



# 生態系を活用した 災害リスク軽減

ケーススタディと演習ソースブック

**PEDRR**

Ecosystems for Adaptation  
and Disaster Risk Reduction

**CNRD**

Center for Natural Resources  
and Development

## 著者について

著者	ケーススタディへの貢献内容：	所属
Marisol Estrell	スイス、すべてのケーススタディの編集	UNEPの災害リスク軽減プログラムコーディネーター（スイス・ジュネーブ）
Tania Guillén	ブラジル、インドネシア	CNRDのフリーランスコンサルタント（ドイツ・ケルン応用科学大学で修士号を取得）
Wolfram Lange	ブラジル	リオデジャネイロのTerraGIS社のコンサルタント（ドイツ・ケルン大学で地理学の修士号を取得）
Mila Lomarda	ブルキナファソ、スタンフォード、オランダ、グアテマラ/メキシコ、スイス	スイスのジュネーブにあるUNEPのコンサルタント（スイス・ジュネーブ大学で修士号を取得）
Dr. Muh Aris	インドネシア	インドネシア・ガジャマダ大学教授（地形ハザード）
Dr. Udo Nehren	序章、ブラジル、インドネシア、全てのケーススタディ編集	ドイツ・ケルン専門大学上級研究員兼講師（物理地理学と生態系管理）
Simone Sandholz	序章、インドネシア、ブラジルケーススタディを編集	オーストリアインスブルック大学地質学研究所研究員兼講師（人間・都市地理学）
Dr. Karen Sudmeier-Rieux	序章、オランダ、グアテマラ/メキシコ、全ケーススタディを編集	UNEPの教育・訓練コンサルタント（スイス・ジュネーブ）
Dr. Marta Vicarelli	スタンフォード、アメリカ	アメリカ・マサチューセッツ大学アムハースト助教

## 貢献者

Dana Adisukma (Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia), Sandra Alfonso (Cologne University of Applied Sciences, Germany), Tiago de Andrade Chaves (Rio Rural/Pesagro-Rio Programme, Brazil), Alicia Bustillos (Cologne University of Applied Sciences, Germany), Arief Darmawan (Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia), Aluísio Granato de Andrade (Embrapa Solos, Brazil), Dr. Dietmar Sattler (University of Leipzig, Germany), Cassidy Travis (UNEP), Annisa Triyanti (Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia), Jake Veepanat-Georges (UNEP)

2014年5月初版発行：環境・災害リスク軽減パートナーシップ、自然資源開発センター  
© 2014, PEDRR and CNRD

この出版物は、出典を明記することを条件に、教育または非営利目的であれば、著作権者から特別な許可を得ることなく、その全部または一部をいかなる形式でも複製すること可能である。UNEPおよびCNRDから書面による事前の許可を得ずに、転売やその他の商業目的で本出版物を使用することはできない。本冊子の内容は、UNEP、CNRD、または協力機関の見解を必ずしも反映するものではない。

使用されている名称およびプレゼンテーションは、国、領土、都市、地域の法的地位またはその権限、あるいは国境または境界の画定に関して、UNEP、CNRDまたは執筆に貢献した団体のいかなる意見の表明をも意味するものでもない。

引用：Nehren, U., Sudmeier-Rieux, K., Sandholz, S., Estrella, M., Lomarda, M. and T. Guillén. 2014. The Ecosystem-Based Disaster Risk Reduction Case Study and Exercise Source Book, Geneva and Cologne: Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction and Center for Natural Resources and Development

カバー画像：© Philippa Terblanche

デザインとレイアウト：Matija Potocnik

UNEPは  
グローバルに、そして自らの活動において、  
環境に配慮した活動を促進する。本書は再生  
紙を使用し、植物性インクを使用するなど、  
環境に配慮している。我々の配布方針は、  
UNEPのカーボンフットプリントを削減するこ  
とを目的としている。



Research Institute for  
**Humanity and Nature**  
大学共同利用機関法人 総合地球環境学研究所  
人間文化研究機構

日本語訳版は、総合地球環境学研究所Eco-DRRプロジェクト（RHIN 14200103 代表：吉田丈人）の一環として制作された。

©2022 CNRD & PEDRR, 総合地球環境学研究所Eco-DRRプロジェクト, 日本語翻訳版

ISBN : 978-4-910834-11-5

DOI : 10.20568/00004424

日本語版監修：古田尚也（大正大学, IUCN日本リエゾンオフィス, 総合地球環境学研究所）

翻 訳：久山哲雄、水野理、岡野直幸（地球環境戦略研究機関）

# CNRD

Center for Natural Resources  
and Development

# PEDRR

Ecosystems for Adaptation  
and Disaster Risk Reduction

# 生態系を活用した 災害リスク軽減

## ケーススタディと演習ソースブック



**DAAD** Deutscher Akademischer Austausch Dienst  
German Academic Exchange Service

本書は、国連環境計画、欧州連合、ドイツ政府、EXCEED（交流・開発のためのエクセレンスセンター）とDAAD（ドイツ学術交流会）の寛大な寄付による支援を受けた。

## 目次

はじめに	3
1. 背景	3
2. 生態系を活用した災害リスク軽減の紹介	4
3. ケーススタディ	5
4. ケーススタディの活用法	6
<b>ケーススタディ1：ブラジル</b>	<b>8</b>
1. 概要	8
2. 背景	8
3. 課題	11
4. 実施した対策	14
5. 教訓と結論	19
6. 演習	20
7. 謝辞	22
<b>ケーススタディ2：インドネシア</b>	<b>24</b>
1. 概要	24
2. 背景	25
3. 課題	27
4. 実施した対策	28
5. 教訓と結論	33
6. 演習	34
<b>ケーススタディ3：オランダ</b>	<b>40</b>
1. 概要	40
2. 背景	40
3. 課題	41
4. 実施した対策	43
5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係	47
6. 長所と短所	48
7. 教訓と結論	48
8. 演習	49
<b>ケーススタディ4：グアテマラ-メキシコ</b>	<b>53</b>
1. 概要	53
2. 背景	53
3. 課題	55
4. 実施した対策	55
5. 教訓と結論	60
6. 演習	61
<b>ケーススタディ5：ブルキナファソ-ニジェール</b>	<b>64</b>
1. 概要	64
2. 背景	64
3. 課題	65
4. 実施した対策	66
5. 長所と短所	68
6. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係	69
7. 教訓と結論	70
8. 演習	70
<b>ケーススタディ6：アメリカ</b>	<b>74</b>
1. 概要	74
2. 背景	74
3. 課題	75
4. 提案された対策：適切なハザード・ミティゲーション技術の選択	77
5. 生態系を活用した災害リスク軽減への影響	84
6. 長所と短所	84
7. 教訓と結論	85
8. 演習と講義ノート	86
付録	88
<b>ケーススタディ7：スイス</b>	<b>91</b>
1. 概要	91
2. 背景	91
3. 課題	92
4. 実施した対策	94
5. 教訓と結論	96
6. 演習	97

# はじめに

## 1. 背景

国連環境計画（UNEP）とドイツ・ケルン応用科学大学（CUAS）に所在する天然資源開発センター（CNRD）が2013年に共同で開発した修士課程モジュール「災害、生態系、リスク軽減」は、現在、世界の多くの大学で活用されている。現在のコースは、修士課程の学生を対象としており、指導者には必要な教材と洗練された教育コンセプトが提供されている。指導者マニュアル（図1）はオンラインで公開されており、関心のある大学はすべての教材に自由にアクセスすることができる（オンラインで公開）：

<http://www.unep.org/disastersandconflicts/Introduction/DisasterRiskReduction/Eco-DRRMasterModule/tabid/1106372/Default.aspx>

このコースはモジュール式に設計されており、指導者用の解説付きパワーポイントスライドを含む50時間の授業用教材に加えて、副読本、各国のケーススタディ、学習ゲームなどが用意されている。フィールド調査や課題は、参加大学が担当する（図2参照）。コースは4つの主要ブロックで構成されている。

1. 災害リスク軽減の要素
2. 生態系を活用した災害リスク軽減
3. Eco-DRRの手法とアプローチ
4. 環境と災害リスク軽減の主流化



図1.指導者マニュアル：災害・環境・リスク軽減

コース内容の詳細については、指導者マニュアルに記載されている。

本書では、教材の補足として、研究者や実務家が作成した自習用の演習問題を含む7つのケーススタディを紹介している。これらのケーススタディは、様々な国で実施された取組をベースにしており、生態系を活用した災害リスク軽減（Eco-DRR）に関する様々なトピックを取り上げている。



図2. コース教材

## 2. 生態系を活用した災害リスク軽減の紹介

最近の政策関連文書でも強調されているように、環境劣化は災害リスクを増大させる主要な原因となっている（IPCC, 2012; UNISDR, 2011）。世界リスク報告書（2012）では、「環境劣化は、多くの国で災害リスクに対処するための社会の適応能力を低下させる重要な要因である」と指摘されているが、これは言い換えれば、「すべての暴風雨やその他の自然ハザードが災害になるわけではない」ということを意味している。

環境と災害は様々な形で相互に影響しあっている。災害は環境に甚大な被害をもたらし、劣化した環境は災害の影響を悪化させる。一方、健全な環境管理への投資、特に災害予防と災害後の復興段階への投資は、災害リスクを軽減し、よりレジリエントで持続可能な開発に貢献する。気候変動が災害の影響を悪化させうる一方、環境管理という解決策は、気候変動への適応のためにますます活用されている（図3）。

健全な環境管理、気候変動の影響、災害対応の間には密接な相互関係があるため、災害リスク管理にはよりシステム的で包括的なアプローチが必要となる。これが、私たちが「Eco-DRR」と呼んでいるもので、災害リスク管理に生態系管理の手法を取り入れることで、持続可能な災害リスク管理のためのより革新的でシステム的なアプローチを導入している。

Eco-DRRとは、災害リスクを軽減するために生態系を持続的に管理・保全・回復し、持続可能でレジリエントな開発を実現することを目的としている（Estrella & Saalismaa, 2013）。湿地、森林、沿岸システムなど、適切に管理された生態系は、**自然のインフラ**として機能し、多くの災害への物理的な曝露を減らし、地域の生活を維持し、食料、水、建築資材などの重要な天然資源を提供することで、**人々やコミュニティの社会経済的なレジリエンス**を高める（Sudmeier-Rieux & Ash, 2009）。

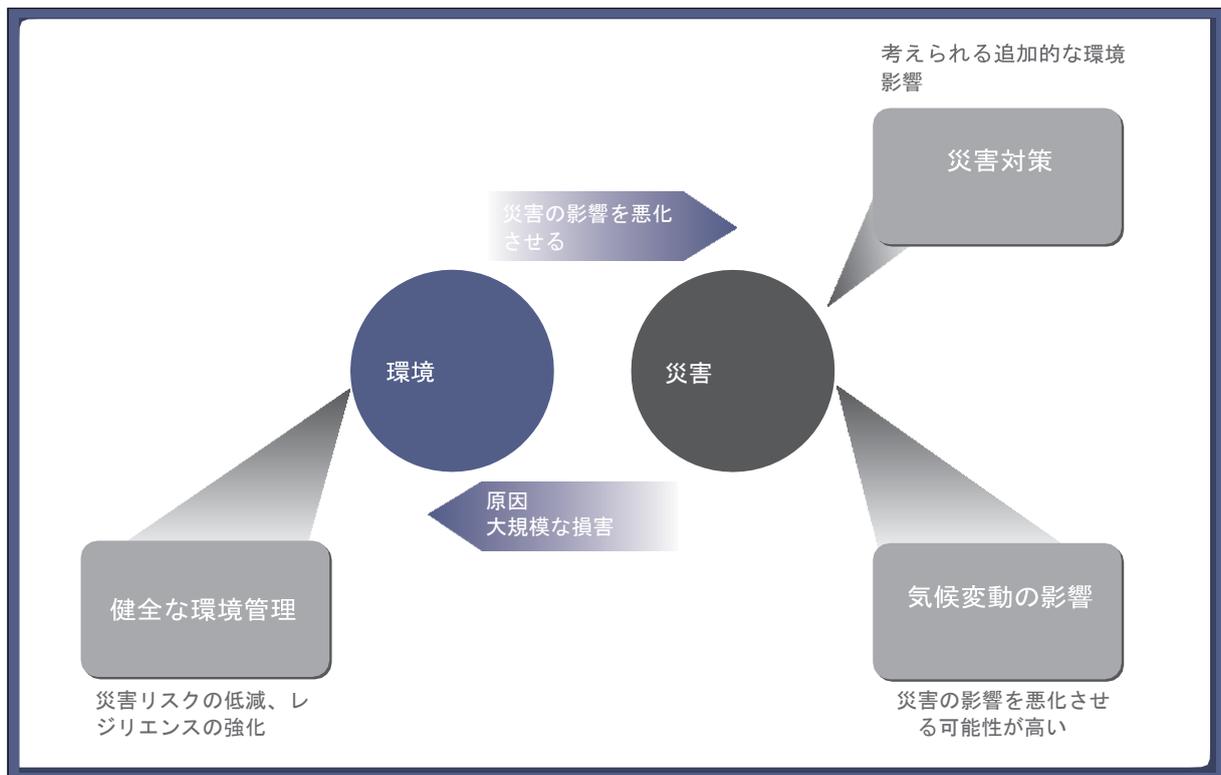


図3.環境と災害の相互関連性 出典:Sandholz and Nehren, 2013

生態系管理は、自然のインフラや人間のハザードに対するレジリエンスを強化する機会を提供するだけでなく、複数のステークホルダーに様々な社会的、経済的、環境的な便益をもたらし、結果的に生態系の多くの災害軽減機能によるリスク低減につながっている。

