

# コンストラクション会社における プロジェクト・マネジメント

富岡 征一郎

## 1. エンジニアリング機能とコンストラクション機能

建設プロジェクトの計画から最終的な建設目的物の完成までの一連のプロセスにおいて展開される機能は、エンジニアリング機能とコンストラクション機能の2つである。一般に、前者の機能を果す主体はエンジニアリング会社であり、後者の機能を果す主体は施工業者（コンストラクション会社）である。従来エンジニアリングとコンストラクション機能はそれぞれ独立して機能すべきものであり、一体化すべきものではないと言われ、プロジェクトの実施に当ってはそれぞれの機能をもつ会社が独自の立場で参画し、固有の経験とノウ・ハウを発揮させてきた。

しかしながら、最近の海外プロジェクトにおいては、

- ①工事が大規模化してきた、
- ②工事の内容が複雑多岐化した、
- ③工事の大規模化・複雑化にともない施工法、施工機械等新しい知識を必要とするようになった、

等の理由で従前の機能分化されたプロジェクト遂行体制に加え、設計能力と施工能力とが一体化した機能が要求されるようになった。すなわち、エ

ンジニアリングとコンストラクションの両機能を備えた統制組織ないし専門企業にプロジェクトを遂行させる体制も導入されるようになった。この傾向は、一体化された機能の下にプロジェクトを推進させるほうが効率的であり、しかも設計と施工とを有機的に結合させることでプロジェクト推進のプロセスに一貫性をもたせうることになり、それが経済性、工程、品質などの点で最良の方策であると発注者が考えるようになったことに起因している。

このような状況にあってエンジニアリングとコンストラクションの両機能を具備したエンジニア・コンストラクタと呼ばれる新しい経営体制をもつ会社が育ちつつあり、機能面からみると従前ほどエンジニアリング会社とコンストラクション会社との区分が明確でなくなっている。それだけに同じコンストラクション会社であっても、会社の経営方針、所有技術等の差によってプロジェクト・マネジメントを論ずる場合にもその範囲、内容が異なっているのが現実である。

以下本文においては、施工専門のコンストラクション会社を対象として論を進める。

## 2. プロジェクト・ライフ・サイクルと コンストラクション会社の役割

コンストラクション会社はプロジェクト・ライフ・サイクルの実施段階(Implementing Stage)

を担当するもので、エンジニアリング会社の場合と同様ライフ・サイクルの一部に対して固有の機能を発揮するにすぎない。コンストラクション会社の果たす役割は、発注者の総合的評価(工事費, 工期, 施工能力, 経験等に対する評価)により選択された後, 効率的かつ能率的にプロジェクトの施工(建設)を推進し, 発注者が要求する建設目的物を実現させ, 所定の時期に引渡すことにある。発注者自身に十分なエンジニアリング能力がある場合には, プロジェクトの実施段階にエンジニアリング会社を参画させないこともありうるが, 一般的にはエンジニアリング会社が発注者の代理人 (Agent)として導入され, コンストラクション会社の担当する施工プロセスが発注者の求める目標に向かって順調に流れているかを監視, 監督するのが通常である。

このように, プロジェクトの実施段階ではエンジニアリング機能とコンストラクション機能の両方が同時に展開されるのが特色で, 見方を変えればエンジニアリングとコンストラクションの両当事者が緊密な連携を保ちながら発注者のニーズ達成のために協調していくことが要求されるということもできる。

### 3. プロジェクト・マネジメントの概念と範囲

#### (1) プロジェクト実施段階でのマネジメント

コンストラクション会社がプロジェクトを実施するフローは図1に示すとおりであるが, 実施段階におけるマネジメントは, 施工活動のプロセスにおける経済性, 工程, 品質などの管理項目をチェックし, 施工にさきだち設定した目標値の管理限界内に施工実績を維持するようプロセスをコントロールすることによってプロジェクトを合目的に推進することであるということが出来る。

