

SDGs・EBPM時代のODAにおける 環境経済評価の役割と課題

——インドネシア・トンダノ流域管理計画調査を事例として——

長谷川 弘

(受付 2019 年 10 月 4 日)

1. は じ め に

水俣病、イタイイタイ病、四日市喘息といった典型 7 公害が日本各地で引き起こされた高度経済成長期においては、環境保全と経済発展はトレードオフの関係にあったが、技術的緩和、法制度整備、環境アセスメント（環境影響評価、EIA）導入など様々な公害対策の結果、少なくとも現在の日本国内での環境と経済の二律背反問題はほぼ解決されるに至っている。しかしながら、地球温暖化・気候変動といった世界規模の環境問題の解決そして持続可能な発展が希求される今日においては、開発途上諸国を中心に再び環境と経済の両立が困難な状況をもたらしている。同様に、国連が提唱する17の持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals, SDGs）を達成するためには、経済面と環境面の関係をはじめ各目標の相互作用関係を十分に考慮する必要があるが、それらが同時達成される保障は必ずしもなく、また、具体的な達成シナリオも十分に提示されていないという問題がある。（一方井2019, p. 3）このような中、環境省が第5次環境基本計画に掲げる「環境・経済・社会の統合的向上」に向けた取り組みは、まさに目標間の有機的連携や相乗的効果の統合性を目指したものである（村山2019）。

さらに昨今では、政策の形成や評価に科学的な根拠が求められる動き（Evidence Based Policy Making, EBPM）にともない、これまで以上に精緻な評価手法が求められるようになってきている。このような状況は、従来から環境資源・機能の価値を経済的評価に統合しようと展開されてきた環境経済評価が、より実務ベースで政策形成での意思決定に活用されることを期待させる。（朝日2019, p. 73～75）環境といった外部経済効果の貨幣単位換算や費用便益分析（Cost Benefit Analysis, CBA）を実施することでエビデンスが示され、総合的・包括的な評価が可視化されるであろう。

本稿では、国際協力事業団（現国際協力機構、JICA）がインドネシアで実施した「トンダノ（Tondano）流域管理計画調査」で筆者が担当した環境経済評価を、EBPMやCBAの実務事例としてとりあげる。評価の考え方、計算モデル、必要データなどが含まれており、構

築すべき評価フレームワークや収集すべき情報・データのイメージを把握する一助となろう。また、そこでの課題を分析・整理し、今後同様な経済評価を実施する際の提言を行った。

2. JICA の ODA 活動における環境経済評価

SDGs や環境に好ましくない政府開発援助（ODA）活動を生じさせてしまう一つの理由は、受け入れ国や援助機関の環境配慮への取り組みが開発事業主体や事業評価機関に十分浸透していないため、乱開発や公害の防止に有効な EIA が実施されにくいという状況がある。そして、たとえ EIA が行われたとしても、定性的な EIA 結果を客観的・定量的な価値評価指標・基準で統一する総合的評価は困難とされてきた。このような中、市場で取扱われない環境財・サービスなどの外部（不）経済効果を定量的に表す手段の一つとして経済評価があげられる。

JICA はインフラ整備事業など、15 の分野を対象とする「開発調査における経済評価手法研究」報告書を2002年3月にとりまとめた。この報告書は JICA のプロジェクト評価における経済評価の一つの指針として活用される一方、同報告書の次のような記述にあるように、貨幣価値化が困難である費用・便益項目についても定量化に向けて努力すべきことが指摘されている（下線は筆者）。

- ・「貨幣価値で計測が難しい事業の便益としては、いわゆる波及効果としての間接便益が挙げられる。例えば、地域振興効果、環境汚染物質の削減、医療費などがこれにあたる。これらの便益はその計測が難しいばかりでなく、どこまでを当該プロジェクトによる効果とみなすかの相関関係の見極めが困難である。しかしながら、これらいわゆる間接便益は、プロジェクトの公共性の観点から重要であるため、昨今では、国際機関などで経済評価に取り入れようとする努力もされている。」（共通編，p. 20～21）
- ・「今回扱った15セクターの開発調査で提案されるさまざまな施設整備などの代替案について、環境への影響という視点からの評価は避けて通れないであろう。特定の環境汚染物質については、プロジェクトの実施による総排出量の削減の推定は可能であろうが、その排出削減量が環境（水質、土壌、大気）改善に与える効果についての貨幣化には困難が伴う。」（共通編，p. 32）

さらに JICA においては、従来から開発調査の環境配慮や EIA の指針とされてきた「環境配慮ガイドライン」（1992年）の枠組みを見直し、戦略的環境アセスメント（Strategic Environmental Assessment, SEA）や住民参加を強調した新しい「JICA 環境社会配慮ガイドライン」が2004年4月から導入され、現在は2010年4月の改訂版が用いられている。この中でも環境の経済評価を求める次のような記述がなされている（下線は筆者）。

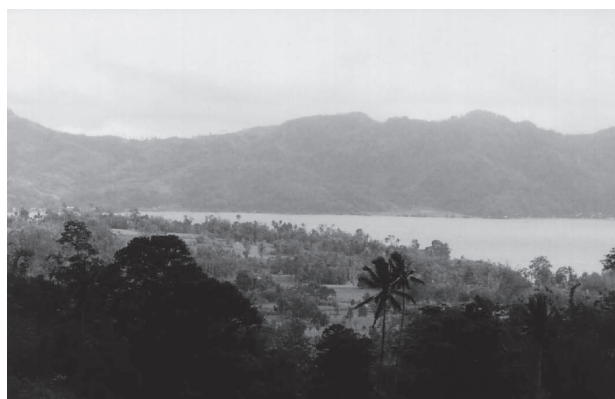
- ・「持続可能な開発を実現するためには、開発に伴うさまざまな環境費用と社会費用を開

「発費用に内部化することと、内部化を可能とする社会と制度の枠組みが不可欠である。」
(p. 1, I. 基本事項, 1.1 理念)

- ・「環境社会関連の費用・便益のできるだけ定量的な評価に努めるとともに、定性的な評価も加えた形で、プロジェクトの経済的、財政的、制度的、社会的および技術的分析との密接な調和が図られなければならない。」(p. 18, 別紙I対象プロジェクトに求められる環境社会配慮, 基本的事項 2.)
- ・「それぞれの代替案について、環境影響を可能な範囲で定量化し、可能な場合は経済評価を付す。」(p. 23, 別紙2カテゴリAに必要な環境アセスメント報告書, 代替案の分析)

3. トンダノ流域管理計画調査の背景と経緯

およそ34万人(2000年時)が居住するトンダノ流域(54,755 ha, 別紙1参照)は、トンダノ湖(4,638 ha)までの上流域とトンダノ湖から河口までの下流域の2流域に分かれる。上流域には、パナセン川やサルワンコ川などがあり、トンダノ湖の供給源であるとともに、周辺水田への灌漑水供給や近辺村落の生活用水源としての役割を担っている。トンダノ湖は、その貯留機能からマナド市やトンダノ市への上水供給、洪水の一時貯留、内水面漁業など多面的な公益的機能を有し、北スラウェシ州の地域経済発展に大きく寄与している。一方、下流域には、トンダノ湖に源を発したトンダノ川があり、数ヶ所の発電所が建設され、州都マナドほか北スラウェシ州北部の主要都市への電力供給源になっている(長谷川2005, p. 4-69)。



