

## 講座

## 設備投資の経済計算(2)

大阪大学経済学部 長 浜 穆 良

## 前号の目次

- I 問題点
- II 投資の種類
- III 利子の公式

## IV 従来考え方

IV-1. エンジニアリング・エコノミー設備投資の経済計算というのは、要するに事業体（公営企業が私営企業かは問わない）が設備投資をしようというときに、それが経済的に引き合うかどうか、利益があるかどうか、を算定することである。

前号では、この問題に関する重要な事項を概観したが、特に強調したのは予測の不確実性ということであった。未来について予測するという事は、大げさにいえば人類の永遠の悲願である。しろうと判断かも知れないが哲学者、宗教家、物理学者、歴史学者、みな真剣に世界の未来像について自説と矛盾しない予見を行なう。近代的な統計学は時間要因を含んだ推測の方法を発展させてきた。過去はとりかえしのつかない形骸である。未来は可能性である。設備投資は前にも述べたようにその経済効果が年の単位で測られるような長期間にわたって発生する。しかも、期待した程の効果があがらない場合は多額の資金が設備に拘束されているので動きがとれなくなる。こういう意味で設備投資の採算性を判断するためにはどうしても予測が必要である。しかし、また予測という問題は、すべての意志決定が未来に関与するという点で、人間の選択行為、行動の合理的計画の前提として、それ自体、最も重要な基礎的な学問領域をなすべきものである。経験の世界、それが大きな世界であれ、小さな世界であれ、経験的事象に関する科学的な推論、すなわち、ある前提の成果を、どの経験的な学問も積極的に吸収していかなければならない。数学に弱いから文科系へ——という世代の最後に属する筆者もその必要を痛感している。ともあれ、いかに重要であるとはいえ、予測の問題、予測に伴う不確実性の問題は設備投資の経済計算にとっては固有の研究内容ではなく、前提として摂取すべき、別個の一応独立した研究領域である、ということである。

しかし、個有の問題として取扱わないというだけでなく、摂取すべき問題とも考えて来なかったのが、本号で

述べようとする、伝統的なエンジニアリング・エコノミーの考え方である。エンジニアリング・エコノミーというのは、技術問題の経済的評価に関する研究領域である。主として、アメリカの大学の経営工学科で議義されてきたもので、その最初の書物は筆者の知る限り1920年代にあらわれている。もとはエンジニアリング・エコノミクスといわれていたが、1930年に初版が出版された、アメリカで最も多くの版を重ねたグラントの書物（Grant, E., *Principles of Engineering Economy*, 1930. 藻利重隆訳「設備投資の経済計算」）以来、エンジニアリング・エコノミーとよばれるようになった。工学は技術学問であるから、物理学や化学や生物学のように、自然現象の諸法則を探求するのが本来の仕事ではなくて（もちろん、技術の研究が法則の発見に至ることはあろうが）、目的に対する手段を、自然法則に対するあらゆる知識を動員して、矛盾、合目的々に結合すること、しかも最適の結合を発見し、形成することが課題である。こういう意味では、芸術的な動機で物を作るとか、子供が作ること自体に楽しみを見出すということと、何らかの目的のためにその手段を作り出すことには大きな差がある。工学は手段に関する研究であるという点において、本質的に経済問題を含んでいるのである。しかし、既知の法則の摂取の困難さや、いろいろのよりフィジカルな側面の複雑さの中に没入して、しばしば経済性の側面が忘れられ勝ちになる。そこで、この側面を一層はっきりと持ち出し、技術の貨幣経済的評価の基本的な知識を与えておこうというのが、アメリカの工学教育におけるリキュラム編成の考え方である。物を売ったり、買ったりすること、これは商人のすることであり、素町人（すちょうにん）のすることであり、要するにノーブルなエンジニアの関心を寄せるべきことではない——こういう考えは、企業内の技術家にも存在して、営業部門は要するにエンジニアの作ったもの、考えたものをしっかり売ってくればいいんだ、と考えたものだ。もちろん、現代企業においては必ずしも通用する考えではない。かといって、すぐ役立つような応用研究が産業界を揺がすような大革新をひき起すものでもない。むしろ、基礎研究の集積からそういう成果が生まれるケースが多いようだ。いずれにせよ、技術の経済評価が必要であり、これがエンジニアリング・エコノミーの課題であったのであ

