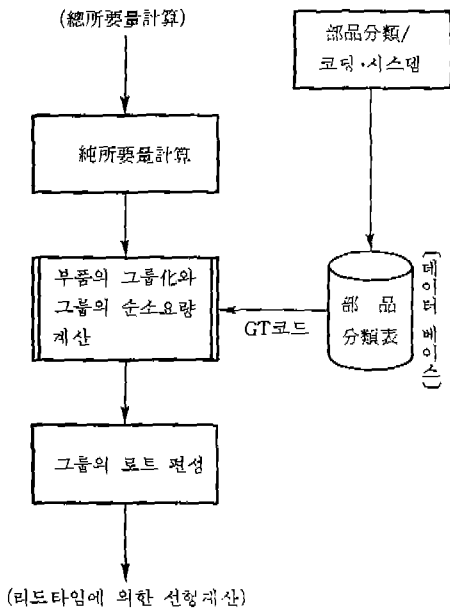
前項까지 記述한 바와 같이 MRP는 多種少量生産의 복잡한 生産계획과 管理에 컴퓨터를 効果적으로 利用하는 시스템으로서 제안되었다. 한편, 多種少量生産에 대한 대책의 하나로 그룹·테크놀로지(GT)가 있다. 工場에의 GT의 적용은 “물체의 흐름”이 복잡한 機種別 레이아웃을, GT 센터, GT 셀, GT 플로·라인과 같은 “물체의 흐름”을 보다 단순한 레이아웃으로 할 수가 있다. 機種別 레이아웃의 이른바 좁·좁보다도 GT개념에 입각해서 레이아웃된 工場에 대해 MRP를 적용하는 편이 資源所要量計劃이나 能力所要量計劃, 그리고 다음 節에서 설명할 스케줄링 등을 더 쉽게 效率적으로 할 수가 있다. 또 多様な 製品이나 半製品의 조립에 공통 부품을 사용하는 일이 적지 않으므로 MRP와 GT를 결합해서 사용하는 것은 사전준비 시간이나 부품 재고의 감소를 可能하게 한다. 이러한 效果를 기대한 SCRAPOP(Short Cycle Require-

ments and Group Production) 시스템, 3 레벨의 의사결정 개념, 스케줄링을 고려한 알고리즘 등이 제안되고 있다.

MRP의 基本的 데이터의 하나인 제품구성표와 GT에 의한 部品の 集約化 관계는 그림 4·7처럼 하나의 제품내에 限定한 경우와 몇 제품에 걸쳐 集約化되는 경우가 있다. 그리고 GT의 適用을 製品이나 半製品에까지 확장해서 생각하는 경우가 있다. 이러한 製品 構成表와 GT의 관계에서 그림 4·5에 표시한 狹義의 MRP(MRP 프로세서)에의 GT의 도입을 생각하면 그림 4·8과 같이 된다. 순 소요량 계산으로 生産數量和 生産時期가 결정된 부품은 CAD분야에서 확립된 부품분류/코딩·시스템으로 作成된 部品分類表에 입각해서 그룹화된다. 그룹에 속하는 부품의 순 소요량에서 그룹의 순 소요량이 계산된다. 이것에 입각해서 그룹에 대한 로트 평성을 하게 되고 그룹의 발주를 하게 된다. 그룹의 計劃 發注量은 그룹에 속하는 部品으로 分解되고



