

TTP 計画と生産管理

添付資料 B IHI の船殻部門における、生産中心作業分解構造の例 (Product Oriented Work Breakdown Structure)

目次：

1. IHI における生産中心作業分解構造の論理と原理
2. 生産的観点からの、作業パッケージ
3. 生産資源 (Resource)
 - 1) 資材、2) 労働力、3) 設備と予算
4. 生産中心作業分解構造での、生産の管理と評価手法
 - 1) 生産における、プロセスのフォローアップ
 - 2) 生産における、効率の評価
 - 3) 系統別での工数評価と、区画別での工数評価との比較の定型

1. IHI における生産中心作業分解構造の論理と原理

日本ではこの 30 年間に、生産中心手法によって造船における生産性が上昇し続けてきた。この「船殻ブロック建造と区画先行艀装」という進んだプロセスは、より高い効率、より短い生産時間、並列作業、そして安全な作業環境を達成する為に、プロセスの合理化と機械化を促進している。

既存の手法（系統別）と進んだ手法（区画別）との大きな違いを、図 1 と図 2 に示す。また、IHI の理論と原理についての、生産中心作業分解構造の適用可能なコンセプトについて述べて行く。

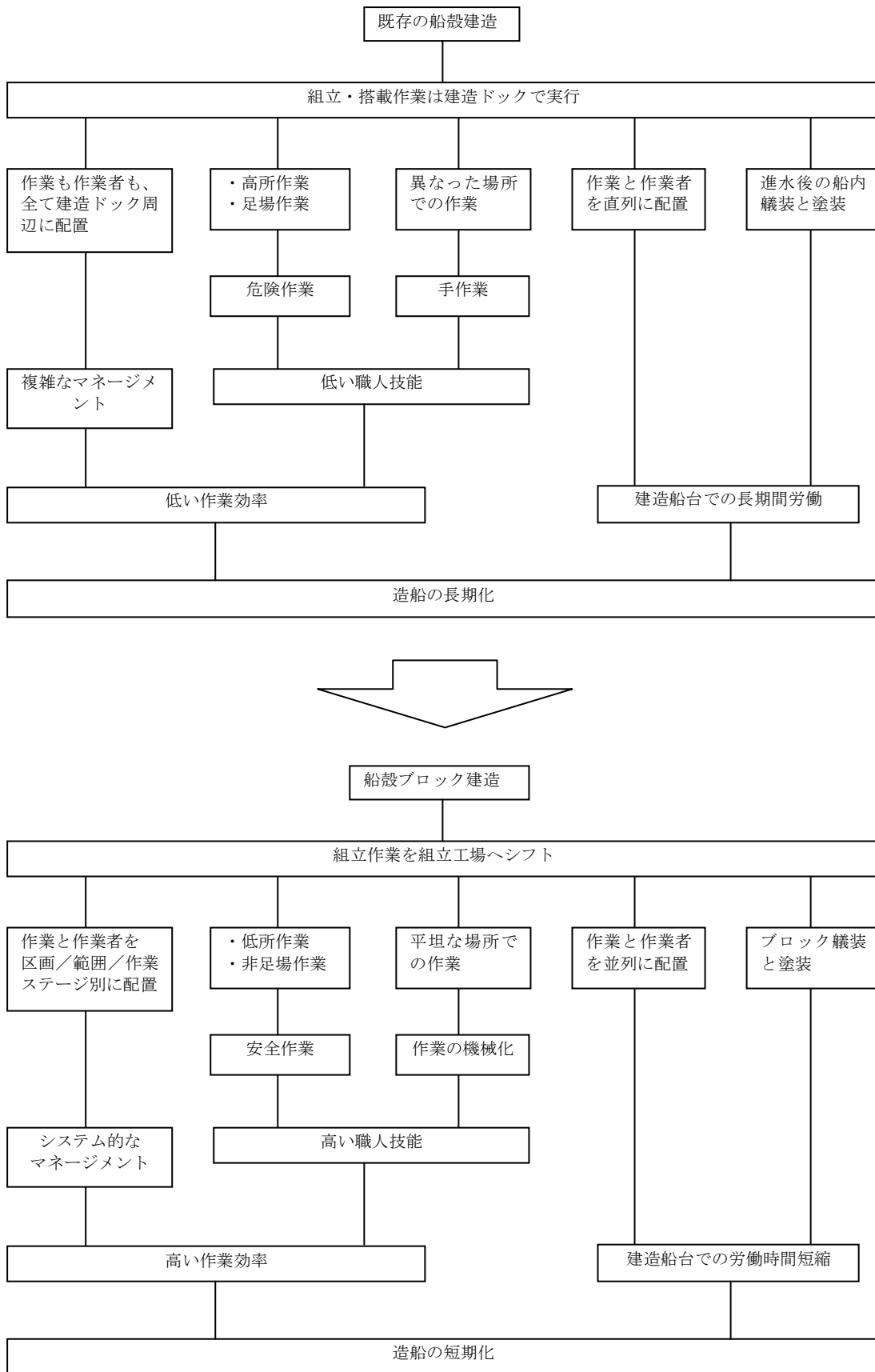


図1 船殻における、既存の造船手法と比較した際の船殻ブロック建造手法の利点

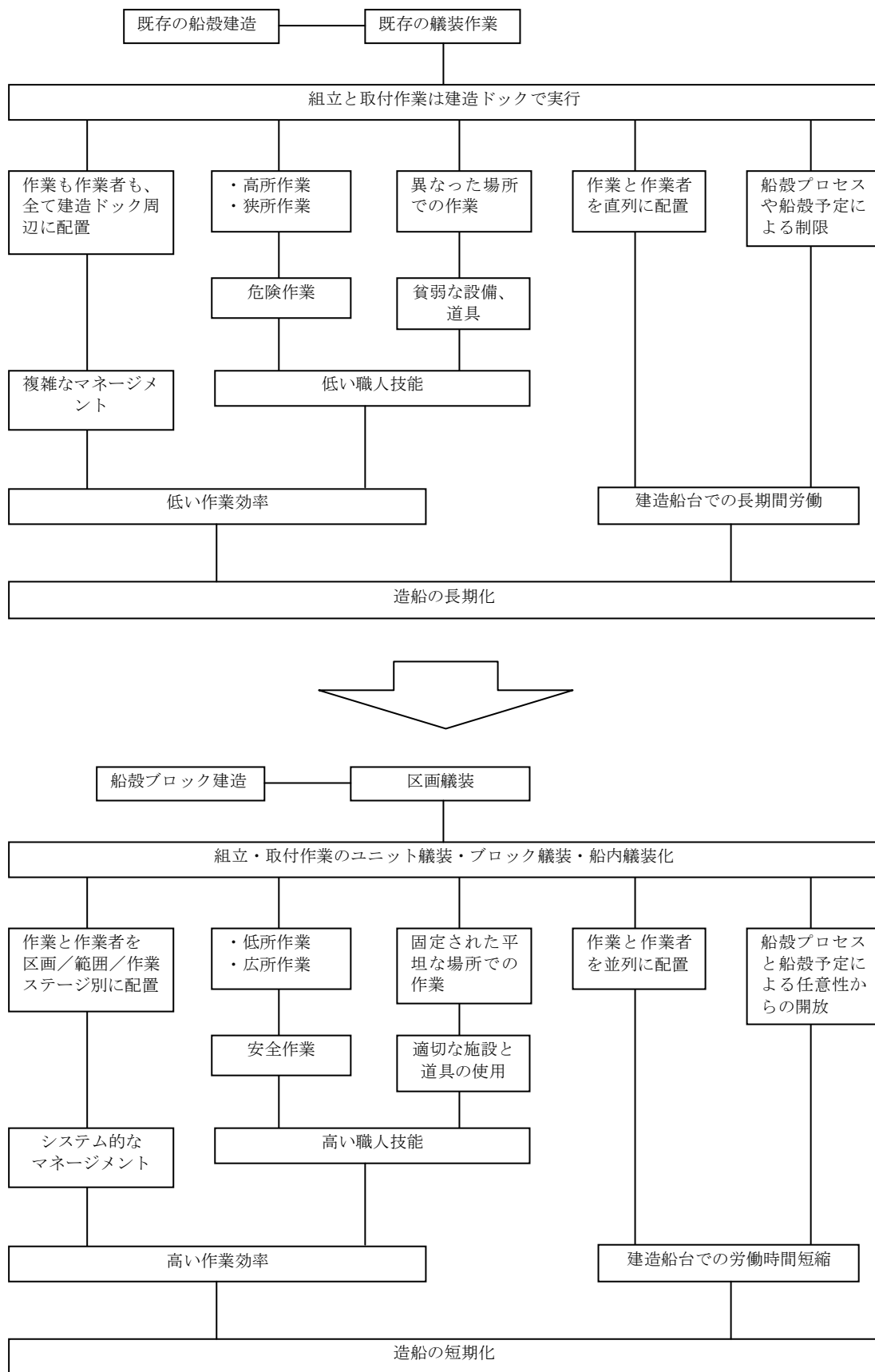


図 2 艀装における、既存の造船手法と比較した際の船殻ブロック建造手法の利点

船の様な大型で部品数の膨大な製品は、船を完成させるために必要となる、加工された部品や購入した部品、それらの組立、ブロック、そしてその他の作業を記述した計画書や図面に沿って、建造されなければならない。これらの要素は中間製品という専門用語で呼ばれており、またこれらのそれぞれが、一つの作業パッケージの目的を持ったものになっている。まず始めに船を、システムの加工や組立が可能な中間製品へと、階層構造的に分解を行っていく事で、生産的な視点を確かなものにする事が可能となるのである。

- ・システム（系統、System）

ロンジバルクヘッド、トランスバースバルクヘッド、繫船システム（?系統）、燃料油サービス系統、電灯系統などの、製品における構造機能もしくは、運用機能

- ・区画（Zone）

カーゴホールドや上部構造物、機関室等のように、製品を空間的に分割したもの。またIHIでは、この区画を作業グループの目的に応じて更に分割して使用している。

- ・ステージ（作業段階?、Stage）

加工、小組、大組（組立）、搭載、モジュール艙装（ユニット艙装）、ブロック艙装、船内艙装、またそれらの子作業等の、作業の連続した生産毎にグループ分けした、生産プロセスの段階。

- ・作業場所（Area）

生産プロセスを、施設などに依存した同じタイプの作業（移動可能か、固定作業か、など）へと分解したもの。中間製品の形状や品質、数や作業プロセスなど（??）

- ・系統と区画（System and Zone）

描かれた製品を中間製品へと分割することを考慮したもの（?）

- ・ステージと範囲（Stage and Area）

中間製品の加工と組立の為のプロセスを示したもの（?）。

形式化された生産フローの合流や分流（confluence and diversion）による進んだプロセスにより、生産リソースの入力の種類によって、最適な生産性をもたらされている。

- ・ 資材（Material）

鋼板や機器、電線、オイルといった、直接的もしくは間接的に生産に用いられるもの

- ・ 労働力（Manpower）

溶接手やガス切断手、取付、仕上げ、艀装員（rigger）、資材運搬・配置といった、直接的もしくは間接的に生産に投入される人員

- ・ 設備（Facilities）

建物やドック、工作機械、装備、道具などの、直接的もしくは間接的に、生産に役立てられているもの

- ・ 経費（Expenses）

設計や輸送、海上試験、式典などの、直接的もしくは間接的に、生産に支払われている費用

生産的立場で製品を中間製品に分割したり、もしくはそれらをまとめたりすることで進められる作業パッケージの作成は、その作業パッケージの最適性を判断する評価基準の下で行わなければならない。評価の為の計測単位は、以下の様な生産価値を統合したものとなる。

- ・ 時間（Time）

生産的立場で分割された作業パッケージに対して割当られた作業時間

- ・ 量（Quantity）

中間製品を製作する為に、作業パッケージに対して与えられる生産リソースの量

- ・ 品質（Quality）

生産的立場と生産リソースとによって創造される作業パッケージの品質

其々の中間製品は、生産リソースの独特な組み合わせによって作成される。生産中心作業分割構造（Production Oriented Work Breakdown Structure）をより一層理解する為、図3と図4とでこの3次元的关系を説明している。

第一次元である「作業の種類」(Type of Work) は、他の2つの次元とは、図4内の表のような関係を持っている。第二次元の「生産リソース軸」(Product Resources Axis) と第三次元の「生産面」(Product Aspects) とは、生産中心検討の為に必要な残りの条件である。図3の各要素は、次元間での作業分割の関係を表している。例えば、立方体の中の上の手前にある濃く塗られた要素は、資材(Xi)次元と関係している組立中の塗装作業(Pa)と、それらの状態による要素を表している。図3の中の濃く塗られた第1階層(Hf)と第4階層(Fa)は、例として図4内で表にまとめている。

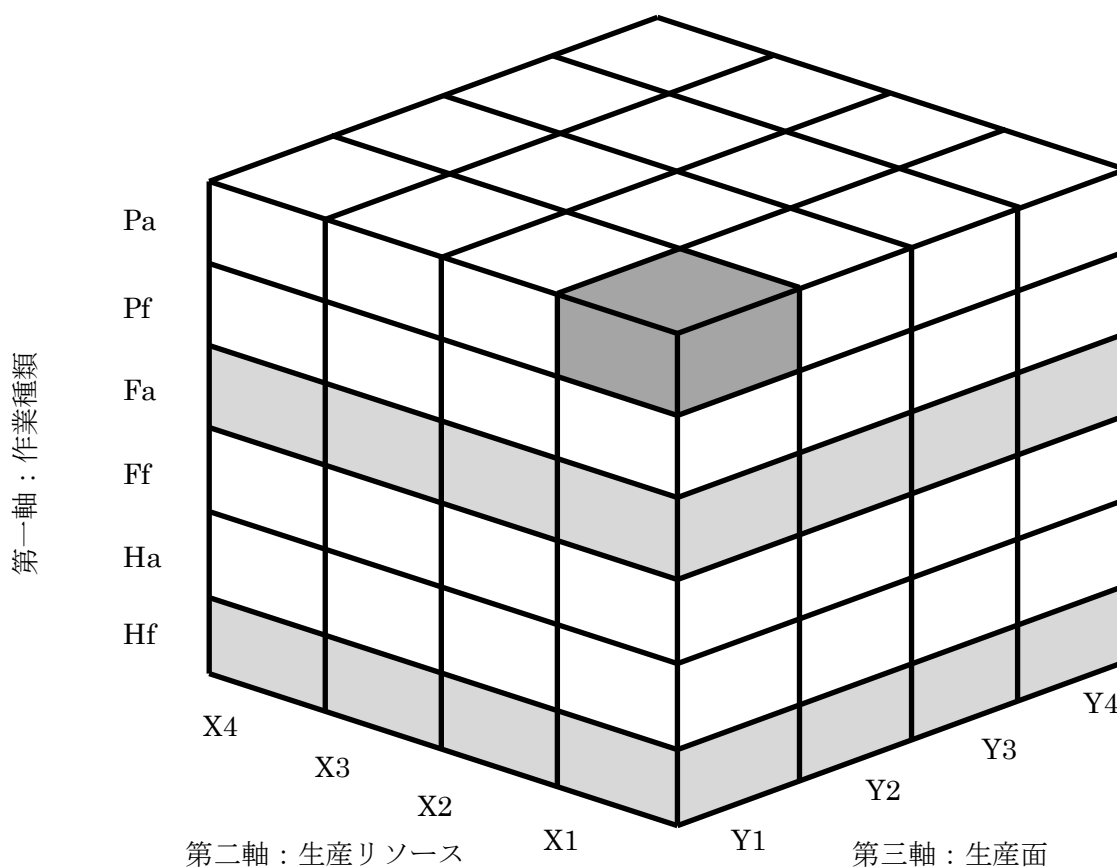


図3 生産中心作業分割構造の三次元的状態

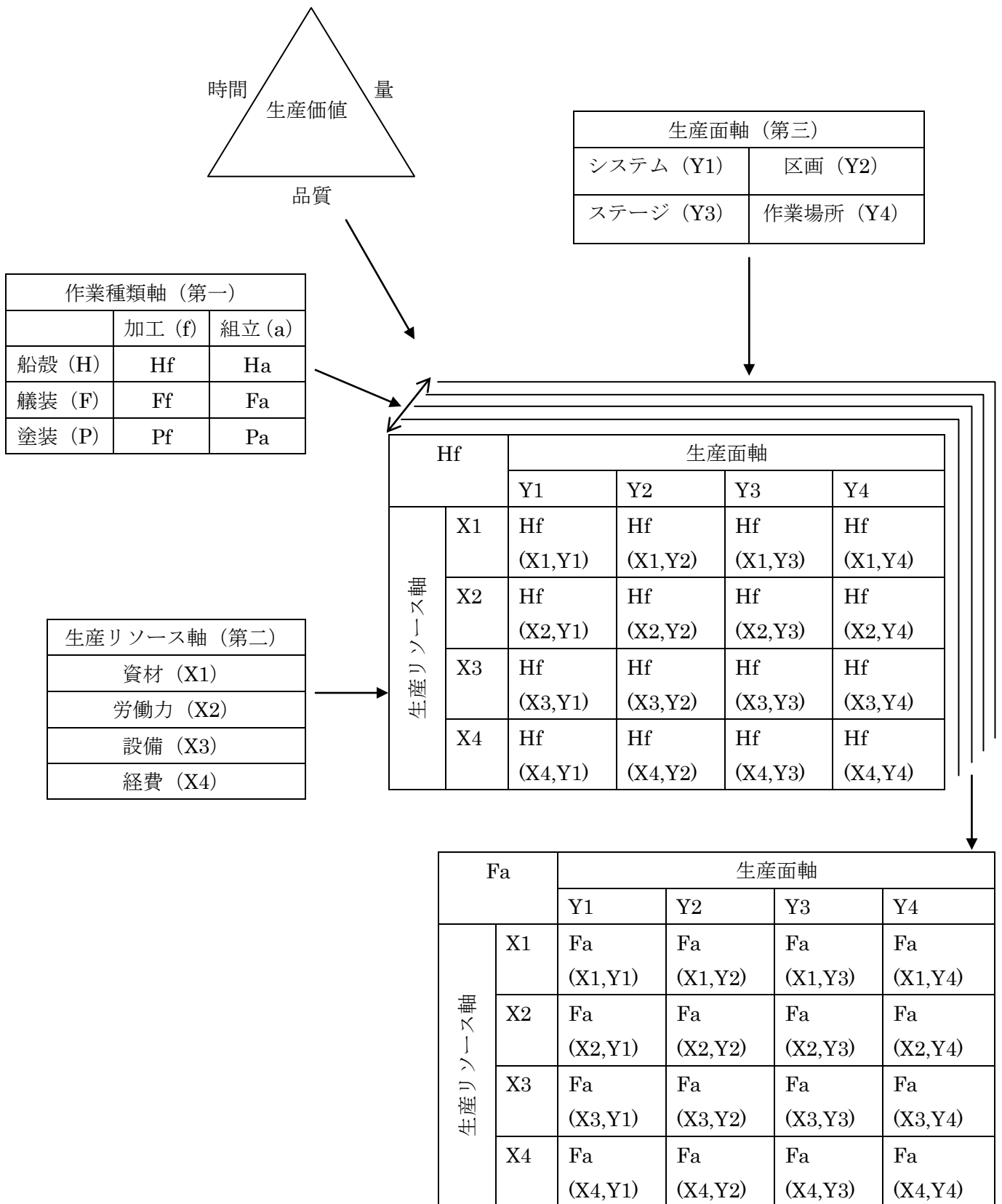


図4 三次元構成での生産中心作業分割構造の要素

生産中心検討において、作業パッケージは理論上、4つの面から作成する事が可能である。各リソースはグループにまとめられてそれぞれの作業パッケージへと割り当てられるが、コスト計算や予定作成システムの単純化といったバランスの最適化を考慮し、幾つかのリソースはグループ化の際に削除されたりコンセプトを変更させられる。

