

巨大プロジェクトの計画と管理 (その1)

—エンジニアリング産業のプロジェクト・マネジメント—

河野 豊 弘

目 次

- I エンジニアリング産業の巨大プロジェクトの特長とプロジェクト・マネジメント
- II プロジェクトの進行過程とそれぞれの特色
- III プロジェクトの計画と実施のための組織と人事
- IV 契約形態

(以下次号)

I エンジニアリング産業の巨大プロジェクトの特長とプロジェクト・マネジメント

ここに研究する巨大プロジェクトとは、石油精製、石油化学、原子力発電、火力発電、天然ガス液化などの設備の設計と建設のプロジェクトである。これらの設備は単に何百億円の投資を行なう巨大プロジェクトであるばかりでなく、高度の技術を要し、しかも高温、高圧のプロセスを処理する設備である。このような高温、高圧の設備だけでなく、電力輸送システム、海底の石油採掘、飛行場の全システムの建設、港湾システム、大建築物などの高度の技術を要する巨大なシステムの建設をもそれに入れる。

このようなエンジニアリング産業の巨大プロジェクトは、単なる土木、建築とは異なっている。それは第1に高温、高圧のプロセスの処理など高度の技術を要するプロジェクトであり、常に進歩しつつある技術をそこに内蔵するものである。したがってその設計には

大量の技術者が動員され、しかも長い時間を要する。したがって建設が始まってからも、なお設計がつづくということがありうる。したがって不確実性も高い。

第2には多数のサブシステムからなる大きなシステムを建設することであり、全体としてのシステムを計画し統合する能力が必要とされる。

それはまた新製品の開発などの開発型のプロジェクトとも異なっている。開発型のプロジェクトの場合には、不確実性は一そう大きく、ある段階まで進んで成果をみて打ち切るか否か、どのような研究をするかを計画するという逐次決定の過程を必要とする。資源の投入も少ないし、また仮りに大きくても、もともと失敗の危険は大きい。それを前提として投入されている。

しかしエンジニアリング産業のプロジェクトはすでに成功が確認されたプロセスと構成体とを用いて、経済的にも資源処理を行なう設備、他の設備と競争しても利益をあげうる設備を建設するものであるから、最初から詳細な計画をたてて、それにもとづいて厳密に統制しつつ設計と建設とを進めてゆく。ここでは品質、原価、スケジュールについての逸脱は許されないのである。しかも前例のない巨大プロジェクトについてそれを行なわねばならない。

エンジニアリング産業の巨大プロジェクトの特長を上記との重複をいとわず、一般的にあげれば次のようになる。

- (i) それはエネルギーの獲得及び原料資源

の変換と関係が深い。それは石油や電力などのエネルギーの消費が増大し、かつ技術が高度化すると共に増大した。したがって将来も新しいエネルギーが必要とされ、その消費も増大すると共に増大する。例えば海底油田の開発、原子力発電、石炭液化、太陽エネルギーの利用などである。

エネルギーだけでなく、一般的に石油化学のように資源の獲得、二次原料への変換と関係が深い。石油化学のほかに製鉄所の建設、鉱山の開発、海水の淡水化などがある。資源が次第に涸渇すると共に、その獲得には高度の技術が適用され、それをを用いるプロジェクトは増大する。

(d) 巨大なシステムをつくるために、巨大な投資を要する。それは一件100億円から、1,000億円程度の投資をすることが少なくない。規模が大きく、設計と建設作業は多様に互るが、一つのシステムとして完成される必要があるから、計画において各部分を統合することが必要である。したがって詳細な計画化と統制とを必要とする。この点設備投資計画の典型的なモデルとなる。

(e) 前例のない、一回限りの計画と建設とである。それは反復的な大量生産とは全く異なる計画と管理の方法を必要とする。それはやり直しがきかないから、予め綿密な計画をたて、計画の段階で代替案を評価し、実行段階では最善の方法で実行する必要がある。例えば原子炉の欠陥を後に回復することは極めて困難である。もっとも一回限りと言っても類似の前例はあるし、一回限りのプロジェクトを経験するうちに、巨大プロジェクトの計画と管理の一般的な方法を学ぼう。そしてその知識こそプロジェクトを完成させ、エンジニアリング会社の競争力をつけるものである。

(f) 知識集約的である。それは高度の技術を内蔵し、最新の技術を世界中から集め、特許を購入し、多様な知識を結集して設計され

る。それは単に大量の労働力を投入する土木工事などとは異なる。したがって設計、建設をするエンジニアリング会社は数千人の技術者をもっている。例えばアメリカのフルオア(Fluor)社は、約6,000人の技術者をもっている。しかも異種の知識を結びつけ、一つの巨大なシステムとして統合する能力、システムをつくる能力を必要とする。

(g) 設計と建設は、時間的、空間的広がりをもち、しかも異なった作業がそこで展開される。すなわち、設計と建設は3年ないし4年などと長期間を要し、しかも時間毎に異なった設計と建設作業が行なわれる。この時間的に広がった異種の作業を統合するためには、詳細な計画と統制とを必要とする。

設計と建設とは世界的な広がりをもつ。設計のためには、世界中から知識が集められる。機器の調達も世界中から最もコストと効率のよいものが集められる。このために世界中に情報収集のネットワークをもつことが必要である。また建設は世界中の遠隔地で行なわれる。遠隔地や未開地域でも最善の設備、長期間の使用にたえる設備をつくるためにも、詳細な計画と統制とを必要とする。

上記のような特色をもつプロジェクトの計画と管理とがプロジェクト・マネジメントである。

プロジェクト・マネジメントは、その建設のための情報処理と物的資源処理という側面からみて、次の5つの領域がある。

(i) プロセスの技術的、経済的評価と決定(feasibility study)。

どのようなプロセスをどこに、どのような規模で建設することが経済的であるかを比較し決定する。

(ii) 設計(design)。エネルギーや物の変換プロセスを設計し、またその変換の容器となる設備そのものの構造を設計し、さらにその構造物を建設するために、どのような仮設