トンダノ湖周辺(筆者撮影, 2000年)



土壌侵食の状況

トンダノ流域は、このように地域経済の持続・発展に必要不可欠なものであるが、その急峻な地形(標高海拔0~1,990 m, 流域の約1/4が25%以上の傾斜地)、激しい降雨量(年平均

均降雨量：低地部 2,738 mm，トンダノ湖周辺 1,442～2,364 mm）などの自然条件に加え（JICA 2001, p. 3），不適切な土地利用（表 1 参照），未熟な営農技術などによる土壌侵食が懸念され，健全な機能維持が危惧されている。特にトンダノ湖への土砂堆積が進み，利用可能水量の減少，洪水流量の増加，自然生態系の劣化，土壌肥沃度の低下，水質汚濁などの環境的・社会的危機にさらされ，適切な流域管理対策を早急に講じることが強く求められていた。

表 1 土地利用区分の面積

土地利用区分	面積 (ha)	割合 (%)	土地利用区分	面積 (ha)	割合 (%)
自然林／準自然林	3,745	6.8	牧草地	82	0.2
二次林	1,238	2.3	水田	5,960	10.9
造林地	71	0.1	湿地	267	0.5
農園	22,267	40.6	水面	4,684	8.6
農園・畑地混在	8,067	14.7	居住地その他	2,812	5.1
畑地	5,562	10.2	合 計	54,755	100.0

出典：JICA（2001）「インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書」p. 4

このような背景のもと，インドネシア政府からの計画策定に係る技術協力要請（1997年10月）に応え，1999年9月の事前調査を経て，2000～2001年にかけて当該の本格調査が実施された。

4. トンダノ流域管理計画調査の目的と概要

調査の目的は，a) トンダノ流域の既存土地利用計画などを見直し，自然荒廃を回避する新たな流域管理計画づくりに向けたマスタープラン調査（M/P）を実施すること，そしてb) この調査で選定された対策重点地区の環境保全機能を改善するために，積極的な住民参加による流域保全対策に関わるフィージビリティ調査（F/S）を実施すること，さらにc) 現地調査期間内にインドネシア側カウンターパートに技術移転を行うことであった。（長谷川2005, p. 4-70）

調査団は，流域の水文的功能を高め環境悪化を防止するために，包括的な手段が必要であると考え，M/Pの基本理念を「持続可能な土地利用による流域保全」と定めた。この基本理念のもと，適切な計画策定には「住民指導」，「技術的妥当性」，「経済的妥当性」，「多部門連携」および「環境配慮」の5つの要素を考慮した（JICA 2001, p. 9）。



トンダノでのアグロフォレストリー（調査団撮影，2000年）

M/P および F/S を経て策定されたトンダノ流域管理計画には、これらの複数要素を有機的・総合的に組み合わせ、森林保全事業、農業・アグロフォレストリー改善事業、侵食防止工整備事業、村落コミュニティ制度強化事業、モニタリング・評価システム開発事業といったハード・ソフト両面の対策が盛り込まれた。

5. 環境的費用・便益を含む経済評価

提案された流域管理計画の実施可能性・妥当性を様々な観点から査定する事業（プロジェクト）評価手続きとして、技術的評価は必要な対策を策定する段階で行われ、環境配慮のためのEIAも調査終了前に進められた。その他、財務面および組織・制度面についてもそれぞれ評価されたが、ここでは当該環境保全型計画の社会経済的效果・妥当性を分析すべく、計画実施に要する社会的事業費（環境対策経費も含む）とEIA結果を踏まえた環境的便益を比較した経済評価（JICA 2001, p. III-112～115）について概述する。

5-1. 経済評価手法としての費用便益分析の概念的枠組み

土木的対策、資機材、維持管理などにかかる直接費用に加え、トンダノ流域内森林資源・環境的機能の改善による便益や回避費用を含むことで流域管理計画を対象とする経済分析・評価を行った。このような環境・資源経済学の研究成果を踏まえた実務的分析は、社会経済的視点から本計画の効果や実施妥当性を評価することを目的とした。

この経済評価にあたっては、国際的標準手法である「費用便益分析」（CBA）を適用した。さらに、トンダノ流域生態系の有する経済的および環境的価値から、そこでの最適な環境保

全施策代替案を検討する手法としても費用便益分析が役立つ。当分析手法の一般的枠組みは以下の式で表現される。

$$NPV = Bd + Be - Cd - Cp - Ce$$

ただし、すべての項目は割引係数を用いた現在価値として算定され、

NPV：計画・事業実施による純便益（純現在価値）

Bd：直接的にもたらされる有形の産出便益（内部経済効果）

Be：環境価値などの無形便益（外部経済効果）

Cd：計画・事業実施に必要な直接的費用（内部不経済効果）

Cp：環境保全などに要する対策費用（内部不経済効果）

Ce：環境保全対策実施にもかかわらず生ずる環境的損失費用（外部不経済効果）

従来の生産開発型およびインフラ案件では、「外部経済効果」の Be および「外部不経済効果」である Ce を除外することが一般的であった。両項目は、通常、貨幣単位で計量不能なものとして取扱われてきたためである。

本計画のもたらす「Bd」の多くは「Be」に該当し、「Cd」は「Cp」とみなすことができる。これは、事業の主目的が流域の環境的機能の保全および持続可能な土地利用による環境質の改善にあるためであり、同様の理由で本計画の実施による「Ce」の発生はほとんどない。よって、本計画の費用便益分析式は次のように簡略化できる。

$$NPV = Be - Cp$$

従って、本計画の「Be」が従来のように貨幣価値化されないままであれば、費用便益分析そのものが成立しない。このような本計画のもたらす便益の特性から、JICA 調査団は「Be」の算定が必須と思考した。そして、より正確な経済評価を実施するため、以下のポイントを十分勘案しつつ、農林業資源、土壌侵食防止、環境浄化など、流域の持つ重要な環境資源・機能について可能な限り評価することで CBA を実現した。

- 単なる名目的市場価格でなく、社会的費用および社会的便益の使用
- 経済評価指標・基準として経済的内部収益率（EIRR）または便益費用比率（B/C）の採用
- 適切な割引率の設定
- 適切な評価対象期間の設定
- 事業実施/事業非実施（With-project/without-project）の比較

表2 トンダノ流域管理計画の総事業費

(単位：百万 Rp. ※)

費用項目	外貨（援助）	内貨（自国調達）	計
1 流域保全対策			
1.1 森林保全計画	425	9,284	9,710
1.2 農業およびアグロフォレストリー改良計画	1,990	2,604	4,594
1.3 侵食防止工整備計画	4,962	2,980	7,942
2 制度開発	9,762	2,101	11,863
3 コミュニティエンパワメント	8,503	1,248	9,752
4 モニタリング・評価開発計画			
4.1 技術的項目	985	1,992	2,977
4.2 社会経済的項目	773	110	883
5 事務所運営費	685	508	1,193
6 工事数量予備費	383	213	597
7 物価上昇予備費	2,510	24,642	27,152
合 計	30,978	45,683	76,661