図4の中で、生産価値は三角形として描かれているが、これは要素の中において其々の生産価値がバランスを取らなければならない事を示している。

各要素は、生産価値の関数として、品質的に定式化されている。

$$E = f(v)$$

E:要素、v:生産価値

図5は、作業パッケージの評価フローと生産面の理論的組み合わせを表現している。また図内の長方形の箱は上記の定式によって実行されるメリット・デメリットのの評価を示している。

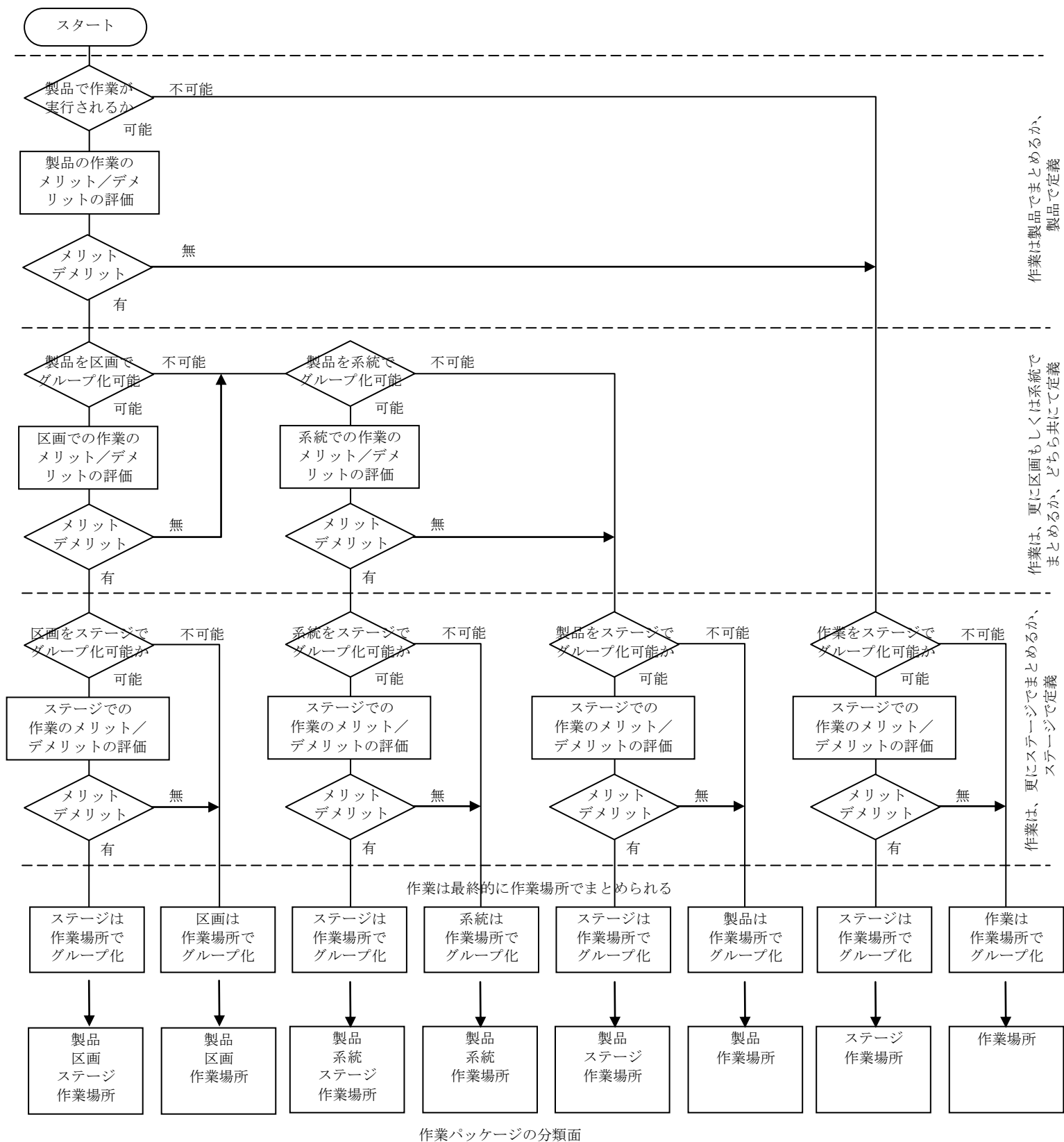


図5 生産面による作業パッケージの作成決定ロジック

こうした各面やリソースは、通常、評価と生産のように、お互いに矛盾した関係を持っている。生産中心作業分割構造は、評価において従来の系統中心を、また生産において革新的な区画中心をとる事で、進んだ造船プロセスを実現している。図6にあるような、設計評価 (Estimating)、エンジニアリング (Engineering) と計画 (Planning)、予定作成 (Scheduling)、生産 (Producing) そして清算的評価 (Accounting) という機能同士の繋がりは、(系統中心と区画中心とが) お互いに入れ替わるようになっていなければならない。それにより、エンジニアリングと計画の最中に、系統中心的設計から区画中心的設計へと作業分割構造の変質が実行され、また清算的評価の為の区画中心データは設計評価の為の系統中心データへと変換されるのである。

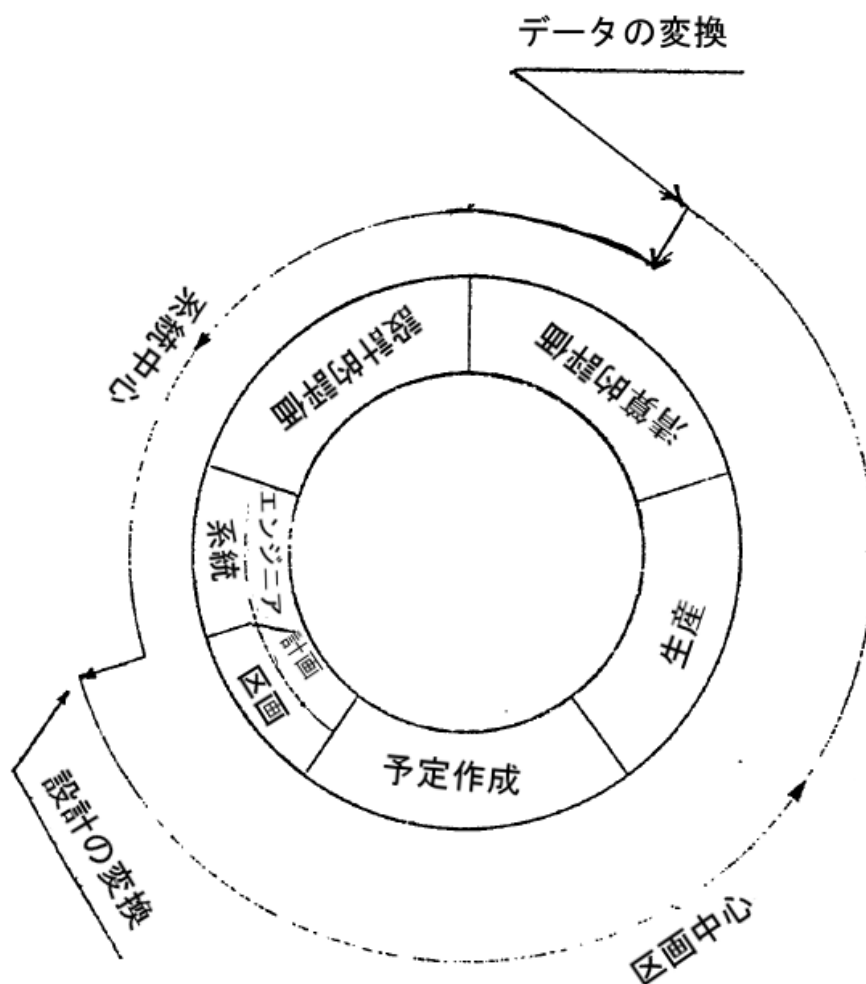


図6 設計→生産→設計へのサイクル

設計での、系統中心から区画中心への変換の流れは、図 7 に示された通りである。船全体の系統設計は、系統図と MLS（系統別資材表）で構成される何百という系統へと分割される。分割された系統は区画配置へと転換され、全ての系統が分割された区画のいずれかへと割り当てられる。そして、この配置を基にして取付図と MLF（艤装資材表）が作成され、更にそれを基にして MLP（管部品製作資材表）と MLC（艤装品製作資材表）が作られる。取付図とその後に来る物（? afterward）は区画/作業場所/ステージを考慮して作成を行う。このようにして、エンジニアリングと計画作業（planning）において区画は、船殻部品や艤装品といった最小レベルに至るまで分割されるのである。

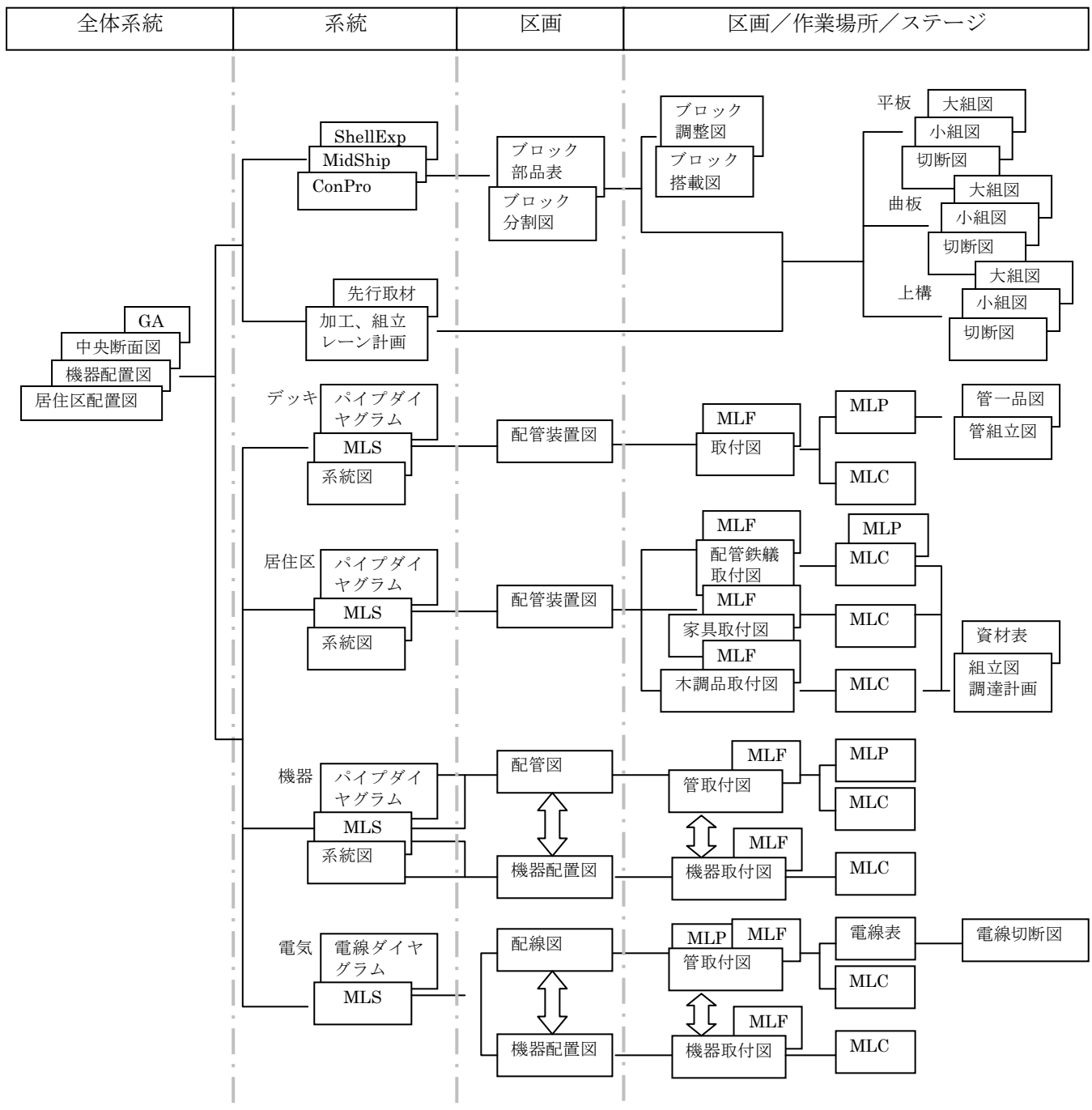


図 7 生産中心作業分割構造における、作業パッケージ作成の設計プロセス

エンジニアリングと計画作業の後、加工や製造、調達された部品や機器類は、段階的に組み立てられ、取り付けられ、搭載され、船の区画となる。図8はこの製造プロセスの概要と、区画/作業場所/ステージによってまとめられた造船の作業パッケージとを示したものである。

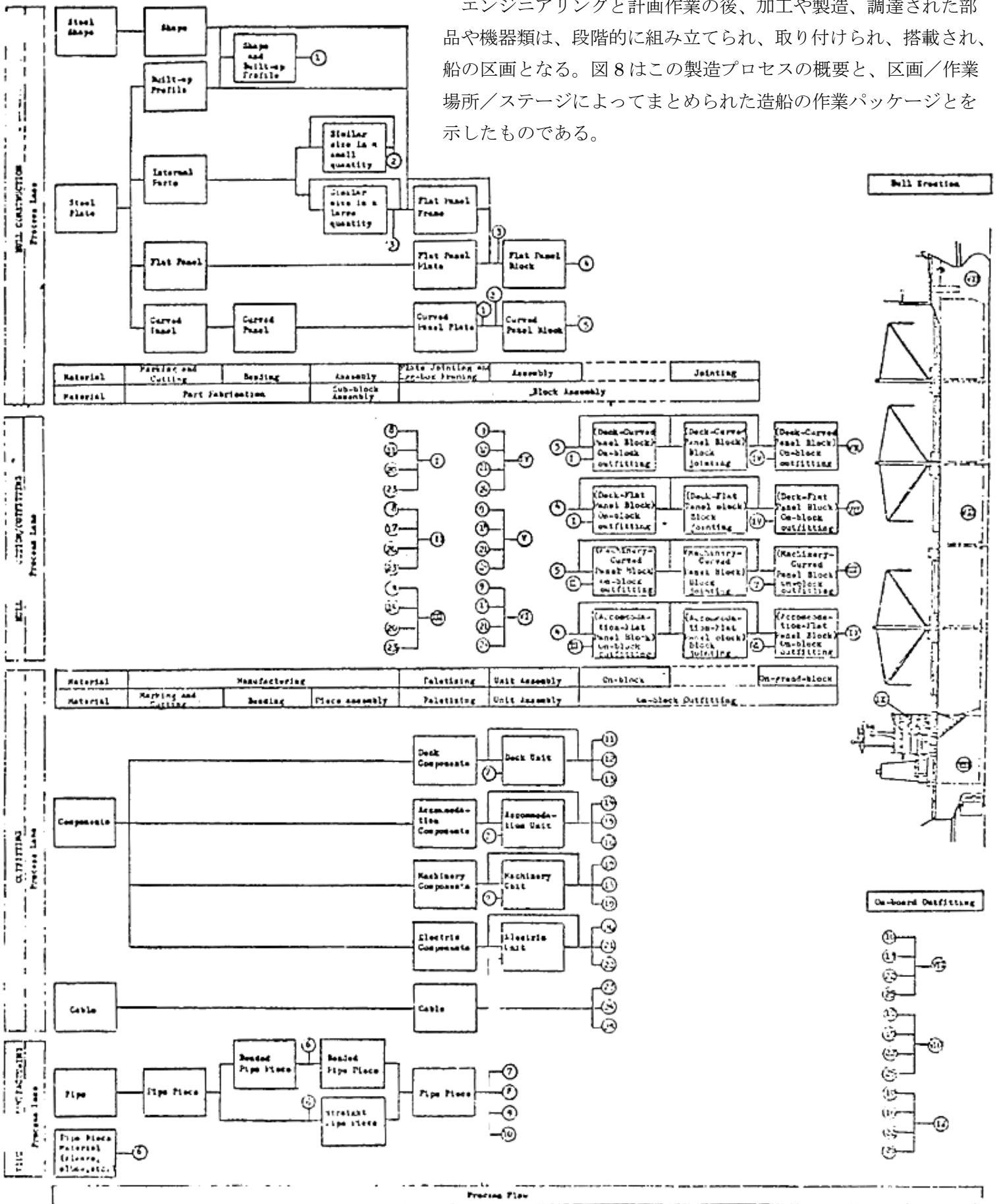


図8 生産中心作業分割構造における、船殻と艙装の統合された作業プロセス

2. 船殻の為の作業パッケージ

IHI で採用されている造船プロセスにおける作業パッケージ作成の論理と原理とは、当社 (LSCO 社) においても適用可能であると自信を持って提案できる。

図 1 に示した通り、船殻ブロックは、船殻ブロック建造手法によるメリットを確保する為の重要な区画 (ZONE) であり、図 9 にあるような船殻建造階層構造を持つ生産中心作業分割の構造化に必要なだけでなく、区画による先行艤装手法の促進にもなっている。

