

特 集

プラント建設費高騰に立ち向かう～最新プラント建設技術～

化学プラント建設費について

関山 隆彦

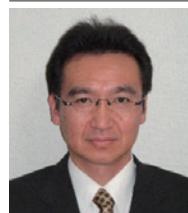
1. はじめに

今回の特集は「プラント建設費高騰に立ち向かう」ということですので、「プラント建設費」について、ご説明します。プラント建設を請け負う受注側の積算業務（客先に提出する見積）は、非常に手間のかかる地道な作業ですが、プロジェクトの成否、企業の収益上大事なものであり、場合によっては会社の業績にも大きく影響を与えますので、注意深く慎重に行わなければなりません。ずさんな見積は発注する会社様にもご迷惑をお掛けすることになります。以下、初めて聞く言葉も出てくるかもしれませんのが理解、実践して安価で良質なプラントを建設していただければコスト（原価）に関わってきた者としてこれ以上の幸せはありません。プラント建設を発注する側も、受け取った見積が適正価格かどうかの判断基準になりますので、理解を深めていただければ幸いです。

2. 技術開発ステージから使いたいプラント建設費の超概算

2.1 プラント建設にかかる費用の内訳

事業性を検討するような段階ではいきなり詳細なコスト見積をすることは適切ではありません。化学プラント建設にかかる費用の超概算方法の一例として、機器・装置費をもとに推算する方法を紹介します。プラント建設にかかる費用の内訳については、機器・装置費（攪拌槽・蒸留塔・ポンプなど）、配管工事費、計装機器、電気設備、建屋の建設



Takahiko SEKIYAMA
 現 在 日本コスト工学会 会長
 日本機械輸出組合 PCI/LF委員会
 委員
 ENN-PCI委員会 委員
 株式会社ZERO1(ゼロワン) コンサルタント
 E-mail Sekiyama@zero1-consul.co.jp

2025年10月13日受理

About Chemical Plant Construction Cost

費、ユーティリティー設備費、諸経費など多岐にわたります。化学プラント建設費の構成はおおむね、機器・装置費が全体の30%前後になることが多く、このことから、「総建設費は機器・装置費の3倍」といった経験則が言われています。

この倍率はもちろん、化学プラントの特徴や、どこまでを機器・装置費に含むかにより比率は変わってきますので適宜調節が必要ですが、超概算として有用です。古くは、Lang係数法では、H.J. Langの1948年の文献によると固体プラントで3.10倍、流体プラントで4.74倍、固液を扱うプラントでは3.63倍とされています。

2.2 機器・装置費の概算

機器・装置類は特殊な物が多く、見積に時間がかかります。そこで、手早く概算コストを知る方法として0.6乗則という経験則があり、過去の見積データをベースに装置サイズが変わったときの価格への影響を概算で見る方法があります。

0.6乗則法（能力-コスト曲線法）に基づく積算技法

0.6乗則積算技法は、同種の機器・装置・設備・プラントのコストが、能力（規模）の0.6乗に比例するという経験則から、ある能力の機器（装置・設備・プラント）のコストが既知の場合に、他の任意の能力の機器（装置・設備・プラント）のコストが推算できます。

$$C_A = A \text{ (装置・設備・プラント) のコスト}$$

$$C_B = A \text{ と同種の B (装置・設備・プラント) のコスト}$$

$$S_A = A \text{ 機器の能力 (規模)}$$

$$S_B = B \text{ 機器の能力 (規模) とすれば,}$$

$$C_B = C_A \times (S_B/S_A)^{0.6}$$

この積算技法によれば、機器（装置・設備・プラント）の能力（規模）を大きくするほど単位能力当たりのコストは割安になり、機器の能力を小さくするほど単位能力当たりのコストは割高になります。また、機器の種類によって乗数は変わることを示す。機器価格や乗数の情報としては『化学装置コストハンドブック（改定3版）』も参考になります。