巨大プロジェクトの計画と管理（その1）（河野）

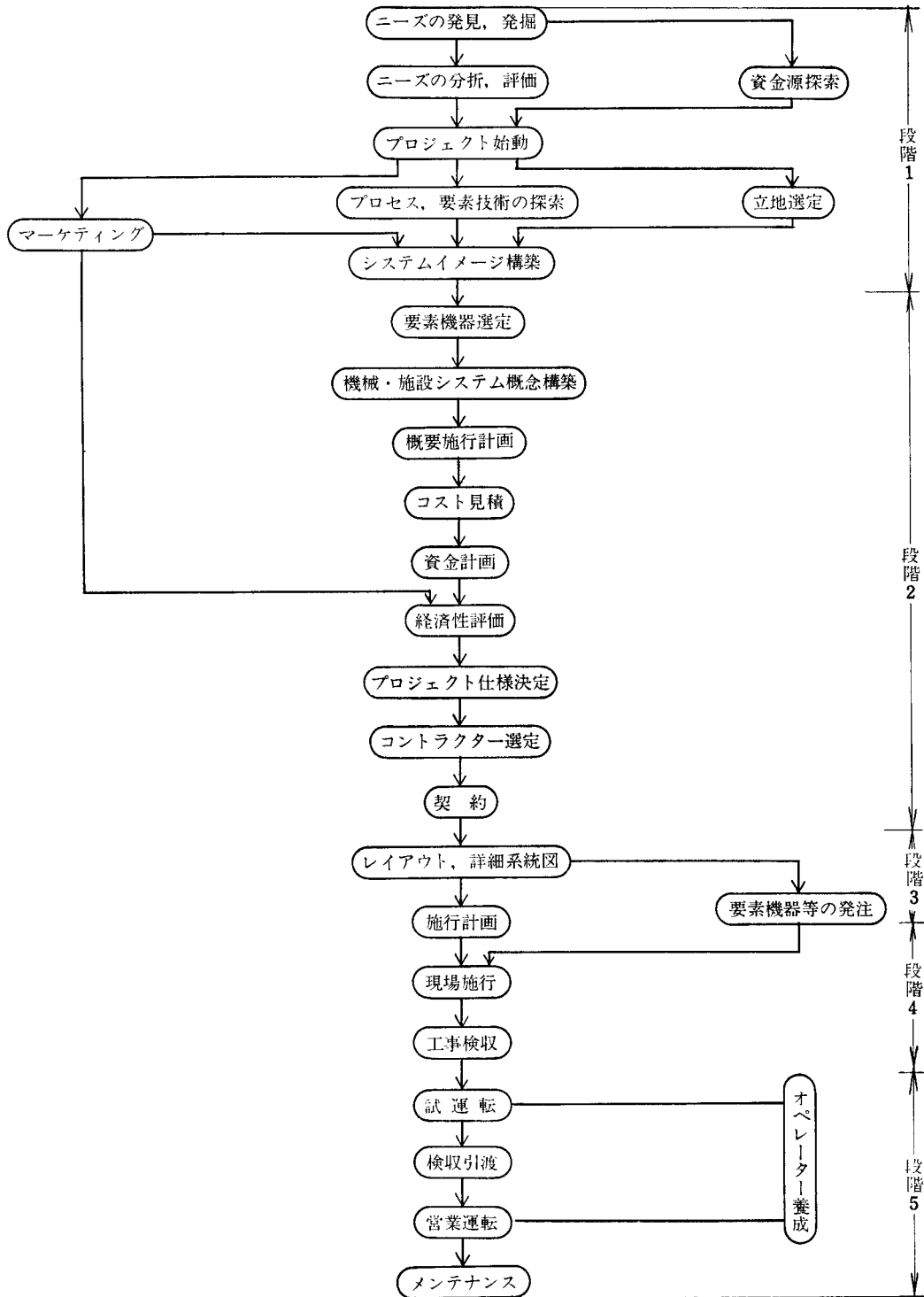
第1表 プロジェクトの段階

段階区分	1 プロセスの評価と決定	2 概念設計	3 詳細設計	4 建設	5 運転
情報処理と物の交換 建設活動のための	ニーズ発見 → アウトプットの決定 → 変換プロセス → 立地	機器とサブシステム設計	レイアウト	スケジュール → 施行の工程表 → 機器調達	試運転
特色	フロー	構造	フロー	構造	フロー
管理過程	(次の表で部分的に説明)				
計画 組織 人事 動機づけ (実施) 統制					

第2表 プロジェクトの段階ごとの計画、組織、実施の進行

段階区分	1 プロセスの評価と決定	2 概念設計	3 詳細設計	4 建設	5 運転
1-1 契約	(コンサルタント契約)	コスト・プラス契約 固定価格契約			
1-2 見積	規模による見積	予備の見積 詳細見積			
1-3 見積誤差	50%～-30%	30% ～-15% 15% ～-10%	5%～-3%		
1-4 スケジュール	マスター・スケジュール	マスター・スケジュール	部分にわけた詳細なスケジュール	2週間と60日のスケジュール	
2 プロジェクトチームの人員の例示	発注 設計 建設 5人位 5人位	5人位 20人位	5人位 20人位	5人位 5人位 20人位	5人位 5人位
3-1 エンジニアリングの累積工数	0～5%	5～15%	40～70%	95～100%	
3-2 建設の累積工数	0	0	0～5%	100%	
4 最終時の経過と時間	5%	25～35%	50～70%	100%	

第3表 プロジェクトの段階の詳細



(註) 高仲日出男氏のモデルを単純化した。

物をつくり、どの部分から建設してゆくかの建設工程の計画をたてること。

(イ) 機器の調達。設備の中心部分をなす機器は外部の工場で作られるから、それを調達する。これは設備の建設費の半分程度をしめることが多いから、如何に信頼できる機器を安く調達するか、そのための情報収集と指導と検査（expediting）の能力をもつ必要がある。

(ロ) 建設。設計にもとづいて、人、機器、資材を集め、工程計画に従って物理的な建設を進める。

(ハ) 運転。設備の完成後試運転し、正常運転に入る。このための運転要員の教育もここに入る。

以上のような領域のうち、設計を概念設計（または preliminary engineering）と詳細設計（detail engineering）とにわけ、機器調達と建設とを一緒にすれば、(1)プロセスの決定、(2)概念設計、(3)詳細設計、(4)調達と建設、(5)運転の5つの段階にわけられる。これは時間的継起を示すものとして後に研究される。

プロジェクト・マネジメントは、上記の領域について、計画し、組織をつくり、人を充当し、動機づけ、統制することである。その計画の目標は品質と、原価と、スケジュールとである。もし、プロジェクト・マネジメントの管理過程のうち、計画と統制とを強調するならば、品質と原価とスケジュールについて計画をたて、それらについて統制することが最も重要である、ということになる。

プロジェクト・マネジメントは、したがって単なる機械工学、電気工学、化学、化学工学などの技術的な知識とそれによる作業と異なる。これらの能力を持つ人を集めることは、その一部にすぎない。プロジェクトについて計画し、組織し、統制することがその本質である。例えば1,000億円近い投資を行なう建設の建設費を予め3%でいどの誤差で見積るにはどうしたらよいか、その実績を中間で測

