

部品化生産システムの開発と実用化

高田 博尾 三根 直人 櫛 隆
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

Development and Implementation of Parts Oriented Production System

by Hiroo Takada, Naoto Mine and Takashi Kunugi

Abstract

The authors have developed the "Parts Oriented Production System" (POPS) since 1995. "Parts-Oriented" is in contrast to "modularization and standardization of parts". Its intent is a drastic restructuring of the whole construction process. One of the goals for this development is "The life of a building is doubled, and construction cost and duration are halved." The main reason such extreme goals were established is that it could not be attained by mere extension of any existing construction system. The paper describes the development process from feasibility study to application. Through the development the pre-assembly method of building components and parts oriented interior finishing system are implemented. In addition to these, parts oriented design and procurement systems are studied. These results are developed not only for in-house activities but also for outside the company. The end of the paper addresses future challenges for the construction industry.

概 要

筆者らは1995年以来「部品化生産システム」の開発に従事してきた。筆者らの提案する「部品化」はいわゆる「部品のモジュール化、標準化」とは異なる。開発の最終目的は建設生産の全てのプロセスおよび情報の透明化を実現することである。システムは施工段階のみならず、建設の初期段階における企画・設計から部品の調達までを含んだ、建設生産プロセス全体の再構築を目指したものである。本報は、開発前のフィージビリティ・スタディに始まり、開発成果の展開に至るまでの経緯について述べた。開発を通して、プレアッセンブル工法、部品化による住宅内装システムを実現した。これに加えて、部品化設計、物流調達、部品化による鉄塔などを提案した。開発の成果は企業内のみならず、企業外にも展開した。最後に、建設における生産の改革のために今後チャレンジすべき課題について述べた。

§ 1. はじめに

近年の建築産業は構造的とも言われる未曾有の不況に直面している。現下の景気動向は従来の景気停滞とは明らかに異なり、建設業にとって昨今の状況は大きなターニングポイントとなる可能性を秘めている。したがって今後の建築生産に係わる者には、旧来の生産システムの思考をブレイクスルーした革新的な提案が望まれよう。

今日まで生産工程の改革に大きな影響を与えている概念として「部品化」がある。部品化の歴史はコルト社によるピストルの製造と、これを可能にした部品の大量生産に始まると言われており、これはフォード社のベルトコンベア生産ライン方式へと発展した。今日では、自動車産業などでより高い生産性を目指したモジュール生産方式へと発展してきている。

一方、建築の生産革新を図る国内・外の幾つかの研究會やプロジェクトにおいても、部品ないし部品化が基礎的な概念の1つとなっている。筆者らは1995年5月より建築生産の革新を目指して、部品化の概念構築と部品化による生産システムの再構築を目指し、本開発に従事してきた。本開発は技術開発担当福社長のトップダウンテーマとして発足し、技術開発部門を主体に進め、1999年11月に行なった技術開発担当幹部への報告会をもって終了した。

本報告は、4年半に亘る部品化生産システムの開発に伴う諸活動を纏め、文書による報告として残すとともに、今後この種の開発の進め方の参考資料を残すことを意図してまとめた。したがって、論文の体裁は必ずしも研究論文の形式とはせず、技術開発の報告書としての形式を採った。

先ず、開発の経緯を述べ活動の全体像を示した(§

2.)。以後、開発の推移にしたがって、フィージビリティ・スタディ、部品化生産システムの基本コンセプトについて述べた (§ 3. § 4.)。これに基づいて、開発の目的と目標値を明らかにして、技術開発に着手した (§ 5.)。この推進状況について述べた (§ 6.)。更に、企業内・企業外への成果の展開について述べた (§ 7.)。最後に、建設生産の革新をめぐる今後チャレンジすべき課題を明らかにした (§ 8.)。

§ 2. 開発の経緯

部品化生産システム (以後“POPS”: Parts Oriented Production System と略記する) の開発は宮武元副社長の指示に基づくトップダウンテーマである。当社において、このような生産性向上を目指したトップダウンテーマは概ね10ヶ年おきに発動されている。前々回は「生産性の物量視計測」、前回は石井元副社長の指示による「生産性向上活動 (通称: IPEC)」である。

そこでPOPSの開発においては、IPECの活動の進め方を参考とした。例えばPOPS開発にあたっては、「部品化」の技術開発とともに「部品化の概念」の啓蒙・普及を重視し、これを片方の軸とした。また技術開発ではコンセプト構築や社外との連携を重視した。

POPS開発の経緯を図-1に示す。POPS開発にあたって、まず「部品化検討委員会」を組織し、社内で生産に関わる各部署の副本部長・部長に参集してもらい、1995年4月から1995年9月まで約半年間、「部品化」をキーワードとした当社生産性向上に関するフリーディスカッションを繰り返し、部品化について全方面からその全体像を探った。

続けて、1995年10月から1996年3月まで約半年間フリーディスカッション(言語データ)のまとめを行い、その内容を分析することによって「部品化の基本コンセプト」の構築を目指した。

しかしながら「部品化」に対する個々人の思入れや経験則に基づく方法論やゴールへのベクトルに大きな差異が見られ一元化できる内容ではなかった。そこでPOPSに関しては、一元化よりも多元化の方が良い開発ができるとの判断から「部品化の基本コンセプト」は開発が一定期間を経過した後に再構築することとして、主幹の道筋のみを示すこととしてPOPSの「仮説の構造」を構築した。

「仮説の構造」では、一次展開をプロセス・プロダクト・仕組・部品の4つとし、プロセス開発はさらに7つのサブプロセスに二次展開した。開発はこの仮説の体系を証明することになる。

POPSの全体システムの開発は、先のIPEC開発の内容から想定して、総期間は10年程度かかり、参加者は15年程度必要であると想定した。また、担当コアメンバー人数などから3プロジェクトの同時遂行が限度である。そこで段階的開発方式およびアウトソーシングを採用した。

まず、プロセス開発に重点を置き、さらに二次展開の7のサブプロセスの中から、生産設計、調達・物流、組立の3つのプロセスを先行開発することにした。

また開発プロジェクトの発足にあわせて、部品化を全社化する主管として「部品化研究会 (三戸委員長: 建築本部長)」を組織し、半期ごとに開発の企画・調整・指示、さらに開発プロジェクトへの各部門からの参画メンバーの選定などを仰いだ。

「部品化研究会」の設置は、各本部ごとに重要な課題に対し、部品化による部門型の生産性向上テーマを

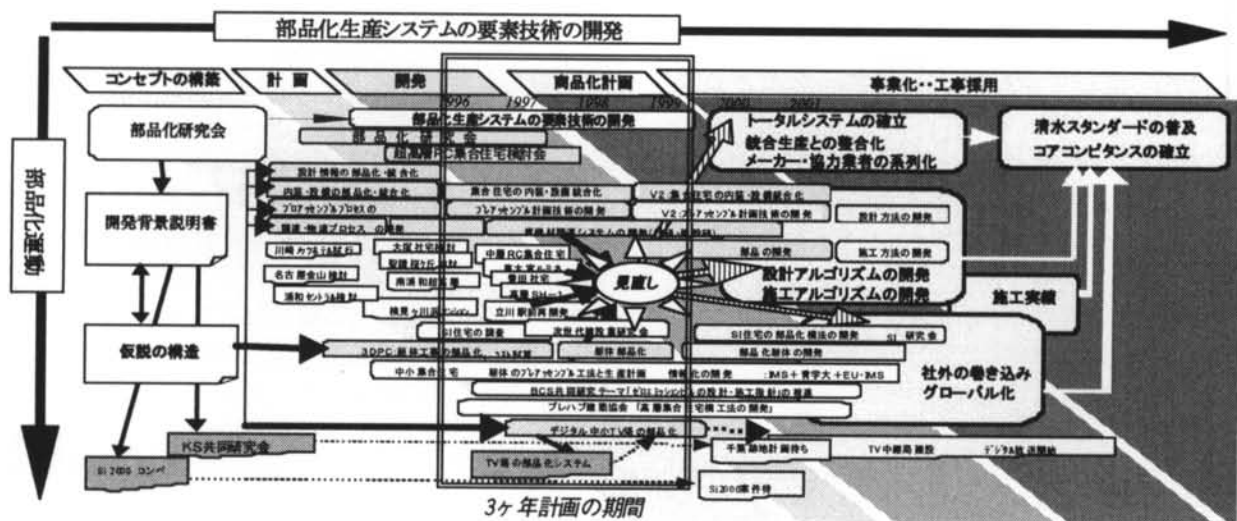


図-1 POPS 開発の経緯

生み出すのに大きな効果があったと考えている。一方開発の当初から片軸である部品化概念の啓蒙・普及については、社内外に向かって実施した。

社内に対しては、開発の現況を報知するために「POPSニュース」を季刊で発行した。また開発成果を随時知らせるために「POPSイントラネット」や「POPSライブラリー」の構築を企画したが、担当者の移動などによって中止した。

社外に対しては、部品メーカーでないゼネコンが行う部品化であることに焦点を当て、協会や受託研究のテーマに対して幾つかの概念提案を行ってきた。本開発は開発当初よりマイルストーン(部品化宣言年)を設け、1999年11月にレビューを受けた。

§ 3. フィージビリティ・スタディ

3.1 部品化検討委員会の設置と検討内容

本システムの開発に先立ち、具体的な開発テーマを抽出し、開発の目的・目標値を明らかにするため部品化検討委員会を設置し、フィージビリティ・スタディを行った。委員会メンバーの選出にあたっては、将来的に本システムと関連が深くなると考えられる所属(当時)すなわち、技術開発センター・技術本部・技術

研究所・建築本部・機械本部・購買本部・設計本部・国際統括室・統合生産推進室・開発計画本部より募った。この委員会内で、「部品化」をキーワードとしディスプレイカッションを行い、「部品化をバックボーンに据え

No10 タイトル：部品化生産システムの開発計画

- 今後の生産システムを検討する際には、ISO、国際化、CALS、規制緩和、オープン化など国内外の動きを、良く見回しておくことが重要である。
- マスターベーションにならない様に、エンドユーザー(設計本部、購買本部、建築本部)の参加が必要である。彼らのシビアな批判が必要である。また、こういう志向をもった人達はラインの中にもいる。
- エンドユーザーにはたたき台をつくってから参加してもらう。まず、どこから部品化の概念に入るか(仕上、鋼体などから入るか、コンクリート造、S造から入るか)、その進め方を決めておかねばならない。そのためには、もう少しコストを分析しておく必要があるのではないかと。
- 革新的なものはコンセンサスが難しい。当社全体のコンセンサスを得るのは大変であるが、必要である。報告できる大同のところをきちんとやっていき、10月の技術会議に中間報告できるようにしていきたい。
- 部品化は初めにコストを確定することになるが、工事現場の優秀な工事長は、CR1やCR2を重視している。部品化生産システムでこれらを無視すると、失敗する。現状の人事評価の方法、購買方法などに統合生産と同じ問題点がある。企業の本流の仕事のしくみがかわるのであり、現場で工夫できるような面もある。
- 3回程度の検討会では十分な議論ができない。もう少し多くした方がよい。
- 最初にフィロソフィー(概念、コンセプト、フレームワーク)をしっかりと書いておいた方が、先の開発がスムーズに行く。そのためバックデータの整理も必要である。
- 部品化は、すぐに展開できるものであり、もっと足元(設計、現業)をみてやる必要がある。
- 部品化でコストダウンが達成できるのか。コストダウンの方針を決めてから部品化に進んだ方がよいのではないかと。
- 大枠として5%のコストダウンをねらいとし、実現性の高い所を重点的に開発した方がよいのではないかと。
- 部品化とコスト半減(-50%)との優先度が不明瞭である。またコスト半減に至る間には種々の阻害要因(または前提条件)がある。この阻害要因(または前提条件)をクリアーしておかないといけない。
- 工事の原価分析を先にしておくことが重要である。メーカーを巻き込んで、材料費と労務費とを明瞭にして、さらに最終工費を明示して行う必要がある。
- 技術だけのコストダウンでは-5%程度が良い所だ。大幅なコストダウンをやるためには、システム変換、制度変更などがないといけない。
- コスト半減への道程としては、第1回検討会でのOHP説明の外に、たとえば、設計(0.7)×生産システム(0.7)×市場・調達(0.8)×契約(0.9)=0.35のように考えてもよいのではないかと。
- 現状でも、働いているか進んでいるのか分からない作業者が多くいる。かれらを生産作業に仕向けることも大切である。
- 海外の工業化・部品化の先進的な事例を応用するために、海外(特に欧米)研究者を有期(例えば5年)で雇う。円高により年収は10万\$程度と安い。

表一 仕組・技術の提案(X) - 開発計画

No11 タイトル：システム設計

- 部品化の考え方がまとまると、設計の内容や方法・見積の内容や方法・施工の内容や方法などが、現在の方法と違ったものとなり、そこからコストダウンが可能が出てくる。
- 複数プロジェクトを群管理とすることで、共通部品を一括発注できる。発注ロット数を増やすことで部品単価を下げられる。また仮設資材、機械、労務なども柔軟に共通利用する。
- 部材の持つ機能を融合し、新しいユニットとして部品化する。これによって、作業での加工を無くするとともに、部品間の接合を単純化し、工事現場での作業工数を削減する。

No12 タイトル：コンカレントエンジニアリング

- コトワレトワレツク(設計、施工(材料/労務/同時生産方式))を導入し、工事工期を大幅に短縮し、この短縮期間相当経費減+設備利益を得意先と当社で折半することを考える。
- 並列生産方式により工事工期を大幅に短縮でき、仮設費、管理経費など多くの面でコストダウンが図れる。
- 各部品の製作リードタイム、調達リードタイムを考慮して、部品の生産計画の精度を向上して部品の在庫を少なくする。

No13 タイトル：市場

- 市場をしぼる。その市場に合致した(例：刑務所)市場対応加算とする。
- 東南アジアは、GNPの伸び、技術力の向上、日本からの距離、などいずれを考えても今後もっとも重要な国々である。
- 全市場の実施可能率は、ライン天井は100%であり、その中50%は可能であると見ている。また橋本フォームや工事店の受注および工事消化能力は十分にある。
- 設備本部では、仕上工事込み設備工事は当社にも有望であるとの判断がある。部品化という言葉にはならなくても、ゼネコンの優位性を示せるものを作る(設備と内装・鋼体等の融合)。

No14 タイトル：オープン化・企業連合・コンソーシアムなど

- オープン化しても差別化できるプライベートブランドをつくる。自動車産業でも部品の共通化がおこなわれているが、トヨタと日産のブランドの違いは、生産システムの違いによるものである。
- 部品化すると何故コストダウンとなるのか?をきちんとしなければならぬ。また、コストダウン出来たとしても、当面は当社だけのもので、メリットがあるものをねらう。プライスは市場で決め、ネットコストは下げられるようにしておく。プライスダウンは、当社の置かれている状況により異なって来る。
- 部品のロット生産、海外で部品を製造した場合の部品搬送やロジスティクスを考慮すると、部品のオープン化は大手5社など他社と一緒に行う必要がある。
- ユニティ化コンソーシアム等も今後の検討となる。この場合、コストダウンが必要な部材を他社と一緒に決めて、順次やっていくことになる。
- ゼネコン、サブコン、材料供給業者、部品メーカー、アッセンブラーなど複合企業の協力が無いと部品化ははずまない。
- オープン部材に関しては、アッセンブラーを業界としてやらないと部品化は成立しない。

No15 タイトル：事業主体

- 部品化された部材をロボットなどの機械を利用して、工事現場で組立てる専門会社を設立する。この会社はロボット、機械等を保有するとともに、ネットワーク能力を持つ。(例えばIT専門業者など)
- クレーン、ELVなど海外からの資材輸入では入って来るまでは良いが、それをメンテする体制ができないと使えない。結局30%以上となっている例が多い。

表一 仕組・技術の提案(A) - POPS全体

No16 タイトル：コストダウン

- 部品化と労務量、コスト、などとの関係を明らかにしたい。例えば、工事現場では省力化ができて、プラントでは増員ではコストダウンは達成できているとは言えないのではないかと。
- なお同一規模でも同一国の建設場所による費用差も大きく米で20~30%違う。この詳細は、ENR(2001年7月)に出ている。また建設コストのロム比較についてはコスト比較(購買力平価で見るとしても)よりは労働生産性や資材物量での比較の方がより良く比較できると考えている。
- 従来のシステム天井の組立手順や方法をゼネコンの誰から見直し、ムダな部分をなくして行きコストダウンが達成できた。
- 部品レベルの精度や範囲を決めて従来の流通システムを変更し中間マージンを少なくし、また従来のシステム天井の組立手順や方法を変更してコストダウンを図った。
- 廃棄物がほとんどなくなる。
- 部品化率の向上がローコスト化に比例するロジックを構築する必要がある。
- 設備工事の部品化では、とにかく部品点数を少なくして、単一職種でやるのが重要である。ライン大計では、労務で6%減となり、取極単価を2%下げることができた。
- 日本では、図面から中途半端なのでコストが分かる。ゼネコンとして徹底的に完成度の高い図面をつくるか、業者に依存して全く図面を作成しないかなど思いついたことを考えたほうがよい。
- SDでは多くの必要職種・工程を少なくし、数をまとめることでコストダウンが可能と考えている。

表一 仕組・技術の提案(C) - コストダウン

て、コストを半減する、清水建設が利益を上げる仕組・技術の提案書」を作成した。これはディスカッションで述べられた意見を下記の大項目で集約・整理したも

NoD1 タイトル：海外部品発注・製造

- 東南アジアで部品を製造する場合、労務者費をゼロと考えて良い。
- 海外と一口に言っても一般論では通用しない。個別案件毎、工事担当者毎に違うことをまず理解しないとイケない。
- 建設業者は商社的な動きしかできていない。海外資材をより安価にするにはメーカー的な観点からの動きが必要である。
- 海外（東南アジア）で部品の開発までやってしまう、ことも考えて良い。
- 海外で部品を作る場合には、（設備投資に見合った量で）毎月の生産高を一定にしたい。品種は少なくしたい。
- 「製品精度」は、発注前に十分に取決めておけば十分に国内向けに対応できる。
- 実績作りが重要である。ただし耐久性（品質）の観念に乏しいので、ここに注意してクリアする努力が必要となる。
- 海外メーカーを利用して、部品を安価に購入する。さらに部品を海外でプレアセムルすることで付加価値を高める。
- 部品製作能力のある海外メーカーと提携または吸収合併して、海外のリソースを用いた生産体制を整備する。
- 日本産業空洞化など日本の労働環境や部品製作環境を見直し、海外でその環境不良を考慮にいれた部品（例えばパナソニック）を作って、日本で組立てる。日本では高くても海外では安いかもしれない。