〈그림 4·7〉 製品構成과 部品 그룹의 關係



〈그림 4·8〉 MRP 프로세서에서의 GT의 導入

우 부품 a는 기계 I에서, 부품 b는 기계 II에서 생산되며, 합계 4회의 작업 사전준비를 필요로 하고 있다. 한편, 부품 a와 b를 하나의 그룹에 종합, GT 셀로 生産하는 표 4·8 (b)의 경우는 2회의 작업 사전준비만으로 된다는 것을 알 수 있다. 그룹의 순 所要量은 부품 a와 b의 各期の 순 所要量의 합으로 얻을 수 있고 그것을 로트 편성 룰에 따라서 로트 종합을 하면 제 1주에 115개, 제 5주에 110개의 計劃 發注量을 얻는다. 이것을 그룹에 속하는 部品으로 분해하면, 예컨대 제 1주에는 부품 a가 40개, 부품 b가 75개가 된다. 이와같이 해서 그룹과 部品の 계획 발주량이 얻어지면 能力 所要量計劃에 의해 GT셀에 대해 부하가 된다. 표 4·8 (b)의 예에서는 제 1주의 115개가 제 1주에서 제 4주까지의 4期間에 대해 負荷된다. GT 셀에 대해 各期の 負荷가 정해지면 日程計劃에 따라 그룹 스케줄링이 세워지고 生産現場에 지시된다.

4·4 컴퓨터에 의한 日程計劃

4·4·1 컴퓨터에 의한 日程計劃 시스템

前節에서 설명한 生産계획의 결과, 生産計劃 시간 내 生産의 대상으로 해야 할 生産 품종, 수

부품의 계획 발주량을 얻는다. 이 과정의 계산례를 표 4·8에 든다.

이 계산례에서는 로트 編成 룰을 4주간으로 하고 있다. 표 4·8 (a)는 그룹화를 고려하지 않고 개개의 部品마다 發注를 한 경우이다. 이 경

〈표 4·8〉 그룹化에 따른 사전준비시간의 감소

(a) 2대의 기계로 생산하는 경우

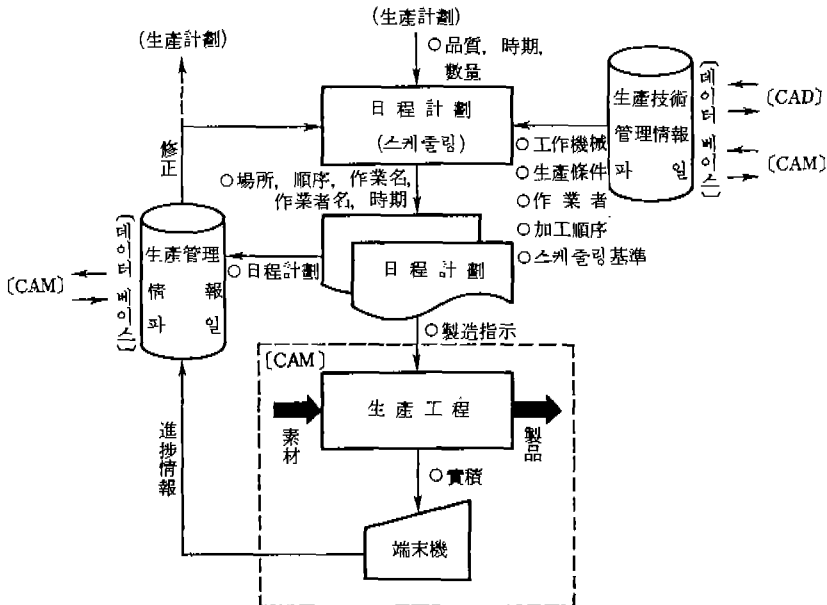
		週	1	2	3	4	5	6	7	8
(機械Ⅰ)	部品a의 순 所要量		10	15	10	5	20	10	5	15
	計劃注文 量(로트총합)		40				50			
	사전준비		*				*			
		週	1	2	3	4	5	6	7	8
(機械Ⅱ)	部品b의 순 所要量			30	20	25			30	30
	計劃注文 量(로트총합)			75					60	
	사전준비			*					*	

(b) GT 셀로 생산하는 경우

		週	1	2	3	4	5	6	7	8
(GT 셀)	部品a의 순 所要量		10	15	10	5	20	10	5	15
	部品b의 순 所要量			30	20	25			30	30
	그룹의 순 所要量		10	45	30	30	20	10	35	45
	그룹의 計劃 發注量		115				110			
	部品a의 計劃 發注量		40				50			
	部品b의 計劃 發注量		75				60			
	사전준비		*				*			