2.3 PCI (プラント・コスト・インデックス) と LF (ロケーション・ファクター)

建設費の算出にあたり主要な指標に、PCI (プラント・コスト・インデックス) と LF (ロケーション・ファクター) があります。

PCIとは、過去に建設されたプラント建設費が現在、いくらかかるかを指数化した指標です。例えば2000年に建設したあるプラントの建設費の指数を「100」とし、2025年の指数が「220」とした場合、2000年に100億円で建てられたプラントが2025年には220億円かかるということです。要はいつ建設するかという時間的コスト指数。

LFとは日本を基準として世界のいずれかに建設した場合の比較を数値化したものです。例えば日本の指数を「100」とし、米国の指数が「110」とした場合、日本では100億円で建てられるプラントが、米国では110億円かかるということです。要はどこに建設するかという場所的コスト指数。海外のプラント建設を考えた場合、計画段階から複数の立地候補国・地域の市場環境を考慮しなければなりません。プラント投資額を把握するうえで、LFを参考にすることは有効な手段と考えます。全く同じ仕様のプラントでも建てる時と場所により大きく費用が違ってきます。ましてや、化学プラントにおいては全く同じものは、まずありません。

【日本機械輸出組合PCI】は基準年を2000年とし、対象は、規模50～250億円の化学プロセスプラント。プラント建設費のコスト構成比率を変えることで、他の種類のプラントや範囲外の規模にも対応可能です。多くのデータは主要エンジニアリング会社様からいただいたいて、使用しているおもな公刊データは、日本銀行「企業物価指数」、国土交通省「公共工事設計労務単価」、厚生労働省 職業安定業務統計「職業別有効求人倍率」、財務省法人企業調査「売上高営業利益率」などです。

【日本機械輸出組合LF】は、日本を基準国とする唯一のLFであり、実際のプラント輸出と同じ第3国調達方式（日本、対象国以外の調達先は、最も価格の低い国とする方式）によるLFです。

基準国：日本

対象国：アジア10ヶ国、中東（サウジアラビア）、米国

計12カ国

対象プラント：化学プロセスプラント、規模150～300億円

LFを算出する際に使用する費用は、機器・材料費（現地調達費+日本調達費+第3国調達費）、工事費、海上輸送費、間接費、一般管理費・営業利益など。第3国調達費は、主要調達先である韓国、米国および欧州他について、各国の統計データに基づき、それぞれ調達価格を計算し、最も低

い価格とします。

PCI/LFについてさらに詳しいことは、日本機械輸出組合（JMC）発行のPCI/LF報告書をご覧ください。

ここまでをまとめると、以下のようにプラント建設費の超概算を出すことができます。

- ・機器本体費の情報準備（過去実績、データベース等）
- ・プラント規模に合わせて0.6乗則で機器本体費を補正
- ・プラント建設全体の費用を概算（機器本体費は30%）
- ・PCI・LFでさらに補正を掛ける

3. コストエンジニアリング

コストエンジニアリングを学習すればコスト（原価）に対する理解がさらに深まるものと考えます。下記は、1986年に当時のコストエンジニアリング専門委員会が、この「化学工学」に掲載された内容を再度、世に送り出したく、ご紹介させていただきます（3.1～3.2）。

3.1 コストエンジニアリングとは

はじめに、コストエンジニアリングという用語は、1955年アメリカのエンジニアリング会社ベクテル社が企業の収支を改善する目的で、コストエンジニアリング部を新設した時に誕生したといわれています。その目的は、発生するコストを予測し、評価し、コントロールし、フィードバックして、一連のコストを抑えるコストマネージメント技術であったといえます。

アメリカ産業界においてコストエンジニアリングが一つの概念として成立するに至ったのは、1956年6月に設立された旧・米国コストエンジニア協会、現・国際コストエンジニアリング推進協会（The Association for the Advancement of Cost Engineering International : AACE）に負うところが大きいといわれております。

