

災害時の社会・経済・環境被害の影響の評価ハンドブック（全4巻） 第二巻 インフラ

平成19年3月

独立行政法人 国際協力機構 国際協力総合研修所

災害時の社会・経済・環境被害の 影響の評価ハンドブック

（全4巻）

第二巻 インフラ

世銀・ECLAC作成の“Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters”（2003）翻訳版

平成19年3月

独立行政法人 国際協力機構
国際協力総合研修所

総研
JR
06-42



ISBN4-0903645-21-5

災害時の社会・経済・環境被害の影響の評価ハンドブック
(全4巻)

第二巻 インフラ

世銀・ECLAC作成の“ Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters ”(2003) 翻訳版

2007年3月

JICA

独立行政法人国際協力機構
国際協力総合研修所

本書の内容は、国際協力機構が、“ Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters ” 英語版（2003年。国際連合ラテンアメリカ・カリブ海経済委員会（ECLAC）と世界銀行に著作権が存在する）を、ECLACと世界銀行の許可を得て（「当翻訳と原著作について」に詳細参照）日本語に翻訳してとりまとめたもので、必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

本書及び他の国際協力機構の調査研究報告書は、当機構ホームページにて公開しております。

URL: <http://www.jica.go.jp/>

なお、本書に記載されている内容は、国際協力機構の許可無く転載できません。

国際協力事業団は2003年10月から独立行政法人国際協力機構となりました。2003年10月以前に発行されている報告書の発行元は国際協力事業団としています。

発行：独立行政法人国際協力機構 国際協力総合研修所 調査研究グループ

〒162 8433 東京都新宿区市谷本村町10 5

FAX : 03 3269 2185

E-mail: iictae@jica.go.jp

序 文

犠牲者23万人を出したインド洋大津波、7万人強のパキスタン地震、6千人弱のジャワ島中部地震など、近年、世界各地において大災害が頻発しています。被災地では復旧・復興に対して多方面にわたる国際社会からの支援が行われています。インフラ施設が破壊され、家族や家、生計手段を失い、更なるダウンサイズリスクにさらされている被災者に対して、独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: JICA）としても「人間の安全保障」の観点から積極的な支援を行ってきております。

復旧・復興支援を効率的・効果的に行うためには、災害発生直後に社会・経済・環境に与えた被害状況、および復興・復旧へのニーズを的確かつ迅速に評価することが、まず求められます。被害やニーズ評価の指針となる資料が、2003年に国際連合ラテンアメリカ・カリブ海経済委員会（Economic Commission for Latin America and the Caribbean: ECLAC）および世界銀行によって出版されました。これが、“Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters”です。このハンドブックでは、インフラ・社会公共施設のみならず、被災者の暮らしの再建に欠かせない生計復旧などの多様なニーズもカバーしています。また、復旧・復興支援に欠かせない、女性などの災害弱者についての配慮も述べられています。

このたび、このハンドブックを翻訳して「災害時の社会・経済・環境被害の影響の評価ハンドブック」（全4巻）として一般に公開することとなりました。本書は開発途上国における復旧・復興支援の基礎となる被災状況の評価や復旧・復興に向けてのニーズ調査に役立つものです。普段からの備えとして人材育成研修などにも利用可能です。

本書が多くの日本の関係者に活用され、効果的・効率的な被災地域への復旧・復興支援活動に役立てていただければ幸いです。

最後に、翻訳作業に協力していただいた石渡幹夫JICA国際協力専門員、および翻訳を承諾していただいたECLAC・世銀関係者に、この場を借りてあらためて、心より感謝を申し上げます。

2007年3月
独立行政法人 国際協力機構
国際協力総合研修所 所長
田口 徹

当翻訳と原著について

本書は原著の英語版（原著はスペイン語版）を、その著作権を有する国際連合ラテンアメリカ・カリブ海経済委員会（Economic Commission for Latin America and the Caribbean: ECLAC）と世界銀行（World Bank）の両機関の許可を得て、独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency: JICA）が日本語に翻訳したものである。JICAの責任において原著の内容を変更しないように翻訳した。

本書に記載されている関係者の見解は、あらかじめ何らかの公式な断り書きがない限り、国連・世銀の見解とは必ずしも見なさない。

“ The views expressed in this document, which has been reproduced without formal editing, are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the United Nations or the World Bank. ”

本書は、ECLACおよび世界銀行の加盟国においては、研究・教育・学究を目的とする限りにおいて複製が認められる。本書の内容は改訂を含めて変更されることがある。本書で表明されている見解や解釈は個々の著者および教官のものであり、ECLACや世界銀行に帰することはない。

“ This material may be copied for research, education or scholarly purposes in member countries of the institutions. All materials are subject to revision. The views and interpretations in this document are those of the individual author(s) and trainers, and should not be attributed to either institution. ”

英語版刊行者：国連ラテンアメリカ・カリブ経済委員会（ECLAC）2003年
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) 2003.

英語版書籍名：災害の社会経済環境影響評価ハンドブック
Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters
LC/MEX/G.5
LC/L.1874

英語版著作権有者：©国連ラテンアメリカ・カリブ経済委員会（ECLAC）および国際復興開発銀行（世界銀行）2003年

Copyright @ United Nations, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC) and International Bank of the Reconstruction and Development (The World Bank) (2003).

目 次

(全4巻)

序文（日本語翻訳版）
当翻訳と原著作について

第一巻 方法論と概念・社会セクター

はじめに

第 部 方法論および概念

- 第1章 災害の種類と被災後の諸段階
- 第2章 方法論に関する一般的考察
- 第3章 被害と影響の分類と定義

第 部 社会セクター

- 第1章 被災者
- 第2章 住宅および人間居住
- 第3章 教育・文化
- 第4章 保健医療セクター

第二巻 インフラ

はじめに

第 部 インフラ

- 第1章 エネルギー
- 第2章 水供給と衛生
- 第3章 運輸・通信

第三巻 経済セクター

はじめに

第 部 経済セクター

- 第1章 農業
- 第2章 通商産業
- 第3章 観光業

第四卷 災害の総合的な影響

はじめに

第 部 災害の総合的な影響

第 1 章 環境

第 2 章 災害が女性に与える影響

第 3 章 被害のまとめ

第 4 章 災害のマクロ経済的影響

第 5 章 雇用と所得

目 次

序文	
当翻訳と原著作について	
はじめに	v
第 部 インフラ	
第 1 章 エネルギー	3
1 - 1 はじめに	3
1 - 2 電力セクター	4
1 - 2 - 1 直接被害	4
1 - 2 - 2 間接被害	6
1 - 2 - 3 輸入分と費用の内訳	7
1 - 3 石油セクター	8
1 - 3 - 1 直接被害	8
1 - 3 - 2 間接被害	9
1 - 3 - 3 被害の内訳	10
1 - 3 - 4 雇用や女性への影響	10
1 - 3 - 5 環境への影響	10
付録 1987年 3 月に発生したエクアドル地震によりエネルギー・セクターが受けた被害 ...	13
第 2 章 水供給と衛生	15
2 - 1 はじめに	15
2 - 2 評価手順	15
2 - 3 必要な情報	16
2 - 3 - 1 水供給システム	16
2 - 3 - 2 污水处理システム	17
2 - 3 - 3 廃棄物の収集・処理	17
2 - 4 情報源	17
2 - 5 被害の内容	18
2 - 5 - 1 直接被害	18
2 - 5 - 2 間接被害	18
2 - 6 被害の定量化	19
2 - 6 - 1 直接被害	19
2 - 6 - 2 間接被害	21
2 - 7 マクロ経済的影響	24
2 - 7 - 1 国内総生産への影響	24
2 - 7 - 2 総投資への影響	25
2 - 7 - 3 国際収支への影響	26
2 - 7 - 4 財政への影響	27
2 - 7 - 5 物価やインフレへの影響	27

2 - 8	そのほかの影響	28
2 - 8 - 1	雇用への影響	28
2 - 8 - 2	女性に特徴的な災害影響	29
2 - 8 - 3	環境への影響	29
付録	2001年1月13日にエルサルバドルで発生した地震により水供給と衛生セクターが受けた被害の評価	31
第3章	運輸・通信	35
3 - 1	はじめに	35
3 - 2	被害の定量化	36
3 - 2 - 1	道路網と陸上輸送	36
3 - 2 - 2	船舶輸送や航空輸送とそのインフラ	39
3 - 2 - 3	通信	40
3 - 2 - 4	沿岸インフラ	41
3 - 2 - 5	そのほかの影響	47
付録	河川氾濫により国道橋梁が受けた被害の社会経済的費用の算定	49

はじめに

背景

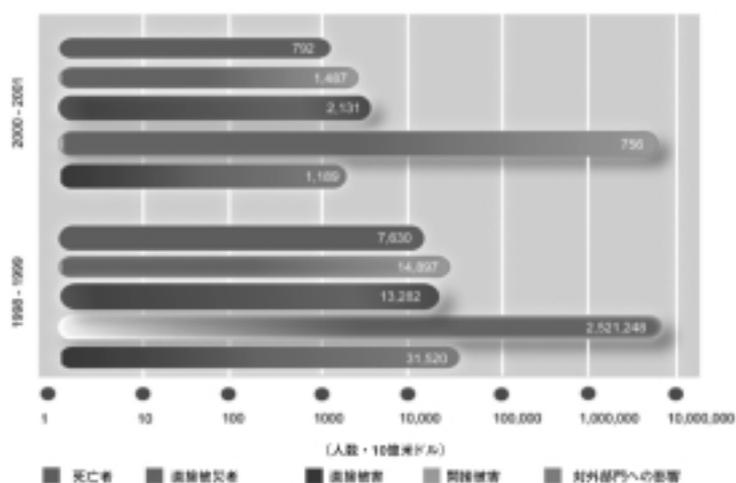
災害は、被災国・地域の生活条件、経済動向および環境資産・サービスに大きな影響を与える。その影響は長期にわたることも少なくなく、経済社会構造や環境に不可逆的な影響をもたらすこともある。先進国においては、大規模に蓄積された資本に甚大な影響を与える一方、早期警報および避難の実効的な体制、適切な都市計画、厳格な建築基準などにより人命の損失は比較的限られたものになっている。一方、開発途上国では、予報や避難対策の欠如や不備により、多くの犠牲者を出すことが多い。絶対的な資本損失は先進国と比較すれば小さいかもしれないが、往々にして相対的な比重や全体的な影響は非常に大きく、持続可能性を阻害しかねない¹。

災害が自然災害であれ、人的災害であれ、その影響は人間の行為と自然のサイクル・システムとの相互作用の組み合わせの結果ということができる。災害は世界各地で頻発しており、その発生件数および強度は近年拡大傾向にある。このような災害は広範な人的損失、直接的および間接的な（一次的または二次的な）原因により広域にわたり被災民を発生させ、重大な環境影響および大規模な経済的社会的損害をもたらしかねない。

事実、最近国連ラテンアメリカ・カリブ経済委員会（ECLAC）が実施した推計によれば、過去30年間のラテンアメリカ・カリブ海地域においては死者10万8000人、直接的な被災者1200万人超を含む1億5000万人が何らかの災害被害に遭っている。さらに、総被害額（同地域全域を網羅したものではない）は、1998年の為替レートで500億米ドルであり、中央アメリカ、カリブ海およびアンデス地域の小国や比較的开发の遅れた国に集中している²（図1参照）。

世界規模で見ると、災害の社会的影響が大きく、被害が不可逆的となる傾向が強いのが開発途

図1 ラテンアメリカ・カリブ海地域における災害の影響（1998～2001年）



¹ Jovel, Roberto (1989) "Natural Disasters and Their Economic and Social Impact," *ECLAC Review*, No. 38, Santiago, Chile, August 1989.

² ECLAC and IDB (2000) *Un tema de desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres*, Mexico City and Washington参照。

上国であり、そこでは最貧困層や社会的に最も弱い立場にいる人々が最も大きな影響を受けている。一方先進国では、災害対策に加え、実効的な被害防止、被害抑止および防災計画立案に必要な資源・技術を有していることから、長年にわたり防災力をかなりの程度高めてきた。しかし、先進国においても、社会活動の集中化や価値向上の結果、被害額は大幅に高くなっている。

ラテンアメリカ・カリブ海地域においても、防災計画立案や被害の防止・抑制の面において一定の進歩が見られるものの、多くの人々は非常に不安定で脆弱な状況に置かれていることに変わりはない。同地域の大半の国は、水文気象・地質上の災害多発地域に位置しており、実際に多くの人命が犠牲となり、物的社会的インフラに大きな被害を与え、経済動向と環境に打撃を与えた災害が発生していることが知られている。

災害の望ましくない影響としては、経済的・社会的インフラの被害、環境悪化、財政および対外部門の不均衡、物価上昇、人口構造の変容のほか、被災資産を再建しなければならないために長期ニーズ対応型事業が後回しにされてしまうという、開発課題の優先順位変更などが考えられる。しかし、最も深刻な影響は人々、特に貧困層や社会的弱者の社会的厚生が悪化であることはいうまでもない。また二次的な影響として、想定外の人口移動、疾病伝播、貿易減少、広範な環境悪化などが発生し、災害の影響が被災地域・国を超える傾向が強まっている。

各国は災害の長期的影響を軽減するため、2つのことに同時並行的に取り組む必要がある。ひとつは、社会経済発展戦略の重要な柱として、災害の予見可能な影響を防止・抑止するための財源を配分することである。これは、長期的な成長を達成するための（経済的、社会的、政治的な意味での）高利回りの投資と位置付けるべきである。もうひとつは、災害発生後の復興投資においては、十分な水準の持続的成長を確保するために防災に配慮することである。

通常、災害発生時には当該国の緊急対応機関が中心となり、国連グループやほかの公的および民間の国際機関の支援を受けつつ、緊急対応期における人道的支援ニーズを把握する。基本的には被災国・地域が災害による人道的支援ニーズに対応するのが現在では通例となっているのである。その上で、友好国や国際機関が直接あるいは非政府組織を通して必要に応じた補助的支援を速やかに実施する。この支援には、局地、地域、国際レベルの非政府組織（Non-Governmental Organization: NGO）、社会支援組織のほか、公的および民間の主体が多数関わっている。

損傷または損壊した資産の再建には通常、緊急対応期ないし人道支援期などにおいて被災国が動員できる資源よりもはるかに多くの資源を必要とする。そのため、脆弱性軽減を考慮することなく再建が行われることが多い。率直に言ってしまうと、脆弱性を軽減するのではなく、脆弱性を「再建」してしまうことになる。

これを回避するためには、緊急対応期の直後において、災害自体およびその結果が被災国・地域の社会的厚生や経済動向に対して与えた直接間接の影響を評価することが不可欠である。この評価には、厳密な定量的正確性は要求されないが、各経済セクターおよび社会セクター、物的インフラおよび環境資産に対する影響と相互作用をすべて対象とする包括的なものでなければならない。このような影響評価により、復興需要を把握することができる。被災者が被災後の状況下にいつまでも置かれることは許されないことから、復興需要の把握は喫緊の課題といえる。またこの作業は、復興の計画や事業（その多くが国際社会による資金協力および技術協力を必要とする）の策定および実施にも欠かせない。

脆弱性の軽減を図るためには、復興の計画・事業は、開発の一環としての防災戦略の中に位置付けなければならない。このため、災害種類別の被害の種類と量を把握するための各種診断ツールが必要となる。しかし、社会、経済および環境への影響をすべて計測することは困難なことも

あり、経済学の文献の中に有効な診断ツールが豊富に存在するわけではない。

ECLACは1970年代前半から同地域における災害評価に重点的に取り組んできており、その経験を踏まえて災害評価法を開発した。これは、10年前に国連災害救済調整官事務所（Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator: UNDRO）が打ち出した概念³を拡大・発展させたものである。

ECLACが10年前に発表した災害評価法は、自然災害の影響を対象にしたものであったが、中央アメリカにおける特定武力紛争など、人的災害にも応用することが可能であった。これは災害の影響をセクターレベルおよび国際レベルで算定できるもので、被災国・地域の復興能力と求められる国際協力の範囲を把握することが可能となった。この方法では、ラテンアメリカ・カリブ海地域について確度の高い定量的データがおよそ不足しており、災害時にはその不足が顕著になることが十分に考慮されている。ただし、特定の社会経済セクターや環境、特定人口集団の被害を評価する方法は考慮されていなかった。

そこでECLACは旧ハンドブックの改訂拡大版を出すことにした。改訂拡大版は、過去10年間に発生した様々な災害の評価に関する実経験と現代にマッチした新しい概念を盛り込んでいる。これは、ラテンアメリカ・カリブ海地域内外の専門家およびコンサルタントから多大な協力があったからこそ可能となったもので、過去30年間に同地域で発生した様々な災害について概念解析した成果である⁴。

この新ハンドブックは、旧ハンドブック（1991年発行）の各部において記述した被害評価方法を改良しつつ、最近の知見を盛り込んでいる。この点に関し、環境、雇用、所得などのセクター横断的課題、さらには女性に特徴的な災害影響（女性の力は復興期や被害抑止において不可欠）も検討していることを強調しておきたい。また、インターネットで利用できるデータベース、リモートセンサーの活用、地理参照情報のシステム化により利用できるようになった新分析ツールも紹介している。ただし、十分に詳細な情報や項目ごとの情報（性別、所得層別、地域別または行政単位別など）をまとめるには時間がかかること、あるいは環境評価や人間開発指標、社会構造指標など「標準」ないし被災前の状況を定義する基準値が不備であることなど、分析に伴ういくつかの問題点も指摘している。

内容

この新ハンドブックは、災害が社会、経済および環境に与える影響の評価に必要な方法について記述している。影響は直接被害と間接被害、あるいは全体的な影響とマクロ経済への影響に分けている。本書は災害の原因の特定、あるいは緊急対応期ないし人道支援期における対応の明確化を意図したものではない。それはほかの機関・組織の管轄である。本書はハンドブックの第2版であり、初版よりは大きく改善されているが、完成品ではない。むしろ、今後発生する災害の個別の課題に対して関係者各位が本書を活用し、その体験から得られたものや関係者からのフィードバックにより不断に改善を重ねるべき未完成品である。

本ハンドブックは、災害が資本ストックに与える被害、財・サービスの生産フローが被る損害、さらには主要マクロ経済指標に対する一時的な影響の算定ないし推定の概念や方法論に重点を置

³ ECLAC (1991) *Handbook for the Estimation of the Socio-economic Effects of Natural Disasters*, Santiago, Chile; UNDRO, (1979) *Disaster prevention and mitigation: Compendium of Current Knowledge*, Vol. 7, "Economic Aspects," United Nations, New York.

