

国際マクロ・エンジニアリング・プロジェクト について

平木 俊一

I. マクロ・エンジニアリング事例

——共通認識のために

I-1. マクロ・エンジニアリングの対象； 人類の遺産としての例示

マクロ・エンジニアリングの対象となる大型プロジェクトとは何か。マクロ・エンジニアリング・プロジェクトまたはメジャー・エンジニアリング・プロジェクト等とも呼ばれるものは何か。まず共通認識をつくるために、人類共通の遺産ともなっている過去の「大型プロジェクト」を例示しよう。

(1)ローマ帝国の水道

紀元前4世紀初頃から、ローマ帝国全域に約200以上の石造水道がつくられた。特にローマ市には、250kmのかなたより1日34万 m^3 も運んだものもあり、ローマのカラカラの浴場用にも使われた。Gravity-flow方式、貯水池の概念はなかった。

(2)中国の大運河

北京から杭州まで、約2000km。一番古い部分は紀元前4世紀に逆上るが、隋王朝(紀元581~618年)時代の拡大が有名。一部インクラインで船をそよさせる。当時から南北の通商に使われたのみならず洪水調節、灌漑、淡水漁業、南北航路として多目的に使われ、現在でも重要なそれらの機能の一部を残している。

(3)ライト兄弟によるガソリン・エンジン複葉飛行機

1903年12月、自転車屋でグライダーづくりから出発した、オーヴィルとウィルバー兄弟は、たった170ポンドの重量で16馬力のエンジンを製作し、ノース・カロライナ州 Kitty Hawk の砂丘地で、59秒、852 feet を飛ばした。人類が鳥を真似て、飛ぼうと試みて以来のエンジニアリング的な苦心の末の快挙であった。今日のBoeing 747 にもつながる最初の1歩であった。

(4)奈良東大寺の鑄造大仏

ひらき しゅんいち 日本興業銀行 業務開発部

〒100 千代田区丸の内1-3-3

天平時代の752年聖武天皇が仏教を広めるために巨大な18メートルの銅製鑄造仏を階層重ね上げ工法でつくった。多くの庸調(税金)と労役が使われ財政を悪化させた。当初のものは下の方の蓮弁(蓮の花の形をした台)にしか残っていない。

(5)インカ帝国の石積み技術

インカ帝国は紀元13世紀初頭より16世紀後半南米ペルーよりチリに至る海岸地域を版図にし、クスコに首都を置きブロンズ(Bronze)器具を使い、医術に秀で、灌漑、都市国家一城・宮殿、寺院をつくった。クスコを防衛するためにつくられた、サクサフマンの城壁(内部に貯水池をもつ。)の例にみられるごとく、その石積み技術は紙一枚も通らないほどびっしりと積みあげ、石造建造物として有名。約3万人が70年間かけて造営したと言われている。

これらの他にも蒸気機関車の発明、万里の長城、スエズ運河、ジャワ島ボロブドゥルの寺院等も例にあげることができる。これらは人類に共通の便益を与えてきた。エジプトのピラミッド、仁徳天皇陵等はそのニーズが権力者のために権力の象徴として造られたものであり、大規模工事ではあったが、マクロ・エンジニアリングの対象工事には入れない。

これらは、それぞれのニーズに合わせて、相当な費用とマンパワーをかけ、長い期間をかけ、当時のそれぞれの先端の技術、すなわち先端の土木技術、鑄造技術、流水技術、航空工学(風洞実験)を使い、応用しているのである。しかも当時の人々のニーズに合い便益を供じてきた。

I-2. マクロ・エンジニアリングの対象； 人類に大きな便益を与えるもの

さらにマクロ・エンジニアリング・プロジェクトの共通認識をつくるために、21世紀というタイム・スパンの中で実現可能なプロジェクト事例を示してみると；

(1)インフラ型——第2パナマ海面式運河、ジブラルタル海峡海底トンネル

(2)エネルギー開発型——ヒマラヤ・プラマト川水系水

力発電、アラスカ/カナダの北極海より太平洋側および米西海岸へのガス・パイプライン

(3)宇宙開発型——宇宙居住空間施設、月および火星等の稀少金属探査・開発施設

(4)地球環境維持利用型——熱帯地方・砂漠地帯の太陽熱発電利用、温室効果抑制協力プロジェクト

(5)R & D型——Bio 技術利用で遺伝子変換により新亜種の植物や新薬の開発、磁気浮上式高速鉄道等々多くの類型に分けることができるが、いずれにしても、これらはマクロ・エンジニアリング・プロジェクトとしての第Ⅲ章に述べる定義を満たす特長を備えている。その前にマクロ・エンジニアリングが注目されてきた背景をもう少し説明する。