すなわち, この段階では正確かつ有効な実績データを収集し, タイムリーな管理資料を作成することによってコントロール・サイクルを迅速かつ

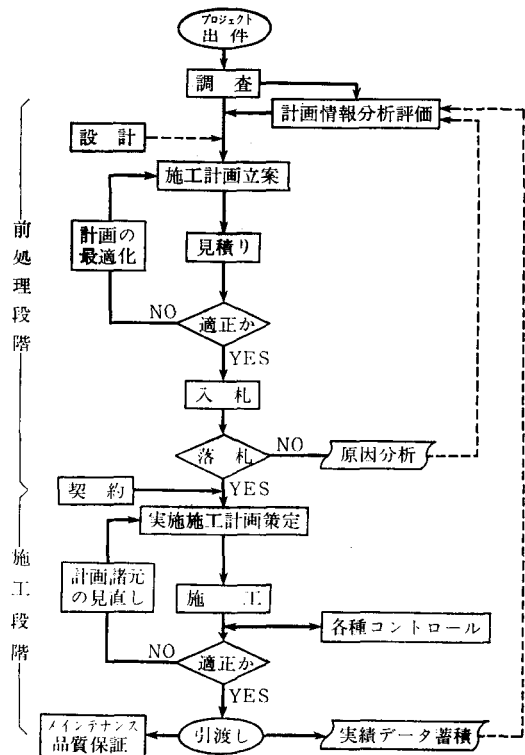


図1 プロジェクト実施段階のフロー図

的確にまわすことが要件となる。そのため, コントロール機能面を重視したシステム (たとえば, PERT, CPM などを中心とするスケジュール・コントロール・システム, コスト・コントロール・システム, 統計手法を導入した品質コントロール・システムなど) がコンストラクション会社において開発され, コンピュータ処理されていることも多い。しかしながら, 上記諸システムはプロジェクト・マネジメントの一枝葉に位置するサブ・システムにとどまっており, すべてのサブ・システムが有機的に結合してトータル・システムを形成しプロジェクト・マネジメントに利用されるまでには至っていないのが実情である。すなわち, 個々のサブ・システムは固有の管理資料を提供するにとどまり, 各サブ・システムに共通するデータも一元的な処理で済まされてしまうことが多い。

また, プロジェクト実施段階になると, 作業数

量の変更，ワーク・スコープの変更が頻繁に行なわれるのが通常であり，それらの変更が容易にしかもタイムリーに対応しうるシステムはなかなかその開発がむずかしい．特にコンピュータを利用するシステムになるとコンストラクション会社はプロジェクトの最も原始的なデータを処理しなければならない立場にあるので，処理すべきデータが多量かつ多種類におよび，施工途次において変更が多く発生するプロジェクトにおいては変更に対してタイムリーに処理することができず，開発済みのコンピュータ・システムを有効に活用することができないという現実問題に直面している．

## (2) コンストラクション会社固有の課題

プロジェクト推進者の中でコンストラクション会社固有の問題としては次の事項があげられる．

- ① コンストラクション会社は発注者と請負契約によって結ばれているため施工段階の工費，工程，品質等に対する責任は原則としてコンストラクション会社が負う．（エンジニアリング会社は原則として発注者と委任契約で結ばれており施工段階の直接的責任を免がれている．）
- ② プロジェクトが実施に移された段階でなければ顕在化しない不確実性にもなるリスクの多くはコンストラクション会社が吸収する．
- ③ 施工環境の変化に対応して施工活動そのものを適時変更する必要がある．

以上のような状況にあるため，コンストラクション会社にとっては，施工中に顕在化する不確実性の中で前もって予測することが可能なものについては，それらの不確実性を合理的に把握，評価し，後段階で生ずるであろうリスクに対応する策を前処理段階において講じておくことが，施工段階のプロジェクト・マネジメントに劣らず重要となる．

施工中のプロジェクト・マネジメントは前処理段階で策定された施工計画に対応して設定される工期，工費等に関する計画（目標）値に対して実際に得られる実績値を対比させ，差異分析により

計画値とのズレをつかみ，ズレがあれば実施計画を修正するか計画値そのものを実績に照らして見直すことが主体であるといえる．それら計画値（目標値）が前処理段階において，不確実性が除去されていたり不確実性を織り込んで設定されたものであるのならば，実績値のズレをその分だけ小さくすることが可能となる．

とはいうものの，一般的にはリスクをカバーしようと思えば入札価格が高くなり価格競争力が失われるという背反的作用があり，このためコンストラクション会社はこの事実を踏まえたうえで入札価格を決定し，さらに受注が決まった時点において工事遂行形態（施工形態）や契約方式の工夫によってリスクを避ける努力を払っているのである．