注：※ Rp. はインドネシア現地貨幣のルピア

出典：JICA（2001）「インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書」p. 28

5-2. 事業費の積算

本計画の事業費用の多くは環境保全対策や土地改良施策に関わるハード・ソフト両面の経費であるが、すべて市場価格を持つ内部経済に含まれる財・サービスであるため算定は十分可能であった。現在価値化前の総事業費（財務費用）は、表2にあるように2000年時価で約767億ルピア（Rp. 80／円の為替レートで約8億円）であった。

5-3. 環境的便益の貨幣価値化手法

本調査における主な保全対象はトンダノ流域の有する環境的機能であるが、ここで貨幣価値化手法を適用する目的は本計画実施のもたらす便益の定量的評価であり、流域の有するこのような環境的価値のすべてを定量化することではない。EIAの結果などを踏まえ本計画実施による便益を、大きく以下の8項目に分類した。

- | | |
|--------------------|----------------------|
| (1) 増加した水資源 | (5) 保全された景観および保健休養機能 |
| (2) 保全された水質 | (6) 改善された森林資源 |
| (3) 強化された侵食・洪水防止機能 | (7) 保全された漁業資源 |
| (4) 保全された大気質 | (8) 改善された農業資源 |

これらの自然資源価値および環境的便益を貨幣価値化するための評価手法を具体的に検討

するため、これまで環境・資源経済学の分野で考案された評価手法と代表的評価対象効果を、表3に整理した。各手法での環境への支払意志額（WTP）の示され方、あるいは用いられるデータの客観性・主観性の程度により、それぞれ大きく二つ（顕示選好法と表明選考法、あるいはOVA: Objective Valuation Approaches とSVA: Subjective Valuation Approaches）にグループ化できる。

表3 環境的効果の経済評価手法

大分類	評 価 手 法	代表的評価対象効果
顕示選好法	(1) 客観的評価アプローチ (OVA)	
	1) 生産高変化法	生産高
	2) 所得損失法 ・医療費用法 ・人的資本法	健康（罹患） 健康（死亡）
	3) 取替原価法（移転費用法）	資本的資産，自然資源資産
	(2) 主観的評価アプローチ (SVA)	
	1) 防止支出法（対策支出法）	健康，生産高，資本的資産，自然資源資産
	2) ヘドニック法 ・不動産価値法 ・労賃差異法	環境質，生産高 健康
表明選好法	3) 旅行費用法（TCM）	自然資源資産，観光資源
	4) 仮想的評価法（CVM）	景観・存在価値など，すべての効果
	5) コンジョイント分析	景観・存在価値など，すべての効果

出典：Economic Analysis of Environmental Impacts (ADB/WB, 1994) などにに基づき作成

5-4. トンダノ流域管理計画の便益に適用する経済評価フレーム

貨幣価値化手法の特定は評価対象に大きく左右される。例えば、世界銀行などが作成した評価手法選択フロー（環境経済評価研究会1998, p. 39）を参考に、環境的影響項目ごとの生産面での測定可能変化の有無、環境質変化への効果などから最適手法を抽出できるのである。このフロー図および貨幣価値化に要するデータの有無を勘案し、本管理計画で提言された諸事業がもたらす上記8種類の環境的便益の算定に適する手法をそれぞれ選定した。

そして、環境項目別に選定した手法ごとの評価方針や考え方に沿って、算定フレームやモデル式を構築することにより、トンダノ流域内で計画を実施した場合の森林資源・環境的機能の改善による便益や回避費用を試算している。EIA 結果などをもとに選定された8種類の環境・資源項目と、それぞれに適用された環境経済評価手法や算定フレーム・モデル式は、次の通りであった。

(1) 増加した水資源（取替原価法，生産高変化法）

増加水資源による年間便益

$$= (\text{植生増による開発流量})$$

$$\times [(\text{開発流量当り灌漑ダム減価償却費}) + (\text{開発流量当り灌漑ダム維持管理費})]$$

$$= g \times (k+1)$$

ただし， $g = (\text{河川・湖の流況維持に資する年間流量}) \div (\text{年間秒数})$

$$= f / (365 \times 24 \times 60 \times 60)$$

$$f = (\text{年間涵養地下水量}) \times (\text{地下から河川への流出率}) = d \times e$$

$$d = (\text{植林による浸透増加率}) \times (\text{植林面積}) \times (\text{年間降水量})$$

$$k = (\text{開発流量当り開発ダム建設費}) \times (\text{市場利子率}) \times (\text{減価償却変換係数})$$

$$l = (\text{開発流量当り灌漑ダム減価償却費}) \times 0.1 = k \times 0.1$$

(注) データ不足のため，「生産高変化法」での便益算定には至らなかった。

(2) 保全された水質（取替原価法，防止支出法，所得損失法）

水質保全による年間便益

$$= (\text{土壌侵食防止対策による湖水汚濁物質削減量：kg/日})$$

$$\times (\text{汚濁物質当り処理費用：Rp/kg})$$

$$= c \times d \times 365 \text{ 日}$$

ただし， $c = (\text{土壌侵食防止策無しでの日平均汚濁物質流入量：kg/日})$

$$- (\text{土壌侵食防止策有りでの日平均汚濁物質流入量：kg/日})$$

(注 1) 水質汚濁物質としては，既存データの有無により，浮遊物質（SS）のみであった。

(注 2) データ不足のため，「防止支出法」と「所得損失法」による便益算定には至らなかった。

(3) 強化された侵食・洪水防止機能（防止支出法，取替原価法，生産高変化法）

侵食・洪水防止機能強化による年間便益

$$= (\text{年間流失土砂削減量}) \times (\text{流出土砂量当りチェックダム建設費})$$

$$= u \times y$$

ただし， $u = (\text{土壌侵食防止策適用面積}) \times (\text{侵食防止された平均土壌深})$

$$y = (\text{チェックダムのコンクリート体積当り流失防止土砂量})$$

$$\times (\text{コンクリート体積当りチェックダム建設費})$$

(注 1) 「取替原価法」および「生産高変化法」での便益計算も可能であるが，算定額は小さい。

(注 2) 重複計算になるため，これらの計算結果は含まず。

(4) 保全された大気質（取替原価法，所得損失法）

大気質保全による年間便益

$$= (\text{酸素量当り市場価格}) \times (\text{植林による酸素純排出量}) \\ + (\text{二酸化炭素量当り削減費用}) \times (\text{植林による二酸化炭素純固定量}) \\ = c \times i + k \times m$$

ただし， i = (光合成での放出酸素対生産セルロースの分子量比)

\times (植林面積当り生産セルロース重量) \times (植林面積)

m = (光合成での吸収二酸化炭素対生産セルロースの分子量比)

\times (植林面積当り生産セルロース重量) \times (植林面積)

(注 1) 酸素は供給過剰による過大評価の可能性あり。

(注 2) データ不足のため，「所得損失法」での便益算定には至らなかった。

(5) 保全された景観および保健休養機能

・ 地域住民の利用価値および非利用価値 \Rightarrow 仮想的評価法 (CVM)

・ 旅行者の利用価値 \Rightarrow 旅行費用法 (TCM)

・ 観光セクターへの便益 \Rightarrow 生産高変化法

(注 1) データ未整備および調査期間不足のため，いずれの手法でも便益算定には至らなかった。

(注 2) 必要データに基づき算定できた場合でも，事業無しと事業有りの景観・保健休養機能上の差が顕著でないため，便益は非常に小さいと推測される。

(6) 改善された森林資源（生産高変化法）

増加森林資源による年間便益

$$= (\text{植林面積}) \times (\text{商業伐採率}) \times (\text{林産品価格}) \times (\text{植林面積当り樹木量}) \\ = a \times c \times d \times e$$