船殻ブロックは、造船における生産中心作業分割構造の重要な目的である。

船殻ブロックは船殻を最適な大きさに分割した、一つの区画であり、板やロンジ、中間製品 (小組等) によって構成された厳密な組立物である。

分割は、以下の様な条件の下で行われる：

- ・ブロック組立という目的においては、ブロックは同一の作業場所 (AREA) で行われる作業グループの数と作業時間のバラつきとを最小にするように分割を行う。
- ・ブロック搭載という目的においては、搭載作業が最小になり、またサポートや補強といったものが無くとも安定した状態を保つように分割を行う。
- ・ブロック艤装という目的においては、最大の空間を確保できるよう分割を行う。

まず最初は、体積、重量、形状等の下で「船殻をどのようにブロックへと分割するか」を考えなければならない。また、これらの特徴における類似性は、部品の加工からブロック搭載に至るまでの各レベルを通して処理される船殻ブロックの分類に使用する唯一の基本的な要素でなければならない。

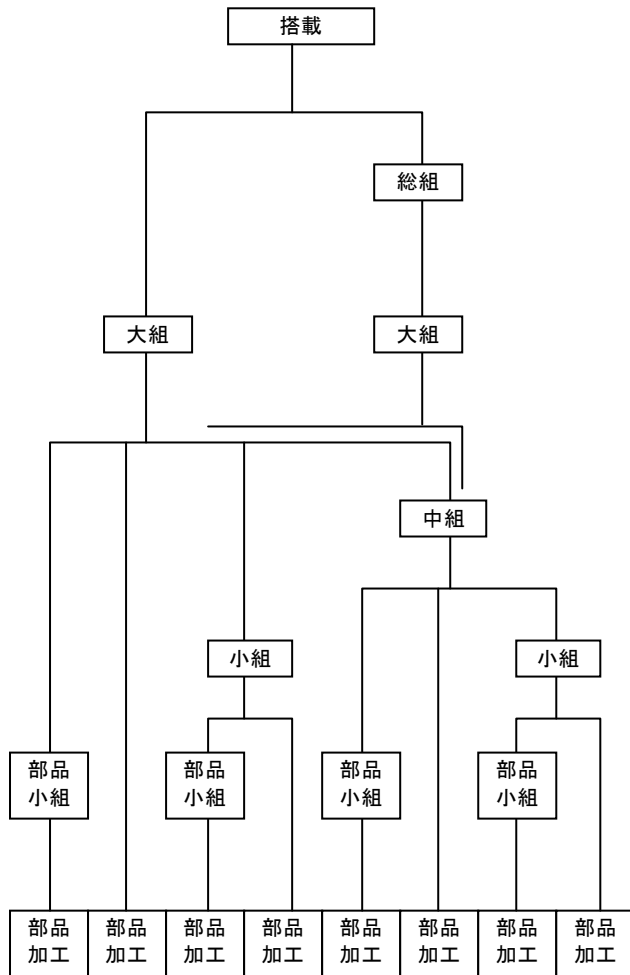
ブロック組立以下のレベルにおける作業分割の論理と原理は、次のような利点がある：

- ・上向き溶接や正面溶接といった困難な溶接を下向きへと変換することで、全体での合計作業時間を削減することができる
- ・ブロック組立レベルからその下のレベルへと作業を前倒しする事で、各作業レベルでのそれぞれの作業時間のバランスを取ることができる。

船殻から船殻ブロックへの作業分割の理論と原理の目的は、ドックでの建造時間の短縮にあるので、総組ブロック (grand-block) のように、ブロック組立 (大組) と搭載との間

に中間的な作業レベルを挿入する事で、船殻ブロック単体の場合よりも、船殻ブロック的見地からより大きな満足を得る事が出来る。

こうした生産中心作業分割構造は、図9のように表わす事が出来る。



		詳細な生産面				IHIコード			
区画	作業場所			ステージ		区	場	ス	
船	船首部	荷室	機関室	船尾部	試験				
					搭載				
大組 (組立)	船	平板	曲板	上部構造物	搭載前作業	無し			
					ブロック接合	無し			
	無し	平板	半平板	曲板	特殊曲板	上部構造物	ブロック組立	無し	
							組立		
		卵箱フレーム		無し					
		板接合		無し					
	大量の同一サイズ部材	少量の同一サイズ部材	ブロック組立		無し				
			組立						
			板接合		無し				
			反転		無し				
小組	部品	前組立	部品組立	T-bar 等	組立				
					曲げ	無し			
					組立	無し			
					板接合	無し			
部品	板材 (外板)	板材 (内構)	型鋼	その他	組立				
					曲げ	無し			
					罫書と切断				
		板接合		無し					

図9 生産中心作業分割構造における、船殻建造

次の 7 つの階層で構成されている：

- ・ 部品加工 (Part Fabrication)
- ・ 部品小組 (Part Sub-Assembly)
- ・ 小組 (Sub-Assembly)
- ・ 中組 (Component Assembly)
- ・ 大組 (Block Assembly)
- ・ 総組 (Grand-Block Joining)
- ・ 搭載 (Hull Construction (Erection))

各階層での作業パッケージを成す特異な共通性は、生産面 (Product Aspects : 系統 / 区画 / 作業場所 / ステージ) を通して見出すことができる。

作業パッケージを単純化・グループ化することで、以下の事が可能となる：

- ・ 中間製品の生産プロセスのモジュール化
- ・ 効率の高い設備投資
- ・ 労働力の節約と平準化

図 9 の「詳細な生産面」という表の水平方向の各コンセプトの組み合わせは、各階層のプロセスに必要な十分な作業パッケージの種類を表している。表の縦方向の、船殻建造プロセスフローの各プロセスレーンでの作業パッケージ構造の組み合わせは、図 8 に示されている。作業パッケージには、生産リソースの各入力項目がそれぞれ割り当てられている。

作業パッケージの大きさは、リソースを考慮した生産性の価値観において最適なものとなっている。作業範囲のグループの大小については、それぞれの階層での価値観において最適化されている。

高い生産性は、生産面によってグループ化された作業パッケージを基礎として、十分にバランスの取れた計画と予定とによって達成される。

各階層における生産面による作業パッケージのグループ化というアプローチについては、図 9 を参照しつつ、以下に述べて行く。

(1) 部品加工 (Part Fabrication, Material Preparation)

部品加工は船殻建造の最初の階層で、ブロック部品の加工を行い、区画はこれ以上分割できない。

この階層における作業場所は、以下にグループ分けされる：

- 外板用の平板部材
- 内構用の平板部材
- 内構用の型钢部材
- その他 (パイプ、条材、等)

この作業場所のグループ分けの原理は、材料素材と、加工プロセスと加工設備のグループに依存する仕上がり形状との組み合わせである。

更に、区画と作業場所とで種類と大きさでグループ化されているのと同様に、ステージ別に部品加工についてグループ化されている：

- 板継を行うかどうか (素材としての板継?)
- 野書と切断
- 板曲げを行うかどうか

言い換えるならば、区画と作業場所とでグループ化された部材は、これらのステージにおいて加工される。

例えば、内構板部材であるフェースプレートは、他の同一グループ部材と一緒に板材上に野書かれ、NC 切断機によって切断される。そして必要であれば、一緒に切断された他の部材と共にベンダーで曲げる事により、プレス治具の再配置作業を短縮する。こうしたフェースプレートは、曲げてあっても曲げて無くても、これに続く階層の各作業パッケージへと各ブロック別にグループ分けされ、次のプロセスへと送られるのである。

(2) 部品小組 (前小組) Part Assembly (Pre Subassembly)

部品小組は船殻建造における第二階層であり、ロンジやスティフナーなどの組み上げ部品や、スティフナーやブラケットなどの組立部品の組立を行う。この階層の区画は、小組というよりもむしろ部品に近い物として考えられている。その為、上記の 2 つの例と小組とを混在させる事は、小組の作業パッケージの均質化にとって好ましくない。

この階層における作業場所は、次の 2 つにグループ分けされる：

- ・ 組み上げ部材 (Built-Up Part)

T 型や L 型のビルトアップスティフナーなどの、組み上げられた後に小組や大組に部品として取り付けられるもの

- ・ 前小組 (Pre-subassembly)

フラットバーもしくはフェースプレートが取り付けられたブラケットのような、小組前に組み立てられる各種のもの

ステージのグループ分けは以下の通り出る：

- ・ 板継を行うか行わないか
- ・ 組立
- ・ 曲げを行うか行わないか

(3) 小組 (Subassembly)

小組は船殻建造の 3 番目の階層であり、内構構成物の組立を行う。小組は一般的に、他の幾つもの部品や組み上げ部材などと共に組み立てられる事で内部構造の主要な部分を為す区画であり、後で船殻ブロックのベース板へと取り付けられる。

この階層の作業範囲は、平坦な二次元形状へとグループ分けされる：

- ・ 大型のトランスフレームやガーダー、フロア等の、大量の似通った形状のもの
- ・ 少量の似通った形状のもの

一つ目のグループの小组は、コンベアーなどの適当な施設を用いたレーンをサイズ毎に割り当てる事で、大量生産が可能である。2 つ目のグループの小组は、種類が多すぎるために大量生産は不可能で、一つ一つ組み立てて行くしかない。小组の 1 部品毎の作業時間は均一化できない。

ステージグループは次の通りである。

- ・ 組立
- ・ 反転するかしないか

(4) 中組、大組、総組 (Component and Block Assembly, and Grand Block Joining)

ブロックの組立は船殻建造の重要な区画であり、次の3つの階層に分割される：

- ・ 中組 (Component Assembly)
- ・ 大組 (Block Assembly)
- ・ 総組 (Grand Block Assembly)

分割は、作業場所とステージによる作業パッケージの、概念的なグループ分けによって行われる。

中組は、ベース板の置かれている主要なブロック組立場所から離れた、ブロックの部分的な作業場所で行われる組立であり、これによって一度にブロックを組み立てた場合よりも困難な作業を低減する。中組された構成物は、ブロック搭載前にブロックに組み入れられる。

総組は、ブロック搭載前に少数の船殻ブロックを事前に合体するものであり、次に挙げるような目的がある：

- ・ 船台上での搭載作業の時間を短縮する
- ・ 搭載の際により安定した形状にする
- ・ ブロック艤装や塗装の為に、より大きくする

1つ目は、ブロック搭載の範囲に入るが、組立工場では搭載前組立と呼ばれており、2つ目と3つ目はどちらかと言うと大組の範囲である。その為、この階層の区画は図9にあるように、ブロックと船全体の範囲にある。

中組階層の作業場所は、小組の為の区別と同じ概念でグループ分けされる。殆どの中組はブロックよりもかなり小さく、また平面的な形状であるため、内業工場 (subassembly yard) で組み立てられる。その為、中組を大組からわざわざ区別しているのである。

中組のステージは、小組のそれに近い。小型の船の場合には、中組階層は小組もしくは(外板の)半平板組立 (semi-flat panel assembly) へとグループ分けされる。

大組階層での作業場所は、次のようにグループ分けされている：

- ・ 平板
- ・ 半平板
- ・ 曲板
- ・ 特殊曲板

- ・ 上部構造

このグループ化は、大組のベース板として使用される板の形状によって行われている。

グループは組立定盤（assembly slab）の配置によって変化する。平板と半平板、上部構造物のブロックは、各プロセスライン上で組立可能だが、曲板と特殊曲板ブロックはそこでは組立は不可能である。少量のブロックの生産の場合には、上記よりも種類が少なくなる。

大組におけるステージのグループは次の通りである：

- ・ 板継を行うか否か
- ・ 卵箱フレームを作成するか否か
- ・ 組立
- ・ 反転を行うか否か

この階層の組立ステージでは、下位階層の内部構造と構成物をベース板に組み上げて行く。ベース板とそれに付属する内部構造の組立プロセスは、ベース板上の骨組み構造の種類によってグループ分けされている：

- ・ 卵箱内部構造（Egg-Boxed Internal Structure）
- ・ 平行溶接機で溶接される平行なロンジ構造
- ・ ロンジと小組とが同時に配置されるもの
- ・ その他

総組階層での作業場所は、次の通りである：

- ・ 平板
- ・ 曲板
- ・ 上部構造物

ここでは3種類しかないが、これはブロック数が少ないのと、ブロックそのものが大型であるからである。

この階層でのステージは次の2つである：

- ・ 合体するか否か
- ・ 搭載前組立（？ Pre-Erection）を行うか否か

(5) ブロック搭載 (Block Erection)

ブロック搭載は、造船における船殻組立の最終階層であり、全体的な区画となっている。

この階層の作業場所は、次のように分けられている：

- ・ 船首部
- ・ 荷室 (カーゴホールド)
- ・ 機関室
- ・ 船尾部
- ・ 上部構造物

ステージは、以下の簡単なものである：

- ・ 搭載
- ・ 試験

この階層の試験は、タンク試験などのように、区画については搭載ステージからは独立しており、他の階層での検査や試験と比べると作業パッケージの大きさにおいて区別される。これらの (他の階層での) 試験は、中間製品の各完成時に実行される各階層の仕上げ作業パッケージと、それぞれ個別に関係付けられている。