량, 시기가 규정되므로 구체적인 生産을 하는데 있어서 어느 生産設備(공작기계)에서 언제, 누가, 어떤 作業을 하는가 하는 구체적이고 상세한 시간 일정을 계획해야 한다. 그 最適 또는

실행 가능한 계획을 세우는 것이 「生産 스케줄링」 내지 「일정계획」이다. 이러한 日程計劃을 세우기 위한 컴퓨터에 의한 일정계획 시스템의 기본적인 구조를 그림 4·9에 든다.



〈그림 4·9〉 日程計劃 시스템

이 日程計劃 시스템은 생산계획의 결과와 CAD/CAM으로 作成된 데이터 베이스를 입력해서 作業을 언제, 어디서, 누가, 어떻게 실시하는가의 계획을 세워, 그것을 日程計劃表로서 出力해 生産工程에 제조 지시를 함과 동시에 데이터 베이스의 生産管理情報 파일에 일정계획 파일로서 등록하는 시스템이다. 생산공정에 제조 지시된 일정계획은 생산실시의 情報가 되고 생산실적은 工程 내에 설치된 단말기에 의해 進捗情報로서 온 라인·리얼 타임 方式으로 수집되고 데이터 베이스의 일정계획 파일을 갱신한다.

일정계획을 세우기(스케줄링을 하는) 위해서는 스케줄링의 대상이 되는 加工物の 品種과 生産數量(또는 로트量)과 生産時期(생산개시 가능 시기와 납기)가 필요하며 이것들은 생산계획에서 얻어진다. 한편, 데이터 베이스로부터는 생산을 실시하는 생산설비에 관한 情報(생산능력, 운전규칙, 지그 공구 등)나 作業을 담당하는 작업자에 관한 情報(담당부문, 워로시간 등), 생산조건(절삭속도, 이송량 등), 공정설계에 의해 정해진 加工順序, 스케줄링 기준(총처리시간 최소화, 총납기 지연시간 최소화 등) 등이 入力情報로서 부여된다. 이들 入力情報와 적당한 스케줄링 手法에 따라 각 가공물에 대해 어느 作業이, 누구에 의해(작업자명), 어디서(생산설비), 어떤 순서로, 언제(時期) 하는가를 表示한 일정계획표를 出力한다. 만약 어떤 원인(不良品 발생이나 생산설비의 고장 등)에 의해 일정계획대로 생산이 되지 않는 사태가 생기면 常時 온 라인·리얼 타임 方式으로 進捗情報가 수집되어 있으므로 곧 일정계획 파일이 갱신되고 그것이 日程計劃을 수정하기 위한 入力情報가 된다. 경우에 따라서는 生産計劃을 수정하는 일도 있다.

4.4.2 스케줄링

加工物(이하 작업이라 한다)의 生産이 單一工程에 의해 완료하는 경우, 스케줄링은 생산의 대상이 되는 작업을 어떤 순서로 처리하는가 하는 順序를 붙이는 문제로 귀착한다. 裝置工業 등의

경우, 全生産設備를 하나로 간주하면 單一工程으로 취급할 수 있지만 機械加工을 중심으로 한 生産企業에서는 일반적으로 多段階工程을 경유해서 完成品이 되는 경우가 많다. 그밖에 하나의 작업을 처리하는 工程이 複數로 존재하는 경우도 있다. 이러한 문제, 즉 어느 작업을 어느 工程에서 처리하는가를 決定하는 문제는 配分問題로서 알려져 있고 특히 線形計劃問題로 定式化되는 경우에는 그것은 수송계획문제가 되고 이것을 풀기 위한 컴퓨터·프로그램은 라이브러리로서 완비되고 있다. 배분문제는 각 공정에서 허용되는 生産能力의 범위 내에서 작업을 배분해 나가는(이것을 「山積」이라고도 함) 것이지만 컴퓨터로 처리하면 작업의 배분이 편향되는 경우가 생긴다. 이 경우, 작업의 배분량이 각 공정에서 균등해지도록 부하 조정해야 한다. 이것을 컴퓨터로 하는 것은 일반적으로 곤란하고 사람과 컴퓨터의 對話形式으로 처리하는 알고리즘이 제안되고 있다.

