

省力化に対する機能的展開の方法

(学)産業能率短期大学

長尾 幸昌

I はじめに

今日流行語のようにいわれる省力化の範囲は作業改善で得られる労働力の節約から人力の機械力変換, 更
にその機械の自動制御による無人化まで広く考えられ
る. 現にこの範囲のいくつかのレベルでの省力化の施
策は試みられており, それなりの効果を上げている.
しかし, それは部分的, 断片的に実施されているため
期待される効果を十分に上げていないようである. そ
の原因としてはいろいろな点が指摘できるが大体次の
4つに要約できる.

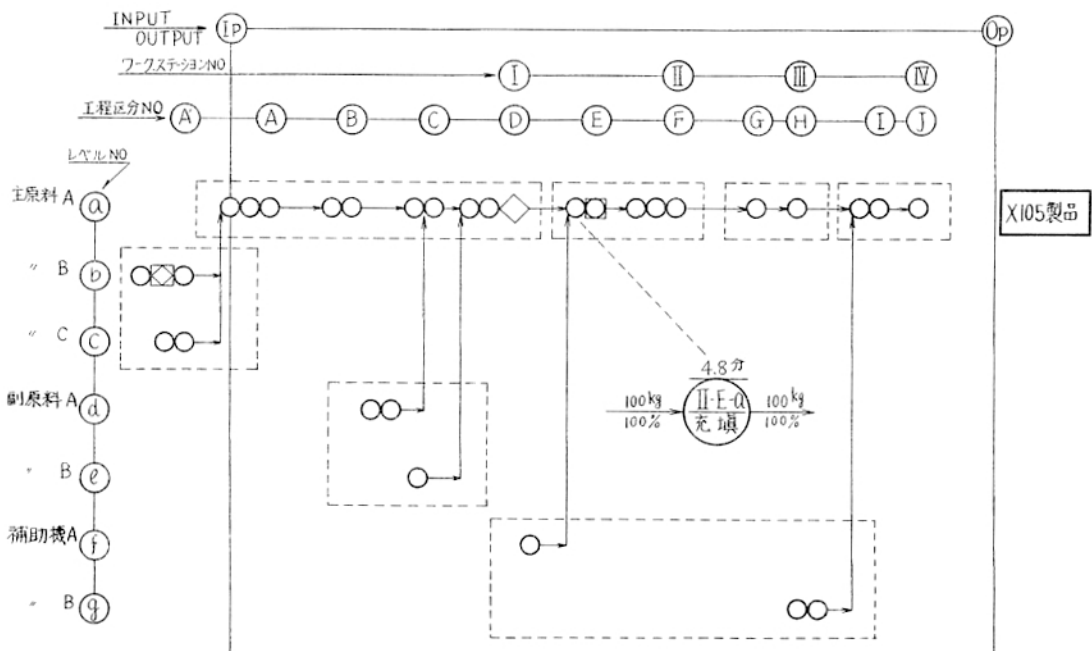
- (1) 設計概念の不足と不完全な実施計画
- (2) システム概念とレベル概念の不足
- (3) 独創過程と情報収集過程の軽視
- (4) 定着性の悪い運営組織形態

第1の原因は進め方に関する問題であり, 第2は主
として全体最適化の問題である. 更に第3は代替案
(或は設計案)作成過程におけるテクニックの問題で
あり, 第4はレベルに応じた省力化の全社的推進の持
続性を意味する定着性の問題である.

そこで本論文はこれらの問題を解決すべく過去1年
間I Eに基く省力化の全社的推進を通じて試みたワー
クシステムの設計で用いた実施計画の中で最も大きな
特徴である“機能的展開の方法”および“問題範囲の
設定方法”についてその事例を発表する.

II 機能的展開の方法

工程分析は現状の製造工程を正しく把握するのに有
効な方法である. しかし, それはあくまでも現象の把
握であって編成された製造工程系列の目的を明確に示
すものではない. ワーク・システムの設計においては
最終製品(“もの”)に附与される条件を明らかにし,
目的を明確にしないかぎり経済的, 技術的に満足すべ
き結果を得ることはできない. この目的を明らかにす
ることが「問題の定義」であり, 工程分析は情報収集
の有効な手段の1つとなる. ここではワーク・ステー
ション(或はワーク・エリア)の設計段階において1
つの重要なポイントである情報整理段階における機能
的展開の方法を用いて目的(或は問題)を明確にする
方法について説明する.