ただし， c = $1/(\text{植林木の商業的生育期間})$

(注) 上記計算式により，植林樹種別および林産品別に便益を算定し合計。

(7) 保全された漁業資源（生産高変化法）

増加漁業資源による年間便益

$$= (\text{水産物価格}) \times (\text{湖漁獲量}) \times (\text{プロジェクト無しの場合の漁獲減少率}) \\ = a \times b \times f$$

ただし， f = (プロジェクト無しの場合の被害水域率)

$$\times [(\text{プロジェクト無しの浮遊物質量}) - \text{プロジェクト有りの浮遊物質量}] \\ \div (\text{プロジェクト無しの浮遊物質量})$$

(注 1) 上記計算式により，水産品別に便益を算定し合計。

(注 2) 事業と淡水漁業との因果関係の不明確さ、また右辺の「プロジェクト無しの場合の被害水域率」に関する基礎データがないため、便益算定には至らなかった。

(8) 改善された農業資源（生産高変化法）

増加農業資源による年間便益

$$= (\text{アグロフォレストリー適用面積}) \\ \times [(\text{プロジェクト有りの面積当たり利益}) - (\text{プロジェクト無しの面積当たり利益})] \\ = a \times (b - c)$$

$$\text{ただし、} b = (\text{プロジェクト有りの面積当たり生産量}) \times (\text{農産品価格}) \\ - (\text{プロジェクト有りの面積当たり生産費}) \\ c = (\text{プロジェクト無しの面積当たり生産量}) \times (\text{農産品価格}) \\ - (\text{プロジェクト無しの面積当たり生産費})$$

(注 1) 上記計算式により、農産品別に純収益を算定し合計。

(注 2) これをアグロフォレストリー導入による土壌保全効果の便益とみなす。

5-5. 便益計算および費用便益分析の結果

便益計算および CBA の基本理論や算定フレームに従い、本計画のもたらす便益（ほとんどが Be）を貨幣単位で算定した。表 4 に各環境的便益に適用した評価手法と、それによる算定結果を整理した。（紙面に限りがあるため、表中の「(3) 強化された侵食・洪水防止機能」のみの詳細な年間便益算定フレーム、モデル式、計算プロセスなどを最後の別紙 2 に示す。）

これら経済便益（Be）とともに表 2 の計画実施にかかる対策費用（Cp）を用いた CBA の実施にあたっては、以下の条件または仮定を設定した。

- 1) 分析対象期間を計画開始から60年間とする。経済便益は目標年次（14年次）以降も長期的に生ずるものの、第2世代以降は割引計算により分析結果を左右するほどの効果がない。
- 2) 目標年次での保全レベルが維持されるよう、対象期間を通じ何らかの維持管理費用が発生する。
- 3) 環境的便益は計画実施の2年次から目標年次まで線型に増加発生し、それ以後の対象期間中は目標年次レベルで生ずるものとする。
- 4) すべての費用・便益額は2000年時価で示し、外貨交換レートは2000年平均の Rp. 9,100/ US\$ とする。
- 5) 市場価格による財務費用は、標準変換率（SCF=0.995）を用い経済費用に変換する。
- 6) 非熟練労働者費用は次の計算による労働変換率（LCF）を用い経済費用に変換する。

$$LCF = SCF \times (1 - \text{失業率}) = 0.995 \times (1 - 0.2) = 0.796$$

表 4 計画実施による年間経済便益

便益項目	実際の適用評価手法	14年次での年間便益 (百万 Rp. : 2000年時価)	比率 (%)
(1) 増加した水資源	取替原価法	1.0	0.0
(2) 保全された水質	取替原価法	極少	—
(3) 強化された侵食・洪水防止機能	(a) 取替原価法	1.3	—
	(b) 生産高変化法	1.9	—
	(c) 防止支出法	*426.2	9.5
(4) 保全された大気質	取替原価法	10.4	0.2
(5) 保全された景観および保健休養機能	仮想的評価法, 旅行費用法, または生産高変化法	極少	—
(6) 改善された森林資源	生産高変化法	23.5	0.5
(7) 保全された漁業資源	生産高変化法	測定不能	—
(8) 改善された農業資源	生産高変化法	4,025.2	89.7
合 計		4,486.3	100.0

注：* 項目 (3) では、手法 (a) および (b) による重複計算を避けるよう、手法 (c) による算定結果のみを計上している。

出典：JICA (2001) 「インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書」 p. 28 および p. III-114

対策ごとの各事業年次の費用と便益を比較した結果、表 5 にある EIRR と B/C (割引率は現地市場利子率 12%) は、それぞれ 4.5% (図 1 参照) および 0.39 と算定された。

本計画の社会経済的妥当性を評価するには EIRR と「社会的時間選好率」(social rate of time preference) の比較考量が必要であるが、同率の計算は一般に困難である。そのため、多くの援助機関はその近似値として以下のような「資本の機会費用」を用い援助案件の社会経済的妥当性を評価している。

12% (世界銀行) 10% (アジア開発銀行)
8% (米国国際開発庁) 7% (国際協力銀行)

これらの値と比較するとともに次の事項を勘案した場合、本計画の実施は経済的にも事業対象地域の社会的視点からも受け入れられると判断された。

- 1) 社会的時間選好率は、理論上、資本の機会費用よりも低くなる。
- 2) 本計画がもたらすと考えられる漁業、学術教育、生態系への付加価値や非利用価値が十分測定できず、CBA に便益として反映されていない。
- 3) 環境的便益の多くが第 2～3 世代以降にもたらされるため、より現在に近い視点 (高い割引率) から行われる経済評価は、農林業・環境保全型事業に不利となる。(長谷川 1997, p. 411)

- 4) 日本国内での農林業を含む公共事業のCBAでは通常、社会的割引率として4%を適用している。(国土交通省2009, p. 5, 農林水産省2008, p. 9, 2019, p. 1)

表5 費用便益分析の評価指標・基準

評価指標	評価基準
純現在価値 (Net Present Value, NPV)	= 便益 (B) の現在価値 - 費用 (C) の現在価値 > 0 ⇒ 良好な事業 < 0 ⇒ 不良な事業
便益費用比率 (Benefit-Cost Ratio, B/C)	= B の現在価値 ÷ C の現在価値 > 1 ⇒ 良好な事業 < 1 ⇒ 不良な事業
経済的内部収益率 (Economic Internal Rate of Return, EIRR)	= (B - C = 0) とする割引率 > (社会的時間選好率) ⇒ 良好な事業 < (社会的時間選好率) ⇒ 不良な事業