이렇게 해서 작업이 어느 공정에서 生産되는가를 결정하면 다음에는 어떤 순서로 生産하는가를 결정해야 한다. 單一工程인 경우, 順序를 매기는 대상이 되는 모든 작업을 어떻게 순서를 매겨도 모든 작업을 처리하는 데 요하는 시간(總處理時間)은 일정하다. 한편, 작업이 工場 내에 머무는 시간의 총합계(총소요시간)는 작업의 가공시간이 적은 순서로 배열(最小 加工時間 規則: SPT 規則)함으로써 최소로 할 수 있다.

또한 작업의 納期가 빠른 순서로 배열(最早 納期規則: EDD 規則)함으로써 최대 납기 지연시간과 최대 납기의 차이를 최소로 할 수 있다. 이들 規則은 디스퍼칭 規則(또는 優先規則)이라 호칭되며, 이 밖에 先着順, 최소 여유시간순, 최대 페널티순, 랜덤순 등에 의한 규칙이 있다.

이와 같은 디스퍼칭 규칙을 사용함으로써 單一工程의 경우는 비교적 쉽게 良好한 순서를 얻을 수가 있다. 그런데 生産이 多段階工程으로 행해 질 때 작업의 순서는 플로·숍·스케줄링 또는 작업·숍·스케줄링이 되며 單一工程의 경우에 비해 最

適의 순서를 정하기가 어려워진다.

플로·숍·스케줄링에서는 生産 시스템이 2 段階工程인 경우의 존슨·를을 비롯해서 여러가지 컴퓨터·알고리즘이 개발되어 있다. 존슨·를은 제 1 과 제 2 공정에서 처리되는 줍의 처리시간을 알고 있는 경우, 총처리 시간을 최소로 하는 순서를 부여하는 規則이다. 이 존슨·를은 특별한 條件이 成立할 때는 3 段階 工程인 경우 확장이 가능하다. 工程數가 3 段階 이상인 플로·숍·스케줄링이나 스케줄링 기준이 총처리 시간 最小化 이외인 경우에는 이렇게 간편한 방법은 없다. 이 경우에 有效한 方法의 하나에 分岐限界法(또는 分枝限定法)이 있다.

이 方法은 순서 정하기의 대상이 되는 줍의 部分順序에 대한 평가 기준값을 계산하는「限界手續」과 부분 순서 중에서 最良인 평가 기준값을 갖는 것을 하나 찾아내고 아직 순서가 정해지지 않은 줍 속에서 다음에 순서를 정할 줍을 하나 선택해서 새로운 부분 순서를 生成하는「分岐手續」으로 형성된다. 分岐限界法은 줍의 수가 많아지면 生成하는 부분 순서의 數도 증가해서 컴퓨터로 처리하는 경우, 방대한 기억용량과 계산시간이 소요되고 대규모인 플로·숍·스케줄링에 대해서는 效果적이 못된다. 이것을 해결하기 위해 보다 적은 計算時間으로 가장 적합한 풀이에 가까운 줍 順序를 얻기 위한 휴리스틱·알고리즘이 여러가지 제안되고 있다(예를 들면 Petrov의 方法).

숍·숍·스케줄링에서는 2 종류의 줍이 여러 工程에 의해 랜덤하게 生産되는 경우, 총처리 시간 最小화 문제에 대한 간편한 方法으로서 圖式解法이 제안되고 있지만 줍 數가 2 종류 이상인 경우에는 整數計劃法이나 分岐限界法을 사용한 알고리즘이 제안되고 있다. 이들 方法은 비교적 소규모인 문제에 대해서도 決定變數나 生成하는 부분 순서의 수가 방대해져 현실 문제로의 適用은 곤란하다.