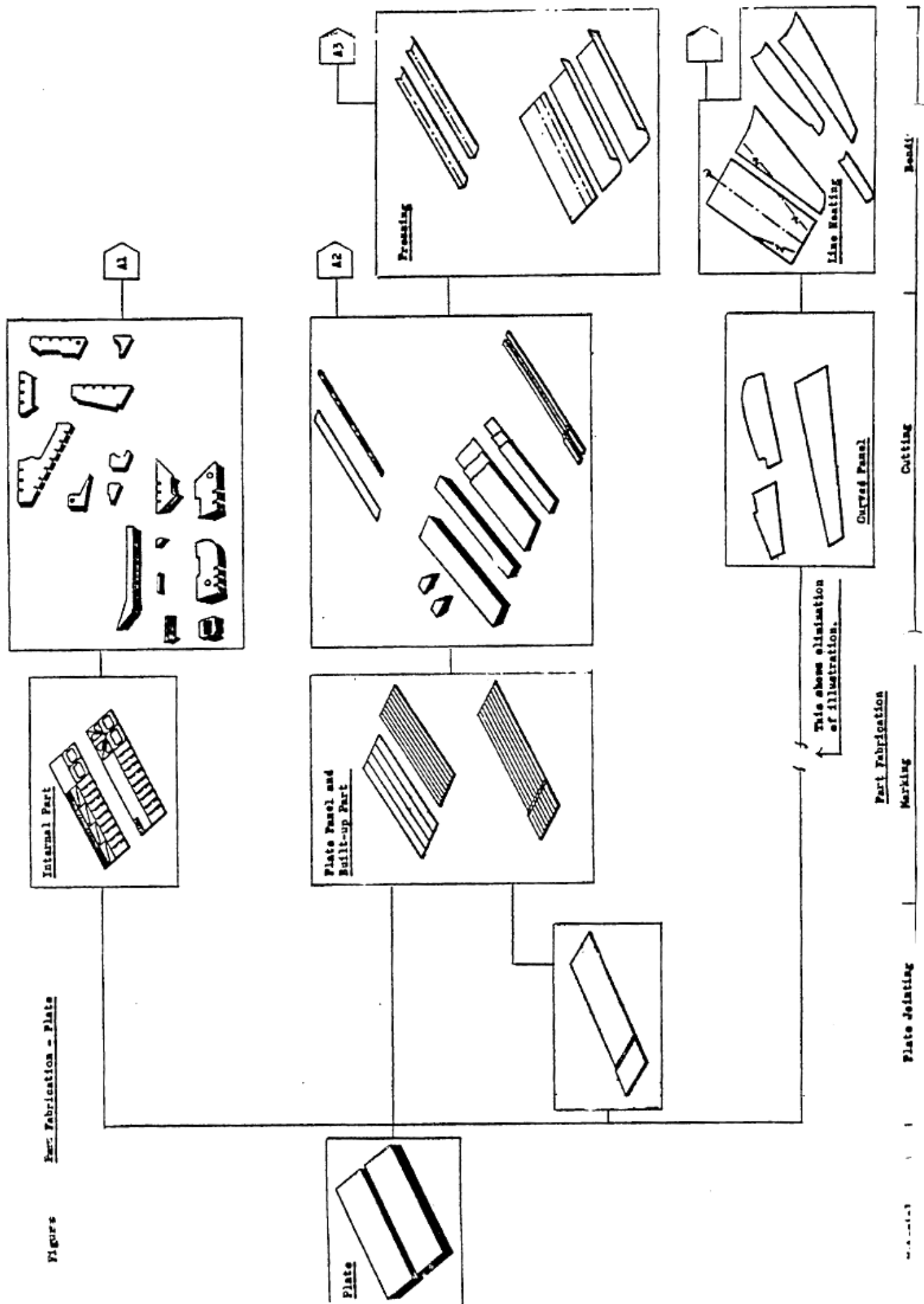


図 板材の部品加工

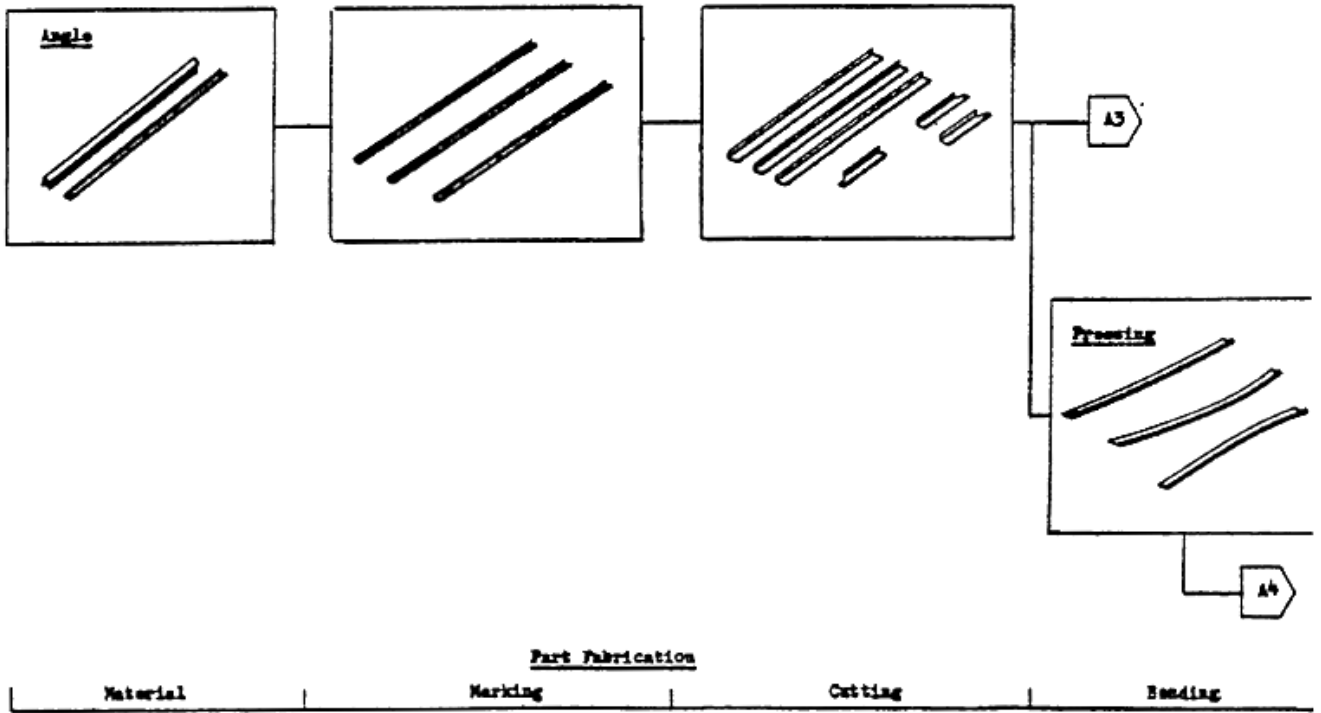


図 型鋼の部品加工

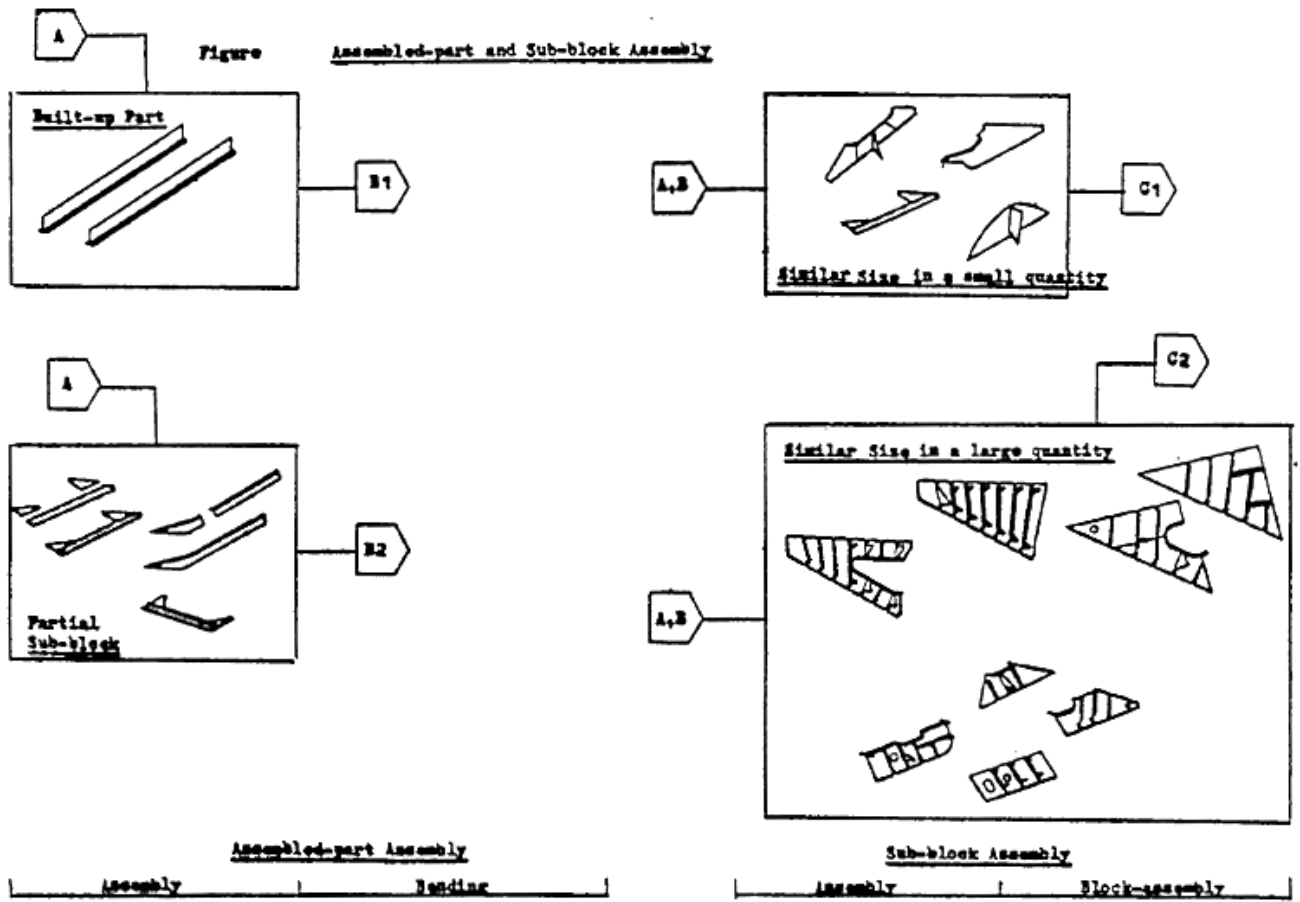


図 組立部材と小組

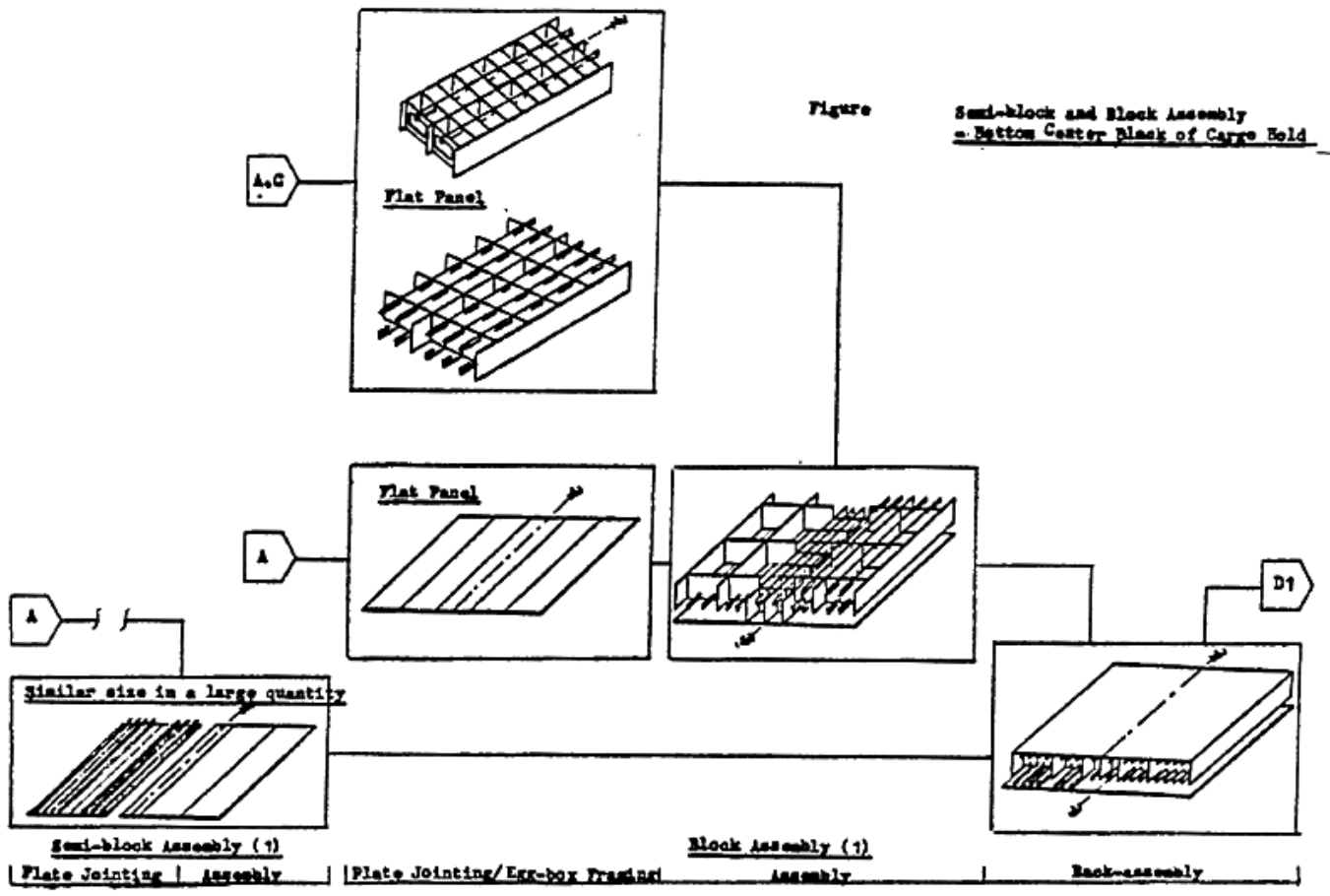


図 カーゴホールド二重底での中組と大組

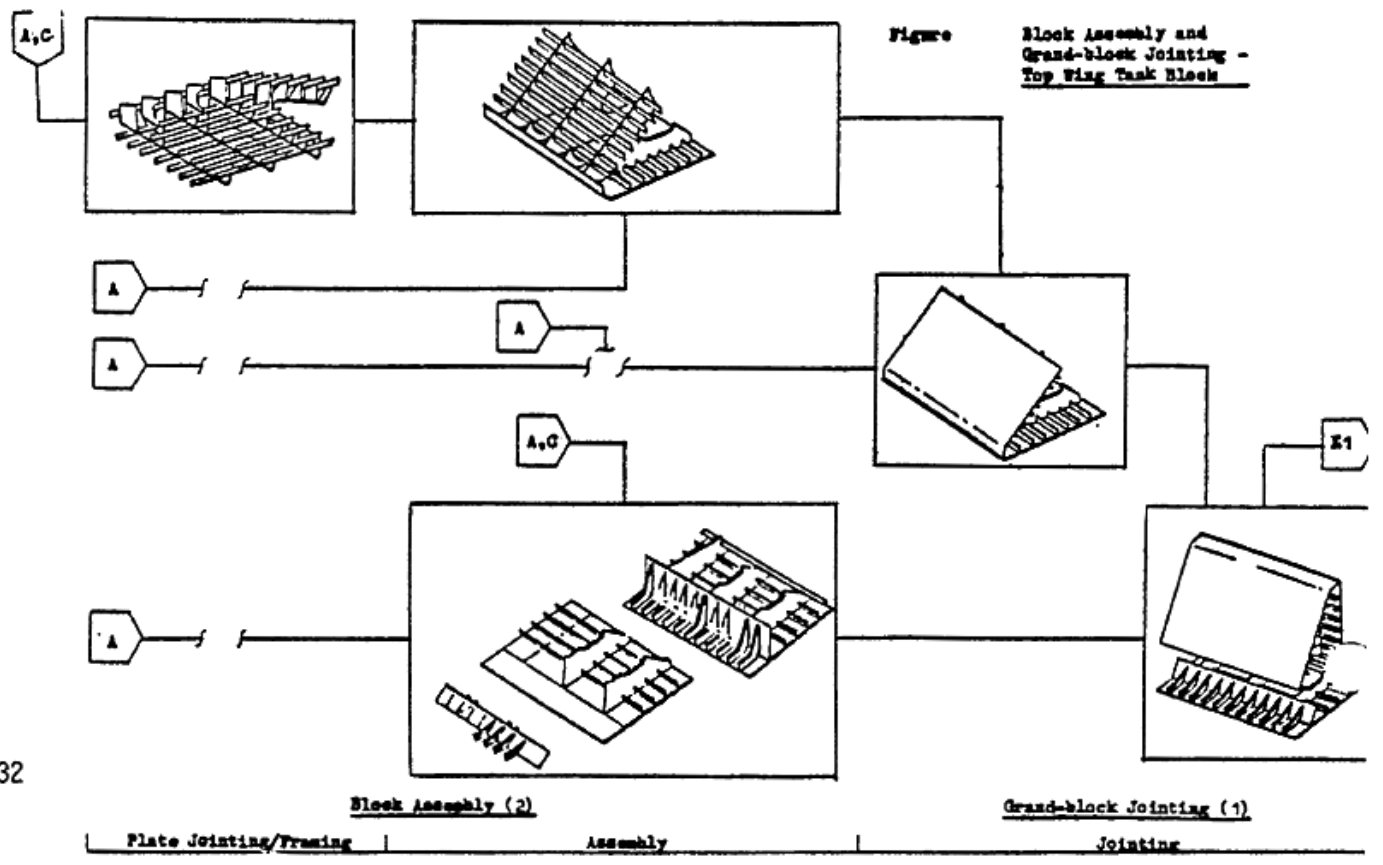


図 トップサイドタンクブロックの大組と総組

Figure Block Assembly and Grand-block Jointing - Cant Block

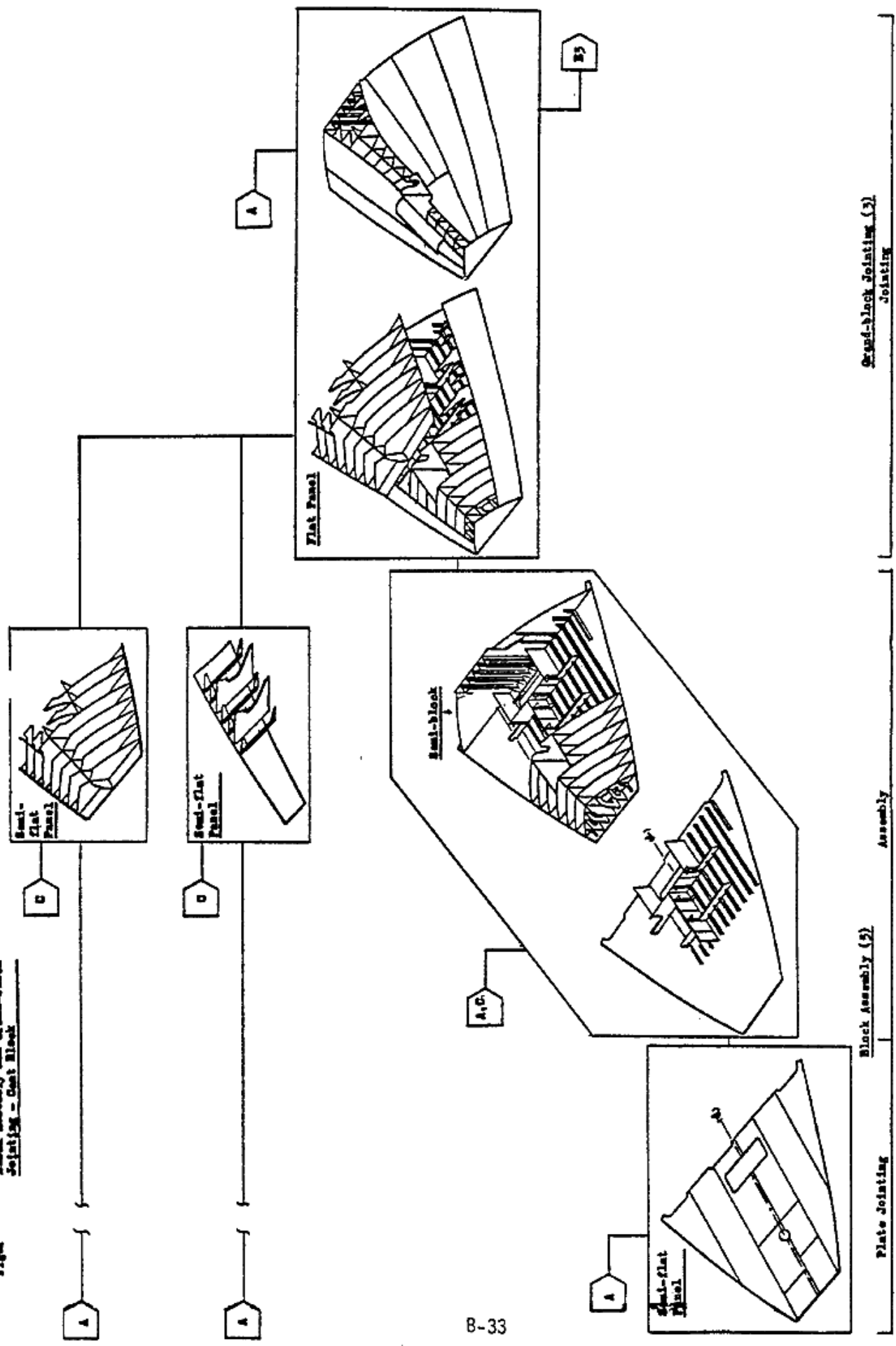


図 船尾ブロックの大組と総組

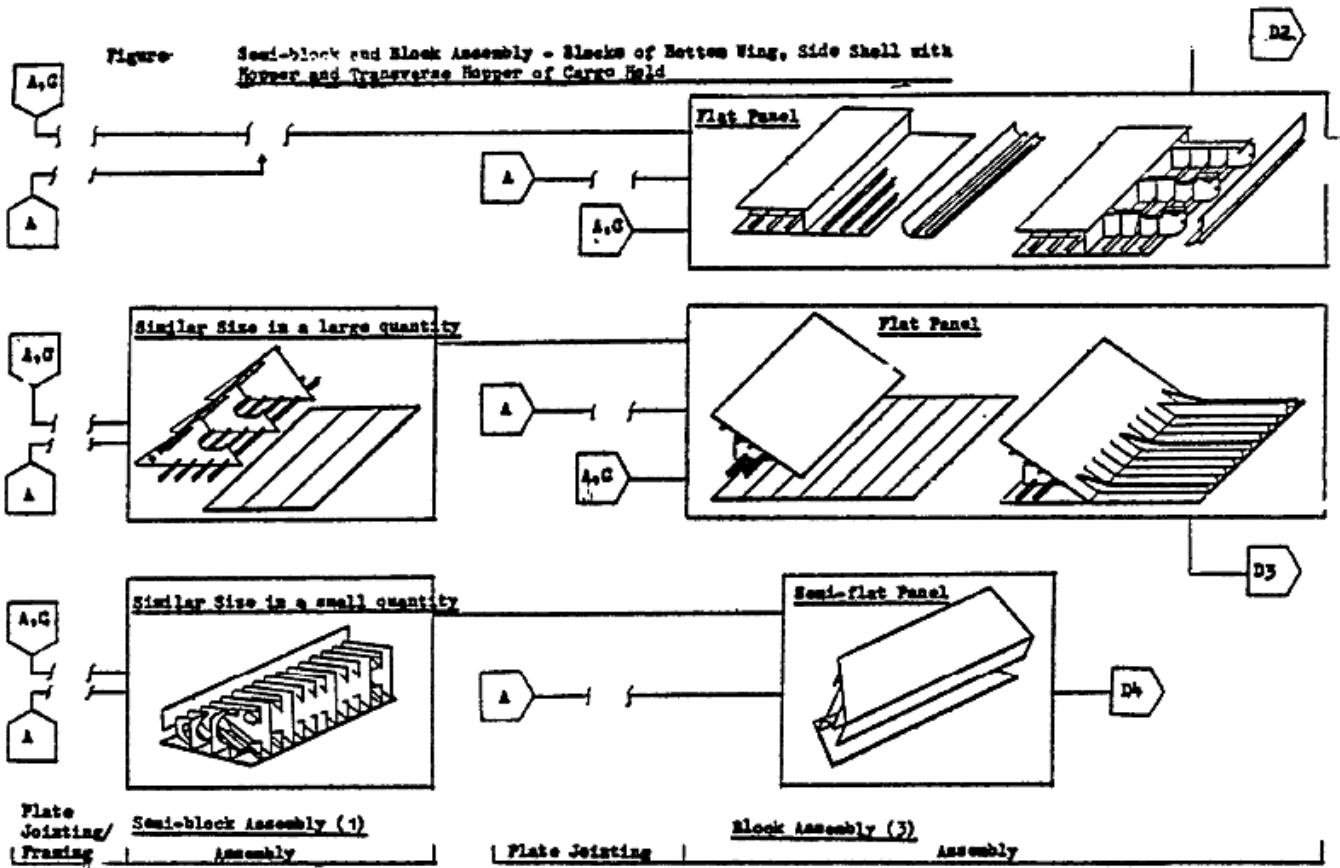