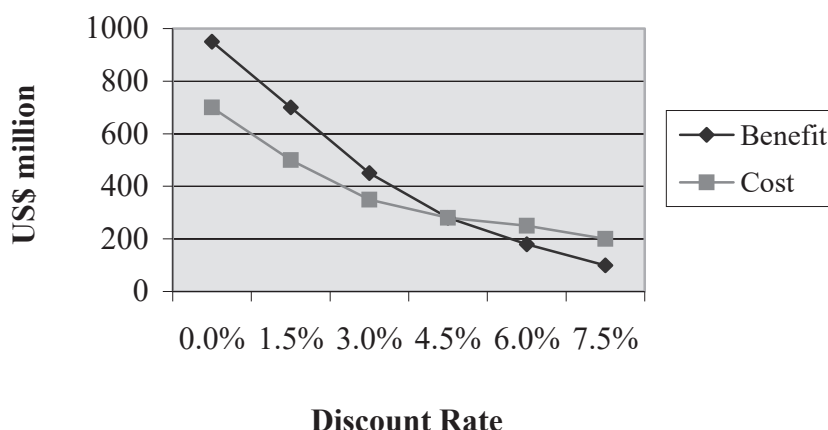


図1 割引率 (discount rate) ごとの便益 (benefit) と費用 (cost) の動向

6. 事業（プロジェクト）評価の結論

本計画は、技術面、社会経済面、財務面、制度面、環境面などの総合的観点から評価し、妥当と判断された。技術面においては現地地で調達しうる資材を用いての簡易な構造物を採用し、州レベルで充分に対応できるものである。財務面では、財務的内部収益率（FIRR）が7.9%と算定されたが、本計画が金銭的收益を生み出さない流域保全策であり、公的な非営利機関が実施するものであることから、財務的にも妥当と判断された。制度面においては、本計画の実施により、組織間調整の円滑化、林業関連部局と連携した住民参加の促進、普及活動の質的・量的改善、将来に向けた流域管理の展開、意識変革、および地元関心度の高揚に

大きく寄与することが確認された。

そして、経済面においては、EIRR が4.5%と算定されたが、本計画が貢献すると考えられる漁業、学術教育などへの付加価値や、自然生態系保全・管理による非利用価値が便益として反映されていないことなどを勘案し、地域社会にとっても妥当であると判断された。

7. 課題と提言

本計画の経済費用・便益を左右する将来の不測事態を想定し、それらが生じた場合の社会経済的健全性を評価するため感度分析を行った。以下の3ケースの悪影響を仮定しEIRRの変化を検討した結果を表6に示す。

- 1) 適用価格、予備費などが上昇し、本計画の経済費用総額が10%増加した場合
- 2) 期待した便益が全体で10%減少した場合
- 3) 上記の両ケースが同時に生じた場合

表6 感度分析結果

ケース	原 値	1) 10%費用増	2) 10%便益減	3) =1)+2)
EIRR (%)	4.5	3.9	3.9	3.3

出典：JICA (2001)「インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書」p. 28 および p. III-115

当該事業計画の実施は妥当であると総合的に判断された。しかしながら、この感度分析では、EIRR が3.3～3.9%に減少し、国際的な開発援助機関が採用している7～12%の「資本の機会費用」ばかりか日本国内の公共事業に適用されている社会的割引率4%からみても、同計画の社会経済的妥当性は客観的あるいはEBPMの考えからは十分確保できたとは言いがたい。より明確な妥当性を証明するためには、以下の点に留意すべきであった。

- ・理論上、資本の機会費用よりも低くなる同地域の「社会的時間選好率」を何らかの方法で割り出し、EIRR との比較基準とする。
- ・EIA に際し、同計画の漁業への影響や因果関係を詳細に調査し、漁業資源が保全されることによる便益計算の基礎データを整備する。
- ・計画がもたらすとされた学術教育面への付加価値、また自然生態系の非利用価値の算定に努力する。

これらの課題や留意点についてODA の場で、より実務的・具体的に対応するため以下のような方向性や考え方を提言したい。

7-1. 環境分野と社会経済分野の適切な連携

環境を対象とする経済評価においては、環境科学と経済学の両分野に精通した人材が望まれる。そのような学際的学問としては「環境経済学」、「エコロジー経済学」あるいは「資源経済学」といった比較的新しい分野が登場し、ある程度の若手研究者が育っているが、開発調査のようなコンサルティング・センスと豊かな経験が求められる実務レベルの専門家は限られている。そのため、次善策として、従来の調査構成団員であるEIA・環境配慮を主務とする環境専門家、および経済・財務評価や社会調査を担当する社会経済専門家が、協力して環境経済評価を実施するという方向性が現実的であろう。

もちろん、環境社会面の状況が十分把握されていない初期調査段階から環境経済評価を行うには限界があり、EIAの実施に伴い明らかになってくる環境的インパクトなどの精査された情報が不可欠である。その点でも環境専門家と社会経済専門家との密な情報・データ交換は重要であるが、これらが当初より計画的に進められなかったりボタンの掛け違いが生じたりした場合、無駄な後戻りや調査期間内に重要な環境項目について経済評価が終わらないといった最悪のケースもありうる。

これまでの研究や調査においても、基礎とすべき定量的環境データが入手できなかったり、事業と環境影響の因果関係についての調査が不十分であったりしたため、包括的な経済評価結果を左右しそうな環境項目の貨幣価値化ができなかったケースは多い。逆に、環境面のデータは十分であったが、それらを貨幣価値額に加工するための社会経済関係資料の収集がなされていないこともある。例えば、通常の開発案件の社会経済調査ではあまり重視されない医療関連経費、観光客数、不動産価格、労働・通勤時間、自然災害規模などである。

以上のような状況を回避するためには、両分野の専門家が環境経済評価の実施に向けた目的意識を共有し、評価フレームワークや必要データを網羅した調査計画を早期に準備・確認し合うことが肝要である。そして、この計画の順に従い、従来のEIAや経済評価では不必要とされていた環境経済評価用のデータ・情報収集を漏れなく行うことが大切である。(長谷川2006, p. 36~37)

7-2. 精度が高く信頼性のある情報・データの確保

環境の経済評価を適切に実施するためには、事業対象地域内外の自然環境や社会経済現況に関する詳細情報が不可欠である。これは上記7-1の課題と関連するが、日本側の努力だけではなく開発途上国側の理解と対応が鍵となる。途上国によっては国家機密だとして地形図や土地利用データの入手が困難であったり、長期の気象・水文データ、絶滅危惧種・貴重種の分布や生息数など、環境経済評価に必要な基礎データが整備されていない、または存在しないことも多い。更には、入手可能なデータであっても、その古さや管理精度の低さにより

信憑性に疑問が残る場合がある。

社会経済関連情報についても、人口統計調査が不十分で遊牧民や不法居住者の数はおろか、対象地域の住民人口が曖昧なこともある。また、二重貨幣制度やブラック・マーケットの存在により、公表されているミクロ・マクロ経済の各種指標や需要予測結果には歪んだ数値が含まれ、実質的な社会経済状況を十分反映しているとは言いがたいケースも多い。

これらの問題は環境経済評価特有のものでなく、EIA やプロジェクト評価を含むすべての開発調査業務が直面する課題である。しかし、環境的側面と経済的側面を併せ持つと同時に貨幣価値による定量化が求められる環境経済評価においては、必要なデータ・情報の不在や低い信頼性の問題は更に深刻で、環境経済評価自体の存在意義さえも疑問視されかねない状況に陥るであろう。実はここにこそ、これまで積極的に同評価システムが開発調査に導入されてこなかった一因があると思われる。