前処理段階における不確実性への対応のなかで最近コンストラクション会社が取組んでいる課題と手法について項を改めて述べることにする．

## 4. 不確実性への対応

### (1) 計画情報の精度と価値

コンストラクション会社にとって一番大きな問題はプロジェクト施工段階において遭遇する諸条件をいかに正確に前もって予測するかということである．施工段階にさきだつて施工計画立案一見積りのプロセスにおける予測は手元にあつて利用しうる情報にもとづいて行なわれる．

それらの情報を分類すると，

- ① 工事内容を規定する契約関係情報
- ② 施工計画立案のもととなる自然環境情報
- ③ 施工の方法を規制する社会環境情報
- ④ 過去の施工結果や経験によって蓄積されている情報

に分けられるが，①の情報については施工する段階にはコンストラクション会社にとって与件（工期，請負金額，対象構造物の形状寸法等）となるものが多い．

予測の精度を高めるには正確かつ多量の情報を

収集することが必要であるが、そのためには多くの手間（コスト）を要することになり、ここに情報の精度と要する手間とを適当にバランスさせる必要が生ずる。現状では精度と手間との関係が定性的に理解されているにすぎず、また計画情報が備えるべき精度についてもこれを合理的に決める根拠が確立していない。

コンストラクション会社は得られた情報をもとに各種計画値を設定し施工計画を立てたうえで工事費の見積りを行ない入札へと進むのであるが、この段階で織り込むことのできるのは定量的に評価しうる不確性、すなわち天候、生産性、土質変化、物価上昇などのリスク計算の可能なものに限られ、政変、労働争議など定量的なリスク計算が可能なほど十分な情報が得られない不確性は依然として残らざるを得ない。それらリスク計算が不可能なものについては、追加費用の補償について発注者はどう考えているかを推測したうえで施工計画や見積りの中でリスク・ヘッジを計るのであるが、いずれの場合にしる確定値を得ることは不可能で、実際にはバラツキをもっている情報に対し最も確からしい値とか平均的な値を利用しているのである。このため同一情報を与えたうえで推定されるある計画値でも推定者によって異なり、その推定値はバラつく。筆者の会社で実施した土工事における各種機械の作業能力を求めるアンケート調査において得られた結果は、相当経験のある土木技術者を対象にしたにもかかわらず、推定値は大きくバラついておりその分布の変動係数は5～13%を示している。

このように必要な情報が整っていても計画値あるいは見積り値を推定する段階で推定誤差が累積することになる。いたずらに情報の量と精度を追求するのではなく、求めようとする推定値が達成すべき精度をあらかじめ設定し、その精度を達成するには計画情報がどの程度の精度を備えるべきかを誤差伝播機構を明らかにすることによって把握し、それに見合った情報を合理的に利用するこ

とが重要である。

情報を得るには一般に費用がかかるが、得られた情報とその費用に見合うだけの価値をもたらすのであれば、費用を使ってもそれが正当化されることになる。ここに情報の価値を評価することが必要となるが、この評価法として決定理論による手法が開発されている。たとえば、

「コンストラクション会社Cは数社の競争者である建設工事の入札を競うものとする。Cが $a$ 円で応札し、競争会社のうちの最低入札価格が $y$ 円とし、Cにとってその工事を完成するための費用が $x$ 円であるものとする。また、発注者の発注予定金額は $z$ 円であるとする。」

というような問題において、本来不確実な値をもつ $x$ 、 $y$ 、 $z$ のいずれかあるいは2つが確実な情報として得られた場合、それぞれの情報を得たことによって増加するCの得る期待利益の増加分をそれぞれの場合の情報の価値として評価するのである。

この決定理論を利用して考察してみると、確実な情報を多く得るにつれて期待利益の評価値は高くなることがわかり、逆に言えば、情報のもつ価値相当額を限度として現地調査をはじめとする情報収集に費用をかけても正当化されるということになる。

海外プロジェクトにおいて、事前の調査あるいは情報収集活動に要する費用は、国内プロジェクトの場合に比べきわめて多額にのぼることもまれではなく、上述したような手法により情報の価値を定量的にとらえたうえで行動することも必要になってくると思われる。

