

砂防事業に関する費用便益分析について

黒川興及*

1. B/Cと費用便益分析

B/C（ビーバイシー）という表現は誰でも耳にするかと思いますが。Bは便益でCは費用です（本来はそれぞれの前に“社会的”という言葉がつくのですが、それについては後で説明します）。砂防事業について言えば、砂防事業を実施することの便益と、それに必要な費用（事業費）です。便益を費用で割るのですから、この値が1以上であれば、生み出される便益が、投資する費用より高いということになり、その事業を実施するに値すると言えます。

また、B/Cを費用対効果という表現で聞くことが多いかと思いますが、これは橋本前総理が使って広まったようです。BとCを求めてその事業を評価する指標はB/Cだけではなく、その他の指標も含めて（これについても後で述べます）、本来は費用便益分析と表現すべきです。ただし、貨幣化できるもの以外の効果を含めて行う場合は「費用対効果分析」と言います。ここでは、貨幣化できる効果についてのみ議論するため、費用便益分析という言葉を用います。

いずれにしてもなぜB/Cかということは、本冊子の読者はほとんど砂防事業という公共事業に関係されている方々であり、その事情、背景はよくご存じかと思いますが、これについての詳しい説明は参考文献1)、2)に委ねることにいたします。

そこで、公共事業の各事業の効果を費用便益(B/C)で評価する必要性は認識したとしても、砂防事業に関係している者として、やはり以下の点について疑問があり、費用便益を算定するのに抵抗を感じる方も多いと思います。

すなわち、

- ① 防災事業で、特に人命を守る砂防事業において、もし $B/C < 1$ となったら、事業ができないとい

うことか？

- ② 都市部と非都市部では、保全する資産がまったく異なり、当然B/Cも非都市部では小さくなり、このような場所では砂防事業をやるなどということか？

云々です。

一言で説明すると、経済的効率性から見ると、いずれもそのとおりであると言えます。ただし、①については、「人命をどのように評価するかである」、②については、「効率性が悪くても非都市部への投資が必要という意見は、それは公共性に着目した意見である」ということになります。

以上のような疑問等が明らかになるように、費用便益分析のアウトラインを説明しながら、砂防事業の費用便益分析について以下に述べます。

2. 防災事業の特性

防災事業の宿命ですが、対象とする現象（たとえば、地震、津波、洪水、火山噴火等）が発生した場合に、その対策が効果を現します。土石流、地すべり、がけ崩れ等の土砂災害も同様です。逆に言えば、何もしていなくても、その現象が発生しない限り問題はない（人々の不安感等の問題を除いて）ということなのです。

従いまして、ではその現象がどのような確率、頻度で発生するかを予測することが肝心になります。明日どこで起こるかが分かっていたら、逃げるを含めて何らかの対策をします。そのようなことはほとんどあり得なくて、ある場所で、いつかは分からないがある期間の間で、ある規模で必ず発生するというのが、災害の特徴です。

例えば、河川の洪水は大雨によってもたらされる災害ですが、その発生頻度や規模は、水文統計データの蓄積により、かなり正確に予測されます。大河川では一般に200年に1回程度の規模の洪水（これを「計画洪水」といいます）に対応するように河川

* (財)砂防・地すべり技術センター企画部企画課長

改修が進められていますが、200年に1回なんていう現象は、人の一生では関係ないと思う人が多いと言えるでしょう。しかしながら、長く住んでいる住民にとっては、それほどの大規模な洪水ではなくても、過去の台風等による洪水被害の経験から、あるいは普段は野球場になっている高水敷まで流れる洪水を見て、実感として災害を認識できます。そういうことで、計画洪水を目標に堤防の高上げ等の対策が進められています。当然のことながら、対象とする洪水の規模が大きくなればなるほど、洪水の水位が高くなるので堤防の高上げ等の工事の費用は高くなります。

一方、阪神淡路大震災（1995年）を受けた地方での住民の地震に対する認識は、関東大震災に見舞われた関東地方と、地震を受ける前はだいぶ異なっていたと思われます。あのような大地震は神戸付近では起こらないと思っていた人がほとんどだったでしょう。それに対して、経験した人は極めて少なくなってきたはいますが、関東大震災（1923年）という災害が今から76年前に発生しており、そのような地震の周期がほぼ70年である等の情報を多くの人が知っている南関東に住む人々は、自分の生きている間に同様な地震災害を受けるという懸念は持っているでしょう。