⁴ ECLACが1970年代初頭から実施してきた評価に関する文献リスト（本ハンドブックの巻末）を参照のこと。

いている。生活条件、経済動向および環境に対する損害と影響についても検討している。

本書では、統一かつ一貫性のある方法論に基づく災害被害の整理・定量化を可能にするツールについて記述している。その方法論は過去30年間に於いてその有効性が証明されたものである。最も被害が大きい社会、経済および環境の各セクターおよび地理上の地域、言い換えると復興における優先課題を見極める方法も提示している。しかしながら、本書の活用によりどの程度詳細に被害推定が可能となるかは、被災国・地域において得られる定量的情報に左右される。本書が提示する方法論は、人的災害か自然災害か、緩慢に進行する災害か突発性の災害かを問わず、あらゆる災害による被害の定量化を可能にするものである。さらに、復興という課題に対して国が十分な力を有しているか、国際協力が必要かどうかを判断することも可能である。

本ハンドブックは様々な状況を把握する手法を提示するが、あらゆる状況に対応することを意図してはいない。むしろ、本ハンドブックが提示する考え方や事例を、本書では明示的に触れられていない事例を検討する基本的なツールとして活用することを想定している。

本ハンドブックは5部構成になっている。第1部は、全般的な概念的・方法論的枠組みを提示する。第2部は、各社会セクターへの被害を推定する各手法を概観する。各章において、住宅および人間居住、教育・文化、保健医療をそれぞれ扱う。第3部はサービスと物的インフラを扱う。各章において、運輸・通信、エネルギー、水供給と衛生などを扱う。

第4部では、各生産セクターの被害を取り上げる。各章では、農漁業、工業、貿易および観光業をそれぞれ検討する。第5部では、セクター横断的、マクロ的な視点から被害の全体像をとらえようとする。各章では、環境被害、女性に特徴的な被害、雇用・所得への影響、全体的な直接・間接被害の算出方法を含めた被害のまとめ、および災害が主要なマクロ経済指標に与える影響をそれぞれ扱う。

被害のまとめは特に重要である。経済規模をはじめとする一般指標との比較において全体被害を算定することにより、その災害の規模と全体的な影響をとらえることができるからである。主要経済指標に対する災害の影響を分析するためには、災害発生後の1年ないし2年、被害の大きさによっては最長で5年の期間を費やすことが求められる。

各章では概念的な枠組みを論じているが、それに加え、ECLAC事務局で分析した災害の実例も付属資料としてそれぞれの部に掲載している。この実例は、被害の内容や相対的な規模を記述するだけでなく、様々な自然現象（発生原因が気象系か地質系か、発生過程が急か緩慢か、など）が起こり得ることを反映したものである。世界の様々な地域の国々を取り上げるとともに、小島嶼開発途上国（Small Island Developing States: SIDS）などの特殊な脆弱性についても検討している。さらには、季節的なものなど、様々な頻度で再発する災害・現象をも取り上げている。

本ハンドブックは、特定セクターについて評価を実施する専門家がその専門分野に関する検討資料や章が容易に参照できるように構成されている。本ハンドブックはCD-ROM版もあり、ECLACのホームページでも閲覧できるようになっている。これらの電子版では、改良した方法を用いて近年の事例についての評価も掲載している。この第2版が完成度の面だけでなく、使い勝手の面でも初版を上回ることを願っている。

また、版を重ねることにより良いものにするため、本ハンドブックの読者・利用者の経験をお寄せいただければ幸いである。各国の防災担当者の研修ツールとして、あるいは、地域に防災文化を普及させるための道具として本ハンドブックを活用されたい。

評価の実施に最適なタイミング

評価の実施に最適なタイミングは、災害の原因、規模、地域的な範囲に左右されるため、先験的に判断することはできない。しかし、経験上一般的にいえることは、人道支援期が終了あるいは本格化するまでは評価を実施すべきではない、ということである。それ以前だと、人命救助活動の妨げになったり、直接被害、間接被害およびマクロ経済的被害に関する定量的な情報が十分に得られなかったりする可能性があるからである。各災害における災害評価チームは、被災地に居住する国や地方の災害評価担当者の支援を必要とすることから、その災害評価担当者が人道支援期の活動に従事する時期、あるいは自身やその家族が被災者となる場合も多いので、その場合は被災者として援助対象とされる時期を経てから災害評価活動を開始するようしなければならない。

他方、災害評価はいたずらに引き延ばすべきではない。なぜなら、評価には遅延なく国際社会の支援が必要だが、ほかの地域で災害が起こると、国際社会の関心はそちらへ移ってしまうからである。

評価対象を扱うタイミングや順序は、災害の種類や規模によって異なることから、あらかじめ決めておくことはできない。ただし一般的には、様々な程度の影響を評価することを念頭に被災者の把握が第一段階となることが多い。そこでは、男女間では災害影響や緊急対応期、復旧復興期における役割が異なることも忘れてはならない。第二段階としては、各社会セクター（住宅及び人間居住、教育・文化、保健医療）が被った被害を把握・分析し、最も被害が大きい集団の状況に光を当てることが考えられる。第三段階としては、各経済セクター（農漁業、通商産業、サービス）やインフラへの災害影響を評価することになる。同時に、災害が環境的な資産やサービスに与えた影響の把握・分析も実施することができよう。

分析の細分や深度は（ECLAC事務局が近年作成した各文書からもうかがえるように）災害の種類や被害評価に必要な情報の入手可能状況によって左右される。場合によっては、災害弱者集団、市町村、地域社会単位まで詳細な被害推定を行うことも可能である。

謝辞

1991年の初版発行に尽力いただいたイタリア政府からは、第2版の作成に対しても資金援助をいただいている。オランダ政府からもECLACとの間の技術協力事業を通じて支援をいただいている。

米州保健機構（Pan-American Health Organization: PAHO/World Health Organization: WHO）からは保健医療や水供給と衛生などの章の作成について、中央アメリカ環境開発委員会からはその専門分野について、それぞれ技術協力の提供をいただいている。

世界銀行および米州開発銀行（Inter-American Development Bank: IDB）は、ハンドブック第2版の作成に深く関わっており、進捗会議への参加や随時貴重な提言をされている。特に世界銀行からは、改訂作業について助言や資金援助をいただいている。ノルウェー外務省および英国国際開発省紛争人道部からも防災コンソーシアムを通して資金援助をいただいている。

ECLACは、以上の協力を深く感謝するとともに、ラテンアメリカ・カリブ海地域における現地評価調査を通じて多くの政府関係者、専門家らとの交流が果たした重要性、すなわち、交流から生まれた様々なアイデアが本ハンドブックに大きく寄与したことを感謝するものである。

執筆者

ECLACはハンドブック第2版の作成を、ECLACにて災害担当を務めるメキシコシティの地域本部職員Ricardo Zapata Martíに委託した。初版の作成を指揮したRoberto Jovelは、外部コンサルタントとして採用し、いくつかの節を執筆したものの、基本的には第2版の方向付け、監修を担当していただいた。各章を担当した専任スタッフ、部署横断的な作業の担当者、外部コンサルタントを以下に示す。

「被災者」	José Miguel Guzmán (ラテンアメリカ・カリブ人口センター (CELADE) 協力)、Alejandra Silva、Serge Poulard、Roberto Jovel 担当。
「教育・文化」	Teresa Guevara (国連教育科学文化機関 (UNESCO) コンサルタント) 担当。
「保健」	Marcel Clodion (汎米保健機構 (PAHO/WHO) コンサルタント)、Claudio Osorio (PAHO/WHO) 担当。
「住宅および人間居住」	Daniela Simioni (ECLAC環境居住局 (DEHS) 担当。およびMauricio Faciolince、Ricardo Bascuñan、Silvio Griguolo (コンサルタント) 協力。
「エネルギー」	Roberto Jovel (Ricardo Arosemena (コンサルタント) の先行研究に依拠) 担当。
「水供給と衛生」	Claudio Osorio (PAHO/WHO) 担当。
「運輸・通信」	ECLAC天然資源・インフラ局運輸課長Ian Thompson担当。David Smith (コンサルタント) 協力。
「農漁業」	Antonio Tapia (コンサルタント) 担当。Roberto Jovel協力。
「通商産業」	コンサルタントおよびメキシコ国立防災センター (CENAPRED) 職員 Daniel Bitran担当。
「観光業」	Françoise Carner (コンサルタント)、José Javier Gómez (DEHS)、Erik Blommestein (ECLACカリブ地域本部) 担当。
「環境」	Jóse Javier Gómez (DEHS)、Erik Blommestein、Roberto Jovel、Alfonso Mata、Cesare Dosi担当。David Smith、Leonard Nurse、Ivor Jackson (共にコンサルタント) 協力。
「女性への影響」	Roberto Jovel担当 (Angeles Arenas (コンサルタント) の報告書に依拠)。ECLACカリブ地域本部のAsha KambonおよびRoberta ClarkeならびにSarah Bradshaw、Fredericka Deare (共にコンサルタント) 協力。
「被害のまとめ」	Roberto Jovel担当。
「マクロ経済的影響」	Ricardo ZapataおよびRene Hernandez (メキシコシティのECLAC地域本部) 担当。

以下のECLAC職員からは、草稿に目を通していただき貴重な助言をいただいた。それらは本ハンドブックの最終稿に反映されている。

Nieves Rico (ECLAC本部女性と開発課)、Pilar Vidal (ECLAC / メキシコ 女性と開発課)、Esteban Perez (ECLACカリブ地域本部)。

第 部 インフラ

第 部では、エネルギー（電力および石油）、水供給と衛生、運輸・通信についてそれぞれの章で論じる。

第 1 章 エネルギー

1 - 1 はじめに

エネルギー・セクターもほかのセクターと同様、災害が発生すれば直接・間接の被害を受け、そのマクロ経済への影響も評価する必要がある。直接被害とは、災害時まで有用であった物的インフラやストックに対する直接的な損傷ないし損壊のことをいう。間接被害とは、復旧するまでのエネルギー需要を満たすために必要な費用および復旧期において災害がなければ得られたはずの純利益という損失の合計である。この間接被害を踏まえて、別途マクロ経済的影響を評価する。

被災前の稼働能力を回復するための修復・復興費用を算定する必要がある。稼働能力の回復については、被災前の状態と同等でよいのか、それとも効率性および安全基準の面で強化を図るのかの判断が求められる。現価の取替原価に基づく評価基準（技術革新も考慮）を用いれば、実際の工事を実施する費用とそれに必要な資金について正確性を高めた費用算定が可能である。

被害費用の算定にあたっては、修復工事にかかる時間と当面の需要に対処する費用も考慮しなければならない。これについては、後の間接被害に関する節で説明する。

現価の取替原価を用いれば、災害により損傷・損壊した設備、材料および原料のストックの算定がはるかに楽である。算定時において市場に同等のものがいない場合は、最も類似した代替品の費用を用いて同等ないし実際に近い値を求める必要がある。

他方、間接被害の定量化は推定に依拠せざるを得ない側面が強いため、複雑なものとなる。復旧期の需給動向を推定する一方で、復旧期における実際の損益と災害がなかったと仮定した場合の損益を比較検討することが求められる。大口需要家の需要は減少することから、実際の損益状況の方が悪くなると考えられる。しかし、復旧工事が多くのエネルギーを要する場合、エネルギー需要が逆に増えることも可能性は低いがあり得る。実際には以上 2 つの状況が混在することもあり、その場合は純損益を定量化する必要がある。

被災後の需要（平常時の需要と同等のこともあれば、それを上回ることも下回ることもあり得る）を把握したら、その需要に対処する手段を明らかにしなければならない。そのためには、まず、エネルギー需要は何らかの形で満たされると仮定し、そのために必要な資本費用と運転費用について、施設すべてを復旧させるのに必要な時間を基準に推定するのが一般的である。基本的に資本費用とは設備調達費用、運転費用とは人件費および材料費のことである。人件費には、対象災害に起因する理由により一時レイオフされた工場人員の給与が含まれる。

次に間接被害を算定する。まず、復旧期に得られる純利益を算定する。具体的には、復旧期においてエネルギーを供給することにより得られる収益から、復旧期のエネルギー企業体の運転費用とエネルギー供給費用を差し引いて求める。こうして求めた純利益は、被災後にエネルギー需要家の購買能力によってはマイナスになることに留意する。第二に、災害が発生しなかったと仮定した場合の純利益を算定する。具体的には上記の例と同じように、総収益から総費用を差し引いて求める。この純利益は、エネルギー・セクターを担う企業体、特にその中短期計画を担う部署が把握していることが多い。この純利益から先に求めた実際の純利益を差し引くことで間接被害総額を求めることができる。この間接被害総額には、災害のために得られなかった収益はもちろん、復旧期の当面の需要を満たすために必要な追加的費用も含まれている。

上記の直接被害額および間接被害額については、2種類の分類を行う必要がある。ひとつは、現地通貨部分と外貨部分に分けて、国際収支の計算ができるようにすることである。もうひとつは、公的セクターおよび民間企業に分け、後のマクロ経済的影響の算定に必要な国民経済計算に利用できるようにすることである。

電力および石油の各セクターについて、次に示す評価方法を推奨する。

1 - 2 電力セクター

1 - 2 - 1 直接被害

電力セクターの直接被害とは通常、発電所、送電線・配電網、および配電所が受ける直接被害のことである。

(1) 発電所

電力は、蒸気タービン、ディーゼルタービン、ガスタービンなどによる通常の火力発電所のほか、水力発電所や地熱発電所によって生み出されている。本ハンドブックではそのユニークな特性踏まえ、水力エネルギーおよび地熱エネルギーを生じさせるのに必要な土木構造物について検討する。その後、これらのエネルギーを電力に変換する設備を備える発電所について論じる。

水力発電については、水資源開発には分水や貯水のためのダム・水路・トンネル・サージタンク・水圧管をはじめとする様々な施設が必要である。このような施設が受けた損傷は修復して、発電に必要な水の供給を復旧させなければならない。さもなければ、発電所を稼働させることはできず、電力セクターのシステム全体が影響を受けることになる。これらの施設は交通幹線からは外れた場所にあることが多く、季節によっては到達手段が限られる傾向にある。そのような場合、そこまでのアクセスルートの復旧に必要な追加的費用も直接被害に計上するが、交通運輸セクターに計上する被害額は除外し、二重計算を回避する。

被災した施設の復旧再建費用を算定するためには、撤去する土量 (m^3) (関連資材の種類に関する仕様を含む)、必要なコンクリート量 (タイプおよび強度別)、導水路・送水路の長さおよびそのほかの特性、主要な機械設備および特殊施設について概算を行う。これを踏まえ、各構成要素の単価 (現価) に基づいて費用を算定する。代替的な方法としては、基本的な情報が入手できるかにもよるが、分野別の労働必要量、原材料の量、建設設備の使用期間、構成要素別の単位費用などを考慮する詳細なやり方もある。いずれの方法を採用するにせよ、施設が受けた損傷にはどのような種類があるか、基礎建設資材 (土、砂、砂利) はどの程度入手できるか、未熟練労働および専門職はどの程度確保できるか、といった要素は直接被害費用を直に左右する。その意味で、被災地や同様な状況にある地域において、近年の実績がある建設業者の行う費用算定や入札申請書類は非常に参考になる。

地熱発電については、深い井戸、輸送管、蒸気を加工収集する設備などが地熱資源の開発・管理に必要である。利用可能な地熱エネルギーに与える被害の算定は本ハンドブックの範囲を超えており、専門家の助けや現地調査なしには、それは不可能である。ただし、電力セクターの専門家が当該地域あるいは地質的特性の近い地域に深い井戸を掘削する際の最新単位原価を基準にしておおまかな推定をすることは不可能ではない。輸送管、汽水分離器などの被害については、水力発電所の箇所でも説明したもうひとつの方法で算定する。

次に発電所本体を検討する。発電所本体には建造物のほか、様々な機械設備、電気設備および電子設備が含まれる。ここではまず、エネルギーを発電機に送る設備・機械類、すなわち、水力発電所では水力エネルギーを集める設備、そのほかの発電所ではボイラ、圧力タンクおよび蒸気・ガスタービンを循環する熱エネルギーを集める施設について評価を行う。前者については、水力発電所が立地する場所の特性に合わせて設計されているので、再建も同様の設計手順を踏むことになる。ただし、その費用の算定は、同様の設備の国際価格動向を反映した指数を用いて当初設計時の投資額を調整することで行う。水位の落差（m）や水量（ m^3 /秒）別に分類された設備の費用を示す設備メーカーの価格一覧やデータを参考にすることもできる。