실제의 生産현장에서는 단순히 工程數나 加工하는 줍의 수가 많을 뿐 아니라 時間的으로 動

態性이 있고 作業時間도 확률적으로 변동한다. 이러한 스케줄링에서는 最適化를 해석적으로 하는 것은 不可能에 가까우므로 많은 경우 시물레이션에 의해 줍의 처리순서를 얻고 있다. 줍·숍·시물레이션은 기본적으로 生産工場의 시물레이션·모형을 작성하여 적절한 스케줄링 기준하에 줍을 作業者나 工程에 배분, 줍의 처리순서를 결정하고 상세한 時間日程을 作成한다. 이때 前述한 디스퍼칭 規則 중 어느 規則을 채용하는가에 따라서 시물레이션 結果가 달라지는 것에 유의해야 한다.

숍·숍型 生産 시스템에서 GT의 개념에 입각해서 줍을 그룹화하면 生産 시스템의 레이아웃을 GT 셀이나 GT 플로·라인으로 고쳐 편성할 수 있다. 이에 의해 줍·숍·스케줄링을 작업 준비시간이 있는 플로·숍·스케줄링으로서 취급할 수 있다. 이러한 방식에 입각해서 提案된 것이 「그룹·스케줄링(法)」이다. 이 方法은 각 줍의 작업준비 중 그룹에 共通的인 부분을 그룹 작업준비 시간으로 종합함으로써 總處理 時間을 단축할 수 있는 것에 착안해서 생각된 것으로서 기본적으로는 그룹 간 순서와 각 그룹에 속하는 줍의 順序를 결정하는 것이다. 그룹·스케줄링의 알고리즘으로서는 單一工程의 경우나 前述한 존슨·를을 확장한 2 段階工程의 경우, 다시 3 段階 이상의 多段階工程으로 확장한 것 등이 提案되어 있다.

4.4.3 온 라인 生産管理 시스템

제품 生産을 위한 日程計劃이 세워지면 그것에 따라서 生産이 실시되게 되는데, 그 生産을 하는 動態的인 줍·숍型 生産 시스템의 특징은 (1) 生産品目的 多樣性, (2) 生産工程의 多樣性, (3) 生産能力의 複雜性, (4) 環境條件의 不確定性 (5) 生産工程·日程의 困難性, (6) 生産실시와 통제의 動態性 등을 들 수 있다.

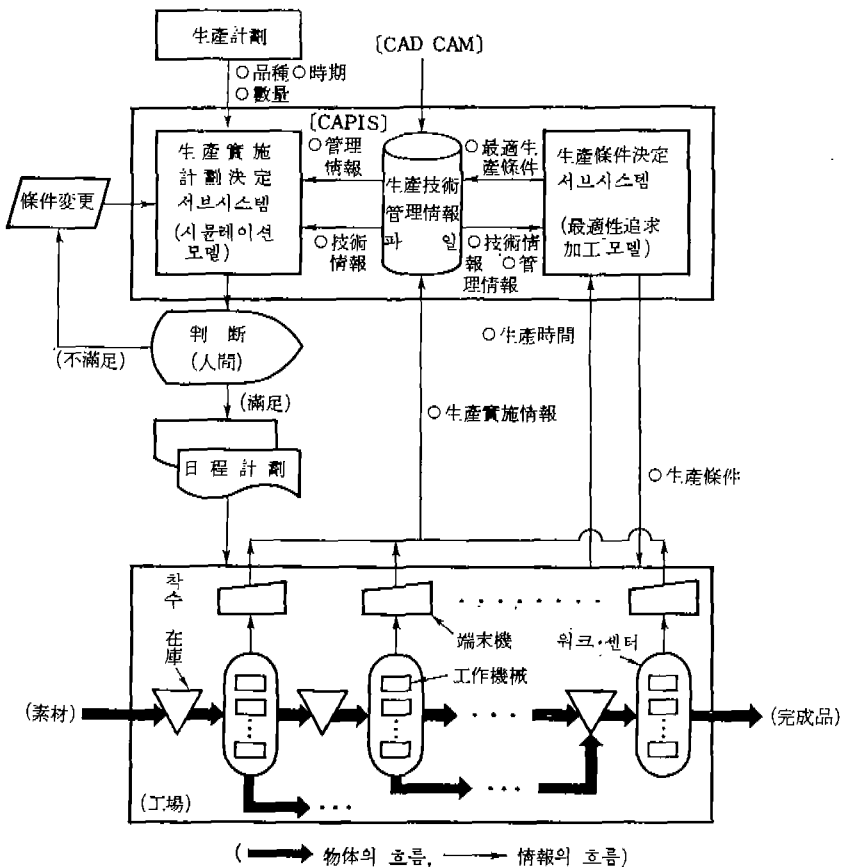
이러한 특징에 대처하기 위한 하나의 方法으로서 入力 데이터를 발생장소에서 직접 컴퓨터에 入力하고 연산처리한 出力 데이터를 제차 사