## (2) 工事費見積りと入札価格の決定

工事費の見積りにおいて使用される作業数量、作業能力、資機材の単価などの原価要素は契約書類に与えられる情報、あるいは調査等によって得られた計画情報にもとづき設定される推定値であるが、従来はある条件が決まれば一義的に確定した値として決まるという前提で扱われてきた。

しかし、それらの原価要素は実際には確定値ではなく、未知の真の値を中心にとらえている推定値にすぎないのであって、それら原価要素で構成される工事原価（工事費）は見積り時点では知ることのできない真の値に対する1つの推定値であると考えべきである。

一般に見積りは、原価要素→作業単価→工種コスト→直接費と積み上げられ、これに経費等間接費を加えて見積り工事原価とするのであるが、この過程において一貫してある幅をもった値として原価をとらえ、そうして得られた原価を原価把握精度と結びつけて理解するという考え方が導入されてきている。すなわち、原価要素の推定値を分布としてとらえ、それらの積み上げによって最終的に得られる工事原価も分布形としてとらえようとするものである。この処理手法によれば従来のように見積り者がバラツキのある値を自己の判断で確定値とする時に生ずる主観的誤差を除外することができる。この手法の適用には、多量のデータ処理が必要となるためコンピュータの利用が不可避であろうと思われる。

筆者たちが行なったあるモデル工事（宅地造成工事）の直接費用算出のシミュレーション結果を示すと図2のとおりである。この結果から言えることは、真の工事原価に対する見積り値の精度は

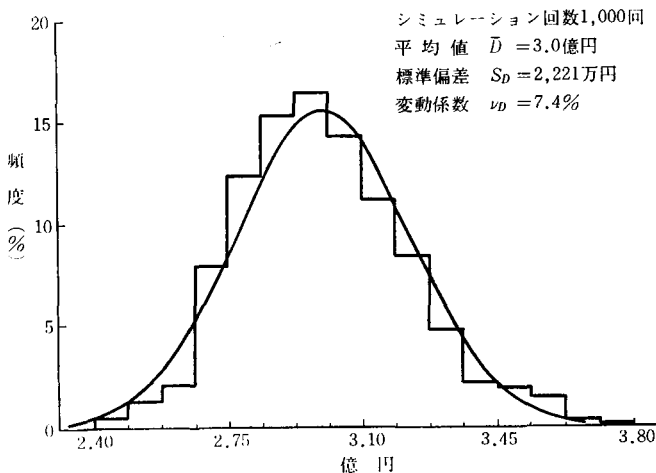


図2 直接費用算出のシミュレーション結果

一般に考えられているほど高くはなく、2～3%程度のコスト差は評価に当って有意ではないということを示しており、さらに工事原価の確定、入札価格の決定に際してはコスト面のみならず、もっと別の面からも検討して評価する必要があることを物語っている。

施工者の選択は、入札価格、施工能力、技術力、過去の経歴等多くの要因の評価にもとづき行なわれるが、それらの中で何よりも重視されるのが入札価格である。そこで入札者はさまざまな入札水準で契約を獲得する確率を推測しなければならない。こうした推測は各種情報をもとに行なうわけであるが、確実な情報を得ることは一般には不可能であるため、入札者は憶測、他の競争会社の噂、過去の入札結果などの情報に頼らざるを得ない。

本文では過去の入札結果についての情報を利用して最適入札価格を決定する方法について考察する。

入札者は落札の可能性のある範囲において最高限の価格で入札しようとする。その入札価格と見積りコストとの差が入札者の利益になるものと期待する。

ある発注者にかかわる入札において、過去の工事におけるその発注者の発注工事の落札価格（一般に最低入札価格）と自社の見積りコストの記録

から、 $x = (\text{落札価格} / \text{その時の自社の見積りコスト})$ とすると  $x$  は特定の要因に左右されない確率分布を与えることになる。この確率分布は回帰分析等によって求められるのであるが、ここでは分散  $\sigma^2$  で平均値  $\mu$  について正規分布するものと仮定する。この条件の下で、われわれの課題は自社の期待利益を最大ならしめるように入札価格を設定することである。