図一I 加工系統図

2.1 情報の整理

ワーク・ステーションの設計に必要な情報は工程分析における「加工」工程である（ここでは工程分析の方法や工程分析表に記載されている停滞、運搬、検査などの扱い方については省略する）。加工工程の整理は図-1に示す形でまとめ、このまとめられた図を「加工系統図」とする。加工系統図は次の5つの要素で構成されている。

(1) インプット／アウトプット

これはプロジェクトの出発点と到達点を示す最も大きな区分であり、この区分はプロジェクトの範囲を示す。

(2) ワーク・ステーション

これはプロジェクトの出発点と到達点の間に発生する加工工程を、次に述べる問題の定義によって決める1作業域を示す。

(3) 工程区分

これは1つのワーク・ステーションに含まれる加工工程の1つか或はいくつかのまとまった工程区分を示す。

(4) レベル

これはとり上げたプロジェクトを構成する部品或は構成分野の加工順位または組立順位で決まるレベルを示す。

(5) 加工工程

これは工程分析表より抽出された1つ1つの加工工程である。

情報整理のまず第1歩は以上5つの要素中、レベルと工程区分に対応する加工工程の位置づけをすることである。その方法はレベルを縦の左側に名称をつけてとる。次に工程区分を横の上側にとる。そして、最後に加工工程を図-2に示す形式で1つ1つ配列していく。ワーク・ステーションの位置づけは次に述べる問題の定義の段階で個々の加工工程の機能定義を行って決める。

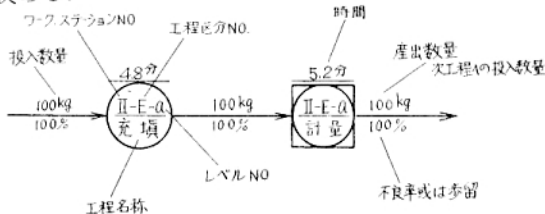


図-2 加工工程の表示形式

以上のような方法に従った加工系統図による情報の整理はワーク・システムの設計上有効な方法である。その理由として次の利点を上げることができる。

- 製造工程系列の目的を明確に把握できる
- ワーク・ステーションの設計範囲が明確になる
- 他の要素が混入しないため設計が容易になる
- 評価および目標設定が容易になる

以上述べたように加工系統図は目的と手段の時系列を基本とした整理方法である。

2.2 問題の定義

前述のようにワーク・ステーションの設計において必要な情報は加工工程であるが、それは単に現在発生している現象にしかすぎない。例えば、図-3はある食品製造工程の1部を示したもののだが、これは単に現在とられている手段を総括した名称の表示にしかすぎず、目的を明示したものではない。ワーク・ステーションの設計において重要なことは目的を明確に把握することである。このための方法としてはVBで用いられている「機能定義」の方法を用いるとよい。すなわち、各工程のもつ真の働き（或は目的）を名詞と動詞で表現することである。

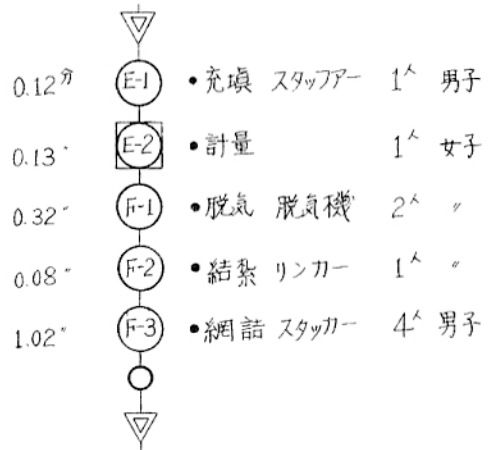


図-3 工程区分E、Fの工程分析

表-1は図-3の各工程に対し機能定義したものである。しかし、ここで定義された機能は各工程の現在存在する理由を示すものでワーク・ステーション設計上必要な究極の目的を示すものではない。そこで次の段階はこのプロジェクトに対し要求されている項目と一致する機能を抽出する。このプロジェクトに対する要求事項は、味、色、重量、形などである。その中、表-1の範囲で該当する項目は重量と形である。更に、重量には2.5Kg、3Kgと細部要求がある。形においては丸形、角形といった細部要求がある。そこでこの要求に一致する機能を表-1より抽出すると次の2つになる。