次に、水蒸気エネルギーや石油派生品の燃焼エネルギーを電力に変換する発電装置についてであるが、これはその大きさや種類によって異なる特性を有しているものの、水力発電設備よりは標準化されている。その種類とは、地熱発電のほか、蒸気発電、ディーゼル発電、ガス発電などである。

これら発電装置の取替原価は、水力発電所の箇所で説明した標準的な評価方法によって算定するが、装置の標準化の度合いが高いため、一般に被害算定が容易である。発電所では主に各種電気機械装置を用いて、水力、地熱、あるいは石油派生品の燃焼エネルギーを電力に変換するが、これらの装置は電力源が異なっても類似性が高いことが多い。ただし、発電所がどの程度最新であるかは、その特殊な機能によって様々である。いずれにせよ、取替原価は、当初の設備購入のための投資額に対して、国際的な観点からインフレ調整を行った値を基準に算定する（特に設備購入が最近行われた場合）。また、設備メーカーの価格一覧に掲載されている価格や専門刊行物に掲載されている価格データを参考にする方法もある。

以上は、設備を総入れ替えする場合についてのことである。修復や復旧で済む程度の被害である場合は、費用算定の前に被害の程度や修復の可能性について技術的な評価を実施する。そのためには、この設備の修復・保守について経験豊富な専門家が関わる必要がある。費用算定の正確を高めるためには、被害を受けた設備の実験室試験が必要となるが、災害評価チームがこれを実施する時間的余裕はないのが通常である。

発電装置一式を抱える建造物も被害評価を行う。その直接被害評価は、以下で説明するようにほかの建造物と同じ手順で実施する。

（2）送電・配電システム

送電・配電システムには、送電、副送電、配電に必要な電線および電線網のほか、発電所・最終需要家間の送電に直接関係する変電所も含まれる。

まず、規模が大きく費用のかかる鉄塔を張られた高圧電線の被害を評価する。そのためには現地調査が必要である。その際は、高圧電線が通行可能な道路から近ければ自動車、それ以外の場所では軽飛行機やヘリコプターなど、現場に急行できる交通手段を用いる。被害を受けた鉄塔の数・種類や電線の長さを把握する必要がある。通常の電柱に張られている電線の場合は、被害を受けた電線のキロメートル数を把握するとともに、被害の範囲が電柱だけなのか、あるいは電線も相当な長さが被害を受けているのかを明確にする。また、被災電線上の変圧器などの設備の被害状況も把握する。

次に、被害を受けた変電所のリストを作成する。その際、屋外の設備や主要変電所の設備を含め、何らかの被害を受けた設備は漏れなく、可能な限り正確に記述する。

被害費用の算定は、上記施設の現地調査の結果に基づいて行う。算定にあたっては、被害を受

けた電力会社およびその周辺の電力会社に関するあらゆる情報を検討材料にする。この種の情報は利用頻度が高いので、簡単に入手できるようにしておく。電力発電施設の場合と同様、被災地にとって有用な経験を有する国内外の建設業者による費用見積もりや設備の価格一覧など、被害費用の総額や項目別費用を用いることもできる。

以上、再建ないし総取り替えが必要な施設設備ではなく、部分的に被害を受けた施設設備について述べてきたが、このことは、送電・配電のための施設設備にも当てはまる。

(3) 配電管理センターなど

電力計測や給電指令のためのセンターや管理棟の被害も電力セクターの被害として算定する。ここでいうセンターとは、発電所から主な需要地域までの電力の流れを監視・制御する設備一式を集めた建物のことである。センターには、手動制御による最も基本的な施設から、基本機能は相当部分が自動最適運転で、最新式の遠隔計測電算システムを用いた高度な施設までが含まれる。センター全体の再建が必要な場合、被害費用算定は当該配電会社の総合的な算定に基づいて行う。他方、設備や建造物が部分的に被害を受けた場合は、被害箇所一覧とその被害の範囲および規模を評価する。専門性の高い設備については、専門家の関与が必要である。

管理棟などの施設については、その構造や構成は一般的なもので被害評価は比較的楽なことが多い。いずれにせよ、床面積または建物面積の単位当たりの平均価格を算定する。より正確な算定を行うためには、パネル、壁、天井、窓枠などの各主要エレメントの単価を求める。

1 - 2 - 2 間接被害

すでに指摘したように、間接被害とは復旧期の被災施設を修復するまでの当面の電力需要を満たすのに必要な追加的費用と、復旧期において電力会社が通常であれば得られたはずの純利益ないし純収益のことである。

(1) 当面の電力供給

当面の電力供給に必要な追加的費用を算定するには、被災した電力関連施設の復旧に必要な期間を予測する必要がある。この期間の長短は基本的には災害の範囲・規模に左右されるため、直接被害の評価結果に基づいて予測する。次に、復旧期の電力需要の予測を行う。

電力需要を予測するためには、災害が電力会社の主な供給先（工業・商業分野の需要家、一般需要家など）に与える影響を把握する必要がある。一般家庭需要の予測においては、被災を免れた家屋数も考慮する。工業需要の予測では継続して稼働できる施設の数（その施設が生産する製品の需要も含む）、商業需要の予測では被災地の事業所の稼働能力をそれぞれ考慮する。あらゆるセクターにとって、被災後の電力供給に制限が生じることを予測しなければならない。これらを考慮することにより、総電力需要の規模と特性を把握することが可能なはずである。

次に予測した当面の需要を満たす方法を検討する。前述のとおり、当面の需要は災害が発生しなかったと仮定した場合よりも低くなるのが普通である。ただし、需要家によっては、消費する電力が増加することもある。いずれによせ、電力供給の迅速な復旧を可能にする方法を模索しながら、当面の需要を満たす方法を検討する必要がある。

遠隔地の発電システムについては、主要な給電拠点に運搬・設置できる一体型の発電設備による対応を検討する。この場合の費用は、その専門設備の価格一覧を参考にし、あるいは工業地帯の

予備発電用や国の送電網が行き届かない遠隔地用といった特殊な用途に使う設備の近年の導入例を参考にすることで、容易に概算することができる。

運転費用は、この臨時発電設備の燃料消費需要と設置場所までの運搬費用（需要地域の中心にできるだけ近い場所に設置することが望ましい）を基本とし、これに人件費と材料費（同一または同等の設備の運転について電力会社が行う原価計算により確定できることが多い）を加えて算定する。

国の電力網に接続していない発電系統が被害を受けたが、その近くに被害を免れた発電系統がある場合は、当面の電力供給に必要な費用の算定は極めて容易である。まず、被災を免れた発電系統に被災した発電系統を補う余力があるかどうかを確認する。次に、双方の発電系統を相互接続する費用（必要な送電線、変電設備などの費用）を算定する。その後、電力需要に対して供給できる電力供給価格を算定する。このような緊急事態に関する協定が未締結の場合、電力供給を担う側の追加的な運転費用を基準に妥当な供給電力料金を決定する。電力需要を部分的にしか満たせない場合は、前述の個別一体型の発電系統に関する方法を各系統の寄与度に基づいて踏襲する。なお、復旧までの電力供給の追加的費用を算定することが目的なので、運転費用が平常時よりも低下した分（災害により運転を停止した発電系統の変動費など）は、前述の算定値から控除しなければならない。

（2）その他の間接被害

復旧期において電力会社が逸した収益も間接被害である（復旧後は電力需要が回復すると考えられる）。電力需要家の多くはその業務・活動の回復を急ぐために電力を必要とするが、災害による収益減により支払い能力が低下することが予測される。これを踏まえて当面は電力料金を引き下げる選択もある。この暫定的な電力料金を用いて、前節で論じた総収益と実需要を算定することも可能である。この総収益から復旧期における総費用（復旧期の電力供給に必要な追加的費用と電力会社の通常時の費用の合計）を差し引く。その差が復旧期における純利益推定額となるが、収益の減少や費用の増加により、マイナスになることもあり得る。

次に災害が発生しなかったと仮定した場合の純利益を求める。その方法はまず、単位当たりの平均収益を通常時の電力需要予測値に当てはめて平常時の期待収益を算定する。そこから、近年の費用動向（直接および間接の費用）を基準に求めた平常時の期待費用を差し引く。通常電力会社は、期待余剰を将来の需要に十分かつタイムリーに対処するための設備投資に充てる。営業余剰が大幅に減少すれば新規の借入れが必要になるが、その電力会社に採算性がなければ融資を受けることはできない。電力会社は中短期の計画を定期的に更新する必要があるため、通常は以上の算定を行っている。

間接被害（この場合は、災害のために実現しなかった期待利益に等しい）は平常時（災害が発生しなかったと仮定した場合）の純利益と災害時の純利益（復旧期の電力供給に伴う追加的費用を含む）の差として求めることができる。なお、災害時の純利益がマイナスの場合は、その絶対値を平常時の純利益にプラスして、災害による利益損失総額を算定する。

1 - 2 - 3 輸入分と費用の内訳

災害が国際収支や国民経済計算に与える影響は、直接被害および間接被害を自国通貨支出と外貨支出に分けることによって把握することができる。直接被害に関する外貨支出とは、施設・機

械類の復旧に必要な設備、資材、特殊技能を有する人材を輸入するための外貨支出である。

他方、国内通貨支出は、調査、土砂除去、建造物の建設などの建設修復費がその大半を占める。ただし、建設修復費には、牽引車両、貨物自動車、クレーンなど、特殊設備機器の輸入に必要な外貨支出も含まれることがある。以上の支出を算定するにあたっては、被災地近辺で近年の実績がある電力会社や建設業者による過去の原価計算が参考になるはずである。

間接被害に占める外貨支出分については、当面の電力需要を満たすために必要な費用のうち、そのために輸入する設備機材の費用を算定する必要がある。電力そのものを他国から輸入する場合はその費用も計上する。

費用を公的セクターおよび民間セクターに分けるかどうかは、被害を受けた電力会社が国営企業が民間企業かどうかによる。また、政府が電力を供給している場合は、被災した施設の再建・修復などへの民間企業の参加も考慮しなければならない。

1 - 3 石油セクター

1 - 3 - 1 直接被害

(1) 生産施設

石油生産とは陸地や海に深い油井を掘り、原油を採掘することである。石油の輸送・保管は、国内精製・輸出のいずれの目的を有しているのかを問わず、運輸セクターの領域であり、運輸セクターで扱う。

生産井の掘削・稼働には、その地理的環境の要件・特性に合わせた構造物・施設・設備が使われている。具体的には、制御リグ、掘削装置、海洋プラットフォーム、掘削した石油を扱う各種のパイプラインおよび設備である。災害により油層からの採油ができなくなった場合、その被害評価を行うには、高度な専門知識技能を有する人材による現地調査が欠かせない。

そのような調査は、短期間に実施可能な災害評価を扱う本ハンドブックの範疇を超えている。ある油井が全壊した場合は、これまでの投資を災害が発生した日で評価した額が直接被害の当面の概算額となる。間接被害の概算額は、復旧期の生産減少分を商業的に評価した額に相当する。リグ、掘削装置および関連設備などの施設設備について、個別被害の評価をすることにより、これらの概算額をより正確なものにすることができる。

上記の施設設備が全壊したために再建・交換が必要な場合、当該の石油会社が把握している(最新の)標準原価を基準にその被害を算定することができる。標準規格設備の場合は、その製造業者の価格一覧から原価を算定することが可能である。この分野で実績のある建設業者に照会することも一案である。施設設備の修復で済む場合は、被害の規模および範囲を明らかにする必要があるが、その作業には、修復や維持管理について豊富な経験を有する専門家が必要になる。その専門家は被害を受けた施設設備に明るいことが望ましい。

(2) 石油精製施設

石油精製施設は一次蒸留だけであれば単純な施設であるが、精製の段階が進んだ製品の取り扱いや硫黄などの有害物質の除去を行う場合は複雑な施設が必要になってくる。石油精製施設は通常、石油用の各種の処理塔や貯蔵タンク、直径の異なる様々なパイプと各種バルブ、そのほかの器具備品で構成されている。石油精製施設の災害被害評価は、施設設備の類似性が高いため、前

節で取り上げた火力発電所と同様の手順で行う。

(3) 石油流通施設

石油派生品の流通販売はその主要供給先によって、家庭用および産業用のガス、道路輸送、海上輸送および航空輸送用の液体燃料、ならびに道路建設などに使われるアスファルト（精製残渣）に分けられる。基本的な石油流通施設としては、パイプライン、貯蔵タンク、ポンプ場（これらは実際には運輸または工業セクターで取り扱われる）および自動車・小型車両に燃料を供給する一般のガソリンスタンドがある。ガソリンスタンドの被害評価については、本節ですでに説明した手順に従って行う。

(4) そのほかの施設

そのほかの施設とは、一般管理業務のための建物と会社関係者用の娯楽施設などのことである。これはあらゆるセクターに共通する施設であり、その被害評価には、住宅および人間居住セクターについてすでに説明した手法が必要となる。

1 - 3 - 2 間接被害

被害を受けた施設が復旧するまでのエネルギー需要への対処を目的に石油および石油派生品を供給するために必要な追加的費用、さらには、この復旧期において逸した純利益が間接被害となる。

(1) 石油および石油派生品の当面の供給

復旧が完了するまで石油製品を暫定的に供給するために必要な費用は、被害の規模・性質と復旧完了までの期間に基づいて算定する。この2つの要素は直接被害の評価時にはすでに明らかになっていると考えられる。次に、生産設備の回復あるいは全体的な復旧に必要な石油・石油派生品の需要を推定する。この推定においては、災害が一般需要家および大口需要家の需要に与える影響の程度、被災を免れた自動車などの車両全般、およびアスファルト材で建設・修復する必要がある道路を考慮に入れる。被災後の石油派生品の需要（量と種類）は、上記の要因を基準に、需要家の購買力の低下を十分考慮して予測する。

被災後の需要を予測したら、その需要に対処する方法を検討する。既存資源がどこにあり、どの程度利用できるか、あるいは輸送・転送のためにどのような施設設備が利用できるかによっていくつかの選択肢が考えられる。まず、油層から近距離の小規模な需要に対してはタンク車両で対処する。これよりも距離が長い場合は、使用可能だが使われなくなったパイプラインを利用するか、投資が可能な状況であればパイプラインを新設して対応する。さらに、石油および石油派生品の国際輸送に使われているタンカーを活用することもできる。そのための諸施設が利用可能であればそれを利用し、利用不可能であれば、緊急対応用の暫定施設で対応する。

需要に対処するために必要な費用算定は、前述の考慮事項を踏まえ、最も経済的で実現可能性の高い方法を選択した後で行う。いずれにせよ、この種の活動は運輸・通信セクターの管轄であり、そのように計上する必要がある。資本コストおよび運転費用も算定する。これには、石油および石油派生品の仕入原価も含まれるが、これは国際価格で売買されているため容易に把握できる。

(2) そのほかの間接被害

電力セクターに関する節で詳しく説明したとおり、災害による利益損失は次の方法で算定する。まず、災害の発生が反映された当該石油会社の純利益を算定する。なお、総収益は低下する一方、費用は上昇する。当面の供給に伴う追加的費用が発生するからである。純利益はほぼ確実にマイナスとなる。次に、災害が発生しなかったと仮定した純利益を算定する。この数字は石油会社が統計ないし予測として出しているはずである。万が一数字を出していない場合は、同様の会社の数字を参考にして算定する。この平常時の期待純利益から災害発生を反映した純利益を差し引いた値が間接被害総額となる。この数字は、当該石油会社が災害のゆえに逸した利益に等しい。

1 - 3 - 3 被害の内訳

電力セクターの場合と同様に、直接被害および間接被害を自国通貨支出分と外貨支出分に分類して国際収支に対する影響を把握する一方、公的セクターおよび民間セクターにも分類して国民経済計算に対する影響も把握する。石油セクターについては、マクロ経済的影響は大きくなる傾向があり、被災国が石油および石油派生品の純輸出国の場合にその傾向が顕著である。その場合は、エネルギー・セクターの専門家がマクロ経済の専門家と連携して、直接被害および間接被害をより詳細に分析する必要がある。

1 - 3 - 4 雇用や女性への影響

電力セクターおよび石油セクターは、技術への依存度が高いこともあって雇用人口は比較的少ないので、災害が発生しても個人所得水準への影響は限定的なことが多い。同じ理由により、これらのセクターに起因する女性への影響も限定的な傾向がある。

1 - 3 - 5 環境への影響

本節では、エネルギー・セクターが受ける被害の評価と環境が受ける被害の評価との関連を論じる。エネルギーの専門家においては、本ハンドブック第四巻の環境影響評価に関する章も参照されたい。

水資源関連の環境変化の中で、水力発電に悪影響を及ぼすものもある。旱魃はもちろんのこと、ほかの災害、例えば洪水や地すべりなども利用可能な水量や水質に影響を与える。地すべりによりダムに流れ込む川をせき止めたり、その流れを変えてしまい、水力発電の資源有用性を低下させてしまう。洪水は貯水池の土砂堆積率を高めるため、その貯水容積を低下させ、耐用年数を縮めてしまう。

河道が変われば河道改修工事が必要となるが、そのための支出はエネルギー・セクターの間接被害として計上する。技術的あるいは資金的な理由で河道改修工事を断念する場合は、水力発電所の発電容量が将来的に犠牲となるので、直接被害として計上する。この直接被害は、災害に起因する純利益の損失の現価評価額で表すことができる。土砂堆積により貯水池の耐用年数が短縮する場合も同様にする。すなわち、被害額は、耐用年数が短縮した分の純利益の損失を現価で表した額とする。ただし、土砂堆積量の算定には長期にわたる現地調査が必要であり、その結果は災害評価に間に合わないことを指摘しておかなければならない。