図 カーゴホールドのサイド部ブロックの中組と大組

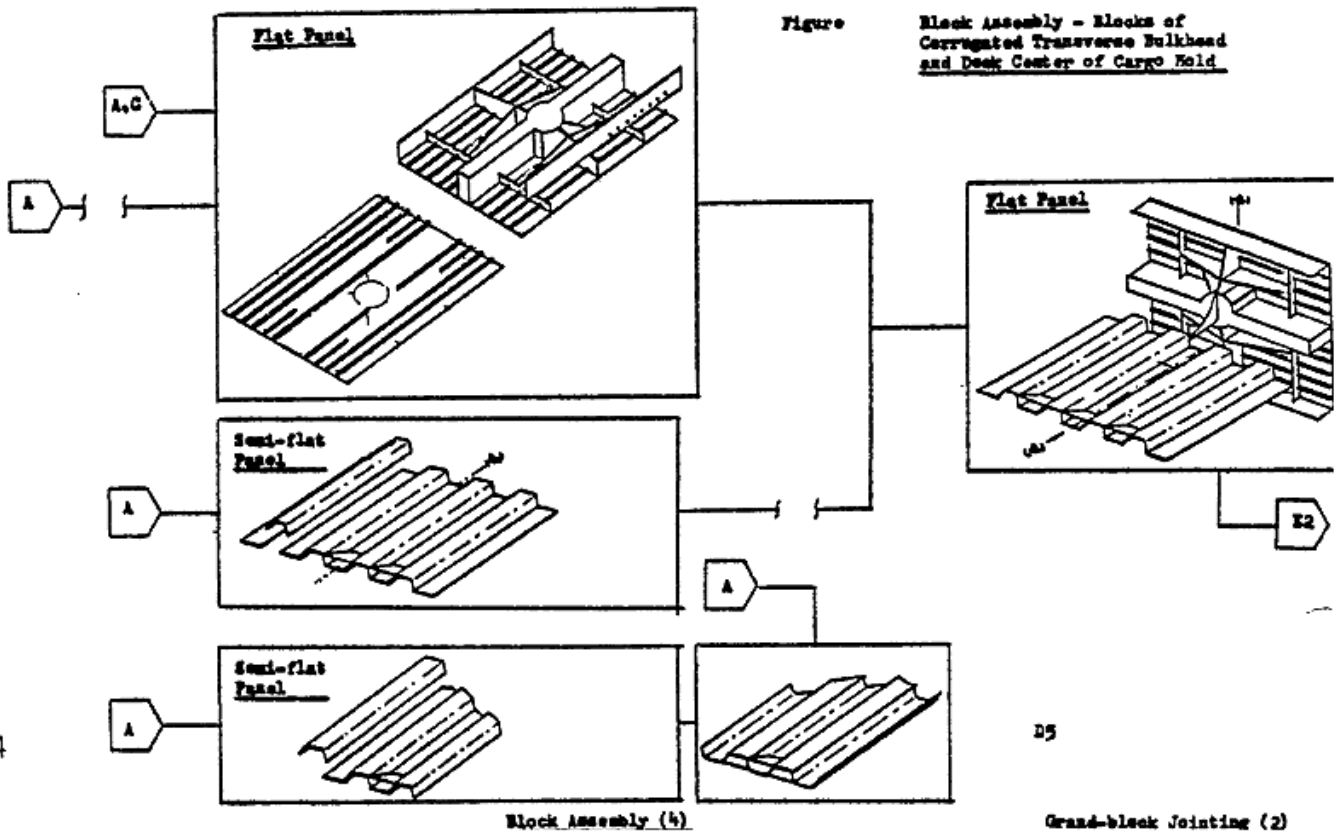


図 カーゴホールドの隔壁ブロックの大組

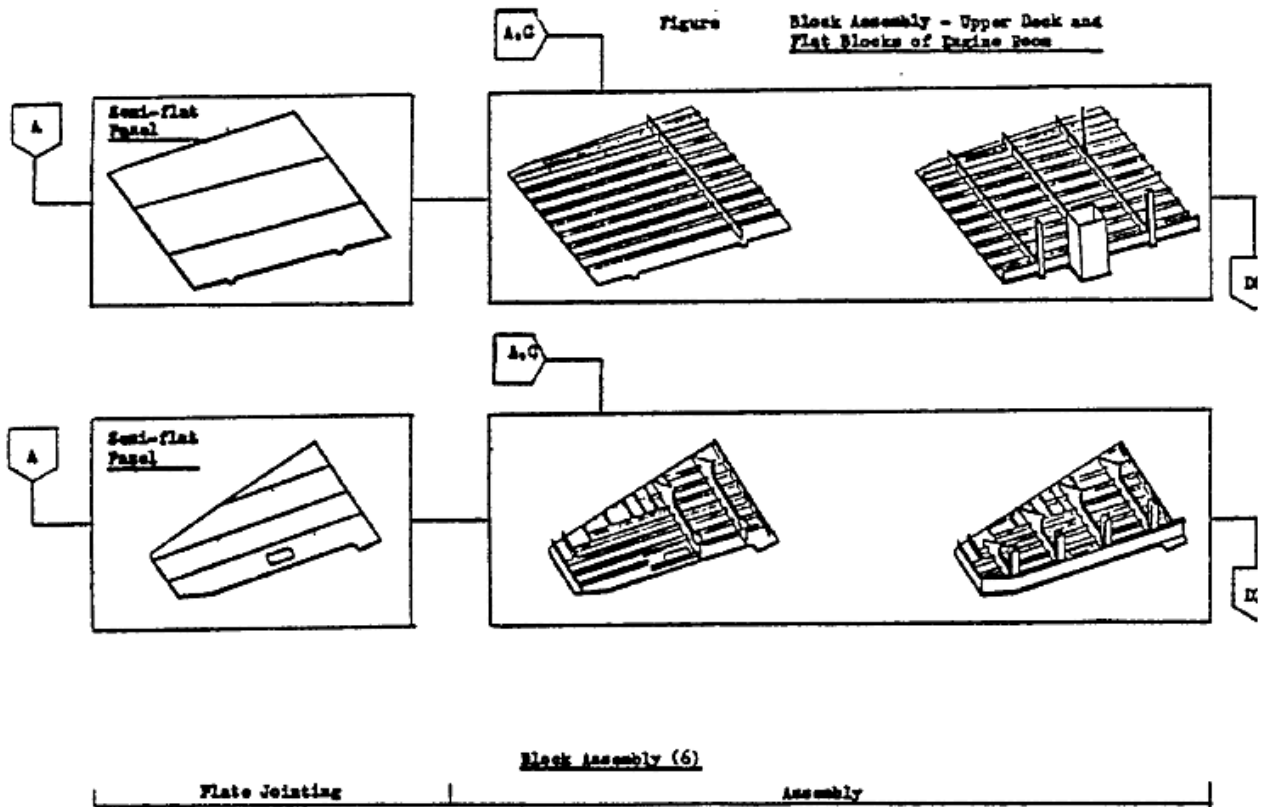


図 上甲板と機関室床ブロックの大組

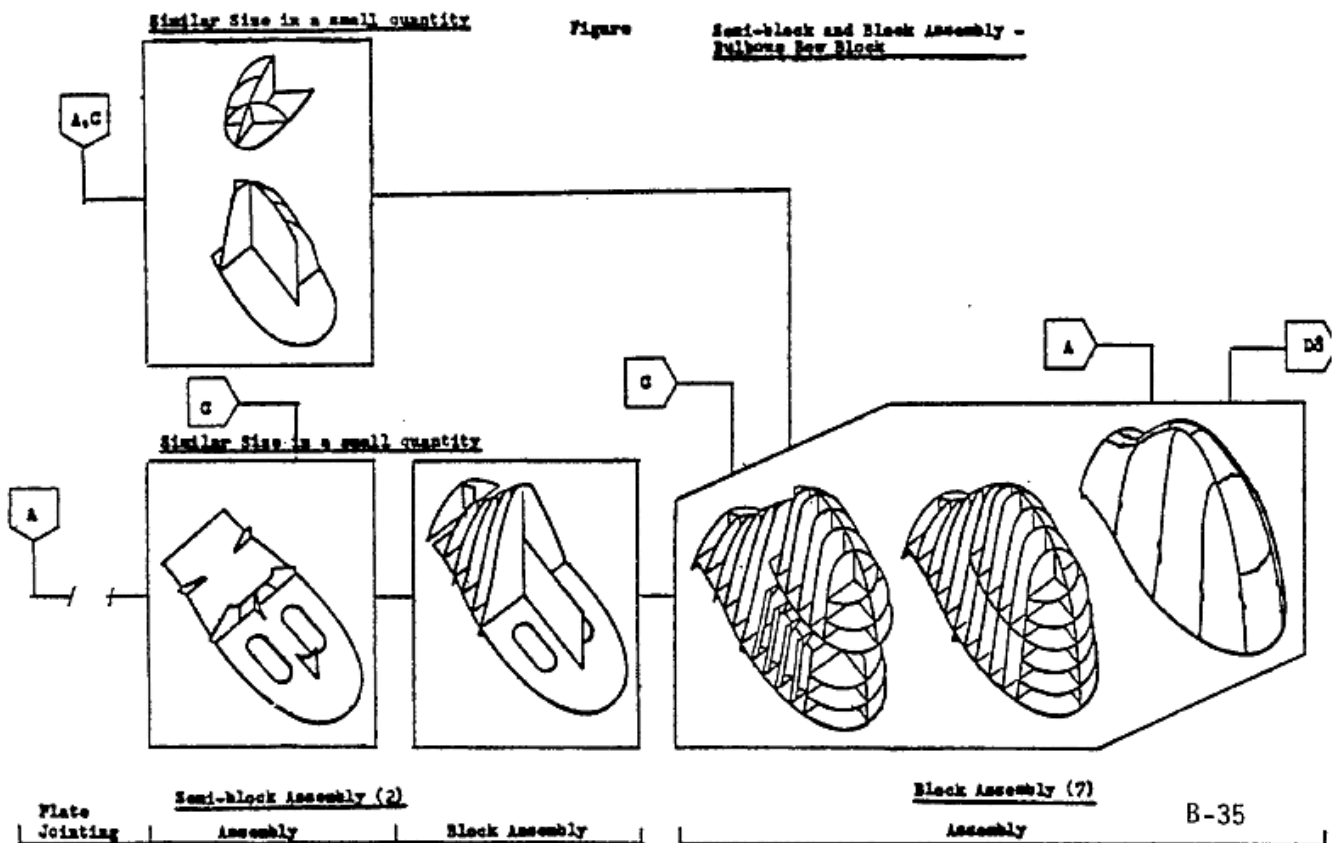
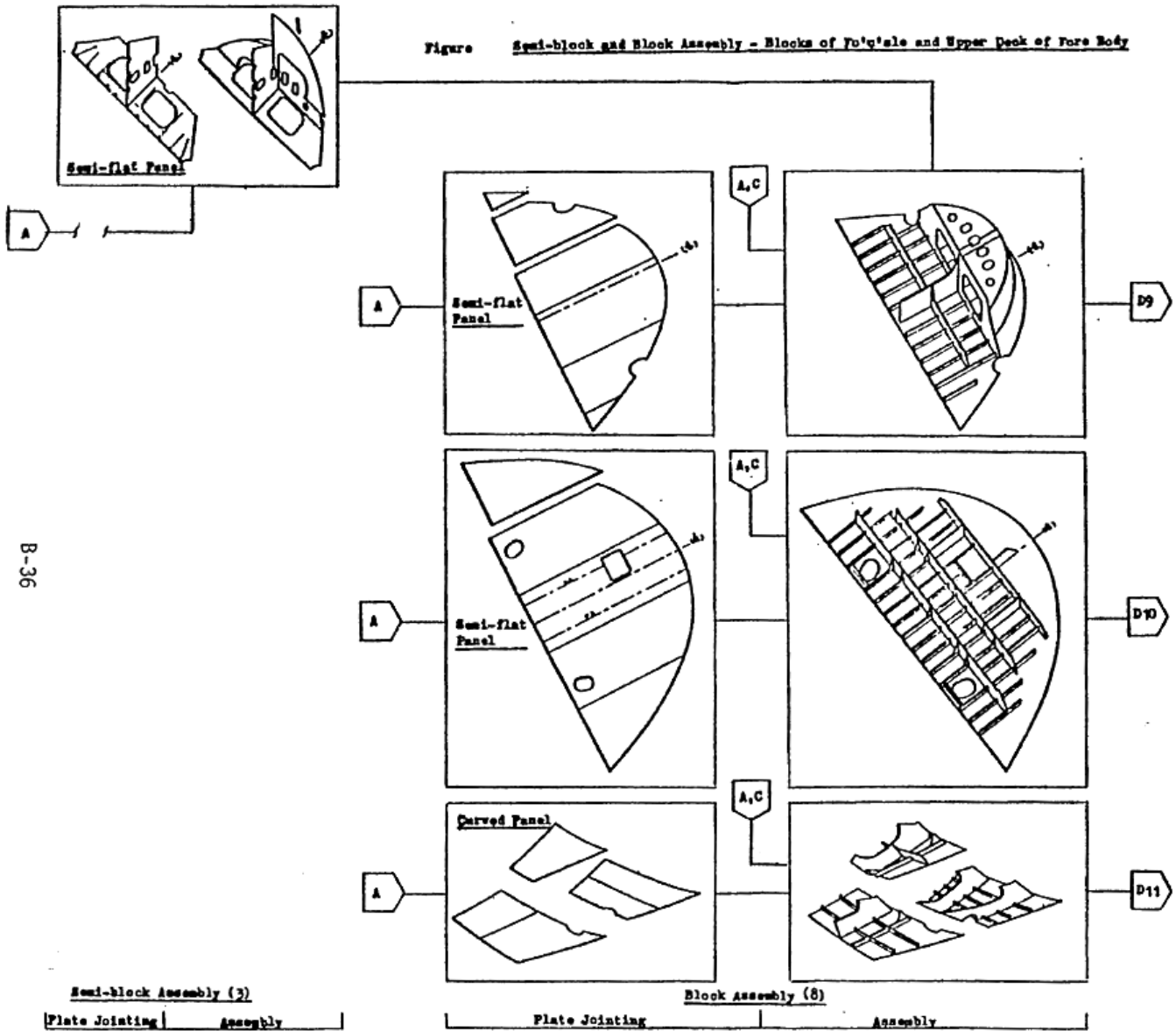


図 船首部の中組と大組

Figure Semi-block and Block Assembly - Blocks of Fore'side and Upper Deck of Fore Body



B-36

図 船首楼の中組と大組

Figure Grand-block Jointing - Grand-block of Po's'ale and Hyper Deck of Fore Body