定しながら最終的な建設費を予測して、中間で統制するにはどうしたらよいか。何千という設計や建設の業務のスケジュールをたてて、発注者の望む工期で、しかも資源のピークが限界をこえず、資源の生産性を高く保ちながら期限通り工事を完了するための計画の方法（CPM法や precedence 法）、及び実際の設計や建設の進行の中間において、実績を測定しつつ最終的な完成時期を予測し、それを現在にフィードバックして計画の改訂を行なう方法は何か。またプロジェクトの遂行のための組織や人事など。これらのマネジメントの手法は多様な知識と多様な仕事を目標に向けて統合することを可能にし、巨大なプロジェクトを成功させる鍵になるものである。

Ⅱ 建設プロジェクトの進行過程とそれぞれの特色

巨大建設のプロジェクトの基礎概念を明らかにし、その計画と統制の原理を明らかにするためには、建設プロジェクトの時間的経過と共にどのような情報処理と資源変換が行なわれるかを明らかにする必要がある。

プロジェクトの過程を単純化すれば、5つの過程に分けることができる(第1表参照)。

第1の過程は、プロジェクトのニーズの発見から、変換プロセスの決定までであり、単純化して、プロセスの決定（または準備的計画、preliminary planning）と言うことができる。ここでは製品の需要はあるか、完成後の製品アウトプットはどのような量であり、その製品とコストは如何にあるべきか、そのためには完成後の資源変換はどのようなプロセスであるべきかが評価され、決定される。

例えば原子力発電所か、火力発電所か、その規模はどうするか、また石油化学の工場をつくるか、その規模はどうするか、石油化学のプロセスのどれを採用するかなどを決定す

ることである。

この過程で行なわれる情報処理の評価は、第3表に示される。

この過程での原理は、完成後の資源変換の最適化である。したがってこのために需要分析、LPなどの最適化の方法、設備投資の経済計算などが用いられる。またその前提として変換プロセスの技術的な検討が行なわれる。

第2の過程は、一般的に概念設計（または基本設計）といわれる。ここではプロセスのための容器である構成体の設計が行なわれる。それは組立生産工場ならば流れ作業の工場か、または機械の種類別の配置かをきめるプロセスに似ている。化学プロセスの工場ならば、どのような化学反応のための機器、どんな配管、どんなタンクを配置し、それをどのように連結するかを計画することである。また工場の配置（レイアウト）も決定される。

ここでの評価の原理は、有効性と経済性である。有効性とは、その構成体が第1フェーズで意図した変換プロセスを遂行し、意図した産出物を生むか否か、その信頼性と産出物の安定性、公害発生の有無などである。経済性は、資源のうち、フローとして消耗される資源の変換の能率、すなわち産出÷投入の比率と、構成体に投下される資源の原価、すなわち投資原価との二つが問題になる。減価償却その他を通じて、投資費用が投入フローに算入されるならば、フローの産出と投入の比率だけでよいかも知れない。しかし投入資金に制約のある場合には、設備投資など投資に対する比率が問題になる。

第3のプロセスは、詳細設計（detail engineering）と言われる過程であり、ここでは、構成体の詳細な設計が行なわれるばかりでなく、その生産と建設のための設計がたてられる。建設そのものの計画は、整地や仮設物の計画から始まって本体の建設の計画など、再びフローの計画である。この建設計画は、組立工場における生産工程の計画に似て

いる。ただし建設計画においては、構築物をつくる一回限りの計画である。

この過程における目標は、構成体の品質と原価との目標を守ること、最有利の工期を見出し、建設工事の安全性をはかることである。それは生産管理における品質、原価、納期、安全の目標と同じである。

このうち最も有利な工期の原理は、工期の長さと共に右下りの曲線と、右上りの曲線と合計の総費用の曲線によって示される。建設のための直接費は、工期と共に右下りの曲線である。工期の長いほど直接人員の山積みとならずことができ、超過勤務などの必要性は少なく、事故も少ない。工期と共に右上りの曲線は間接費であり、工期の長いほど仮設物の費用、建設の管理費、機械の使用料の合計は大きくなる。直接費と間接費の合計は上に凹の曲線をなし、最も費用の少ない工期がありうる。

建設計画においては、先ず建設のための能力をつくるのが計画される。すなわち仮設物をつくり、建設機械を設置し、人を集め、資金を準備する計画である。

この過程ではどこまで自社で生産し、どこまで外注（下請 subcontract）するかが問題となる。この決定は下請業者の供給しうる能力にもよるが、一般的に高度の技術を要する工程で、しかも各工事に共通のある工程、例えば設計、高度の熔接、建設機械の操作、配管作業などは自製することが多い。

この過程では、作業工程の実行可能性が問題となる。下部から上部へと建設し、内から外へと生産し、力を支えるものから、支えられるものへと建設してゆく。

第4の過程は建設の実行であり、この過程では構成体を構築し、構造をつくる。このために、第3の過程では目的物から手段へと展開したのに対して、手段から目的物へと構築してゆく。

この過程では、計画通りに、品質、原価、

スケジュール、安全を守りながら実行することが問題となる。したがって実行の統制が問題となる。すなわち建設の中間においてたえず情報を収集しながら、進行状態とその成果（品質、原価）を監視し、最終的にどうなるか、例えば建設原価は最終的にどうなるかを予測しつつ、現在の作業にフィードバックし統制する。この統制は、工場における反覆作業と異なって、異なった地点で、長い時間的拡がりのなかで、時々刻々異なった作業が進行してゆくことを統制するのであり、容易ではない。このためには複雑な情報収集と処理システムをもって、制御してゆく必要がある。それは予測によるフィードバックである必要がある。何故ならば一回限りの建設であり、反覆性がなくやり直しがきかないからである。これに反して反覆的な工場生産では、実績からのフィードバックでもよい。何故なら反覆性があるからである。

第5のプロセスは試運転と運転とであり、ここでは再びフローが問題となる。すなわち建設された構造体が計画通りの資源変換を行なうか否かを検査し、もし合格したならば継続的な運転に入ることである。

以上のように、プロセスごとにフローの計画と構造の計画（および実施）が交互にくりかえされる。また各プロセスに計画、組織、人事、動機づけ、統制という管理の過程がある（第1表参照）。

以上の過程において、管理過程、すなわち計画と組織と実行との進行はどうなるか。この概要を図表にすれば第2表のようになる

契約という見地からは、設計と機器調達と建設の契約は、主として第2のプロセスにおいてなされる（第1のプロセスではコンサルタント契約がなされる）。コスト・プラス・フィー契約ならば、第2のプロセスの初期に、まだ設計が詳細になされない時点においてなされる。固定価格の請負契約(lump-sum fixed price contract)ならば第2過程の末期にな