このような状況を改善するため、中長期的には、開発途上国にも環境経済評価の重要性を十分理解してもらい、途上国においても必要となるデータが適切に蓄積されるシステムを構築したりデータのサンプリング手法を確立するための地道な技術協力や資金援助を検討しなければならない。短期的には、地域住民からの聞き取り調査により補足したり類似事例における蓄積データを援用することで、担当専門家が可能な限り現実的な判断を下すことが求められる。類似事例を重視することは、蓄積データが乏しいにもかかわらず一定の時間的・資金的制約条件の中で行わざるを得ない環境経済評価において大変重要である。(長谷川2006, p. 37)

7-3. 効率的な環境経済評価の実施

環境経済評価の実施に当たっては、これまで述べたようにデータ収集が非常に重要である。しかし、闇雲にデータを集めることは非能率的であり徒に調査期間や人的資源を費やしてしまうことになる。効率的、計画的にデータ収集を行うためには、できるだけ早い段階で対象とする環境項目、評価の考え方、評価手法、評価手順、算定モデル式、計算仮定、経済評価基準などからなる評価全体のフレームワークを構築し、その中で必要となるデータの種類、精度、データ年度、可能な情報源などを明確にしておくことが必要である。その際、EIA 手続きの中で重視されている「スコーピング」の考え方と手順が参考になると考えられる。(長谷川2006, p. 39)

例えば、限られた環境社会的費用・便益を試算し EIRR・B/C 計算へ反映させることを目指した比較的簡素な環境経済評価を行うとしよう。別途実施する EIA や従来の経済評価の既存データを十分活用することで、本格的なアンケートなどは行わず補足・補完的な調査にとどめられる場合であっても、既存データの把握・整理に0.5人・月、それらを踏まえた環境経

済評価手法選定とモデル式構築に0.5人・月、補足調査・データ収集に1人・月、そして試算・B/C計算に0.5人・月の合計2.5～3人・月程度の要員計画は最低必要であろう。

もちろん精度が高くなればなるほど調査期間は長引くと思われ、時間と経費に余裕があるのであれば自然生態系の非利用価値算定などのためのアンケート調査も有効である。いずれにしる決め手は上記の「補足調査・データ収集」の部分で、試算に必要なデータが十分あれば短縮でき、不足であれば許される範囲で調査を延長するか、仮定を多用し試算に持ち込むか、あるいは一部の環境価値計算を諦めざるを得ないことになる。

調査のコスト・パフォーマンスでこの決断は難しいと思われるが、最短でもF/S時の経済評価・分析作業期間程度を設定することは妥当であろう。

7-4. JICA ガイドラインの修正・加筆

第2章で言及したように、2010年4月JICA発行の「環境社会配慮ガイドライン」での環境社会的費用・便益計算への要求度は次のような表現になっている。

- ・「～が不可欠である。」「～が求められている。」
- ・「～できるだけ定量的な評価に努める～」
- ・「～環境影響を可能な範囲で定量化し、可能な場合は経済評価を付す。」

CBAなどの経済評価やその感度分析に反映させるべく、実際に環境社会的費用・便益の貨幣価値化を行う場合、どの環境社会項目、どの程度の大きさの影響、あるいはどれほどの測定精度が想定されるべきかなどについてガイドラインでは具体的でない。そのため「可能な範囲で」、「できうる限り」というだけでは、積極的な対応は望めない。よって『環境社会関連の費用・便益の定量化』に関するガイドラインでの記述は、このような実効性を期待できない抽象的な表現でなく、その目的と手法をガイドライン利用者に分かりやすく伝えるため、次のような文章を加筆することを提案する。

- (1) 当該事業の環境社会関連費用として、EIAの環境管理・モニタリング計画や住民移転計画（Resettlement Action Plan, RAP）に含まれるすべての対策実施経費を算定し、代替案比較やCBAに漏れなく計上すること。
- (2) 環境社会対策を実施するにもかかわらず防止・緩和しきれない、かつ無視できない悪影響が予測される場合も、追加的環境社会関連費用として算定・計上すること。
- (3) 主要効果または副次的・二次的効果として当該事業が環境社会的便益を生じさせ、かつ代替案比較やCBAの実施に不可欠な場合、それらの比較・分析を成立させるに足る範囲でこれらの環境社会的便益を算定・計上すること。
- (4) 環境社会的便益を算定・計上することが必要な場合は、EIAで作成するスコーピング・マトリックスで当該環境社会項目を「正」の影響とし、便益算定に資する予測・

評価を行うこと。

- (5) 環境社会関連費用・便益の算定にあたっては、内外（開発援助機関、公共事業実施機関など）の CBA マニュアル・指針の計算手法も参考にすること。
- (6) やむを得ない事情で一部の環境社会項目のみの計算になった場合は、少なくとも「今回は◎◎と〇〇の環境便益・費用を含む EIRR (B/C) 計算でこうなったが、実は計算できなかった△△と××があり、それらを計上した際の EIRR (B/C) は減少（増加）すると推測される。」といった、定量化・内部化範囲や定性的側面も合わせた総合的分析結果を示すこと。

付 記

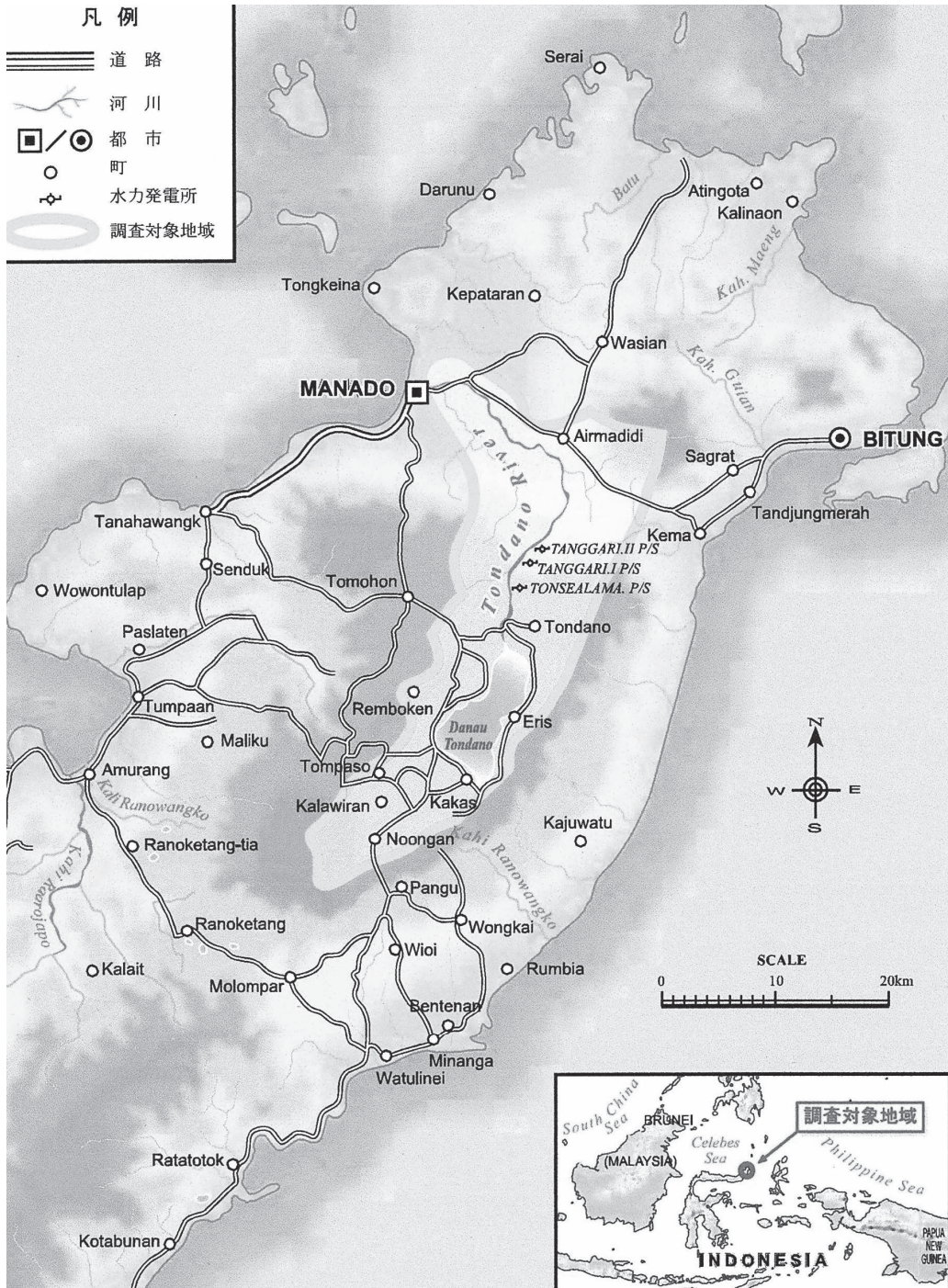
本稿は、国際協力事業団（現国際協力機構、JICA）が2000～2001年に実施した『インドネシア国トンダノ流域管理計画調査』（日本工営株式会社・国際航業株式会社が受注）の成果の一部をベースに、筆者の担当部分を再編集・加筆したものである。よって、本稿の内容は必ずしも JICA 及び調査団の真意を反映しているものではなく、すべての文責は筆者に帰す。