NoD2 タイトル：発注方式・購買方式・取極め

- 当社はSDの部品の設計はせず、メーカーに設計させそれをもとに設計を直す。その場合、寸法も直すことがある。継続的な発注を前提にして標準化すればコストダウンできる。メーカーにどう発注すればよくなるかを知ることが大切である。
- 建築物の設計から、部品の製作図までを清水建設が作成し、これを海外のパーツメーカーに渡して部品を製作するなどの、一貫システムがないと本当の安価な部品を得ることはできない。
- 製作図のノウハウを持っていないと、利益は彼らのものとなる。
- 発注ないし開発時点で、部品のコストを決めておくことが重要である。すなわちメーカーに乗り込んで、単価も開発条件とする必要がある。ただしロット生産となり、それを当社の責任で考えることも必要となる。
- スマートシステムの取極めでも搬送業者から取り上げている。実際の搬送は、軽いものも重いものも15ton クレーンでやることになる。
- 労務の取極めでは、やったことがないので従来+αでくる。搬送が低減されるという実感はあるが、取極めに反映することがむずかしい。
- 統合生産でもイージーオーダー的なやりかたをしているので、新しい購買方法を購買といっしょに検討している。
- 統合企画室が作成中のビジョンにも、購買や業者との関係について新しい視点が盛り込まれることになる。
- 現下のゼネコンは「発注」が分かっていない。建築図面は絵であり製作図ではない。したがって部品化した場合には、ゼネコンは製作のディテールが分からずに、製作図を作ったメーカーの言い値を信じる外ない。
- ゼネコンは、基本設計図から部品製作図まで一貫した情報を持たないと、上手い所はメーカーに取られてしまう。
- 統合生産では、プレデザインシステムとしてモデルプロジェクトで製作図をおこしているが、コストダウンには至っていない。
- 部品化しても工事契約に反映できないとイケない。新しい省力化工法を開発しても現状の取極めでは、旨いところは全てサブコンに入ってしまう。現在でも常用取極めなどにより苦心している。この仕組みまで立入らないとダメである。
- 部品化は、部品・部品に伴う性能・部品組立に伴う仕事・契約など、各々のインターフェイスを明確にできる。これを生かしたしくみが重要である。
- 部位別（部屋別、ユニット別など）の職人管理（同グループ化）が、本開発の施工面で重要と考えている。究極的には1職種（1グループ2人程度）による作業が最も良いと考えている。
- 海外でプレアセムルするには取付け業者が問題となる。国内の取付け業者との契約・関係に注意しなければならない。彼らの儲かる所だけを海外輸入したのでは、業界からはじき飛ばされかねず、その後の彼らの協力が得れなくなる恐れがある。
- 材料と労務とを分離して契約できるようになり、材料・労務に関する合理化努力が当社の利益率向上に直結できる。
- 部品の発注および部品の製作管理に手間がかかなくなるようになる。これらの3タイプの要因を潰さないといけない。
- 現状の現場労務の取極め形勢より、部品化導入によって取極めのダウンが実現できるようにしなければならない。
- 円高ドル安と言っても円/\$比だけが大幅に変動したのみで、アジア通貨/円の比はその半分程度の変動していない。
- 労務は部品化すれば下がるが、発注が持続しないので高くなることが多い。
- アメリカの建設コストとの差については、投入労務量が少ないこと、工法がすっきりしており、サブコンが効率を上げられるパッケージで発注が行われることなどが要因である。
- 材料と労務とを分離して契約できるようになり、材料・労務に関する仕上・設備工事の原価が明確化され、また合理化努力が当社の利益率向上に直結できる。

NoD3 タイトル：共同開発・協力業者の選定

- 良い（中規模で設計力があり、小回りもきき、進取性に富む）メーカーを探すことが最も重要である。
- 日本から東南アジアに進出した企業、例えば自動車の進出下請企業を利用することも良い方法である。
- 部品化については建設業以外の産業例えば自動車産業などを利用した方が良い。
- 海外メーカーの技術レベルは高い。台湾の工場では鋼板の折板加工も十分にこなしており、日本へ輸出している。

表一4 仕組・技術の提案（D）－部品の発注・購買

のである。すなわち、A：POPS全体、B：システムで扱う部品、C：コストダウン、D：部品の発注・購買、E：施工、X：本システムの開発計画、である。各項目をさらに複数のキーワードで分類・整理したものを表一1～6に示す。

表一1はPOPSの狙い、保有すべき機能および運用

NoE1 タイトル：プレアセムル

- 部品化では、オープン部材のプレアセムルと荷姿（搬送）に視点をおかないといけない。特に搬送には多量の労務が必要であり、この解決が必要である。
- プレアセムルにより労務を要え、接合・機能を要していく。それが建築生産のリストラクチャリングになる。
- 並列生産方式により工事工期を大幅に短縮でき、仮設費、管理経費など多くの面でコストダウンが図れる。
- ロードで安価な機械化ができる。それにより作業主体を作業員から機械へと移転でき、機械を主体とした部品化（重量、規模、精度等）が出来るようになる。上昇率のおおきな労務費より、比較的安定している機械リース費が多くなる。
- 作業が定型化でき、作業習熟・未熟練工化・多能工化ができる。
- 型枠大工、鉄筋工などの熟練工から、嵩、土工などに変化させられる。
- 細分化した専門システムから多能工化できる。
- P C a工場での設備・仕上工事のプレアセムル化により、工事現場作業が容易となる。
- 部品の仕掛品を安い単価で大量に仕入れ、現場の簡易ラインで仕様に合わせて製作する。
- 部品を工事現場敷地内でプレアセムルし、モジュールを構成して施工階へ投入する。これによって平行作業が可能となり、工期短縮が実現できるとともに、部品・人・機械の移動が減少して稼働率が上がる。

NoE2 タイトル：物流・搬送（海外資材の搬送を含む）

- 部品化では、オープン部材のプレアセムルと荷姿（搬送）に視点をおかないといけない。特に搬送には多量の労務が必要であり、この解決が必要である。
- シブキー日本港と日本港～工事現場の輸送費は、ほぼ同等と考えて良い。
- また、搬送をトラック一杯で運ぶという考えをやる。
- 重要なのは、複数現場での搬送をどのようにするか、また製造した部品を如何にJ I Tで工事現場に届けるかなど、すなわち部品のロジステックスである。
- 業界としての搬送の規制緩和への対応が必要である。
- 搬送の機械化でネックとなるのは荷姿であり、それが部品化モジュール化により標準化されれば搬送コストが下がる。
- 海外で部品を製造する場合コンテナで海上輸送することになるので、コンテナに十分つめるモジュールを考えねばならない。
- ユニツ化された部材を搬送専門チームが企業により作業現場へJ I Tで供給する組立作業と搬送作業の主体を分離することで、作業効率・組立および搬送機器の稼働率をあげる。
- 部品化を図ることで、搬送物の形状がバターン化され搬送効率のアップ、および現場内の組立工事を多能工で作業できるようにし、結果的に作業効率のアップ、労務費の削減を達成する。
- 部品化された資材の現場までの搬送費のアップを回避する。
- 部品化により一般に現場内の搬送重量がアップするので、従来の揚重・搬送機械での対応を見直す。
- 標準部品を現場仕様に加する機能を持つ、物流センターを各拠点に設置して、複数現場の部品を群管理する。
- 海外から部品を購入した際の費用は工事現場渡しで、P C 部材の例で80%程度、したがって付加価値を高めれば（鋼板石打込P C板で15%）この比率は小さくなる。
- 二国間貿易も検討した方が良い。例えば一旦タイからシンガポールに輸出し、これシンガポール（自由港）から日本に輸出した方が安くなる場合もある。
- C A L S化により最安海外市場を見いだせるようになる。
- 今後の建築モジュール寸法は、海外資材の輸送に合致した数値となる。例えば、柱スパンは、コンテナ寸法に近づけるのではないかと。

NoE3 タイトル：現場作業の合理化

- 部品化により、非熟練労働者による組立てを可能にする。これらの労働者で部位別にチームを編成し、チーム編成を柔軟に変更することで作業者の稼働率を上げる。ただし綿密な工程管理が必要となる。
- ロードで安価な機械化ができる。それにより作業主体を作業員から機械へと移転でき、機械を主体とした部品化（重量、規模、精度等）が出来るようになる。上昇率のおおきな労務費より、比較的安定している機械リース費が多くなる。
- 作業が定型化でき、作業習熟・未熟練工化・多能工化ができる。
- 型枠大工、鉄筋工などの熟練工から、嵩、土工などに変化させられる。
- 細分化した専門システムから多能工化できる。
- 今後はライン天吊組立後の配線ないし接合作業も（住宅メーカーのように）同一職種で、一人で実施できるようにしたいが、法規面や配線ミス不安などがあり、まだ実施していない。

NoE4 タイトル：接合方式

- 部品化が進むと接合方法がポイントになる。今後の国際標準の流れから、接合もいくつかのパターンとし、国際標準になりうる「清水の接合法」を早めに考えておいた方がよい。
- 組立性評価のような部品化評価の基準を提案できるとよい。
- 自動車産業の部品精度は×10⁴mmレベルであり、また部品の組立て、組込み技術に優れたものがある。この技術を部品化に生かされるべきである。
- パカション方式による接合を目指す。部材を厚くだけ・敷くだけ、すなわち、接合作業の極小労務・コストを狙う。

表一5 仕組・技術の提案（E）－施工

NoB1 タイトル：部品化設計

- 「意匠設計の前の部品化」も考えた方がよい。 設計者にとっては部品化することにより、品質の確保が確実にできるようになる。また、部品化することによりできる新しい空間、意匠があるのではないか。
- 内装・設備関係資材を部品化し清水標準設計とする。部品は設計ライブラリーに蓄えられ、設計者はそれらの中から仕様に合わせて部品を選択することで、設計を進められるようにする。
- 部品化することで、新たに設計する部分と標準部品を利用した部分の設計を分けコンカレントデザインを実現する。これによって設計リードタイムを短縮することができる。
- 各建築物の部品化を図る上で共通化を実現することで、設計およびそれにまつわる管理作業・費用の削減を達成する。
- 部品の設計数や設計変更の頻度により部品を層別して、部品コードのみで管理できるものを増やす。
- 部品の設計段階で現場での組立性評価を徹底して、現場での労務を削減する。
- 同一スペース（部屋など）内では徹底して同一部品を使用する。すなわち部品削減を、設計時と施工も考えて行う。こうして作業のムリ・ムラ・ムダのない部品となる。

NoB2 タイトル：規格化・モジュール化・標準化

- アリマック社はもっともモジュール化に力を入れている企業である。彼らは在来技術を70% 残して、新技術を30% に留めて在来システムに乗りやすくしている。
- 日本で米同並みにするには、業界内での規格の統一、ファブ標準化などを進めないとけない。
- プレデザインも天井裏に隠れてしまう部分や水周りなど70%は標準部品化、玄関まわりなど30%は個別対応によるイノベーションが可能と考えている。しかし、客先には一品生産といっている。
- 同一部品とは何かを考えた方が良い。すなわち部品製造機からの同一部品規、部位に必要な機能からの同一部品規も考えて良い。
- 規格化により、接合作業の専門家化や未熟練工化、仕上・設備工事の未熟練工化・アルバイト化・主婦作業化が達成できる。
- 部品をプレアッセンブルした物について、プレアッセンブル機械の制御により、プレアッセンブルした物の規格化・モジュール化・標準化が考えられる。
- 今後の建築モジュール寸法は、海外資材の輸送に合致した数値となる。例えば、柱スパンは、コンテナ寸法に近づくのではないかと。

NoB3 タイトル：情報

- 情報インフラを整え、データの蓄積・再利用を進め、計画・管理の効率化を図る。それと同時に、情報の公開、非公開を峻別し、現場管理者の個人ノウハウの保護を保障する。モチベーション、社内競争力の維持を図る。

NoB4 タイトル：部品開発

- 部材自体に生産情報を持たせ、加工・組立・搬送の指令を自ら発して、機械や作業者に伝達する。
- すなわちDNAを持つ生物型生産システムの細胞部品を開発する。
- 細胞部品（シャープの液晶のような）を開発できれば、全てよし。

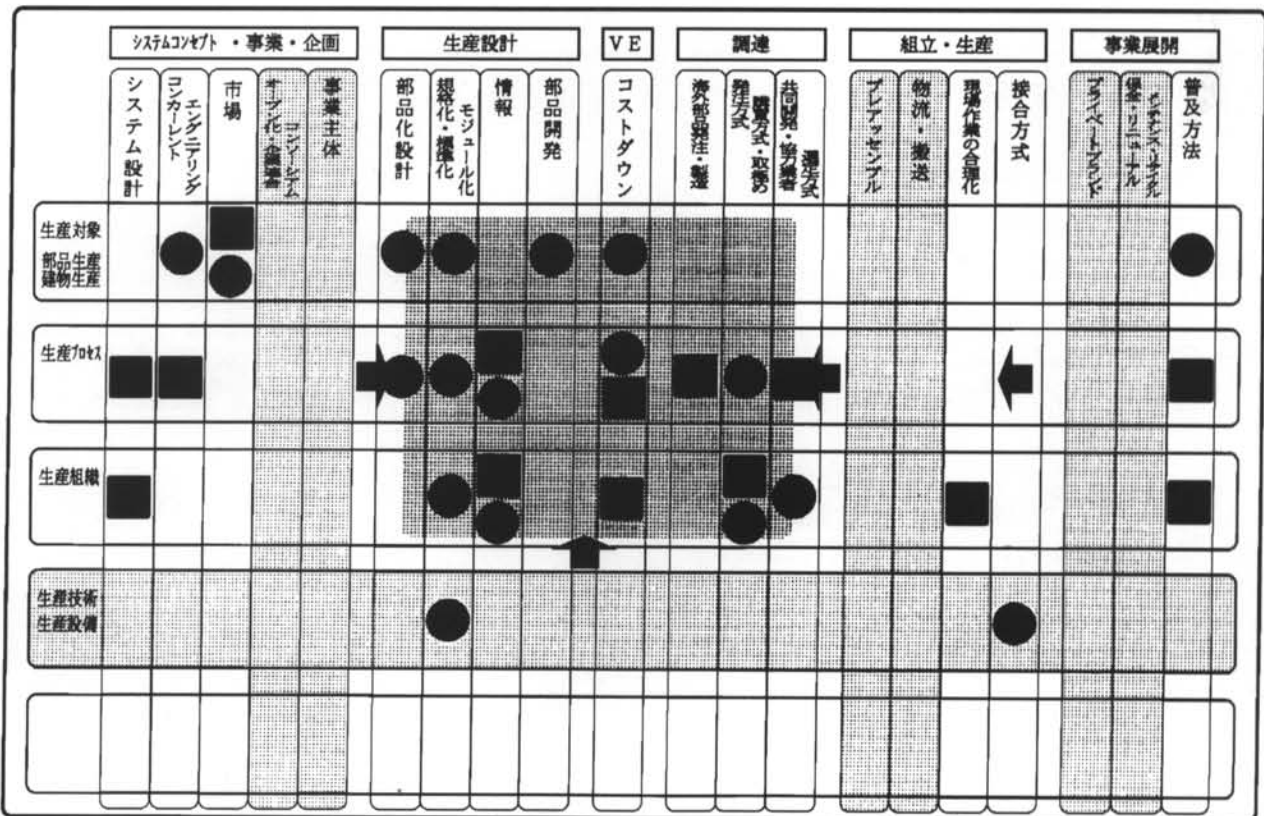
表一六 仕組・技術の提案（B）- 部品

に関する内容である。表一2はPOPSの開発計画に関するものであり、開発の進め方、留意事項についての記述である。表一3はPOPSによるコストダウン手法についての記述である。表一4は部品の発注・取極めについての内容であり、調達段階で如何にコストダウンを達成するかについての記述である。表一5は部品化により、現状の施工がどのようになるか、または何が可能となるかについて記述されている。最後の表一6はPOPSにおける部品を中心とし、部品化設計、規格化・モジュール化についての内容である。

部品化検討委員会では上記のディスカッションに平行して、POPSのフレームワーク（図一2）について検討した。同図は横軸の各項目と縦軸の開発の狙い（部品・建物、生産プロセス、生産組織、生産技術・設備）との対応を表現するものであり、その後の開発の羅針盤に相当するものである。表中のハッチング領域がPOPSの開発対象領域であることを示しており、社内で先行して行われていた他プロジェクトの開発対象領域を■印または●印で示し、POPSと他プロジェクトとの関連を明らかにした。

3.2 POPSの全体像

前節における検討結果を踏まえ、POPSの全体像を明らかにした。図一3は従来の建築生産プロセスに従い、POPSのプロセスを説明するものである。図中には



図一2 POPSのフレームワーク

各プロセスの機能は何か、そのプロセスで如何にしてコストダウンを達成するか、その方法を記述した。図-4は図-3を図化したものである。全プロセスを構成する各ステップの概要を以下に示す。