- 重量 (2.5, 3Kg)
2.5 或は 3 Kgの 肉量をまとめる
- 形 (丸形, 角形)
丸或は角形の 形を作る

結局、この2つの機能が図-3でとり上げた工程範囲の真の目的をあらわしているのである。この他、味、色については配合工程を含む工程範囲内にその機能が存在するが、同じ方法で展開すれば容易に把握できよ

表一 I 機能リスト

工程番号	工程名称	現在人員	目的	手段	時間	人員
E-1	充填	1	<ul style="list-style-type: none"> 肉量をまとめる 肉量を貯える 	<ul style="list-style-type: none"> ケーシングをスタッフアーのノズルにかぶせ肉をケーシングに充填する 	0.12分 0.12分	1
E-2	計量	1	<ul style="list-style-type: none"> 肉量を調整する 定量を維持する 	<ul style="list-style-type: none"> 肉のつまったケーシングを秤のせ肉の重量を調整する 	0.13分	0
F-1	脱気	2	<ul style="list-style-type: none"> 商品価値を高める 	<ul style="list-style-type: none"> ケーシング内の肉を棒でつき肉の中の空気を取り除く 	0.32分	0
F-2	結紮	1	<ul style="list-style-type: none"> 肉の移動を防ぐ 空気の流入を防ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> ケーシングの開口部を結紮機で閉じる 	0.17分 0.08分	1
F-3	網詰	4	<ul style="list-style-type: none"> 形を作る パンクを防ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> 肉のつまったケーシングをレティナーに入れフタをする 	0.15分 1.02分	1
要求事項: 「重量」, 「形」						

う。このような表現形式で機能を抽出することの利点は“真の目的を明確に正しく把握する”ということの他に、ワーク・ステーションの設計上現在方法と質的に異った着想を得るのに最も効果がある。事実、この問題にとりくんだプロジェクト・チームの2チーム中一方のチーム(Aチーム)には機能的展開を、他のチーム(Bチーム)には従来からの方法を試みたところ、その結果の差は非常に大きなものとなった。Aチームは10人編成で“肉量をまとめる”と“形を作る”といった2つのテーマ約60分(1テーマにつき約30分)間のブレイン・ストーミングを試みた。結果は約120のアイデアを出し、全体の約60%が現在方法と質的に異ったもので、効果の面からもおおいに期待できるものであった。一方、Bチームも同じ10人編成で充填、計量、脱気、結紮、網詰の5つのテーマで約150分間のブレイン・ストーミングを試みた。結果は約200のアイデアを得たがそのほとんどが現状のやき直し程度のものであった。このように機能的展開に基づく問題の定義は、目的を正しく把握するのに役立ち、更にその目的を最も効果的に達成する方法の探索に役立つ。また、この機能的展開の方法はVEの特徴である<機能分析>をIEの分野で適用する方法を示したものである。

III 問題範囲の設定方法

ワーク・ステーションの設計においては問題の範囲をいかに設定するかということが重要である。ここで

注意すべきことは問題の範囲を量的大小で決めるのではなく、質的側面から決めなければならない。また、問題そのものが個々の工程とか個々の工程より抽出された機能で決めるのではなく問題の定義段階で決めたものでなければならない。以上の2点を特に注意して問題範囲の設定を行なうが、この場合図-1に示す加工系統図上で展開する。その方法は次の示す手順に従う。

(1) 問題の定義で決めた機能が存在する工程に対し、仮りのステーションNo.をその発生順につける。表-1で示した“肉量をまとめる”と“形を作る”には図-1上でそれぞれII, IIIの番号をつけた。

(2) 仮りのステーションNo.をつけた各工程の機能を中心に前後機能の統合の可否を検討する。もし、統合の必要性が認められた場合、(1)でつけた仮りのNo.をずらしていく。そして、この段階で正式にステーションNo.を決定する。このケースにおいては作業面、品質面からIIIの“形を作る”はIIの“肉量をまとめる”に統合した方が有利であると判定された。

(3) 各ステーションに含まれる加工工程を、各ステーションNo.のもとに1つにまとめる。この段階でワーク・ステーション設計上の問題の範囲が設定できる。

図-1においては表-2, (a)に示すように問題の範囲が設定された。しかし、もし(2)の手順で統合されなかったとすれば表-2, (b)に示すような2つの問題範囲が設定されそれぞれ別個にワーク・ステーションの設計が行われることになるであろう。