生態系の物理的なリスク軽減能力は、生態系の健全性と構造、およびハザードの甚大さに依存する。健全な生態系は、人間の生活を維持し、食料、繊維、医薬品、建設資材などの必要物資を提供することで、社会・経済的な脆弱性を低減する(MEA, 2005)。例えば、マングローブや藻場は、沿岸の災害を防ぐだけでなく、漁業や観光活動を支え、大量の炭素を貯蔵する(Wicaksono et al., 2011)。生態系は、自然のインフラ、防護壁、緩衝材としての役割を果たすことで、一般的な自然ハザード（地滑り、洪水、雪崩、高潮、山火事、干ばつ）への物理的な曝露を軽減することができる(Renaud et al., 2013) ただし、劣化した生態系は、完全に機能している生態系と比べ、緩衝材としての機能は大幅に低くなる。

ミレニアム生態系評価（2005, p.2）では、「過去50年間、人類は、食料、淡水、木材、繊維、燃料に対する急速に増大する需要を満たすために、人類の歴史の中で比較可能などの期間よりも急速かつ広範囲に生態系を変化させてきた」という結論に達している。世界平均で見ると、生態系サービスを享受するために増加している土地の転換は、幸福度の向上や、経済発展に貢献しているが、同時に多くの場所で、調整サービス、維持サービス、文化的サービスの供給量の減少をもたらしている。土地や生態系の劣化は、一部の人々にとって費用、リスク、貧困の増加を伴うため、現在と将来の世代の生活水準を維持するためには、健全な土地と生態系の維持管理が不可欠である。このような背景から、Eco-DRRアプローチは、マングローブや砂丘システムなどの生態系を適時に保全・回復したり、生態学的インフラを用いて災害リスクを軽減したりすることに留まらない。それだけではなく、このEco-DRRというアプローチは、レジリエントなランドスケープを形成することを最終的な目的とした、統合的な土地管理アプ

チの不可欠な1つの要素であると考えている。

ここ数年、災害リスクや気候変動の分野で生態系を活用したアプローチが注目されているが、研究、教育、実践の面ではまだ多くの課題が残されている。このEco-DRR修士課程コースでは、環境と災害の関連性を理解するための理論的な概念と実践的なツールを学生に提供し、生態系を活用した災害リスク管理の応用を図ることで、これらのギャップを埋めることを目指している。本書で紹介する7つのケーススタディは、様々な地域、生態系、ハザードタイプ、災害リスク軽減対策を網羅している。学生たちがこのテーマに親しみ、将来的にはグローバルなEco-DRRコミュニティの一員として活躍してくれることを願っている。

### 3. ケーススタディ

本書は、独立した出版物としても使用でき、また、修士課程コースの補助教材として、もともとコースのために設計されたケーススタディに追加して使用することができる。本コースの受講生からは、最初に優れたケーススタディを提供し、後に理論を説明することで、理論的な知識をより強固なものにすることができるという意見が多く寄せられている。ケーススタディは、さまざまなエコゾーンやハザードをカバーし、Eco-DRRに関するさまざまなトピックを取り上げるように試みている。

1) 地滑りハザードの調整と軽減：ブラジル・リオデジャネイロ州のセラーナ地方におけるレジリエントなランドスケープの構築：このケーススタディでは、2011年に土砂崩れや地滑り、洪水などで900人以上の犠牲者を出したブラジル・リオデジャネイロ州のセラーナ地方における自然ハザードの概要と、災害リスクを軽減するために実施された対策を紹介している。特に、災害リスクを軽減するためのレジリエントなランドスケープや生態系サービスの概念に焦点を当てている。

2) インドネシア・ジャワ島中部、スマランにお

る統合的沿岸管理（ICZM）：統合的沿岸域管理は、人口が多く、複数のハザードにさらされている沿岸域を管理するための学際的なアプローチである。このアプローチを紹介するために、インドネシア・ジャワ島中部のスマランをケーススタディ地域として選んだ。スマランは、特に沿岸部の洪水、塩害、地盤沈下などの災害リスクに直面している。洪水リスクを軽減するために、構造物対策、非構造物対策、生態系を活用した対策等、様々な対策が実施されている。

3) 川のための空間 - 洪水リスク管理、オランダ：このケーススタディでは、洪水管理に対するオランダ政府の最新のアプローチである「川のための空間」プログラムを取り上げている。このプログラムでは、高水位からの保護を強化し、川沿いの地域の空間の質を向上させるために取られたステップと対策を紹介している。

4) 統合的水資源管理- タカナ流域、グアテマラ・メキシコ：このケーススタディでは、グアテマラとメキシコの国境に位置する水域に焦点を当てた総合的な水資源管理活動であるIUCNタカナプロジェクトを取り上げている。プロジェクトの背景と問題提起から始まり、さまざまなパイロットプロジェクトの紹介とその成果についての考察を行っている。

5) 災害リスク軽減と気候変動適応の関連性 - ブルキナファソ/ニジェール：持続可能な乾燥地管理に関するこのケーススタディでは、ブルキナファソの中央高原とニジェール南部のマランディ地方とジンダー地方において、伝統的な土壌・水の保全とアグロフォレストリーの技術を革新し、食料生産の増加と劣化した土地の修復を行っている。

6) 海岸における生態工学的手法と費用便益分析 - 米国コネチカット州スタンフォード市：このケーススタディでは、米国北東部の海岸にある町で、海岸のハザードに対するレジリエンスを高めるために、ソ

フトエンジニアリングの洪水・高潮対策としてジオテキスタイルチューブで強化した植生砂丘、および、それを最適で持続可能な短期的対策として特定した際の手法について紹介する。

7) Eco-DRRと山岳生態系-スイスとアルプス諸国の保護林：このケーススタディでは、スイスをはじめとするアルプス地方の保護林を取り上げる。保護林は、アルプス地方の自然ハザードに対して非常に効果的かつ効率的な対策であると考えられており、この地域の統合的な災害リスク管理戦略において重要な役割を果たしている。現代の保護林管理は、主に自然の生態系（構造とプロセス）の保護能力を利用することに基づいており、効果と効率の両方を最大化することを目指している。

## 4. ケーススタディの活用法

本書は、ガイド付きの学習教材として設計されており、問題解決型の学習アプローチを支援している。基本的な考え方は、Eco-DRRコースの修士課程の学生が、提供されたケーススタディや演習に単独で取り組むことができることであるが、本書は独立した出版物としても使用することができる。そのため、ケーススタディは単独で理解できるようになっており、さらなる資料は必要ない。ただし、適宜、指導者は入門的な説明で受講者をサポートし、各ケーススタディについてクラス内での最後のディスカッションを用意してもよい。ケーススタディの演習は、講義で得た知識を学生に適用させ、様々な地域やエコゾーンにおける生態系を活用した適応について知ってもらうために有益である。また、Eco-DRRモジュールを教示する際には、可能な限り最初のブロック以上を教えた後にケーススタディとそれぞれの演習を挿入し、学生にこのトピックに関する応用知識を身につけさせることを勧める。

各ケーススタディは、ケースの簡単な概要と学習目標から始まる。また、参考文献リストも掲載されている。

## はじめに

本文では、対象となる地域の地理的・社会的・経済的背景の情報から始まり、課題の説明を行い、さらに、提案されている、あるいは実施されている対策についての批判的なレビューを行う。ここでは、様々なタイプの対策（構造物対策、非構造物対策、人工的対策、生態系を活用した対策、ハイブリッドな対策）とそれらの効果について、批判的に議論している。最後に、ケーススタディの教訓および結論、ならびにケーススタディに係る演習もある。

演習問題には、学生や指導者をサポートするための解答例が付いている。しかし、学生は模範解答を超えた解答を思いつく可能性がある。演習問題は、個人、グループワーク、グループディスカッションなどを通じて取り組むことができる。各ケーススタディの末尾には、講義ノートと解答が記載されている。

このケーススタディは、以下のセッションの補足資料として使用が可能である。

### 1.3 CCAとDRRを結び付ける：災害リスク軽減と気候変動適応策の関連性- ブルキナファソ/ニジェール

### 1.9 理論から実践へ。リスク評価のためのデータ：地滑りハザードの調整と軽減：ブラジル・リオデジャネイロ州セラナ地方におけるレジリエントなランドスケープの構築

## 参考文献

Alliance Development Works (publ.), 2012. World Risk Report 2012, 68 pp. Estrella, M. & Saalimaa, N., 2013. Ecosystem-based DRR: An overview. In: The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. s.l.:s.n., pp. 26-47. IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX), Special report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, 582 pp. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC, 137 pp. Renaud, F., K. Sudmeier-Rieux & M. Estrella (eds.), 2013. The role of ecosystems in disaster risk reduction, United Nations University Press, 440 pp. Sandholz, S. & U. Nehren, 2013. In: CNRD & PEDRR, 2013. Disasters, Environment and Risk Reduction - Eco-DRR Master's Module, Instructor's Manual. Cologne and Geneva: CNRD and PEDRR. Sudmeier-Rieux, K. & Ash, N., 2009. Environmental Guidance Note for Disaster Risk Reduction: Healthy Ecosystems for Human Security, Revised Edition. Gland, Switzerland: IUCN, iii + 34 pp. UNISDR, 2011. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction, 178 pp. Wicaksono, P., H. Hartono, P. Danoedoro, U. Nehren, & L. Ribbe, 2011. Preliminary work of mangrove ecosystem carbon stock mapping in small island using remote sensing: above and below ground carbon mapping on medium resolution satellite image. Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XIII, Proc. of SPIE Vol. 8174, 81741B-1, doi: 10.1117/12.897926

### 2.5 脆弱性低減のための生態系サービス：Eco-DRRと山岳生態系：スイスと他のアルプス諸国の保護林

### 2.6 災害リスク軽減のための生態工学的手法：沿岸域の生態工学的手法と費用便益分析-米国コネチカット州スタンフォード市、もしくは

### 2.7 理論。生態系サービスの評価

### 3.2 災害リスク軽減のための空間計画ツールとアプローチ：川のための空間 - 洪水リスク管理、オランダ

### 3.3 統合的水資源管理/ 河川流域管理：統合的水資源管理 - タカナ流域、グアテマラ-メキシコ

### 3.4 統合的沿岸管理：インドネシア、中部ジャワ、スマランにおける統合的沿岸管理（これは末尾にすでにケーススタディがある）

# ケーススタディ1

## 地滑りハザードの調整と軽減： ブラジル、リオデジャネイロ州のセラーナ地方 におけるレジリエントなランドスケープの構築

### 1. 概要

概要	このケーススタディでは、自然ハザードの概要と、災害リスクを軽減するための対策について説明する。ここでは、2011年に土砂崩れや地滑り、洪水などで900人以上の犠牲者を出したブラジル・リオデジャネイロ州のセラーナ地方を取り上げる。特に、災害リスクを軽減するためのレジリエントなランドスケープや、生態系サービスの概念に焦点を当てる。
学習の目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>健全な生態系管理がどのように災害リスクを軽減するのか、また、地域規模での土地管理を改善するためには何が必要なのかを学ぶ。</li> <li>湿潤熱帯地域の山岳地帯におけるリスク軽減のために、どのような生態系を活用した対策が適しているかを明らかにする。</li> <li>衛星画像がどのようにリスク地域を特定するのかを理解する。</li> <li>リスクファクターを定義するために、ウェブベースの文献レビューを活用することを学ぶ。</li> <li>得られた知識に基づいて、災害リスクを軽減するための生態系を活用した対策を策定し、議論する。</li> </ul>
ガイダンス	<p>リオデジャネイロ州のケーススタディでは、地滑りや土石流、洪水の影響を受けるセラーナ地方の地理的・気候的条件の概要を紹介する。ここでは、すでに実施されている、あるいは計画段階にある軽減策について説明する。</p> <p>ケーススタディの後には、学生が地滑りの特定や土地利用計画に関するスキルを身につけるための演習が行われる。</p>
参考文献	<p>地滑り、生態系、災害リスク軽減、災害リスク管理に関する一般的な情報：</p> <p>Fell, R. et al., 2008. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. <i>Engineering Geology</i>, 102(3-4), pp. 85-98.</p> <p>Papathoma-Koehle, M. &amp; Glade, T., 2013. The role of vegetation cover change in landslide hazard and risk. In F. Renaud, K. Sudmeier-Rieux &amp; M. Estrella, eds. <i>The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction</i>. United Kingdom: United Nations University Press. pp. 293-320.</p>

### 2. 背景

ケーススタディ地域	リオデジャネイロ州セラーナ地域
対象国	ブラジル
生態系	熱帯雨林
ハザード	地滑り、土石流、洪水

南米大陸の47%に相当する850万km<sup>2</sup>の総面積と1億9400万人の人口（IBGE, 2012）を有するブラジルは、面積、人口ともに世界第5位の大国である。同国は、26の州と1つの連邦政府から構成される連邦共和国である（IBGE, 2012）。