3.2.1 マーケティング・ステップ

一般製造業においては、製品市場の将来動向を予測する上で極めて重要なステップである。これと同様

に、本ステップにおいて市場の動向や顧客ニーズの変化に合致した建築空間、それらを構成する部品の先行造り込みが可能になる。

3.2.2 部品化設計ステップ

建築空間の意匠設計、機能設計および生産設計(部位や部品展開、部品の設計・製造、調達、組立性評価)などの計画を行うステップである。ここでは、費用・

| プロセス | 機能 | コストダウン方法 | 事業 |
|---------|--|--|----------------------|
| マーケティング | ・本システムが適用できる物件の市場を予測し選り込む。 | ・物件数を増やす。 ・受注予測をし、平準化する。 | ・ディベロッパー |
| 部品化設計 | ・オープン部品や開発部品を使って顧客が満足する品質の建物を設計する。 ・当社独自の部品設計を行い、設計自由度を高め差別化する。 | ・部品の種類を減らし量をまとめる。 ・安い部品を使用する。 ・組立てやすい部品を採用する。 ・品質確認・検査が容易な部品を採用する。 ・設計段階でコスト削減を行う。 ・ライフサイクルを考慮する。 | |
| 部品生産 | ・開発部品を生産する。 | ・部品化設計件数を考慮し、計画生産を行う。 ・他産業の生産施設、技術を使用する。 | ・超部品開発のベンチャービジネス |
| 調達・物流 | ・複数の建物に使用する部品について集中購買を行う。 ・現場が必要とする時間に必要な量および品質を納入する。 | ・部品の購入量を増やし、価格を下げる。 ・搬送費を低減するように荷姿を規格化する。 ・取引条件、商習慣および配送方法を見直す。 ・作業所での受渡し、荷役の方法を見直す。 ・情報伝達方法を見直す。 | ・建設物流センター |
| プレアセンブル | ・組立て作業を現場の工程と分離する。 | ・職種の統合により職種および工数の低減を行う。 ・並行作業により工期短縮を行う。 ・現場の管理工数を削減する。 ・海外でのプレアセンブルにより工費削減を行う。 ・安価な機械により工費削減を行う。 ・柔な姿勢での作業により効率を高める。 | ・プレアセンブラー (PC+設備+仕上) |
| 搬送・組立 | ・部品を所定の位置まで迅速に搬送し組立てる。 | ・パッケージ搬送により搬送効率を高める。 ・部品納入、搬送、組立ての工程をクリティカル化し、工期短縮および作業能率を高める。 | |
| メンテナンス | ・建物の品質を長期間維持する。 ・時代のニーズにあわせ、建物品質を向上させる。 | ・寿命のきた部品は交換する。 ・交換したい部品のみ、新製品にする。 | ・部品配送、交換 |

図-3 POPSのプロセス展開

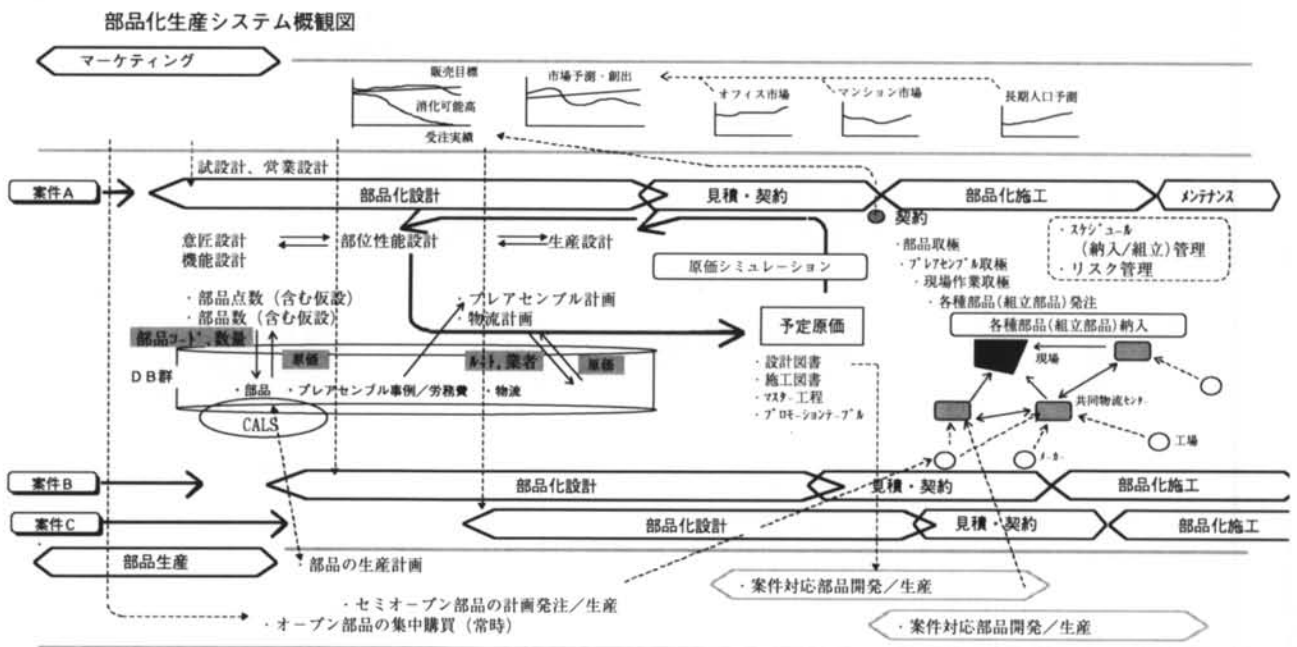


図-4 POPSの概念図

工期・品質・安全・環境負荷などをシミュレーションし、事前に適確な評価が可能となり、目標達成の手法やレベルも合理的になる。

3.2.3 見積・契約ステップ

本ステップでは、現状の部品価格よりも、部品価格の構成とその比率はどのような要因により変化し決定されているか、さらに工事に投入される材料・労務および運送などの費用が透明性・客観性をもって分離されているかが重要なファクターとなる。

3.2.4 部品化施工ステップ

本ステップは調達・物流ステップと施工計画・管理ステップで構成される。調達・物流ステップは複数の部品メーカー、流通業者、施工業者および工事現場を対象とした集中購買や物流効率および各工事の工期に同期したJIT (Just In Time) 納品が重要なファクターとなる。

施工計画・管理ステップでは、部品の組立作業をいつ、どこで、どのような職種が行うかが重要なファクターとなる。従来のように組立部品の種類から施工業者が決定されるのではなく、例えば多能工を使って現場の中あるいは外でのプレアッセンブルを実施する場合、どのような仕様が適当かが問題となる。

3.2.5 メンテナンスステップ

今後の建築空間には性能の規定化とともに長寿命化などの持続性が求められる。部位を構成する部品が取り外し交換可能であること、その部品が何らかの処理を伴って再利用できることは本ステップの重要な技術であると考えられる。

3.3 開発計画の策定

検討委員会では開発テーマ立案に向けさらに議論を継続し、コスト、事業、調達、部品構成、プレアッセンブル、物流の6項目について短期テーマ、中期テーマ、その他留意事項を抽出し、表一七にまとめた。この結果をもとに、比較的短期間(2年程度)で実現可能な、POPSの全プロセスが稼働しなくとも単独である程度の成果が期待できることを狙い、以下の三つのプロセスの開発を他のプロセスに先行して実施することとした。三つのプロセスとは①部品化設計プロセス、②調達・物流プロセス、③プレアッセンブルプロセスである。

また、これらの3プロセスとは別にその他のPOPSの各プロセスについてのフィージビリティ・スタディ(F/S)および全体システムの将来的な運営の検討を実施するプロジェクトを発起した。上記3プロセスの開発およびF/Sプロジェクトの主な開発内容は次のとおりである。

| | | |
|------|-----|---|
| コスト | 短期 | <ul style="list-style-type: none"> 部品化生産システムの開発として取組む範囲と方法を決定する。 当社が部品化生産システム事業として取組む範囲と方法を決定する。 サンプル調査し、原価の低減方法と効果、メーカー側から部品化設計と発注へのニーズを調査する。 |
| | 中期 | <ul style="list-style-type: none"> 部品化生産システムを試行実施し、現場・メーカー・協力業者のコスト分析 主要部品のコスト関連のDB化と設計時の実行予算を決定できるシステムをつくる。 当社の部品化生産システム事業の範囲、経営資源の投入計画、効果の評価を検討する。 |
| 事業 | 短期 | <ul style="list-style-type: none"> まず部品が先にあるという前提で生産のプロセス、組織機能を考える。 設計方法がどのように変化するか、構工法専門のコンサルティングの可能性など プレアセンブリ専門組織の可能性、オープンな1次部品を組合せて、部位レベルの2次部品を計画・供給する組織など 前記のような検討の結果、たとえば、必要となるソフト、データベースなど、事業(生産組織構成)の側面から考えられる問題 |
| | 中期 | <ul style="list-style-type: none"> 検討された事業(生産組織形態)を前提に、品質保証の仕組、リスクの管理方法、利益確保の仕組などを検討し、そこから必要とされる開発テーマを抽出する。 生産組織の検討から、部品のあり方を規定してみることもできるかもしれない(例:ある事業として成立する部品構成) |
| | その他 | <p>検討にあたってチェックするポイント</p> <p>【開発の対象】</p> <ul style="list-style-type: none"> 清水にとってボリュームの大きいものにするのか、大型・特殊案件に係るもの <p>【開発の範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> 清水内部の生産システムの革新か、新規の事業の展開か <p>【開発の内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> メーカーになることも考えるのか、ゼネコンの位置に留まって考えるのか オープン化とゼネコン清水の利益確保が背反しない仕組みができるのか そのためには何をコントロールするのか <p>【開発に際しての注意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> マーケットに対する配慮 事業化に当たっては、どこで清水が儲けるかを念頭に置く。 事業内容は清水の企業風土を考慮して本業に近いものにする。 国内で難しい構工法は海外で試行することも考えられる。 新システムへの移行のシナリオも必要。 【生産システムは一種の情報システムであるという視点 バーチャルコポーレーション、ネットワーク組織、エージェント概念、など。 |
| 調達 | 短期 | <ul style="list-style-type: none"> 廃棄物、仮設資機材の現場間有効利用(同時期施工現場の残土の有効利用、PC部材・大パネルの現場間転用) 加工工程を持つ資機材の直接現場加工できる部材、あるいは製造できる工場設備の共有化を検討する(ex. 鉄骨のミルエンド加工) 海外調達に関する契約方式を、品質保証を含めて部材ごとに確立することを検討する |
| | 中期 | <ul style="list-style-type: none"> アジアに工場を持つ海外の部材メーカーと共同で日本仕様のシステム建築部材を生産し、これを利用した構工法の開発を検討する。 CALS利用の購買システムを検討する(資材コードの統一) |
| | その他 | <ul style="list-style-type: none"> 製品として品質保証されているものを、異なるメーカーから購入して組み立てて製品とする場合の品質保証の仕組について検討する。 付加価値を組込んだ部品を海外調達する。 構造的な円高ドル安を積極的に利用する。 |
| 部品構成 | 短期 | <ul style="list-style-type: none"> PC工場における生産方法を、部品化による量の確保と標準化を前提に見直す。 型枠工事について、輸送効率が高い形態でかつ解体作業がなく取付けの容易な工法を検討する。 パソコン制御加工機を利用した鉄骨等の現場加工を検討する。 工程の単純化、職種の削減、部品点数の削減を内装・設備の一体化により実現することを検討する。 これらの部品について、既存量産品の積極利用、海外生産の利用、部品のオープン化・標準化・共通化により部品コストの削減を検討する。 |
| | 中期 | <ul style="list-style-type: none"> 単純工(少数の管理専門職とパート・アルバイト)ですべての施工が可能(職種は1職種)または、工程数を極小化できる生産システムを躯体、内装、設備について検討する。 |

表一七 テーマの抽出

1) 部品化設計プロセス開発プロジェクト(F/S)

- ・オープン部品や独自開発部品を使用し、顧客が満足する建物を設計する方法
- ・当社独自開発の部品設計を行い、設計自由度を高め差別化する方法

2) 調達・物流プロセス開発プロジェクト

- ・必要な部品が適切な時期に工事現場に搬入される仕組み(JIT)
- ・複数の建物に使用する部品についての集中購買方法

3) プレアSEMBルプロセス開発プロジェクト

・組立工程を現場の工程と分離し、大幅な生産性向上を達成する方法

4) POPSの開発企画(F/S)プロジェクト

・POPSの各プロセス(マーケティング、部品生産、搬送・組立、メンテナンス)についてのF/S

・POPSに関わる新しい事業分野の調査、トータルコストの分析についてのF/S

・POPSの運営・社内組織についてのF/S

・部品化生産事業における部品メーカー、搬送業者等との協力体制に関するF/S

・POPSにおける部品共通化などに関し、BCS(建築業協会)、建設省などとの共同研究・開発の可能性を検討する。

・プロダクツ開発(一般建築物、特殊建築物、震災復旧事業およびオープン部品など)についてのF/Sを実施する。

上記の3プロセス開発の相関のイメージを図-5に示す。また開発プロジェクトの全体スケジュールを図-6に示す。全開発工期は1996~2000年度の5年である。上記の主要3プロセスを要素技術開発と位置づけこれらの成果は3年目より試行を実施し、その後展開を図る。また継続するF/Sテーマにおける検討をベースに開発着手可能と判断されるものについては逐次実施し、先行開発テーマとのリンクを図る。同時に

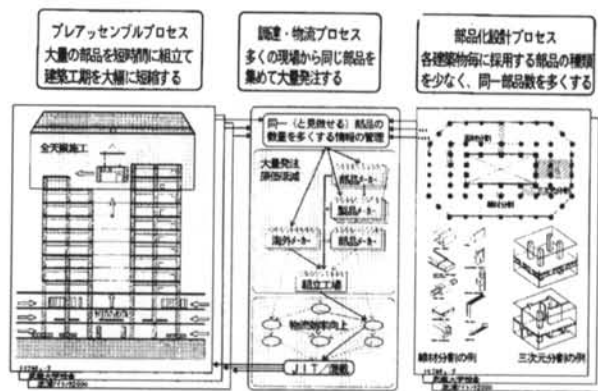


図-5 テーマ相関

1996年よりプロダクツ開発に着手する。開発着手3年経過時点(1999年度)において、その時点までの全開発(プロセスおよびプロダクツ)成果をもとに社内レビューを実施する。1999年以降は社外研究期間、メーカーとの共同研究・開発を実施し、POPSの効果をさらに高めることを狙う。この時点において試行工事数件を経験し、2001年度より広く現場への普及を図る。

§ 4. POPSの基本コンセプト

4.1 基本コンセプト

§ 2. 開発の経緯で述べたように、フィージビリティ・スタディ期間におけるディスカッションをもと

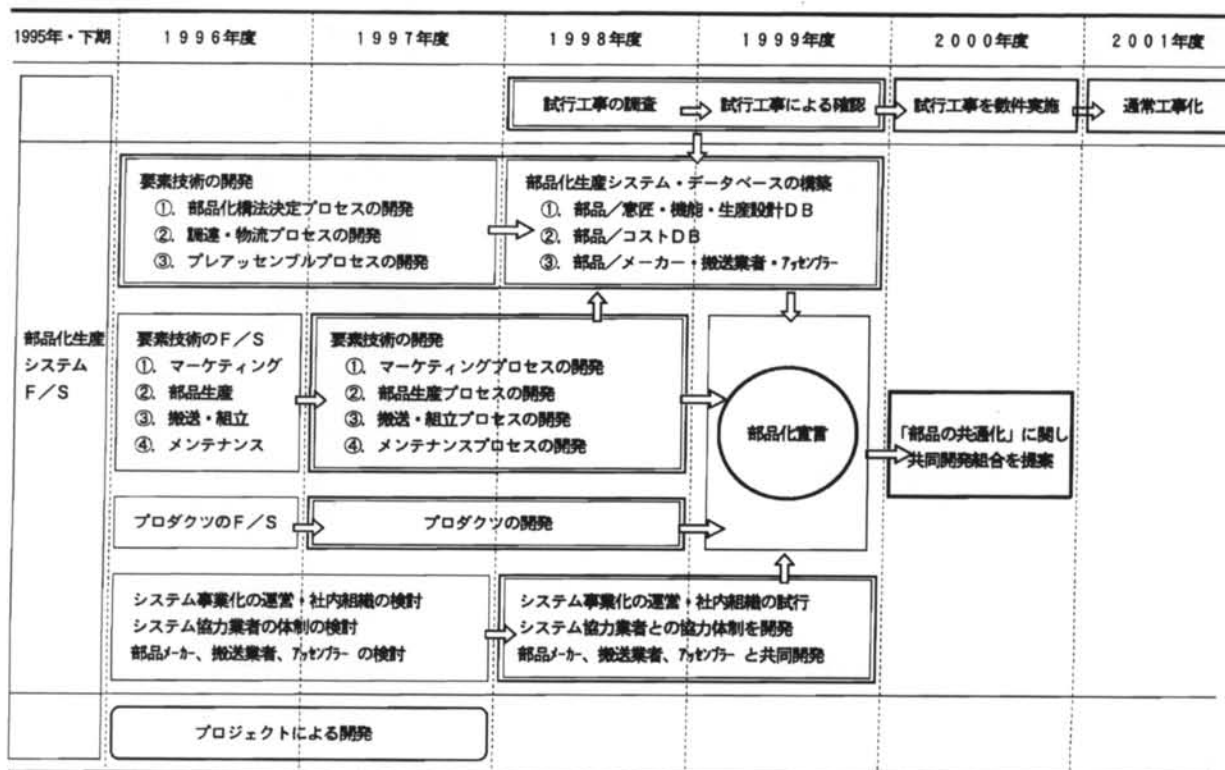


図-6 開発スケジュール

にPOPSの基本コンセプトの構築を目指したが、集約整理した言語データには多面的内容を含み、それらの中から1つのベクトルを見出すことは非常に困難であった。そこで最終的なコンセプトは開発の進捗とともに見直しをかけることとし、その時点における基本コンセプトを以下のように構築した。それは、「Transparency (透明性) & Controllability (制御可能性)」である。本コンセプトは次のような知見に基づいている。