石油とは一国の自然資本の一部を構成する再生不能な天然資源である。大規模な石油流出事故は、エネルギー・セクターの直接被害として現価で計上する。環境影響評価は、自然資本が受ける影響の割合を人的資本あるいはそのほかの資産（インフラ、機械類および設備など）が受ける影響の割合とは区別して算定するものである。その算定には経済地代の概念を用いるが、この方法は地下資源に適用するのは難しい。したがって、ほかの方法による算定が必要となる¹。二重計算を回避するため、これらの被害算定は「被害のまとめ」には計上しない。

災害の影響としては、石油流出事故をはじめとする有害物質の環境への放出も一般的である。地震に伴う主なリスクのひとつとしては、石油パイプラインの損傷がある。有害物質（地熱生産に伴う硫黄やほかの化合物など）もその収集・廃棄装置が損傷・損壊を受けると環境に放出されてしまう。

上記の直接被害や間接被害はエネルギー・セクターまたは運輸セクターに計上するのが一般的である。災害評価チームにおいて環境の専門家はほかのメンバーと緊密に連携を図り、被災前の環境を回復するために必要な支出を中心に適切な被害評価を行う²。自然地域が上記の事象により被害を受ける場合、環境の専門家がその被害評価を担当することになる。その被害評価においては、第四巻第V部第1章 環境 1 - 3 定性的な環境評価で説明する復元原価法を用いることが望ましい。

エネルギー・セクターの評価方法の一例を付録 に示す。

¹ 例えば、Kunte et al. (1998) “Estimating National Wealth: Methodology and Results,” Discussion Paper, the Environment Department of the World Bank, Washingtonを参照のこと。

² 被害評価チームにおいて、これらの事象による直接および間接の被害はエネルギーの専門家が評価したとしても、実際にはエネルギー・セクターとは直接関係のない機関が環境復元対策を実施することがある。その場合、環境復元支出はエネルギー・セクターには計上しない可能性が高い。特に環境復元対策が環境行政次第である場合はその傾向が強い。

付録VII 1987年3月に発生したエクアドル地震により エネルギー・セクターが受けた被害

1987年3月、エクアドル北東部を震源とする一連の地震が発生した。この災害は低所得者の住居とライフラインを破壊し、生活条件を大きく悪化させた。さらに被害が深刻だったのは、経済の主要セクターが利用する交通インフラであり、エクアドルの輸出力や外貨獲得能力が低下した。

1. 電力セクター

地震に加えて、土砂災害や洪水により、一部の発電所、国の電力網を構成する送電線、建設中の水力発電所2基が直接被害を受けた。その上、一部の都市への電力供給が一時的に停止し、水力発電よりも費用がかかる火力発電に依拠せざるを得なくなったが、ディーゼル燃料の輸送費が高騰したため、火力発電所の単位当たりの運転費用が上昇した。

発電所や電力送電システムの修復費用は、当該の電力会社が提供する原価に基づいて算出した。建設中の発電所の作業員宿舎の修復・再建の費用も同様に算出した。直接被害総額は350万米ドルとされた。

間接被害の内訳は、建設中のダムの方費用の増加、火力発電への切り替えによる発電費用の増加、電力会社が逸した収益などであった。間接被害総額は30万米ドルとされた。

以上をまとめると、この災害によりエネルギー・セクターが受けた直接および間接の被害は380万米ドルとなる。交換が必要な設備・資材の大部分が国内生産で賄えないため、国際収支に与えた被害は220万米ドルと予測された。

表A7 - 1 1987年エクアドル地震による被害の概要

項目	被害 (100万米ドル)			国際収支への影響 ^注
	合計	直接	間接	
合計	3.80	3.51	0.29	2.18
発電インフラ	0.13	0.13		-
送電線および変電所	0.12	0.12		-
作業員宿舎	3.26	3.26	-	2.18
発電費用の増加分と電力売上高の減少分	0.29		0.29	-

注：国内生産されていないために輸入に依拠せざるを得ない要素の価値。

出所：公式の数字に基づいてECLACが算定。

2. 石油セクター

油井には物理的な損傷は確認されなかったが、ラゴ・アグリオの油田地帯とエスメラルダスに位置する精製や石油・石油派生品の輸出の拠点を結ぶ赤道横断石油パイプラインが、土砂災害と洪水により不通となった。国内産油量の99.6%を占めるエクアドル東部からの原油の流れが止まっただけでなく、約10万バレルの石油が流出した。様々な直径のパイプラインの破損箇所は合計で78kmにも及んだ。一部ポンプ場の土木工作物も被害を受けた。

パイプラインとその関連工作物が受けた直接被害と流出した石油の価値は、1億2000万米ドル

と算定された。損壊したパイプラインについては、簡便性を優先して同一ルートに再建されることになったが、これには4カ月が必要となった。また、間接被害は直接被害を大幅に上回った(表A7-2参照)。

この間接被害は、国内のおよび対外的な要因からエクアドルの経済動向に影響を与えた。具体的には、復興期には石油輸出による外貨収入が大きく減少したことと、石油派生品の国内需要を賄うための費用が高騰したことである。

国内的には、パイプラインが損壊したことにより首都キトまで液体ガスを輸送するコストが高騰した。普段とは異なるルートおよび手段で運搬せざるを得ず、運転費用が多くかかったからである。その上、石油派生品の国内需要に対処するため、ベネズエラから一時的に石油派生品を融通してもらうとともに、コロンビアまでの代替的なパイプラインを敷設して限定的に石油を入手し、船舶でエスメラルダスの製油所に運搬する方法をとった。

石油輸出の開始はパイプラインの再建まで待たなければならなかった。石油輸出契約については、ベネズエラおよびナイジェリアからの一時的な融通を受け、部分的ながら履行した。このため、間接被害はパイプラインの再建期間を超えて発生した。

上記に加えて、エクアドル石油公社(Corporacion Estatal Petrolera Ecuatoriana: CEPE)も、ガソリンの国内消費の低迷により損失を被り、他方、公営および民間の製油所の精製量も減少した。この利益損失により災害の間接被害を押し上げることとなった。

以上をまとめると、地震により石油セクターのインフラが受けた直接被害は1億2170万米ドル、間接被害は7億6670万米ドルで、合計8億8840万米ドルとなった。このほか国際収支については、石油輸出の減少と国内需要対応のための輸入の増加により8億1500万米ドル分の悪影響を与えた。

表A7-2 1987年エクアドル地震による直接被害および間接被害

項目	被害(100万米ドル)			国際収支への影響 ^注
	合計	直接	間接	
合計	888.42	121.67	766.89	815.6
パイプラインおよびポンプ場の再建、流出した石油の費用	121.67	121.67	-	66.0
国内供給費用の増分	90.17		90.17	87.3
・コロンビアまでのパイプライン関連の投資	17.05		17.05	
・輸送費の増分	15.69		15.69	
・代替石油の費用	54.56	-	54.56	
・液体ガス輸送費用の増分	0.87		0.87	
・オリエンテまでの石油派生品輸送費用の増分	2.00		2.00	
輸出損失分	662.30		662.30	662.3
・輸出損失	64.27	-	64.27	
・一時融通の石油	19.60		19.60	
利益損失分	14.28		14.28	
・消費の減少分	5.27	-	5.27	-
・製油所の精製量の減少分	9.01		9.01	

出所：公式の数字に基づいてECLACが算定。

1987年の地震によりエクアドルの石油セクターが受けた被害は8億9200万米ドルである。このうち、石油セクターのインフラが受けた直接被害は14%にしかすぎず、残りの86%は間接被害である。これ以外に、石油輸出契約の履行不能などにより、国際収支にも8億1800万米ドル分の悪影響を与えた。このため、国際石油価格の下落などによりすでに停滞していたエクアドルの経済状況がさらに悪化することになった。

第 2 章 水供給と衛生

2 - 1 はじめに

ラテンアメリカ・カリブ海地域の疫学的な指標を見てみると、死亡率が伝染病と密接な関係にあることが分かるが、伝染病の発生は飲料水の質や衛生設備の状況に大きく左右される。災害によりこの状況が悪化するのであれば、被災後の対応では流行病の発生源を生じさせないサービスの復旧を重視しなければならない。特に、水質、衛生的なし尿処理および廃棄物処理に留意する。

給水の復旧方法の検討にあたっては、各水源、水量、下水施設までの距離、および化学物質による汚染のあらゆる可能性を考慮しなければならない。

平常時でも不適切なし尿処理は公衆衛生に悪影響を及ぼすが、災害時では、伝染病の伝染防止という観点からし尿処理が一層重要になり、公衆衛生の重点課題となる。

水供給と衛生セクターの被害程度は、災害の強度だけではなく、本セクターにおけるシステムの各構成要素の特性すなわち脆弱性にも左右される。言い換えると、災害の規模や種類は同一でも被害は様々であり、その被害はシステムやシステムの構成要素によっても異なる様相を呈する。システムの脆弱性を左右する要因は基本的に 4 つある。すなわち、システムの立地、工学的設計の質、建設の質（建設に使われる技術、機器、資材を含む）および施設維持管理の質である。

水供給と衛生の各システムを構成する要素の大部分は、適切な運転と体系的な保守の継続を必要とする。それを怠ると損傷に対する抵抗力が低下し、被災した際には復旧の妨げにもなる。逆に、運転保守を適切に実施するためには、修理工場、予備部品、配水管図面も含めた実効的な体制が必要となる。このような体制を整備しておく、災害による被害を受けても被害の計測・評価や復旧を迅速かつ低費用で実施することが可能となる。したがって、被災したシステムの運転保守を担当する部署が災害評価チームにとって一番の情報源となる。

2 - 2 評価手順

評価を行う前提として被災地の範囲を特定する必要がある。その上で、水供給と衛生セクターに関わる諸機関とその役割を把握する。水供給と衛生セクターには、その構成要素間の相互作用が強いことから分野横断的・総合的なアプローチが求められる。同時に本セクターの各事業ないし部門（水供給、汚水処理、廃棄物の収集・処理）には個別の評価手順が必要となる。災害評価チームは、各サブセクターの個別方針や整備水準についても把握しておく。

技術面について、災害評価チームは被害を受けたシステムの基本情報と詳細な地図を入手する。現地における評価や検証に欠かせないからである。評価が終了すれば、水供給と衛生の専門家は下位システムが受けた被害の詳細をまとめた表を作成できるはずである。一例を表 2 - 1 に示す。

表 - 2 - 1 水供給と衛生セクターの被害（1,000米ドル）

構成要素	被害			セクター		国際収支への影響
	合計	直接	間接	公的	民間	
合計						
給水システム						
都市水道システム						
インフラ						
復旧支出						
水道料金収入の減少						
生産原価の上昇						
農村給水システム						
インフラ						
復旧支出						
汚水処理システム						
インフラ						
復旧支出						
汚水処理料金収入の減少						
生産原価の上昇						
農村汚水処理システム						
インフラ						
復旧支出						
井戸および簡易トイレ						
廃棄物処理システム						
復旧支出						
処理料金収入の減少						

2 - 3 必要な情報

水供給と衛生の専門家は、評価の根拠として以下に示す項目についてあらゆる情報を収集する。

2 - 3 - 1 水供給システム

上水道部門の体制（水道事業体、市町村および規制管理組織）

被災前の上水道普及率（都市部および農村部）

共同および個人システム（上水道、個人井戸、共用給水など）別の人口構成

被災した都市水道および農村給水システムの特定

浄水処理への影響の有無と薬品・試薬や設備の追加投入の必要性の確認

被災したシステムの特長

- ・ 被災前の普及率など（給水戸数、平均給水量など）
- ・ 水供給率、助成金の種類、水道料金の回収率など
- ・ 被災前の給水量
- ・ 被災後の給水設備
- ・ 被災した全システムを復旧させるのに必要な予想期間

被災した全システムの復旧に向けた計画

被災した全システムの被害の特長

- ・ 被災システムの設備・構成要素が受けた被害の内容
- ・ システムの構成要素の建設手法および資材
- ・ 被災システムの各構成要素までのアクセスの良し悪し

完全復旧までの上下水道事業の暫定体制

システムの復旧対策の特定

システムの復旧復興に必要な資材、建設、設備、薬品・試薬、そのほかの投入資源の費用

2 - 3 - 2 汚水処理システム

汚水処理部門の体制（下水道事業体、市町村など）

都市および農村における被災前の汚水処理人口普及率

共同および個人システム（簡易トイレおよび浄化槽）別の人口構成

都市および農村の被災したシステムの特定

被災したシステムの特性

- ・ 被災前の普及率など（下水道接続戸数など）
- ・ 普及率、補助金、処理料金の回収率（水道料金との連動など）
- ・ 被災前の汚水処理水準
- ・ 被災後の汚水処理能力
- ・ 被災したシステムの復旧に必要な予想期間

被災したシステムの被害の特性

- ・ 被災したシステムの設備・構成要素が受けた被害の内容
- ・ 衛生システムの建設手法および資材
- ・ 被災したシステムまでのアクセスの良し悪し

完全復旧までの上下水道事業の暫定体制

システムの復旧対策の特定

システムの復旧復興に必要な資材、建設、設備、薬品・試薬、そのほかの投入資源の費用

2 - 3 - 3 廃棄物の収集・処理

一般廃棄物の収集・処理・最終処分を行う公益事業の概要

事業体の資産（貨物自動車、都市部や処分場までの道路など）が受けた被害の特徴

被災前の廃棄物収集の対象地域および対象者

被災システムの復旧対策の特定

システムの復旧復興に必要な資材、建設、設備、薬品・試薬、そのほかの投入資源の費用

2 - 4 情報源

水供給と衛生の専門家は、被害評価に必要な基本情報を有するあらゆる機関、情報源の支援を要請する。その機関、情報源とは次のようなものをいう。

監督機関、規制機関、上下水道事業体

- ・ 水と衛生システムおよび事業の維持管理と担当する市町村
 - ・ 水と衛生セクターを管轄する保健、住宅、公共事業担当省
- 全国や県レベルの市町村連合体

上下水道事業者（国、州、市町村、民間、官民共同、コミュニティなど、運営主体は様々）

- ・ 特に上下水道事業者の年次報告書
- ・ 地域の上下水道管理委員会

農村給水システムを建設し、コミュニティの自主管理に委ねる手法を取る非政府組織（Non-Governmental Organization: NGO）（CARE、セーブ・ザ・チルドレン、OXFAM、カトリック救済サービスなど）

米州衛生環境工学協会（Inter-American Association of Sanitary and Environmental Engineering: AIDIS）の各国支部

水と衛生の普及率を含めた現状に関する国連開発計画（United Nations Development Programme: UNDP）、ユニセフ、米州保健機構（Pan-American Health Organization: PAHO/World Health Organization: WHO）の報告書（通常、10年に1回発行）

2 - 5 被害の内容

2 - 5 - 1 直接被害

水供給と衛生の専門家は、次に示す水供給と衛生の各システムが受けた直接被害の内容を漏れなく記述できなければならない。

水供給システム（以下の項目を確認）

- 都市水道のインフラおよび諸設備が受けた被害（構成要素別が望ましい）
- 農村給水のインフラおよび諸設備が受けた被害（構成要素別が望ましい）
- ストック（薬品類、貯水量、予備部品、そのほかの資産）の損失

汚水処理システム（以下の項目を把握）

- 都市下水道のインフラおよび諸設備が受けた被害（構成要素別が望ましい）
- 農村汚水処理システムのインフラおよび諸設備が受けた被害（構成要素別が望ましい）
- ストック（薬品類、予備部品、設備など）の損失

廃棄物処理システム（以下の項目を確認）

- インフラ、諸設備の被害
- 処理場、最終処分場までのアクセスルートの被害
- 処分場への影響

2 - 5 - 2 間接被害

水供給と衛生の専門家は、3部門について間接被害の算定に必要な情報を漏れなく収集しなければならない。

水供給システム（以下の項目の把握は必要）

- 復旧関連活動（タンク車両などによる給水、設備・機械類の購入、修復、浄水方法の変更、復旧用に保管していた資材などの活用、残業）
- 給水量の低下（取水、浄水、貯水および給水のための施設に関連するため）

システムの機能低下による運転費用の減少
水供給生産費用の上昇
期待収益の損失（料金請求額の低下、水道供給停止など）
保険担保範囲

汚水処理システム（以下の項目は間接被害の算定に不可欠）
復旧関連活動（下水道の点検、設備・機械類の調達、修復など）
汚水処理能力の低下
汚水処理費用の上昇
期待収益の損失
保険担保範囲

廃棄物処理システム
期待収益の損失
廃棄物の収集処理費用の減少
保険担保範囲

2 - 6 被害の定量化

2 - 6 - 1 直接被害

被害の定量化には、被害を次のように分類して検討するとよい。

まず、被害をシステムの種類別に明らかにする。

- ・水供給システム
- ・汚水処理システム
- ・廃棄物処理システム

その上で、各都市の各システムについて、被害を構成要素または下位システムごとに分類する。例えば、都市の上水道を例にとると次のようになる。

- ・取水施設（取水口A、取水口B...）
- ・ポンプ場（ポンプ場1、ポンプ場2...）
- ・浄水場（浄水場1、浄水場2...）
- ・配水池までの主要送水施設
- ・配水池（配水池A、配水池B...）
- ・配水管網
- ・そのほか、個別に定める構成要素