용하는 장소에 직접 전송하는 온 라인·리얼타임 방식이 생각된다. 이 방식은 좁·좁의 워크·센터에 설치한 端末機와 管理部門에 설치한 컴퓨터를 직접 回線으로 접속함으로써 데이터의 수집과 檢索을 시시각각 시행하고 각 워크·센터에 필요로 하는 情報를 적시 전송해서 動態的인 生産을 효율적으로 管理하는 것이다.

온 라인·리얼타임 방식에 의한 생산 관리 시스템은 (i) 생산실적 정보를 온라인 방식으로 수집하는 리얼타임·데이터 수집 시스템, (ii) 이것에 의해 수집된 生産實績情報를 사용해서 각종 情報의 갱신을 리얼 타임으로 하는 리얼 타임·파일 갱신 시스템과 (iii) 데이터 수집, 파일 갱신이 전부 리얼 타임으로 하게 되고 그 결

과가 새로운 生産指示가 되어 生産現場에 보내지는 리얼 타임·컨트롤·시스템이 있다. (i)과 (ii)를 지향한 生産管理 시스템으로서 컴퓨터 支援 生産情報 시스템 (Computer-Aided Production Information System : CAPIS)이 보고되어 있다. 이것은 多段階 生産 시스템으로 多品種의 제품을 생산하는 좁·좁의 기계 가공공장을 대상으로 한 시스템이다.

이 CAPIS의 시스템 구성은 그림 4·10과 같으며, 생산실적 정보 수집, 생산정보처리, 판단 처리의 세가지 部分으로 되어 있다. 생산실적 정보수집에서는 工程 內에 설치한 단말기에 의해 각 워크·센터에서 각 좁의 각 처리가 終了한 時點에서 생산실적 정보를 수집, 이것을 온라인 방



〈그림 4·10〉 CAPIS의 시스템 構成

식에 의해 컴퓨터에 보내고 生産管理 파일을 갱신한다. 生産情報處理는 CAPIS의 핵심을 이루는 機能으로서 生産실시계획 決定 서브 시스템과 生産條件 決定 서브 시스템으로 구성되어 있다. 生産실시계획 결정 서브 시스템은 生産계획과 生産관리정보와 生産기술정보를 入力으로 해서 動態的인 生産狀況에 적응한 生産실시 계획을 作成하기 위해 機械加工 시물레이션을 실행, 결과가 만족되는 것이면 指示情報로서 生産현장에 보낸다.