AACEによると、『コストエンジニアリングとは、①コスト見積、②コストコントロール、③経営計画と経営科学、④収益性評価、⑤プロジェクト・マネージメントとプランニング／スケジューリングの諸問題に科学的な原理と技法を用いて、工学的経験と判断を用いるエンジニアリング業務の分野である』と定義しています。

コストエンジニアリングは、単に財務会計の補助機能や、現状における発生コストの低減にとどまらず、より積極的に企業の受注量と利益確保のための指針を与えるという重要な使命が課せられています。

3.2 コストエンジニアリングの対象領域

コスト管理の面からプラント建設をみると、フィージビリティ・スタディ（F/S；プロジェクトの実現可能性を事前に

調査・検討する企業化計画) 段階での経済評価, 応札段階での建設コスト見積, 実施段階でのコストコントロールの実行など一連の業務が遂行されます。また, 完成したプラントについても操業費と製品の予算管理・原価管理が行われます。このように, プラントの構想段階から, 建設・操業・最終的には設備除却に至るまで, すなわちプラントのライフサイクルには, 一貫して常にコストの問題が存在し, そのマネジメントを必要とします。コストエンジニアリングは, こうした分野の全てについてのコストを対象とする管理技術であり, その対象領域は広範囲にわたります。

AACEが検討するコストエンジニアリングの対象領域として取り上げている分野を列記すると, 次のとおりです。

- ①建設費のコスト見積
- ②建設費のコストコントロール
- ③プランニング／スケジューリング
- ④コンピューターアプリケーション
- ⑤コストインデックス
- ⑥建設費のコスト管理
- ⑦操業および製造コスト
- ⑧収益性
- ⑨労働生産性
- ⑩ユーティリティコストの管理
- ⑪エネルギーコスト
- ⑫ライフ・サイクル・コスト
- ⑬エンジニアリング・エコノミックス
- ⑭マネジメント・サイエンス
- ⑮コストエンジニアの教育

このように単にコスト見積やコストコントロールに限定せず, コストに関するあらゆる問題を多角的な視点から取りあげています。ただ, 全ての項目が全てのプラント建設に必要かどうかは求められる精度や状況によって判断する必要があります。

【専任組織設置の目的】

コストデータ蓄積・検証・共有化⇒継続的にコスト蓄積する専門部署が必要です。購買・調達部門との掛け持ちでも。

コスト・積算技術の整備と継承⇒積算のルール化と運用の徹底と定着, ベテランから若手への継承。

4. プロジェクトにおけるコストエンジニアリング業務

ここからは専門用語も多くなり, 初めての人には理解が少々難しく, 読んでいて眠くなるかもしれません, 頑張って読み通してください。

4.1 プロジェクト遂行時におけるコストエンジニアリングの位置付け

コストエンジニアリングの主要領域とプロジェクト遂行の各フェーズの区分・役務を示します。

(1) 経済評価

研究開発からプラント契約に至るプロジェクト遂行の初期段階では, プラントオーナー側での利益予測および投資効果の判定が, コストエンジニアリングの主要領域であります。製品原価の中でどの項目のウェイトが大きいかをまず判定することが必要です。例えば, 労務費のウェイトが大きい場合はプラント設計において自動化の程度が高くなり, エネルギー費用のウェイトが高い場合には, 熱回収設備等にかける費用が大きくなります。経済評価の手法としては, 概略のフィージビリティ・スタディの場合には, 単年計算法が用いられ, 正確な判定の必要な場合には, 多年計算法が用いられます。

(2) 建設費の見積

プロジェクト契約段階では, プライムコントラクター(元請け企業)における建設費の見積が, コストエンジニアリングの主要領域で, 競争力があり, かつ精度の高い見積を作りあげることが重要です。したがって, 定められた仕様に基づいて単なる積算作業を行うのではなく, コストサーベイ, プロポーザル方針(特定のプロジェクトに対し, 提案者の能力や実績, 実施体制などを総合的に評価し選定する方針)に基づいた見積を行う必要があります。コストサーベイとしては, ベンダー技術, コストの調査のみでなく, 競合他社の技術水準, コストの動向の調査, さらにプラントオーナー寄りの仕様書に対して, プロジェクトの遂行方針, 見積の範囲および条件など定めた, プロポーザル方針を立て見積作業を行います。