構成要素別の被害を合計し、各都市の上水道が被った被害全体を算定する。

各部門（水供給、汚水処理、廃棄物処理）の被害について、構成材、設備、施設別にまとめた一覧を作成する。参考のため、手順の一例を以下に示す。

構成要素別の被害概要をまとめる。その概要には各構成要素の主要部分、被害の種類、工作物・構成材が受けた被害の量的範囲を適切な単位で記載する。また、各構成要素について次

の項目を明らかにする。

- ・ 必要な工作物や構成材の種類
- ・ 再取得価額で表示した建設単価（UP）
- ・ 修復費用（上記の建設単価に占める割合（R%）の概算）

施設・構成材・設備が受けた被害の割合（R%）を求めるには、当該事業体に直接照会する方法と、修理・修復で間に合うか、再建・交換が必要かを考慮した加重計算による方法がある。修理・修復で間に合う場合、被害額は当該施設・構成材・設備機器の総費用に占める割合（R%）として算定する。再建・交換が必要な場合、R値は100%となる。

暫定のR値は各システムを運営する事業体の担当者などが提供する数字に基づくものでもよいが、最終的に採用するR値については、災害評価チームの水供給と衛生の専門家による現地調査の結果を基に算定する。

また、次に示す方法で取り壊し、取り外し、瓦礫撤去の費用も計上する。

システムの各構成要素（上記の方法にしたがって特定する）について、取り壊し、取り外し、瓦礫撤去の前に再建または修復の必要性を判断しなければならない。再建または修復が必要であれば、解体する工作物・構成材の量を適切な単位で概算する。その単位はその工作物・構成材の被害算定に使用した単位に可能な限り合わせる。

取り壊し、取り外しおよび瓦礫撤去と位置付けられる工事ないし主要作業の内容を明らかにする（工作物・構成材ごとの単価価格を採用）。

工作物・構成材に関する困難度や費用に配慮する。例えば、鉄筋コンクリート製の貯蔵施設の「取り壊し」と石綿セメント管の「取り外し」を区別する。後者は作業がはるかに楽であり、一部は再利用できる。

この項目の価格の正確な算定ができない場合、先に説明した基準に準じて算定する。すなわち、「解体・瓦礫撤去」の費用を単価に占める割合（D%）として表示する。ただし、工作物・構成材が同一でもD%が同一になるとは限らない。解体の難度が異なるからである。

解体の結果、構成材の一部が当該事業体による再利用あるいは販売という形で有効活用が可能な場合、その価値を当該構成材の新品単価に対する比率（V%）で見積もる。その数字は、取り壊し・取り外し・瓦礫撤去の費用から差し引く。

予備部品、薬品・試薬、水槽などが保管されている倉庫やそのほかの保管施設が災害の直接被害を受けた場合、その被害も計上する。水供給と衛生の専門家は、あらゆる情報を検討して当該の構成材の量と単価を決定する必要がある。

被害評価で用いる単価については、最近の実現可能性調査の結果や被害を受けた事業体が用いる単価一覧を基準にするのが一般的である。後者の場合、一覧の作成日を確認して必要に応じてインフレ調整を行う。直接調査や適切な地元情報から導かれた単価も被害評価で用いる単価の基準となる。あるいは、必要に応じてラテンアメリカ・カリブ海地域の「相対単価」を基準にすることができる。これは上記の単価との比較という観点からも有効である。

どれを基準にするにしても、評価で用いる単価においては、総単価に占める人件費、国産の構成材および輸入の構成材の割合が明らかでなければならない。さもなければ、直接被害総額、輸入分の価値、およびその国際収支への影響を区別できない。

水供給、汚水処理および雨水排水の各システムには、様々な施設、構成材、設備が使われてい

る。このうちの一部については単価一覧を基準にして容易に費用算定ができる。例えば、水道管がそうである。水道管の単価は、水道管単体の調達にしても全体の敷設にしても 1 m 単位で表すことができる。技術面や価格面で異なる要素で構成される施設（例えば、浄水場）の費用は、その施設の総費用に基づいて算定する。

2 - 6 - 2 間接被害

災害の間接的な影響は、復旧復興期の始めから終わりまで、あるいは施設が正常に稼働し始めるまで継続するのが一般的である。この間接的な影響としては、水道事業体の期待収益の損失分（給水量の減少に伴う水道料金収入の減少と水道管の破損の修理が進まないことによる漏水の増大によるもの）がある。また、水供給が正常化するまでの給水需要に対応するために必要な水道事業体の運転費用の増大、さらには保健衛生への影響も間接的な影響である。この点については、保健医療セクターの専門家と協議して、重複や見落としがないようにする。

（1）水供給システム

1）正常化

自然災害はその規模にもよるが、大小様々な都市、町および農村部を含む広大な地域に影響を及ぼすことがある。予測が困難な災害の性格やそれがもたらす影響を踏まえると、水供給の復旧には様々な活動が求められる。その活動（直接被害に対する修復を含む）の費用は間接被害に計上する。この復旧のための諸活動には次のようなものがある。

- ・ プラスチックのパッチやジャケットによる水道管の修復、応急措置としてのバイパス管の設置、漏水口を回避する工事の実施による水道水の損失防止。
- ・ 設備、構成材、薬品、試薬などのストックまたは予備の利用。
- ・ 未処理水や配水池を対象にした塩素消毒施設の暫定的に稼働させてすでに塩素消毒されている水の塩素濃度の引き上げ。都市部および農村部における深井戸および浅井戸の予防的塩素消毒。
- ・ 民間企業の工場、事業所、スポーツ施設の深井戸など、水道以外の飲料水の利用（水道接続、ポンプ設備への電力供給なども含む）。
- ・ ガラスファイバー製やプラスチック製のタンクだけでなく、既存の貯水施設（水泳プール、工場・事業所の貯水槽）を飲料水の貯水や給水に活用。
- ・ タンク車両などの車両を給水車に転用。
- ・ 必要かつ可能であれば、上水道に上水を配分するために必要な諸活動。
- ・ 上水の汚染防止のために水圧を上げる（漏水の増加時にも必要）。
- ・ 予防的観点からの水の利用方法（沸騰させるなど）、給水スケジュール、給水車のルート、給水ポイントなどについての要領の作成・配布。
- ・ 住民がほかの方法で水を調達・購入する費用・代償（例えば、上乗せ料金、健康上の問題）。

2）水供給の復旧費用の算定

復旧活動は考えられる災害の範囲や地域の特性によって大きく異なる。物事を単純化するため、復旧費用をいくつかのカテゴリーに分類して検討する。

人件費の増分。復旧活動のための専門家、技術者、管理事務担当者および肉体労働者を雇用するのに必要な追加的費用である。被害を受けた水道事業者もすでに何らかの算定をしていることを念頭にしつつ、次の方法で人件費の増分を算定する。

- ・ 職種カテゴリーの単価（人月、人日など）を示した簡単な一覧を作成する。
- ・ 復旧活動の予想期間の始めから終わりまでに必要な「単位人数」を職種カテゴリー別に算定する。
- ・ 以上を掛け合わせ、得られた小計を合計して人件費の増分総額を求める。

工事・修復に必要な費用。上の項目に計上されない費用はこの項目に計上する。工事や修復に必要な資材、運搬、燃料なども含まれる。緊急対応として設置する設備、機械類、パイプ、バルブの総費用のうち、この項目に計上されるのは一部のみである。この項目は復旧期においてどのように使われたのかによってその額が上下する推定減価償却（ $r\%$ ）が含まれているからである。

実施した主な資材工事の一覧を作成する。一覧には工事・資材別の費用の概要、工事・資材・品目ごとの概算量、それぞれの単価、間接費および利益（必要に応じて）を簡潔に記入する。

公共水道事業体に属さない水源・取水口の利用に必要な費用。この項目には、第三者との特別な協定に基づき支払われる支出が含まれる。

タンク車両を給水に活用。タンク車両による給水で、災害により水道などの給水が停止した地域の水不足を解消する。この費用の算定では、給水車として活用するタンク車両の容量、1回の給水ごとの料金などの要因を考慮する。

3) 給水量の減少

災害により、水源から水を引いて浄水処理し、各家庭に給水する量が減少することがある。この減少分は次のような直接被害により引き起こされる。

- ・ 旱魃による水資源の減少
- ・ 水源の汚染
- ・ 取水施設、ポンプ場などの設備の被害

4) 水道システムの給水能力の低下

浄水を都市や中間施設（浄水場、ポンプ場、配水池など）へ運ぶ水道本管が被害を受けるとシステムの全体的な給水能力が低下する。水道支管や配水管網の被害では、給水能力への影響は限定的である。世帯接続や建物、家屋、工場、市場などの内部配管網の被害の場合、給水能力への影響は局所的である。ポンプ場が被害を受けた場合、給水能力の全体または一部が影響を受ける。

5) 水道システムの管理・貯水能力の低下

水管理能力が低下すると、継続的な水需要に対応し、水資源の損失を防止する水道システムの能力も低下する。システムの水管理・貯水能力が受けた被害、小規模貯水池、工業商業用貯水池、家庭用貯水池が受けた被害はこの項目に計上する。

6) 水道使用量の減少

被災した都市や町の水道使用量は、前述の給水障害（例えば、上水道が受ける直接被害）や住民の他地域への避難により全体的あるいは部分的に減少する。衛生の観点から問題が生じるほど水質が低下すると、住民は水を沸騰させて利用せざるを得ない。給水量あるいは需要が減少すれば、水道料金収入も減少することはいうまでもない。

7) 上水生産費用の増加

主な原因としては、既存の取水地点の上昇やほかの水源を利用する必要性、水道本管や配水管網からの漏水分を補うことを目的とした 1 日当たりの上水生産量の引き上げ、電力などの投入資源の費用の上昇などである。

8) 期待収益の損失（料金請求額の低下、給水の一時停止など）

水道料金請求額がどの程度低下したか（あるいは被災地の都市や町の需要者への上水販売量の低下）を算定するには、その低下の主な要因を把握しなければならない。

9) 水量の不足・不安定化や水質悪化による公衆衛生への影響

公衆衛生、特に子供や高齢者の健康への影響は様々であり、保健医療セクターが分析を担当する。

(2) 汚水処理システム

汚水処理システムおよび雨水配水システムが受ける間接被害は大きく分けて 3 つある。

1) 健康リスクの増加と生活の質の低下

上水不足による衛生状況の悪化に加えて、汚水や雨水の排水が適切になされないと次に示す理由により公衆衛生リスクが大幅に増加する。

- ・ 水がないとし尿などの汚物を流せないため、上水が供給されない地域では汚水処理システムは使えない。
- ・ 下水道網が破損したり詰まったりすると、汚水が道路にあふれ、直接感染や媒介動物による感染により流行病などの疾病リスクが高まる可能性が高い。
- ・ 汚水処理場で問題が発生すると排水先の水源をさらに汚染する可能性がある。
- ・ 雨水排水システムが被害を受けると洪水のリスクが高まる。

2) 下水道復旧工事の費用

復旧には、水道管の修復、緊急対応としての水道管・下水道管の敷設、排水路の整備など様々な活動が必要となる。場合によっては、バルブ、ゲートなどの施設設備を操作して、下水や雨水のポンプ場からの流れを変えたり、処理場、水槽、排水路からあふれた下水を排除することも必要になる。この操作や下水道復旧工事の費用は、給水の場合と同様の方法で算定する。

³ 汚水と雨水の排水を同一のシステムで行うケースや地域によっては分けて行う。

3) 下水道料金収入の減少

災害が下水道料金収入にどのような影響を与えるかは、被災都市の下水道料金の請求のあり方によって変わる。水道料金に対する割合で下水道料金が決められている場合、被害は次の公式によって求める。

I_t = 対象都市の水道料金の総減少分

$a\%$ = 水道料金に上乗せされた水道料金に対する下水道料金の割合(%)

$s\%$ = 上水道に接続している人口に占める上下水道に接続している人口の割合(%)

ここで、下水道料金の請求額の減少分は次のようになる。

$$f_a = I_t \times (a\%) \times (S\%)$$

ただし、損壊のために下水道を利用できなくなる人々も発生する。この損失は、次の方法により上記の割合に上乗せする割合($Z\%$)として求められる。

$$f_a = (Z\%) \times (\text{通常の下水道料金請求額})$$

下水道料金の料率が一定だとすると、請求額の損失分は都市全体の請求額の一定の割合を適用することにより求めることができる。

ここで、

F_a = 都市全体の1月当たりの下水道料金請求額の総額

$F_a / 30$ = 1日当たりの平均請求額

$g\%$ = 災害が原因により請求されなかった額の推定割合

p = 下水道が不安定または使用できなかった期間(日数)

とすると、

$$f_a = (g\%) \times p \times (F_a / 30 \text{ [米ドル / 期間]})$$

下水道料金の請求がもともとない場合は、下水道事業体の収入は影響を受けない。

2 - 7 マクロ経済的影響

水供給と衛生セクターが国のマクロ経済動向に与える影響を評価する上で必要となる項目、情報、背景および手順を以下に示す。

2 - 7 - 1 国内総生産への影響

(1) 給水量の損失分

これは災害が発生してから完全に復旧するまでの給水量の損失分のことである。請求の対象となる給水量の減少による水道事業体の収入の減少分および水道管からの漏水などにより使用者に届かないことによる給水費用の増分として算定できる。

直接被害の規模と特性、あるいは対象水道事業体の財政力、修復再建能力に鑑みて、給水と請

求の正常化にかかる期間を予測することが可能である。

被災した都市・水道事業者ごとに次の項目に関する表を作成する。

災害発生時から正常化の見通しが立つまでの期間において、請求対象水量の 1 カ月当たりの減少分。

給水量について住民に請求する平均額の増減。

水道事業者の 1 カ月当たりの収入の損失分（平常時と災害時の請求額の差）。

住民がほかの手段で水を調達せざるを得ない場合、その調達に必要な追加的費用。

（2）被災前の水供給と衛生セクターの動向予測

マクロ経済の専門家は、国全体および被災地について本項目のデータにアクセスできるかもしれない。しかし、ラテンアメリカ・カリブ海地域においては、取水量、浄水処理量、都市部の漏水率などの予測値しかない場合が多いため、請求対象の水量に基づく水供給と衛生セクターの GDP を算定した方が現実的かもしれない。水供給と衛生の専門家はマクロ経済の専門家と緊密な連携を図りつつ次の課題を実施することを推奨する。

国民経済計算を分析するとともに水供給と衛生セクターを監視するすべての機関と協議することにより、過去 5 年間の GDP の動向のほか、災害発生前に担当官が予測した同セクターの当年度の業績についての情報を可能な限り集める。

復旧およびさらなる発展を可能にする水供給と衛生セクター戦略の修正点を検討する。

2 - 7 - 2 総投資への影響

総投資への影響は次の 3 つに分けられる。

1) 一時停止や延期を余儀なくされた、あるいは資金を災害関連に再配分せざるを得なくなった進行中の事業およびそのほかの計画投資

この項目については、被害を受けた主な事業とその事業ごとに計画された投資をまとめた表を作成する。その上で、災害に起因した投資の予測減額分（当期以降）を事業ごとに算定する。

2) ストックの損失

ストック（貯水池・貯水槽の水や浄水用の薬品・試薬など）の損失、あるいは在庫や建設中の施設にある資材や予備部品の損失をまとめた表を作成する。

3) 修復・再建に必要な資金

この項目について算定する際の主な参考資料は、直接被害の一覧および個別および全体の被害額を示した評価結果である。この参考資料に基づき、次の情報を盛り込んだ表を作成する。

- ・ 被害を受けた工作物をシステム、下位システムおよび主要施設ごとに分類し、各工作物が受けた被害総額を示した一覧を作成する。その際、都市別や事業者別（同一の都市に複数の事業者が存在する場合）に分類する。農村部も同様に分類する。
- ・ 当該の被害を修復するためにその後年単位で必要となる投資予測額。この予測にあたっては、当該工作物の総体的な緊急性、国やその事業者の技術力、および考えられる資金源を考慮する。国の事業実施能力と復興需要とのバランス、あるいは復興需要に対する国内の

対応能力と輸入とのバランスに特に留意が必要である。

水供給と衛生の専門家は、再建・修復に関する予想要件と能力的な限界について特段に指摘し、(時間や情報の面で条件が許す限りにおいて)適切な勧告を行う。

2 - 7 - 3 国際収支への影響

水供給と衛生の専門家は、マクロ経済の専門家が災害の経常収支に与える影響を算定できるように間接被害に関する基本情報を提供する。具体的には次のような情報である。

(1) 財・サービスの輸出の減少分

飲料水が輸出されることはほとんどないので、この項目は通常考慮されない。ただし、被災国が水供給と衛生セクターに関する技術サービスの輸出国である場合、災害に起因した国内需要の増大により、そのようなサービスの輸出力が一定の期間低下する可能性がある。この場合、その輸出の損失は次のように表す。

M\$s = 所与の期間におけるサービス輸出の損失

Ms0 = 災害が発生した年におけるサービス輸出の損失

Ms1 = 災害が発生した翌年におけるサービス輸出の損失

Ms2 = 災害が発生した翌々年におけるサービス輸出の損失

とすると、

$M\$s = (Ms0 + Ms1 + Ms2)$

(2) 輸入の増分

この項目を算定するためには、直接被害の復旧復興に必要な輸入を計上する。先に算定した直接被害算定額の輸入分合計がこの輸入に該当する。

次の手順で輸入の増分を算定できる。

Idd = 直接被害に起因する輸入の増分

Idd0 = 直接被害に起因する輸入の増分のうち、災害が発生した年のもの

Idd1 = 直接被害に起因する輸入の増分のうち、災害が発生した翌年のもの

Idd2 = 直接被害に起因する輸入の増分のうち、災害が発生した翌々年のもの(該当すればそれ以降の分も含む)