る。そして、このエンジニアリング・エコノミーの従来の特徴は、その対象が主として、機械、装置、構築物などの設備投資に限定されていたこと、および先にも述べたように不確実性要因を全く導入していない点である。このような点を考慮に入れておいて、以下、伝統的なエンジニアリング・エコノミーの領域での問題の取扱い方を概観してみよう。

#### IV-2. 原価比較法

ある特定の機能を果たすことのできる設備がいくつか存在して、その中のどれを選ぶことが最も経済的であるかを判断するに当たって、各代替案の原価を計算し、原価の低いものを選択する方法を一般に原価比較法という。

原価の側面だけを比較する方法であるから、この方法は収益の側面が各設備について等しいか、または収益面の差異が無視できるほど小さく、原価の側面にだけ関心するべき代替案選択問題に適用される。たとえば、必要な設備が、それが部分として組込まれる総合的な生産設備の一部を構成しており、設備に要求される仕事の種類と一定期間に要求される仕事量がきまっているような場合は、その仕事をいかに安く実行できるかが問題点であるから、価値だけを比較することが多いのである。

利子の公式のところの説明したように、といっても前号を読まれた人もおそらく忘れてしまわれたにちがいないが、式(3・5)で示したように、設備投資金額  $c$  万円を、資金には年利子率  $i(0 < i < 1)$  だけの利子が支払われなければならないと考えて、しかも設備の経済的な寿命は  $n$  年であることがわかっている場合、年々どれだけの費用が必要になることになるかを知るためには、設備金額  $c$  万円に資本回収係数  $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$  を掛ければよい。

この場合設備の購入に必要な資金を借入金によらないで自己資金によって賄う場合には利子の費用は算入しなくてもよいだろうか。借入金による場合には、実際に利子が支払われるが、手持ちの資金による場合には利子を払う必要がないことは確かである。しかし、もし設備を講入しようとしている企業が外部から1円でも金を借りている場合には、設備購入にあてようとしている資金を借入金の返済にまわすことによって利子を節約することができる。また借入金がない場合でも資金を投ずることによって利子や利益配当を受けることができるから、投資を行なうことの経済計算のためには、実際に利子を支払って調達する資金であるかどうかにかかわらず、利子を費用に算入しなければならない。この利子を考慮に入れないで採算計算をすると費用を過少に評価することになる。

このような利子を採算計算に反映させるために、普通、

経営者は計算利子率を設定する。これは計算上の利子率で、その基礎は資本調達に必要な利子費用にあり、さらに、利用可能な資金を他に投じたときに得られると期待される利益を考慮して政策的に設定される。切捨率とか必要投資利益率とよばれているのも、この計算利子率のことであり、以上のような意味から、これから用いる利子率という用語は必ずしも支払利子率と一致するものではない。

設備投資額の年間平均費用を計算するにあたって、上記の説明においては設備の経済寿命を既知と考えたが、これも難解な問題である。工作機械でも自動車でも適切な修繕を行なうことによって半永久的に使用できる。しかし、仮に全く技術進歩がなくて、使用中の設備と同じものの新品としか取替えられないような場合でも維持保全費のかさむ古い設備を使っているよりは新品と取替えた方が、一期間当りの費用では結局とくになるような時点があるはずである。実際には古い設備の性能も低下するので費用だけを考える場合よりも経済年数は短くなる。しかも、どんな設備にも技術進歩は不可避である。不可避どころか、そのために多くの努力が払われている。機械メーカーが技術革新を導入するために努力することは、自分の製品を陳腐化させることになるわけである。そうすると、現在使用中の設備をいつ取替えるかをきめるためには、この技術進歩の要因を無視することはできない。ほとんど新品同様のカメラやテープ・レコーダーも新しい性能を備えた新製品の出現によって、相対的に陳腐化してしまう。これは、われわれの日常経験することであるが、企業の場合には、この相対的な劣性が競争関係において企業を圧迫する。設備を所有するということは、時間経過に伴って絶えず次々に登場する技術進歩を内蔵する新設備との競争にさらされて、その意味でも負担を多くしていくことになる。これは維持運転費の増大とは別個の要因である。このような種々の要因を考慮して、設備の最適経済年数を求めなければならないが、この問題は次号にまわすことにして、ここでは前にも述べたように、設備の経済年数は与えられたものとして原価を比較することを考える。