(3) コストコントロール

コストコントロールは, 設計内容の管理, 機器・材料の予算管理, 労務費の管理の3領域に細分化され, これらはスケジュールのコントロールと同時に行われます。設計内容の管理は, 最適設計の視点より, 設備に求められている基本機能を明確にし, 代替案の有利性を検討採用することが必要です。機器・材料の調達に際しては, 「有利購買」(より安く, 有利な条件で購買・調達を行うアプローチ)が重要です。また設計工事段階の材料の管理, 労務費の管理は, 紹密なスケジュール管理に基づいて行われます。

実行予算(建設工事の現場ごとに必要な費用を想定して組む予算)は, 工事設計の固まっていない初期段階で作成されるので, 予算に対する実績コストを都度明確にし, 完成コストの予測を行って, 最終目標に近付ける措置をとることが必要です。発生した変更追加工事に対しては, プラントオーナー, プライムコントラクター, サブコントラクター

(下請け企業) のいずれの責任かを明確にし、必要なものについて、追加契約を行います。

(4) 製品の原価管理

試運転後の操業初期の段階では、当初目標の採算性が達成されたかの確認が行われ、未達成原因の調査およびその対策が実施されます。次のステップでは、省エネ、収率向上等採算性向上対策の検討実施、また増産工事、設備老朽化対策工事が行われます。これらの活動は、製品のコスト管理を中心として行われるもので、プラントオーナーのコストエンジニアの重要な領域であります。

コストエンジニアリングの領域は、大別すると以上の四つの領域ですが、プロジェクト遂行の各フェーズについて、以上の領域を念頭におき、役務内容を次項に示します。

4.2 各フェーズにおけるコストエンジニアの役務内容

プロジェクト遂行の各フェーズにおける、プラントオーナー、プライムコントラクター、サブコントラクターおよびベンダー（商品やサービスを提供する企業や個人）の全般的な役務を示しました。

(i) 研究開発段階

研究開発対象（製品）を選定し、その製品の市場調査を行い、販売量、売値を予測します。一方、応用研究、工業化研究の結果に基づき、プロセスを立案すると共に、製品の原価および利益を予測し、設備投資の判定を行います。

(ii) 事業化計画段階

市場に製品サンプルを供試し、市場開発活動を行い、販売量、売値のより正確な予測を行う。あわせて、より詳細なプロセスの検討を行います。プライムコントラクターは、フィージビリティ・スタディのための情報（プロセス情報、設備費等）をプラントオーナーに提供します。プラントオーナーは、このデータに基づき総合的な経済評価を行ったうえで、利益計画、生産規模、立地、設備計画を含んだ事業化計画書を作成します。

(iii) プロジェクト契約段階

プラントオーナーは、前記の事業化計画書に基づいて、建設費、試運転費等の予算編成を行う。

同時にプラント建設の見積仕様書を作成し、プライムコントラクターと、見積内容、見積金額について、折衝し契約します。

(iv) プラント建設（計画）段階

プライムコントラクターはプラントオーナーとの契約内容に基づき、実行予算を作成し、設計、調達、建設等の各種作業要領、スケジュールを定めたプロジェクト遂行計画を作成します。

(v) プラント建設（設計）段階

プライムコントラクターは、確定仕様書に基づいて基本

設計および詳細設計を行い、プラントオーナーの承認を受けます。必要に応じてベンダー、サブコントラクターで、製作図、施工図を作成します。製品品質保証、操業性、設備コスト、安全面、保全面等から検討を加え最適設計が求められる段階であり、建設費の大半はこの時期に決定されるので、コストエンジニアとして最も重要な時期です。