とすると、

$Idd = Idd0 + Idd1 + Idd2$

(3) 寄付

この項目は本セクターに属する国際援助で、現物、設備、資材および機械類からなる。この寄付は災害発生後直ちに(災害発生年 = 0年)寄せられる可能性が高いが、災害発生の翌年にも寄付が予想されるかどうかを明らかにする。

(4) 対外債務返済の減少分

債権国から利払いの減額が認められた場合、認められた年においてその旨明記する。

(5) 保険と再保険

水供給と衛生セクターの資産および収益について、災害リスクに対する国内保険が掛けられることが増えている。その場合、災害発生を受けて支払われるべき保険金のほか、国際収支に影響することから海外からの再保険金も算定する。

2 - 7 - 4 財政への影響

災害は次のような点で財政に悪影響を与える。

(1) 財・サービスの生産低下による税収の減少

水供給と衛生の料金請求も課税対象であり、その事業体の収入が災害発生により減少すれば、国または市町村の収入もその分減少する。この税収損失分を算定するには、次の事項を考慮に入れる必要がある。

料金請求総額の減少と水の損失による収入の減少

水道・下水道事業体が算定する該当税金の割合 (p%) と絶対値

税収の減少分は次のようになる。

$$M_i = M_{i0} + M_{i1} + M_{i2} = \text{災害発生から起算して 0 年度、1 年度および 2 年度における税収の損失分}$$

(2) 水道・下水道事業体収入の減少

給水量の低下による料金請求総額の減少は前述のとおり、当該事業体の収入減につながる。したがって、

$$M_f = M_{f0} + M_{f1} + M_{f2} = \text{災害発生から起算して 0 年度、1 年度および 2 年度における料金請求総額の損失分}$$

(3) 再建・損傷修復にかかる予算支出の増分

予算支出への影響を算定するには、総投資のところの説明した表を基準にする。

$$M_{gi} = \text{復興投資に対する予算支出の増分}$$

とすると、

$$M_{gi} = M_{gi0} + M_{gi1} + M_{gi2} = \text{0 年度の増分} + \text{1 年度の増分} + \text{2 年度の増分}$$

2 - 7 - 5 物価やインフレへの影響

災害はその規模や額によっては、水道料金や水供給と衛生セクターの復旧に必要な建設資材の価格を左右する。

(1) 水道料金の変化

災害が発生すると以下の理由により水道原価が変動することがある。

上水生産原価は、取水口の場所や種類、浄水場の種類あるいは水の輸送・揚水の方法の変更や、地下水位の低下などにより変化する。

災害に起因する原価の増加分の補助金を水道事業体が吸収するのであれば、水道料金に変更

はないはずである。

上の項目については、水道事業者が把握しているはずである。ただし、災害直後に水道料金に対する正確な影響を把握するには無理があることから、今後の動向予測は欠かせない。上記の要因による原価が上昇した場合、1㎡当たりの被害後の原価と被災前の原価の関係、あるいは被災後の水道料金の予測動向を明らかにする必要がある。

(2) 建築資材の価格への影響

水供給と衛生セクターや経済全体における建設資材の需要が被災によって増加すると、それが大きく価格に反映される。したがって、災害評価チーム全体で建設資材価格の高騰を分析する必要がある。

水供給と衛生セクターの観点からは、被災のあと年単位で実施される復旧復興に必要な主要資材の需要増加について算定しておくことよい。国内の生産能力はどの程度か、それが需要増加にどの程度対応できるか、対象の資材をどれだけ輸入できるかなどについても把握しておく。さらに、政府による価格統制の可能性にも留意する。

2 - 8 そのほかの影響

2 - 8 - 1 雇用への影響

エネルギー・セクターの場合と同様であるが、技術や設備への依存度が高いため水供給と衛生セクターにおいても上下水道の稼働に必要な人員は限られている。したがって本セクターの雇用や個人所得が災害によって受ける影響も極めて限定的である。限定的どころか、復旧期には残業が増えるために上下水道事業者の個人所得が増えることもある。

災害評価チームにおいて、水供給と衛生の専門家は雇用の専門家と緊密な連携を図り、災害が雇用および所得に与える全体的な影響を評価する。その際、水供給と衛生セクターの数字が正確に計上され、後の「被害のまとめ」に二重計上されないよう留意する。

以下は水供給と衛生セクターの雇用への影響についてである。

施設やインフラの再建による影響。上水を利用できることが住民にとって不可欠であることから、損壊した施設やインフラはできるだけ迅速に再建しなければならない。再建するインフラの技術や設計によっては、その維持管理に必要な人材の数や種類が異なるかもしれない。このような技術的な変更起因する雇用の変更は適切に明らかにする。

復旧復興期に発生する影響。緊急対応期に必要な人員の雇用は本ハンドブックで扱う評価の範囲外である。ただし、次に示すような復興期における雇用への影響は明らかにする。

- ・被災前に開始された事業が中止または延期されたためにレイオフされた労働者を復興活動が吸収する場合、雇用水準は変わらない。
- ・これまでの事業・活動が平常時のままで、復旧復興事業が労働者を必要とする場合、雇用水準は上昇する。
- ・被災前に開始された開発事業の一部のみが中止または延期された場合、雇用見通しは複雑なものとなる。

災害が政府関係者や水道事業者の投資決定に影響を与えることもある。したがって、水供給と衛生の専門家は、災害発生から起算して 0 年度、1 年度および 2 年度（復興工事がこれ以上かかる場合は該当する年度を加える）の雇用の変化を予測する際には、政府機関や水道事業者から必要な情報を入手する。

この雇用予測は復興需要に関して先に行ったスケジュールと投資予測に合わせて実施する。

2 - 8 - 2 女性に特徴的な災害影響

農村部や都市周辺部の給水システムが受ける被害は、女性に特徴的な影響をもたらす。上水道が整備されていない地域において、生活水の調達は女性が担うことが多いからである。

家庭用やコミュニティの井戸・わき水が汚染や土砂堆積により飲料水として使えなくなると、遠方まで水を調達に行く時間・労力が必要となり、女性の再生産労働を増やすことになる。

本ハンドブック第四巻の女性に特徴的な災害影響に関する章では、この再生産労働の増加を現地調査によって評価する方法について詳細に説明している。水供給と衛生の専門家は、その評価実施においてジェンダーの専門家と緊密な連携を図る。

2 - 8 - 3 環境への影響

水供給システムが利用できる水量やその水質の変化は、住民の健康と厚生に悪影響を及ぼす環境変容といえる。汚水処理や廃棄物処理の障害により発生する衛生問題もそうである。このような問題は第四巻の環境に関する章で論じているが、当該の被害額の算定は水供給と衛生の専門家の管轄である。いずれにせよ、水供給と衛生の専門家は環境の専門家と緊密な連携を図り、必要な情報を漏れなく収集するとともに、二重計算がないように努める必要がある。

付録VIII 2001年1月13日にエルサルバドルで発生した地震により水供給と衛生セクターが受けた被害の評価⁴

2001年1月13日、マグニチュード7.6の地震がエルサルバドルを襲った。震源は、サンミゲル市の南東約100kmの太平洋沖であった。この地震はエルサルバドル全体だけでなく近隣国でも体感されているが、被害が最も甚大だったのは、ウスルタン、ラパスおよびサンビセンテの各県であった。

この地震は数多くの強い余震を伴ったが、国民の最貧困層の住宅、ライフライン、教育、医療の面を中心に大きな被害を与えた。あらゆる生産セクターと国の基礎的インフラが被害を受けた。

水供給と衛生セクターの評価に必要な情報の大部分は、上下水道公社(Administración Nacional de Acueductors y Alcantarillados: ANDA)、米州保健機構(PAHO/WHO)および保健省から入手した。

1. 水供給と衛生

エルサルバドルの被災前の給水率は都市人口の86.8%(295万1565人)、農村人口の25.3%(83万130人)であった。汚水処理人口普及率は都市人口の85.9%(272万7160人)、農村人口の50.3%であった^{5, 6}。

上記の普及率の内訳から、(都市と農村を合わせた)全体の給水率は60.4%、汚水処理人口普及率は68.3%であることが分かる。水供給および汚水処理の主体は、ANDA、市町村および保健省のほか、農村部を中心に活動する国内外のNGOである。

(1) 水供給

ANDAの被害報告書によれば、都市部の水道で最も被害が甚大であったのが配水池と配水設備である。被害の程度は、壁にひびが入った程度から、支持構造物(梁、塔など)の弱体化、地盤沈下まで様々である⁷。

サンサルバドル首都圏をはじめとするANDA管轄地域では、井戸やポンプ場からの水流が大小様々な規模の影響を受けた。他方、斜面の地盤のゆるみと地すべりにより傾斜地に近い所を中心に水道本管が破裂し、その復旧が完了するまでの数日から数週間、給水が止まった。電気系統や浄水場は被害を受けたものの、修復・復旧に時間はかからなかった。

残念ながら、ANDA管轄外の市町村における水供給システムの被害状況は把握できなかった。

約400存在する農村給水システムのうち、32のシステムが程度の差はあれ、被害を受けたことが報告されている。被害の主な内容は、傾斜地や渓谷の近郊など、地盤が不安定な地域を中心に

⁴ ECLAC (2001) *El terremoto del 13 de Enero de 2001 en El Salvador. Impacto socioeconómico y ambiental*, Mexico City, February 2001.

⁵ Dirección de Planificación (1999) *Boletín estadístico* N° 21, ANDA, San Salvador, 1999.

⁶ OPS/OMS - UNICEF (2000) *Evaluación global de los servicios de agua y saneamiento - Informe analítico*, San Salvador, July 2000.

⁷ ANDA (2001) *Información preliminar de agua potable y alcantarillado sanitario a nivel nacional - Ocasionado por el sismo del 13/01/2001*, San Salvador, 2001.

水道本管の接合部の外れや破裂である。浅井戸の内壁が被害を受けた地域では、内壁を清掃するか、ほかの水源を確保する必要に迫られた。被害推定によれば、約1万400の家庭用浅井戸が修復ないし再建が必要な被害を受けたが、その被害は農村部や都市周辺部に集中していた。

ANDAをはじめとする関連機関のデータによれば、都市部の約50万世帯が一時的に水道を利用できなくなった。これは通常の給水人口の15%に相当する。農村部では、給水人口の9.1%（7万5626人）への給水が一時的に停止した⁸。

緊急対応期には、タンク車両を活用して適切に塩素消毒された水を給水したほか、通常の給水が被害を受けた地域では可搬式の浄水設備を投入した。タンク車両が2月8日までに給水した量は1万8968 m³に及んだ。

ANDA、市町村および地方水道局も災害直後から緊急対応を行い、被災した給水管網の修復に努めた。その際、都市水道、あるいは地方水道局やANDAが直ちに費用を負担できる農村給水網を優先させた。給水の復旧を最優先させたため、地すべりが発生した渓谷沿いを中心に、復旧工事が災害脆弱性を高めてしまった例もある。地震により地盤がゆるんだままの傾斜地は、地震、人間活動および降雨の影響を極めて受けやすくなっており、当初の地震と同等かそれ以上の被害を受ける可能性がある。

(2) 汚水処理システム

汚水処理施設の被害はANDAからは報告されておらず、市町村の発表もない中、災害評価チームは、被害があれば汚水処理システムの稼働中に表面化すると結論付けた。下水道管の敷設箇所、特に水道本管にどれだけ近いかによるが、上水が汚染された可能性も少ないながら排除できなかった。

農村部や都市周辺部における衛生設備の中心である簡易トイレは、被害が最も甚大な地域を中心に半全壊した。農村部における損壊家屋数や衛生設備の被害状況に関する情報によれば、約6万3000の簡易トイレが被害を受けている。

(3) 廃棄物処理

廃棄物の収集・処理を担うのは市町村である。現地調査ではこの面での被災状況に関する情報は一切得られなかった。COMURES（エルサルバドル地方自治体協会）が被害状況の把握に努めることになっている。

2. 被害推定額

水供給と衛生の諸システムが受けた直接被害推定額は1310万米ドルである。間接被害（水道・下水道事業者にとっての費用増分と収入損失分）の推定額は330万米ドルである。したがって被害総額は1630万米ドルとなる。国際社会による緊急支援総額は100万米ドルである。他方、給水、汚水処理などが一時的に停止したことにより、ANDAへの国の補助金が約52万5000米ドル分節約できた（表A8 - 1 参照）。

⁸ Gerencia de Sistemas Rurales (2001) *Informe de daños a sistemas rurales de agua potable hasta el 29/01/2001*, ANDA, San Salvador, 2001.

表A8 - 1 2001年 1月のサンサルバドル地震による被害のまとめ

(1,000米ドル)

項目	被害総額	直接被害	間接被害	国際収支への影響
合計	16,340.0	13,062.0	3,278.0	8,500.0
1. 都市部	8,363.0	6,200.0	2,163.0	5,000.0
・インフラの被害 ^{注1}		6,200.0		
・緊急支援 ^{注2}			663.0	
・期待収入の損失			1,500.0	
2. 農村部	7,977.0	6,862.0	1,215.0	3,500.0
・農村給水システムの被害		362.0		
・緊急支援 ^{注1}			1,215.0	
・浅井戸の被害		500.0		

注1：復興費用には、地震の被害を受けた公的セクターの建造物の修復費も含まれる。

注2：運転費用の増分も含む。

第 3 章 運輸・通信

3 - 1 はじめに

本章では、災害が被災国・地域の運輸・通信システムに与える影響について、ECLACの30年の経験の中で最も被害が甚大であった部門である道路交通とそのインフラを中心に論じる。通信や沿岸インフラについても触れる。

本書のようなハンドブックでは、運輸・通信セクターが受けるあらゆる被害を想定することは不可能である。インフラやサービス、あるいは災害の原因となる現象は国ごとに大きく異なるからである。本ハンドブックでは、本セクターについての一般的な評価手順について説明する。これを各事例の個別の状況に応用するのは、運輸・通信の専門家の仕事である。

緊急対応期が終了するまで評価を実施しないという一般的なルールは、運輸・通信にとって特に重要である。緊急対応期では、評価に関わるべき現地担当者は当面の対応に忙殺されているのが普通であり、必要な情報は収集できていない。また、自然災害が終息しない限り、完全無欠の評価は不可能である。例えば、地震の評価では、大きな被害をもたらしかねない余震の影響まで視野に入れなければならない。長引く洪水の影響（例えば、太平洋に面した南米の国々におけるエルニーニョ現象の場合）についていえば、水が完全に引くまで十分な評価はできない。

現地評価調査が開始されたら、運輸・通信の専門家は、被災国・地域の現地担当者（民間防衛組織ないし同等の組織、公共事業省ないし運輸省、被災した市町村などの代表者）と面会し、次に示す課題の実施を図る。

対象となる災害の特徴に関する詳細を入手する。

運輸・通信セクターの被害の地理的範囲を確定する。

官民の運輸・通信インフラの被害について担当する行政機関のあたりをつける。

被害評価に不可欠の基本情報の収集にあたり、協力をしてもらえそうな地方組織の担当者と初めての接触を図る。

災害評価チームが定期的に調整会合を持つことにより、運輸・通信の専門家はほかのチームメンバーから必要な情報を入手するとともに、同一の被害を複数のセクターに計上することを避けることが可能となる。特に後者の点は運輸セクターにとって重要である。なぜなら、運輸セクターは農業や工業が利用するため、二重計算をしてしまう可能性が高いからである。

被災地の現地視察は不可欠である。被害の範囲のあたりをつけるのに公式の航空写真を閲覧することは重要だが（写真は評価を実施する前に準備されているのが通例）、現地を視察することは徹底的な評価の鍵となる。橋梁の倒壊、浸食された路床、浸水などで現地に近づけないときは、陸路を断念し、ヘリコプターや軽飛行機でそのような場所を回避して現地に向かわざるを得ないこともある。

3 - 2 被害の定量化

3 - 2 - 1 道路網と陸上輸送

本セクターにおいて最も大きな被害を受けるのが道路網であることが多い。国や地方自治体は最低限のこととして、道路インフラが受けた直接被害について予備評価を実施する。具体的には、最低限の交通ないしアクセスを復旧させるための緊急対応、インフラを被災前の状態または適切な維持管理がなされたと仮定した場合の状態まで復旧させること、迂回路の新設、耐用年数の長い橋梁への架け替えなどの改善、という3点について費用算定を実施するのが一般的である。初めの2点に関する工事の費用は直接被害の算定に直接関わることであるが、第三の点は復興事業の策定において重要な意味を持つ。復興事業の策定については、被害評価完了後に運輸・通信の専門家が関わることになる。

国や地方自治体が公表する正式な直接被害の算定を精査する。この算定は次の理由により、不完全であったり、完全に信頼できるものではなかったりすることが少なくない。

道路不通区間が発生すると、それよりも上流側の区間が受けた被害を発見し評価することが難しい。

国や地方自治体は、復興資金を増やそうとして被害を過大に評価した可能性がある。

保守の不備により被災前に相当な損傷を受けていた可能性がある。

この直接被害算定では、関連の機関・組織がすでに予算化していた正規労働力の費用など、復興費用の一部を見落としている可能性がある。

国は、地方が管理するインフラや民間運営のインフラの被害を計上していない可能性がある。このような直接被害算定では、自家用車両の被害を計上することはまずない。

したがって、運輸・通信の専門家はまず、公式推定があらゆる関連要素を検討し、被害を正しく定量化しているか検討しなければならない。主要な資産の単位原価を表 3 - 1 にまとめた。