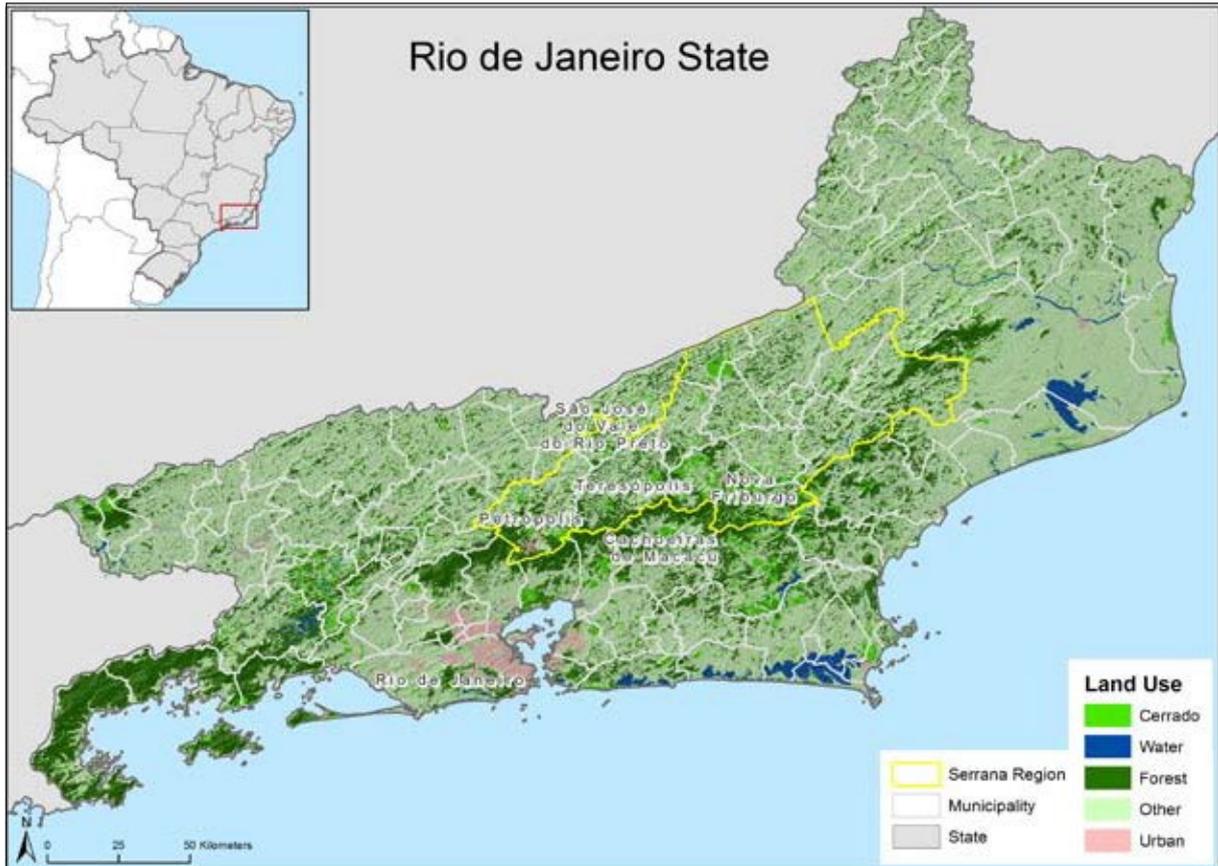


図1.ブラジル・リオデジャネイロ州のセラーナ地方の位置  
地図作成：Wolfram Lange; 元データ：INEA (2011)

2012年の国内総生産は2.4兆米ドル（購買力平価調整済み）で、世界第7位の経済大国である。しかし、国民一人当たりの所得は11,875米ドル（2012年）で、世界第77位である（IMF, 2013）。ブラジル26州のひとつであるリオデジャネイロ州は、南緯20°45'49"西経44°53'19"の間に位置し、面積は43,653km<sup>2</sup>で、ブラジルの総面積の0.51%に相当する。6つの大行政区と92の市町村からなり、人口は約1,600万人（2011年）、平均人口密度は365人/km<sup>2</sup>である（CEPED-UFSC, 2011）。

ブラジルでは約150の自治体が地滑りや土石流、洪水の被害を受けているが、その中でもリオデジャネイロ州のセラーナ地方にある Teresópolis、Petrópolis、Nova Friburgoの各自治体は、自然ハザードによるリスクが最も高い地域の一つである（www.cidades.gov.br）。高い脆弱性の背景には、特に集中豪雨、起伏の激しい地形、脆弱な地質・土壌、などの自然のリスク要因だけでなく、人間によるランドスケープの悪化をもたらすプロセスや、住民の

曝露が大きいことも挙げられる（Nehren, 2011; IDRL, 2012）。

リオデジャネイロ州は、Mata Atlântica（大西洋岸森林）地域に位置している（図1）。Mata Atlânticaは、ブラジル北東部から南東部、さらにパラグアイとアルゼンチン北東部の内陸部に広がる生物群系である。もともとの面積は100万～150万km<sup>2</sup>であった（Galindo Leal & Gusmão-Câmara, 2003）。Mata Atlânticaの森林被覆は、歴史的な開発サイクルとそれに伴う森林減少プロセスのために、元のサイズの11.4～16%にまで減少している（Ribeiro et al., 2009）。1940年代以降、森林減少と森林劣化は主に都市の拡大、農業活動、工業開発によって引き起こされている（Smyth & Royle, 2000）。例えば、ブラジルの大都市のいくつかは、もともとMata Atlânticaの森林に覆われていた地域内に位置している。

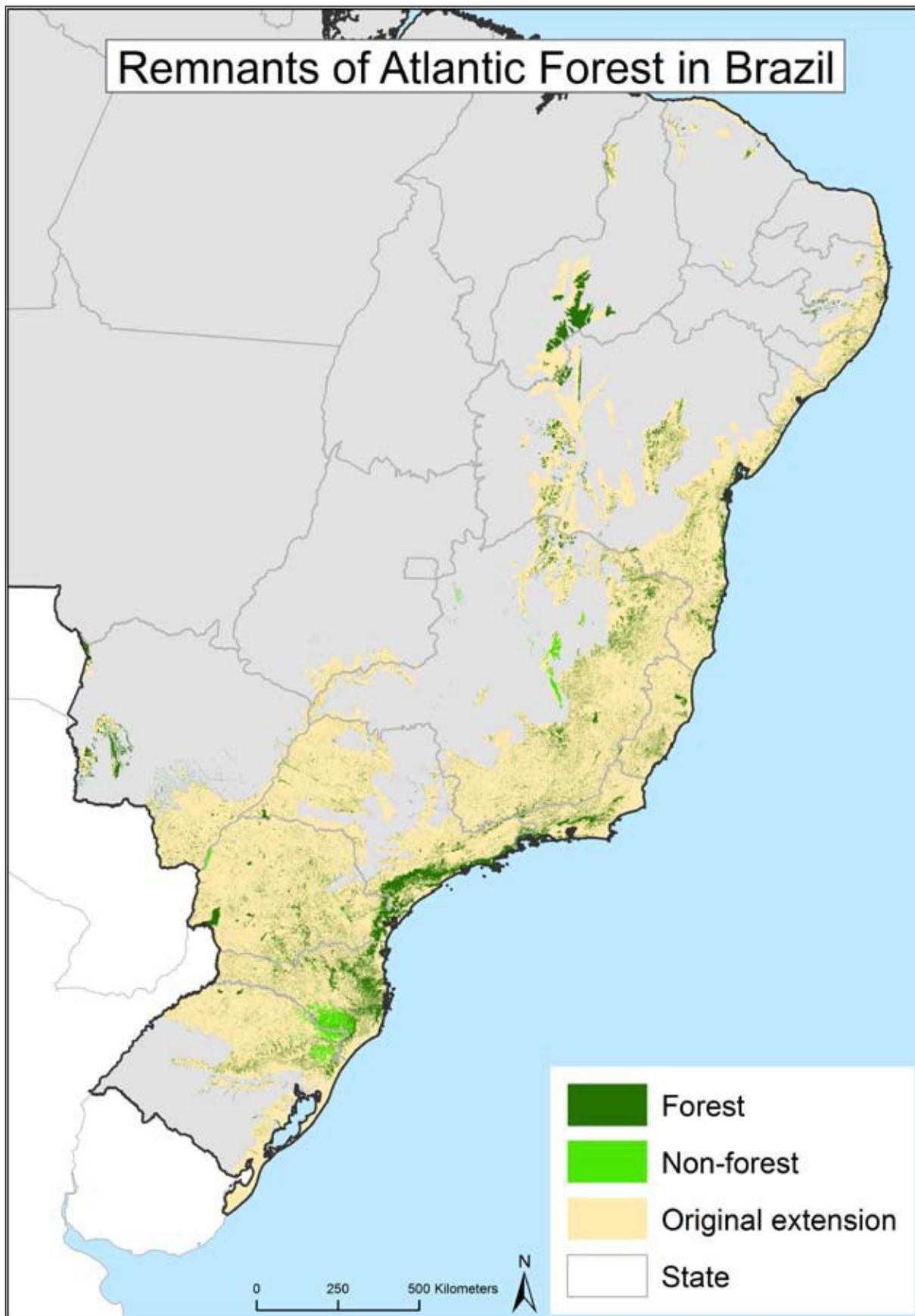


図2. Mata Atlântica地域の森林残存図

地図作成：Wolfram Lange; 元データ：SOS Mata Atlântica (2013) & MMA (2013)

原生林の破壊、分断化、劣化にもかかわらず、Mata Atlânticaに残された孤立林は、生物学的に非常に多様であり、多くの固有の動植物種が生息している（Galindo Leal & Gusmão-Câmara, 2003）。このような豊かさがある一方で、土地利用の高度化や都市・産業開発による脅威が大きいことから、Mata Atlânticaは、保全の優先度が最も高い世界25カ所の生物多様性ホットスポットのひとつに指定されており（Myers et al., 2000）、世界で5番目に脅威が大きい生物多様性ホットスポットとなっている（www.conservation.org）。残された森林は、気候の調整、水資源の供給と調整、食料と薬の供給、レクリエーションなど、さまざまな環境サービスを提供している（SOS Mata Atlântica, 2013）。

リオデジャネイロ州は人口密度が高く、都市化されているにもかかわらず、Mata Atlântica地域の他の州に比べて森林被覆率が非常に高いのが特徴である。これは、Serra do Mar 山脈と海岸山脈の起伏のある地形が、農業や都市開発を阻んでいるためである（Nehren et al., 2009）。ここでは、リオデジャネイロ州セラーナ地方のうち、Petrópolis、Teresópolis、Nova Friburgoの各自治体に焦点を当てる。これらの自治体は、海拔約2,300メートルに達するSerra do Mar山脈に位置する。これらの地域は、急峻な地形、頻繁に発生する豪雨を伴う気候条件、花崗岩質の基底岩上の滑走面とシルト質の風化マントルを伴う地質・土壌条件のために、地滑り、土石流、洪水が発生しやすい。

### 3. 課題

#### セラーナ地方の洪水、地滑り、土石流

洪水、地滑り、土石流はブラジルで最も一般的な災害である。多くの災害は突発的かつ甚大であり、農村部でも都市部でも死者や経済的損失、インフラの破壊を引き起こす（INPE, 2007; IFRC, 2012）。最も被害を受けるのは水路沿いの地域や急な斜面のある地域である（SBF, 2011）。

ブラジル史上最悪の気象災害の一つが、2011年1月にリオデジャネイロ州のNova Friburgo、Teresópolis、Petrópolis、São Jose do Vale do Rio Pretoの各自治体で発生した。1月11日から12日にかけて24時間降り続いた雨の後、Santo Antonio川の水位が急激に上昇し、州内の多くの地域で土地や土砂崩れが発生した。家屋の浸水や倒壊、行方不明者の報告などが相次ぎ、人々は安全な場所への避難を試みた。政府データによると、916人の死者が報告されている。物的被害は12億ドルを超え、345人以上が行方不明となり、最終的に35,000人以上が家を失った。

地滑りの被害を受けた地域のほとんどは、農業や住宅などのために人間がある程度介入している河川沿いの地域であった。自然の生態系に覆われた地域や、よく手入れされた原生植物のある地域で発生した地滑りは、攪乱された地域で発生した地滑りと比較して、規模が小さかった。自然の植生に覆われた地域で発生した地滑りはすべて、人間活動の影響を受けた地域の近くに位置していた（SBF, 2011）。

#### 地滑りの主な原因

- 地形の不規則な占有（永久保護地域（PPA）での占有を含む）
- 住宅政策の欠如
- 社会防衛システムの欠如（予防計画、緊急時対応計画などの欠如を含む）。
- 斜面のリスク抑制のためのプログラムの欠如
- マクロ・ミクロレベルでの排水プログラムの欠如（Assemblea Legislativa RJ, 2011）

次ページの図3は、2011年1月13日に撮影された、リオデジャネイロ州の地滑りと洪水の被害を受けた2つの地域の画像である。

図4は、同じ場所を異なる年に撮影した2枚の画像である。画像Aでは、河川沿いの地域に永久保護地域（黄色で示されたPPA）がなく、ほとんど農地で占有されていることが理解できる（2004年3月13日撮影）。

画像Bは、2011年1月の大雨の後、洪水や浸食の影響を受けた地域を示している（2011年1月20日撮影）。



図3.リオデジャネイロ州の地滑りや河川の氾濫の影響を受けた地域  
出典：Schaffer W. B. et al. (2011)



図4.リオデジャネイロ州Teresópolis市Bonsucessoの農村地帯  
出典：Schaffer W. B. et al. (2011)

### 災害リスクと災害リスク管理

先に述べた自然のリスク要因とは別に、経済発展により、これらの自治体では住宅用の適切な土地がないにもかかわらず人口が急増している。丘陵地帯や、ブラジルの法律で永久保護地域とされている地域にも、住宅地が広がっている。その結果、地滑りや土石流のリスクが高いと分類されている地域において、曝露が増加している（CEPED-UFSC, 2011; DRM-RJ, 2012）。さらに、洪水のリスクが高い河川沿いにも住宅地が広がっている（Nehren et al., 2009）。

また、人間活動による生態系の劣化が、異常気象時の地滑り、土石流、洪水のリスクを高めている（Nehren et al., 2013）。夏季の激しい降雨は、地滑りを誘発する主な要因である（Fernandes et al., 2004; Smyth & Royle, 2000）。地滑りが発生する可能性は、無秩序な土地利用、火災、開墾などによる自然生態系の劣化

に伴って高まる。生態系回復のための努力は、高いレベルの劣化には対応できていない。

IFRC（2012）とINPE（2007）は、違法居住地や人口の多い低所得者向け居住区における物理的な脆弱性、森林伐採、適切でない廃棄物管理、不安定な埋め立て地での建設など、災害リスクの悪化要因となるその他の人間の活動についても言及している。これらも、集中豪雨と相まって洪水や地滑りのリスクを高める要因となる。地滑りの発生は、丘陵地や不安定な地域での道路建設にも関連しており、自然ハザードと技術的ハザードが共に原因となっている。

道路沿いの地滑りは、この地域の土地劣化タイプのひとつとして挙げられている。

（Nehren et al., 2009）（Smyth&Royle, 2000）

**Box 1.定義**

**地滑り**：岩石、瓦礫、土砂などの塊が斜面を移動すること（IUGS, 1997 in Fell et al., 2008）。

**地滑りの発生しやすさ**：ある地域に存在する、または発生する可能性のある地滑りの分類、量（または面積）、および空間分布に関する定量的または定性的な評価。地滑りの発生しやすさには、既存または潜在的な地滑りの速度と強度の記述が含まれることもある。地滑りは最も影響を受けやすい地域でより頻繁に発生すると予想されるが、影響度分析では時間軸は明示的に考慮されていない（IUGS, 1997 in Fell et al., 2008）