- ①建築物の属性 (位置・方向・形状・量・質・エネルギーなど)は部品の属性情報の集いで記述できる。
- ②部品属性が透明で制御可能となれば、構法の属性も透明で制御可能となる。
- ③今日まで提案・実践された生産システムを革新するキーワード、例えば材工分離・JIT・工業化・大量生産・モジュール化・集中購買・共通部品化・多能工化などは生産システム合理化の手法であり、コンセプトとしては狭義である。
- ④上記の手法が適正に計画、実践されていくためには、そのシステムで採用されている全ての要素(労務・材料・道具・エネルギー・情報などの属性)が透明性をもち、かつ制御可能であればよい。

前章で記述した主要3プロセスを例として、上記のコンセプトを説明したものが図-7である。図中には各プロセスに要求される機能と部品の属性が透明性と制御可能性を得た場合の各プロセスメリットを示す。

| コンセプト: Transparency (透明性) & Controllability (制御可能性) | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| ■各プロセス (例) での機能とメリット | | |
| プロセス | 機 能 | メリ ッ ト |
| 設計プロセス | ○市場予測に合致した盛り込み | ○市場の先取り |
| | ○製造業 (メーカー) を巻き込んだコストダウン | ○製造業 (メーカー) を巻き込んだコストダウン |
| | ○顧客の要求に応じた (松竹梅) 設計 | ○商品競争力の向上 |
| 調達・製造プロセス | ○コストと工期の精緻なシミュレーション | ○コスト最小の部品選択が可能 |
| | ○集中大量購買 | ○部品単価のコストダウン |
| | ○材工分離 | ○部品単価のコストダウン ○省力化 |
| 施工プロセス | ○JITで納品 | ○ストック費の削減 |
| | ○自動化・標準化施工 | ○省力化 |
| | ○オフラインプレアッセンブル | ○工期短縮、単純工でコストダウン |
| 高エプロセス | ○工場生産の比率の向上 | ○品質向上、安全性向上、作業効率向上 |

図-7 POPSコンセプトおよび各プロセスで得られるメリット (透明性・制御可能性を得た場合)

4.2 POPS構築のための仮説とその構造

仮説の構造は基本コンセプトを実現するための道標となるものであり、開発を実施することにより以下の仮説の体系を証明することとなる。これはプロセス・プロダクツ・仕組・部品を一次展開とし、プロセス開発についてはさらに下位に展開している。これらを図-8~15に示す。



図-8 仮説の構造 (全体)



図-9 仮説の構造 (調達・物流)



図-10 仮説の構造 (プレアッセンブル)



図-11 仮説の構造 (部品化設計)

| |
|---|
| 仮説4. クローズド・セル・クローズド部品を設計・製造すれば、差別化コスト競争力・デザイン性・顧客満足を得ることが出来る。 |
| 仮説41. 交換性・互換性の高い部品を開発すれば、部品市場を拡大でき、部品市場を拡張できる。 |
| 仮説411. GC機材でコンソリアムを作り部品を共通化すれば、部品の市場は大きく拡大できる。 |
| 仮説412. GC機材で部品製造設備を一機を保有すれば、部品の市場は大きく拡大できる。 |
| 仮説413. 部品を交換できれば、設備ユニット間の交換・仕立部品交換などメンテナンスリニューアル市場で有利となる。 |
| 仮説414. 設計仕様と実用仕様との違いが明確に決まれば、部品交換の可能性が高くなる。 |
| 仮説415. インターフェイスの整備方法が確立できれば、部品交換の可能性が高くなる。 |
| 仮説42. ローコストを目的とした部品を開発すれば、競争力向上に貢献できる。 |
| 仮説421. 部品メーカーの部品設計・製造プロセスを共同開発すれば、GCメーカーのノウハウを生かして部品市場を拡張できる。 |
| 仮説422. 部品メーカー・工事管理側からの部品に関するコストダウン提案・VET提案を収集すれば、部品市場を拡張できる。 |
| 仮説423. 部品市場はメーカーの立場に立ち、リスクを負えば、部品市場を拡張できる。 |
| 仮説424. 部品に生産情報パッケージ化して付すれば、製造・受取・取扱い市場を拡張できる。 |
| 仮説43. 特別仕様・性能を要する部品を開発すれば、強力な差別化技術を得ることが出来る。 |
| 仮説431. 機能・工種を複合化できる部品を開発すれば、強力な差別化技術を得て分業化の可能性を回避できる。 |
| 仮説432. 多品種・高品質でコストを削減すれば、強力な差別化技術を得ることが出来る。 |
| 仮説433. 高性能部品・環境生産部品を開発すれば、強力な差別化技術を得ることが出来る。 |
| 仮説44. 常に新しい部品を開発し品揃えすれば、変化社会・顧客ニーズに対応できる。 |
| 仮説441. 新しいオープン部品の供給源となれば、ローカル収入・部品リーディングカンパニーとなる。 |

図-12 仮説の構造 (部品設計・製造)

| |
|---|
| 仮説9. 調達・組立プロセスを開発すれば、作業効率の向上・部品職工のムダの排除から工費削減に貢献できる。 |
| 仮説91. 部品のハンドリング方法を開発すれば、搬送効率・部品組立効率を向上し製造を拡張できる。 |
| 仮説911. 搬送効率・パッケージ搬送を開発すれば、搬送効率・部品組立効率を向上する。 |
| 仮説912. ダブルハンドリングなどムダな搬送を回避すれば、搬送費を削減できる。 |
| 仮説92. 部品の調達・組立プロセスを自動化・機械化すれば、工種削減・労務費・資源で工費削減に貢献できる。 |
| 仮説921. 部品納入・搬送・組立作業を自動化・ロボット化すれば、作業工程を短縮でき、ムダな費用を削減できる。 |
| 仮説922. 部品納入・搬送・組立作業を標準化すれば、作業効率を向上し、労務・部品管理にムダがなくなる。 |
| 仮説923. 部品納入・搬送・組立作業が天候の影響を受けなければ、生産システムの柔軟性が工費削減に貢献できる。 |
| 仮説93. 部品の組立プロセスの作業を単純化すれば、熟練工が必要なく労務費を削減できる。 |
| 仮説931. 部品組立・組立作業に技能工が不要となれば、パートタイマーなどで作業ができ労務費を削減できる。 |
| 仮説932. 組立工程・部品搬送・組立作業が単純化すれば、技能工で作業ができ、楽・単純化できる。 |
| 仮説94. 部品の調達・組立作業の契約条件を明確に出来れば、工費削減の方向が明確になる。 |
| 仮説941. 部品の調達・組立作業を材料・工種別に契約条件を明確にすれば、労務費・部品単価の削減となる。 |
| 仮説942. 部品化による作業効率向上を数値に反映できれば、労務費・部品単価の削減となる。 |
| 仮説943. 配送企業を製造した数値ができれば、受取側などのムダがなくなり製造費の削減となる。 |
| 仮説95. 複数種類の部品製造を開発できれば、製造費を削減できる。 |
| 仮説951. 管理側・組立側などの役割が適用できる製造・設備・システムを開発すれば、製造費を削減できる。 |
| 仮説96. 国際規格となるジョイント方式を開発すれば、部品市場を拡大できる。 |

図-13 仮説の構造 (搬送・組立)

| |
|--|
| 仮説6. マーケティングプロセスを開発すれば、顧客事業の創出・競争力の安定化ができる。 |
| 仮説61. 顧客化システムの新規企画を設定できれば、市場ニーズ・顧客ニーズに合わせたシステムを開発できる。 |
| 仮説611. 部品メーカー別のコスト分析・構造解析ができれば、顧客ニーズに合わせたコストを提供できる。 |
| 仮説612. 市場競争力を反映したプライス・コストが明確になれば、安定した利益を得ることが出来る。 |
| 仮説613. 市場・社会・経済動向を予測し、顧客ニーズを把握すれば、製品の先行開発・顧客化市場を創出できる。 |
| 仮説62. 工種削減の原価削減モデル・稼働率向上を開発できれば、市場を拡大できる。 |
| 仮説621. 顧客満足度を明らかにすれば、市場の確保・拡大・安定した事業を創出できる。 |
| 仮説622. 市場・顧客ニーズに合わせた設備を提供できれば、市場の確保・拡大に貢献できる。 |
| 仮説623. リバー・ファンクショナルを開発できれば、社会ニーズに合わせた事業を創出できる。 |
| 仮説63. 部品をOEM化できれば、部品ロットが拡大し、部品市場が拡張される。 |
| 仮説631. GC機材とOEMが開発できれば、部品ロット拡大・継続的な発注ができ部品市場が拡張される。 |
| 仮説64. 市場別の部品・建設供給システムを開発すれば、顧客のニーズに合わせて市場を拡大できる。 |
| 仮説641. 建設供給システムを開発できれば、顧客の経済力に合わせて市場を拡大できる。 |
| 仮説642. 仕上・設備部品の完成システムを開発できれば、顧客の仕向に合わせて市場を拡大できる。 |
| 仮説643. 建築物のイメージ・オーダー供給方式を開発すれば、顧客の要求時期に合わせて市場を拡大できる。 |
| 仮説644. プロジェクトベースから全社ベースに拡大できれば、部品ロットが大きくなり部品市場が拡張される。 |
| 仮説65. 協力業者の協力を受ければ、部品市場を拡張できる。 |
| 仮説651. 事業下請け企業へのオーダーへの対応が明確になれば、部品市場を拡張できる。 |

図-14 仮説の構造 (マーケティング)

| |
|--|
| 仮説7. メンテナンスプロセスを開発すれば、事業を拡大できる。 |
| 仮説71. 部品化された建築物のリニューアル事業を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説711. 耐久性能が劣った部品のリニューアル事業を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説712. 震災などで壊れた部品のリニューアル事業を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説713. 機能が劣化した部品のリニューアル事業を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説72. 部品化されていない建築物のリニューアル事業を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説721. 耐久性能が劣った部分部品でのリニューアル方式を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説722. 震災などで壊れた部分部品でのリニューアル方式を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説723. 機能が劣化した部分部品でのリニューアル方式を開発すれば、事業機会を拡大できる。 |
| 仮説73. ライフサイクルコストを明確にできれば、最適なメンテナンスリニューアル工費が算出できる。 |
| 仮説731. 部品のライフサイクルコストを明確にできれば、最適なメンテナンスリニューアル工費が算出できる。 |
| 仮説732. 建築物のライフサイクルコストを明確にできれば、最適なメンテナンスリニューアル工費が算出できる。 |

図-15 仮説の構造 (メンテナンス)

§ 5. 開発の目的と目標値の設定

5.1 開発の目的

開発の目的は、§ 2. 開発の経緯で述べた「仮説の構造」を検証すること、すなわちPOPSの構築である。

POPSの開発は部品メーカーでない建設業者が行う行為である。建設業は社会に対し、優良な品質(Q)の建築物を、早く(D)、経済的に(C)、安全に(S)、環境への少負荷(E)で供給する責務がある。したがってPOPSの開発ではQ, C, D, S, Eの計画と管理が極めて重要となる。Qについては「建築物の品質は、単位部品の品質の集合である」ことの必要十分な検証、S, Eについては全ての情報が設計にフィードバックされること、また全てにおいて情報が透明化され制御性を持つことが大切である。

5.2 数値目標と意義

構築するシステムの性能の達成目標値は「工事原価の50%削減と工事工期の50%短縮」である。

このような極端とも思える目標値を設定した理由は、従来技術の延長線上でのシステム開発ではなく、革新的な、パラダイムシフトしたシステムを創出しなければ達成できないように設定したことによる。

5.3 数値目標値設定のメソッドロジー

システムの目標値を達成するメソッドロジーを以下に示す。

5.3.1 工事原価低減の達成方法

1) 部品組立作業の省力化

工事費を構成する費目で生産工程への投入労務量は、建設業者自らが計画し実践できる費目である。

POPSでは多能・専門工の採用を可能にする工程の単純・専門化、プレアッセンブル方式を採用できる工程の開発による単機能機械の採用と労務等の標準化による労務量の低減を優先する。

2) 部品単価の低減

膨大な数量の部品を日常的に組立てている建設業は、購入単価の低減に多大な注意を払っている。

部品には既に大量生産している部品、中規模生産の部品および少量しか生産していない部品がある。

部品を標準化し数量をまとめて発注する方式は従来から検討されているが効果は限定的であり、また固い約束ごとによる標準化には多くの失敗の歴史がある。

POPS開発では、部品メーカーのFMS (Flexible Manufacturing System) 技術を評価し、2方向のディメンションないし1方向のディメンションをゆるやかにモジュール化して「同一と見なせる部品」を増

やし、製造ライン上の部品数量を多くして製造方式や使用素材の開発を促進する。さらに発注の時期や数量を平準化して工場生産ラインの稼働を平準化し、あわせて運送効率を向上させる。さらに未熟練工が組立可能な接合法や作業効率を高める仕様を開発するなど、間接的で地味な努力の積み重ねを目指す。

| | 比率 | 材工比 | 対応策 | 低減率 | 比率 | 材工率 |
|-----|------|------|----------------------------|-------|-----|------|
| 労務費 | 40% | 61% | 部品化 機械化 多能工化 | ×0.3 | 12% | 55% |
| 資材費 | 35% | - | プレアッセンブル CALS 海外部品 | ×0.65 | 23% | - |
| 機材費 | 15% | 39% | ローテク化 並列生産 サイトファクトリー | ×0.7 | 10% | 45% |
| 管理費 | 10% | - | CPPD省管理 CAM 高密度管理 | ×0.5 | 5% | - |
| 合計 | 100% | 100% | 部品化生産システム | ×0.5 | 50% | 100% |

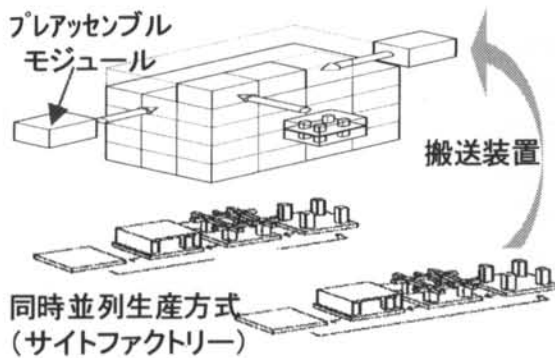
表一八 原価低減達成のメソドロジー

5.3.2 工期短縮の達成方法

同時並列生産方式は造船業や自動車産業の主力生産技術である。建設業でも従来から鉄筋先組やスラブ型枠と設備配管とのユニット化などを実践しており、工期短縮の効果をあげている。

POPSでは異工程・異職種・異材料・異サイト等の間に境界を設けず、設計段階から同時並列生産方式の適用の可能性を検討し、技術が持つ機能を十分に発揮させることを目指す。

現行システムでは生産の軸方向で多くの作業が幅転して行われており、それらの作業の最遅作業速度で決まる工期以下には短縮できないが、同時並列生産方式では理論上は無限の工期短縮が可能となる。



図一六 工期短縮達成のメソドロジー

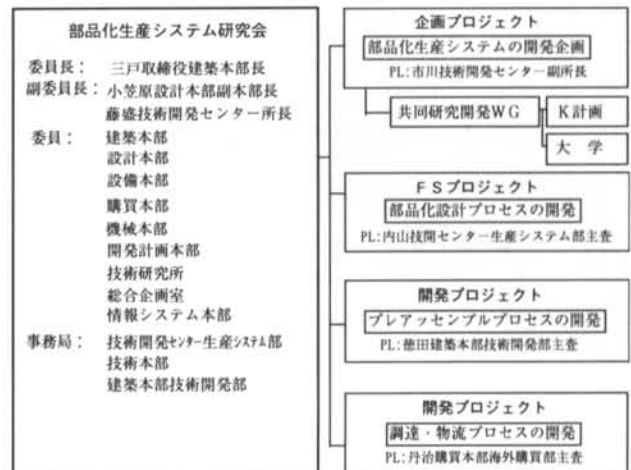
§ 6. 技術開発の推進

6.1 部品化研究会の設置とプロジェクトの運営

開発プロジェクトの発足と同時期に、部品化を全社に広め、開発の促進、成果の普及・展開を目的とし、「部品化研究会」を組織した。本研究会は三戸建築本部長を委員長とし、各本部の委員により構成した。組織図を図一七に示す。本会は、発足した各プロジェクトと密接な関連をとり、半期ごとに開発の進捗状況とそれまでの成果を報告し、各本部横断による情報交換を行うとともに、以降の開発の方向性についての指示を仰ぐという形態で進めた。各プロジェクトリーダーは研究会で議論されるテーマに関連して、逐次研究会に参加し、指示事項をプロジェクトの課題としてプロジェクトメンバーに展開し、新たな開発項目に設定した。

各開発プロジェクトは要素技術の開発を目的とした活動であるが、本研究会では、その時点における当社の経営環境との整合を図るため、主として「部品化」による工期短縮およびコストダウンをタイムリーに実現するための方策が議論した。その1つは対象とする施設の重点化である。重点化した施設に対し、POPSの取組み戦略を議論し、そこから、短期および中期課題の抽出を行った。この活動は、上記の各プロジェクトとは別に新たなメンバーを募り、テンポラリーなワーキンググループにより実行した。

これらの活動を通じて得た情報は、再び上記の各プロジェクトにフィードバックした。これによって部品化関連の活動が全社に広まると同時に、各プロジェクトにおいては部品化による工期短縮、コストダウン関連テーマの創出に極めて有効であった。



図一七 部品化生産システム研究会と各プロジェクト組織図

6.2 開発企画のためのプロジェクト

3.3節で述べたように、プロジェクト立案の際に主要3プロジェクト以外にPOPS全体の中で残された課題等についてのフィージビリティ・スタディを実施するプロジェクトを同時に発起した。これが開発企画のためのプロジェクトである。

本プロジェクトの位置付けは図-17に示すように主要3プロジェクトと並列なプロジェクトであり、部品化研究会の1ワーキンググループでもある。本開発企画プロジェクトは3.3節に述べた具体的活動を実施すると同時に、他プロジェクトリーダーとの情報交換の中核として機能した。プロジェクト活動を行う上で、何らかの障害が発生した際は、本企画プロジェクトを中心に各プロジェクトリーダーによる会議を逐次開催し、相互の連携と協調を図った。

