

新設原子力発電所設計・建設技術の伝承に対する危惧 総合エンジニアリングとプロジェクト・マネージメント技術

概要

ウエスティング・ハウス社（WH社）の米国原子力発電所の建設遅れなどによる負担増が、東芝の決算に厳しい影響をおよぼしていることが報道されている。もとより筆者は実態を承知していないので、これに関して評論することはできない。

しかしながら、米国では原子力発電所の新規建設が途絶えて久しいので、建設技術が十分に伝承されていなかったのではなかったかと危惧した。福島原子力事故以降脱原発の風潮が続いている我が国でも、新規発電所の建設がなくなれば、これまで構築してきた原子力発電所のような大型プロジェクトの推進には欠かせない、総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術の伝承をなんとしても継承してもらいたいと思っている。

1. まえがき

WH社が建設している米国原子力発電所の工事遅れなどにより、建設費用が大幅に予算を超過、親会社である東芝の決算の悪化が報道されている。報道ではボーグル原子力発電所 2、3 号機と V. C サマー発電所 1、2 号機（いずれも AP1000）の工事に大幅な遅延が生じているようである。また東芝・WH社は中国でも AP1000 4 基の建設を進めている。一方東芝はこのほかサウス・テキサス・プロジェクト STP 3、4 号機向けの A B W R を建設準備中であったが、現在はその進捗が厳しいと言われている。

今回の要因には技術的な問題の他、政治情勢、経済情勢などもあるだろう。東芝が果敢にこれらの事業にチャレンジしていることを、筆者は高く評価しており、この危機を乗り越えてもらいたいと願っているが、具体的な事情を承知していないのでここでは取り上げない。

米国は T M I 原子力発電所事故以降、長らく新設原子力発電所の建設から遠ざかっていた。昨今の風潮を見ると、今後我が国でも新規発電所の建設が途絶える可能性がある。長期にわたる新規発電所の建設中断が、今回の建設費増大要因の一部であるとすれば、我が国で新規発電所の建設が途絶した場合、技術が十分に伝承されないことにより、同様の事態が生じないとも限らない。

筆者は我が国の原子力草創期に G E のプロジェクトを垣間見て、その後、発電所建設に携わった。その経験から、新規発電所建設に必要な総合エンジニアリング技術と企画から建設に至るプロジェクト管理技術の伝承について述べたい。

2. 総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術

伝え聞くとところでは、建設にはストーン&ウェブスター社（S&W社）が参画しているとのことである。WH社とS&W社との総合力でプロジェクト全体をまとめる体制だったのではないかと推察する。

この体制は日本の原子力草創期に、GE社（以下GE）とエバスコ社（以下エバスコ）が敦賀1号機や福島1、2号機の建設を行った体制に類似しているように思われる。

筆者は1960年代後半から1970年代の商業用原子力発電所導入期にプラント機器の設計に携わった。米国GEが取りまとめたプラントはGE本体が原子炉関係設備を設計、エバスコがプラント全体の設計を分担した。エバスコ（その後レイセオンの子会社United Engineers and Constructorsに吸収された）はエンジニアリング・コンサルタントとプラント建設工事を業容とする企業である。

米国ではフォードの流れ作業方式や戦時標準船建造などを通して生産管理技術（Industrial Management）やプロジェクト管理技術（Project Management）のような管理技術が発展した。我が国の原子力発電所建設にあたっては、米国流管理技術が用いられた。管理技術の基盤となるのは大規模プロジェクトの場合、全体を網羅した総合エンジニアリング技術と事業を企画から建設に至るプロジェクト管理技術であり、モノづくり技術がこれを支える。

GE・エバスコが推進した当時の原子力発電所建設のエンジニアリング技術や管理技術は、その後我が国のプラントメーカーにより精緻な総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術として確立した。その結果、後戻り工事の解消や、建設期間の短縮などの成果を得て今日に至っている。

これらは実地の経験を積んで、継続的な改良をしながら培われた技術である。総合エンジニアリング技術やプロジェクト管理技術は、PDCAサイクルを回して高度化しながら先輩から後輩へ伝承されて行く。新規建設が途絶えるとその技術を伝承する場がなくなり、伝承が途絶える可能性がある。また世界規模の事業を展開する場合には、新たな参入者への適切な伝達も必要である。経済情勢や社会情勢が変動した場合には、伝承、伝達の仕組みの継承や再構築が難しくなることが想定される。