**洪水**：通常は乾いた土地に水が溢れ出すこと。河川、小川、排水溝などの既存の水路の増水によって、通常は乾いた場所が浸水すること。雨が降った場所やその付近に水が溜まること。洪水は、鉄砲水よりも長期的な事象であり、数日から数週間続くこともある（NOAA, 2014）。

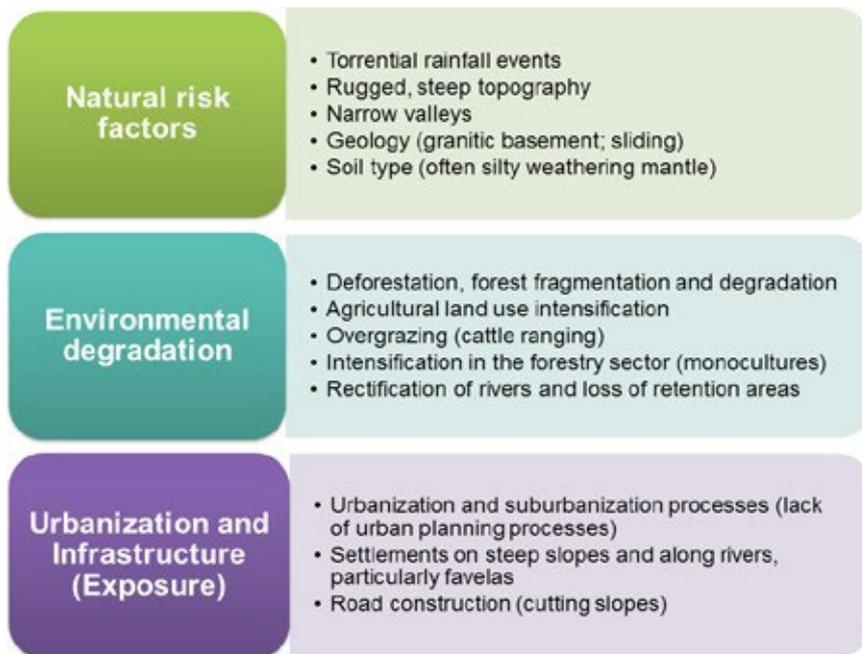


図5.リオデジャネイロ州のセラナ地方におけるリスク要因

2011年の災害後、災害リスクを軽減に向け土地や生態系の管理を改善するための本格的な政治的取り組みが行われた。リスク管理に関連する制度的枠組みは、民間防衛と保護に関連するプログラム、プロジェクト、活動の調整、計画、実行を担当する民間防衛国家事務局によって調整されている（IFRC, 2012）。ブラジルの丘陵地帯にある自然生態系の保護に関する法的枠組みについては、国家森林法が、環境機能と環境保護の観点から、これらの地域を永久保護地域（APP）と規定しており、傾斜25～45°の地域での森林伐採を禁止している（持続可能な管理の下でのみ選択的伐採が認められる）（SBF, 2011）。

高リスク地域に住む人々の認識についての最近の研究では、脆弱性、地滑りの主な要因、リスクの高い地域への居住を避けることの重要性についての認識があることが示されている。しかし、人々は生態系の保護機能についての知識が不足しており、生態系を活用した対策への地域住民の参加はほとんど見られない（Lange et al., 2013）。

図5は、リオデジャネイロ州のセラナ地方における主なリスク要因をまとめたものである。防災活動の実施は、長期的な計画手順を改善することで最適化できる。ファベラと呼ばれるブラジルの疎外された集落は、ブラジル

の都市計画構造が不十分であることを示している。丘陵地帯に位置するスラムは、雨季になると定期的に地滑りの被害を受けており、2011年の例では特に被害が大きかった。Fernandes et al. (2004)によると、ファベータ自体が、切り通しの多用、埋め立て、森林伐採、排水路の状況丘陵地への廃棄物の堆積などによって、斜面の安定性に影響を与えているという。

近年、ブラジル政府は、ランドスケープやインフラのレジリエンスを向上させることを目的に、劣化した農村のランドスケープを回復させ、都市の居住地の脆弱性を軽減する取り組みを強化している。この取り組みにおいては、環境計画や都市計画の中で、生態系を活用した対策が重要な役割を果たしている。

### 4. 実施した対策

ブラジル環境省（MMA）やリオデジャネイロ州政府などのブラジル政府当局は、脆弱性や災害リスクを軽減し、気候変動に適応するための基盤として、「レジリエントなランドスケープ」というコンセプトを用いている。地滑り、土石流、洪水のリスクを軽減するために、リオデジャネイロ州政府、自治体、地域社会など多くの関係者によって様々な対策が講じられている（CEPED-UFSC, 2011）。こうした動きや対策の実施は、2011年の災害前から始まっていたが、災害後にさらに加速している。

リオデジャネイロ州政府は、地滑りや土石流の被害を受けた地域を修復し、ハザードを軽減するために、主に構造物対策である人工的対策に投資している。しかし、ある程度は生態系を活用したアプローチも考慮されている（SEA, 2013）。以下本節では、これらの対策について簡単に説明する。

### リオデジャネイロ州の構造物対策

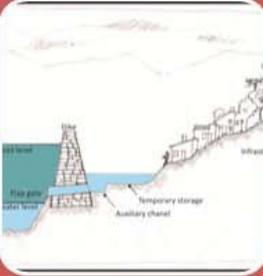
洪水や地滑りを抑制するための人工的構造物は、州内の多くの地域で建設されている。しかし、これらの対策の多くは、効果が限定的で、比較的高価であり、短期的にしか機能せず、根本的なリスク要因に対処していない。洪水に対処するために、リオデジャネイロ州政府は、浚渫、ダム、堤防の修復などの構造物対策を実施した。また、大雨の時期に河川をコントロールするために、大きな水路と大きな貯水池が建設された（Assemblea Legislativa RJ, 2011）。土石流に介入し自然の流出パターンを制御するために、河川だけではなく道路沿いや集落内にも、人工的構造物が建設されている（図6）。

特に、2011年1月の豪雨で大きな被害を受けたNova Friburgo、Teresópolis、Petrópolisの3つの自治体では、大規模なエンジニアリング事業が実施された。この事業を進めるために、国は約2億5000万米ドルを投資している（Assemblea Legislativa RJ, 2011）。

非構造物対策としては河川公園や水辺の再植林などがあるが、これまで一部の地域でしか実施されていない（Assemblea Legislativa RJ, 2011）。また、河川の浚渫も対策の一つとして挙げられているが、そのプロセスが十分に管理されていないため、雨季になると河床から運ばれた土砂が戻ってきてしまっている（Ella, 2013）。

効果的だった対策としては、水を浸透させるための自然の水路の建設が挙げられる。この水路は、土壌に水をより多く蓄えることができるため、洪水や干ばつの抑制に役立つ（Ella, 2013）。また、Mutirão Reflorestamento事業に含まれる森林再生や河岸林の再生といった活動も、洪水対策として有効である。一方、政府の報告書では、対策を実施する上でいくつかの障壁が言及されている。例えば、制度的な調整、官僚組織、さらには汚職などが挙げられている（SEA, 2013）。

**1. Hydraulic-engineering structures**



**Detention basins:** Flood damping is an effective measure to redistribute discharges over time. Increased volumes of runoff, which are resultant from urbanization, are not diminished, in fact, but flood peaks are reduced.

**Retention ponds:** A permanent pool with two main objectives, the first, and most important is water quality control; the second is water quantity control, although in a minor scale, when compared to the detention ponds.

**Polders and dikes:** The conception of a polder allows to protect a riverine area from the main river flooding, by constructing a dike along the channel. Inside the polder, temporary storage basins and an auxiliary channel to convey local waters to the reservoir are installed.

**2. Canalization and bank stabilization**



Canalization is the most traditional measure in drainage works. It is obtained by removing obstructions from the riverbed, straightening the river course and fixing the river banks, resulting in an increased conveyance.

**3. Slope stabilization**



Protective walls made of concrete or bricks have been built along roads and in settlements. Geotextile is often used to stabilize fresh landslides before planting protective vegetation.

**4. Terracing and drainage of embankments**



Terracing and drainage of embankments is a measure to protect roads from rockfall and reduce landslide and erosion risk. Compared to simple protective walls these measures require higher technical efforts and are therefore more expensive.

**5. Drain pipes in settlements and along roads**



Drain pipes made of plastic, concrete, or ceramics are often used in hillside settlements and along roads to reduce landslides risk.

図6.リオデジャネイロ州で実施されている技術的対策の例<sup>1</sup>

**非構造物対策**

また、リオデジャネイロ州政府は、水文モニタリング（情報の充実とモニタリングネットワークの拡大）や危機管理計画の作成など、災害予防システムの改善に取り組んでいる（Assemblea Legislativa RJ, 2011）。

丘陵地モニタリングシステムは、気象レーダーと117個の雨量計の設置、および高度なオペレーションセンターの設置によって改善された（Ella, 2013）。CEPED-UFSC（2011）は、セラーナ地方のさまざまな組織が実施しているリスク管理に関する非構造物対策を列挙している。

**表1.リオデジャネイロ州が実施している非構造物の災害リスク軽減策**

対策	実施機関・団体
リスクに関するコミュニケーションと認識	COMDEC, Secretaria de Educação <sup>2</sup>
高リスク地域に住む住民のリスト	COMDEC, Federação de Associação de Moradores <sup>3</sup>
リスク認知に関するコミュニティベースの研修	COMDEC
災害予防	COMDEC, Corpo de Bombeiros, <sup>4</sup> Associação de Moradores

**1. Risk mapping**  
Mapping and grading all risk areas is the basis for the implementation of ecosystem-based solutions and also for relocating people from endangered areas.

**2. Permanent protection areas (APP's)**  
The New Brazilian Forest Code defines APP's to protect hydrological resources, landscapes, biodiversity, and soils, stabilize geological structures, and promote the gene flow of flora and fauna. APP's are situated along rivers and streams, around lakes and lagoons, along headwaters, on hilltops, on slopes >45°, in altitudes > 1,800 m.a.s.l., and on edges of trays or chapadas. Moreover, dune and mangrove vegetation as well as legally defined metropolitan areas are protected as APP's. In APP's construction is prohibited and nature-near ecosystems are permanently conserved or restored.

**3. Reforestation projects**  
Several reforestation projects have been established to protect the watersheds and reduce landslide and flood risk. However, the direct economic value of nature-near protection forests is comparably low.

**4. River restoration projects**  
This measure aims at recovering the natural river conditions to reduce flood risk and improve water quality. It includes the restoration of the original river course and floodplains (retention area) and of the natural riverine vegetation.

**5. Introducing alternative land use systems**  
Alternative land use systems such as agroforestry are introduced to generate income, but at the same time reduce landslide and flood risk.

図7 生態系を活用した対策の例<sup>5</sup>

### Box 2. Mutirão Reflorestamento 事業

リオデジャネイロ州で行われているEco-DRR対策の一例として、1987年に設立されたリオデジャネイロ市の*Mutirão Reflorestamento* 事業がある。この森林再生事業は、ファベラ（貧民街）に近い地域で実施されている。地元の住民が雇用され、植林とモニタリング活動のための研修を受けている。この事業の目的は、森林被覆の改善を通じて劣化した自然環境を回復し、低所得者層に仕事を提供することである。森林再生は、地滑りのリスクを軽減し、河川や水路の堆積を減らし、洪水の強度を最小化し、最終的にはリスクのある保護区域の住宅利用を減らすことを目的としている（Rio de Janeiro Prefeitura, 2007）。

この事業は、107のコミュニティで実施され、1,600ヘクタールに150種類の樹木約400万本が再植林された。特徴としては、自治体とコミュニティの連携、継続的なメンテナンス、費用便益の高い対策、環境教育の要素などが挙げられる（Rio de Janeiro Prefeitura, 2007）。

この事業は、革新的なプロジェクトとして表彰もされている。国内では、環境省から表彰され、国際的には、国連のプロジェクト「メガシティ」の一つとして、また、国連人間居住計画（UNCHS）の「ベスト・プラクティスとローカル・リーダーシップのデータベース」の一つに選ばれている。この事業は現在、リオデジャネイロ市の環境長官が行う恒久的な活動の一部となっている。

実施上の主な課題は、火災や悪天候、斜面での動物飼育、コミュニティの復帰、スタッフの人数不足などである（Rio de Janeiro Prefeitura, 2007）。

詳細は、以下を参照。

[http://www0.rio.rj.gov.br/pcrj/destaques/especial/mutirao\\_reflorestamento2.htm](http://www0.rio.rj.gov.br/pcrj/destaques/especial/mutirao_reflorestamento2.htm)

## 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

技術的な解決策では限界があるため、リオデジャネイロ州では、生態系を活用した対策やハイブリッドな解決策が開発され、一部実施されている（図7）。これらの解決策は、ランドスケープや生態系システムを全体的に考慮し、長期的な効果を狙ってレジリエンスを高め、持続可能な開発に貢献するものである。環境に配慮した都市計画から、農村部の森林再生や河川の復元まで、幅広い活動が行われている。通常、これらの対策は、ポジティブな効果を発揮するまでに時間がかかる。

また、継続的なメンテナンスが必要な場合もある。しかし、災害リスクに対処するためのこのような体系的なアプローチや、計画・実施プロセスへの地方自治体やコミュニティの参加の確保は、長期的には、純粋に技術的な解決策よりも効果的であることが証明されている。さらに、費用も低く抑えられ、気候、生物多様性、流域、土壌の保全などのコベネフィ