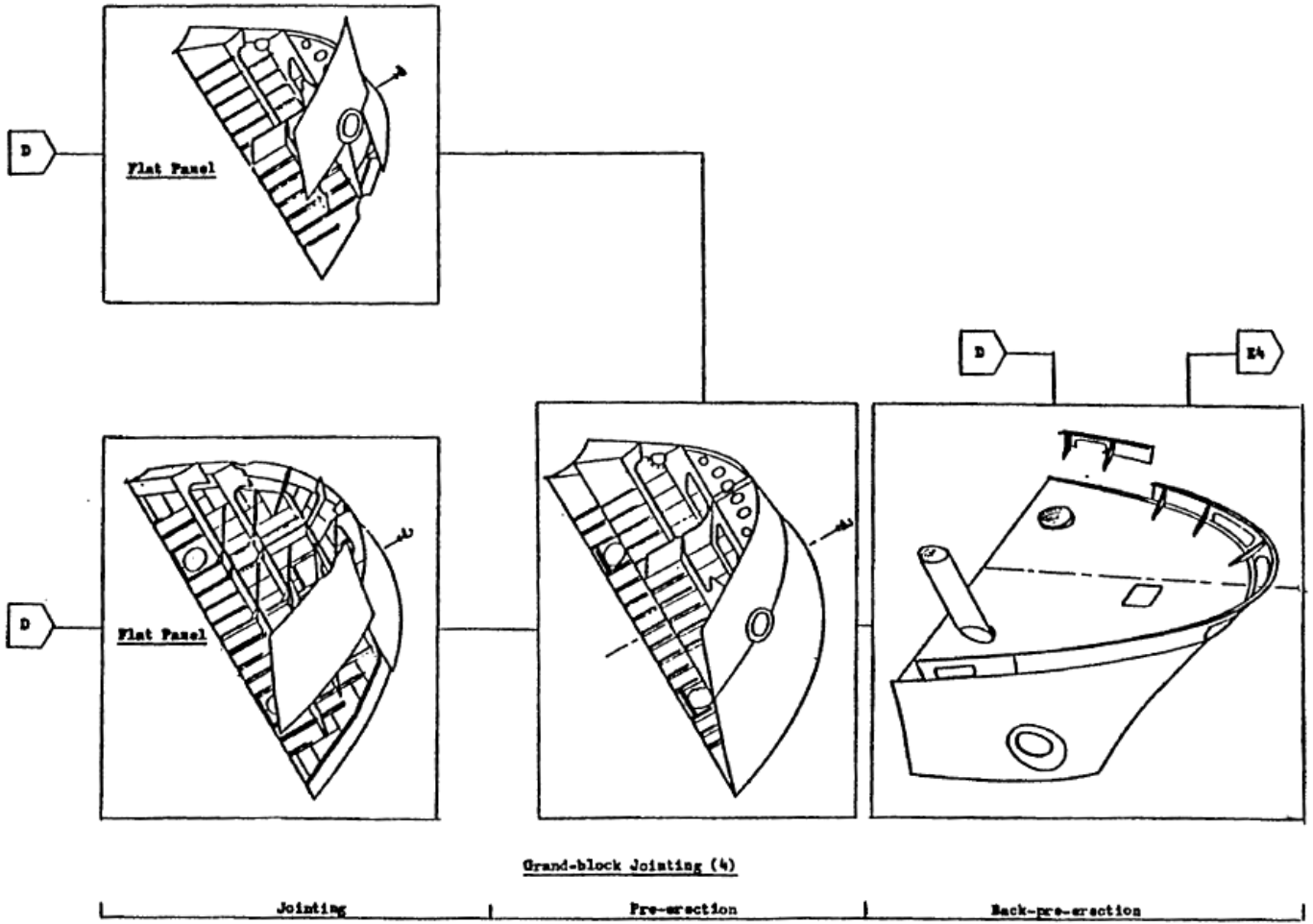
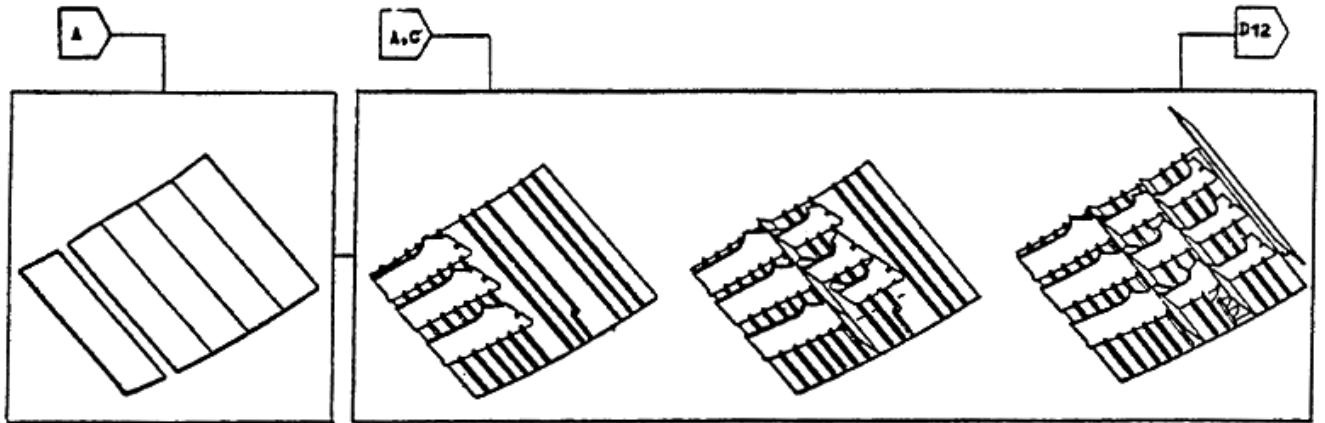


図 船首楼の総組

Figure Block Assembly - Side Shell
Block of Engine Room



Block Assembly (9)



図 機関室の側面ブロックの大組

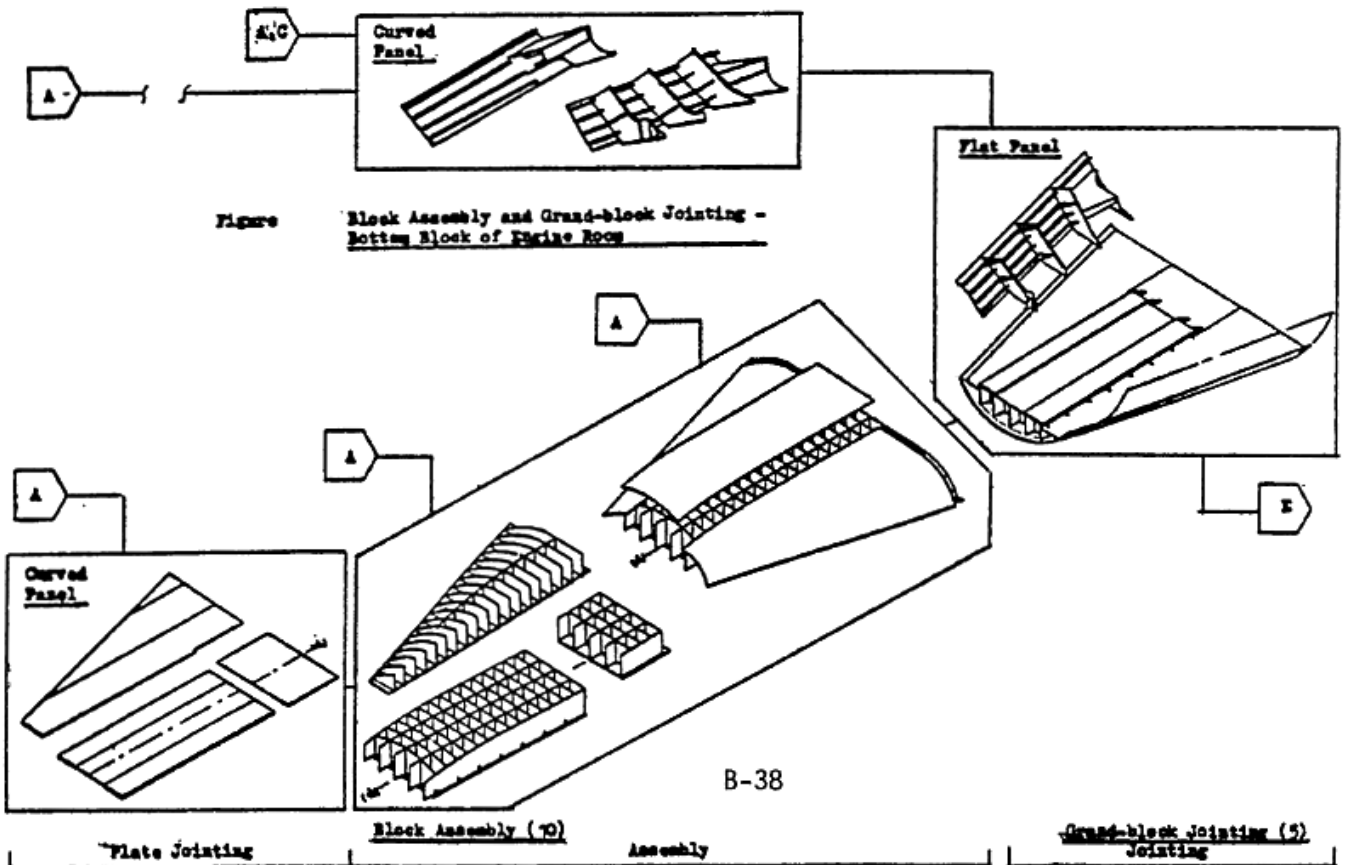


Figure Block Assembly and Grand-block Jointing -
Bottom Block of Engine Room

図 機関室ブロックの大組と総組

3. 生産リソース (Product Resource)

PWBS (Product-Oriented Work Breakdown Structure、生産中心作業分割構造) の手法における生産リソースは、船の運用に必要な系統 (System) の全てのセットを組み合わせる為に、各区画の幾つかの作業パッケージに対して配分される入力アイテム、として定義される。その為、全ての生産リソースは、所属する区画と系統の、二重性 (dimeri、二量性) を識別されなければならない。

二重性の識別は、資材においては簡単だが、労働力や施設、支出においては難しい。この章では、この労働力に関する困難さをどのように解決するか、についても記述して行く。

3-1 資材 (Material)

中間製品 (interim product) を含めた資材は生産リソースの一つであり、ある作業パッケージに直接的に配分されることで中間製品へと転換されるが、この出来上がった中間製品は後々組み合わせられる事で、船全体の運用を行う系統の一部となる。

前述の目的の為、全ての資材の識別は次のようにして構成されている：

- ・ 資材コード (Material Code)

その資材が何なのかの識別を行う為の、種別や形式、寸法、グレード等の詳細な記述

- ・ 部品番号 (Piece No.)

その資材がどの系統へと組み込まれるのかを示す、系統別の識別番号

- ・ 作業パッケージ番号 (Work Package No. W/P No.)

資材を、船全体のどこで組み込まれるのかを識別する為、PWBS のレベル番号、区画番号、作業場所番号、ステージ番号を組み合わせで作成される W/P No.を作成し、これを用いる。

- ・ 資材コスト分類番号 (Material Cost Classification No. MCL No.)

資材が、船全体の中のどの系統に所属するのかを分類する

(1) 資材識別名 (Material Identification)

図 18 の表は、HBCM (Hull Block Construction Method、船殻ブロック建造手法) における素材資材と、ZOFM (Zone Outfitting Method、区画艙装手法) において作業パッケージへと割り当てられる個別の素材資材と構成物の、それぞれでの資材識別を示したものである。資材識別名は、「その資材が何であるのか」を意味する資材コードと、「系統毎に何の資材が使用されているか」を意味する部品番号とで構成されている。

資材	資材識別名				船での識別
	W/S	共通	請求分類	標準	資材番号
船殻	造船用鋼材 グレード	AS	寸法指示	資材/グレード/寸法	船番/ブロック/ セミブロック/ サブブロック/ 部品番号
			船単位標準		
			標準		
他資材	取付部材に同じ				
艙装 塗装	共通	AS & S	一品	ブランク/全記述	船番/系統名/ 回転番号/ 構成物コード
			ファミリー	無し	
		A	一品	ブランク/全記述	
			ファミリー	ブランク/ファミリー記述	
	非共通	AS & S	一品	系統/全記述	
			ファミリー	無し	
		A	一品	系統/全記述	
			ファミリー	系統/ファミリー記述	

請求分類： A：引当資材、AS：引当貯品資材、S：貯品資材

図 18 資材の為の識別コード

資材コードの内訳は、次のようになっている。

・工場 (W/S Work Shop)

船殻と、艙装・塗装

・共通性 (Commonness)

造船用鋼材のグレードや、全ての工場で共通に使用される、パイプやパイプ取付部品、

梯子、その他の素材資材などの共通資材、非共通資材

・ 請求分類 (Requisition Classification)

引当資材 (Allocated Material) A :

設計段階で船単位での必要量を要求する

引当貯品資材 (Allocated Stock Material) AS :

設計段階で見積もった船単位での必要量の他に、不測の事態に備えて余分を追加

貯品資材 (Stock Material) S :

過去の状態と造船所全体の作業負荷からの予測により、最も経済的な員数を見積もる

・ 標準 (Standardization)

造船用鋼材グレードでは、様々な寸法毎に独立して行う寸法指示 (Sketch Size)、特定の船の中で共通に使用する船単位標準 (Standard within a ship)、そして全ての種類の船で共通して使用可能な標準 (Standard) がある。

(艤装の?) 取付部材としては、一つ一つ詳細に定義された独立標準資材である一品 (Indivisual) と、ファミリー毎に定義された非共通資材であるファミリー (Family) とがある。

船殻の造船グレードによる鋼材は、資材調達の際には板材や型鋼等のように、資材/グレード/寸法の形式で定義する事が可能である。一方で艤装の素材資材と構成物とは、一つ一つの必要情報を全て記述した一品図 (Indivisual) と、ファミリー記述によるファミリー図 (Family) による定義方法がある。この2通りの記述方法は、資材調達の際に非常に実用的である。一品図では、資材コードを一つ一つ定義する事が可能であるが、ファミリー図はファミリー図毎に資材コードを定義する事も、また時としてそのファミリーの調達命令仕様書 (purchase order specification) に明記されている部品番号を一つ一つふって定義を行う事も可能である。そうでなければ、コードの数が膨大な量に膨れ上がってしまう事になる。

資材コード内の「系統」(System) は非共通資材のためのものであるが、これは造船部門での作業に使用しやすい資材コードの一部として非常に便利である。

(ここで言う「系統」は図 19 に示されている生産面の系統 (SYSTEM) とは全くの別物である。機械や機器類は、この系統 (System) ではパイプの構成物からは分かれているが、設計や製造の際の系統 (SYSTEM) では一緒である)

共通資材用のコードの「ブランク」(Blank) の部分には、その資材を組み入れる系統 (System) が明確である時には、その系統名を入れる事が出来る。この「系統」(System)

は資材識別だけでなく、資材コスト分類 (Material Cost Classification) やそれ以外の用途においても、定義の標準化の道具として共通に使用可能である。

一方で部品番号 (Piece No.) は、それが所属する系統 (SYSTEM) と各部品の位置 (HBCM の部品 (Part) と ZOFM の構成物 (Component) を定義しており、またこれは図 7 で示されているように、その系統図もしくはパイプダイアグラムと、配管図と機器取付図の中の、船番/系統に一致している。

部品番号は、図 9 にあるように、船番/総組コード/ブロックコード/中組コード/小組コード/部品コードの形式で階層的に形成されている。不要なコード部分については、ブランクにする事もある。この時、連続的に符番された部品コードが使用する素材資材の種類や、系統 (SYSTEM) や部品形状をも定義したり、またブロックコードが船殻船体の中の位置をも定義するようであれば、より好ましくなる。

構成物の部品番号は、船番/系統 (SYSTEM) コード/シリアル番号/構成物番号という形で表わされる。

(構成物コード (Component Code) は、資材ファミリーを意味しており、それは、バラバラな系統 (SYSTEM) で成り立っている構成物、すなわち、配管であったり、パイプ部品であったり、バルブや排出管、タンク、ポンプといったもののタイプを、十分に示している。)

資材コードは主に資材調達における資材の列挙に用いられ、部品番号は設計や生産の作業内において部品の識別に用いられている。

(2) 管理グループの為の資材のグループ分け (Material Grouping to Control Groups)

個々の資材は、図 6 に示されているように、全ての機能を通じたプロセスの間、系統による管理グループと区画による管理グループの両方もしくは片方に所属している。

工場番号 (W/P No.) は資材を識別しているが、区画中心の管理グループはこれを使い、区画による計画や予定、生産、清算的評価 (Accounting) を行う。一方で MCC No. (?) も同じく資材を識別しているが、これを使用する系統中心の管理グループは、系統の計画、調査、評価を行っている。全ての資材のデータは、図 2 に示されているように、資材コードと部品番号の識別をどちらも使用する事で、系統中心から区画中心へと変換する事が可能であり、またその逆についても同様である。

図 9、12、15 そして 17 (図 9 以外、図が存在しない) は、各 PWBS における工場番号の構成コンセプトを、図 18 はその例として、IHI で採用されている MCC 番号のコードシステムを示している。

船				
1*** 船殻構造	2*** & 3*** 船体		4*** 機関	5*** 電気
10** パイプ構造	20** 配管 (燃料・バラスト除く)	30** 配管 (燃料・バラスト)	40** 配管	50** 配管
11** 船殻鋼材 (管除く)	21** 木工品 (荷室)	31** 装置 (燃料・バラスト)	41** 主機	51** 主電源
	22** 床	32** 遠隔装置 (燃料・バラスト)	42** ボイラー	52** 副電源
13** 非鉄	23** 塗装	33** 冷蔵庫	43** プロペラ	53** 電灯、信号
14** 溶接	24** 航法・通信	34** 木工品 (居住区)	44** 補機	54** 航法
15** その他材料	25** 係船装置	35** その他 (居住区)	45** 燃料	55** 電線取付
16** 鋳造品	26** 荷役装置、ハッチ	36** 甲板機器	46** 配管取付	56** 電線
17** その他	27** 甲板装置	37** その他	47** 計測機器	57** その他
	28** 窓・ベント	38** 特殊	48** その他	58** 無線
19** 予備	29** 配管取付	39** 予備	49** 予備	59** 予備

注記：4桁の数字は、図18内の資材コードに相当している

下二桁(**)の部分は、ファミリー資材コードを示している

図19 資材コスト分類の一覧

3-2 労働力 (Manpower)

労働力もまた生産リソースの一つであるが、これは区画単位の作業パッケージのそれぞれに直接に割り当てられ、各階層の中間製品を組み上げて行く事で、遂には船の運用を行う何らかの系統 (SYSTEM) の一部とするのである。

全ての労働力の識別は、上記の目的を達する為に、次のように構成されている：

- ・組織ユニットコード (Organization Unit Code)

作業者が、どの工場にグループとして所属しているか。造船所、工場 (work shop)、作業場 (shop)、班 (trade) 等

- ・個人番号 (Personal No.)