II. マクロ・エンジニアリングの目的と背景

II-1. マクロ・エンジニアリング・プロジェクトを行なう目的

何のために、このようなプロジェクトの実現を狙うのか、その目的意図は何か。一言で言えば、これを狙うのは人間の自然への有意義な働きかけであり、これらのプロジェクトが達成されれば、ある一国の、またはある数カ国にまたがる地域の、または地球に住む人類全体に相当の便益が生じると**厳密に評価**されるからなのだ。もっと平たく言えば、人間生活が豊かになり、広がりをもつことになると思われるからであるのだ。しかしマクロ・プロジェクトは、多くのリスク(危険性)すなわち失敗をさせる多くの要因、それは技術上の実現性のみならず、政治上の合意が得られるか、社会的要請への調和が可能か、環境上の調和が可能か、軍事上のバランスに影響を与えないか、はたまた経済上の限られた資源を有効に使うのか等々の多種異質なリスク要因が存在する中で、最適の選択肢としてのマクロ・エンジニアリング・プロジェクトを概念設計し、実行実現していく。これは広く関係者に影響をおよぼし、便益をもたらすと**厳密に評価**されるからこそ多くの人々のコンセンサスがとれ、実行されるのである。結論的に言えば、「多くの人々への影響が大きいプロジェクトを色々の問題の解決に合意を得つつこれを成立させること」がマクロ・エンジニアリング・プロジェクトをやる目的なのである。いまだ充分な定義(次章において述べる。)をしていない段階であるので、理解に苦しまれる点があるかもしれないが、**厳密な意味**では先に例示した過去の大規模プロジェクトは必ずしもマク

ロ・エンジニアリング・プロジェクトとは言えない特徴を有している。それらは周匝の環境を無視したり、ほとんど既存技術の延長であったり、コスト・マンパワー、時間を無視したものであり、特に大事なのは関係者のコンセンサスを得たとは言い難いものである。したがってマクロ・エンジニアリングの**厳密な定義**から見れば、リストしたものの大部分は100点満点で60点程度のものである。この例示の中では中国の大運河、ライト兄弟によるエンジン飛行機の開発が、90点に近いものと考えられる。

II-2. マクロ・エンジニアリング概念が意識されてきた背景

①人類が運命共同体として生存にかかわる意味で共同で、環境との調和を取り戻す。また調和をはかるプロジェクトを行なう必要があること。温室効果の防止、オゾン層破壊防止、酸性雨防止、放射性廃棄物海洋投棄を防止し、他の処分方法の検討等々である。規律ある国際政治社会システムを国際世論の中で構築し、まずは規制プログラムの実行、次に積極的に調和を再び取り戻すマクロ・エンジニアリング・プロジェクトの実行が必要と認識されてきつつある。

②Hardware と Software の両面において Technological Innovation (技術革新)がなされ、物理学・工学的にも1つのプロジェクトへ応用する適正技術の規模が大きくなってきており、またこれをトータルに制御するシステム工学に基づいた Software がコンピュータを手段として大きくなってきており、マクロ・エンジニアリング・プロジェクトを実行することをより良く可能にしつつあること。

③国際社会の協調メカニズムは、第二次大戦後での米・ソ二大国の二極構造が徐々にEC、日本、中国を含めた多元的な構造へ推移中で、交通・通信手段の飛躍的発達を助けとして、国連体制をバッファー機能として、働いているものと考えられる。国際協調・平和が人類の二度にわたる世界大戦の悲惨さから学んだ**英知**をバックに、まがりなりにも維持達成されてきており、マクロ・エンジニアリング・プロジェクトを成立させる**基盤**を与えている。

④以上の環境への調和認識。技術進歩と適用技術スケールの拡大、国際的協調条件の中で、マクロ・エンジニアリング・プロジェクトを実施させる責任主体をサポートするに足る需要の一国を越えた場での**顕在化**が、企業家精神をもった人を核とし、国際金融メカニズムが国際

的に資本移動を許し、ハードとソフトの技術移転に伴い、ますます達成されつつあること。政府の役割にも規制解除と規制とのバランスがうまくとられつつあることもマクロ・エンジニアリング・プロジェクトへのニーズまたは需要を顕在化するのを加速している。