主な参考・引用文献

- ・朝日ちさと・伊藤康志・中尾豊・本田智則・平野勇二郎（2019）『環境と経済の統合の進展：環境・経済・社会の包括的枠組みにおける環境経済学の展開』環境情報科学 48巻 1 号, p. 73～77, 環境情報科学センター
- ・一方井誠治（2019）『成長パラダイムから持続可能性パラダイムへの転換に向けた現代の課題』環境情報科学 48巻 1 号, p. 1～7, 環境情報科学センター
- ・環境経済評価研究会（訳）（1998）『新・環境はいくらか』築地書館
- ・国際協力機構（JICA）（2002）『開発調査における経済評価手法研究』
- ・国際協力機構（JICA）（2004）『JICA 環境社会配慮ガイドライン』
- ・国際協力機構（JICA）（2004）『開発調査における環境社会配慮ガイドラインの運用のための基礎研究：研究会報告書』社会 JR04-40
- ・国際協力機構（JICA）（2010）『JICA 環境社会配慮ガイドライン（改訂版）』
- ・国際協力事業団（現国際協力機構、JICA）（1992）『環境配慮ガイドライン』
- ・国際協力事業団（JICA）・日本工営・国際航業（2001）『インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書』農林調 JR01-21
- ・国土交通省（2009）『公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針（共通編）』
- ・農林水産省（2008）『農村生活環境整備 費用対効果分析マニュアル』
- ・農林水産省（2019）『林野公共事業における事業評価マニュアル』
- ・長谷川弘（1997）『環境に配慮した割引率や割引計算』1997年大会報告要旨集, p. 407～411, 環境経済政策学会
- ・長谷川弘・三谷和臣・岡野千裕（2005）『開発途上国における農林業プロジェクトの環境経済評価手法と事例』国際協力機構客員研究
- ・長谷川弘（2006）『開発プロジェクトにおける環境影響評価と経済評価の統合：特に農林業開発事業事例にみる実務的課題と提言』日本評価研究 6 巻 2 号, p. 31～42, 日本評価学会

- ・村山武彦（2019）『環境アセスメント分野でのSDGsへの取り組み』環境情報科学48巻1号，p. 94，環境情報科学センター
- ・ADB（1996），Coastal and Marine Environmental Management for Ha Long Bay: Final Report
- ・ADB/WB（1994），Economic Analysis of Environmental Impacts
- ・Bank Indonesia（2000），Indonesian Financial Statistics Vol. II No. 8
- ・Dixon, J.A., and P.B. Sherman（1990），Economics of Protected Areas: A New Look at Benefits and Costs, Washington, D.C., Island Press
- ・Laporan Tahunan（1998），Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kab. Minahasa
- ・WB（2000），World Bank Development Prospects, Commodity Price Data Pinksheet

別紙 1：調査対象地域（インドネシア・トンダノ流域）位置図



出典：JICA（2001）「インドネシア国トンダノ流域管理計画調査ファイナル・レポート：主報告書」

別紙 2 : 「(3) 強化された侵食・洪水防止機能」の年間便益算定フレーム

Beneficial Function	Strengthened erosion and flood control capacity
Qualitative Description	<p>* In case there is stripped area without vegetation in the watershed, severe erosion will occur under heavy rainfall and its downstream water quality is degraded. So value of the vegetation's erosion control function is evaluated using construction cost of check dams to control and mitigate the washed-away soil.</p> <p>* Watershed degradation contributes to increased flooding in two ways. First, tree cutting and other land disturbance reduce the water holding capacity of the soil, causing larger peak flows of drainage after rain storms. Second, the sediment that erodes from the stripped or disturbed land fills the beds of rivers and lakes, allowing flood water to rise above the river and lake banks. The value of flood damage resulting from watershed degradation can be estimated as the value of the incremental amount of increased flooding or decreased flood control capacity. The incremental amount may be determined by comparison with conditions in undisturbed catchment areas that have similar topography, soil types, and rainfall patterns.</p> <p>* When land and buildings are damaged, the measure of damage should be calculated as the cost to restore them to their original condition. The restoration activities may include removal of mud and dust, repairing of buildings and paddy dikes, and finding temporary accommodation while the buildings are being repaired. Roads, bridges, pipelines, electrical power lines and other public infrastructure can be damaged by mud slides and flooding associated with land disturbance activities in the watershed. The value of the damage in these cases can be calculated as cost to rebuild or relocate the damaged infrastructure.</p> <p>* The loss of revenue from lost farm production is a value of the strengthened erosion- and flood-control capacity when agricultural land is covered by mud slides.</p>
Selected Evaluation Method and Typical Equation	<p>Strengthened flood control capacity => Change in environmental quality => 取替原価法</p> $[\text{Benefit due to reduced damage}] = [\text{Reduced cost to rehabilitate damages due to mud-slide and flooding}]$ $= [\text{Cost to restore damaged land and building}] + [\text{Cost to remove mud and water}] + [\text{Repair cost of paddy dikes}]$ $+ [\text{Cost to rebuild or relocate damaged infrastructure}] + [\text{Other expenditure in rehabilitation}]$ <p>Strengthened erosion and flood control capacity => Measurable change in agricultural production</p> $=> \text{Non-distorted market prices} => \text{生産高変化法}$ $[\text{Benefit related to agriculture}] = [\text{Agricultural area protected from erosion and flood}]$ $\times [\text{Incremental products}] \times [\text{Unit market price of product}]$ <p>Strengthened erosion control capacity => Change in environmental quality => 防止支出法</p> $[\text{Benefit attributed to reduced erosion}] = [\text{Amount of soil erosion without vegetation under WCP}]$ $\times [\text{Unit cost for check dam construction to control or mitigate the washed-away soil}]$
Data and Assumption	<p><Benefit due to Reduced Damage by the Replacement-Cost Method and the Change-in-Productivity Method></p> <p>(a) It is assumed that, during the heavy rain storm, erosion of soil from deforested areas resulted in heavy siltation of the river, clogging of water-supply intakes, and damages on local houses and roads. Deforested catchment area has raised the small stream, river and lake beds, resulting in greater quantities of runoff during heavy rain storms. Then, it contributes to flooding on some agricultural land as well.</p> <p>(b) Average annual occurrence rate of the heavy rain storms like (a) in the past 20 years = 0.21 events/year (Source : Meteorological & Geophysical Agency, and National Electric Power Corporation)</p> <p>(c) Average number of water-supply intakes damaged by flood associated with storms like (a) in the Study Area in the past 20 years = 0.028 intakes/event</p> <p>* 15 as average operation years for water-supply intakes and 2 as damaged intakes in the past are assumed. 80,000,000 Rp./intake (in 2000 price)</p> <p>(d) Estimated average repair-work cost for the intakes = 20 houses/event</p> <p>(e) Average number of houses totally damaged by flood associated with storms like (a) in the Study Area during the 20 years = 250 m²/house</p> <p>* It is assumed that the damage only in Remboken will be mitigated with the WCP implementation.</p> <p>(f) Assumed average area of the damaged houses = 1,000,000 Rp./m² (in 2000 price)</p> <p>(g) Average unit price for housing construction (in 2000 price) = (Source : BRLKT in Manado, February 2000)</p> <p>(h) Average length of roads totally damaged by flood associated with storms like (a) in the Study Area in the past 20 years = 0.1 km/event</p>