作業者個人の識別番号

- ・作業パッケージ番号 (Work Package No.)

労働力の割当を、階層番号、区画番号、作業場所番号、ステージ番号によって表現する。これは資材のものと同じである。

- ・コストセンターコード (Cost Center Code、労働力コスト分類 (Manpower Cost Classification)、コストセンターの意味については、後述)

各作業パッケージに投入された労働力を、清算的評価 (Accounting) の項目 (Index) が同様なものをまとめた管理グループへと分類したもの。

(1) 個人識別 (Personal Identification)

個人識別は、作業場毎の各班の各作業者単位で作成され、図 21 にあるように作業者の受け持つ作業パッケージへの割当を行う際に用いる。個人識別コードは、「作業者がどのユニットに所属しているか」を組織ユニットコードによって、また「作業者が誰か」を個人番号によって表わしている。

この番号は、正社員だけでなく全ての従業員に割り当てられている。

組織ユニットコードは、造船所／作業種別／加工もしくは組立／作業場／班の 5 階層の構造をしている。個人番号は造船所毎に、全ての作業者に対して連続した番号が割り当てられている。組織ユニットコードは、原価部門の部分的構成として (?)、労働力コスト分類に使用される。個人番号は従業員名簿を作成するだけにのみ存在しているわけではない。

(2) コストセンターとしての労働力のグループ化 (Manpower Grouping to Cost Center)

資材と異なり、労働力を系統 (SYSTEM) の面から識別する事は困難であるが、これは生産中心作業分割構造での作業パッケージでは系統の面を無視しているからである。そのため、系統別に識別した労働力は、非常に不正確なデータであるのみならず、整理を行う事すら困難である。そこで、代替手段が考案されている。コストセンター (Cost Center) は、系統単位での労働力の識別を行うグループ化アプローチの代替手段の一つである。

コストセンター (Cost Center) : 経済用語

会社組織などの中で、費用がかかるものの直接的な利益を生み出さない部門。

例としては、研究開発部門、マーケティング部門、カスタマーサービス部門など

用語の必要性としては、一般に直接的なコストのみで経営判断を行うことで

会社全体として不利益をこうむりがちであることから、敢えてそうした部門を

コストセンターとして識別するようにしているのかと思われるが、詳細不明。

各コストセンターは、以下のような統計学的条件でもって各組織部門 (造船所/作業種類/加工もしくは組立/工場) にグループ化した、作業パッケージに課せられた労働力を含んでいる :

- ・ 清算的評価 (Accounting) の為の項目 (Index) が、図 20 の生産進捗と労働力に書かれているように、同じ次元の単位によって表現可能であること

- ・ 労働力データを区画単位 (ZONE-BY-ZONE) から系統単位 (SYSTEM-BY-SYSTEM) へと変換を行う為の生産効率の値が、図 20 の生産性の効率に書かれているように、同じ次元の単位の下で一定であること

こうした条件の下で作業パッケージをグループ化したコストセンターは、生産中心作業分割構造を基礎とした区画別の清算的評価 (Accounting) の体系化において不変性を保証するのである。それと同時に、そのデータが、系統別の評価という目的に合致するように変換可能である。このグループ化には階層 (Level) と作業場所 (AREA) は使用可能だが、区画 (ZONE) とステージ (STAGE) は幾つかの例外を除いて削除可能である。

図 21 は、労働力分別に使用可能な全ての要素を示している。こうした要素を幾つか階層的に組み合わせることで、図 21 に示されているように、いわゆる組織部門コードや個人番号、コストセンターコードの作成が、それぞれ可能となる。

区画別の労働力データを系統別へと変換する手法については、3. 2 章で再び述べる。

				生産進捗項目	労働力	生産性の効率
作業種別/工場	船殻	加工		加工重量/船	実績工数/船	実績工数/加工重量/船
		組立	小組	小組重量/船 小組溶接量※1/船	実績工数/船	実績工数/小組重量/船 小組溶接量/実績工数/船
			大組	大組重量/船 大組溶接量/船	実績工数/船	実績工数/大組重量/船 大組溶接量/実績工数/船
			搭載	搭載重量/船 搭載換算溶接長※2/船	実績工数/船	実績工数/搭載重量/船 搭載換算溶接長/実績工数/船
	艦装	加工	配管	製造重量/PPML※3 製造品数/PPML	実績工数/PPFML	実績工数/製造重量/船 実績工数/製造品数/船
		組立	甲板	パラメトリック構成物重量/船	実績工数/船	実績工数/パラメトリック構成物重量/船
			居住	同上	実績工数/船	同上
			機関	同上	実績工数/船	同上
			電気	敷設電線長/船 接続端子個数/船 パラメトリック構成物重量/船	実績工数/資材項目/船	実績工数/敷設電線長/船 実績工数/接続端子個数/船 実績工数/取付部品重量/船
		塗装	組立	塗装面積/船	実績工数/船	実績工数/塗装面積/船

※1：溶接量（DM、Deposit Metal of Welding）、溶接長でなく溶接材の量

※2：換算溶接長（BNL）、溶接難易度なども考慮した溶接線長

※3：PPML（Pipe Piece Family Manufacturing Lane）なんだろねえ

※4：パラメトリック構造物重量（Parametric component weight）構成物重量とそれで消費される工数が
同一作業レベルでは比例しているので、構成物重量として表わす？

図 20 進捗報告書で使用されるパラメータ一覧

組織単位		
作業種別	工場	班

個人

生産面			PWDS
ステージ	作業場所	区画	レベル

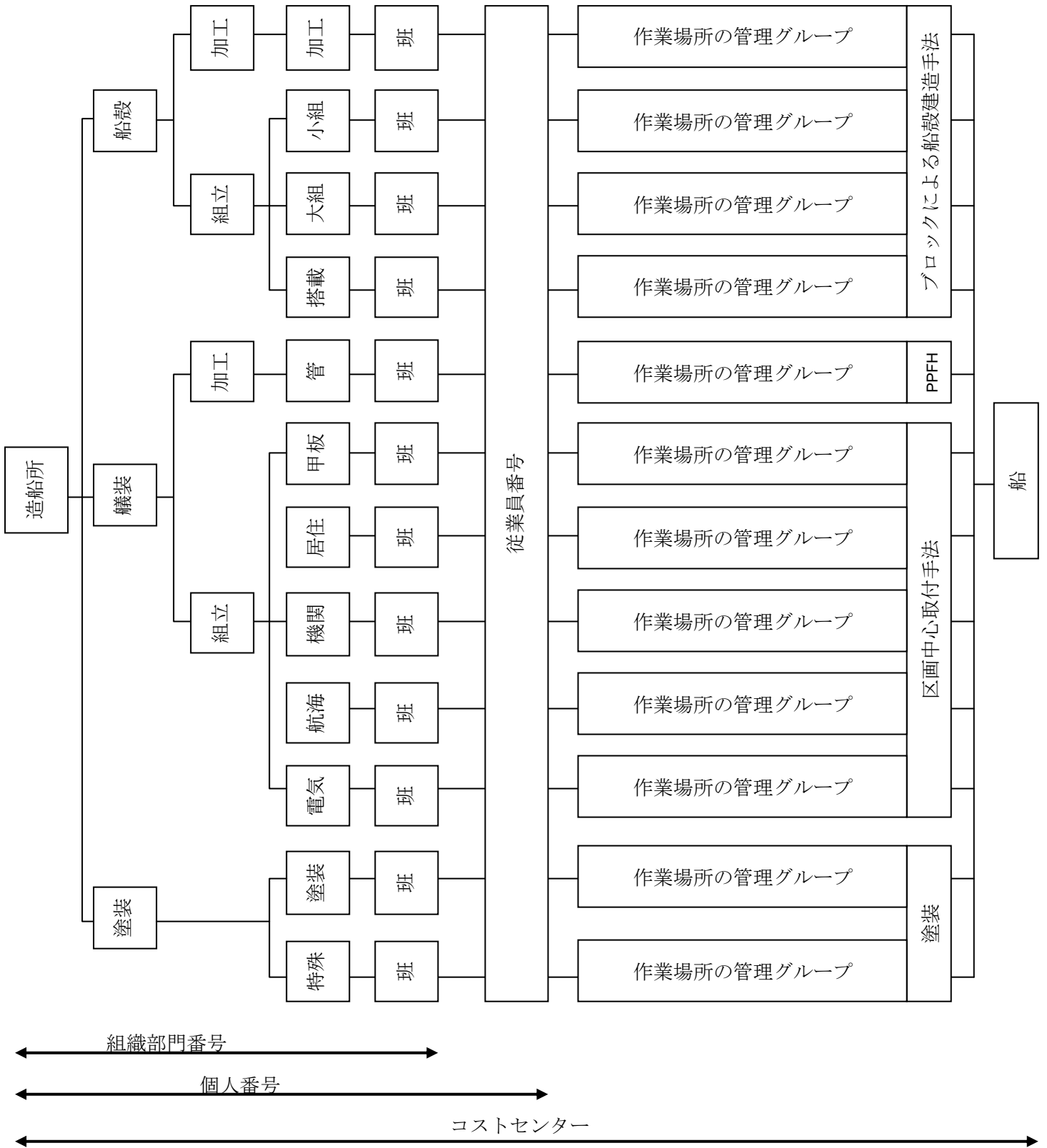


図 21 労働力分類構造

4. 生産中心作業分割構造での、生産の清算的評価と評価の手法

(Accounting and Estimating Method of Production in PWBS)

図 6 にあるように、系統中心の評価 (Estimating) は系統中心の設計へと進化し、それと同時に区画中心の設計へと変換され、予定作成と生産とが進められてゆく。このプロセスは図 7 で説明されている。

進行中の区画中心の生産では、マネージメントが、生産の進行とコストにおける船 1 隻での造船プロセスの評価を可能とするのと同じ手法で清算的評価 (Accounting) を行い、生産データを修正し、並び替え、分析しなければならない。こうしたデータがマネージメントを十分に満足させるが、そのためには、将来の契約時における船 1 隻もしくは、その系統の評価を行う為に必要な、系統中心の統計的データへの変換が必要となる。

この章では、どのようにしてフォローアップを実行し、評価し、こうしたデータを清算的評価 (Accounting) と評価 (Estimating) が可能なように変換を行うか、について述べて行きたい。

- ・似た環境の作業パッケージの各管理グループの為に
 - ・各管理グループの為に詳細説明された工数と生産進捗の項目を基盤とし、
 - ・各管理グループの為に、生産性の効率による
- (上 3 行、意味不明)

4-1 生産進捗のフォローアップ (Follow-up of Progress in Production)

生産における進捗のフォローアップは、進捗状態をバランスよく指示する幾つかの代表的な項目と、それらの項目と一致し労働力消費を示す工数とを使う事により、実行する事が可能である。

生産の進捗データは合計され、生産の進捗カーブの形にまとめられる。このデータは、生産の半ばと終了後とに行われる生産評価の為に、予算と比較される。

実際に使用されている項目を、図 20 にまとめておく。

労働力の項目は、全ての場合に置いて工数 (manhour) である。生産進捗の項目には、重量、長さ、個数、パラメトリック構成物重量 (? parametric component weight)、溶接量 (DM、溶接材の量)、そして換算溶接線長 (BNL、難易度などを考慮して単純な溶接線長に換算したもの) がある。

- ・パラメトリック構成物重量 (Parametric component weight)

ユニット艀装、ブロック艀装、船内艀装 (on-board) それぞれのレベルでの、組み立てられた構成物と消費された労働力である工数との間の相関性から、構成物重量のみを含む (??)

- ・溶接量 (DM、Deposit Metal of welding、溶接材量)

溶接材の断面積 x 溶接長

- ・換算溶接長 (BNL)

下向き、垂直、上向きといった、溶接姿勢の難易度を係数化し、単純な溶接線長へと変換したもの。搭載段階のみに使用される。

作業の種類や工場によって、それぞれの規定された目的の為の項目を選択して使用する。

生産における進捗のフォローアップは、船毎にそうした項目を使った表とグラフ上に、生産進捗と労働力消費のデータをプロットして表現する。

図 4. 1 から図 4. 5 は、そうしたグラフの実例である。それぞれのカーブは、各作業パッケージ毎に合計されたもので、労働力消費がその予算工数よりも多いか少ないか、生産実績が予定よりも早いかどうか、についての兆候を示している。

こうしたデータにより、作業負荷の平準化、促進、変換を柔軟に行ってゆく。予算工数と実績工数との比較によるフォローアップと管理とが、一致するコストセンターを通じて (?), 各組織部門のマネージメントによって実行される。