される。

建設費の見積という見地から、第1の過程では、規模による回帰分析による概算見積がなされ、その見積誤差は50%から-30%に及ぶ（ただし、 $\text{見積誤差} = (\text{将来の実績} - \text{見積}) \div \text{見積}$ とする。この幅は標準偏差の2倍程度のもと考えられよう）。第2の過程では予備の見積が行なわれ、その誤差は30%から-15%程度である。この過程の末期には、確定的見積が行なわれ、請負契約の場合には見積価格の基礎に用いられ、コスト・プラス・フィーの契約の場合には、予算の基礎となる。

スケジュールは過程を追うに従って、次第に詳細なスケジュールに入ってゆく。

計画と実行のために、専任のプロジェクト・チーム、または兼任のプロジェクト・チームが編成されるが、その人数は最初少なく、次第に増大し、最終的にはまた少なくなる、という増減を示す。

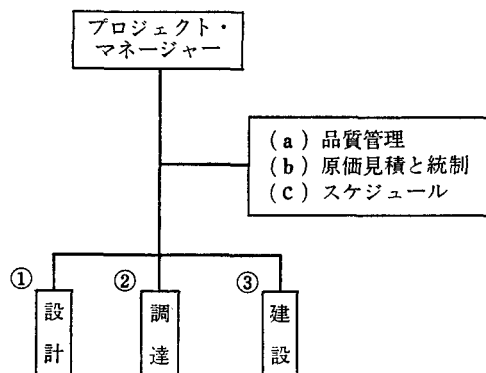
設計と機器調達のための工数の集積値は、第3のプロセスで大部を分終るが、建設中も設計と調達とは進行する。建設のための工数は建設時間中に大部分が消費される（第2表はBrown & Root社の実情の説明に負うところが多い。またK. M. Guthrie, 1977 chap. 5）。

Ⅲ プロジェクトの計画と実施のための組織と人事

A プロジェクトのための組織

プロジェクトの計画と実施のために必要な役割を極めて単純化して示すと、第4表のようになる。どんな複雑なプロジェクト・チームも、このような機能をもっている。すなわち(1)設計、(2)機器や資材調達、(3)建設、の三つの機能である。このほかに種々の機能(例えば需要分析など)があるが、この三つのどれかに入れうる。プロジェクトのための組織

第4表 プロジェクト・チームの概念図



はこの三つの機能を遂行する部門化をする必要がある。

次に、プロジェクトの遂行目標と、その目標のための統制の領域として、(a)品質、(b)スケジュール、(c)原価、の三つの領域があり、プロジェクトのための組織は、この三つの部門化を行なう必要がある。第5表はこのような業務や、詳しい説明表である。

実例としてドラボー社のプロジェクト・チーム (project team よりも、アメリカではむしろ task force と称することが多い) を第6表に示す。1, 2, 3の数字と a, b, c とは上述の機能を示している。

また日本の千代田化工のプロジェクト・チームの例を第7表に示す。チームの部門化の原理は、日本でもアメリカでも変りはない。しかし日本ではこのような専任のチームを編成することはむしろ少なく、多くはマトリクス組織を用いる。

チームの人員とその構成は、プロジェクトの進行と共に変化する。初期の入札前には、数人のケースにすぎないものが、設計や建設が最も盛んであるときには、巨大プロジェクトの場合には400人ぐらいになることもある (Bechtel社での報告) プロジェクトの最終期には数人になってしまう。

さらに設備の発注者もプロジェクト・チーム (臨時建設本部など) を組むから、チーム

第8表 プロジェクト・チームの利用状態の調査

プロジェクト・チームの組織形態を次のように分類するとき、貴社の主たるチーム組織はどれに最も近いといえますか。

[日本16社] [US7社]

1. 機能型組織	13%	0%
2. 純プロジェクト型組織	13	71
3. マトリクス型組織	75	71
4. その他 ()		

(註) 調査方法については末尾の註Aを参照。

は発注者とエンジニアリング会社(建設会社)との双方につくられることになる。ここではエンジニアリング会社の組織についてのみ研究する。

プロジェクトのための組織で重要な問題は、専任のチームを組む場合と、兼任のチームまたはマトリクス組織とする場合との区別であり、この点で日米間に大きな差異がある。アメリカでは大きなプロジェクトは勿論、小さなプロジェクトでも専任のチームを組むことが多いのに反して、日本では大きなプロジェクトでも専任のチームを組むことが少ない。その調査の結果は第8表のようである。

例えばフルオア社の場合、一つのプロジェクトに一つの専任のチームを用いることを原則としたのは、すでに1967年ごろ、まだ平均の契約金額が13百万ドルの頃からである (Business Week, Nov. 9, 1974)。この点ではエンジニアリング会社の先端を切ったといわれる。それによって、巨大なプロジェクトでも期日前に完成することができるという信用を得ることができた。同社の本社には、プロジェクト・チームのメンバーが物理的に移動し、集まって仕事をするための、仕切りの可変的な空間を何階にもわたって大量に持っている。