	<p>(i) Average total cost of road relocation = (Source : Feasibility Study Report of Highland Agriculture Development Project in West Java) 540,000,000 Rp./km (in 2000 price)</p> <p>(j) Predicted suspended solids into the Tondano Lake in the target year without WCP = 27 kg/day</p> <p>(k) Predicted suspended solids into the Tondano Lake in the target year with WCP = 24 kg/day</p> <p>(l) The present suspended solids into the Tondano Lake = 27 kg/day</p> <p>(m) Suspended solids reduction in the target year with the WCP implementation = j - k = 3 kg/day</p> <p>(n) Incremental extent of erosion and flood in the target year without the WCP implementation = j / l = 1 times</p> <p>(o) Assumed reduction rate of soil erosion and flood like (a) in the target year attributed to WCP = m / j : 0.11</p> <p>(p) Average agricultural area totally damaged by storms like (a) during the past 20 years = 7.5 ha/event</p> <p>* It is assumed that the damage on paddy only in the northern side of Lake Tondano will be mitigated with the WCP implementation.</p> <p>(q) Average local agricultural productivity (lowland paddy) = 8,960 kg/ha/year</p> <p>(r) Average price of the agricultural product (lowland paddy) around the Study Area = 1,210 Rp./kg (in 2000 price) (Source : Farm household survey of the JICA Study Team, 2000)</p> <p><Benefit Attributed to Reduced Erosion by the Preventive-Expenditure Method></p> <p>(s) Incremental area of vegetation and agroforestry with erosion control measures =</p> <table><tr><th>Incremental vegetation</th><th>ha</th><th>Agroforestry development</th><th>ha</th></tr><tr><td>Upper part of the encroached area</td><td>10</td><td>AGF-I (Type I-2)</td><td>1,900</td></tr><tr><td>Inside of the protection forest</td><td>40</td><td>AGF-I (Type I-4)</td><td>1,200</td></tr><tr><td>Private lands</td><td>150</td><td>AGF-I (Type I-5)</td><td>100</td></tr><tr><td>Total</td><td>200</td><td>AGF-I (Type I-6)</td><td>10</td></tr><tr><td></td><td></td><td>AGF-II (Type II-2)</td><td>2,020</td></tr><tr><td></td><td></td><td>AGF-III (Type III-2)</td><td>2,270</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Upland farming</td><td>1,680</td></tr><tr><td></td><td></td><td>Total</td><td>9,180</td></tr></table> <p>(Source : Field Report of the JICA Study Team, p.4-18)</p> <p>(t) Reduced erosion depth on average of (s) in the target year, attributed to the WCP implementation = 0.001 m/year</p> <p>(u) Annual reduction of the eroded soil in the target year = s x t = 9 m³/year</p> <p>(v) Amount of earth and sand stopped per unit concrete volume of the check dam = 40 m³ (Source : Forestry Agency of Japan, 1972)</p> <p>(w) Construction cost of the check dam per unit concrete volume = 1,136,000 Rp./m³ * The cost is estimated for wet-masonry check dam including its appurtenant work.</p> <p>(y) Construction cost of the check dam per unit amount of the eroded earth and sand = v x w = 45,440,000 Rp./m³</p>	Incremental vegetation	ha	Agroforestry development	ha	Upper part of the encroached area	10	AGF-I (Type I-2)	1,900	Inside of the protection forest	40	AGF-I (Type I-4)	1,200	Private lands	150	AGF-I (Type I-5)	100	Total	200	AGF-I (Type I-6)	10			AGF-II (Type II-2)	2,020			AGF-III (Type III-2)	2,270			Upland farming	1,680			Total	9,180
Incremental vegetation	ha	Agroforestry development	ha																																		
Upper part of the encroached area	10	AGF-I (Type I-2)	1,900																																		
Inside of the protection forest	40	AGF-I (Type I-4)	1,200																																		
Private lands	150	AGF-I (Type I-5)	100																																		
Total	200	AGF-I (Type I-6)	10																																		
		AGF-II (Type II-2)	2,020																																		
		AGF-III (Type III-2)	2,270																																		
		Upland farming	1,680																																		
		Total	9,180																																		
Applied Equation and Estimated Benefit	<p>A. [Benefit due to reduced damage in the target year by the replacement-cost method] = [Reduced cost to rehabilitate damages due to mud-slide, flooding, etc.] = [Cost to restore damaged land & building] + [Cost to remove mud & water] + [Repair cost of paddy dikes] + [Cost to rebuild or relocate damaged infrastructure] + [Other expenditure in rehabilitation] = [b x (c x d + e x f x g + h x i) x n x o = 1,260,000 Rp./year (in 2000 price)</p> <p>B. [Benefit related to agriculture in the target year by the change-in-productivity method] = [Agricultural area protected from erosion and flood] x [Incremental products] x [Unit market price of product] = (b x p x q x r) x n x o = 1,897,280 Rp./year (in 2000 price)</p> <p>C. [Benefit attributed to reduced erosion in the target year by the preventive-expenditure method] = [Annual reduction of the eroded soil in the target year] x [Construction cost of the check dam per unit amount of the eroded earth and sand] = u x y = 426,227,200 Rp./year (in 2000 price) * Benefit A should be added to Benefit B for the total benefit, although Benefit C cannot be added to ignore double counting. * Either Benefit A plus Benefit B or only Benefit C can be the total benefit exclusively.</p>																																				