以上のように大きなトレンドとしての流れは、マクロ・エンジニアリングを発想させ、育成させ、実行させるだけの土壌と力をつけさせる条件が長い目でできてきているのである。もちろん目先の解決すべき問題点、係争は常に存在しているのであるが、これらは大きなトレンドの中に徐々に包摂されつつある状況であると観察される。

III. マクロ・エンジニアリング・プロジェクトの定義—巨大という意味

①マクロ・エンジニアリング・プロジェクトの定義の1つとしての明確な属性は、②かかる資金が大きい。なんらの決まりもないし、金額の大きさは第2次的な意味しかないが常識的には1億ドル(1300億円)程度以上のもの、責任主体が、数年かけて調達するプロジェクト、③マンパワー、すなわち従事する労働力の延人数のみならず、多部門の専門家が多数参加する。④発想から着手までの期間、着手から物理的な完成までの期間、完成後の経済的耐用期間は相当長期のものを前提とする。技術革新と資金供給で維持更新が連続的にも行なわれるもの。⑤地域間または国際間の利害の調整を要する。利害の調整ができてはじめて実行者責任主体の成立が可能になる。これは国際間では外交的な協定となり、地域間では中央政府と地方政府および地方政府間の協定となり成立するもので、実行責任主体を政治・経済的にサポートするものである。

②マクロ・エンジニアリング・プロジェクトの定義の第2は Impact の大きさである。これが多くの人間にかかわり、影響を与え、しかもその影響は便益という形のもので、より豊かな生活水準を約束し、究極的には、地球環境と調和し、平和への貢献をするものでなくてはならないことである。したがって少なくとも50年ぐらいのスパンで近未来についてのできるだけ客観的推計データで裏づけられた、多くのかかわりのあるすべての人々への Impact 分析を未来学の観点より提供する必要がある。人々に提供された客観的な Impact 分析データにより人々はコンセンサスをつくり、実行責任体制の設立に許可を与え、監督する立場をもつのである。

③マクロ・エンジニアリング・プロジェクトの定義の

第3は、Hardware と Software の両面において技術進歩があり、それを適用するということである。建設面でも適用技術水準が高くなっており、技術進歩を達成した何ものかを内蔵し、運開後の運営についてもコンピュータを手段として、責任主体側に技術進歩を包摂していく能力が具備される必要があることである。したがって、先端技術の開発と応用がハードとソフト両面において、実行責任体の内外において、相応の対価の支払いのもとに自由に移転する状況になくはならない。在来技術を使うだけで、多量の労働力を投入し、コストを無視し期間を無視し、周囲への影響を考慮しないものは単に Big Project というに過ぎない。

IV. 実行責任組織と評価手法

IV-1. マクロ・エンジニアリング・プロジェクトの実行責任組織

当プロジェクトについて発想する個人、集団があり、それが中心になって、当プロジェクトを客観的に成立させる要件、すなわちII-2章、で述べた環境への調和・適用技術の進歩と拡大、国際協調等の調整等の利害の調整の成立という基盤がある中で、需要を顕在化させ、企業家精神 (Entrepreneurship) があり、将来に対し洞察力をもち、過去の権益の変遷にも考慮し、問題点矛盾点は解決できるという発想をもつ発想のリーダーが基本的概念設計、またはマスター・プランづくりまでには最低参画することが望ましい。この発想のリーダーは、必ずしも企業家精神を持った人ではなく、それだけの信用力、組織力を持った人でないケースがあるのは当然である。ここにその発想者を取り入れ実行していく責任組織が創造される必要が出てくるのである。

それらの組織は、そのマクロ・エンジニアリング・プロジェクトを実行させ、運開後も操業について何らかの影響力を行使できるものが望ましい。それは政府そのものであったり、政府が組織した公社公団であったり、多国間で協定上できた組織であったり、政府と民間の Joint Venture であったり、民間組織、この場合は収入が予測され独立採算のとれるものについては株式会社か望ましく、一部政府よりの補助補填がないと成立しない場合には、政府が組織した公社公団または公益法人組織であったりする。

責任主体として、発想者が発想した概念(コンセプト)をステップ・バイ・ステップで、すなわちマスター・ブ

ランより、次の許容度 (Allowance) の幅にせばめた暫定的な実現化調査、さらに許容度を5%程度に縮めた実現化調査を行ない、最適の選択肢を選びすべての成立要因において費用と便益に問題が認められないものについては実行に移してゆく実行者が必要なのである。この過程で種々の制約条件下での最適化手法としてOR手法が1つの手法として使われることになる。