表-2 問題範囲の設定

	(a)	(b)	
ステーションNo.	II	II	III
現状の工程範囲	充填・計量・脱気・結紮・網詰	充填・計量	脱気・結紮・網詰
問題の範囲	<ul style="list-style-type: none"> 肉量をまとめる 形を作る 	<ul style="list-style-type: none"> 肉量をまとめる 	<ul style="list-style-type: none"> 形を作る

事実、このケースにおいても当初の検討ではステーションNo.、IIIを別個に扱った。その結果、IIでは定量充填機の開発が図面化され、IIIでは脱気装置の開発およびレティナーの改良が図面化され一応の結論をみた。

表 - 3 時間割

(a)

(b)

	基礎教育 (提案段階)					専門教育 (実施段階)				
	日数	時間	講義	実習		日数	時間	講義	実習	
オリエンテーション	3日	18時間	18時間	100%	0時間 0%	1日	6時間	6時間	100%	0時間 0%
実施計画	44 "	264 "	106 "	40 "	158 " 60 "	17 "	102 "	17 "	16.7 "	85 " 83.3 "
発表会	3 "	18 "	9 "	50 "	9 " 50 "	2 "	12 "	6 "	50 "	6 " 50 "
合計	50 "	300 "	133 "		167 "	20 "	120 "	29 "		91 "

しかし、経済的には満足すべきものではなかった。そこで統合化が考えられⅡとⅢの統合がなされた。結果は脱気機能をもつ定量充填機の開発が図面化された（レティナーの改良はそのまま採り入れた）。しかし、技術的、経済的に十分満足すべき結論に達しないため更に検討をかさねた。その結果、脱気機能をもたない定量充填機と結晶のある作業方法の組み合わせで経済的（設備投資は市価の約1/17、人員は1/3）、技術的（充填量のバラツキ）に満足すべき解決策が得られた。当初の検討時点で不十分だった原因は機能を個別に扱っていた点が指摘できる。すなわち、この時点では個別に作られた案の手直し程度のことしか行なわれなかった。それは個々の案に固執し部分的枠に入りこんで全体を見失う結果となっていた。このケースにおいても統合して満足すべき結果を得るまでに約2ヶ月間放置され、その後あらためて統合化されたのである。以上述べたように問題範囲の設定は慎重に行なわないと多くのムダ足をふむばかりなく、満足すべき結論を得ることもできなくなる。

Ⅳ 実施効果

ワーク・ステーションの設計はワーク・システムを設計する場合の第Ⅰのステップであり、しかもワーク・システムの良し悪しを決定づける重要なものである。このステップでは特に機能的展開および問題範囲の設定がカギであり、これを正しく確実に行なえば今までにない大きな効果が期待できる。

以下にある食品製造会社におけるこの方法の適用による成果の事例を示そう。この方法の適用による提案段階での予想効果は6工場の場合で次の通りである。

- 年間総節約額：303百万円
- 投資額：" "
- 年間正味節約額：270 "

この提案の主な内容は第1案（方法改善）と第2案（機械化）である。勿論、これ以上の効果が期待できる第3案（自動化）もある製品の工程系列について提案されたが投資額の面から次期実施のプロジェクトとして残された。更に、実施段階での効果は採用された提案の実施に伴う節約額あるいは節約工数などの達成率

で示される。この一例として6工場中ある一つの工場の場合について示すと次の通りである。

- 年間総節約額：39百万円（予想効果：66百万円）
- 投資額：11 "（投資見積：6 "）
- 年間正味節約額：28 "（予想効果：60 "）

金額面での達成率は47%（28/60）であり、工数面では100%以上の達成率を示した。また、工数面での成果はとり上げた各ステーションの人員削減を24%～67%の範囲で平均59%であった。金額面での46%の達成率はある意味においてこの改善プログラムの特徴ともいえる。すなわち、省力化のために用いるこのプログラムの全社の推進はIEに関する専門教育を受けた人達のみによって行なわれるのではなく主としてIEについての知識をもたない工場や事務所の人達によるチーム活動で行われた。そのためには表-3の(a)(b)に示す時間配分に従い、更にプロジェクトの性質に応じて特別に作られた計画によって行なわれた。(a)は基礎教育と提案段階までの時間割であり、(b)は専門教育と実施段階までの時間割である。