またベクテル社もまた、一つのプロジェクトに1チーム (one team one project) をその強味として掲げている (同社の化学部門の

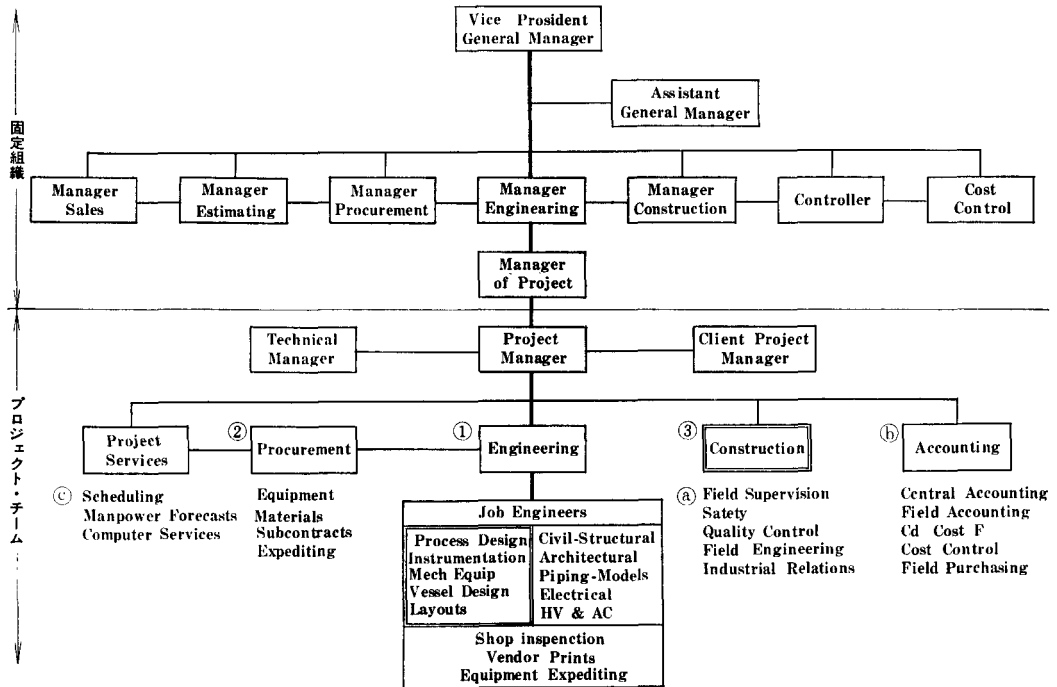
巨大プロジェクトの計画と管理（その1）（河野）

第5表 プロジェクトチームの内部の業務分担表の例示

組	織	業 務 分 担
	プロジェクト・マネージャー (project manager)	○会社の経営政策に直結し、その指示に基づいて特定プロジェクトに関して会社を代表し、ユーザー諸官庁・機器資材メーカー・下請業者などの外部諸機関と公式の接触を持つ責任者である。 ○プロジェクトの遂行に関し技術上および契約上の責任をもつ。 ○プロジェクト・チームを組織し、管理・統轄する。
	事務グループ (administrative group)	○文書管理, ○人事管理, ○会計, ○保険, ○官庁申請, ○庶務, ○その他, 特に海外プロジェクトの場合には現場要員の渡航, 留守家族の世話などを行なう。
b	コントロール・グループ (control group)	○原価管理, 実績及び実績予想の把握 ○工程の把握および管理 ○プロジェクト進捗状況の把握及び管理 ○動員計画の立案及び管理
c	調達グループ (procurement group)	○機器資材メーカー・下請負者のリスト作成, ○見積依頼書の作成, ○見積書の受領と検討, ○機器資材メーカー・下請負者との交渉および選定。
②	エンジニアリング・マネージャー (engineering manager)	プロジェクトの設計に属する業務範囲の責任者として, 化工設計グループおよび詳細設計グループの業務を指揮, 監督する。
①	化工設計グループ (detailed engineering group)	○基本設計資料の収集, ○プロセスの選定, ○プロセス・フロー・ダイアグラムの作成, ○熱および物質収支の作成, ○ユーティリティ所要量の算出, ○機器の基本仕様の作成。
①	詳細設計グループ (Process engineering group)	○プロットプランおよび機器配置図の作成, ○メカニカル・フロー・ダイアグラムの作成, ○ユーティリティ・フロー・ダイアグラムの作成, ○使用機器, 設備の詳細設計, 材質の選定, ○所要材料の算出
③	建設計画グループ (construction planning group)	現場建設の着手前の現場工事のための各種の計画の立案・工事要領書・仕様書の作成などの業務を行ない, 大規模な工事または困難な海外工事を円滑に遂行するための準備を整える。このグループは本来現場工事の組織に所属するものであるが, 暫定的にエンジニアリング遂行の場所において現場工事の進展と共に現場に移動する。

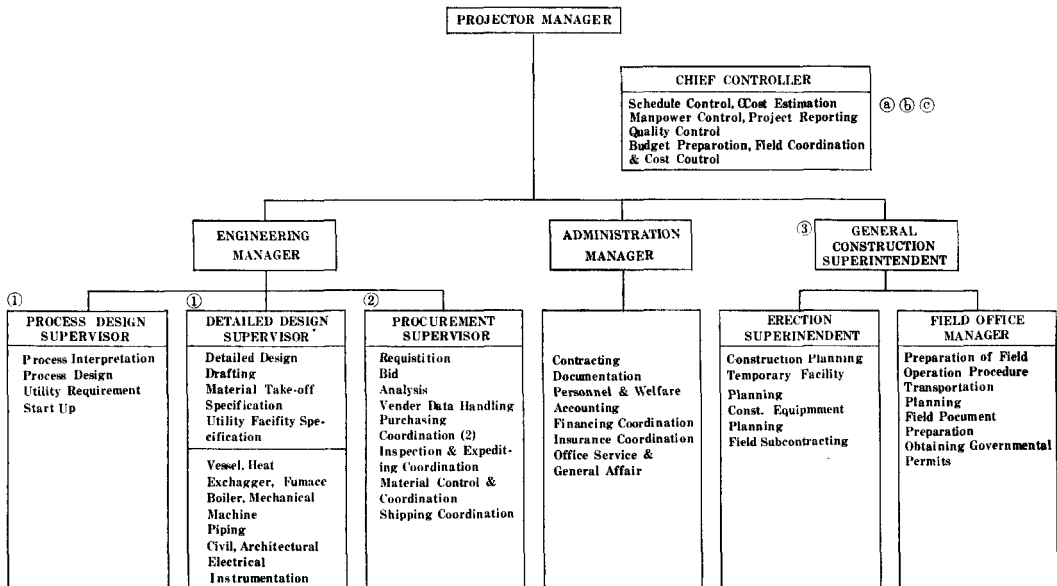
(註) 千代田化工建設のケースより。
数字と a. b. c は本文の説明と対応する。

第6表 Dravo社のプロジェクトチーム



註(1) □印は専任のチーム，他は兼任のチーム。
 (2) 数字と a, b, c は本文の説明と対応する。

第7表 千代田化工のプロジェクト・チームの組織の例



(註) 1, 2, 3 及び a, b, c は本文の説明する主要機能と対応する。

巨大プロジェクトの計画と管理（その1）（河野）

パンフレット)。

専任のチームを持つことの利点は、明らかである。それは、新製品開発などの開発型のプロジェクトのチームと似ている。すなわち次のような諸点である。

(i) 大量の人員を大量に集中的に投入して、巨大プロジェクトでも早く完成しうる。

(ii) 異種の知識を結集し、しかも一室に集まるので、相互のコミュニケーションがよい。

また顧客とのコミュニケーションも容易である。これはコスト・プラス・フィー契約で、建設依頼の会社と建設会社とのコミュニケーションが多く、また統制の業務の多い場合には、特に重要である。

(iii) 責任が明確であり、出身部門その他との利害対立が少ない。チーム員は一つのプロジェクトに専念すればよいから、兼任の場合と異なり、責任が明確である。また二人の長からの指示の対立に悩むことがない。

このような特色をもつことによって結果として、(i)質のよい建設業務を早く完成することができる、(ii)それによって顧客の信用を高めることができる、という利点を持ちうる。