本開発企画プロジェクトの活動項目の1つである、社外との共同研究開発の一環としてK計画(K社との共同研究開発)および大学との研究会を設けた。

図-18には本企画プロジェクトが担うべき将来的なテーマの展望を示す。最外周には社会のトレンドとしてのロープライス、長寿命化、情報化、オープン化などのキーワードが並び、その内側に建築産業におけるトレンドを表すキーワードとしてシステムビルディング、スケルトンインフィルなどが並ぶ。さらに内側に部品化で扱う領域を設定し、部品化のキーワードと社会トレンドを対応させることにより、今後プロジェクトで扱うべきテーマの関連が鮮明になる。

本企画プロジェクトではこのテーマ関連マップに基づいて、開発プロジェクトの進捗を踏まえながらテーマ化についての検討を行った。

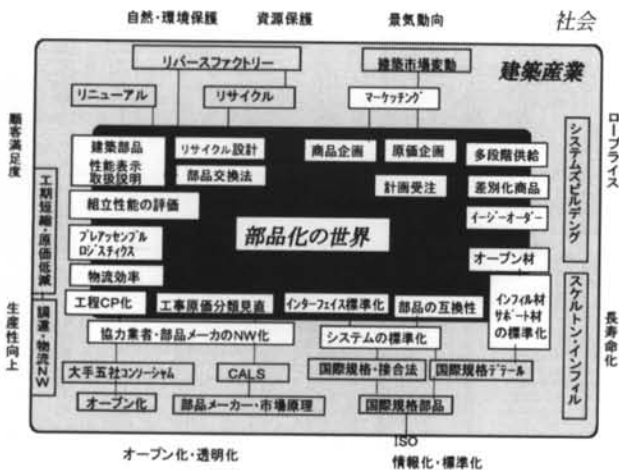


図-18 部品化テーマ関連マップ

6.3 開発プロジェクト

6.3.1 プレアッセンブル工法

1) 工法概要

現状の建築生産における組立て方式の多くは建物を構成する部材が最終的に取付く位置(以下では最終組立てラインと記す)上で逐次連続して作業を行い完成へと導く直列生産方式と言える(図-19)。この生産プロセスをよく検討すると、現場内、外の別の場所で予め部品化(パネル化・ユニット化等)しておき、それらを最終組立てライン上に据え付けてもよいと考えられる部位も少なくない。すなわち並列生産方式である。

ここではこの方式による組立て方法をプレアッセンブル工法と呼び、一般的に先組み、地組みといわれる手法を含むものである。これによれば要求工期に応じて生産プロセスを分割、並列化し工期を短縮したり、良好な作業環境を選択することにより生産能率と向上させたり、未熟練工の活用によりコストダウンを達成することができる。

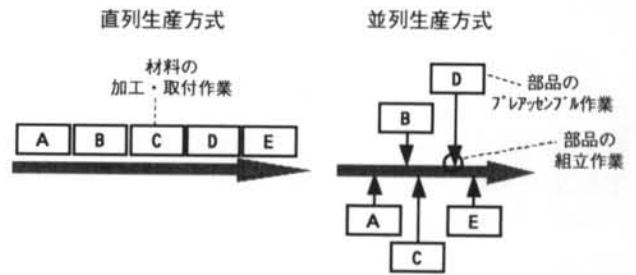


図-19 直列/並列生産方式

2) ホテルのユニットバスと躯体への適用検討

地上31階建の高層ホテルのユニットバスまわりへの適用検討を行った。通常、ホテル客室のユニットバスまわりにはパイプシャフト(PS)があり、縦横の設備配管が接続されている。このPSまわりの施工は空間的に狭く、多くの職種が錯綜するため、工程計画・管理が煩雑になりやすい。そこでこの部位の施工を本体の工事工程から切り離し、労務の効率化を狙うものである。

プレアッセンブルの検討対象部を図-20に示す。図中の破線部がプレアッセンブルの対象部分である。原設計では床はデッキプレート床であるが、破線部をプレキャストコンクリート(PCa)板とし、PCa板上のユニットバス、配管、PS間仕切りをプレアッセンブルし、1部品として躯体に据え付ける。この部品の姿を図-21に示す。この部品を現場内に仮設工場(サイトヤード)を設営して実施する。本検討を通じ、サイトヤード計画のポイントを含め、躯体、仕上、設備

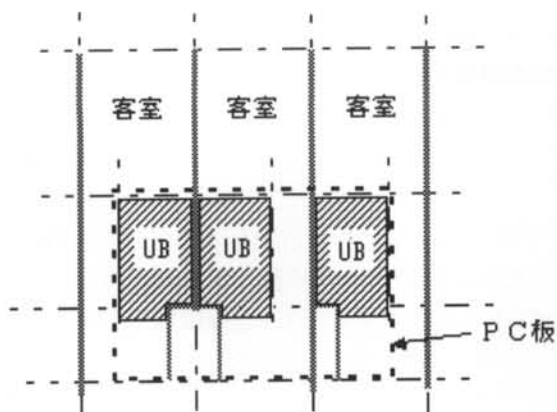


図-20 プレアッセンブル部(破線部)

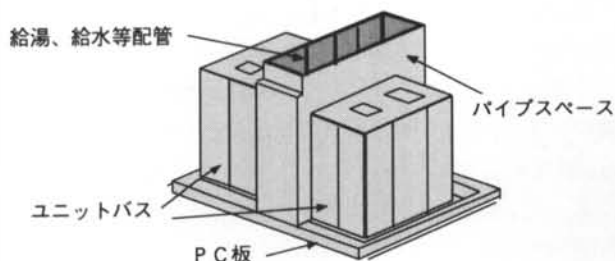


図-21 完成部品姿図

を一体とする複合プレアッセンブルを実施する際の課題、問題点および解決方法を抽出した。

3) ホテルのパイプシャフト (PS) への適用

隣り合う客室のユニットバス境界に位置するパイプシャフト部分を対象にプレアッセンブルを実施した。客室平面図を図-22に示す。パイプシャフト周辺の関連する職種は間仕切下地LGS工、プラスターボード工・配管工(冷温水管(往・復)・給水管、給湯管、集合2重管(通気・汚水))・ユニットバスからの排気ダクト工・ユニットバス工(据付け)などがある。この周辺はスペースが狭い上に多くの職種が交錯し、工程上のネックになりやすい。そこでこの部位にプレアッセンブル工法を試行し、どの程度作業性が改善されるか、工法適用上の問題点は何かを把握した。

在来ではパイプシャフト周囲の間仕切壁を施工した

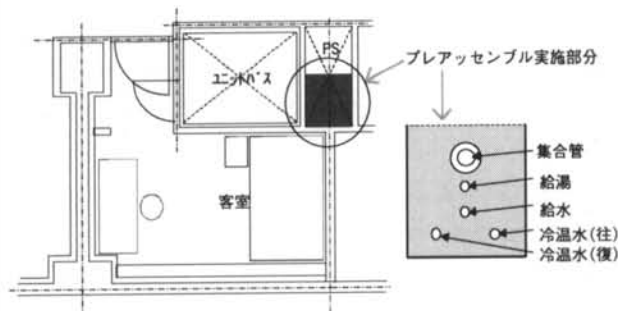


図-22 客室平面図

後、シャフト内の配管工事を実施する。今回の試行では内部の配管の先行立上げを行い、間仕切壁(コの字形の断面)を同一施工階スラブ上でプレアッセンブルし、所定の位置に据付ける方法で実施した。施工手順を写真-1に示す。



①配管を先行立上げ



②配管先行立上完了



③間仕切壁ユニット地組



④据付完了

写真-1 施工手順

4) 集合住宅のメーターボックスへの適用

建物は地下1階、地上17階、総住戸数332戸の集合住宅である。本工法を適用した部位は各住戸のメーターボックス(MB)である。代表的な住戸プランを図-23に示す。図中の右側に住戸平面内におけるMBの位置を示す。住戸プランは玄関前のポーチにMBおよび物入れが配置されておりMB内には給水、温水およびガスの配管が縦に貫通する。このMBまわりの施工は空間的に狭い所に多くの職種の作業が錯綜するため、工程計画・管理が煩雑になりやすい。そこでMBまわりの施工を本体の工事工程から切り離し、労務の効率化を狙うものである。原設計ではMB周囲はRC造の非耐力壁であるが、MB背面の壁をサイトPCa化(現場

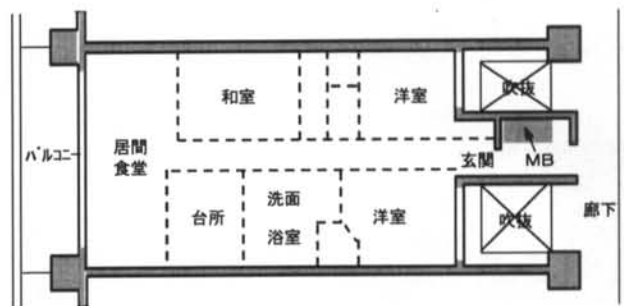


図-23 住戸平面図

内でプレキャストコンクリート板を製作する)し、サイトヤード(部品製作を行う現場内の仮設工場)上で配管および上部の鉄板捨型枠を取付け、一体の部品(PCa部品、写真-2)とし建物本体に据付ける(写真-3)。

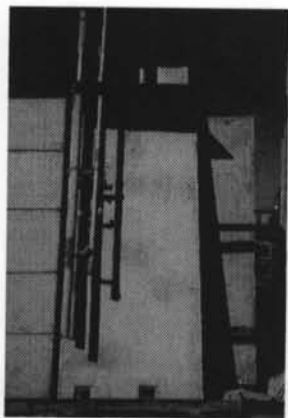


写真-2 PCa部品



写真-3 躯体据付

図-24にプレアッセンブル工法と在来工法における作業手順の比較を示す。在来工法では配管の単独揚重、間配り、配管取付けという手順であるが、プレアッセンブル工法ではPCa板に配管を事前に取付け、PCa部品として揚重、躯体への据え付けを実施する。

サイトヤードでは、PCa板の作成、配管の取付けおよび完成PCa部品のストックが行われるが、PCa板の作成は土工、配管の取付けは設備雑工にも実施可能なよう、インサート等の部品挿入をミスなく短時間で打てる鋼製型枠を用意した。

写真-4にサイトヤードの状況を示す。また写真-5にPCa板の製作中の状況を示す。

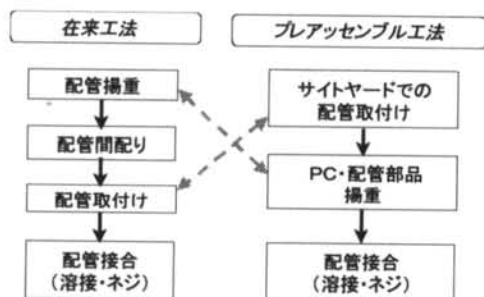


図-24 作業手順の比較

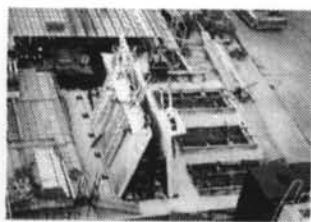


写真-4 サイトヤード

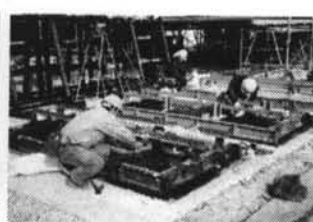


写真-5 PCa板の製作

本件の適用では本工法適用時における効果と問題点を把握するため、サイトヤード構築、PCa部品製作から躯体への据付けおよび仕上工事に至る工程上で投入される各職種の工数調査を在来施工部分も合わせて実施した。これにより、本工法の適用に関し、計画段階および施工管理上でチェックすべきポイントを抽出した。さらに本件のタイプに限らず、一般的にプレアッセンブル工法の適用に際し、どの段階で何を検討・計画すべきかについてのフローを構築する上で、貴重な知見を獲得した。

6.3.2 内装設備統合化

1) 開発の目的

技術開発プロジェクト「内装・設備統合化システム」を進めた。本システムは、木軸とプラスターボードを組合せた「リブパネル」と呼ぶ部品を主体として、集合住宅の内装工事と設備工事を統合化したものである。開発の目的は、使用資材の部品化と多能工の導入によって、現場工程を単純化して労務工数を従来の40%削減することである。開発したシステムを郊外に建つ集合住宅の一部の住戸に適用した。図-25に開発のマスタースケジュールを示す。

2) 予備調査

開発に当っては先ず、内装設備工事の作業実態について詳細なデータを得るために、都内に建つ中規模の集合住宅の作業を調査した。作業実態の調査においては工程分析、稼働分析を主体とした作業研究を実施した。

1996年12月～1997年4月に施工された内装工事の最盛期に調査を実施した。仕上および設備工事に関連した軽鉄下地・石膏ボード貼り・造作木工事・ビニールクロス貼などの仕上工事と、ユニットバス据付け・排水管敷設・上下水管敷設・電気配線などの設備工事を調査の対象とした。調査によって、内装工事を構成する工程を明らかにするとともに、各工程の工数を把握した。また、各工程について多能工による施工の可能性を明かにした。

3) 内装部品の開発

本システムは内装および設備工事を統合化し、施工中の作業工程を単純化して、作業効率の向上を図ろうとするものである。構法の適用対象は集合住宅であり、この内装システムの基本部品として「リブパネル」と呼ぶ間仕切パネルを開発した。これは石膏ボード(厚さ12.5mm×幅910mm×階高)に断面寸法40mm×35mmの木軸をビス止めした片側パネルである。始めにこのパネルを建て込んだ後に電気配線・設備配管等を行い石膏ボードで塞ぐ方式である。リブパネルによる間仕切を主体とする内装システムと、給水給湯、排

水、電気配線などの設備工事を構成する諸工程をシステム化・統合化した。統合化した構法を多能工が施工することによって、従来から問題となっていた職種間での工程間の遊びを無くすことを目指した。これによって、複雑に錯綜する工程を少ない職種で施工するため作業効率が向上する。

図-26に本構法の基本部品であるリブパネルで構成した廊下ユニットを示す。これは集合住宅において現在一般的な方式となっている中廊下型住宅を想定したものである。中廊下の天井内に主要な設備関連の配管および配線を設置し、これを各部屋に分岐することによって設備の配管システムを単純化した。この方式を採用することで配管や配線距離は若干長くなるが、配管システムが単純化されるので、専門の職種でなくても施工が可能になる。

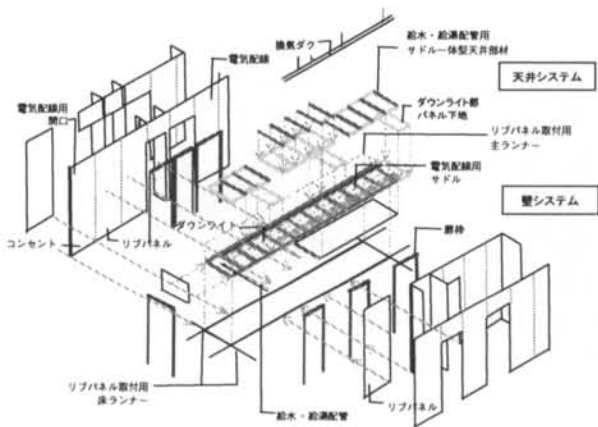


図-26 廊下ユニット

本構法は以下の部品・ユニットで構成される。

- (1) 廊下ユニット
- (2) ユニットバス遮音壁ユニット
- (3) トイレ・ユニット
- (4) 押入・収納ユニット
- (5) 架橋ポリエチレン給水給湯配管ユニット
- (6) ユニットケーブル(電気配線ユニット)

図-27～28に上記(3)、(5)の概要を示す。

4) 多能工の検討

内装工事においては職種が多岐に互り、現場工程が錯綜する。これが作業者の稼働率を低くしている大きな原因であるともいわれている。そこで、構法開発にあたっては多能工の導入を検討した。2)で行った予備調査の分析結果および専門家による調査の結果をふまえて、本システムを施工する多能工の作業領域を設

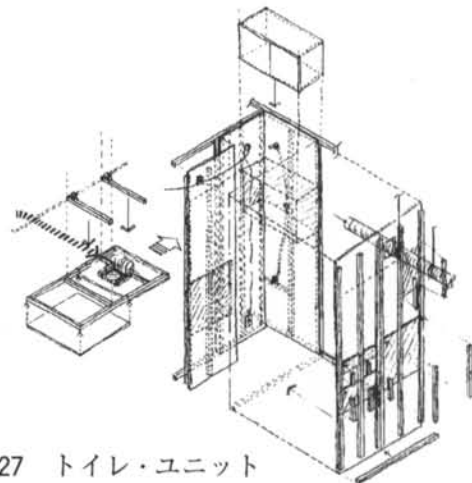


図-27 トイレ・ユニット

| 年度 月 | 1997年度 | | | | | | | | | | | | 1998年度 | | | | | | | | | | | |
|-------------|--|---|-----|--|-----|---|-------|----|------|---|------|---|---|---|------|-------------------------------------|---|------|---|----|----|---|---|---|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| 多能工化 部品化 | STEP 0 在来工法現状調査 ・工程の錯綜 ・工程の空き | | | STEP 1 建築・設備工事多能工化の検討 ・単機能化による多能工作業フロー ・給水・給湯 | | | | | | STEP 2 部品化(当社単独開発) ・基本部品(壁・床・天 ・部分部品(物入) | | | STEP 3 部品化(メーカー共同開発) ・実証実験のフィードバック ・キッチン、洗面、玄関ユニット | | | STEP 4 内装・設備統合化 ・多能工化 ・部品化 | | | STEP 5 まとめ ・マニュアル・ライブラリー整備 ・技術報告書・技術展開 | | | | | |
| 調査・実証 | D工事 | | E工事 | | F工事 | | 水回り部分 | | 住戸全体 | | 案件対応 | | 変形実験 | | 1次調査 | | | 2次調査 | | | | | | |
| 展開 | 基本設計 | | | 実施設計 | | | | | | 見積 | | | 施工準備 | | | 施工 | | | | | | | | |
| | C工事 | | | 中小規模マンション(C工事) | | | | | | 施工 | | | | | | | | | | | | | | |