以下に総合エンジニアリング技術の基盤となる、我が国のプラント設計技術の進化を示す。

1) コンポジット設計・コンポジット図による配置確認

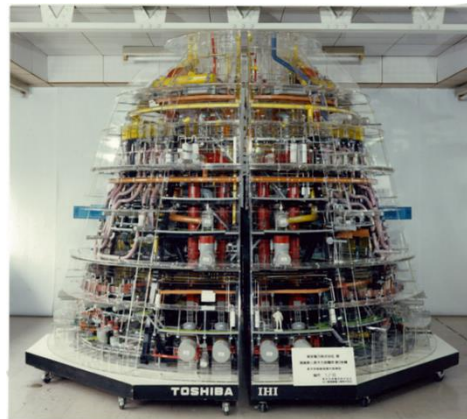
福島1、2号のプラント全体の様々な構成設備、配管系統、電気、空調などの設計はエバスコが取りまとめた。原子力発電プラントはタービンとボイラを主蒸気系と給水系で結ぶ火力発電プラントにくらべ、主蒸気、給水の他に崩壊熱を除去しながら冷却する停止系、異常時に冷却する非常用冷却系などの機器や配管が、コンクリート壁で遮蔽された建屋の区画内に縦横に配置されている。

筆者は設計情報の授受のためエバスコに駐在し、プラント全体をどのようにまとめるかを垣間見た。

エバスコではプラント全体の配置調整にコンポジット図と称する合成図を用いていた。配管、空調ダクト、電線トレイなどの配置を一枚の図面に合成して描く図面で、設計製図部門の内部で使われていた。当時の合成図はあまり精緻とは言えないものであった。そのうえ、現地配管と称して現場の状況を見て決める小口径の配管類もあり、コンポジット図に描かれる範囲が限定されていたため、現場では建設に際し混乱を引き起こすことが多々あった。

2) 赤ポジからモデル設計へくプラント・エンジニアリング手法の確立

発電所の建設を国内プラントメーカーが取りまとめるようになり、コンポジット合成の手法を改良、各分野が設計した図面をコピー技術で重ね合わせた赤ポジと称する図面を作成、関係者が組織的にプラント配置調整を行える手法に進化させた。この手法はその後エンジニアリング・モデルに移行、プラント全体をいくつかの区画に分割し、区画毎にモデルを作成、設計者、工事関係者、運転者、保全技術者など関係者全員がこの段階で検討に参画できるようになり、プラント設計は格段に精緻なものに進化した。(図は格納容器内配管・機器エンジニアリング・モデルの外観)



3) 総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術の確立

情報革命の進展とあいまって、三次元CADの採用により設計情報が一元的に管理されるようになり、構造解析から生産設計まで共通の情報により効率的に設計が推進されるようになった。更に生産や調達情報に加えて、調達管理や生産管理、建設管理の精度が向上、必要な時に必要なものを工場に、あるいは現地に投入する、トヨタのカンバン方式に匹敵する総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術が完成した。

3. 新規建設が途絶えたときの危惧

上述の総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術は、原子力発電所の建設技術の両輪である。これまで新規発電所の建設にあたっては、技術者はこれらのシステム・ツールを適切に活用して、発電所の建設を効率的に進めてきた。技術者、システム・ツールのいずれを欠いても、円滑な発電所建設はできないのである。

問題は運用する人である。実戦がなければ技術はなかなか伝承されないので、建設が途切れた場合、何らかの模擬訓練が必要となろう。模擬訓練にはインセン

ティブが必要である。昨今の脱原発の風潮のなかで、事業者とプラントメーカーにそういったインセンティブがあるのであろうか。

東芝は前述の STP 3、4 号の建設ⁱに際し、工程の信頼性を高めるため 3D モデルを活用した 6DCAD_{TM}（3D モデル+物量+工事人員+行程の 6 次元化）の使用を考えていたようである。

海外事業には政治的、経済的なリスクもあり困難もあろうが、海外新設事業はこれらの技術を伝承する場ともなるので、有効に活用することを期待したい。

4、まとめ

我が国の原子力発電所建設で培ってきた総合エンジニアリング技術とプロジェクト管理技術は、我が国の発電所建設技術を世界屈指のレベルにした。しかしながら、新規建設が途絶えると、この技術を伝承するのは難しくなろう。

なお、2050 年の温室効果ガス 80%低減目標や化石燃料枯渇問題を考えると、安定したエネルギー供給には原子力発電の寄与が欠かせない。21 世紀中葉以降を考えると、いずれ既存発電所は運転期間を終了するので、今後も適切なインターバルで引き続き発電所の建設を続けて行く必要がある。

この他、ものづくり技術についても同様である。科学技術立国としては、基本となるものづくり技術はきちんと継承することに留意する必要があることは言わずもがなである。

国内建設の継続、要すれば模擬訓練、海外発電所の建設などを通して、この 20 世紀最後の四半世紀に完成した手法を 21 世紀に継承、更に高度化してもらいたいと願っている。そのためには技術伝承のインセンティブが必要であらう。

ⁱ 日本企業初の海外原子力プラント建設 東芝レビュー Vo.65 No.12(2010)