ットも得られる。図7に示した例は、セラーナ地方だけでなく、リオデジャネイロの広い範囲でのものである。

*Mutirão Reflorestamento* 事業以外にも、2016年にリオデジャネイロで開催されたオリンピックの準備を支援する目的で推進された取り組みがある。例えば、2010年から2012年にかけて、劣化が激しいとされる地域に約200万のプランテーションが設置され、150以上のコミュニティがこのプロセスに参加した。その目的は、2016年までに600ヘクタールの再植林を行うことだった（Cidade Olimpica, 2012）。

2011年1月の大災害の後、斜面を安定させ、将来の地滑りリスクを軽減するために、生態系を活用した対策が実施されている。次のページのBox3は、Nova Friburgo市のBarracão dos Mendesの谷での例を示している。

**Box 3.2011年の大災害で倒壊した斜面の生態系の回復**

2011年1月、Nova Friburgoの町に近い農村地帯、Barracão dos Mendesの谷間で広範囲の地滑りが発生した。これらの地滑りのうちのいくつかは、道路や建物などのインフラに深刻な被害をもたらした。瓦礫を除去した後、道路沿いの多くの斜面は、段丘、ジオテキスタイル、保護用の植生を使って安定化された。しかし、これらの対策には高い費用がかかるため、特に小道や道路沿いでは、生態系を活用した低コストの解決策が用いられた。

写真aは、2011年1月の大災害から半年後、道路や農業インフラに被害を与えた崩壊した斜面である。瓦礫を除去した後、ユーカリの棒と竹の横木で小さな土砂の障壁を作り、ジオテキスタイルを使用して斜面を安定させた（写真b、2012年1月23日撮影）。その後、ベチバー草 (*Vetiveria zizanioides*) と様々なマメ科の種 (*Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Mucuna aterrina*, *Cajanus cajan*) を植え、土壌の状態を改善し、迅速に高密度の植生を形成した。その後、以下のような単木が植えられた：

新熱帯種の *Bauhinia forticata*, *Cordia superba*, *Centrolobium tomentosum*, *Gallesia integrifolia*, *Inga laurina*, *Inga marginata*, *Lithraea molleoides*, *Lonchocarpus guillemineanus*, *Machaerium stipitatum*, *Piptadenia gonoacantha*, *Senna multijuga*, *Solenum pseudocapsicum*。さらに、外来種の *Acacia holosericea*, *Cassia grandis*。

写真cは地滑りから2年後の2013年2月に撮影されたもので、中・下部斜面にマメ科植物や単木を用いたものである。上段の斜面では、斜面を安定させ、土壌条件を改善し、表面流出と浸透を減らすために、傾斜に沿ってアグロフォレストリーが導入された。このアグロフォレストリーは、トウモロコシ、豆類、ヤシの木 (*Roystonea oleracea*)、ライチなどで構成されており、農業収入を増やすという利点がある。写真dは2014年3月に撮影したアグロフォレストリーのある上部斜面の様子である。この対策にかかる総費用は6,000BRL (約2,500米ドル) と見積もられている。課題としては、マメ科植物への植菌ができていないこと (マメ科植物が土壌中の窒素を固定するために根粒菌が働くプロセス)、植林に適した高品質の木の苗木がないこと、苗木の死亡率が高いこと、労働力が不足していることなどが挙げられる。

この修復事業は、リオデジャネイロ州農業開発公社 (Pesagro-Rio) が実施したもので、データは、Aluísio Granato de Andrade氏 (農業エンジニア博士、Embrapa-Solos社の研究者) とTiago A. Chaves氏 (農業エンジニア、Rio Rural/Pesagro-Rioプログラムのコンサルタント) から提供された。写真提供：Tiago de Andrade (a-c), Udo Nehren (d)。



### 生態系管理の改善のための生態系サービスへの支払い

生態系サービスへの支払い（PES）は、農家などの土地所有者に対し、価値ある物やサービスを提供する重要な生態系を保護するための、対価を支払うツールである。

このような経済的インセンティブは、生態系サービスを保護するための費用対効果の高いメカニズムとして提案されてきた(Porrás et al., 2008; Engel et al., 2008)。Mata Atlântica地域では、すでに100以上のPESプロジェクトが実施されており、そのうち2つはリオデジャネイロ州で実施されている（Becker & Seehusen, 2012）。Mata Atlântica地域のPESスキームは、国際的に商業化されている4つの主要な生態系サービスを対象としている（(a)生物多様性、(b)炭素貯蔵と隔離、(c)水供給、(d)ランドスケープ形成(Becker & Seehusen, 2012)）。災害リスクの軽減はPESスキームに含まれていないが、上述の4つのサービスのいずれかを目的とした森林の適切な管理は、しばしば災害リスクの軽減にも寄与する。Box2では、リオデジャネイロ市で実施されたPESプロジェクトの概要を紹介している。

セラーナ地方では、これまで、PESプロジェクトは実施されていない。しかし現在、Cachoeiras de Macacu市のTrês Picos州立公園でのプロジェクトが、企画段階にある（Becker & Seehusen, 2012）。この州立公園は、下流の5つの自治体の約250万人の住民に飲料水を供給しているGuapi-Macacu上流の山岳地帯に位置している（Pedreira et al.2009）。様々な研究により、健全な森林管理が、洪水リスクの軽減をはじめとする流域サービスに好影響を与えることが示されている（Mark & Dickinson, 2008）。Rodríguez Osuna et al. (2014)によると、このGuapi-Macacu流域における森林管理の改善と劣化した牧草地の再植林は、水質にプラスの効果をもたらし、洪水や地滑りのリスク軽減にもつながる可能性が高いとしている。

## 6. 教訓と結論

このケーススタディでは、災害リスク軽減の

ための生態系管理の重要性が強調されている。リオデジャネイロ州では、生態系サービスを最適化し、レジリエントなランドスケープを構築するために、PPA<sup>6</sup>の設計や国家森林法に基づく河川植生の確立など、生態系を活用した対策が重要であるとされている。大災害の後の2011年1月にリオデジャネイロ州で行われた調査では、永久保護地域が守られている場所では、地滑り、土石流、洪水の影響が少ないことが確認された（SBF, 2011）。したがって、PPAの保護を定めた法律の遵守および執行の強化が必要である。

リオデジャネイロ州では、地滑り、土石流、洪水が山間部の主要な自然ハザードであることを考えると、災害リスクを軽減するためには、生態系を活用した解決策やハイブリッドな解決策など、構造物対策、非構造物対策が共に必要である。リオデジャネイロ州では、人口増加と経済成長に伴い、都市のスプロール化、土地利用の激化、生態系の劣化が進んでいるため、レジリエントなランドスケープという指針のもと、統合的な解決策が模索されている。具体的には、住民の曝露や脆弱性を軽減するための地域・都市計画の改善、農業・林業分野における健全な環境管理の実践、リスク軽減や生物多様性保護の要素として線形構造あるいは点構造だけでなく、全体としてのランドスケープを考慮した生態系管理などが挙げられる。

ブラジルの地滑り、土石流、洪水の影響を軽減するために、国や州政府、さまざまな機関、コミュニティはすでにある程度協力しているが、より効果的な防災・準備のためには、連携の改善が不可欠である。ステークホルダー間のパートナーシップを確立することで、さまざまなレベルのリスク管理プロセスを強化することができる。また、地域レベルでの環境意識と教育のプロセスも必要である。

リオデジャネイロ州は災害が起こりやすい地域にあり、気候関連の異常気象を避けることはできないため、リスク管理方法や対策は、住民の脆弱性や曝露を減らすことに重点を置かなければならない。つまり、ランドスケープや生態系の安定化や、そのような安定化が

不可能な危険地域の人々の移転などにより、長期的にリスクを軽減することである。ブラジルでは、防災や災害への備えが、気候変動への対策を含む長期的な予防ではなく、主に短期的な対応に重点が置かれているため、これは重要な問題であるリスクの認識と軽減に関する地域レベルでの行動を変えるためには、長期計画プロセスの一環として、環境意識と教育、法律の強化、森林被覆の回復のプロセスが必要である。また、軽減策や予防策の持続性を確保するためには、対策の実施中および実施後のモニタリング、レビュー、フィードバックも必要である。農村や都市の土地管理をより環境に配慮したものに変えていくためには、生態系サービスへの支払い（PES）スキームが適切な手段として考えられる。

### 7. 演習と講義ノート<sup>7</sup>

この演習では、リオデジャネイロ州のある地域の画像を用いて、地滑りが発生する前の状態（画像A）と、2011年1月の大雨の後の状態（画像B）を示し、地滑りが発生しやすい地域を特定する。画像(B)は、地滑りを説明しており、指導者が演習問題の解答示すことを目的としている。

演習は個人または2～3人のグループに分かれて行う。演習時間は30分から40分を目安とする。演習終了後、簡単なディベートやディスカッションを行うとよい。

学生たちは、自分が土地利用計画者や地滑りのリスク管理者であることを想像すること。

1. 画像（A）は、リオデジャネイロ州のある地域における、2011年1月の大雨の前の状況を示している。地滑りや土石流が発生しやすい地域を黄点と緑点で示し、その理由を論じなさい。また、それらの地域はすでに地滑りの被害を受けていると思うか？
  - 画像（B）で答えが示されている。
  - 例えば画像(B)のポイント4のように、すでに地滑りの影響を受けていた可能性のある場所も含まれている。
2. 脆弱な地域を特定した後、自然のリスク要因や土地利用状況を考慮して、各地域が地滑りや土石流の影響を受ける可能性があると考え理由を記述しなさい。想定を補強するために、ウェブ上で文献調査を行うこと。

#### Box4：画像（B）のための指導者ノート

地点1は、原生植物がよく保存されている地域で発生した地滑りである。この地域では人間の活動は観察されていない。

地点2は、原生植生がよく保存されている地域で発生した地滑りを表しているが、この場合、地滑りの起点付近には道路があり、丘陵地の基盤は森林に覆われている。

地点3は、原生植生がよく保存されている地域で発生した地滑りであるが、この場合、地滑り開始地点の丘の上に劣化した植生がある場合と、丘の元の基盤が道路によって切断されている場合の2種類の対策が存在する。

地点4は、斜面にも頂上にも元の植生がない場所での地滑りを表している。また、山腹の道路や建物のための土留めもある。

地点5は、自生している植物が保全されている斜面で発生した地滑りであるが、斜面の上部と側面には植物がない。

地点6は、丘の上に草地と道路がある斜面で発生した地滑りを表している。

地点7は、植生が劣化した丘陵地帯で発生した地滑りで、丘のふもとには集落や農業活動があり、丘の頂上には高速道路が隣接している。

## ケーススタディ1：ブラジル

- 山崩れしやすい地域の説明（画像の数字地点）はBox4に記載している。
  - 例：リスクマッピング、永久保護地域（PPA）、森林再生、代替土地利用システム
3. 地滑りや土石流のリスクが高い地域を特定した上で、地滑りの被害を回避するために、どのような対策を提案できるか？土地利用をとその地域の地形を考慮すること。
- 演習を行った後、土地利用の違いによる地滑りの大きさの違いについてクラスで話し合うこと。



(A) リオデジャネイロ州における2011年1月の豪雨の前の状態を示す画像（2010年5月26日撮影）  
出典：Schaffer W. B. et al. (2011)



(B) 2011年1月の豪雨によるリオデジャネイロ州の被害状況（2011年1月20日撮影）  
出典：Schaffer W. B. et al. (2011)

## 8. 謝辞

このケーススタディのためにデータを提供した以下のプロジェクト、機関、人物に感謝する。ドイツとブラジルのプロジェクト DINARIO/MP2 ( PCT/Embrapa - Código de Identificação SAIC

10200.10/0046-8) 、ドイツとブラジルのプロジェクト INTECRAL、 Ministério do Meio Ambiente (MMA)、 Rio Ruralプログラム、 Pesagro-Rioプログラム、 Mr.Wigold Bertoldo Schaffer、 Mr.Aluísio Granato de Andrade、 Mr.Tiago de Andrade Chavesの各氏。

## 参考文献

- Asamblea Legislativa RJ, 2011. Relatório Final - 247/2011, s.l.: s.n.
- CEPED-UFSC, 2011. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991-2010. Volume Rio de Janeiro, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CEPED-UFSC, 2011. Diretrizes em Redução de Riscos de Desastres Região Serrana do Rio de Janeiro., Florianópolis: Universidad Federal de Santa Catarina.
- DRM-RJ, 2012. Diagnóstico sobre o risco a escorregamentos no estado do Rio de Janeiro e plano de contingencia para atuação do NADE/DRM-RJ no periodo de dezembro de 2011 a abril de 2012, s.l.: Governo do Estado do Rio de Janeiro.
- Fernandes, N. et al., 2004. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. CATENA, 55(2), pp. 163-181.
- Galindo Leal, C. & Gusmão-Câmara, I., 2003. The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook (State of the Hotspots, 1). Island Press ed. Washington D.C: Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International.
- IBGE, 2012. IBGE releases the population estimates of the municipalities in 2012, s.l.: IBGE.
- IFRC, 2012. Analysis of legislation related to disaster risk reduction in Brazil, Geneva: IFRC.
- IMF, 2013. World Economic Outlook Database: Report for selected countries and subjects, Brazil: IMF.
- INPE, 2007. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos, Santa Maria: Ministério da Ciência e Tecnologia.
- IUCN, 2009. Payments for Ecosystem Services. Legal and Institutional Frameworks.. Gland, Switzerland: IUCN.
- Lange, W. et al., 2013. HumaNatureza2=Proteção Mútua - Percepção de riscos e adaptação à mudança climática baseada nos ecossistemas na Mata Atlântica, Brasil, Berlin: Studienreihe des SLE 255.
- Nehren, U., 2011. Historische Landschafts degradation und aktuelle Nutzungsproblematik in der Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro. In: M. Coy & M. Neuburger, eds. Global Change: Herausforderungen für Lateinamerika. s.l.: Innsbrucker Geographische Studien, pp. 11-25.
- Nehren, U., Alfonso de Nehren, S. & Heinrich, J., 2009. Forest fragmentation in the Serra dos Órgãos: Historical and landscape ecological implications. In: H. Gaese, J. Torrico, J. Wesenberg & S. Schlüter, eds. Biodiversity and land use systems in the fragmented Mata Atlântica of Rio de Janeiro. Göttingen: Cu villier-publishers, pp. 39-64.
- Nehren, U. et al., 2013. Impact of natural climate change and historical land use on landscape development in the Atlantic Rainforest of Rio de Janeiro, Brazil. Anais Academia Brasileira de Ciências, 85(2), pp. 311-332.
- Oliveira-Filho, A. & Fontes, M., 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in southeastern Brazil and the influence of climate. Biotropica, 32(4B), pp. 793-810.
- Ribeiro, M. et al., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation, 142(6), pp. 1141-1153.
- SBF, 2011. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?, Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Schaffer W. B. et al. 2011. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Série Biodiversidade 41. Brasília: MMA.
- Smyth, C. & Royle, S., 2000. Urban landslide hazards: incidence and causative factors in Niterói, Rio de Janeiro State, Brazil. Applied Geography, Volume 20, pp. 95-117.
- US. Geological Survey, 2004. Landslide Types and Processes, s.l.: USGS

## ウェブページ

[www.conservation.org](http://www.conservation.org)

[Accessed 05/01/2014].