そうすると、計算利子の意味での利子込みで設備投資額を所与の経済年数内に回収するために必要な金額、いいかえれば年間費用は設備金額に資本回収係数を掛けることによって算定されることになる。前にも述べたように、 $\frac{1}{(1+i)^n} = X$  とすれば

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{1}{\sum_{j=1}^n X^j}$$

であるが、もし計算利子率  $i=0$  ならば、資本回収係数

は  $1/n$  であり、資本回収係数を掛けることは、設備金額の年数に関する算術平均を求めることを意味する。利子、貨幣の時間価値の要因が問題をやや複雑にしているにすぎない。

ところで設備に関連する原価には設備投資額の他に年々発生する維持運転費その他の経常的な費用がある。比較しようとしている各設備のどれを選択する場合にも必要とするような費用は、比較にあたって算入する必要はないが、相違するような費目は全部計上しなければならない。ただし、設備の減価償却費や利子は資本回収係数を乗ずる計算過程で算入済みであるから二重に計上してはならない。この減価償却費の経済計算上の取扱いについては、しばしば誤解され易いので注意しなければならない。

年々発生する経常的な原価の年間平均を求めるためには、まず年々の経常費用の現在価値をそれぞれ算定し、その合計額に資本回収係数を掛ければよい。ある年の費用の現在価値を知るためには、一括払現価係数  $\frac{1}{(1+i)^n}$  を掛ければよいことも前号に述べたとおりである。

また、経済年数末に設備に売却価値が残っている場合には、その現在価値をマイナスの原価として算入しなければならない。いま、

$c$  = 設備投資額

$s$  = 経済年数末の残存価格

$E_j$  = 第  $j$  年目の期末計上年間経常費用 ( $j=1, 2, \dots, n$ )

$i$  = 年計算利子率

$n$  = 設備の経済年数

とすれば、年平均費用  $U$  は

$$U = \left[ c - s \frac{1}{(1+i)^n} + \frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} \right] \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4.1)$$

である。式 (4.1) は最も一般的な表現であるが、毎年経常費用が等しいと想定される場合には、直観的にも明らかのように、

$$E_1 = E_2 = \dots = E_n = E$$

$$\frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} = E \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

したがって、

$$\left[ \frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} \right] \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = E$$

よって、

$$U = \left[ c - s \frac{1}{(1+i)^n} \right] \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + E$$

または、

$$U = (c-s) \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + s \cdot i + E \quad (4.2)$$

式 (4.2) は年平均費用を算出するために通常用いられる形式である。残存価値がゼロの場合は当然

$$U = c \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + E \quad (4.3)$$

となる。このような年平均費用法は設備に関する全支出系列を年金に換算する方法であることから、年金法とよばれることもある。

なお、実際界においては以上の年平均費用法に対する以下に述べるような簡便法がしばしば用いられている。いま、 $c, i, n$  を前と同様の意味において用いることにして、 $c$  を毎年末に  $c/n$  ずつ回収することにすれば、第  $n$  年末の計算利子は

$$ci \left( 1 - \frac{n-1}{n} = \frac{ci}{n} \right)$$

である。第 1 年末の利子は  $ci$  であるから、単純平均利子は

$$\left( ci + \frac{ci}{n} \right) / 2 = \frac{ci}{2} \cdot \frac{n+1}{n}$$

である。毎年  $c/n$  ずつ回収することを定額償却法というが、定額法による年間償却額  $\frac{c-s}{n}$  とこの平均利子

との和によって、利子込みの年間平均費用とみなす近似法によると、年平均費用は、

$$U = \frac{c-s}{n} + \frac{(c-s)i}{2} \cdot \frac{n+1}{n} + si + E \quad (4.4)$$

となる。この近似法は、資本回収費用を、定額法による償却額と、投資に対する平均利子とに分離する形式をとるので、企業会計によく対応していて、投資決定を行なう経営者に理解されやすく、そのため正確な方法よりもよく用いられているようである。会計上の概念や手続きで考えることに慣れている実務家にとって解り易いという長所は多少の計算結果の誤差を十分カバーするものと( )  
われている。

正確な方法と近似法との誤差は、計算利子率が高く、耐用年数が長いほど大きくなる。投資に乗せられる資本回収係数は、4%で10年のとき、近似法の結果が1%小さく、4%、20年では4%小さくなり、8%、20年では10%小さくなる。