では、このような専任のチームを日本では用いることが少なく、マトリクス組織を用いることが多い理由はどこにあるか。ここで、マトリクス組織とは、兼任のチームであって、チームのメンバーは、はっきりとある課題に任命されるが、常に一室に集まっていることはなく、各メンバーは各機能部門または製品別の部門にいる。プロジェクト・マネージャーは専任であるが、各メンバーは一つのプロジェクトに専任せず、いくつものプロジェクトを担当したり、また恒常的な機能組織の業務をも担当している。チームは必要に応じて集まって意思決定や相互の連絡を行なう。

日本の企業でも大きなプロジェクトでは専任のチームを組むことがあるし、また現場の建設の管理のチームは常に専任のチームである。しかし小さなプロジェクトの設計、計画

と管理にはマトリクス型が用いられるばかりでなく、全体としてマトリクス組織が多いことは第8表の調査結果のようである。

その理由の第1はエンジニアの数の相違である。フルオア社は約6,000人の技術者、ブラウンルート社では約8,000人の技術者をもっているが、日本のエンジニアリング会社では、大きいところでも1,000人程度の技術者をもっているにすぎない(千代田化工……1,800人、日揮と東洋エンジニアリング……約1,200人程度と推定される)。この相違は、単に会社の規模の相違とだけでは説明しきれないであろう。それは部分的には歴史の長さによるのかも知れない。

第2には、契約形態の相違であり、日本では請負型の契約(fixed price contract)が多いが、アメリカではコスト・プラス・フィー型の契約が多い。後者の場合には、顧客と相談をしながら設計や建設を進めて行かなければならない。また進行中のスケジュールや原価の統制を綿密に行なわなければならない。このためのコミュニケーションには、専任のチームの方が容易である。これに反して、請負型の場合には、契約締結後の詳細設計や建設の決定と統制とは、エンジニアリング会社に任されるから、プロジェクト・マネジメントの業務も少ないし、またコミュニケーションも内部のみですむ。外部からも見え易いプロジェクト組織である必要は少ない。

第3に人間的な側面をあげることができる。日本では終身雇用的であり、集団としての団結心も強いからマトリクス型でもコミュニケーションはうまくゆきうる。しかしアメリカでは人の移動も多く、人種も多様であるので、マトリクス型ではコミュニケーションが容易ではない。

専任のチームの場合には、メンバーの仕事が充分にあって、その人員の効率的な運用をはかることが、問題となる。このためには、日本では一つのチームが複数のプロジェクト

第9表 プロジェクトの職務の分担表の例示

ACCOUNT NO.	DRAWING OR ITEM NO.	DESCRIPTION OF WORK AREA OR JOB NO. ALL AREAS DEPT. OR EQUIPT. STRUCTURAL	REQUIRED	PITTSBURGH				FIELD CONSTRUCTION				OWNER				REMARKS
				ENGR'ING		PROCUREMENT		ENGR'ING		PROCUREMENT		ENDR'ING		PROCUREMENT		
				SPECS & PWGS.	REQNS	EQUIP & MAT	SUB-CONT LAB. MAT.	SPECS & PWGS.	REQNS. OR MAT JWI-GVV	EQUIP & MAT	SUB-CONT LAB. MAT.	SPECS & PWGS.	REQNS	EQUIP & MAT	SUB-CONT LAB. MAT.	
		STRUCTURAL														
		Clearing Site & Rough Site Prep.	X													
		Excavation & Backfill	X	X				X	X		X					
		Storm Drains or Ditches		X				X	X		X					
		Sanitary Drains		X	X	X					X					
		Industrial Waste Drains	X	X	X	X					X					
		Septic Tank														
		Manhole & Sumps		X	X	X					X					
		Trench, Pit & Manhole Covers	X	X	X	X					X					

(註) この表の上の横欄は部門を示す。左の縦の欄は仕事（建設の業務）を示す、大きく本社、建設現場、建設発注者に分れている。×印は、仕事の遂行について責任をもつ部門を示す。

を担当することがしばしばある（千代田化工の場合それがあるといふ）。しかしアメリカでは、そのようなことを顧客は喜ばないと言ふ。そこで、仕事の量に応じて、チーム員の人員数を弾力的に変えてゆくことが必要になる。

専任のチームを編成する場合にも、ある機能は専任で、他の機能は兼任でチームを編成する場合があります。第6表はドラボ（Dravo）社のチームの例では、化学関係の設計と、建設管理とは専任のチームであるが、土木、建築の設計などは兼任のチームであり、また調達も兼任であり、品質、スケジュール原価の計画と統制のスタッフも兼任である。

さらに、プロジェクトの遂行には、専任、兼任のチーム員の活動ばかりで遂行できるものではなく、各種の部門の協力を必要とする。そこで、仕事の分担と、コミュニケーションの方法を明らかにしておく必要がある。第9表はこのような分担表の例であり、これを見ると、本社のプロジェクト・チーム、本社部門、建設管理部、下請会社、建設の発注者などが相互に分担して、建設を行なっていることがわかる。設計段階では、もっと多くの部門が分担しているであろう。

さらに、プロジェクト・チームは一時的な組織であって、それに対して人員を供給し、引き取り、教育し、知識を蓄積する組織が必

要であり、固定的な組織である各機能部門は、そのような機能を果たしている。

さらにチームの解散と共に情報が消滅してしまう恐れがあり、実績の報告書（close out report）を綿密に書いておくことが必要である。

以上のようにプロジェクト・チームはその欠点として、(i)メンバーに十分に仕事を連絡し、その生産性を高める努力を必要とする、(ii)チームだけですべての仕事を達成することはできない、(iii)人材の養成と供給には機能的部門を必要とする。また情報の蓄積のためにも機能的な部門を必要とする、(iv)実行後に、プロジェクトの遂行についての経験の情報が散逸してしまう恐れがある。

以上のようなプロジェクト・チームの欠点を修正することが、プロジェクト・チームの成功のためには必要とされるのである。

B 技術者の雇用と動機づけ

巨大プロジェクトの計画と実施のためには大量の技術者（engineer）を必要とする。その数は、例えば次のようである。

フルオア社……約 6,000人

シャコブス社…… 1,800人

ブラウン・ルート社…… 8,000人

バーンズ・アンド・ロー社…… 1,800人

日本では、
千代田化工……約 1,900人
日揮及び東洋エンジニアリング社……約
1,200人～1,000人（推定）
となっており、この内訳は千代田化工の例を
とってみると、

機械工学	46%
化学	16%
化学工学	10%
電気	6%
建築	5%
土木	5%
その他	約10%

となっている。

このような大量の技術者をもつことは、日本とアメリカ以外の国では困難であろう。それは両国では、国立大学と私立大学との複合的な教育システムをもっており、大量の技術者を教育し卒業させているからである。