当該工事の見積りコストを  $c$ 、入札価格を  $p$  とすると得られる利益は、

$$P \equiv u(p, c) = \begin{cases} p - c; & \text{落札したとき} \\ 0; & \text{落札しぬとき} \end{cases}$$

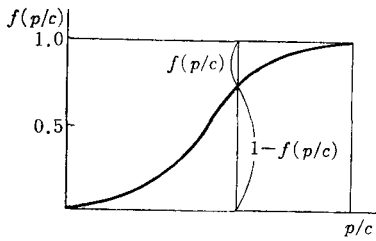


図3 落札の確率を求める累積確率曲線

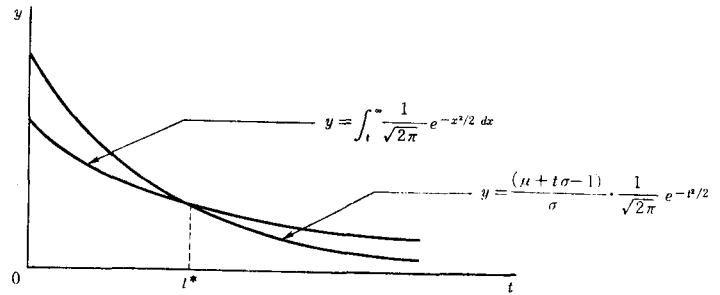


図4 最適解を与える t

ここでわれわれが最低入札者となりうる確率は、 $\bar{x}=p/c$  が分散  $\sigma^2$  をもち平均値  $\mu$  について正規分布している確率変数より小さくなる確率 (図3) となる。この確率は、

$$f(p/c) = f(x) = \int_x^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp - \frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} dx$$

となり、期待利益  $P$  は、

$$P = (p-c)f(p/c) + 0 \times (1-f(p/c)) \\ = (p-c) \cdot f(p/c)$$

$P$  を最大ならしめる  $p$  を求めるには、上式を微分して、 $p/c = x$  とおくと、

$$\frac{dP}{dp} = f(p/c) - (p-c)f'(p/c) \cdot \frac{1}{c} \\ = f(x) - (x-1)f'(x) = 0$$

$x = \mu + t\sigma$  において、上式を整理すると次のとおりとなる。

$$\int_t^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} dx = \frac{(\mu + t\sigma - 1)}{\sigma} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$$

最適入札価格を与える  $t$  は図4に示した両曲線の交点 ( $t^*$ ) となり、

$$x = p/c = \mu + t^*\sigma \quad \text{から、}$$

$$p = c \cdot (\mu + t^*\sigma) \quad \text{として求められる。}$$

このときの期待利益  $P$  は次のとおりとなる。

$$P = p - c = c \cdot (\mu + t^*\sigma - 1)$$

上記の問題を一般的に解く場合には過去の情報を利用して競争相手の入札価格と自社の見積りコストの比を求め、その分布を示す累積確率曲線を求め (コンピュータを利用した曲線当てはめによる) シミュレーションにより最適入札価格を求め、その時の期待利益を計算することになる。

以上の検討においては、利用可能な情報のもと

でそれぞれ期待利益を最大にするような入札価格を最適なものとしてきた。この期待利益基準にもとづく決定は時たましか入札しない会社あるいは特定の契約をぜひとも必要としているような会社にとっては、おそらく有利ではないだろう。言い換えれば期待利益の金銭上の価値はそれらの会社には効用価値を反映しないかも知れない。この問題の解決には、効用理論 (選好理論) を合わせて適用することが必要であるが、ここでは省略する。

以上考察したように、不確実な情報・データに対する推定値を分布としてとらえ、それら推定値を精度と結びつけて考えることによって不確実性に起因するリスクをできる限り定量的に把握することがコンストラクション会社にとってきわめて重要な課題となっている。

#### 参考文献

- [1] 佐用泰司著、『工事管理—増補版—』鹿島出版会、昭和53年1月
- [2] 石川六郎著、『システムズアプローチによる工事管理』鹿島出版会、昭和52年7月
- [3] 宮沢光一著、『経済分析と決定理論』東洋経済、1971年
- [4] R. Schlaifer; "Analysis of Decisions under Uncertainty", McGraw-Hill, 1969.
- [5] R. Ackoff, M. Sasieni; "Fundamentals of Operations Research", John Wiley & Sons, 1968.