以上のような年平均費用法による設備投資案の比較を示す具体的な数字例を次に二、三あげてみよう。

〔計算例：4.1〕

A, B 両設備に関する次のような条件が与えられたものとして、それぞれの年平均費用を比較する。

	A	B
設備価額	60万円	150万円
経済年数	10年	25年
残存価額	0万円	50万円
年間経常費用	11万円	5万円
計算利率(年)	10%	
資本回収係数	$\frac{0.1(1+0.1)^{10}}{(1+0.1)^{10}-1}$ =0.16275,	$\frac{0.1(1+0.1)^{25}}{(1+0.1)^{25}-1}$ =0.11017

与えられたデータを用いてA設備には式(4・3)を、B設備には式(4・2)を適用すれば、

$$A \text{の年間費用} = 60 \text{万円} \times 0.16275 + 11 \text{万円} = 20.77 \text{万円}$$

$$B \text{の年間費用} = (150 \text{万円} - 50 \text{万円}) \times 0.11017 + 50 \text{万円} \times 0.1 + 5 \text{万円} = 21.02 \text{万円}$$

したがって、初期投資額の少ないA設備の方が割安であることになる。

この場合、注意しなければならないのは、B設備の経済年数を25年と見積っていることである。このことは二つの点で重要な意味をもっている。第一の点は、B設備は25年後に廃棄されることを前提とするのに対し、A設備が10年を前提とする点である。Bは計算上25年間他の新設備導入の機会を排除しているのに対し、Aは10年後に選択の機会を与えられることになる。第二の点は資本の年間回収額が残存価値ならびに経済年数に依存する点である。後者の点については、20年を起えれば予測の誤りは結果にはほとんど影響しないが、前者の点は経済計算外の要因として重要である。

[計算例：4・2]

二つの経路AおよびBを通る鉄道施設の案がある。A経路はトンネルを必要とし、B経路は鉄橋を必要とする。費用のデータは次のとおりとする。

	A	B
当初予算	15億円	9億円
年間経費	500万円	1,000万円
経済年数	半永久的	40年
残存価値	0円	0円
計算利率	5%	
資本回収係数	5%	0.05829

永久資産に対する資本回収係数は、

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} = i$$

である。したがってA、Bの年間平均費用は

$$A \text{の年間平均費用} = 15 \text{億円} \times 0.05 + 500 \text{万円} = 8,000 \text{万円}$$

$$B \text{の年間平均費用} = 9 \text{億円} \times 0.05829 + 1,000 \text{万円} = 6,245 \text{万円}$$

よってB案の方が安いということになる。ただし、両案の利害得失を貨幣的に評価する場合の諸困難のあることを忘れてはならない。

原価比較法には種々の形態があって、いろいろの名前でよばれているが、一定期間の生産量に差がある場合に、生産物(あるいは作業量)一単位当りの原価に年間平均費用を換算することや、原価の内容を生産量に比例的な項目や生産量と無関係に発生する固定費の項目に細かく分類することの他は本質的なちがいはない。

#### IV-3 資本回収法

設備投資の経済性を判定するに当たって、投資の利子込み年間必要回収額(投資額を利子込みで年間平均費用に換算した額)と、利子や償却費を控除する前の年間利益とを比較し、独立の投資案を評価する場合には、後者の大きい場合に経済的であると判定する。また、いくつかの投資の優劣を比較する場合には、後者の前者を超過する額の大きさによって判定する。この方法は独立の投資案の経済性を判定する方法としては適切であるが、代替案や取替案の評価にはいくつかの難点をもっている。

##### (a) 独立の投資案に対する資本回収法

特定の設備に対する投資額を  $c$ 、利子および償却費控除前の年間利益を  $R$ 、設備の経済年数を  $n$ 、 $n$  年末における残存価値を  $s$ 、計算利率を  $i$  とすれば

$$(c-s) \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + si < R \quad (4-5)$$

または

$$R - \left[ (c-s) \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + si \right] > 0 \quad (4-6)$$

のとき経済的である。いくつかの独立の投資案に優先順位をつける場合には、式(4・6)の左辺の値の大きさによって判定されることになる。

##### (b) 取替投資に対する資本回収法

現有設備AおよびAと取替えるべく提案されている新設備Bについて、次の条件が与えられるものとする。

	現有設備	新設備
現時点における価格	$c_{a,0}$	$c_{b,0}$
利子・償却費控除前の年間利益	$R_a$	$R_b$
経済年数	$p$	$q$
$p$ 年末の価格	$c_{a,p}$	$c_{b,p}$
$q$ 年末の価格	—	$c_{b,q}$
計算利率	$i$	$p < q$