図-25 内装設備統合化プロジェクトのマスター・スケジュール

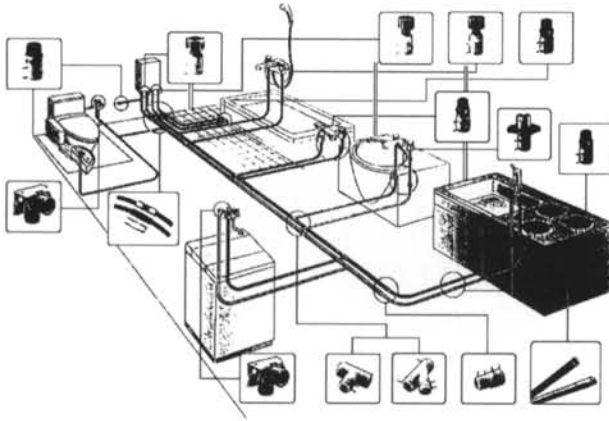


図-28 架橋ポリエチレン給水給湯配管ユニット
(三井石化(当時)カタログより)

定した。図-29に多能工の施工範囲および専門工の施工範囲を示す。電気の配線は法規により接続部分は資格を持った電工が作業することが定められているので、これを考慮し、大工の作業範囲は配線までとし、接続は電工が施工することとした。

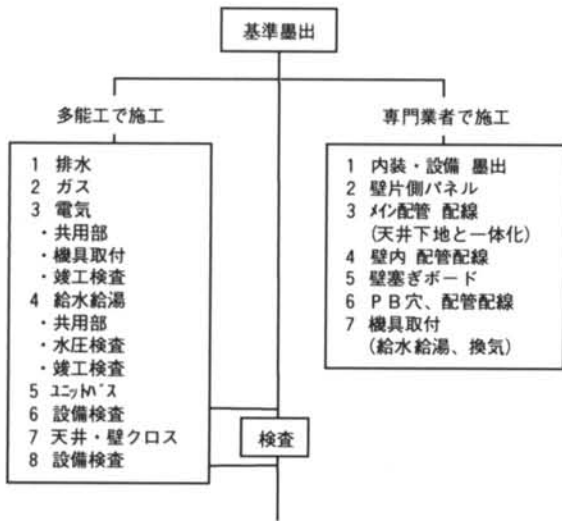


図-29 多能工の施工範囲

5) 実証実験

リブパネル、リブパネルによる各種ユニット・給水給湯設備配管ユニット・電気配線ユニットケーブル等、本内装システムを構成する要素技術に関して、施工上の問題点を抽出するために実証実験を行った。実験は2回に分けて行い、第1回目は主としてキッチン・ユニットバス・洗面所等の水回りを主体に、リブパネルの納まりおよび多能工導入の可能性を検討した。第2回目の実験では、第1回実証実験で行った水回りを含め、居間の一部および廊下側の洋室等、住戸

全体を対象とした総合的な検討を行った。また、工程別に作業工数を調査した。以下にそれぞれの実験の概要を記す。

a. 第1回実証実験：

- ・実験期間：1997年9月29日～10月3日
- ・実験場所：清水建設 東京木工場
- ・実験目的：①水回り部分を中心としたリブパネル製作・建込み工程の作業上の問題点把握、②給水給湯設備配管システム、電気配線ユニットシステムの作業上の問題点把握、③造作大工による設備作業実施の可能性把握
- ・実験結果：①リブパネルによる内装システムの作業上の問題点把握、②造作大工による設備作業の可能性把握、③実験結果をふまえ、第2回実証実験の計画の練り直し

b. 第2回実証実験：

- ・実験期間：1998年1月16日～1月23日
- ・実験場所：清水建設 東京木工場
- ・実験目的：①1住戸全体の施工上の問題点把握、②工程別作業工数の測定・作業歩掛り算定、③社内公開(社内広報、関連部門の協力取り付け)
- ・実験結果：①本施工に向けての施工可能性を検証、②改善点の抽出と改善の実施、③工程別作業歩掛りの把握と労務量見積

6) 技術の展開

2回の実証実験およびその後の検討結果をふまえて、リブパネルによる内装工事システムを工事に適用した。これは郊外に建つ中層の集合住宅で、間仕切に木軸下地とプラスターボードを採用する工事であった。そこで本工事の住戸においてリブパネルによる施工を実施した。本システムは多能工の導入を大きな目的とし、実験では技術的に可能なことを確認した。しかし、施工後の保証の問題、総合工事業者と専門工事業者との契約の問題等が解決しなかったために現実の工事での多能工導入は実現しなかった。

工事中は開発プロジェクトのメンバーが技術的な支援を行い改善を加えるとともに、施工データを実測して見積りの基礎資料を得た。実測した作業データは、今後技術を改善するためのデータとしても活用した。本工事で実施した設計内容をライブラリーに纏め、マニュアル化した。また、施工計画、施工の実施結果を開発の記録として残した。

6.3.3 その他の開発

1) 部品化設計プロセス

本プロセスの開発(フィージビリティ・スタディ)における具体的内容は、建物設計段階で実施される意匠設計(デザイン)、機能・性能設計および生産設計

の3者間においてやりとりされる情報を明らかにし、部品のもつ属性を一情報単位ととらえることにより、建物の品質・コスト・工期のシミュレーションが可能になるロジックを明らかにすることである。

部品化設計の流れを図-30に示し、以下に内容を説明する。建物の躯体が決まり、各空間の機能が決まる段階から各空間、各部位への部品の割付が始まる。躯体をも部品化で考えることも可能である。この場合は連続体イメージの躯体に部品(躯体部品)を割付ける。躯体部品として鉄骨、PCaは1品ごとに元々分割されているため部品ととらえ易いが、在来RCも力学的、熱的など様々な属性をもつ連続体部品ととらえることができる。躯体、内装を問わず、実現すべき空間性能に対応して、その空間を構成する各部位に付与すべき要求性能が既知となる。一方部品を割付ける段階では、この部品の持つ属性と部位への要求性能とを逐次参照比較しながら、部品を決定していく。これを各空間または外壁について完了した段階で、使用部品種類のリスト、各部品種類ごとの数量が明らかになる。

建物の構成部品が決定された段階で、各部品にリンクするコスト情報により、空間または建物全体のコストを算出することができる。このコスト情報は社内外の情報とリンクしており、必要部品数量に対し部品の納期などの供給条件を満足するものうち、コスト最小をこの段階で見込むことが可能となる。

このコスト算出段階でのシミュレーションにおいては2つの考え方が可能である。1つは当該案件のみで算出した場合であり、もう1つは当該期に施工すると予測される当社内全案件を集計した場合である。前者は当該建物の部品数のオーダーを確認する程度のもので、超大型物件でもない限り量的効果によるコストダウンは困難である。一方、後者は全社の案件をまとめた集中購買により、コストダウンを達成しようというものである。ここでのポイントは、同一部品の数量がどの程度まとめられるかということではなく、どの部品がどの程度の数量使用されるかということがいつでも容易に把握できる状況になるということである。こ

れは部品化による透明性の達成の1つと言える。

部品が決定されれば、次に工事業者(サブコン)を決定する。部品名称や工事名をキーとして、社内外の情報により工事コストを比較参照しながら決定される。

さて、上記の過程と並行して、建物の生産設計(ここでは単に建設の方法という意味)が実施される。建物の敷地、周囲の道路環境および与えられた工期などが考慮され、如何に合理的に建設するかということが検討される。たとえば敷地に余裕がある建物では、過去の知見をもとに効果的にプレアッセンブルする部位が選定され、プレアッセンブルを前提とした設計が実施される。業者の決定、建設方法の決定によりかなり精度の高い建物原価を把握できる。

以上のように、部品化設計では部品のもつ多くの属性情報を1単位として意匠、機能・性能、生産の各設計行為が実施される。設計が一通り完了した段階において直ちに原価が得られ、これが妥当なものであるかが検討される。もし妥当でない場合は以上の流れをサイクルに繰り返し、妥当な原価になるよう調整される。この段階において、使用部品リストが得られるだけでなく、従来の設計図書、マスター工程などがアウトプットされる。

開発プロジェクトにおいては以上のシナリオを1つの案とし、部品化設計のロジックについて検討した。また現状の設計の流れをレビューして、様々な情報の階層構造と相互関係および情報確定のプロセスを明らかにすることを試みた。これらをもとに解決すべきまたは必要とされる技術課題について議論した。

2) 調達・物流プロセス

本プロセスの開発における具体的内容は、各部品の調達・物流プロセスに焦点を絞り、調達から現場納入までの情報管理の方法、梱包荷姿、輸送・搬送方法を開発することである。その目標は設計品質に適合する部品が最低価格で適量が必要な時期に工事現場に搬入できるようにすることである。本プロセスのイメージを図-31に示し、以下に内容を説明する。

本プロセスは上流の設計(部品化設計プロセス)と施工(プレアッセンブル)の間に位置し、調達センターと物流情報センターの2つの機能により構成される。それぞれの機能を列挙する。

(1) 調達センター

- ・個別プロジェクトをまとめた調達・物流の群管理
- ・調達・物流情報管理
- ・取極契約(集中購買)
- ・設計と条件の提示(コスト、輸送上の制約)

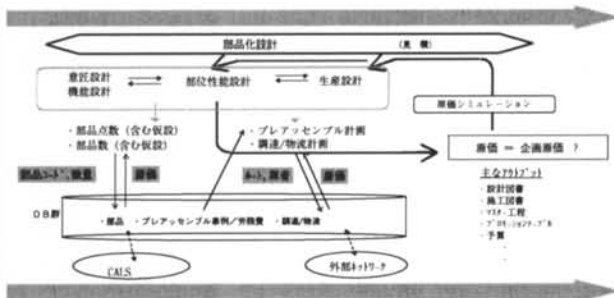


図-30 部品化設計の流れ

- ・部品発注計画
- ・部品納入工程計画
- (2) 物流センター
 - ・個別プロジェクトにおける部品の入荷から現場納入までの流れの管理
 - ・在庫管理
 - ・輸送手配
 - ・組み立て工程管理

上流の設計プロセスからの情報として、個別案件の予算、部品量、各部品の納期があるが、これらは調達センターに送られる。調達センターでは上記の機能に示すように、複数の案件をまとめ量的効果を狙う。部品化設計プロセスにおいても量的効果を狙ったシミュレーションを実施しているが、部品化設計におけるシミュレーションは事前検討であり、調達プロセスでは、再度メーカーに確認を行い、各部品の取極をする。従って、この段階でかなり高い確度で建物の原価が決定される。

これをより当社に有利な形で進めるため半年先くらいまでの案件情報をもとに部品の発注計画を立て、各月の発注量を可能な限り平準化する。また半年以上先の発注については可能な限り需要を予測の上、年間発注量をメーカーに対し保証することにより、部品調達段階でのコストダウンを達成する。

調達センターでは部品情報に関するメーカー系ネットワークを組織し、情報を常に共有する。また物流センターとも情報ネットワークを構築し、情報交換が随時可能な状況とする。

物流センターの重要な機能は個別案件における部品の入荷から現場納品までの流れの管理である。またメーカーから出荷される大量な部品の一時的ストックの場として機能する。したがって、これらの部品の在

庫管理も重要な機能である。

部品によってはメーカーから物流センターを経由せず直接現場に搬入されるものもあるが、大量発注によるものまたはある程度の加工、異種部品による複合プレアッセンブルが必要な場合は物流センターにてこれを実施し現場に搬入する。現場の工程は天候などの影響により、常に変動するが、これを吸収するのも物流センターの役割である。当センターでは現場の工程を常にモニターし、当該現場最適な納品時期を狙うと同時に、各部品の荷姿を考慮の上、運搬車両の積載効率の向上を図りコストダウンを達成する。

調達センターと物流センターの両者の機能により、建設現場においては必要な部品が必要な時必要な量が納品され、ストックレス生産が可能になる。またある程度の事前加工、組立により現場内加工は最小になり、現場で発生する廃棄物を最小にすることが可能になる。

以上のイメージは机上検討においては効果が期待できるが、当社一社で確立できる仕組みではない。そこでこのイメージを具体化するにあたり、どのような課題があるかについてプロジェクト内で議論を行い、以下の主な検討項目を抽出した。

- ・関連メーカー数社へのヒアリングによるコストダウンの可能性についての検討
- ・調達情報システムの概要と情報管理項目の検討
- ・両センター間で連動をはかる情報管理項目の検討
- ・集中購買の運営方式と効率化の条件の検討
- ・部品化設計プロセスへのフィードバック情報項目の検討
- ・部品メーカー、搬送業者、アッセンブラーへの要求事項の検討
- ・部品コスト削減のための最小発注量の調査
- ・年間発注に向いている部品品目の検討
- ・物流情報センターの総合管理システム概要と情報管理項目の検討
- ・搬送手段とコストの関係についての検討
- ・物流専門業者などの活用によるコストダウンの可能性の検討
- ・同業他社との共同物流センターの検討

3) 部品化デジタル化TV施設の開発

2003年から地上波TV放送をデジタル化する郵政省の施策にともない、従来の地上波TV放送のアナログ施設類を早急に変更する需要(市場は1千億円~2千億円程度と試算)が見込まれる。そこでこの市場施設を、「部品化」のコンセプトで、プロジェクト本部の部門型開発テーマとして受託開発することにした。

POPS開発としては、「仮説の構造」の一次展開4つ

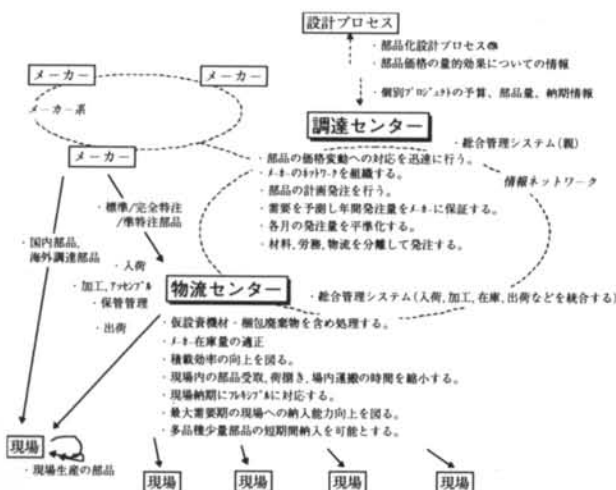


図-31 調達・物流プロセスのイメージ

の中、「プロダクト」軸の開発と位置付けた。開発体の顧客は放送局（キー局、地方局）である。本局舎等の建築物では当社は約25%のシェアであるが、TV塔や中継局施設の既市場は0%である。この市場の競合業者は地元業者や鉄塔業者などであり、市場は安値安定化している。

この市場への食い込み手段として、当社の設計・営業力とともに素材評価・構造解析・調達技術などの保有技術力に創造技術力を十分に活かし、さらに環境保護・長寿命化・メンテフリー・LCC等を設計思想に取り入れ、GFRC（電磁透過性）とCFRP（非電磁透過性）を組み合わせたTV塔体とし、地形（山岳～平地）に合わせて選択できる局舎と、そのモジュール化などを開発した（図-32～33）。

これは地元業者や鉄塔業者などの競合業者の工事費実績とほぼ互角以上に競争できるシステムである。

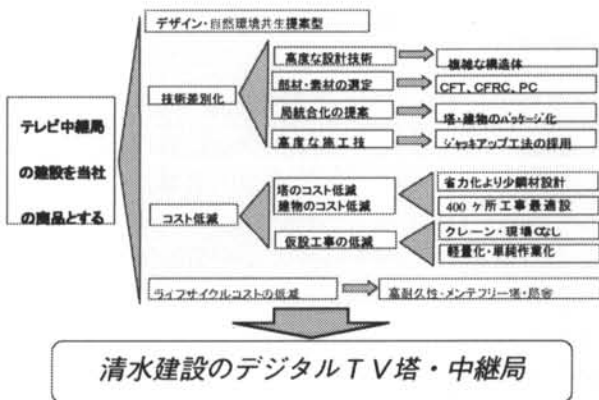


図-32 デジタルTV施設の開発

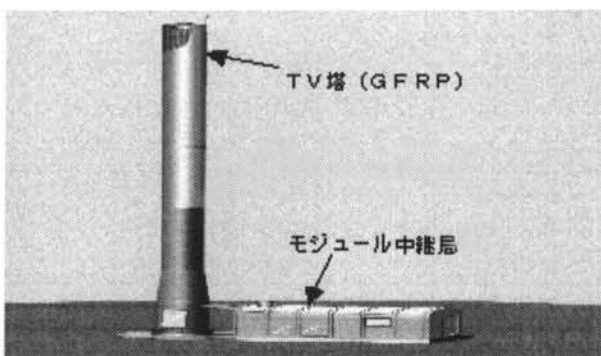


図-33 開発成果の概要

4) 躯体部品化の開発

建築躯体の部品化は、ゼネコンである当社にとってPOPS開発の当初から重要なテーマであった。

先進的な産業の代表である自動車メーカーには、フィアット社で開発したモジュール生産方式があり、マツダ、日産等が採用しており、最近ではトヨタも作業

者の高齢化対策として採用することを新聞で発表している。また造船産業では既に大型ブロック生産方式を生産工程に採用しており、従来13ヶ月程度かかっていた納期を約9ヶ月間程度に短縮し、国際競争力を回復できたことは良く知られている。

本開発ではこのモジュール生産方式や大型ブロック生産方式の概念を建築業に導入することとした。

また先進的な他産業の進んだプロセスを建設工事に導入する場合には、生産プロセスでは工場（プロセス）の効率向上の観点から、「一定化」がキーワードである。本プロセス開発においても、同様に「一定化」を設計思想とし、一定の仮設・機械装置・施工速度・熟練度・数量・作業内容・レベル・手順・部品・材料・情報などの方法を検討した。

躯体を部品化する効果は、製品メーカーにおける場合と同様に量的作用を、時間短縮や労務費節減効果に結びつけることにあり、したがって躯体の部品化は、当社自身がメーカー的な発想でシステム造りをしなければならない。