(vi) プラント建設（調達）段階

設計段階で作成された仕様書、図面に基づき、機器および部品がプライムコントラクターよりベンダーに発注され、製作される段階です。コストコントロールの重要な時期であり、実行予算に対する差異修正は迅速に行われなければなりません。

(vii) プラント建設（建設）段階

現地建設工事が、品質、コスト、スケジュールの管理のもとに進められる段階です。プライムコントラクター、サブコントラクターそれぞれの立場のコストエンジニアは、マンアワー（MH；この場合は工数で、1人が1時間でこなせる作業量を表す）、スケジュール管理に重点を置き、目標コストに収める努力をする必要があります。

(viii) プラント建設（試運転）段階

契約書に基づいて、試運転（コミッショニング）、性能保証運転（パフォーマンステスト）がプライムコントラクター側が主体となり実施され、相互にその性能を確認し、プラントオーナーに、当該プラントが引き渡される段階です。プライムコントラクターの指揮下でプラントオーナー側のオペレーターのトレーニングも並行して行われるのが一般的です。

(ix) プラントの操業段階

プラントオーナーにて、プラントの操業、保全が実施される段階である。建設および運転コストの実績を把握し、当初計画との差異分析、実績の評価を行います。

4.3 積算業務の重要性

受注産業であるエンジニアリング産業における最重要課題は受注の確保であり、積算はプロジェクトを受注し、かつ受注後の採算の大部分を決定付けてしまう企業の生命線です。したがって、受注確保のためには、先にも述べましたが積算の出来が左右します。「見積は企業の実力」といわれることもあります。努力を惜しまないことを期待します。とはいっても積算に投入する工数と費用は相当な額になっており、経営上からも積算の効率化は大事な課題といえます。

プロジェクト発注側（顧客）ではプロジェクトのフィージビリティ・スタディ（F/S）がなされ、企業化が決定された後もそのプロジェクトの実施予算の策定のために見積がなされます。受注側（コントラクター）では入札や受注後の実行予算設定において見積が行われます。コントラクターにとっては仕事を継続的に受注し、企業を存続させる

ために見積は避けられない業務であります。

プロジェクト受注後においては完成時の原価と利益が見積によって予測され企業経営の判断基準となります。さらに、元請と下請の関係においても見積業務が発生します。

見積は、受け取った見積を公正に評価し、プロジェクトの開始時期、地域と場所に応じて、長期にわたるプロジェクトの場合はエスカレーションを、数量に対してはアローワンスを、不測の事態に対しては予備費（コンテンジエンシー）を考慮します。

4.4 見積の種類と精度

(1) F/S用（超概算）見積、精度：+50%～-30%

プラス側の精度がマイナス側に比べて悪くなっていますが、これはマイナス側に比べてプラス側に甘くなってしまうと判断しているものと思われます。可能なかぎり最も短い時間内で、過去の実績データに基づいた合理的な手法を用いて建設費を積算するものであり、おもに起業家の初期段階でのフィージビリティ・スタディ（F/S）のために利用される見積であり、多くの仮定条件を設けて算出します。

(2) 予算用（概算）見積、精度：+30%～-15%

当該プロジェクトの基本設計、詳細設計の資料、および建設現場の状況などにおいて、いずれも資料不足で、不正確な点が多く、かなりの仮定条件を入れて作成する見積であり、プロジェクトの採算性検討、投資計画立案の目的で使用されるものであります。したがって、一般的には契約を対象とした見積ではありません。

(3) 入札用（詳細）見積、精度：+15%～-5%

一般にプロジェクトの入札、予算統制および管理の基礎資料として用いられる見積のことをいいます。下記の実行予算用見積と共に『一括請負契約』をベースに行う見積であり、実費精算（コストプラスフィー）契約の場合には設計の進行に伴って見積精度の向上が図られています。