[www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)

[Accessed 05/01/2014].

American Red Cross, 2014. Flood Safety.

<http://www.redcross.org/prepare/disaster/flood>

[Accessed 05/01/2014].

Cidade Olimpica, 2012. Reflorestamento de encostas.

<http://www.cidadeolimpica.com.br/projetos/reflorestamento-de-encostas/>

[Accessed 13/02/2014].

Ella, 2013. Ella - Learning Alliances.

<http://ella.practicalaction.org/alliances/uploadFile/uploads/learning/discussions/LEA6StudyTourDailyMinutes82201.pdf>

[Accessed 28/12/2013].

Ella, 2013. Rio de Janeiro City's Early Warnign System for Heavy Rain.

[http://ella.practicalaction.org/sites/default/files/131101\\_ENV\\_CitAdaMit\\_BRIEF4.pdf](http://ella.practicalaction.org/sites/default/files/131101_ENV_CitAdaMit_BRIEF4.pdf)

[Accessed 27/12/2013].

Fundação SOS Mata Atlântica, 2013: Mapas SOS Mata Atlântica.

<http://mapas.sosma.org.br>

[Accessed 21/ 03/2014].

Fundação SOS Mata Atlântica, 2013. SOS Mata Atlântica.

<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-Atlântica/>

[Accessed 15 11 2013].

INEA, 2011: Base temática do Estado do Ambiente.

[http://www.inea.proderj.rj.gov.br/basetematica\\_estadoambiente](http://www.inea.proderj.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente)

[Accessed 21/ 03/2014].

MMA, 2013: Map data base of the Brazilian Ministry of Environment.

<http://mapas.mma.gov.br>

[Accessed 21/ 03/2014].

NOAA, 2014. National Weather Service - National Oceanic and Atmospheric Administration.

<http://www.srh.noaa.gov/mrx/hydro/flooddef.php>

[Accessed 16/01/2014].

Rio de Janeiro Prefeitura, 2007. Projeto Mutirão Reflorestamento.

<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/2C87C7CF/SeminAPPConamaMarcelo.pdf>

[Accessed 28/12/2013].

SEA, 2013. Ambiente: Recuperação da Região Serrana.

<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1107194>

[Accessed 23/12/2013].

Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Recursos Minerais.

<http://www.drm.rj.gov.br/index.php/downloads/category/25-carta-de-risco-remanescente>

[Accessed 21/ 03/2014]

## 注釈

1 写真の出典 (1) S. Alfonso, (2-5): U. Nehren

2 Secretary of Education

3 Federation of Residents Associations

4 Residents Associations

5 写真の出典: (1) Risk map of Teresópolis (2011), source: Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro,

Departamento de Recursos Minerais; Photos (2) - (5) U. Nehren

6 Permanent Protected Areas (PPAs) were established by Federal Law No. 12651, which establishes the general normative for the protection of riparian vegetation, among others.

7 情報元: SBF, 2011. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de

Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?, Brasília: Ministério do Meio Ambiente

# ケーススタディ2

## インドネシア・中部ジャワ州スマラン市 における統合的沿岸管理 (ICZM)

### 1. 概要

<p><b>概要</b></p>	<p>統合的沿岸管理は、人口が多く、複数のハザードにさらされている沿岸地域を管理するための学際的なアプローチである。このアプローチを紹介するために、インドネシア・ジャワ島中部のスマランをケーススタディ地域として選んだ。スマランは、特に沿岸部の洪水、塩害、地盤沈下などの災害リスクに直面している。洪水リスクを軽減するために、構造物対策、非構造物対策、生態系を活用した対策など様々な対策が実施されている。</p>
<p><b>学習目標</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 沿岸部のハザードと軽減策を探る。</li> <li>● 災害リスク軽減のための様々なタイプの対策を分類する。</li> <li>● 各対策の利点と欠点を評価する。</li> <li>● 沿岸地域の自然ハザードや人為的ハザードを管理するための学際的なアプローチを提示する。</li> <li>● ステークホルダーの参加の必要性を理解し、災害リスク管理にとって重要なステークホルダー・グループを定義する。</li> </ul>
<p><b>ガイダンス</b></p>	<p>スマランのケーススタディでは、沿岸部の洪水と地盤沈下、そして実施された対策案が紹介されている。</p> <p>ケーススタディの後、統合的沿岸管理の解決策とトレードオフを考える学生の能力を強化するために演習を行うと良い。</p>
<p><b>参考文献</b></p>	<p>洪水や河川管理、沿岸システムの構成要素、沿岸環境への人間の影響などに関する一般的な情報は以下を参照。</p> <p>Christopherson, R., 2008. Geosystems: An introduction to Physical Geography. 7th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.</p> <p>Marsh, W. &amp; Kaufman, M., 2013. Physical Geography: Great systems and global environments. New York: Cambridge University Press.</p> <p>Marfai, M. &amp; King, L., 2008. Potential vulnerability implications of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang city, Indonesia. Environmental Geology, 6(54), pp. 1235-1245.</p> <p>IPCC., 2012. Special Report « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to advance Climate Change Adaptation ». Cambridge University Press, 582p.</p> <p>リスクや脆弱性の評価に関連する情報や演習は以下を参照。</p> <p>Renaud, F., Sudmeier-Rieux, K. &amp; Estrella, M., 2013. The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction, United Nations University Press, 486 p.</p> <p>Multi-hazard risk assessment (<a href="http://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/Book%20Multi%20Hazard%20Risk%20Assessment_0.pdf">http://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/Book%20Multi%20Hazard%20Risk%20Assessment_0.pdf</a>) Risk City Exercise book 2011 (<a href="http://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/Multi-hazard%20exercise%20book_0.pdf">http://www.ecapra.org/sites/default/files/documents/Multi-hazard%20exercise%20book_0.pdf</a>)</p>

## 2. 背景

ケーススタディ地域	中部ジャワ州スマラン市
対象国	インドネシア
生態系	河口、湿地、マングローブを含む沿岸の生態系
ハザード	洪水、海面上昇、地盤沈下、水不足、塩害

インドネシア共和国は、インド洋と太平洋の間に位置する東南アジアの国である。17,500以上の島々からなる世界最大の群島を持ち、海岸線の総延長は約80,000kmに及ぶ。領土面積は約190万km<sup>2</sup>であり、人口は2億5千万人で、世界で4番目に多い。人口の約51%が都市部に集中しており（UNDP, 2013; CIA, 2013）、その多くが沿岸低地、特に低海拔沿岸地帯（LECZ）に集中している（インドネシアはLECZの都市人口で世界第4位、図2参照）。

国土の52%が森林で覆われていると推定されている（UN, 2013）。

より大きな島々では、地形が沿岸部の低地から内陸部の山岳地帯へと変化する。気候は、高地では湿潤熱帯性気候から温帯性気候へと変化する。その地理的・気候的条件から、洪水、高潮、干ばつ、津波、地震、火山噴火、森林火災など、多種多様な自然ハザードに直面している（CIA, 2013; UN, 2013）。

インドネシアの総面積の6.65%しかないジャワ島には、国の人口の半分以上にあたる約1億4千万人が暮らしており、世界でも有数の人口密度の高い島となっている。スマラン市は、中央ジャワ州の北部、南緯6度58分、東経110度25分に位置している（図1参照）。スマランは、中央ジャワで最も重要な港のひとつで、374km<sup>2</sup>の面積を持ち、国内では4番目に大きい都市である（Harwitasari & van Ast, 2011）。スマランの人口は157万人で、現在、毎年1.38%ずつ増加している（World Urbanization Prospects, 2011）。

スマランの気候は湿度の高い熱帯性気候に分類され、平均年間降水量は2,000～2,500mmで、12月と1月にピークを迎える。月間平均気温は25.8～29.3℃である（Marfai & King, 2008a; ACCCRN, 2010）。

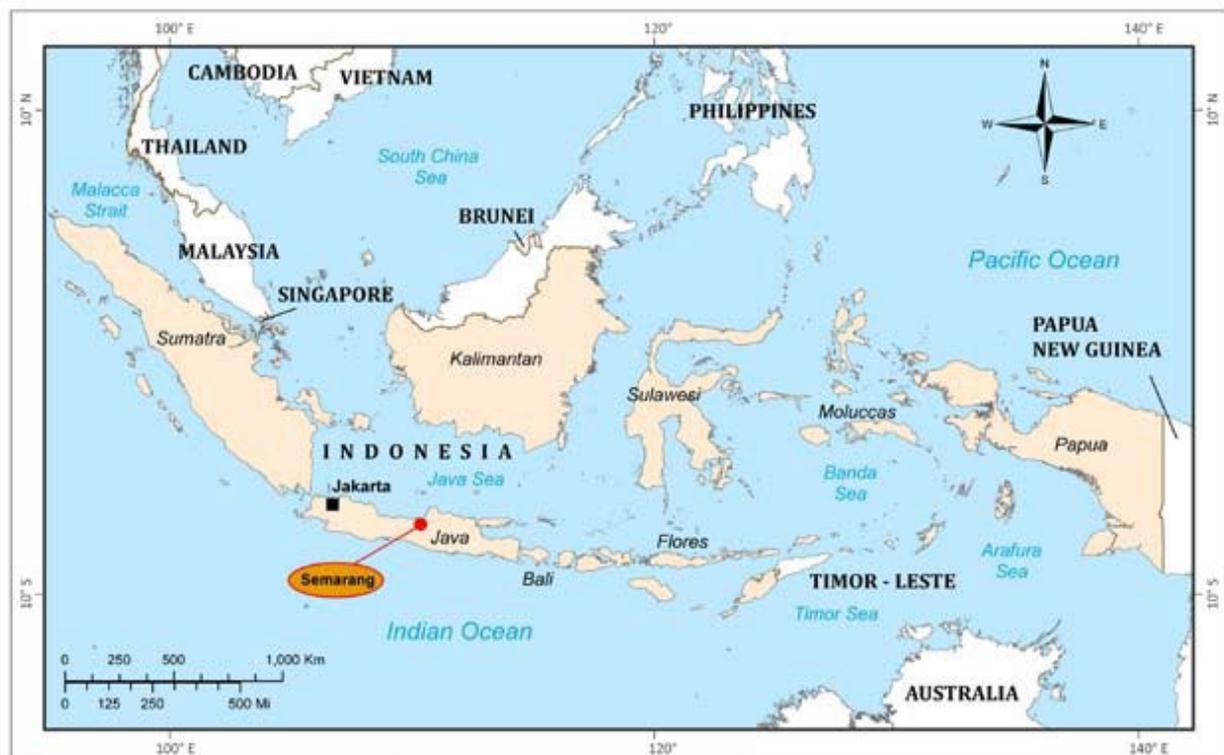


図1.スマラン市の位置 地図出典：Arief Darmawan, 2014

## ケーススタディ2：インドネシア

都市のランドスケープは、森林、農林地、集落、水田がモザイクのように入り組んでいる。スマランは、市の南部に丘陵地があり、北部には低地が広がっている。丘陵地帯の平均標高は海拔400メートル以上で、そのほとんどが15～40%の急傾斜に分類される (Marfai & King, 2008a)。低地は海拔10m以下の低海拔沿岸地帯 (LECZ) に分類され、商業・工業地域の大部分はこれらの低地に見られる (Syahrani, 2011; Marfai & King, 2007)。

スマランの沿岸地域は、約4,575ヘクタール、25kmの海岸線を有している。スマランの沿岸地域は、4つの小地域に分けられる。(1)砂と粘土の海岸、(2)沖積土とマングローブ林の組み合わせ、(3)沖積土と泥の堆積地、(4)港湾と観光のための埋め立て地である (Kobayashi, 2003, cited in Marfai & King, 2008a)。

スマランの住民のほぼ半数は、養魚池や農業地帯がある沿岸地域に住んでいる (Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2010))。同時に、これらの地域は浸水や地盤沈下に悩まされており、それらは海面上昇によって悪化することも予想されており (Marfai & King, 2008a, b)、人々の生活を危険にさらしている。

漁業に依存し、他の地域への移転を嫌うことから、低地の住民は沿岸の洪水に対して脆弱であると考えられる。これは特に、他の場所に移転する余裕のない都市部の貧困層や、この地域での収入源に依存している住民に当てはまる。また、以前に政府によってその地域に移転させられた家族の移住者グループも非常に脆弱である。Marfai & Hizbaron (2011)によると、洪水の被害を受けやすい地域の住民は、自分たちのリスクを認識していても、家を出ることを決断しないことが多い。これは、人々が経済的な代替手段を持たず、自分たちの生活と社会的ネットワークを失う可能性に直面している場合によく発生する。