大量の技術者をうるために、その獲得と保有と教育とをどのように行なっているかを、アメリカの会社の例についてのべてみる。アメリカでは沢山の大学から、数十人ないし百人以上の卒業生を毎年採用している。そして1年間は計画的配置転換（job rotation）によって、設計部門、スタッフ部門、現場の経験をつませる。またその後の教育のために会社内には、20ないし30の教育コースがあり、3ヵ月ないし4ヵ月をそれにかける場合が少なくない（Fluor社、Barns & Rowe社）。

大量の技術者をもつ一方で、仕事は受注生産であり、仕事の波があり、それをどのように処理するか。アメリカの他の企業がブルーカラーを一時解雇（lay-off）するように解雇するであろうか。

一般のアメリカの会社でも、鍵になるスタッフを簡単に一時解雇することはない。同様にエンジニアリング会社にとって最大の資産である技術者を、一時的にせよ解雇することは稀である。フルオア社は1970年初期の不況期

にも技術者を解雇せず、数百万ドルの負担で温存した。これはその後の同社の飛躍の基礎になったといわれる。

他の会社では、正規の技術者（permanent staff）と一時的な技術者（temporary staff）とをわけて、それによって正規の技術者の雇用を確保している。

仕事の波動は、各人にとっては会社以上に大きい。そこで例えばマクラーレニ社では、各人の時間のうち、すでに割り当てられてある時間と、仕事のない時間とを明らかにし各部門間の仕事の移転によって、負担の平準化をはかっている。

さらに仕事の波を減少させる最も重要な前提は、長期計画をたてて受注の方向を定め、大量の発注残（backlog）をもっていることであろう。

技術者の動機づけは如何に行なわれているか。アメリカの企業において外的報酬としては、何が重要であるかを管理者への質問によって筆者が調査したところによると、金銭的なボーナスをプロジェクトの成功と関連づけ、または個人の貢献と関連づけて誘因とすることは、一部の会社で行なっている。しかしそれよりも重要であるのは、管理職、例えば課長（manager）への昇進、または資格（job title）上の昇進、例えばコンサルタント（consultant）やデザイン・エンジニア（design engineer）などへの昇進である。エンジニアにとって仕事そのものが最も重要な内的報酬であろうが、その仕事をきめる前提となる昇進などの外的報酬が重要となるのである。

IV 契約形態

A 契約金額の決定

契約金額の決定の仕方は、巨大プロジェクトの計画のたて方と統制の仕方に大きな影響

を与え、ひいてはプロジェクトの品質と原価、工期に影響を与える。それは工事を発注する側と、工事の設計、建設を行なう側と、双方の危険に大きな効果を与えるからである。

例えば前例のない巨大プロジェクトを固定価格の請負契約によって実施すれば、建設を請け負う側の危険は大きい。このことから、契約時期は遅れる。工事の設計などその内容が明らかになり、原価の見積りが正確にできるときまで契約は結ばれない。このために工事の完成時期は、非常に遅れる。

反対にコスト・プラス・フィーの契約で工事契約が結ばれば、早く契約し、契約後にも設計も進められ、早く、品質のよい工事が期待できる。その代りに、発注者の側で、工事金額の増減を負担しなければならない。また詳しい統制が行なわれ、時々刻々発注者側に報告される必要があり、統制のための情報量は多くなる。

契約金額の決定方法は、第11表のように分けられる。これらのなかで最も重要であるのは、固定評価契約（fixed price contract）と、コスト・プラス・フィー（cost plus fee contract）とである。これらを設計と建設とに分けて分析すると第10表のようになる。アメリカ

で最も多いのは、(1)のケースであり、設計も建設も共に最終的に原価を計算して、契約金額が確定する。第11表にみるように、アメリカでは68%の場合がこれに属する。ここで固定フィーというのは、建設費の目標との差に対してボーナスなどは支払われない、という意味である。ケース(2)の固定価格契約は、日本に最も多い。それは75%をしめる。

ケース(3)は、設計は固定価格、建設はコスト・プラス・フィーであり、第11表の(4)の場合に含まれるから、アメリカに多い形態であるといえる。

固定価格とは、契約時に設計と建設との価格を決定したならば、その後価格を変えないことである。固定価格といっても、コストに適正利益をプラスして決定したものであるか

第10表 設計と建設との価格の決定法

ケース	コスト・プラス	固定価格
	1	設計 建設
2		設計 建設
3	建設	設計
4	設計	建設

第11表 契約金額の決定方法の調査

契約対価つまり契約金額の決め方には大きく分けて、ランプ・サム方式とコスト・プラス・フィー方式がありますが、次にこれをさらに細分化しました。それぞれの契約の、件数でのおおよそのウェイトをパーセントでお答え下さい。

	〔日本16社〕	〔U S 7社〕
1. ランプ・サム固定価格契約	(75)%	(15)%
2. ランプ・サム・エスカレーション条項付契約	(14)%	(2)%
3. ランプ・サム・プラス・ユニット・プライス契約	(3)%	(0)%
4. コスト・プラス・固定フィー契約	(4)%	(68)%
5. コスト・プラス・スライディング・フィー契約	(0)%	(12)%
6. 最高保障額付コスト・プラス・フィー契約	(1)%	(5)%
7. 利益分配条項付コスト・プラス・フィー契約	(1)%	(0)%
8. ボーナス・ペナルティ付コスト・プラス・フィー契約 (ターゲット・プライス型コスト・プラス・フィー契約)	(1)%	(0)%
9. その他 ()	(1)%	(0)%

(註) 調査法については、註Aを参照。

ら、経済学や経営学での一般的な価格決定の型では、広義のコスト・プラス適正利益による価格決定のうちに入る。

また固定価格による請負でも契約後に設計変更が行なわれれば、価格は改訂される。もし「設計変更」が自由に行なわれるならば、名目は固定価格でも実質はコスト・プラス契約に近づく。

コスト・プラス・フィー契約の場合には、建設実費が支払われるわけであるが、契約者の決定には、設計費用と建設費の見積が必ず行なわれるから、この点では固定価格契約的と異なる。ただ契約者の選定は、原価よりも設備の品質と建設の工期の早さによって行なわれる。また見積は早い時期に行なわれるから誤差が大きい。

固定価格契約の利点は、発注者側に価格についての危険が少なく、発注者側は利益計画、資金計画をたて易い。建設の無理システムにも簡単なものですむ。

欠点は何か。建設を請け負う会社にとっては危険負担が大きく、その危険を補うために利益を大きくとり、契約金額も高くなる。工事の契約も遅れ、完成も遅れる。前例のない巨大プロジェクトについては、特にそうである。また品質よりも原価の節約に重点がおかれる。