生産條件 決定 서브 시스템은 生産현장에서 수집된 生産실적 정보를 사용해서 生産條件(加工條件)의 설정의 기초가 되는 공구수명 방정식을 정밀한 것으로 갱신, 最適한 生産條件의 設定을 하고 이것을 사용해서 줌의 처리에 요하는 生産時間을 구하여 이것들을 生産技術情報 파일에 등록한다. 判斷處理는 사람과 컴퓨터의 대화에 의해 이루어진다. 즉, 生産 실시계획 결정 서브 시스템에 의해 얻어진 지시정보가 최적의 것인지, 또는 만족할 수 있는 것인지를 사람이 판단하여 만족할 수 있는 것이면 日程計劃으로서 生産현장에 指示한다. 만족할 수 없는 경우는 우선 규칙이나 가동조건 등의 條件을 변경하여 시물레이션을 再實行한다.

CAPIS의 中心機能의 하나인 生産 실시계획 결정 서브 시스템은 狀態變化(事象이라 한다)가 일어나면 이것에 요한 時間을 일거에 진행하는 事象間隔方式에 따라서 시물레이션을 실행하는 것으로서, 그 플로를 그림 4·11에 든다. 기본 사상으로서 是 일자의 갱신(1일의 조업 종료에 수반하는 일자 갱신), 줌의 移動完了(줌의 次工程에의 이동 완료), 그리고 공작기계 개방(工作機械 遊休상태의 발생)을 가지고 워크·파일로서 事象情報 파일과 狀態情報 파일을 사용하고 있다.

이 시물레이션을 실행할 때 生産管理情報 파일에서 공장이나 공작기계의 가동조건, 공장의 實動日, 休日 등을 표시하는 캘린더와 生産실적 정보를 生産技術情報 파일에서 加工順序, 生産

條件과 生産時間 등을, 그리고 生産계획에서 生産을 하는 줌의 品種, 數量, 時期 등을 入力하여 다음 수속을 실행한다.

〈初期條件 設定〉 모든 워크·파일을 클리어하여 生産실적정보에서 시물레이션의 개시상태를 초기값으로서 설정한다.

〈最早事象發見〉 가장 빠른 時刻을 갖는 事象을 찾아 그 事象이 갖는 時刻이 시물레이션 종료시각을 초과하지 않았는지를 검토한다.

〈最終結果의 表示〉 앞의 수속에서 시물레이션 종료시각이 초과되어 있으면 최종결과를 出力表示하고 시물레이션을 끝낸다.

〈事象 種類의 判定〉 찾아낸 事象의 種類를 判定하고 그 사상의 처리를 다음과 같이 하고 다음 事象 處理로 이행한다.

(i) 日字 갱신 모듈

당일 착수 가능한 줌을 열거하고 이들의 줌이 워크·센터 간을 이동중이라고 간주해서 事象情報 파일에 날짜 갱신 시각을 줌의 이동완료 예정시각으로 기입한다. 日字를 다음 날로 갱신하고 다음 날의 공장의 稼動條件을 파일에 기입한다.