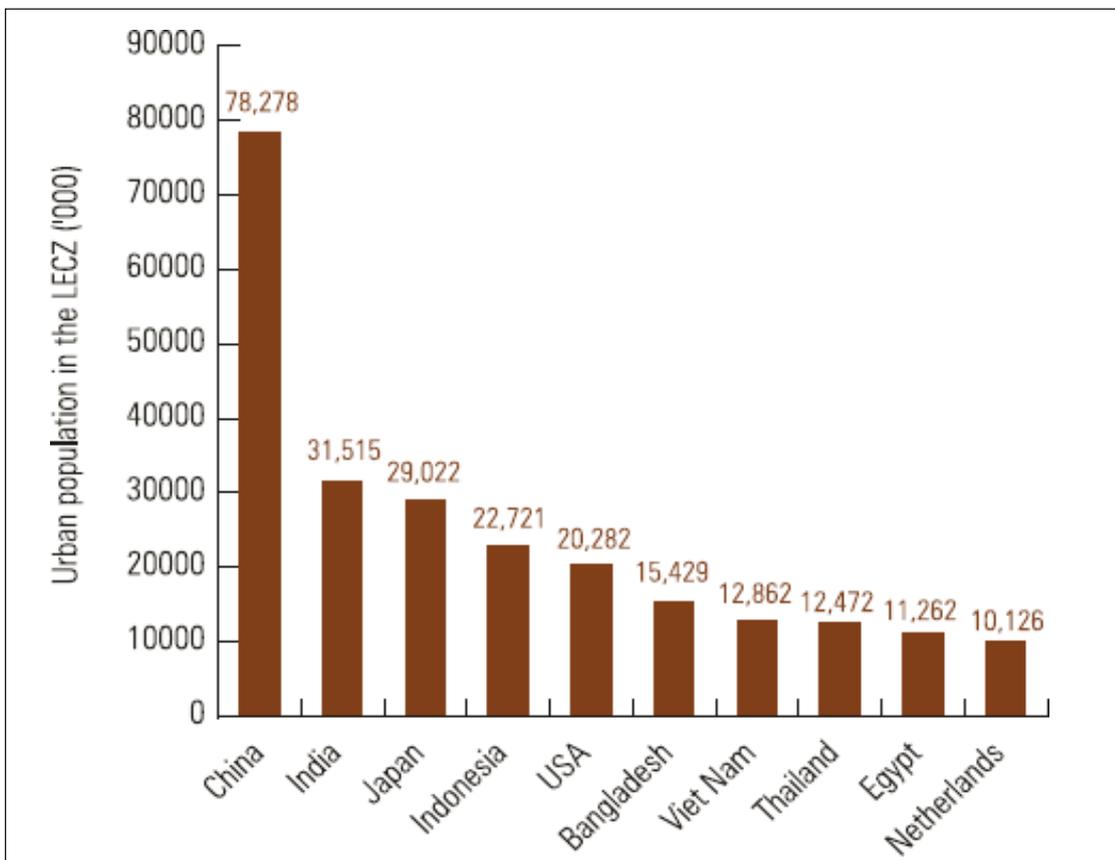


図2.特定の国におけるLECZの都市人口 出典：State of the World Cities 2008/09, p.144

表 1.都市型洪水の主な原因（非沿岸部の都市を含む）（出典：Mulyasari et al. 2011）

主な要因	特徴
人的要因	急速な都市化： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 洪水被害を受けやすい地域への人や資産の集中</li> <li>● 廃棄物が排水設備を詰まらせ、排水能力を低下させ、表面流出の増加につながる。</li> </ul>
自然的要因	海面上昇： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海面上昇と高潮の深刻化</li> </ul> 降雨強度： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 重い降雨の長期化</li> </ul> 氷河融解の増加： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 河川流量を増加させる変化</li> </ul>
ガバナンスの要因	不十分な都市計画 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 都市人口の不均等な空間分布</li> </ul>

**Box 1.低海拔海岸線地帯（LECZ）の定義**

標高の低い沿岸地域とは、海岸線に沿った標高10m未満の連続した地域を指す。LECZは世界の陸地の2%を占めているが、全人口の10%、都市人口の13%が居住している。アジアの全都市人口の17%がLECZに住んでおり、東南アジアでは都市人口の3分の1以上を占めている。

低海拔沿岸地帯の都市化レベルは、他の景観や土地利用システムに比べて高い。世界的に見ても、LECZの場合、人口の約60%が都市に住んでいるのに対して、乾燥地の場合は44%、耕作地の場合は47%となっている（UN-HABITAT, 2008）。

**3. 課題**

スマランは、洪水と地盤沈下という、相互に強く関連する2つの主要な自然ハザードに直面している。この2つの問題は、利用可能な天然資源への圧力、特に低地の沼地や野原での居住、レクリエーション、工業を目的とした都市化と、それに伴う地下水の乱開発に直結している（Marfai & King, 2008）。これらの問題は過去20年間にわたってよく知られていたが、「制御不能」な都市化が進んだことで、非常に持続可能性の低い土地利用の変化がもたらされている（Marfai & King, 2007）。

Marfai & King (2008b)は、2020年までに平均して年間2,227ヘクタールの土地が地盤沈下によって失われると推定している。地盤沈下の主な原因は、地下水の汲み上げ、自然の圧密プロセス、建築物の荷重による沈下の3つである。気候的・地理的条件や人類の追加的な圧力により、沿岸地域は洪水の影響を受けており、特にLECZやスマランの河川の氾濫原に影響を及ぼす主要なハザードとして挙げられている。沿岸の洪水は、地盤沈下や海面上昇の影響を受け、様々な部門に影響を及ぼすため、沿岸の管理者や政府にとって大きな課題となっている（Marfai & King, 2008）。

洪水は地域のインフラだけでなく、沿岸部の集落や農地にも被害を与え、地域住民の生活を脅かし、社会経済的な損失をもたらす。図3は、スマランの海水氾濫の影響を受ける地域を示している。洪水予測によると、洪水や浸水が起りやすい地域は約86km<sup>2</sup>（スマランの面積の23%）で、60,000世帯が潜在的に危険にさらされている（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2011)）。



図3.スマラン市の海面上昇予測とそれに伴う洪水のシナリオ  
地図作成：Arief Darmawan, 2014

予測される世界的な海面上昇により、ジャワ島の高度に都市化された沿岸を含む沿岸都市の浸水が増加する可能性がある（UN-HABITAT, 2008）。洪水に対するコミュニティや人々の反応を理解することは、沿岸災害管理における具体的な行動の問題に対処するために不可欠である（Marfai & King, 2008a, b）。沿岸浸水の増加は、スマランの沿岸地域における社会経済的な損失を大きくする可能性がある。Marfai & King (2008a, b)は、水深の異なるシナリオを用いて、この地域における海面上昇の影響を予測した。図3は、30cmの洪水レベル（1998年にIPCCが使用した数値で、洪水被害が36～58%増加すると予測している）から、最近の潮汐氾濫の深さと海面上昇の地域シナリオの合計として120cmまでの異なるシナリオを示している（Marfai & King, 2008b）。このモデルは、沿岸浸水が生態系に障害をもたらすことを明らかにしている。さらに、既存の土地利用やインフラにも被害が及び、深刻な社会経済的損失につながることになる。最悪のケースのシナリオによると、現在の土地利用パターンが継続すると仮定した場合、180cmの潜在的な浸水により、約712.5ヘクタールの農業・プランテーション地域、930.8ヘクタールの裸地、1716.6ヘクタールのビーチと庭地、2235.0ヘクタールの都市化された地域と養魚池が失われることになる（Marfai & King, 2007）。

1990年にスマランで発生した大洪水は、最大3mの浸水深で145ヘクタールのエリアに影響を与えた。この災害では、47人が死亡し、126の家屋が被害を受け、1つの学校の建物と1つの寮が倒壊した（Marfai & King, 2008a）。現在、スマランの沿岸地域には20の村があり、沿岸の浸水に対して極めて脆弱である（Marfai & King, 2008a）。洪水やその他のハザードのリスクが最も高いのは、インフォーマルな居住地に住む入植者やその他の貧困層である。インフォーマルな居住地は、川岸、緑地、鉄道線路沿いの荒地、建築物の間の空間など、居住用に指定されていない空間を占めることが多い。安定した土地への権利がないインフォーマルな居住地の住民は、洪水リスクを軽減するような生活条件の改善に投資することに消極的である。したがって、土地への権利は、インフォーマルな居住地の住民がリスクを軽減できるようにするための鍵であると考えられる（Tunas & Peresthu, 2010）。

スマラン市の洪水を制御するために、以下4節で議論するように、構造物対策および非構造物対策が実施されてきた。構造物対策としては、堤防、排水システム、ポンプ場、干拓地、海岸線の埋め立てなどがあり、非構造物対策としては、海岸線の計画・管理、国民教育、災害管理のための制度的枠組みの構築などがある。しかし、これらの対策は、スマランの洪水リスクを大幅に軽減するのに十分ではないと思われる。

**Box 2. 施策の分類**

**構造物対策**：ハザードの影響を軽減または回避するための物理的な構造、または構造物やシステムのハザード耐性とレジリエンスを達成するための工学的技術の適用（UNISDR, 2007）。

**非構造物対策**：物理的な構造を伴わない、リスクや影響を軽減するための知識、慣行、合意を利用するものであり、特に政策や法律、国民の意識向上、訓練、教育などを通じたもの（UNISDR, 2007）。

Renaud et al. (2013) によると、**生態系を活用した対策**は、3つの主要なカテゴリーに細分化される。

(I) 「ハザードを防止したり、ハザードの影響を軽減したりするための自然のインフラとして機能する、健全かつ適切に管理された生態系」。例えば、地滑りを防ぐ山岳地帯の保護林や、波の高さを減らし、高潮から守り、塩水の浸入を防ぐマングローブ、砂丘、その他の種類の沿岸植生などである。(II) 「人々とその生産資産のハザードへの曝露の機会を減らすのに役立つ (...) 健全かつ適切に管理された生態系」。その好例は自然のままの氾濫原で、洪水流を吸収し、河川を蛇行させ、それによって洪水のピークを減少させることができる。(III) 「人間の生活を維持し、ハザードの発生前、発生中、発生後において、食料、シェルター、水などの基本的ニーズを提供する」生態系。この場合、適切に管理された生態系は、脆弱性を軽減するとともに、例えば、山火事の高リスク地域で耐火性の樹木から得られる種子やナッツを提供するなど、サービスも提供することができる。生態系を活用した災害リスク軽減は、統合的沿岸管理、コミュニティベースの自然資源・災害管理（CBNRDM）、統合的水資源管理（IWRM）などのツールで構成されている。生態系を活用した対策には、構造物対策と非構造物対策があり、森林再生は構造物対策と考えられるが、統合的水資源管理や統合的沿岸管理の一環として行われる土地利用計画の改善は非構造物対策である。

**表2.スマランにおける洪水ハザードに対処するために実施された対策**（出典:Marfai & Hizbaron, 2011）

対象	計画と対策	担当機関
沿岸の土地利用	詳細な沿岸マスタープラン 沿岸部の土地利用変化のモニタリング 法の執行と規制制度の実施	地域開発委員会 公共事業省
廃棄物処分	廃棄物処分場の改善 啓発活動による地域社会への貢献	公共事業省 自治体 保健所 地域
干潮時の洪水対策	干拓地の改善 ポンプステーションの数の改善	地域開発委員会 公共事業省
地盤沈下	地盤沈下のモニタリング 地下水揚水のモニタリング	公共事業省 鉱業地質省
河川・排水設備	詳細な排水のマスタープラン 排水能力の向上及び排水システムにおける堆積物の抑制	地域開発委員会 公共事業省 水資源部

## 4. 実施した対策

スマラン市とインドネシア政府は、洪水を軽減するために、構造物・非構造物対策を講じている。

主な構造物対策としては、低平地における洪水対策、堤防・排水設備、海岸線の埋め立て、ポンプ場、干拓地などがある。これらの構造物対策は、主に地方自治体や国が実施している。非構造物対策では、災害管理、沿岸の計画・管理、教育などの組織的枠組みの強化に重点が置かれている。これらの対策は、主に地域のコミュニティグループやNGOによって実施されている（Marfai & King, 2008a）。

前ページの表2は、潮汐による洪水の危険性を軽減するために政府レベルで実施された対策の例を示している。

インドネシアの沿岸管理に関する活動は、国や援助機関によって開始され、支援されてきた。援助機関は、分権的な沿岸管理やコミュニティベースのアプローチを熱心に支持している（Siry, 2006）。

2010年以降、スマランでは「都市のレジリエンス戦略」（CRS）を策定し、統合的沿岸管理（ICZM）アプローチを用いて沿岸災害に取り組んでいる。スマラン市の統合的沿岸管理アプローチは、沿岸地域の中期的な開発および空間計画プロセス、災害リスクを軽減するための制度の整備、複数のステークホルダーの参加、水資源の管理、排水、廃棄物処理、

住宅・居住地の管理などに、災害リスク軽減を統合することを目的としている（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2010)）。CRS に盛り込まれた対策の一部は、インドネシアの国家適応計画にも盛り込まれており、沿岸地帯は優先地域として位置づけられている（Shahrani, 2011）。統合的沿岸管理は、沿岸地域に影響を与える政策、決定、開発行為を考慮に入れるために、すべての関係者を集めた制度的枠組みを提供する。インドネシアでは、統合的沿岸管理の基礎として「統合沿岸・小島管理」に関する法律27/2007が定められており、沿岸域管理に災害リスク軽減（DRR）を含めることも認められている（Nicholls et al., 2007）。スマランにおいて沿岸地域と洪水に焦点を当てている機関は、計画・開発委員会と水資源管理庁である（Harwitasari, 2009）。

統合的沿岸管理の観点からスマランで実施された3つの具体的な施策について、以下に詳しく説明する。

### Bangerの干拓地

オランダで最初に開発された干拓地（Polders）は、何世紀にもわたって、デルタの沼地を近くの川に排水して耕作地を作るために使われてきた。スマランでは、海からの保護地や埋め立て地を作っている（van Schoubroeck, 2010）。干拓地は、排水システムや堤防とともに、以下のような洪水を防ぐための保護構造物と考えられる（Marfai & King, 2008a）。