IV-2. 実行を評価するための手法と専門家

II-1. で述べた如く厳密に便益 (Benefit) が生じると評価されるには、便益がどんなものであるかを、この特定の最適選択肢として選ばれたマクロ・エンジニアリング・プロジェクトを実行した場合に影響 (Impact) を被むるすべての人々を対象に、Impact Analysis (影響分析)を行ない、できるだけ正確に計量化すべきである。もちろんマイナスの便益が出てくることもある。それをいかに防止するか、定量化できるものは費用面の問題に転化される。Impact Analysis を行なうさいに注意を要するのは、10~15年程度の極近未来についての便益は、トレンド分析をして趨勢値を予測することで、推計可能であるが、中近未来的な20年以上を超える便益については基本的基盤—III章参照—が変化する可能性がある。これをも含めたシナリオ分析で、最低3種類程度のシナリオ、すなわち、①楽観的ケース、②最もありうると考えられるケース、③悲観的ケースを洞察力において、多くの部門の専門家の予測力の結果としてデルファイ的方法論でつくりあげ、そのそれぞれのケースの中での、関係者への Impact 分析により便益を計量予測するという手法をとらざるをえない。

他方、資本費の方は、通常実行に移す場合には極近未来、10~15年のスパンの程度の中で大部分が発生すると考えるのが通例であるので妥当なエスカレーションの想定により、トレンド分析により趨勢値として予測される。ただし操業費については運開後のシナリオ次第であるので、上の3つの各々のケースにしたがい、それぞれの操業費の予測が必要となる。この2つの予測された便益値と費用値を現在価値ベースにして Cost Benefit 比較を行なうのが、通常2つの値の結節点となる。なおこの最終段階に至るまでに、これらマクロ・エンジニアリング・プロジェクトでトータル・システムとして分析されるためには、II-1章で先に述べたように多くのリスク要因についての個々の分野の深い分析が必要である。すなわ

ち技術上の実現化可能性、政治上の合意形成の可能性、社会的にニーズ・需要が正当化され、顕在する可能性とその量的推定、環境への調和の可能性、実行責任主体の組織化とその組織人に与えられた権限と実行力の評価、素材、原材料等の調達可能性、資金調達の方途と可能性の検討等々、これら1つでも欠けるとマクロ・エンジニアリング・プロジェクトは成立されないものであり、トータル・システムとしての部門別検討が必要である。計量化できるものはできるだけ計量化をし、できないものについては、特に将来において問題点となりうるものにつき、定性的に問題点を早期に指摘し、その時々タイミング良く解決できるように準備をしなければならない。

建設段階 (Implementation) に移行した以降は、仕様通り (Specification) に、またスケジュール通り (On Time) にまた予算の範囲内 (In Budget) で、コントロールをしつつ完成に導くことが重要であり、これらそれぞれについて、専門的な管理手法が存在している。それらの1つがOR手法であり、限られた有限な資源制約条件下において目的とする便益が達成されるかどうかを検証するものである。

かくの如くマクロ・エンジニアリング・プロジェクトの評価分析手法の計量的な側面においては、何らかの妙手があるわけではなく、従来から用いられてきている手法の組合せて対応するしかないのである。

IV-3. 専門家集団

プロジェクトの発想、早い段階での実現の可能性の基本条件の判定、基本条件が満たされれば、プロジェクトの実現への選択肢を検討し、評価し、最適のものを選び、最適ケースについては、トータル・システムとしてのリスク分析、インパクト分析を計量的に行ない、費用便益分析にて、得失を算定し、場合によっては当初の基本条件へのフィードバックも行なって、望ましい姿へ修正し、構築していき、それを実行するわけであるが、いずれにしても、これを遂行する責任主体に組織として人を得ることが最重要である。それぞれの専門家集団が、各々の機能を担ってこの責任主体を構成することになる。あえて機能を分ければ、エンジニア、法律家、エコノミスト、フィナンシャル・アナリスト、マーケット・アナリスト等々の機能的専門家があり、それらのアドバイスのもとに意思決定を下す。実行責任主体の長としてのプロジェクト・マネジャーが、これら最重要な人的組織のピラミッドに立つ人である。豊富な経験と組織的な情報分析力をもった意思決定者が望ましい。