躯体部品化の開発設計では、建築生産の階層構造を部品接合の階層と見做し、パーツ・エレメント・モジュールレベルでの部品化を検討した（図-34）。

以下に主な検討概要を示す。

(a) 躯体の部品分割の原理

部品の再構築性が良い、仮置き時の安定性がある、資材は搬送可能である、工事現場敷地にサイトファクトリー用地を確保できる、揚重設備に必要な能力がある、構造性能が満足できる、など部品分割の原理を検討した。

(b) モジュールユニットの設計

理論的・技術的な背景を考慮してモジュールへの分割を設計した。建築物を垂直に大梁の中心位置で、X、Y両方向に2スパンごとに切断する方法（2Lx×2Ly）とし、また水平Z方向の切断の場合は、梁下からスラブ上までの1階分の丈が合理的であると考えた。

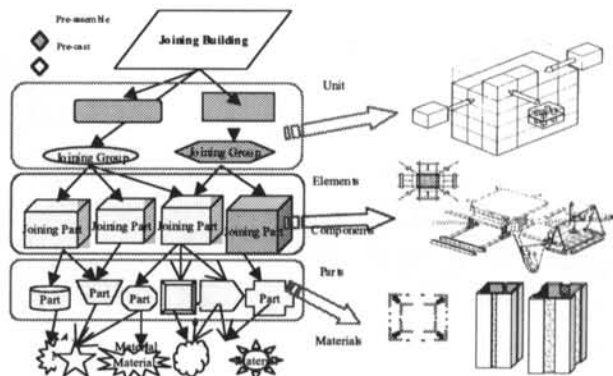


図-34 躯体部品化計画の概要

(c) モジュールユニットの重量

工事で多く使用されるクレーンが450tm程度の能力を持つ揚重機械で、最大水平移動距離30mを考えると部材の最大重量は10t～15t程度としたい。

ハーフPCa系部品で軽量化を検討し、モジュールの重量を20t強にすることができる。また床PCaを別とした場合には12t程度となる。さらにCFTを組み合わせることで、20t弱となる。

(d) サイトファクトリー

現場作業のロボット化には多くの困難を伴う。モジュールユニット、サイトファクトリーおよび搬送機械の開発により、これらの課題を解決できる。

モジュール化工法は生産ライン上の作業をできるだけ少なくし、単一職種によりサイトファクトリーでプレアッセンブル作業を行おうとする考え方である。サイトファクトリーの概要設計、サブシステム、ラインバランス、サイクルタイム、配置計画等について検討した。

(e) 模型による検討

工事現場の中にサイトフィールドファクトリー・フローティングテーブルを設置し、柱・梁・スラブの組立工程、モジュールの揚重工程を検討した。

フィールドファクトリーで45分のピッチで製造したモジュールは、大型クレーンで揚重し、45分の間隔で、最終組立て現場に供給することができる。

5) POP(Point of Production)管理の開発(図-35)

建築工事現場の生産活動が他産業の生産活動と比較して遅れている点の一つに、生産情報の収集システム能力の貧弱さと、その貧弱なシステムから得られた欠落したデータに基づく生産計画・生産管理システムのレベルの低さと精度の悪さがある。

この生産計画・生産管理システムのレベルの低さと精度の悪さは、全産業の中で建設産業の生産性が低いと言われる原因となっている。また最も多くの事故罹

災者を生み出し、工事現場が3Kと言われている所以ともなっている。

工事現場における生産情報の収集については、旧来より多くの先達がチャレンジして来ているが、その全てが工事現場に調査員を張り付けて作業員一人一人の動きを肉眼で追う方法である。近年はVTRを利用しているが本質的には同一の手法であり、刻々と変化する膨大な数量の作業員や資材物量を調査することは極めて難しい。

本研究では、近年急速に発展しているIT技術を利用することにより生産情報をリアルタイムで収集するシステムを開発することを目指す。POP管理を導入することにより工事状況と生産情報を人手に頼らず、しかも生産工程に負荷を与えることなく、リアルタイムでパソコンに取り込むことができる。これによって、データに基づく精度の高い生産計画用のソフトを利用できる。これにより生産現場のシミュレーションが可能となり、精度の高い生産計画・管理が実践できる。このような精緻な生産計画と管理によって生産性を飛躍的に向上することが可能となる。

工事現場においては、①構造・動きが複雑な作業員、②形状・動きを定量化できる資材、③形状・動きを定量化できこれを人間が制御する機械、の三者が協調して作業を行う。

この三者の行う作業のモデル化を研究中である。POPによる生産管理が実現すると下記の評価を適正に行うことができる。

- (1) 作業の生産性・安全性
- (2) 労働生産性や作業員に対する作業負荷
- (3) 工法(品質・コスト・工期・安全)
- (4) 工程設計の最適化
- (5) 資材の調達・供給方式
- (6) 工程進捗(リアルタイムに把握)
- (7) 工程別のトラブル発生の可能性
- (8) シミュレーションによるトラブル予測

しかし、これを実現するための作業データベースの構築には膨大なマンパワーと時間が必要である。現在、基礎研究として、鉄骨工事を対象に、①作業員の身体の動き(加速度センサ)、②資材の動き(非接触ICカード)、③機械の動き(GPSデータ)、について自動記録できるか否かを確認中である。

6.4 社内業務との連携および調整

6.4.1 コストダウン活動推進委員会「超高層住宅部会」

1997年4月より施工原価の低減を目指し、建築担当部長推進のもとに「コストダウン活動推進委員

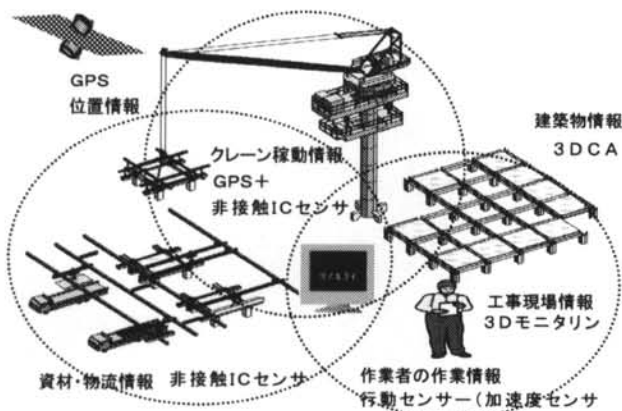


図-35 POP管理の開発の概要

会」を設け、全社でコストダウンに取り組んだ。全体の取組みは建築本部が行い、建築本部長が委員長となり各支店の技術部・生産支援センターを通じて全社の活動をリードした。本委員会の主旨は、厳しいコスト競争に打勝つためのコストダウン施策を全社に徹底するとともに、各々が保有するコストダウンの技術的蓄積・ノウハウを共有することにあった。

委員会は以下の7つの部会で構成した。

- (1) 生産体制部会
- (2) 購買部会
- (3) 生産技術部会
- (4) 生産情報部会
- (5) 超高層集合住宅部会
- (6) 中高層集合住宅部会
- (7) 物販施設部会

上記(1)から(4)は機能別に編成した部会であり、(5)から(7)は施設に対応した部会である。本委員会の超高層住宅部会の活動成果は集合住宅に展開するものとして、内装設備統合化プロジェクトのメンバーが本部会の委員として活動した。本プロジェクトは部品化研究会での調整の下で、本委員会との整合を図りつつ開発を行った。開発メンバーが本委員会の部会に参画した意味は以下のとおりである。

- (1) 全社の動向を把握する
- (2) 開発成果を部会に反映する
- (3) 部会での検討結果を開発に反映する
- (4) 開発過程で得たデータを部会に反映する

図-36に開発の推移にしたがって、内装設備統合化開発プロジェクトの活動とコストダウン活動推進委員会活動との連携を示す。

開発プロジェクトがコストダウン活動推進委員会との調整を図りながら開発を進めた結果、常に全社の動

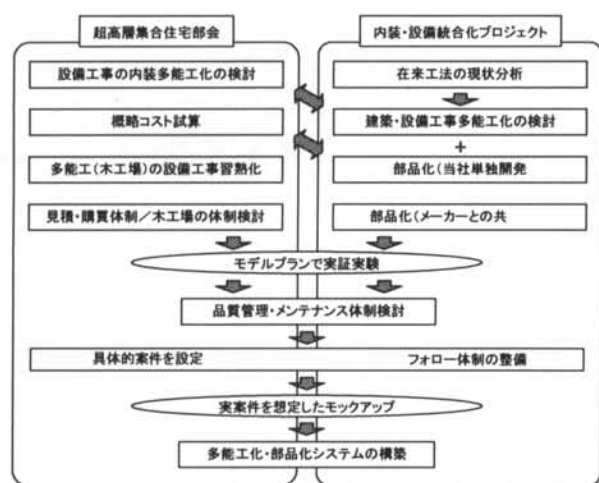


図-36 コストダウン推進委員会との連携

向を把握することができ、プロジェクトの推進に役立った。また、2回に互って行った施工実証実験をコストダウン活動推進委員会のメンバーが支援することによって、多くの経営幹部が実験場を訪れた。結果的に社内に対するアピール効果が大きかった。また、実験によって得たデータは超高層集合住宅部会で行った内装・設備工事のコスト試算に活用した。

6.4.2 社内広報活動

POPSの開発活動の内容および部品化に関連する社外情報を社内に展開する目的で、四半期に一度「POPSニュース」を発行した(図-37)。これにより開発の方向性および進め方について社内各部署より貴重な御意見を頂いた。

§ 7. 社外との研究会及び展開

7.1 コンペへの参画・研究会の開催

都市居住推進アイデアコンペ(東京都)への参画

1996年に「都市居住推進アイデアコンペ」と題し東京都主催のコンペが実施された。当社はM設計事務所とのジョイントでコンペに参加した。当コンペ提出案の施工法に関しPOPSのアイデアを提案した(図-38)。全体とりまとめを設計本部が行い、M設計事務所・当社案は優秀賞を獲得した。

K鉄鋼メーカーとの研究会

本研究会はK社が保有する約210ヘクタールの工場跡地の一部に集合住宅を建設することを狙いとして発足した。数回の研究会を通じK社と当社それぞれが保有する技術とノウハウを共有し集合住宅供給のイメー

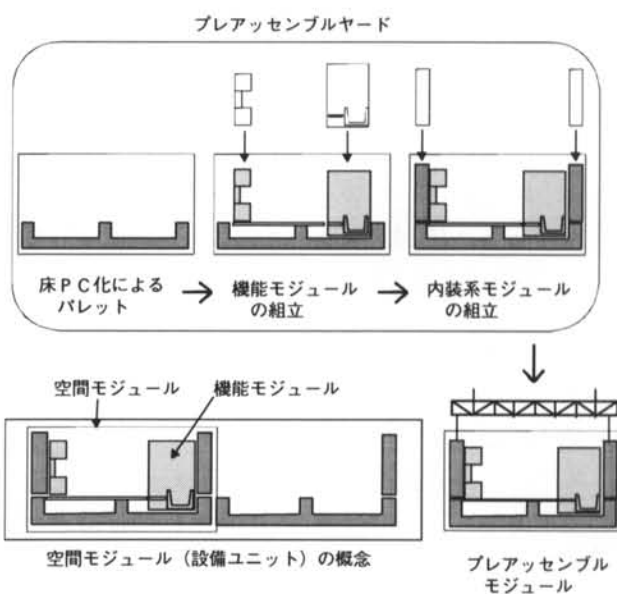


図-38 コンペ提出案の一部

Part Oriented Production System NEWS No. 4

「集合住宅の内装・設備統合化を支える部品化システム」プロジェクト第2回実証実験
 技術開発プロジェクト「集合住宅の内装・設備統合化を支える部品化システム」の実証実験を98年1月16日～23日に実施した。このプロジェクトは部品化生産システムの一環で、設計本部が主体となって推進している。全社の動きと連携を持つために「超高層集合住宅生産技術分科会の内装・設備部会」と密な連携を取りながら1年間作業を進めてきた。本実験は昨年10月に行った第1回の実証実験に引き続いて行なったもので、第1回実証実験における改善点の検証と今後の現場展開のための基礎資料の取得を目的とした。実験期間中は社内関連部署の方々にお声を掛けて、2日間に亘って行なわれた見学会には大勢の方々にご参加をいただいた。昨今の厳しいコスト競争の中で苦勞されている工事現場の関連部署の皆さんに見ていただき、実際の工事への適用に向けて多くの貴重なご意見を頂いた。実験の概要は以下のとおりである。

| 項目 | 内容 | 備考 |
|-------|--|--------------|
| 実験期間 | 1998年1月16日～23日 | 社内説明会は21～22日 |
| 実験場所 | 東京本工場 | 屋根付き作業場にて実施 |
| 実験の目的 | (1) 第1回実証実験での改善点の検証 (2) 作業手順の測定 (3) 施工要領書など作成の基礎資料の収集 (4) 実施工に向けての問題点の抽出と改善案の検討 | |
| 実験の範囲 | 集合住宅1住戸分の内装下地及び設備工事の一部 | |

本プロジェクトは、集合住宅における内装・設備工事のコストダウンをおこなったものであり、
 (1) 内装・設備を一体化した部品化
 (2) 部品製作のサイトファクトリー化
 (3) 設計図・生産設計図・製作図のワイヤライズ化
 によって多能工による施工の効率化を図ってコストダウンを実現するものである。内装・設備システムの基本となる技術は、「下地先付けP/B（プラスターボード）パネル工法」で通称P/Bパネル工法と呼んでいる。これは集合住宅の住戸内の間仕切り工法で、従来の下地を組みこみの上からプラスターボードを貼る方法に対して、木軸の下地を予め片面P/Bに取り付けて片面をパネル化したものである。下地先付けP/Bパネル工法と架



プレア付化した部材を組み合わせて使うことによって、多能工による施工を可能にした。実験を通じて今後現場に展開する上で解決すべき課題が明らかになった。主な事項を以下に示す。

- (1) 下地先付けP/Bパネル工法の技術的問題（例：高さ方向の寸法の調整方法など）
 - (2) 新構法の見積り・購買・調達方式
 - (3) 設備工事の品質管理・メンテナンス区分
 - (4) パネル割付、パネル製作などとの図面製作に関わる業務の担当部署
- 現在、問題点の解決と実際の現場への展開に向けて活動中である。

部品化関連の新規プロジェクト紹介
 部品化生産システムにおける資機材調達システムの開発（リーダー：技術研究所 中村主任研究員）
 部品化生産に適した調達の仕組み構築に向けた開発研究（今後、開発に発展するテーマ）である。資機材の調達はコストダウンにおける要である。1998年度は、建築部品の調達から現場での取付までの一連のプロセスを対象に、必要資機材の把握と調達システムの仕様及び物流方法の提案を行なう。差別化のポイントは、低価格な部品の調達と確実な物流網、環境負荷の少ない回収及びリサイクルシステムのインフラ作りである。

部品化 U P - T O - O - D A T E
 ユニークな建築部品（スチールブリック：鉄製レンガ）
 部品化生産グループには建築構材を部品化することによって革新的な生産方式を提案するという大きな目標がある。オープン部品を使うことによって飛躍的なコストダウンを達成するのが思いであるが、現実には自由に手に入る建築部品は少ない。レンガは古くからあるオープン部品である。イタリアのナポリにあるバゴ建築事務所ではスチール製のレンガを考案し建物の壁や天井などに適用している。スチールブリックはプロジェクト毎に自動車メーカーであるフィアットの部品工場で生産される。積石造が基本のイタリアならではの発想である。残念ながらまだオープン部品とはなっていないが、建築部材の中でも極めてユニークな部品であり、製造方式、供給方式など部品化生産を考えるととても面白いことになる。（写真はスチールブリックのカタログより）



第4回「部品化研究会」を開催（委員長：三戸建築本部長）
 去る2月3日第4回部品化研究会を開催した。先ず、部品化生産の取組の現状について報告を行った。報告の後、解決すべき現状の問題点、今後の取り組み方針について活発な討議を行った。

図-37 POPS ニュース

ジを取りまとめた（図-39）。

当社からの提案内容はPOPSによるコストダウンと工期短縮である。一方、K社からは海外の工場を活用した海外調達・物流が提案された。図-39はK社の海上物流ルートを利用し、大型躯体部品を搬入し、併設されたヤードでプレアッセンブルを実施し、大型の搬送台車とクレーンを利用り建物全体を組立てていく様子を表現したものである。これにより大幅な工期短縮が可能となる。

久富氏（エスシー・リサーチ・センター元取締役）との研究会

POPSの最終的な目標は建築生産の大幅なコストダウンと工期短縮であり、より厳しい経営環境においても高い他社競争力を維持・向上しようとするものである。このプロジェクトの進め方に関し、建設業とその周辺に見識の深いエスシー・リサーチ・センターの久富氏を講師に招き指導会を開催した。

全6回の研究会を通じ、当社の業態について、従来の工業化構法とPOPSについて、パイロットプロジェクトについて、など様々な観点での議論を行い、最終的に部品化のシナリオをまとめた。その骨子は以下のとおりである。

- ・商品開発と部品化
- ・当社の技術開発の系譜

- ・商品開発と技術開発の対比
- ・建築の部品化の目的
- ・冬の時代とコストダウン
- ・狙うべき市場
- ・具体的施策として：標準設計、コストダウン、生産設計とコストシミュレーション、部品化施工

青山学院大学玉木教授講演会「部品化とCS」

部品化の開発を進める上で「カスタマーズ・サテイスファクション」（以後、CSと略記する）は重要な要素である。そこで、CSに関して講演会による勉強会を企画した。講演者は青山学院大学経営学部の玉木教授にお願いした。事前に清水建設としてのPOPSの理念や概念、具体的な開発テーマを玉木教授に説明した。以下に講演会の概要を記す。

- (1) 日時：1997年1月23日
- (2) 場所：清水建設本社会議室
- (3) 参加者：POPS関係者25名
- (4) 講演内容：
 - ① CSとQCDS
 - ② 品質経営における品質の考え方
 - ・マーケット・インによる顧客満足
 - ・設計品質と製造品質
 - ・製造計画に関連した製品の品質構造