そのような状況で、例えば都市ガスの設備は、東京付近では地震対策がかなり進んでいるのに対して、阪神淡路大震災までの神戸の都市ガスは、それがなされていませんでした。従ってガス漏れによる火災が多く発生したと言われています。この対策を実施した、していなかったは、まさに近い将来に地震を考えているかどうかの問題です。当然地震対策は費用が余計にかかります。

以上のように、防災対策はその発生の可能性（頻度）に応じて、対策を着手します。また対象とする現象の規模によって、対策事業費が当然異なります。それらのことが防災事業の費用便益を行う上で、他の事業と大きく異なる特性を示すこととなります。

3. 土石流対策事業の評価

一口に土砂災害を扱う砂防事業と言っても、大流域における上流域の土砂対策（水系砂防）、土石流危険渓流における土石流対策、地すべり対策、がけ崩れ対策があり、いずれも人家等の資産と人命を保全する目的で実施されています。個々の対策で対象

とする土砂災害はそれぞれの特性を有していますが、ここでは土石流を例にして、費用便益分析を行う上で着目すべき特性について述べます。

我々砂防事業に関係する人間は、土石流対策事業を実施するに当たっては、「土石流危険渓流において計画規模の土石流が発生すると、土石流危険渓流調査において調査された危険区域に土石流が氾濫し、それにより家屋等が被災します」という説明を行っています。ところが、第三者からは次のような質問が、その人の理解度に応じて投げかけられるでしょう。すなわち、

①計画規模とはどの位の頻度で発生するのですか？

また、それ以下の規模の土石流が発生する可能性はどこでもあるのですか？ あるとすれば、それはどの程度の頻度まであるのですか？

②想定されている危険区域内の家屋が、計画規模の土石流ですべて被災するのは本当ですか？ それはどのようにして説明されるのですか？

云々です。

土石流について言えば、近年でも1993年長野県新潟県境の蒲原沢、1995年の鹿児島県出水市の針原川での土石流災害が、一度の土石流としては多くの死者を出したことで記憶に新しいものです。また、去る7月（1999年）の広島県でも多くの土石流が発生し、死者を出しています。しかしながら、被害を受けた方には大変お気の毒ですが、1999年に発生した程度の土石流災害は日本では毎年必ず、どこかで発生していると言っても過言ではありません。

土石流危険渓流における土石流対策事業は、その渓流で土石流が必ず“来年”発生すると分かっているならば、守るべき保全対象の価値より、高くない工事費で土石流が防げるなら、その工事（今年で工事が終了するかはさておいて）は実施されるでしょう。ところが、これが100年後にならないと発生しないということになると、絶対それまでは工事は実施されないでしょう。

では、100年間の間には必ず1回は起こる、ただしいつ発生するかは分からない、ということになると、このような現象を対象として、その対策工事を実施する判断は、本来は非常に難しいところです。これは土石流対策に限らず、防災対策全般に言えることです。これまでの日本のように、事業費が潤沢であれば、民政安定の下、特別の判断なしで工事は実施していました（計画施設すべてではないが）。

ところが、世界の大多数の国々では、人間を守る防災事業でも、経済性から工事が見送られているのが実状で、砂防工事でも、道路、発電所施設等重要なインフラのみが保全されるに過ぎません。国家予算が厳しい状態を迎えている日本においてもこれからは他人事ではありません。

まさに、砂防事業においても、他の公共事業と同様に、費用便益分析を行う必然性はこの点にあります。いわゆる右肩上がりの予算を組んでいた時代は、前年度以上の予算が確保され、当該事業の中での予算配分を伸び率等に配慮して決められたのです。ところが、税収が下降して、高齢化等の社会環境の変化を受けて、予算の規模・配分の見直しが必須の状況を迎え、その事業（それも個々のプロジェクト箇所ごと）の効率性が問われているのです。人命を保全する防災事業でも例外ではありません。

人々が知りたい、土石流の発生とその規模および被害の程度等については被害の想定で述べることにします。

4. 費用便益分析の内容

ここで、本稿の本题に戻り、費用便益分析について述べることにしますが、一般的な費用便益分析の流れは以下のとおりになります。

- ①事業規模の設定（代替案）
- ②事業実施の効果の提示（WithとWithoutの比較）
- ③事業実施期間および評価対象期間
- ④事業実施等のための費用の計上
- ⑤事業の効果による便益の計上
- ⑥費用と便益の分析・比較