(4) 実行予算用見積、精度：+5%～-5%

契約後、早期に当該プロジェクトの遂行に必要なコストを予測した見積であり、実行予算作成の基礎となり、かつコストコントロール担当者に引き継がれます。プロジェクト管理用見積ともいわれています。契約仕様書、および引合時の積算を基準として、設計、調達、施工技術および実施工工程を十分勘案し、さらなる創意工夫を盛り込んだ原価目標であり、その目標が各項目別に明瞭に設定されている必要があります。入札後、仕様、スコープ等の変更がなければ、入札用見積がそのまま実行予算用見積となる場合もあります。

【原価データベース】

次に積算業務をするうえで役立つ原価データベースの必要性を述べます。

- ・コスト情報は個人ベースで保有するより、組織ベースで保有・更新・共有化した方が圧倒的に効率的で有利です。
- ・多くの会社の関係者が認識し、必要性を感じて原価データベース作成のための組織作りに取り組んだものの計画倒れなどで頓挫されているのが現状です。結果として、社内で共有化・普遍化できていない所が多いと感じます。
- ・「同じ轍を踏まぬために」専任の組織を立ち上げて各社独自の原価データベースを作る。

データベースでできることの例；汎用機器のコスト算出、工事数量表作成、工事費積算、査定、発注データ標準化、見積作成など。

多くのちょっと優秀な人達は、有用なデータなどを自分のものだけにしてしまいかですが、日本の総GDPが大きく落ち込んだ今日では国益のためにも、なるべく広範囲に共有しオールジャパンで海外案件を受注していただきたいものです。

5. おわりに

最後になりましたが、化学に限らずプラント建設等の仕事は長期間、家を留守にすることもあり家族の関わりに支障をきたすこともありましたが、今やネット環境が世界中に広がりPC越しですが、顔を見て話すこともできます。建造物は長きに渡りそこに残り、地図にも載ります。社会貢献度の高さが実感でき、やりがいを感じる仕事といえます。『あのプラント建設に関わったんだぞ』と自慢できる素晴らしいエンジニアにならることを心より願います。末筆ながら、教えを乞うた大原様、国分様、故大石様、故笹野様に心より感謝の意を表します。本当に有難う御座いました。

そして在籍しました、コスモエンジニアリング（株）、三菱ケミカルエンジニアリング（株）、出光エンジニアリング（株）様には、お世話になりました。この場をお借りして御礼申し上げます。

【プラント建設に関係するおもな団体のご紹介】

- ・一般財団法人エンジニアリング協会
- ・日本機械輸出組合、PCL/LF委員会
- ・AACE (The Association for the Advancement of Cost Engineering International) 日本支部

【参考図書のご紹介】

PCI/LF報告書 <https://www.jmcti.org/>

- 1) 日本機械輸出組合・PCI/LF委員会、前年度のPCLとLFの数値を報告
ENN-PCI <https://www.aace-japan.org/>, <http://www.enn-net.com/>
- 2) AACE日本支部・ENN-PCI委員会作成、(株)重化学工業通信社発行、四半期ごとのPCIと関わる経済状況を解説

コスト見積

- 3) 大原宏光：『コスト見積の実際』、株式会社技術情報センター、2009(<https://www.tic-co.com/books/20110481.html>)
 - 4) 吉田五一：化学工学、**24**, 892-896(1960)
 - 5) 斎藤義巳：化学装置コストハンドブック(改訂3版)、株式会社工業調査会(2000)
 - 6) H.J. Lang : *Chemical Engineering*, **54**, 130-133(1947)
 - 7) H.J. Lang : *Chemical Engineering*, **54**, 117-121(1947)
 - 8) H.J. Lang : *Chemical Engineering*, **55**, 112-113(1948)
- コンパスインターナショナルサービス <https://compassinternational.net/>
- 9) 国際および米国国内の建設コストに関する年次出版物、サービス等
ジェトロ <https://www.jetro.go.jp/>
 - 10) ジェトロセンター誌掲載の「海外投資コスト」
- コストエンジニアリング
- 11) 1008コストエンジニアリング専門委員会：化学工学, **50**(11), 767-773(1986)