このプログラムの特徴は、まず基礎教育までは工場におけるIE人口の増加とそれに伴う改善と定着が期待できる。専門教育の受講者は基礎教育を受けたメンバーより送出し、専門的な素養を身につけると共に採用された提案の実施に当る。そのためどうしても当面達成率は低くなるが、全社の推進による総合的成果が今後期待できると思う。

以上機能的展開を中心としたワーク・ステーションの設計に関する1つの重要ポイントについて、事例を中心に説明したが、これは次に述べるワーク・システムの設計方法に基いて行なわれたものである。

Ⅴ ワーク・システム

5.1 ワーク・システムの設計

現状の製造工程系列や職場の中で発見される不具合な点を改善するとか或いは、ある工程の人力を機械力に変換するといったことに対する機能的展開の方法は従来のアプローチに比べ多くの利点をもつ。とりわけ、作業改善から機械化、更に自動化といった省力化のレベルで要求される問題においては特に有効である。

この基本的な考え方は“物的、人的或いは環境などから要求される真の制約を満足し、最も価値の高い製造工程系列を創造する”ことである。具体的には最終製品である“もの”を得るために必要な生産諸要素を最低のコストで投入し、しかもその“もの”に附与されるべき条件を全て満足することができる製造工程系列をつくり出すことである。この場合、問題解決者に与えられる制限は産出すべき“もの”や生産諸要素、諸条件のうちで絶対に守らなければならない真の制約だけに限定される。この考え方は問題解決者に大きな自由度を与えることになり、設計段階における代替案の探索範囲を広くする。また、これは生産諸要素の投入から最終製品の産出までの過程における目的とその手段の追求であり、けっして部分最適化を指向したものではない。それはいろいろな局面の全ゆるレベルを統括、総合し、各サブシステム間に矛盾のない全体最適化をつくり出すことである。

5.2 ワーク・システムの設計に関する実施計画

ワーク・システムの設計は図-4に示すようなI, II, IIIの3つの局面から成り立っている。Iはワーク・システムの設計上最も重要なものである。従来から製造工程の基本現象は加工、停滞、運搬、検査の4つに分類されることはよく知られている。しかし、ワーク・システムの設計においてはこの範囲を表-4のよ

うに定義する

表-4 ワーク・システムの設計に用いる言葉の定義

1. 加工: ワーク・ステーション (WSD)	いくつかの加工工程を含む1つの作業域を1つのステーションとして扱う。
2. 停滞: ストレージ・ステーション (SSD)	原材料、部品、製品の貯蔵や仕掛品などの停滞に関し1区域内に発生する停滞を1つのストレージ・ステーションとして扱う。
3. 運搬: マテリアル・フロー (MFD)	原材料、部品、製品および仕掛品などのワーク・ステーション、ストレージ・ステーション間の移動を扱う。
4. 検査: 保証システム (ASD)	製品の品質、機械設備の性能或は環境条件などの保証を扱う。これはワーク・ステーション、ストレージ・ステーション、マテリアル・フローの個個に対する保証とこれらを統合したワーク・システム全体に対するものとの2つに区分して扱う。

ワーク・システムの設計に当ってはまづIIの順序に従って個々のワーク・ステーションの設計(WSD)を行なう。この場合、個々のステーションは経済的、技術的な制約から質的に異なったものとなるが大体次の形