(ii) 줌 이동완료 모듈

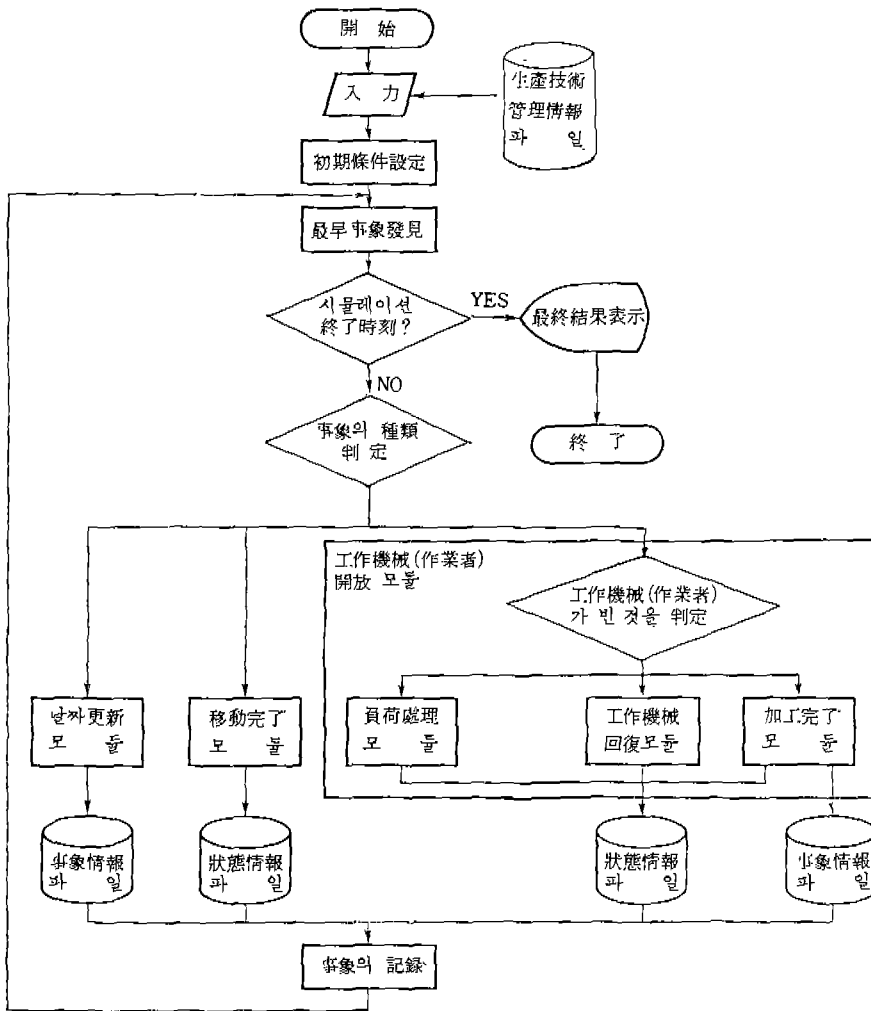
이동완료 시각이 지난 줌을 다음 가공을 받는 워크·센터의 대기행렬에 넣고 이것을 상태 정보 파일에 기입한다.

(iii) 工作機械 開放 모듈

워크·센터에 있는 工作機械의 상태가 비어 있는가, 수리중에 있는가 가공중인가를 판단하여 다음 처리를 한다.

① 負荷處理 모듈 : 워크·센터 대기 행렬 중에 줌이 있으면 優先規則에 의거해 우선순위가 높은 줌으로부터 順次 負荷하여 가공완료 시각을 계산한다. 이 줌의 가공완료시각과 工作機械의 개방예정시각을 상태정보 파일에 기입한다.

② 工作機械 回復 모듈 : 豫防保全 또는 故障 修復의 工作機械 회복예정시각을 상태정보 파일에 기입, 이 工作機械를 사용 가능한 상태로 한다.



(그림 4·11) 生産實施計劃 決定 시물레이션·프로그램의 메인·플로

③ 加工完了 모듈 : 좁의 加工을 위해 占有된 工作機械를 빈 상태로 하고 狀態報情 파일에 기입한다. 加工이 完了한 좁의 이동완료 예정시각을 계산하여 事象정보 파일에 기입한다.

이 시물레이션은 일정한 기간 (1日, 1週間 등)에 대해 하게 되지만 特急 좁의 발생, 납기변경, 素材 入荷 지연 등과 같은 예측하지 못한 사태가 발생하면 그 時點에서 실행하여 새로운 생산 실시계획을 作成한다. 生産管理情報 파일은 생산 실적 정보가 收集될 때마다 리얼 타임으로 갱신

하고 다른 파일은 매일 規定된 시각이나 시물레이션 實行時點에 갱신한다.

CAPIS의 한쪽 中心機能인 生産조건 결정 서브 시스템은 最適性 追求加工法 (Optimum-Seeking Manufacturing; OSM)의 개념을 기초로 해서 初期 時點에서는 미지인 公구수명방정식은 온 라인으로 逐次的으로 수집되는 生産실적정보에 따라 차차 信賴性이 높은 것으로 수정, 최대능력 기준, 최소비용 기준, 최대이윤율 기준에 따라서 최적 生産條件을 決定한다.