国や地方自治体は、被害を受けた道路網の復旧ニーズの把握を主眼としており、(被害全体の一番大きな割合を占める)間接被害の評価は行わないというのがこれまでの一般的なあり方である。

災害が発生すると通常、発着輸送量は減少する。その意味で、災害発生前後の単位輸送費用の差を求め、それに平常時の輸送量を掛け合わせるのは間接被害の過大評価となり、不適當である。災害発生後の輸送量を掛け合わせるのは間接被害を過小評価となり、同様に不適當である。

運輸・通信の専門家は、地方自治体が実施した直接被害推定額を必要に応じて修正、更新する。ただし、間接被害については一から独自で算定しなければならない。

間接被害の評価では、被災した道路上の車両交通の営業費用について、平常時と比較した増分を(金銭的に)定量化する必要がある。この定量化にあたっては、道路の不通や車両の運転費用の高騰に起因するトリップ数の減少により失った期待利益も考慮しなければならない。

この間接被害は次の一般公式で求めることができる(なお、この公式では、税金が車両の運転費用に与える影響など、時間的な余裕があれば考慮すべき要因が考慮されていない)。

表 - 3 - 1 主要資産の単位当たりの直接原価

項目	価格(米ドル)
新車の実用車(平均)	10,000
新車の小型車(平均)	10,000
新車の高剛性フレーム貨物自動車(平均)	60,000
新車の都市バス(平均)	100,000
新車の都市間バス(平均)	150,000
新車の自転車(平均)	150
新車の二輪車(平均)	500
平坦地/起伏地の未舗装道路1km当たり(再建)	10,000
起伏地/山間地の未舗装道路1km当たり(再建)	20,000
平坦地/起伏地の石畳道路1km当たり(再建)	50,000
起伏地/山間地の石畳道路1km当たり(再建)	75,000
平坦地/起伏地の片道1車線の舗装道路1km当たり(再建)	100,000
起伏地/山間地の片道1車線の舗装道路1km当たり(再建)	150,000
舗装道路1km当たり(復旧)	25,000
石畳道路1km当たり(復旧)	15,000
未舗装道路1km(復旧)	5,000
片道1車線の舗装道路のホットホール修復1km当たり	2,500
全長20mのベアリー橋、CIF輸入国	200,000
中古の2,500馬力ディーゼル機関車	750,000
中古の750馬力ディーゼル機関車	450,000
新規の貨物車	85,000
新規の客車	500,000
鉄道片方向1km(再建)	100,000
新規の軽飛行機	500,000
50人乗りプロペラ機(新規)	15,000,000
150人乗りターボジェット機(中古)	20,000,000
全長20mの漁船(木製、新規)	65,000
全長25mの漁船(金属製、新規)	200,000
グレーダー(中古)	75,000

$$\text{間接被害} = \frac{q_0}{q_1} p_0 - p_0(q_0 - q_1) + q_1(p_1 - p_0) \quad (1)$$

ただし、

q_0 = 平常時の交通量

q_1 = 被災後の交通量

p_0 = 平常時の交通輸送費用

p_1 = 被災後の交通輸送費用

この公式をどのように当てはめるかは、基本情報がどのくらい入手できるかなどの状況に左右される。道路の区間とその前後の区間とは交通量が異なるなどの矛盾点が出るとしても、通常は道路の被災区間ごとに公式を当てはめる。なお、交通輸送費用には、その交通を利用する人の個人的な時間の費用も含める。

通常は、軽車両、バス、貨物自動車と分けて公式を適用できるほど十分な情報が確保できる。

以下に一般的な手順を示す。

現地の道路技術者と協議し、道路の各被災区間について、被災前の国際ラフネス指数（IRI）を算定する。

各被災区間について、車両の種類ごとの被災前の運転費用をIRIの関数として算定する。その際、世界銀行の道路設計モデルを被災国あるいは同等の国において適用した結果などを参考にする。

対象道路区間の被災後のIRIと運転費用についても、上記のとと同様に算定する。

被災前の交通量を、さらにはその交通量と運転費用の価格弾力性を算定し、 $q = kpe$ で被災後の交通量を求める（ q = 交通量、 k = 補正因子、 e = 価格弾力性）。

各道路区間の被災前の交通量については、交通調査の結果、あるいは道路および車両の種類ごとに平常時の交通量を把握している現地の道路技術者から情報を得る。価格弾力性については通常、運輸・通信の専門家の経験から推定する。ただし、被災後の交通量（公式（1）の q_1 ）に関する情報がある場合は、概算で算定してもよい。

最後に公式（1）を適用する。

公式（1）による算定値については、次に挙げる状況が1つまたはそれ以上当てはまる場合、別の算定を行ってこれを補う。

橋梁が全壊した場合。この場合、川のいずれかの側に取り残された貨物自動車とその乗員に関する費用、フェリーや全壊した橋梁に平行して走る鉄道による連絡に必要な費用、および貨物自動車の迂回路を取らなければならないことに伴う費用も計上する。

貨物自動車やバスによる交通輸送を空の交通輸送に切り替えた場合。この場合も上記の公式は有効である。ただし、 q_1 と p_1 の値は陸路以外の交通輸送とする。

迂回を余儀なくされた場合。この場合の費用は、走行距離の増分と1 km当たりの交通輸送費用の増分である。

運輸・通信の専門家はいうまでもなく、当面对処できそうもない道路被害の総距離を算定しなければならない。この点について国の当局者は楽観的すぎる人が多いため、運輸・通信の専門家が、確保可能な機械類や労働力といった生産能力、被害を受けた道路の総延長および妥当な復

旧スケジュールを考慮して独自の算定を行う。間接費用の算定値は現価で表すとともに、未来原価については当該の割引率を適用する。

次に道路以外の運輸関連部門についてであるが、道路部門よりも間接被害は低くなるのが一般的である。上記の算定方法を適用できるが、ほかの留意事項がある。例えば、自然災害により鉄道交通輸送が不通になった場合、その一部は道路など、ほかの交通輸送手段に振り替えることが多いが、それはあくまで一部である。この場合に公式(1)を適用する場合、 p_0 は鉄道による交通輸送費用、 p_1 はほかの交通手段となる。鉄道貨物料金、特に私鉄の貨物料金は、短期の限界交通輸送費用よりも高いのが通常である。

p_0 の値は、利用者が負担する貨物料金を基準とし、公式(1)を適用して鉄道利用者が被る損失を求める。鉄道事業者が被る損害(およそ放棄所得に等しい)を計上するが、これは次の公式により算定する。

$$(q_0 - q_1)(f_0 - c_0) + q_1(c_1 - c_0) \quad (2)$$

ここで

f_0 = 貨物輸送料金(輸送単位当たり)

c_0 = 被災前の限界交通輸送費用(輸送単位当たり)

c_1 = 被災後の限界交通輸送費用(輸送単位当たり)

平常時においては、 $p_0 = f_0$ である。 p_0 の値には鉄道利用者に課せられる追加的費用(駅までのトラック輸送費など)が含まれているためである。

災害はどれひとつとして同一のものはないため、考えられるすべての仮定について算定例を本ハンドブックに掲載することは不可能である。運輸・通信の専門家には、自身の基準および経験に基づいて以上の指針を個別の事例に当てはめることが求められる。

ラテンアメリカ・カリブ海地域では運輸セクターの民営化傾向が強まっているため、被害評価を複雑なものにしている。利用度の高い交通インフラ(幹線道路、港湾、鉄道など)の民営化が進行しており、関連施設や設備を所有する民間会社も出てきている。

このような民間企業は、財政的な支援につながらない限り、政府機関と比較して基本情報の提供に消極的な傾向がある。また、企業は官公庁よりも全国各地に広がっていることが多いため、現地訪問がその分大変になる。

被害を受けた交通インフラが委託運営で料金を徴収している場合、損害は利用者と委託業者に及ぶ。利用者の損害を算定するには、基本的に公式(1)を用いるが、 p_0 および p_1 の値を交通サービスの限界費用ないし直接費用ではなく、利用者が支払う料金とする。委託業者の損害を算定するには公式(2)を用いる。

3 - 2 - 2 船舶輸送や航空輸送とそのインフラ

船舶輸送や航空輸送の各部門も道路部門と基本的に変わらない。特に直接被害については同一と考えてもよい。ただし、間接被害の評価については、部門ごとの調整が必要である。船舶輸送や航空輸送の間接被害評価に伴う問題点は、次節で扱う通信部門とも共通する。

道路が災害による被害を受けると貨物自動車や乗用車の運転費用が増加することが多いが、空や海・川による輸送の場合は運転費用が基本的に変わらないことが多い。水位が通常を上回って

も船舶の運航に影響を及ぼすとは限らない。災害により航路が変更になることはあるが、変更がない場合は、運転費用もまず変わらないであろう。ただし、川の水位が低下したため比較的小型の船舶が必要な場合、あるいは滑走路が被害を受けたため比較的小型の航空機が必要で単位輸送費用が増加する場合はこの限りではない。その場合は公式(1)をそのまま当てはめることができる。

船便や航空便が悪天候や港湾・空港の被害により運休になった場合、被災後の単位輸送費用である p_1 の値(運賃や貨物輸送料のほか、その移動に費やす個人的な時間の価値などの利用者が被る損失)を算定するのは極めて困難となることもある。運航ルートによっては運航便の一部または全面の運休は、総輸送費用の減少にもつながる(災害により全面運休になれば q_1 の値は0となり、このため、公式(1)の $q_1(p_1 - p_0)$ の部分も p_1 の値が無限でない限り0となる)。この減少した総輸送費用の算定にあたっては、減価償却費の一部、人件費、一般管理費など一部の費用要素は変化がないことに留意する。災害発生時やその直後には運休となってもやがては復旧し、その際には運休分を取り戻すための増便も予想されることを念頭に置く。

運航便の運休により貨物便が数週間の足止めを余儀なくされた場合、費用 p_1 には、金利(この算定は単純)と貨物の劣化という損失(定量化は比較的複雑)も計上する。貨物便の遅れは大きな損害を招きかねない。例えば、医薬品が送付先に届かないと人的被害の拡大を招き、工場も原材料が納入されないと操業停止に追い込まれる。運輸・通信の専門家にはこのような被害の評価も求められる。人的輸送の場合、 p_1 の費用には生じた不都合というコストの推定額も計上する。この不都合というコストを納得できる形で定量化するには調査を実施するしかなく、災害被害評価の中で実施することは不可能であるが、何とか定量化しなければならない。次節では、学問的には議論があるだろうが、そのための方法を提案する。

3 - 2 - 3 通信

通信部門では、ファクス、インターネットおよび電子メールをはじめとする電気通信全般を扱う。基本的にラジオやテレビの放送も通信部門である。ほかの部門同様に、この部門の災害被害も直接被害と間接被害に分けて検討する。

運輸産業、特に委託運営のインフラと同様のアプローチを通信部門に対しても取ることにする。現在では通信事業者の大半は民間企業となっているからである。直接被害費用は、3つのカテゴリーのインフラ、すなわち、通信を管理する施設、発信施設および放送施設、情報を送受信するための設備機器の復旧に必要な費用である。第一のカテゴリーとは、管理運営本部、修復施設、研究所などである。第二のカテゴリーは主に、アンテナ、ケーブルのほか、理論的には無線通話を伝達する短波信号が行き来する大気も含む。第三のカテゴリーは、固定電話、携帯電話、コンピュータ、ファクスなどである。

災害発生後のサービス復旧とこの3つのカテゴリーにおける損壊資産の交換に必要な費用を算定するには、道路交通や鉄道に関する一般的な被害算定方法を踏襲するのが基本である。ただし、20世紀の終わりから21世紀の初めにかけて急速に進んだ通信部門の技術革新に留意する必要がある。この技術革新のために、一部のインフラについては陳腐化と減価償却が加速化したため、企業会計におけるインフラの価値は過大評価されていると考えられる。

現在はデジタル技術が主流となっているため、洪水で損壊したのがアナログ交換局やダイヤル式の電話であれば、その実質的な取替原価は相当に低いはずである。したがって、災害発生時の

現価でインフラ設備機器を評価することが重要である。被災国に対象となる種類のインフラ設備機器の市場がない場合、その種類ごとの耐用年数と実際に被害を受けた設備機器の平均使用年数と性質に基づいて評価を行う。

被害を受けた設備機器を修理するのは、新しい設備機器を購入した方が低いコストで生産性が高い場合には経済合理性を欠くことがある。そのような場合、取替原価を検討するよりは、次の公式が有効である。

$$\left(\text{新しい設備機器の費用} \right) \times \left(\text{古い設備機器の生産性} \right) \times \left(\text{新しい設備機器の生産性} \right)^{-1} - \left(\text{アナログ設備機器の残存価値} \right)$$

ただし、どれとして同じ事例はないので、評価担当者の専門的な経験と判断で評価を行う。

間接被害は、私鉄の場合と同様、交通機関の利用者と事業者の双方が受けることが多い。事業者の間接被害が公式(2)を用いることで比較的簡単に定量化できることが多い。他方、後ほど説明するように、利用者の間接被害を算定するのははるかに難しい。

通信システムは災害に弱く、通話やファクス、電子メールの送信に障害が発生しやすい。その場合、公式(1)の p_1 に値を代入することが極めて難しい。災害直後には任意の2点間の連絡が全く取れなくなる、という意味で通信産業は航空輸送や船舶輸送と類似している。

したがって、災害の結果として不通になった通話やファクス、電子メールの平均価値も算定しなければならない。しかし、その算定にあたって理論的に満足のいく公式は存在しないのが現状であり、単純に利用者が通常支払う料金の2倍としてもよい。

この価値の算定は、全く主観的な方法で通話などの価値を測ろうとするものだが、これより良い方法はまず見つからない。理想をいえば、通話、ファクスおよび電子メールの需要の性格を明らかにした業界の研究にアクセスでき、通話などの数ないし量と対応する料金を基に算定できればそれに越したことはない。

被災者の通信行動に基づく通話など(通話、電子メールなど)の需要の関数の算定が可能となるデータが入手できることもある。例えば、ある都市において、平常時には q_0 の値の通話が固定電話や携帯電話でなされており、その際の通話料が p_0 とする。固定電話や携帯電話が通じない災害時においては、軍が設置した非常電話から被災民が掛ける通話の量が q_1 とし、その際の待ち時間が3時間とする。被災民の個人的な時間の価値を算定すれば、 p_1 の値を求めそれを公式(1)に当てはめることができる。ただし、ひとつとして同一の事例はないので、最もふさわしい形にアレンジする必要がある。

通信サービスが不通になるのは比較的短期間であることが多い。地下ケーブルや高架ケーブルから一時的にでも無線に切り替えが可能な現代においては特にその傾向が強い。

3 - 2 - 4 沿岸インフラ

本節では、災害が沿岸インフラに与える影響を検討する。ハリケーンなどの自然現象が甚大な被害に結びつく小島嶼開発途上国(Small Island Developing State: SIDS)にとっては最も重要な課題であるが、大陸国の沿岸部にも当てはまる。

SIDSの国土面積に占める沿岸地帯の割合は極めて大きい。その上、都市開発インフラ(病院、警察署、公共事業体などの必須インフラを含む)、工業地区、港湾インフラ、係留施設、漁村、観光施設などのインフラも沿岸地帯に集中していることが多い。カリブ海地域、特に小アンティ

ル諸島では、火山やサンゴ礁によってできた島がほとんどである。火山島は山地が大部分を占めるため、沿岸部の比較的狭い平地に開発が集中しがちであり、他方、サンゴ礁によってできた島では、開発が島全体に展開される傾向が強い。いずれにせよ、沿岸の道路が島の中心地と観光施設を結ぶ主要な連絡路となっていることが多い。このようなインフラが被害を受けると島の経済にとって大打撃となり、復旧には1年以上かかり、島民にとって大きな苦難となる。

(1) 必要な情報

1) 沿岸道路

次の項目についての情報は最低限必要である。

- ・ 主要道路、幹線道路の建設・修復を管轄する省庁
- ・ 道路の物理的被害の範囲
- ・ 撤去あるいは損壊した道路資材の実質量
- ・ 町と農村部の中心地を結ぶ道路網における被災道路の位置付け
- ・ その道路を利用する主な交通の量と種類
- ・ 災害により被害を受けた可能性のある公益事業の範囲
- ・ 現地の地勢や海底水深
- ・ 被害をもたらした可能性のあるハリケーンに伴う波浪状況
- ・ 沿岸インフラの建設基準や設計基準（カリブ海地域では、基幹インフラ以外のインフラについては50年に一度のハリケーンに耐えられる設計基準が一般的）
- ・ 復旧活動における護岸工作物の必要性の算定

2) 港湾・係留施設

観光業の成長に伴い、カリブ海地域のクルーズに対処するために多くの港湾施設が開発されている。港湾区域に周遊船用の施設とほかの一般港湾施設が同居していることもある。カリブ海地域では、ヨット愛好家のための係留施設が整備されつつある。係留施設の規模は大小様々であり、小型ヨットから大型ヨットまで対応している。港湾や係留施設は、防波堤などの構造物で守られていることが多い。ただし、地形上その必要がない場所を除く。