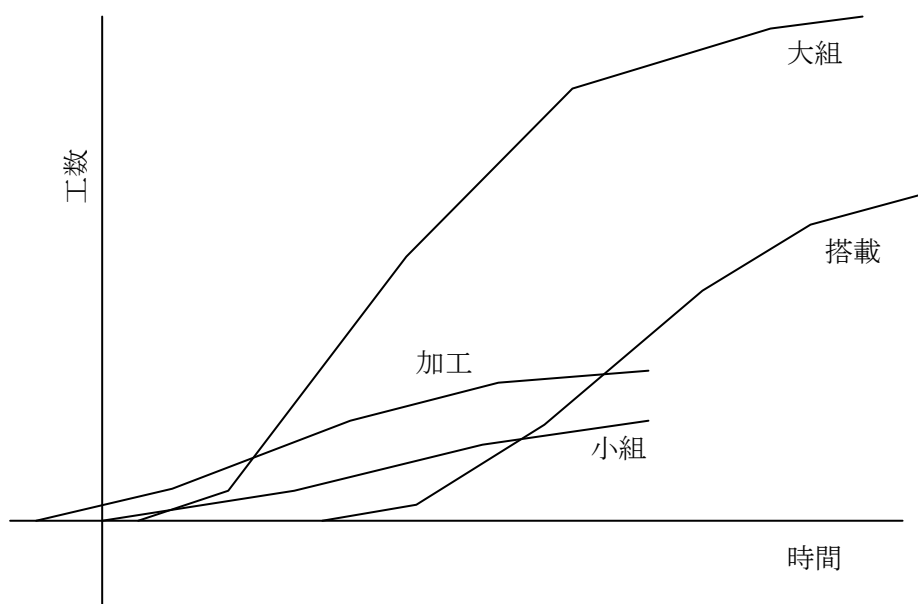


図 4. 1 船殻工数の生産進捗

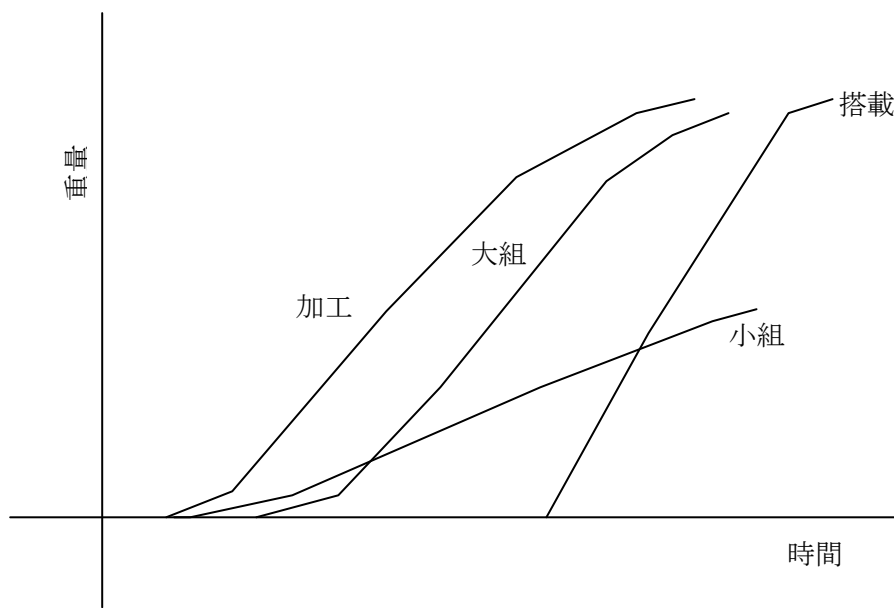


図 4. 2 船殻重量の生産進捗

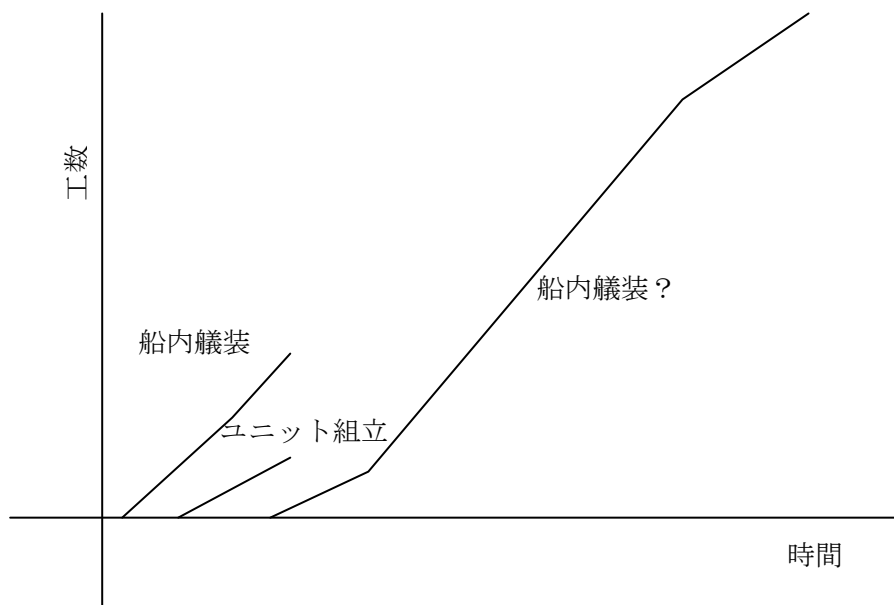


図 4. 3 機械工場での艀装工数の生産進捗

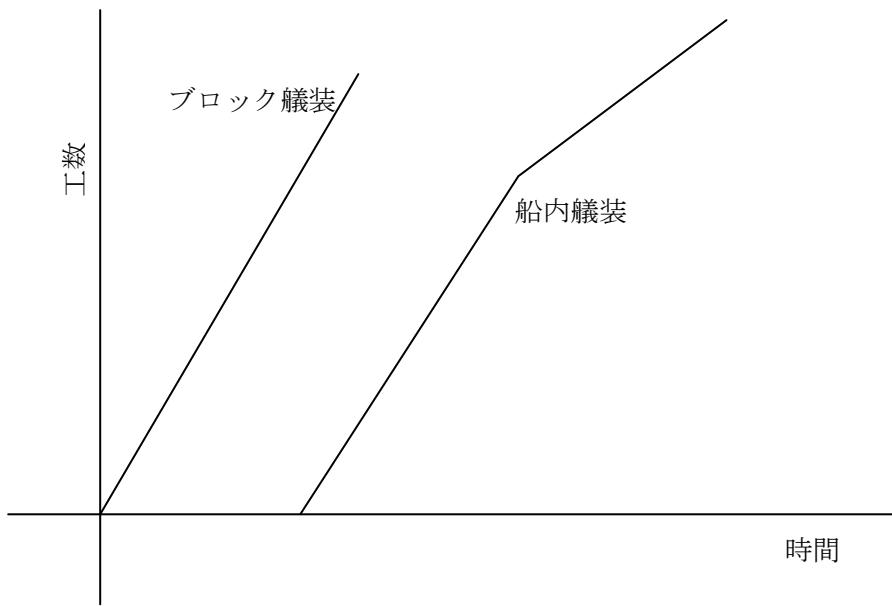


図 4. 4 電線を除く全ての構成物での電気工場の機装工数の生産進捗

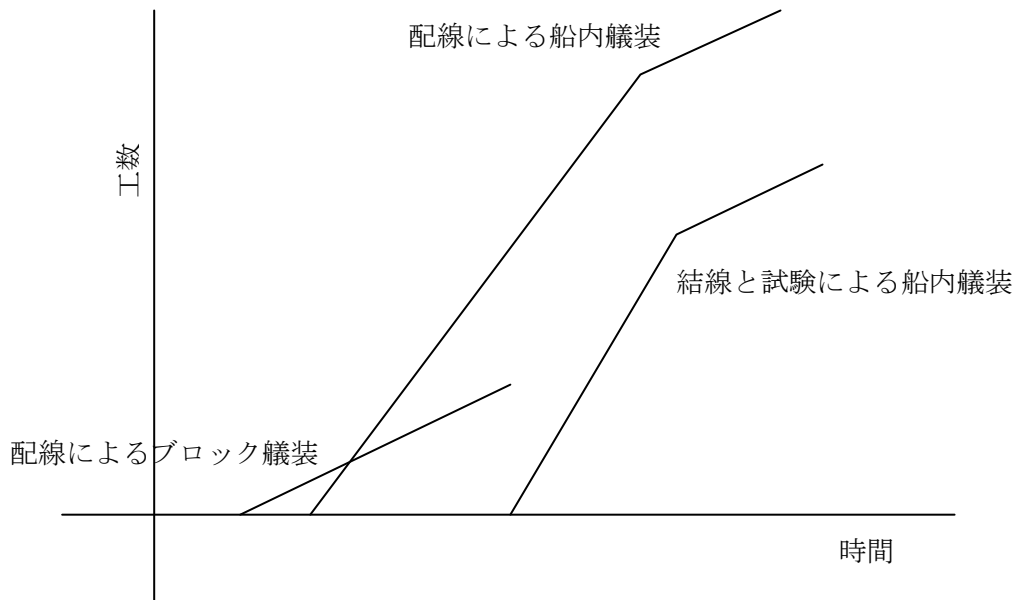


図 4. 5 電気工場における配線関連の機装工数の生産進捗

4. 2 生産効率の評価 (Evaluation of Efficiency in Production)

生産での効率の評価は、生産進捗フォローアップで使用されている、生産進捗データと労働力を代用することによって行われている。

図 20 はそれぞれの管理グループ（管理グループ=管理を行う為の要素や項目の取り合わせ？）での効率評価に使用されている、色々な定量的な値（dimensions）を示している。また、図 4.6 から図 4.11 は管理グループの例である。

図 21 で表にまとめられているコストセンターの部門という要素は（the element of division of Cost Center）、評価に用いる生産効率性の管理グループ（Control Group of Efficiency in Production for the Evaluation : CGEPE）の作成において、以下の制約を満たす場合には省いても良い：

- ・コストセンターが同一の階層構造下にあること
- ・コストセンターの効率の定量的値が同じであること
- ・パラメータの同じ値が利用可能であること

例えば、図 4.9（？）にある通り、機械工場では、管理グループを作成する際にコストセンターから班、区画、作業場所そしてステージを省いている。これは、あるレベルに所属する作業パッケージの効率の全ての値は、平均的な効率を中心とした許容範囲内に分布するからである。その為に同一の CGEPE が、事実上共通のパラメータとして全ての作業パッケージに使用されているのである。

4-3 系統別での工数評価と、区画別での工数評価との比較の定型 (Formulation)

生産効率の評価手段は、二次的に工数評価に利用できるパラメータを提供してくれる。こうしたパラメータは、清算的评价 (Accounting) の区画毎のデータを、各 CGEPE の為の評価 (Estimating) の系統毎のデータへと変換する。

図 20 は、作業/工場のタイプ別の、そうした係数を示している。この係数は、コストセンターの要素である班やレベル、区画、系統、ステージによって更に分割されることになるが、それらは各作業パッケージの効率値の分布曲線に従う（？）。

しかし、生産進捗の項目と、この形式では、主機やボイラー、補機、ハッチカバー等といった他で組み立てられる部品や構成物があった場合、労働力消費との間には何ら関係が無い為、労働力消費を評価することが不可能である。こうした場合には、それらの構成物が内部で持つデータを基にして、厳密に評価を行わざるを得ない。ただ、こうした過去の

経験から得られたデータは、近い物について将来評価を行う際に役に立つことになるだろう。

こうして、労働力消費の評価は、以下のように単純化される（注：加筆修正有）。

$$H_p = \sum e(i) * v(i)$$

$$H_c = \sum h(j)$$

H_p ある系統で消費された労働力を数値化したものを、全て合計した工数

i CGEPE（評価に用いる生産効率性の管理グループ）の番号

e 各 CGEPE の効率係数

v 各 CGEPE に対して入力される生産進捗項目の値、
この **v** の総計が、その系統全体への総入力となる

H_c 幾つかの労働力評価によって得られた、ある系統で消費されている工数の合計

j 構成物の番号

h 幾つかの労働力評価によって得られた、各構成物で消費されている工数

ある系統全体の労働力評価の合計は、次のように表せられる：

$$H_t = H_p + H_c$$

（本文は以上）

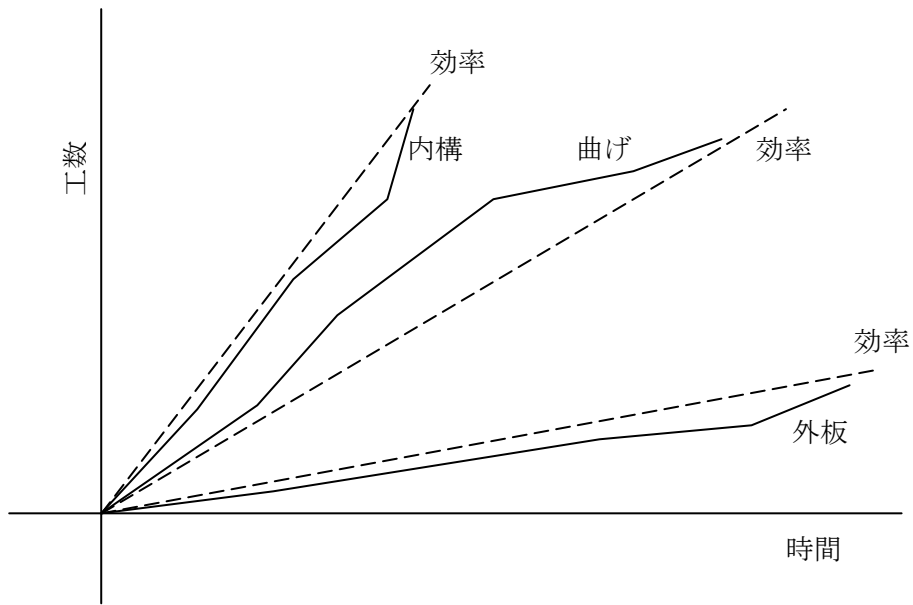


図 4. 6 船殻の部品加工における生産効率 (工数/重量)

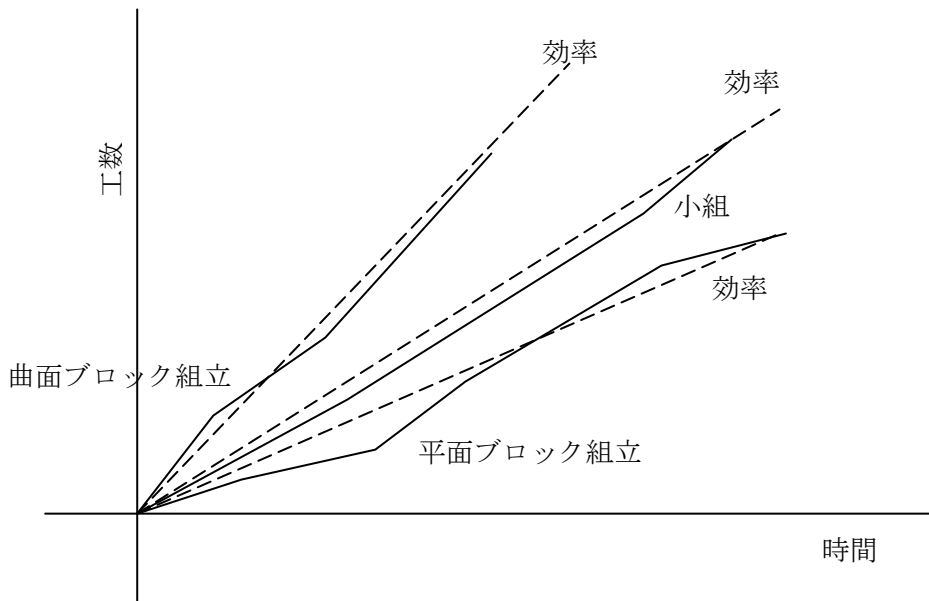


図 4. 7 船殻の組立における生産効率 (工数/重量)

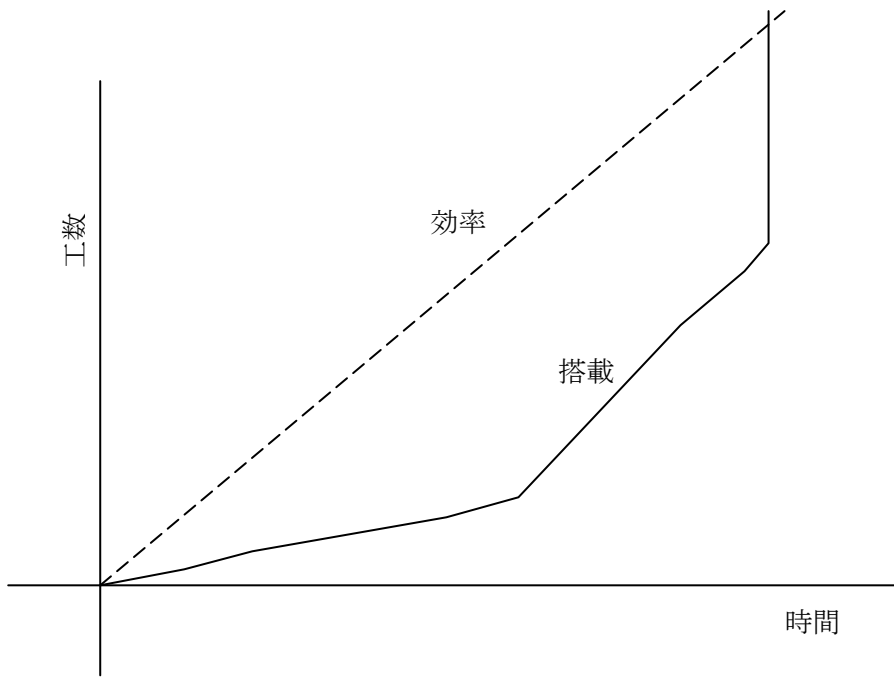


図 4. 8 船殻の搭載における生産効率 (工数/重量)

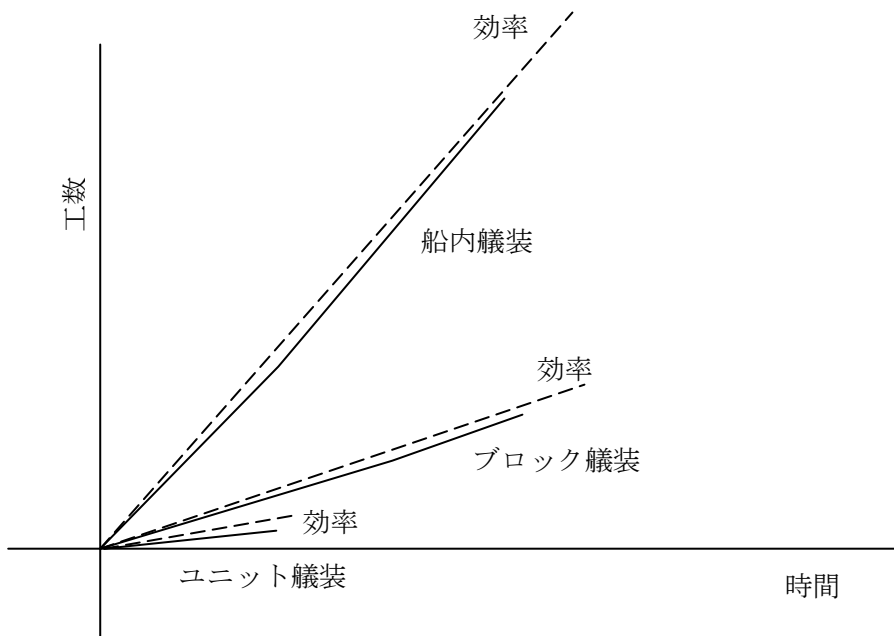


図 4. 9 艙装の電気工場における、電線を除いた全ての構成物における生産効率 (工数/パラメトリック構成物重量)

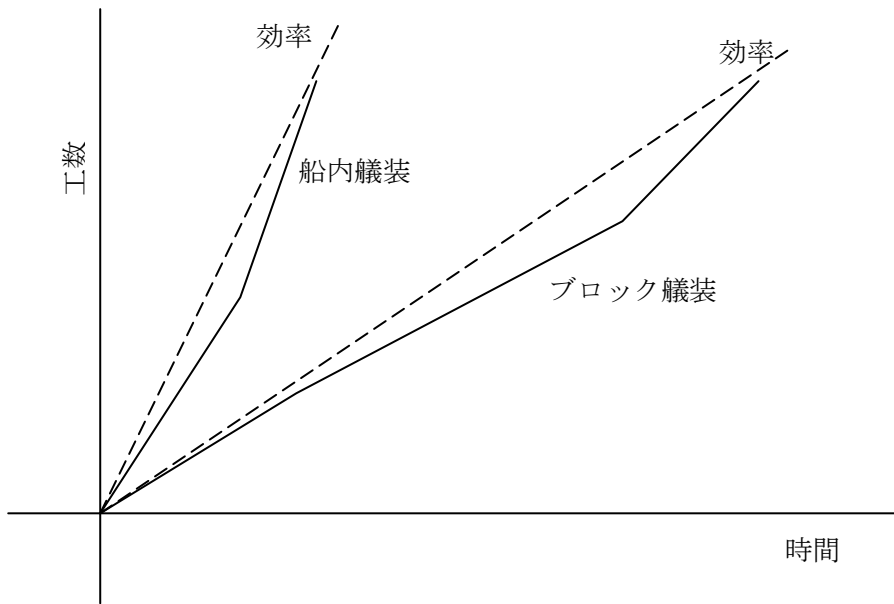


図 4. 10 艙装の電気工場における、電線を除いた全ての構成物における生産効率 (工数/パラメトリック構成物重量)

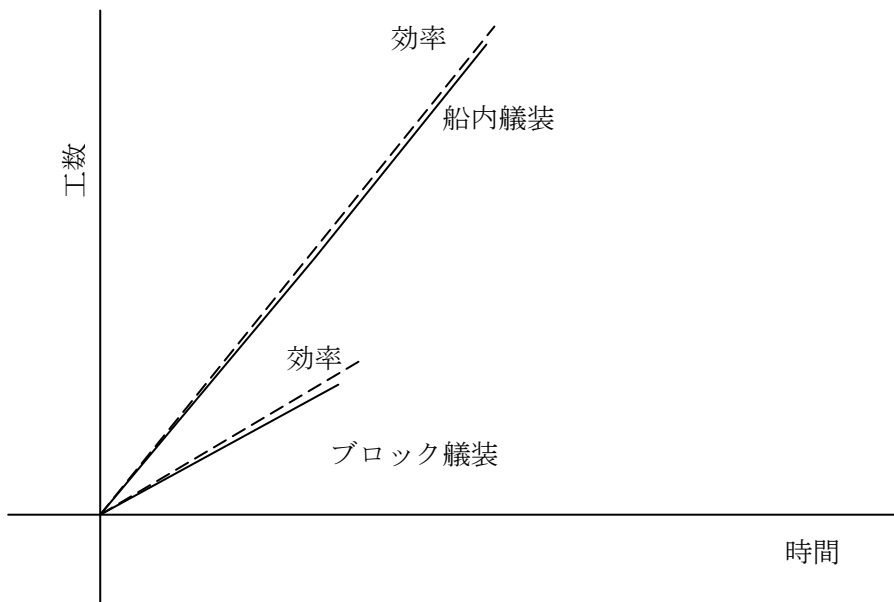


図 4. 11 艙装の電気工場における、電線における生産効率 (工数/パラメトリック構成物重量)