したがって固定価格は、前例のある、はっきりと工事内容の確定した契約に適する。

コスト・プラス・フィー契約の利点と欠点とは、上記の裏がえしである。すなわち利点としては、建設金額についてのリスクは発注者側が負うから、建設会社はそのリスクを免れる。したがって前例のない巨大プロジェクトでも早く発足しうる。契約の締結後にも設計を進めることが大幅に万能である。また質のよい工事をする可能性が多い。これは双方にとって有利である。

その欠点は、発注者側が建設費の増減の危険負担を負うほかに、契約後、主要な機器の

選定や、工事の遂行など双方で協議をしながら進めるから手数もかかり、また進行の過程で実績と予測の情報を頻繁に発注者に報告しなければならない。したがって統制のための完備した情報システムを持っていることが必要であり、このためのコストがかかる。

では日本には何故固定価格が多く、アメリカにはコスト・プラス・フィー契約が多いか。

これは先ず発注者側の事情による。共産圏の国と発展途上国とでは、固定価格を選択しがちである。それによって担当者の責任は軽くなる。また契約後の共同的な管理の能力は低くてもよい。また日本では発注者も固定価格を主張することが多い。これは上記の理由のほかに受注側が競争のため強く、発注者側が強いためである。さらにこれに日本的な事情が加わる。日本では建設会社を信頼し、一たん契約を結んだならば、あとは任せることを好む。いちいち相談し、いちいち指示し、いちいち管理することは日本的なものの考え方に合しない。日本では細かく計画し、細かく統制することを好まない傾向がある。

アメリカでもコスト・プラス・フィー契約は最近の展開であるといわれる。それは高度の技術を内蔵した、巨大プロジェクトが増加したためである。また他方において建設会社の力が強く、危険を避けるためにこのような契約形態を主張したためである。発注者側もコスト・プラス・フィーの契約の利点を認めて、それを利用しようとしているからである。

B 契約の範囲

建設会社が建設業務を行なう場合に、どの範囲の建設業務を一社で担当するかによって、部分的な契約と包括的なターン・キー契約（turn key contract）との区別を生ずる。部分的な契約とは、例えば土木工事を除いた化学プラントの本体部分のみの建設契約とか、または原子炉部分のみの建設とか、または原

第12表 契約業務の範囲

契約業務範囲はプロジェクトによって多種多様と思いますが、次のように分類すると、それぞれは件数でおおよそどのくらいのウエイトでしたか。パーセントでお答え下さい。

	〔日本16社〕	〔U S 7社〕
1. FOB型契約（部分的契約）	(56)%	(2)%
2. ターン・キー型契約	(32)%	(45)%
3. 設計契約	(8)%	(51)%
4. その他（ ）	(6)%	(2)%

〔註〕 調査の方法は末尾の註Aを参照。

子炉を除いた他の配管や発電設備のみの建設契約とかなどである。包括的なターン・キー契約とは、建設工事のすべて、すなわち整地や土木工事、仮設物から本体や付属のタンクなどまで全システムの建設を契約の対象とし、正常な運転ができるところまで、すなわち発注者はただ鍵を回せば（turn key）工場が動き出すところまでを契約の対象とすることである。ターン・キー契約は、最終的な運転に責任をもつということよりも、むしろ包括的な契約に特色がある。

固定価格契約で、ターン・キー契約の場合には建設会社の責任は加重され、リスクは大きい。しかしコスト・プラス・フィー契約でターン・キー契約ならば、双方のリスクは少ない。

部分契約の場合、建設工事の統合は発注者が行なわなければならない。しかしターン・キー契約の場合には、それらは建設会社が行なうので発注者側の負担は軽い。アメリカでは巨大な石油精製会社のエクソンでさえも、国内の石油精製設備の建設にターン・キー方式による契約を原則としている。それは波動の大きい建設業務のために、人員を常にもっていることは不経済であるとの判断にもとづく。

これらの契約形態の日米の比較は、第12表のようである。この差異の理由はどこにあるか。

この理由は、一方では発注者側の事情によ

り、他方ではエンジニアリング会社の側にある。

共産圏では、秘密を守るためにターン・キー契約を好まない。したがって共産圏に多くの契約を持つ企業は、部分契約を結ぶ。

発展途上国ではプロジェクトの統合化の能力が低いから、ターン・キー契約を望む。

他方において、供給者側の事情もある。エンジニアリング会社が機器の生産会社の一事業部であるときには、プロジェクトの全システムを統合する能力は低い。それ故に部分契約になるか、または他のターン・キー契約者の下で部分的契約をもつか、ということが多くなる。

アメリカでターン・キー契約が多いのは、エンジニアリング会社が強力であって、全システムを統合する能力があること、発注者もそれを好むこと、とくに電力会社が日本のように9電力に集中せず、非常に分散しているために自ら建設を統合する能力がないこと、などによる。

ターン・キー型の場合、とくにそれがコスト・プラス・フィー型と組み合わせられた場合には、プロジェクトの計画と管理のシステムは高度に整備されたものであることが必要である。それは競争力の重要な要因になる。

〔註A〕 調査の方法

日本……1977年12月に、千代田化工、日揮、東洋エンジニアリング専業3社のほか、日立製

巨大プロジェクトの計画と管理（その1）（河野）

作所など兼業13社，合計16社に郵送質問紙法によって調査。別に訪問調査も行なう。
アメリカ……1978年3月に，Fluor Engineers & Constiuctors, inc. ; Jacobs Engineering Co. ; Brown & Root inc. ; Bechtel incorporated ; Dravo Corporation ; の7社を訪問し，質問紙と面接とにより調査。

〔参考文献〕

- Base & Barrow : Project Engineering of Process Plants (1957)
- K. M. Guthrie : Managing Capital Expenditures for Construction Projects (1977)
- R. P. Wadell ed. Effective Project Management Techniques (1973)
- E. W. Davis ed. Project Management : Techniques, Applications and Managenial Issues (1976)
- 佐用泰司「工事管理」(1977)
- 小松昭英・梅田富雄「プロセスシステム設計」(1973)
- 堀 紫明「建築施工」(1963)
- 遠藤健児「工程管理」(1977)
- 玉置明善「エンジニアリング産業論」(1977)
- 日本産業機械工業会「エンジニアリング産業における人的資源と組織に関する調査研究報告」(1976)
- 刀根 薫「PERT入門」(1970)
- 斎藤義巳「化学装置コストハンドブック」(1977)
- E. E. Ludwig : Applied Project Management for the Process Industries (1974)
- Zimmerman & Sovereign : Qwanlitative models for Production Management (1974)
- Moder & Phillips : Project Management with CPM & PERT (1964)