港湾・係留施設の被害評価に必要な情報は次のとおりである。

- ・ 港湾の運営を管轄する省庁
- ・ 被災前の施設の配置を示す図面や地図
- ・ 物理的被害の範囲
- ・ 設備別の被害状況一覧（該当する場合）
- ・ 係留施設の被害一覧
- ・ 災害につながるハリケーンに伴う波浪状況
- ・ 海底水深の概要
- ・ 復旧・修復の必要性（建造物の適切な種類、必要な資材のおおまかな量も含む）
- ・ 復興に必要な資材の入手可能状況
- ・ 復興に必要な資材、労働力および特殊設備のうち、海外に依拠せざるを得ない部分

3) 砂浜や海岸の浸食

砂浜や海岸の存在とその保護は観光セクターや各種生態系にとって最重要課題である。熱帯

暴風やハリケーンにより砂浜の大規模な浸食が発生した場合、その砂浜近くのインフラも被害に晒される。それは観光関連のインフラのことが多いが、民生用や産業用のインフラの場合もある。砂浜以外の海岸においても、防潮壁や護岸壁が被害を受ける。生態系の関連でいえば、砂浜は絶滅の危機に瀕しているウミガメの産卵地となっていることが少なくない。大規模な浸食が発生すると、流された砂が藻場やサンゴ礁に堆積しかねない。砂浜は自然に回復するが、復旧活動と並行して回復を促進する措置が必要な場合もある。

海岸線の被害評価には以下の情報が必要である。

- ・ 地方の環境局が定める海岸後退規制
- ・ 海岸の物理的な被害の範囲
- ・ 失われた砂浜の砂や小石の量、海岸の浸食量
- ・ 失われた砂や小石の行方の概要
- ・ 現地の海底水深と海浜変形傾向の概要
- ・ 現地の波候の一般背景情報
- ・ 海岸の被害をもたらす波浪状況
- ・ 適切な復旧戦略（対策を取らないという選択肢も含む）
- ・ 浚渫機の国内調達可能状況と輸入の必要性
- ・ 海岸変形防止のための特殊建造物建設に使われる被覆石の入手可能状況
- ・ 被害を受けた海岸近くのサンゴ礁や藻場の概要
- ・ 生物の生息環境の損失概要

4) 取水施設と排水施設

沿岸部や島嶼部の多くは、降雨量や地下水が不足しているため、汽水や海水から真水を抽出している。場所によっては淡水化プラントが設置されており、汽水を取り込んで塩を多く含んだ水を地下や海に放出している。さらに、市町村単位や事業単位の排水処理では、処理水を海に放流する場合もある。実質一次処理しかされない排水は海底放流管から海に放流されることが多い。他方、二次処理や三次処理までされた排水は海に放流されることもあるが、灌漑用水として再利用されることの方がはるかに多い。排水施設や取水施設が災害により被害を受けると、そのコミュニティの保健衛生状態が大幅に悪化するなど、コミュニティの規模を問わずに深刻な事態となりかねない。

取水施設や排水施設の被害評価にあたっては、次の情報やデータを入手する。

- ・ 水供給と衛生を所管する地方政府機関の把握
- ・ 物理的被害の範囲（地上および海底の施設）
- ・ 被害を受けた配管そのほかの設備の種類と量
- ・ 被害を受けた施設の利用者層（コミュニティを対象にした市町村営の処理場、ホテルを対象にした淡水化プラント）
- ・ 災害を招く可能性のあったハリケーン関連の波浪・高潮の概要
- ・ 必要な修復・復旧の概要
- ・ 修復に必要な資材のうち、国内で調達可能な割合
- ・ 修復に必要な建設資材、特殊技能を有する人材および専門設備のうち、海外からの調達が必要な割合

(2) 情報源

被害評価にあたっては、以下の機関が貴重な情報源となる。

- ・ 公共事業局と運輸省
- ・ 公営企業
- ・ 港湾当局
- ・ 調査局
- ・ 技術規制機関
- ・ 建設業者
- ・ 採石事業者
- ・ 資材供給業者
- ・ 観光局
- ・ 上下水道局
- ・ 環境規制局

(3) 被害内容

1) 直接被害

沿岸道路

- ・ 道路および路盤の被害
- ・ 道路関連の護岸構造物の被害
- ・ 道路と関連する公営企業施設の被害

港湾・係留施設

- ・ 係留施設やその入口に整備された防波堤の被害
- ・ 停泊区域内の埠頭、棧橋などの係船施設
- ・ 港湾・係留施設の運営に必要な専用施設の被害
- ・ 係留施設に付随する通路、陸地側施設およびインフラの被害

砂浜・海岸

- ・ 砂浜の浸食量
- ・ 砂浜の後背地に整備されたインフラの被害（観光インフラを含む）
- ・ 砂浜の後背地に整備された公営企業施設の被害
- ・ 護岸工作物の被害
- ・ 生態系生息環境の損失

取水管・排水管

- ・ 取水管・排水管の被害
- ・ 取水管・排水管の固定装置の被害
- ・ 海岸沿いの関連施設設備の被害

2) 間接被害

沿岸道路

- ・ 農村部の中心地から都市部の中心地への人の移動が阻害されたことによる生産性の損失
- ・ 車両通勤で迂回路を使わざるを得ないことによる交通費用の増加
- ・ バスやタクシーが被災道路を運行できないことによる収益の損失
- ・ 公営企業施設の被害による収入の損失

港湾・係留施設

- ・ 災害によって周遊船が停泊しなかったことによる収益の損失
- ・ 港湾運営に伴う支援サービスからの収益の損失
- ・ 係留施設の許可サービス業務からの収益の損失

砂浜・海岸

- ・ 砂浜のレクリエーション的価値に起因する収益の損失
- ・ ホテルをはじめとする観光関連施設が砂浜の消失や海水・波の流入に伴い閉鎖に追い込まれた結果、この観光関連施設が失う収益
- ・ 重要な生態系生息環境の破壊による砂生成能力の損失

取水管・排水管

- ・ 処理場の稼働不能に起因する期待収入の損失
- ・ 下水処理能力の低下が保健医療セクターに与える影響
- ・ 復旧活動

(4) 被害の定量化

1) 直接被害

評価プロセスにおける被害の定量化において、沿岸インフラの専門家は復旧・修復に関わる地方政府機関の担当者、あるいは被害を受けた施設の運営に直接関わる機関と連携する。被害を受けた構成材や修復に必要な資材の実際の量をより正確に算定することができるからである。

沿岸道路、港湾・係留施設、砂浜・海岸および取水・排水構造物の直接被害の定量化にあたっては次の手順を踏むとよい。

- ・ 被災国によっても変わるが縮尺が25,000分の1から2,500分の1の最新測量図を入手する。
- ・ 現地の関係者との協力や現地調査を通じて被害の範囲を確定する。
- ・ 実際に損傷・損壊した道路・路盤の量を算定する。
- ・ 修復が可能か、総取り替えが必要かを判断する。
- ・ 修復部分の割合を考慮して修復費用または取替原価を算定する。
- ・ 被災国・地域における同様の道路工事の費用を参考して復旧の費用を算定する。
- ・ 復旧活動に護岸工作物の設置を組み込むかどうか判断する。組み込む場合は(次に続く)
- ・ 海岸線における設計波高を算定し、必要な護岸工作物の大きさと容積を算定する。
- ・ 被害を受けた公益事業施設の修復・再建が必要な程度を算定する。

上記の手順に加え、港湾・係留施設について次の情報をできるだけ入手する。

- ・ 港湾区域または係留施設区域の最新測量図を入手する（縮尺は2,500分の1が望ましい）。
- ・ 被災地域の海底地形データを入手する。
- ・ 現地の関係者との協力や現地調査を通じて被害の範囲を確定する。
- ・ 区域（防波堤区域、停泊区域、陸地側施設など）別に被害実態を評価する。
- ・ 修復が可能か、総取り替えが必要かを判断する。
- ・ 現地の建設業者や政府機関と協議し、近郊地域における同様の修復の費用を算定した上で、再建ないし取り替える工作物の費用を算定する。

砂浜・海岸の被害の定量化には次の項目を計上する。

- ・ 失われた砂浜の量
- ・ 砂浜再生の費用（再生の方法は、指定の海底から砂を採取し、被害を受けた海岸線にまく方法が一般的）
- ・ 海岸線の安定を確保する堅牢な土木構造物（護岸壁、防潮壁など）の必要性

取水・排水構造物の直接被害には次の項目を計上する。

- ・ 被害を受けた配管のサイズ
- ・ 配管の被害箇所長さ
- ・ 被害を受けた可能性のある陸地側の関連インフラ
- ・ 災害により破裂した可能性のある配管の固定装置

2) 間接被害

間接被害は、評価・修復・復旧の期間に発生すると考えられる。間接被害を定量化するには、すでに指摘した情報源からデータを入手する必要があるが、沿岸インフラの専門家には、かなり限られた時間の中で適切な情報源を割り出すことが求められる。

上記の沿岸インフラの種類について間接被害の定量化を行う上で以下の項目に関する情報が必要となる。

- ・ 被災道路の被災前の交通量
- ・ 平均的な通勤料金、ガソリンや軽油の費用、平常時に被災したルートを利用する通勤者の平均的な数
- ・ 被害を受けた公営企業体の収入損失の推定額
- ・ 被災前の平均的な周遊船寄港数
- ・ クルーズ船寄港1回当たりの平均的な観光客の数
- ・ クルーズ船料金と観光客1人当たりの平均支出額
- ・ 通常寄港する一般貨物船ないしコンテナ船の数
- ・ 平均的な手数料
- ・ 海運会社の収益損失推定額
- ・ 係留施設に停泊する平均的なヨットの数
- ・ 平均停泊料
- ・ ヨットを顧客とする小売業者の収益損失推定額
- ・ 平常時に砂浜で営業する小売業者やマリンスポーツ業者の数とその収益損失推定額
- ・ 復旧工事の期間レイオフされたホテル従業員やそのほかの観光関連の従業員の数とその

平均給与

- ・ 淡水化プラントの取水管の被害に起因する給水事業者の収益損失推定額
- ・ 下水道の被害に起因する収入損失について上下水道局が推定した額
- ・ 別の方法で水供給・下水処理を行うことに伴う費用

この節では各種沿岸インフラ・施設について被害算定方法を説明してきたが、ほかのセクターと重なる部分が多い。例えば、上下水道施設の被害は水供給と衛生セクターに、観光施設の被害は観光セクターに計上すべきであり、自然資源（砂浜、サンゴ礁など）の被害は環境影響評価で検討すべきである。二重計算にならないよう、特段の注意が必要である。ただし、道路、滑走路、空港、港湾、棧橋、係留施設などの被害は、運輸・通信セクターとして算定・計上する。

3 - 2 - 5 そのほかの影響

ほかのセクターと同様、運輸・通信セクターにおいても被害を公的セクターと民間セクターに分類しなければならない。これは、復旧復興の対応には様々な形態を取らざるを得ない、あるいは女性に特徴的な災害影響に便乗して復興が行われる可能性がある、などの理由による。したがって、運輸・通信の専門家は各セクターについて直接被害と間接被害を分けて算定しなければならない。

これもほかのセクターと同様であるが、運輸・通信セクターの被害も被災国のマクロ経済に影響を与える。復興需要に対処するために機械類、設備、資材などの輸入を増やせば、対外部門が影響を受ける。あるいは、輸送手段が遮断されたため輸出ができなかったり、腐敗性物品の輸出中に災害が発生し、輸出先に到着する前に悪い状態になったりした場合にも、対外部門が影響を受ける。復興に必要な機械類などの財が国内生産されていても、たいていその一部に輸入材が含まれている。さらに、国内資源が復興に振り向けられれば、その分輸出が減少する。産油国で災害が発生すると輸出向けの石油の一部は復旧に使われるのがその一例である。

公的サービス料金の請求総額や回収総額が減少し、緊急対応や復旧において予想外の支出を強いられて収入が減少すると公的セクターの財政も悪化し、財政赤字が拡大しかねない。このような数字は運輸・通信の専門家が算定してマクロ経済の専門家に提供し、しかるべき検討をせよらう。

運輸・通信サービスの停止が長期にわたると、運輸・通信セクターの失業率が上昇し、所得損失が発生する可能性がある。その失業率上昇や所得損失に占める女性の割合や運輸・通信サービスの提供に占める女性の割合を把握しなければならない（第四巻の「災害が女性に与える影響」の章を参照）。運輸・通信の専門家は、関連の算定が雇用やジェンダーの専門家と緊密な連携の上でなされるようにしなければならない。

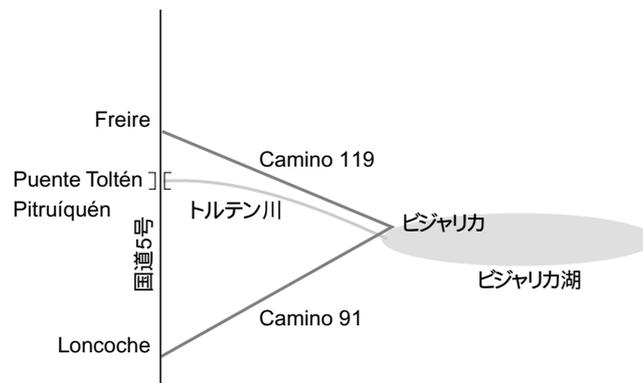
以上の評価方法をラテンアメリカ・カリブ海地域に典型的な災害に適用した例を付録 に示す。

付録IX 河川氾濫により国道橋梁が受けた被害の社会経済的費用の算定

(1) 場所

チリの国道5号線は、サンチアゴを經由してアリカとプエルト・モントを結ぶ全長3,000km強の幹線道路である。5号線は州都テムコの南30km、サンチアゴの南677kmに位置するPitrufquen町の北でトルテン川を越える。この橋が架けられたのは1935年で、国道が舗装されるはるか前のことであった。1993年7月8日、トルテン川の土手が決壊し、被害を受けたこの橋の中央部が通行に耐えられなくなった。ここでは簡単な検討を行い、通行止めによる社会経済的被害を算定するとともに、5号線の橋梁点検プログラムを実施して今後5号線が不通になるリスクの低減を図る必要があるかどうかを検討する。

図A9 - 1



(2) 被害内容とその結果

この橋が被害を受けると警察は直ちに車両および歩行者の通行を禁止した。車両の場合は、橋の向こう側へ行くのをあきらめるか、ビジャリカ道路と呼ばれるルートを通行して46kmも遠回りするか（図A9 - 1参照）の選択を迫られた。この地での交通費用は通常の7倍にまで達した。ただし、橋の損傷に起因する被害費用総額の大部分を占めたのが、9月16日にベアリー橋が設置されるまで長距離走行を強いられることと、ビジャリカ道路の交通量急増に伴い舗装路面が劣化したため車両運転費用が増加したことに伴う費用であった。歩行者の場合は、この橋の西側に数メートル離れて平行する鉄道橋（被害なし）に折り返し運転の列車を臨時運行させることで対応した。この臨時運行は7月12日に歩道が整備されるまで続いた。

(3) 費用と便益

公共事業省による投資はベアリー橋の設置、固定橋の完全修復のほか、技術調査、応急修復（この費用負担の一部は5号線の定期保守費用を引き下げることで対応）および再建工事が必要なビジャリカ道路に向けられた。この橋の利用者にとっての費用増分は次の点を考慮して項目別に算定した。

緊急対応期の列車運行費用

緊急対応期以降の列車運行費用
迂回に伴う車両運転費用の増分
長距離移動の取りやめに伴う放棄所得
この地での交通の運転費用の増分
地域内移動の取りやめに伴う利益損失
迂回道路の路面損傷に伴う運転費用の増分
交通機関をバスから鉄道に変更した乗客の移動時間の増分
鉄道への振り替えに伴う緊急対応期のバス運転費用の減少分
鉄道への振り替えに伴う緊急対応期以降のバス運転費用の減少分

(4) 損失算定

およその損失利益は次の公式で算定できる。

$$\frac{q_i^0}{q_i^1} c_i \cdot q$$

ただし、

q_i^0 = 被災前の交通量 (iタイプ車両)

q_i^1 = 被災後の交通量 (iタイプ車両)

c_i = 交通費用 (iタイプ車両)

一般に、 $q = k_i c_i^e$ とされている。ただし、 k_i は定数(事例の調整)、 e は価格弾力性の値とする。後者については、長距離移動のトラックなど特定車両の交通量は、乗用車などの車両(特に経済活動とは無関係な移動)と比較して、価格弾力性が低いことを考慮して評価担当者が事例ごとに決定する。本調査で採用した弾力性係数は -1.00から -0.25までであった。

厳密に言えば、移動主体が考える費用と実際の資源消費にかかる費用を区別しなければならない。両者の違いがどこにあるかといえば、例えば前者では税金も含まれており、また、移動主体は車両整備費用などの費用要素を不正確に解釈する傾向があることを前提にした数字である。

(5) 結果と結論

この橋の被害についての社会経済的費用の現価は56億1900万チリペソ(1994年12月現在の価値)と算定された。その主な内訳は、道路交通の長距離化に伴う運転費用の増分(29%)、迂回道路の路面損傷に伴う運転費用の増分(24%)、ビジャリカ道路の再建工事(20%)である。年次橋梁点検プログラムを実施していれば、その実施費用は約8億チリペソ、点検により今回の被害が予測でき、事前に修復を行っていたとしたらその費用は2億5000万チリペソであったと考えられる。

言い換えれば、56億1900万チリペソの社会経済的損害は、約10億5000万米ドルの投資で回避できたことになる(国道5号線のほかの橋は考慮外)。

したがって、橋梁点検を制度化することの便益は極めて大きいと結論できる。