以上の個々の項目について、発展途上国に飼料工場を建設するプロジェクトの例で説明し、併せて砂防事業において配慮すべき点について述べます。

なお、発展途上国におけるプロジェクトは、一般に外国からの融資（ローン）を受けて実施されます。従いまして、そのプロジェクトから得られる利益でローンの返済が必要となるため、その収益性を確認するための、費用便益分析が厳密に行われることとなります。

（1）事業規模について

発展途上国で飼料工場を計画した場合、需要より小さい規模の生産能力しかない工場では、本来得られるはずの利益を見逃すこととなります。さりとて、

市場で必要な量以上の生産能力を持つ工場になると、稼働率が悪く無駄な投資となります。

また、当該プロジェクトに対して外国から得られる融資額および自国の資金力等からも工場の規模には制約があります。これらの最適な規模を決定するために費用便益分析が行われます。従って工場の規模等を変えた複数の案（代替案）で費用便益分析を行い、その結果最適な案を採用するのが一般です。

ところが砂防事業では、計画規模がまず一律に定められ、例えば土石流対策では100年超過確率規模の降雨で発生が予想される土石流災害を防止する計画になっています。従って、計画規模を変えた代替案の比較ということは砂防事業では行う必要がありません。

（2）事業実施の効果の提示（WithとWithoutの比較）

費用便益分析はプロジェクトの有無比較が原則であるため、事業を実施する場合の効果と、しない場合と比較して説明することが必要です。飼料工場のように明確な市場があって、製品を生産して販売することによる利潤を生むような事業（プロジェクト）では、事業を実施しない場合（Without）に対して、事業を実施した場合（With）の効果は、比較的明らかであります。しかしその効果の程度は市場調査等の調査を行い、できる限り正確に予測することが必要です。

これに対して2（防災事業の特性）でも述べたとおり、防災事業は、実施した場合の効果に分かりにくく、WithとWithoutの違いを分かりやすく示す必要があります。砂防事業では事業を実施しない場合（Without）の不便益、すなわち土砂災害による被害を想定することになります。この被害の想定を正しく行うことが大切で、この点については後述します。

（3）事業実施期間および評価対象期間

事業実施期間は飼料工場の建設に要する期間であり、評価対象期間は、工場の稼働開始から操業が停止までの期間です。ただし工場では操業停止の時期を決めることはあまりなく、一般には建物・機械等の耐用年数で決めます。砂防事業では砂防ダム等の施設が、コンクリート構造物であるため、その耐用年数を参考にして、その間は効果を発揮するとして、評価対象期間を決めます。

一方、事業実施期間は、砂防事業においてはこれを決定するのが大変困難です。比較的小規模な土石流危険渓流で、砂防ダム1基と流末整備の流路工で整備が完了するような場合は、特別な事情がなければ工事は2、3年で終了するでしょう。しかしながら、水系砂防では流域全体の整備を完了するには長い年月を要します。実際に、建設省直轄で砂防事業を実施している箇所は、下流側に対する治水上の砂防（水系砂防）を実施しているわけですが、それこそ明治時代に着手した所もありますが、計画規模に対してまだまだ整備率は100%になっていません。それらの箇所では、現在の予算ベースでは整備が完了するまでこれからも相当な時間がかかります。

財政事情が厳しい中で、公共事業予算の増加は見込めないわけですから、予算ベースは今よりダウンすることが予想されます（もちろんコスト縮減で事業実施ベースは下降することがないよう各事業では努力していますが）。ところが、この事業費をどういうペースでつけるか（投資速度）は、従来から集中投資の効果が言われているように、本来は非常に重要です。

飼料工場のような場合は、何年かけて工場を建設するかということになります。もちろん需要があるなら、すぐに作って、生産を始めるに越したことはありません。ところが資金繰りの問題があります。潤沢な資金を有するドナー（資金援助国）であれば、一度に必要費用全額を渡せるかもしれませんが、一般に予算には限度があります。またさらに技術的問題として、事業実施（用地取得、整地、建築等）には制約があり、その工期に応じた予算（スケジュール）を組むのが一般です。むしろ、そのスケジュールに対して、自国で調達すべき資金が確保できずに工事が遅れるのが、発展途上の開発事業では普通です。