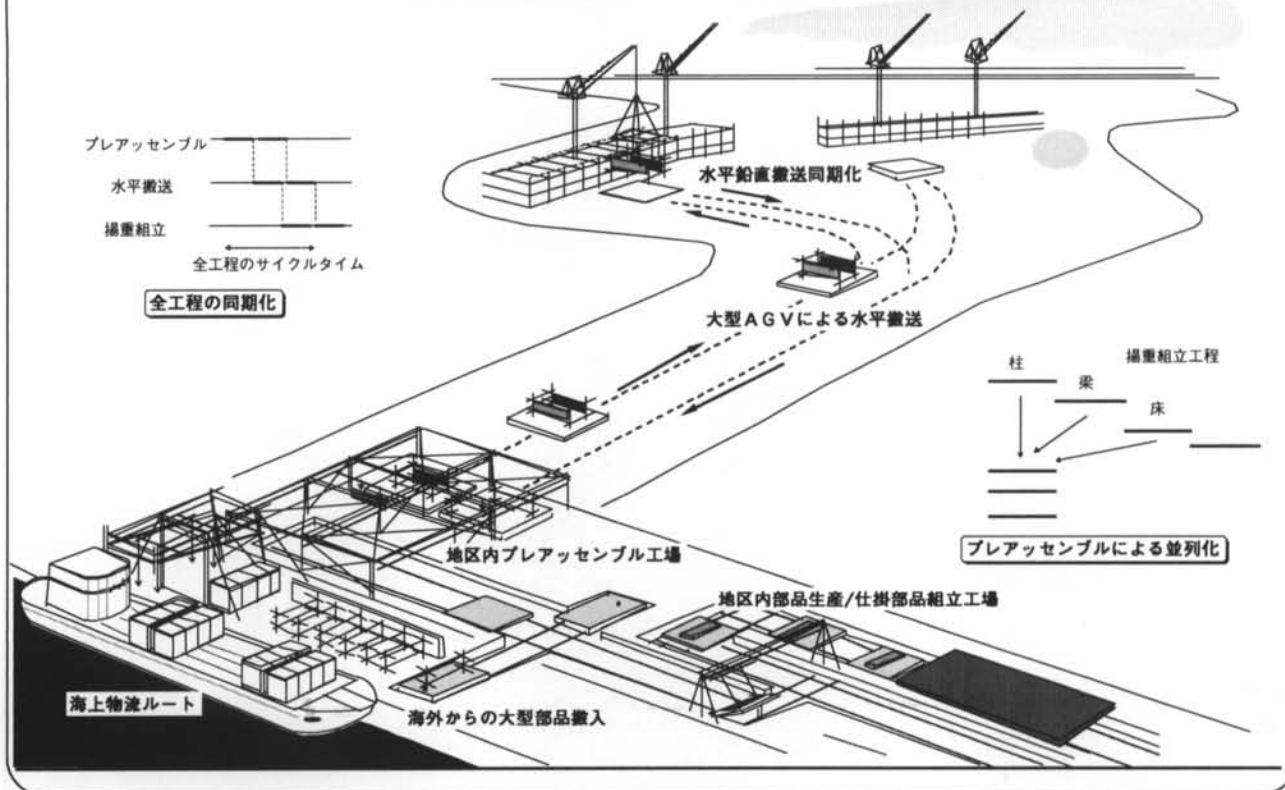


図-39 K社工場跡地への集合住宅供給計画

- ③ 製造業における製品開発プロセスとCE (コンカレント・エンジニアリング)
- ④ 部品化に向けた設計と生産管理・製造
 - ・生産方式からみた部品化のねらい
 - ・受注生産と見込生産による部品中心生産
 - ・自動化に適した製品設計・部品設計
 - ・「部品の共通化」の意義と推進方法

玉木教授の長年の製造業における研究成果、企業相手のコンサルタント業務の事例など、建設業とは異なる製造業の話題を紹介していただいた。これは以後のPOPSの推進に有効であった。

講演後、参加者にアンケートを行い、参加者が最も興味を抱いたのが、④の内容であり、全体の80%近い参加者がこれに興味を持ったことが分かった。

7.2 協会団体等での活動

POPS開発は、部品メーカーでないゼネコンが行う開発である。したがって社外と断絶することなく連携することが重要であると考えている。社外に対するPOPSの主な働きかけを以下に示す。

1) IMSプロジェクト(注1)-IF7

IF7の参加メンバーは、清水・鹿島・ハザマ・青山学院大・阪大・東大・機械技術研究所である。IF7の

委託業務実施計画の概要を以下に示す。

(a) 大型構造物の組立工法に関する研究

設計した集合住宅モデルを対象に、サイトファクトリでのプレアッセンブル、施工階への取付工法について検討を進める(図-40)。

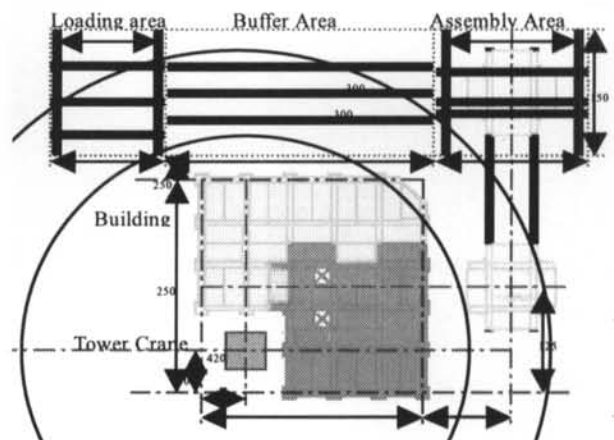


図-40 大型構造物の施工計画

(注1) IMS (Intelligent Manufacturing System) プロジェクト: 通産省主催の国際プロジェクトで、1990年より開始し、国内先行を含め現在、18のプロジェクトが活動中。

(b) 大型構造物組立の機械化システムに関する研究
 ちゃぶ台工法(POPSにおける躯体部品化(モジュール)工法)のモジュール組立にハイブリッドパラレルアームを適用することとし、この場合の建築現場における部材投入・搬送・ハンドリング・組立のトータルシステムを確立するとともに、モデル機による一部検証を実施する(図-41)。

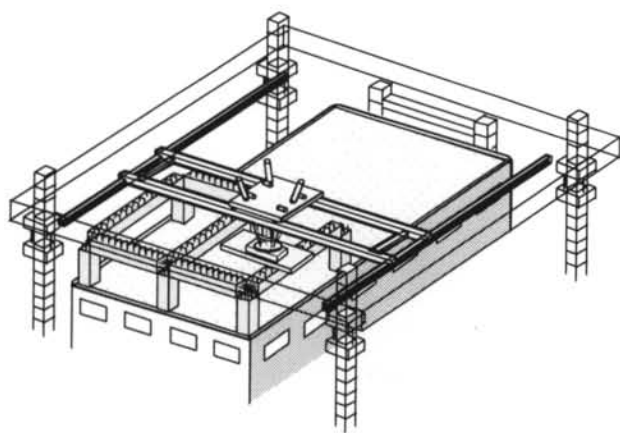


図-41 パラレルアームによる組立工程

(c) 仮想現実(VR)フィールドファクトリにおける自律型エージェント指向施工管理に関する研究
 サイトファクトリにおけるちゃぶ台モジュールの組立にハイブリッドパラレルアームを利用した建築現場の仮想現場をテスト環境上に作成する(図-42)。



図-42 VRフィールドファクトリ

2) BCS (建築業協会)

BCS材料施工専門部会の共同研究創出WGに対して、POPSの観点からの共同研究提案を行った。提案は、平成12年度下期より「ゼロエミッションを考慮したビル設計・施工方法(ゼロエミッションビル)研究会」をスタートさせることである。この「ゼロエミッションビルに関する共同研究会」では、さらに建築をめぐるリサイクルや部品交換に関する検討が進むのは必然であるし、この帰着として部品、部品展開などが議題

になることを期待している。

3) プレファブ建築協会

プレファブ建築協会は、国内のPCa製作メーカーの団体である。本協会の研究テーマ検討委員会でオープン部品の開発を提案した(図-43)。現在、プレファブ各企業経営状態は苦しく、各企業の経営改善とPOPS展開とを組み合わせ提案したものであるが、委員会参加企業の半数(10社中5社)の賛同しか得られていない。更なる提案を行って、説得を続けてゆく予定である。

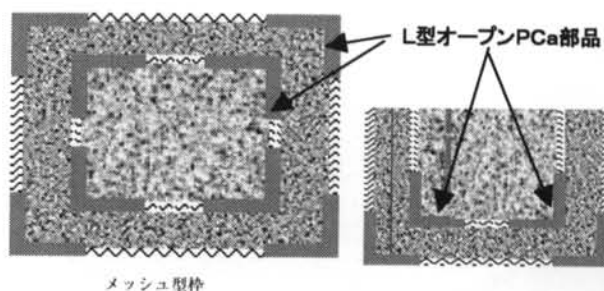


図-43 ハーフPCaオープン部品

§ 8. 今後のチャレンジ

8.1 反省点および未解決の問題

POPS開発プロジェクト(POPS)の下で開発に従事した。必ずしも初期の目的を十分に達成することは出来なかったが、生産方式の革新を目指した筆者らのこれまでの努力は決して無駄ではなかったと確信している。しかしながら、当初掲げた目標に対して残された課題は少なくない。本報告を終えるにあたって、開発を通しての反省、および今後チャレンジすべき課題について述べたい。

プレアッセンブル工法・内装設備統合化構法の開発を通して、現状の生産の仕組みを変えてゆくことの難しさを痛感した。技術的な開発は比較的円滑に進んだが、現場に適用する段で数々の困難に遭遇した。

プレアッセンブル工法の開発では労務省力化に関するデータに乏しく、現状の取極方式を変えるには至っていない。また、実際の作業においては思いもよらぬ障害に阻まれて一部の職種にしわ寄せがいった。

内装設備統合化においては多能工の導入を意図し、実証実験で造作大工が設備工事の諸作業を遂行可能なことを確認した。しかし、実施に際して施工後の瑕疵保証の問題、取極め方法等、現在の仕組みの中では未解決の問題が壁となった。

また、部品化設計、物流・調達プロセス、部品化デ

デジタル化TV施設等の開発プロジェクトでは、提案を実際に適用するには至らなかった。躯体部品化、POP管理は未だコンセプトの段階であり、実用化までには多くの技術的課題を克服する必要がある。

8.2 今後チャレンジすべき課題

本節では前節に述べた反省点、未解決の問題をふまえ、今後、建設生産の改革に当ってチャレンジすべき課題を明らかにする。

まず、民間会社における技術開発の進め方に係わる問題がある。筆者らの行ったPOPS開発は「もの」を作ると同時に、新しい生産の在り方・考え方を提案し啓蒙する「運動」的な側面があった。しかし、「運動」的側面を持つ開発の方法論は確立していない。また、この種の開発を適切に評価することも難しい。これらを含め、今後チャレンジすべき課題を以下に示す。

- (1) プレアッセンブル・内装設備等の技術については、更に技術的改良を重ねるとともに、適用の仕組みを整えて普及を図る。
- (2) 部品化設計・物流調達等、具体的提案に至らなかった事項については、さらに基礎調査を重ね、課題を整理し直す。
- (3) 躯体部品化については、実用化を目指し具体的課題を明らかにして開発を推進する。
- (4) 部品化デジタル化TV施設などプロダクトの開発については市場性を見直し売り込みを図る。
- (5) 購買・調達等、既存の仕組みの改革に係わる事項については、さらに基礎調査を重ね課題を整理し直して、全社的な推進を図る。
- (6) 情報技術を積極的に導入して部品化を情報面から見直し、新たな課題を抽出する。
- (7) 環境問題を視野に入れ、改修・リニューアル・部品交換などについても課題を明かにする。

<参考文献>

- 1) 栗田：“Robot Oriented Modular Construction System Part 1 :Design & Logistics”，10th ISARC Houston, 1993
- 2) Takada：“Changes of Precast-concrete methods”，2nd UK-Japan Seminar, JPN, 1994
- 3) 今津，高田：“テナシ”重視のPCa 造を目指す・設計者とゼネコメメーカー が探る妥協点 “ゼネコ”の現状分析”，NIKKEI ARCHITECTURE, 1996年4月22日号, pp.115-120
- 4) 三根，高田，梶，他：“工程分析による仕上及び設備工事の実態調査”，日本建築学会第13回建築生産シンポジウム, pp.183-190, 1997.7
- 5) 松村，高田，他：“新しいPCa 技術の時代がやってきた -PCa 技術のオープン化のための 100 の情報-”，中高層ハウジング 研究会, 1997
- 6) 高田，他：“部品化特集：建設業者の取り組み事例 清水建設株の場合”，日本建築学会
- 7) 高田，他：“建築計画チェックリスト「集合住宅」”，彰国社, 1997
- 8) 高田，吉田，他：“大型構造物の組立工法の研究”，IMS 成果発表会, 1998.8
- 9) Kunugi，Takada，Mine：“The Concept of Parts Oriented System”，IABSE Kobe, pp.631-636, 1998.8
- 10) 高田，三根，梶：“部品化生産システムの開発 システムのコンセプトについての一考察”，日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.629-630, 1998.9

- (8) 国際化・共同開発・アウトソーシングを図り、より組織的な開発を推進する。

§ 9. おわりに

本報告において筆者らの5年間に亙る開発活動全てを述べ尽くすことはできなかったが、フィージビリティ・スタディから実際の技術開発および成果の展開を経て、筆者らが重要と思った事項のほとんどを述べる事ができたと考えている。現在、金融業界におけるビッグバンに始まり公共工事の大幅見直し等、社会の大きなうねりの中で、建設業においても変革が始まりつつある。これからの技術者に求められるものは、時代の動きを的確に見定め本当に必要とされている技術を開発することである。筆者らは「継続は力」の格言を堅く信じ、今後共建設生産の革新を目指したいと考えている。この論文が、今後同種の開発に従事される技術者のお役に立てば幸甚の至りである。

謝辞

本開発にあたり、元宮武副社長には問題提起に始まり数々のご助言を頂いた。取締役専務執行役員三戸建築本部長には部品化研究会主査として社内を取り纏めて頂いた。執行役員藤盛技術研究所長には直接開発の推進役を担って頂いた。市川建築副本部長には技術開発センター時代に直接開発の指揮を執って頂いた。また、事前検討の段階からフィージビリティ・スタディ、プロジェクトの推進に当って、松本信二技術研究所副所長、竹林氏、丹治氏、内山氏、山崎氏、福村氏、徳田氏、中西氏、平林氏、金本氏、栗田氏(栗田工務店)など、社内外の数多くの方々のご協力を頂いた。

末筆ながら心から感謝の意を表します。

- 11) 三根, 高田, 梶: “部品化生産システムの開発(集合住宅における内装及び設備工事の実態調査)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), pp.631-632, 1998.9
- 12) 岩瀬, 高田, 他: “仮想・現実施工管理支援システムの研究”, IMS 成果発表会, 1999.7
- 13) 三根, 高田, 梶: “部品化生産システムの開発(その1 集合住宅の内装・設備統合化システムの開発)”, 日本建築学会第15回建築生産シンポジウム, pp.209-216, 1999.7
- 14) 梶, 高田, 三根, 他: “部品化生産システムの開発(その2 集合住宅における躯体・設備配管のプレアッセンブル)”, 日本建築学会第15回建築生産シンポジウム, pp.217-222, 1999.7
- 15) 三根, 高田, 梶: “部品化生産システムの開発(その3 内装システムの開発と適用)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) pp.1117-1118, 1999.9
- 16) 松村, 高田, 他: “PCa 技術マニュアル その活用と設計・施工の手引き”, 彰国社 施工9月号別冊, 1999.9
- 17) 岩瀬, 高田, 八木: “Development of virtual and real-field construction management system in innovative, intelligent factory.”, ISARC Madrid, 1999.10
- 18) Kamikawa, Takada: “STUDY ON INNOVATIVE AND INTELLIGENT FIELD FACTORY”, ICMA 2000 (International Conference on Machine Automation), Osaka Institute of Technology
- 19) 石井, 高田, 他: “革新的・知的フィールドファクトリの研究:WP1”, 2000年度IMS成果報告会, IMSセンター
- 20) 丸山, 高田, 他: “革新的・知的フィールドファクトリの研究:WP3”, 2000年度IMS成果報告会, IMSセンター
- 21) IF7 “IMS 国際共同研究プログラム・国内研究開発:革新的・知的フィールドファクトリの研究・研究成果報告書”, 1999年度版, IMSセンター
- 22) 三根, 高田, 梶: “内装・設備工事の工程分析(集合住宅における内装工事に関する研究 その1)”, 日本建築学会計画系論文集, 第534号, pp.233-240, 2000.8
- 23) 高田, 猪腰, 三根, 他: “ITを利用した生産管理システムの研究—システムのコンセプト構築に関する一考察”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) A-1, pp.115-116, 2000.9
- 24) 石井, 高田, 木川田, 他: “革新的・知的フィールドファクトリーの研究 その1 大型構造物の組立構法に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) A-1, pp.161-162, 2000.9
- 25) 丸山, 高田, 玉木, 他: “革新的・知的フィールドファクトリーの研究 その3 自律エージェント指向施工管理に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) A-1, pp.165-166, 2000.9
- 26) 三根, 高田, 梶: “部品化生産システムの開発(その4 内装システムの工程パターン)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北) F-1, pp.1309-1310, 2000.9
- 27) Maruyama, Takada, Tamaki: “Development of virtual and real-field construction management system for innovative, intelligent field-factory-development of virtual construction field-”, IF7-WP3. ISARC. Taipei, 2000.9
- 28) Takada, Yagi, Ishii, etc: “Study on assembles methods of large-scale structure using an innovative and intelligent field factory”, ISARC IF7-WP1 Taipei, 2000.9
- 29) Takada, Mine, Kunugi: “PARTS ORIENTED PRODUCTION SYSTEM (POPS)”, CIB W104 OBT2000, Tokyo, pp.274-281, 2000.10