以上のような条件が与えられているときに通常行なわれる方法は

$$\left[ \left( c_b - \frac{c_{b,q}}{(1+i)^q} \right) - \left( c_a - \frac{c_{a,p}}{(1+i)^p} \right) \right] \frac{i(1+i)^q}{(1+i)^q - 1} < R_b - R_a \quad (4.7)$$

であるときに経済的であるとする方法である。この式の左辺は、取替に関連する現在ならびに将来の資本費用（売却価格は負の費用と考える）の現価を、新設備の経済年数期間中に回収するために必要な年金を表わしており、右辺は新設備の旧設備に対する相対的な年間操業利益を表わす。したがって、この式は取替投資に関する純投資の年当り回収額が年間相対利益より小さいとき取替えが経済的であると考えられる。しかし、このような年間相対利益は新設備の全使用年数にわたって得られるものでなく、現有設備の予想寿命の間でのみ存在するものである。

このような考えによると、現有設備と新設備とについて費用を比較する期間を揃えなければならなくなり、上記の場合では  $p$  年で現有設備の経済年数は尽きるわけであるから、 $p$  年にそろえなければならないことになる。したがって、判定基準は次のようになる。

$$\left\{ c_b - c_a - \frac{c_{b,p}}{(1+i)^p} \right\} \frac{i(1+i)^p}{(1+i)^p - 1} < R_b - R_a \quad (4.8)$$

ところが、式(4.8)は現有設備の経済年数の尽きるところで（新設備の経済年数はもっと長いと仮定されている。 $p < q$ ）そろえたのであるが、ここでもういちど経済年数について考えなおす必要が出てくる。

もし、何らかの判定基準で直ちに取替えることが経済的であるという判定が行なわれたとすると、その経済計算の方式に含まれたデータとしての現有設備の経済年数(上記の場合は  $p$  年)は誤りであったということになる。正しい経済計算の方式があると仮定し、それによって判定された結果、古い設備を新しいものと取替えることになった場合には、まさしく現時点が古い設備の経済寿命ということになる。そうすると、その判定方式の中に現有設備の経済寿命を含むということが矛盾を含むということになる。現有設備を取替えるかどうかの判定は、別の面からみると現有設備の経済寿命を求めようとしているのである。人は誰でも一生つれ添うつもりで結婚し

ながら、現実には途中で利害得失を計算の上で経済寿命がきたと判定するケースのあるのは、これは予測の誤りによるのであろうが、(この場合、取替費用は非常に高価である) 上式の場合にはそれ自体に矛盾を含むわけである。

以上のような欠点を修正すると、次のように考えなければならない。

$$\left\{ c_b - c_a - \frac{c_{b,q}}{(1+i)^q} \right\} \frac{i(1+i)^q}{(1+i)^q - 1} < (R_b - R_a) + R_a \left\{ \frac{1}{(1+i)^{p+1}} + \frac{1}{(1+i)^{p+2}} + \dots + \frac{1}{(1+i)^q} \right\} \frac{i(1+i)^q}{(1+i)^q - 1} \quad (4.9)$$

(4.9) 式では、 $c_b$  は新設備に必要な金額、 $c_a$  は古い設備の売却価額でそれだけ資金が節約できるので差引き、さらに新設備の経済寿命後の残存価値の現価を差引き、その差額の年間平均を求めたのが左辺で、これが右辺で計算される年間節約額よりも小さくなくてはならないのである。右辺においては、もし新旧両設備について、旧設備をもし、いま取替えなければ使いつづけるであろう年数の間は新設備に年々  $R_b - R_a$  の相対利益があると考え、それ以後  $q$  年に至るまでは  $R_b$  だけの絶対利益が得られるものと考えて算定してある。

しかし、この方式も多少歯ぎれの悪いところがある。この点については次月号以後において、新MAPI法とよばれる方法との関係でもっともすっきりした形で取り扱う予定である。

今回は、伝統的なエンジニアリング・エコノミーにおける考え方をひと通り説明する予定であったが、若干、勝手な饒舌がすぎて、その一部しか説明できなかった。なるべく、わかり易く、興味深くしたいという作為が働いて脱線しがちだが、何とか目的地に到達したいと考えている。

来月号では、資本利益率法や現価法とよばれる方法について説明し、ついでMAPI法の説明にはいる予定である。