さて、新規に土石流対策を実施する箇所では、上述のように事業の実施期間を一律に決めることは困難ですが、例えば10年で事業を完成させる等、具体的に設定することになります。ただし、水系砂防では、上述のように完了まで相当の年数が必要で、その場合事業実施期間を設定することが困難です。河川事業も同様な問題を有しており、事業実施期間は設定していません。

（４）事業実施等のための費用の計上

飼料工場では建設費（用地取得費等を含む）が事

業実施期間（工場完成まで）に発生します。また、費用については、それだけでは終わらずに、工場が操業を開始した後は、維持管理費が発生します。それらは評価対象期間全体に及ぶことが普通です。

一方砂防事業も同様に砂防施設の建設等にかかる事業費が費用となります。これらの費用はいずれも年間の事業費として、年費用として計上されます。

（５）事業の効果による便益の計上

工場が完成し操業を開始すると、売上という便益が年々発生します。便益は一般には、原材料の購入、人件費等の経費を差し引いたものとなります。

飼料工場のようなプロジェクトですと、以上のよう便益が目に見える形で出てきます。これに対して前述したとおり、防災事業は事業完成後、毎年目に見える便益が発生することではなく、災害という現象が発生して初めてその効果が見えるものです。従って、年々発生する被害を発生確率を考慮して期待値として求めることを行うことが認められており、建設省の「治水経済調査要綱」においても洪水被害軽減効果として年平均被害軽減期待値を計上しています。土砂災害を扱う砂防事業もそうすることが求められています。以上のように、便益についても年便益として計上されます。

なお、砂防事業における具体的な年便益の算定方法は、被害の想定と併せて後述します。

（６）費用と便益の分析・比較

以上の、年費用、年便益を、工場建設期間、工場稼働期間にわたって時系列的に計上します。

ここで大きな問題は、飼料工場の建設費は集中的にかかるのに対し、売上という便益は、建設後徐々に、しかも長期間にわたって発生します。この便益が長期間にわたって発生する場合、異時点の便益を同一のウェイトで評価できないことは明らかです。なぜなら、将来時点における財は、現在時点の財に比べて低い評価しか受けられないからです。言い換えれば将来財は「割り引いて」評価される必要があります。これは費用についても、砂防事業のように長期間の投資が必要な場合、同様に扱う必要があります。このように便益および費用の割引現在価値を求める場合に割引率が必要となり、現在では一般に4%としています。この割引率を用いて、将来の費用、便益に対して割引現在価値を求めます。

また、河川事業や水系砂防事業では、今後の事業が過去に設置された施設の効果と一体となって効果を発揮するのが一般です。そのため過去の施設の費用を求める必要があります。そこで過去の事業費にデフレーターをかけて、現在価値にする必要があります。このデフレーターについては建設省で建設デフレーターとしてとりまとめられており、それをを用いることになります。

以上のようにして、費用と便益を計上した上で、分析を行うわけですが、評価の基準としては、一般的に①純現在価値（Net Present Value：NPV）、②便益費用比（Benefit Cost Ratio：BCR）、③内部収益率（Internal Rate of Return：IRR）などが主として用いられています。我々が通常B/Cと言っているのは②ですが、各々について以下に説明します。

①純現在価値：NPV

プロジェクトに起因する便益の総現在価値と費用の総現在価値との差

$$BCR = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

t：年，i：割引率，n：評価対象期間

すなわち、純現在価値によって、経済的採算性を見ようとするもので、プロジェクトの採択はNPV ≥ 0となることが条件である。

②便益費用比：BCR

プロジェクトに起因する便益の総現在価値と費用の総現在価値との比をとった式

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

すなわち、単位現在価値費用当たりの現在価値便益の大きさによって経済的採算性を示そうとする。従ってこの値の大きいプロジェクトが経済的に優れているということになる。

③内部収益率：IRR

プロジェクトの収益率を示す指標を「投下した資本をプロジェクトの供給によって生じる便益で逐次返済していくときの返済利率がどの程度ならば収支が見合うのか」と考えたときに、収支の見合う限度の利率が内部収益率となる。通常プロジェクトの純現在価値をゼロにする割引率と定義される。すなわち

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

となるiをもって内部収益率とする。

これらのうち、特定の代替案の採否等については、純現在価値基準が最も適切とされています。それは、便益費用比や内部収益率では純便益の大きさが分からないからです。

しかしながら、一つのプロジェクトを実施するに値するか、しないかの判断においては、便益費用比がBCR ≥ 1であればよいわけであります。従って、現在、公共事業を説明するのに、感覚的にも分かりやすいこともあり、BCRすなわちB/Cを用いるわけです。