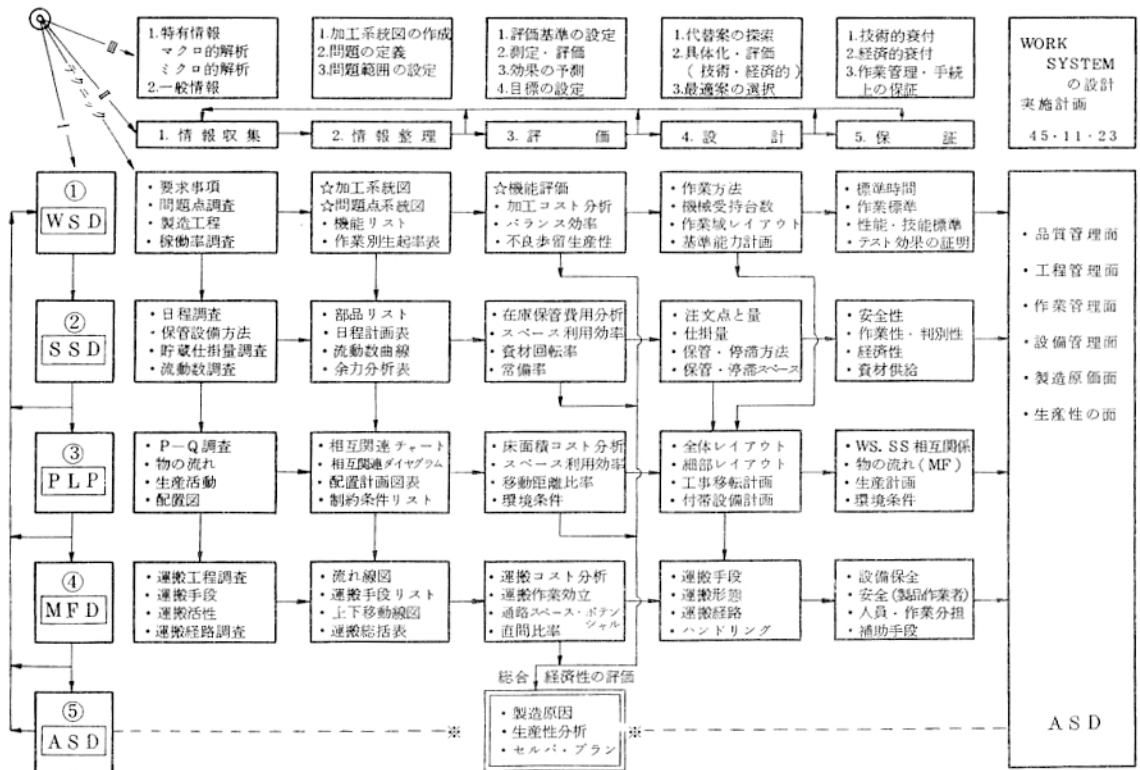


図 - 4

以上述べたようにワーク・システムの設計は3つの基本的な局面で構成されている。ところが実際にこのⅠ、Ⅱ、Ⅲを進めていくためには各局面でどのようなテクニックを用いればよいかということが問題となる。

一般的なテクニックはⅠとⅡに対応する枠の中に・印で示しているが、実際にはプロジェクトの性質により使用すべきテクニックの選択を行わなければならない。

Ⅶ ま と め

以上述べたⅠ Eにおける機能的展開の方法および問題範囲の設定方法はワーク・システムの設計上最も重要な部分であり、かつ、有効な方法である。それはこの方法を適用した場合とそうでない場合の比較を工数節減率で求めればわかる。事実、このケースでも適用した場合は24～67%で平均59%を、適用しない場合は1.7%～50%で平均23%の節減率を示した。実に2.6倍の違いであるがこれは第1案（方法改善）と第2案（機械化）の範囲についての比較である（第3案は自動化）。このように省力化の問題に対する答は3つの形で出されるがその選択を正しく行なえばそれは今後ますます強力に推進しなければならない省力化のために役立つ有効な方法となるであろう。

態のいずれかで設計される。

- 単独作業者
- 単独作業者と単独機械設備
- 単独作業者と複数機械設備
- 複数作業者
- 複数作業者と単独機械設備
- 複数作業者と複数機械設備
- 断続自動機械設備
- 連続自動機械設備

更に質的に異なる点は、現在方法をそのままもってくる場合と作業改善、機械化、自動化といった省力化のあるレベルで改良された上記いずれかの形態をもってくる場合とがある。次に各ストレージ・ステーションの設計（SSD）を行なう。この場合もⅡの順序に従うそして、各ワーク・ステーションおよびストレージ・ステーションが設計された時点で各ステーションを1つ1つの活動単位としてその関連づけをレイアウト（PLP：プラント・レイアウト計画）にて行なう。この場合も当然Ⅱに従って行なう。レイアウト計画が完了した時点で各活動単位を接続するマテリアル・フローの設計（MFD）を行なう。そして、最後にワーク・システムに対する保証システムの設計（ASD）を行なう。この場合も同様Ⅱの順序に従って実施される（ⅢはⅡの各段階での順序を示したものである）。