一方、飼料工場のような融資を伴うプロジェクトでは③の内部収益率が重視されます。すなわち投資に対して回収される便益が大きければ大きいほど、よいことになるからです。当然ながらIRRは適切な割引率（通常、市場利率が用いられる）より大きいことが求められます。

代替案の比較等にB/Cを選択基準として用いるのが不適切な、別の理由として、費用を負の便益とするか、費用と見るかによってB/C値が変わってしまうこともあげられています。飼料工場の例で説明すると、便益は原材料の購入、人件費等の経費を差し引いたものとしましたが、ここで原材料や人件費を費用として計上すると、B/C値が異なってしまうということです。同一事業ならば考え方を統一すれば済みますが、全く性質の異なるプロジェクトを比較する場合には、客観的に区別するのは困難なことが考えられます。

また、例えば100万円の費用で300万円の便益が発生するAというプロジェクトと、500万円の費用で1000万円の便益が発生するBというプロジェクトを比較してみます。プロジェクトAのB/Cは3となり、Bは2となります。B/CだけでしたらAの方がよいことになります。しかしながら、純現在価値NPVはAは200万円に過ぎないのに、Bは500万円もあります。このことから、B/Cを判断基準にする問題が指摘されます。

(7) 費用便益分析とは

冒頭で費用、便益のいずれにも“社会的”がつく

と申しました。費用便益分析は、正式には社会的費用便益分析と呼ばれています。社会とは、社会を構成しているすべての主体の集まりであり、私たちが支える社会活動全体を指します。

すなわち社会的便益とは公共事業によって創られる施設のもたらす社会構成員にとっての効用の増大であり、社会的費用とは施設を整備し維持管理するために必要な効用の減少、あるいは社会資源の投入を意味します。従って、収入や利潤の増大だけが便益というわけではありません。むしろ便益とは、通常市場では評価されない様々な内容を含むものです（これらについては後述します）。

ただ、ここで“社会的”費用として、我々の感覚と異なる経済学上での説明の例をあげます。砂防事業等公共事業については、雇用対策としての意味合いもあるわけですが、労務賃として支払われるものは、当然事業費の中で見込まれ、費用として計上されます。ところが、失業労働者を雇用する場合には、賃金を費用としてカウントしてはならないとされているのです。この理由は、失業していた労働者は、当該工事に雇用されなければ、何の価値も算出しえないからです。その工事（プロジェクト）実施に伴い、その雇用が何の犠牲も生じていない、すなわち社会的に見ると、その効用の減少（社会的費用）はないということになります。実際の会計的なキャッシュの出入りと違うということです。

話はそれますが、公共事業の景気刺激効果というのは、現在の日本のように失業者が多いときに、上述の説明のとおり、失業者の収入になり、その人たちの消費を促し、景気の向上につながります。このような点は経済政策の領域になりますので、ここで

はこれ以上述べませんが、興味のある方は参考文献5)をお読み下さい。

以上、本稿は経済学的内容について、必要かつ十分正確に記述しているわけではありません。詳細は下記の文献等を参考にさせていただきたいと思えます。本稿をお読みいただいている読者の多くは、これらの費用便益分析に関する文献に一度は目を通されているかと思えます。しかしながら、経済学的な理論すべてを理解することは困難であり、費用便益の必要性の全容が理解できないままとなっていることがあるかと思えます。本稿では私の理解しえた範囲で、費用便益分析のアウトラインを、砂防事業に関連させ、読者の皆様にお伝えします。従って、費用便益分析がご専門の方から見れば稚拙な内容となっていると思われそうですが、その点はご容赦下さい。

今回は、砂防事業が対象とする被害の想定について、また環境の評価等について述べる予定です。

参考文献

- 1) 「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一運用指針(案)」の策定について、建設省、平成10年6月
- 2) 建設省所管公共事業の再評価実施要領及び新規事業採択時評価実施要領について、建設省、平成10年3月
- 3) 野口悠紀雄：公共経済学、日本評論社
- 4) 肥田野登：環境と社会資本の経済評価—ヘドニク・アプローチの理論と実際—、勁草書房
- 5) 小野善康：景気と経済政策、岩波新書576
- 6) 肥田野登：日本の開発政策はかわるか、地域開発1998.6 Vol.405, P1-12