図4, 5. Bangerパイロット干拓地の初期建設段階（2011年）写真提供：Dana AdisukmaDana Adisukma

Mondeel & Budinetto (2010)によると、干拓地とは「内側の水位を外側の水位から分離するために、洪水防止要素（堤防やダム）の閉じた輪で囲まれた地域」である。干拓地内の水位を調整するタイダルゲートやポンプ場もそれに含まれる。

干拓地を効果的に導入するには、干拓を構成するすべての構造物要素（ポンプ場、堤防、貯水池、水路）、必須の技術的知見（安全レベル、制御すべき水位など）、すべてのステークホルダーの参加を考慮した統合的なアプローチが必要である（Mondeel & Budinetto, 2010）。

スマラン北部および東部地域の潮汐による洪水を防止するため、Banger地域にパイロットの干拓地を設置した（図4、5参照）。Banger地域は、この地域の主要な水路であるKali Banger水路にちなんで名付けられた。この地域では、潮汐による洪水が発生しており、また、9cm/年の割合で地盤沈下の影響を受けている（Mondeel & Budinetto, 2010）。

このパイロットプロジェクトは、2014年に稼働する予定である。貯水能力の向上、排水システムやポンプの容量の改善により、約70ヘクタールの土地を潮の浸水から守ることができると予測されている（Marfai & King, 2008a; ACCCRN, 2010; ACCCRN, 2011）。

パイロットシステムの建設・運用コストは約600万米ドルであった（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2011)）。干拓地の建設には、インドネシア政府、オランダ政府、スマラン市の資金が投入されている（Witteveen & Bos, 2013）。

地元コミュニティは、干拓地管理委員会への参加を通じて積極的に参加している。この委員会には自治体の代表者も参加しており、システムの運用・保守を担当しており（Witteveen & Bos, 2013; Banger Sima, 2013）、プロジェクトの持続可能性を確保する上で非常に重要な要素となっている。ポンプ場の建設や掘削は2010年に開始され、2013年には堤防の管理を管理委員会に移管する予定であった（Helmer, 2011）。システムの運用・維持を確保するために、1世帯あたり月額約0.7米ド

ルの料金設定や、Kali Bangerフェスティバルなどの観光活動に課される小額の課金などが行われている（Irawati, 2012）。Bangerでは、廃棄物管理が不十分であるため、河川の浚渫、排水システムの再生、固形廃棄物の管理改善などの追加的取組が必要とされている（Witteveen & Bos, 2013）。

干拓システムに期待される効果としては、家屋やインフラへの洪水被害が軽減されるとともに、この地域が観光地としても魅力的になることが挙げられる（Witteveen & Bos, 2013）。一方、干拓地は洪水の軽減に貢献するとはいえ、Marfai & King, 2008,a は、それがBangerの浸水問題のすべてを解決するわけではないと主張している。したがって、他の補完的な構造物・非構造物・生態系を活用した対策を含む全体的なアプローチが必要である。

### 海の防波堤（堤防）などの構造物対策

スマランの洪水リスクに対処するために提案されたその他の構造物対策としては、堤防システムや河川沿い（人口密度の高い都市部）の防潮堤の建設、微細な堆積物を捕捉して安定化させるための植生の利用などがある（Marfai & King, 2008a）。

また、スマラン市役所が推進するイニシアティブとして、市北部での防波堤の建設がある。これは、この地域では初めての試みである。この取り組みの提唱者たちは、この堤防が市内の洪水を防ぎ、洪水による経済的損失を減らし、市内へのアクセスを向上させると主張している（ACCCRN, 2010; ACCCRN, 2011）。

デメリットとしては、投資コストの高さ、土地取得による紛争の可能性（一部の人々の生活の喪失を含む）、沿岸生態系の劣化、設計・建設段階での失敗による公共の安全への脅威などが挙げられる（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2010年)）。



図6.7. Demak RegencyのBedono（スマランの周辺地域）の沿岸地域のマングローブの苗床エリアと再生  
写真提供：Annisa TriyantiAnnisa Triyanti

その他の対策としては、地方自治体が51の貯水池を開発する計画があり、その中の一つであるJatibarang貯水池ダム（2014年稼働予定）は、この地域の飲料水と電気へのアクセスを向上させるものである（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2011)）。

## 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

### マングローブの再生と保全

健全なマングローブ生態系は、浸食や沿岸の洪水から沿岸地域を守り、気候変動の影響に対処するためのコミュニティのレジリエンスを高めることができる。

スマランでは、残されたマングローブの生態系は、高度な農業用地の使用、工業や住宅の需要によって圧力を受けている。マングローブ生態系の劣化による経済的損失は、1ヘクタールあたり年間約61,000米ドルと推定されており、この環境問題の重要性が強調されている(DKP, 2008 cited in ACCCRN, 2010)。

スマランでは、生態系を活用した対策として、残されたマングローブ林の保護と、マングローブの再植林に重点を置いている。これらの対策は、生態系自体の保護や回復に役立つだけでなく、養魚池も保護されるため、直接的な経済的価値もある。

また、沿岸地域の適応能力を高めるために地

域マングローブ再生・保全プログラムも実施されている。例えば、「Kampung Iklim」（気候地区プログラム）は、地区レベルで適応戦略を普及させることを目的としており、浸食を減らし土壌表面を増やすためにKampung地区でマングローブの再生と保全を行っている。さらにこのアプローチは、地域コミュニティに収入源の選択肢をもたらすことにもなる(Syahrani, 2011)。

多くのコミュニティベースのマングローブ保護活動は、外部組織からの資金援助によって始まった。現在では、いくつかのコミュニティがマングローブの保護に着手し、苗木の植え付けや海岸線エリアでのマングローブの再植林を行っている(Prihantoro, 2010)。

その他、地滑りが発生しやすい居住区に対する植生による対応として、ベチバー草や竹の植林を行うなど、生態系を活用した対策を行っている。この方法は、構造物対策アプローチと比較して、地域社会にとって費用が低く、また環境に優しい（Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN, 2010)）。

統合的沿岸管理の文脈で行われるマングローブ保全プロジェクトやその他の環境イニシアティブを調整するために、スマランにはマングローブ作業部会が設立されている。これはマルチステークホルダーのグループで、地方自治体が調整している（Sutarto & Jarvie, 2012）。

### 災害管理のための組織的枠組みの強化

スマランで実施されている非構造物対策の一環として、災害管理のための組織的な枠組みを強化するプロセスが特に重要である。地方自治体、自然ハザード管理のための国家委員会、地区レベルの地元代表の間で調整が開始されている。リスクガバナンスは分散化され、地区や地方自治体が防災に責任を持つようになり、沿岸地域管理に関連する法律も強化された (Marfai & King, 2008a)。この地方分権化のプロセスは、過去数年間にインドネシア全土で進められてきた (UN-HABITAT - Regional Office for Asia and the Pacific, 2008)。

沿岸地域をモニタリングする方法の一環として、スマランの自治体は土地利用計画を策定しており、これは洪水の起こりやすい地域での長期的な計画とリスク軽減のために非常に重要である。とはいえ、沿岸の土地利用計画のさらなる改善が必要であり、NGOやコミュニティの参加を拡大し、より詳細な計画立案と地図作成を行う必要がある (Marfai & King, 2008a)。

### コミュニティベースアプローチ

コミュニティベースアプローチは、非構造物対策のような災害リスク軽減対策に不可欠な要素であり、どのようなアプローチであってもそれを持続可能なものにするためには地域のコミットメントが不可欠である (Marfai & King, 2008a)。2004年、インドネシア政府は法律32「地方行政」の中で、中央集権から地方分権へのパラダイムシフトとして、地方自治と財政分権の重要性を強調した。2004年から2009年にかけての計画では、地域住民の災害への備えが優先され、災害管理のための政策や制度の策定、地域コミュニティの災害への対処能力の向上と準備、コミュニティを基盤とした住宅や人間居住地の再建の促進、災害管理における地域の能力構築が目指されている (UN-HABITAT - Regional Office for Asia and the Pacific, 2008)。しかし、国レベルではコミュニティベースのアプローチが強調されているが、地域レベルではそのようなアプローチを実施することは困難となっている (次の節で詳しく説明する)。

## 6. 教訓と結論

スマランのケーススタディは、統合的沿岸管理が生態系を活用した災害リスク軽減を統合する計画手段としていかに役立つかを示すものである。スマランで実施された対策は、持続可能な開発を促進し、それと同時に沿岸地域の住民の自然ハザードや気候変動の影響に対する脆弱性を軽減する統合的沿岸管理戦略の一部として理解できる。また、Eco-DRR 対策の実施は、制度や法律の整備（地方分権化、干拓地など）、環境管理の改善、災害リスクに対する一般市民の意識向上、対策実施時のすべての関連ステークホルダーの参加など、全体的なアプローチの一環として行われる必要がある。

スマランでは、地域コミュニティ自身（通常は自主的に）や政府機関など、規模の異なるさまざまなステークホルダーによって、対策が実施されている。政府（様々なレベル）は民間企業とともに、インフラ整備に重点を置いており、地方自治体、コミュニティ、NGOは、生態系を活用した対策に取り組んでいる。これらの生態系を活用した対策は、実施段階においても、様々なトレードオフ（環境と社会経済のトレードオフなど）が生じる可能性があり、事前に精査することが重要である。対象地域に関係のある、ないし居住しているステークホルダーに相談し、モニタリングだけでなく計画にも関与しなければならない。

Marfai et al.(2008)が説明するように、中央ジャワ州では、土地利用管理、統合的水資源管理、都市インフラ計画、脆弱な地域に住む人々を再定住させるための低価格住宅の提供、ハザードに対処する意識を高めたり地元組織を奨励したりすることによるコミュニティ組織の強化など、様々なハザード管理・リスク軽減策が実施されている。沿岸域管理に関連した土地利用計画手段の実施を成功させるためには、ガバナンスメカニズムの定義、法律、施行、明確な基準および政府の義務の明確化が必須である。

また、どのような土地利用計画であっても、多様なステークホルダーを巻き込んだ適切な実施とモニタリングが必要である。これは、特に災害リスクの増加に直面しているスマランのような成長・拡大している都市にとって、大きな課題である。

スマランの沿岸地域において、洪水の影響を軽減するための適切な対策をとる上での主な課題は、財源が限られていることと、個人やコミュニティを洪水の発生しやすい地域から移転させる必要があることである。これらの問題は、地域の抵抗や、市民の支持を失う結果をもたらす。そのため、意思決定へのコミュニティの参加により効果的に取り組むことが重要である。例えば、政府は構造物対策を実施する際に住民参加を求めているか、求めているとしても実施後に行っている。一方、他のケース、特に非構造物対策の実施では、コミュニティの参加が行われていた。

スマランのケーススタディからは、沿岸地域の管理には、無計画な土地利用や天然資源への圧力によって大きく増加するハザードなど、人間に起因する課題に対処するために、複数の分野にまたがる統合的なアプローチと制度的な取り決めが必要であることが確認された。

## 7. 演習と講義ノート

### 1. スマランで行われた施策を分類し、2つの基準でグループ化する。

- 構造物対策または非構造物対策
- コミュニティベースアプローチ、またはコミュニティの参加を伴わない対策

	構造物対策	非構造物対策
コミュニティベースアプローチ		
コミュニティ参加を伴わない施策		

### 2. 上の表を完成させた後、以下の質問を用いて、小グループまたはクラスで調査結果を話し合う。

- 施策を分類するのは簡単か？ そうでない場合、どの基準での分類がより難しいのか？
- 分類に疑問はあるか？ あるとすれば、どの分類か、それはなぜか？
- 構造物対策と非構造物対策のどちらが重視されていたか？ また、あなたが意思決定者であれば、どちらの対策を重視するか？

### 3. 各施策のメリット・デメリットを示す。

	メリット	デメリット
構造物対策		
非構造物対策		

### 4. スマランで実施された対策の一般的な説明を行った後、様々な対策の意思決定と実施にすでに関与している、または関与すべきステークホルダーを特定する。分析の際には、対策の実施によって影響を受ける可能性のあるステークホルダーも考慮すること。

施策	関与している、または関与すべきステークホルダー・グループ
干拓地	
堤防工事	
マングローブの再生と保全	
組織体制の強化	

- マルチステークホルダー・ディスカッションを開催する際、どのような点が問題になると思うか？ 参加型アプローチを確立するための提案ができるか？

## ケーススタディ2：インドネシア

5. あなたの視点から見てどの対策が最も適していると思われるか、またその理由は何か、クラスメートと話し合う。その対策を持続可能なものにするためには何が必要か？

注意事項：学生はケーススタディで提示された対策を分析する。この演習は、2人または3人のグループで行うことができ、時間は50～60分である。演習終了後、学生は自らの答えを他の学生と共有し、議論してもよい。学生は、ケーススタディの資料を持っている必要がある。

### 講義ノート

注：以下の「模範解答」は、指導者のガイドラインとしてのみ扱われるべきである。学生は、独自の解決策を見つけることが推奨される。

1. スマランで行われた施策を分類してみて、次の2つの基準でグループ化してみる

	構造物対策	非構造物対策
コミュニティベースアプローチ	干拓地 マングローブの再生と保全	災害管理のための組織的枠組みの強化 沿岸の計画と管理  公教育
必ずしも住民参加型ではない施策	氾濫原 堤防 排水システム 海岸線の埋立て	

1. 上の表を完成させた後、以下の質問を用いて、小グループまたはクラスで調査結果を話し合う。

– 施策を分類するのは簡単か？ そうでない場合、どの基準での分類がより難しいのか？

分類に疑問はあるか？ あるとすれば、どの分類か、それはなぜか？

通常、構造物対策は、政府機関が巨額の投資を行って実施するものである。さらに、このような対策の実施にあたっては、地域コミュニティの参加がつねに行われるわけではない。ただし、干拓地のように、プロジェクトの実施と維持を保証するためにコミュニティの参加を促している例もある。一方、非構造物対策は、コミュニティの参加を促進することが特徴的である。

一般的には、非構造物対策にはステークホルダーの参加が含まれることが多く、構造物対策にはそのようなケースは少ないと言える。しかし、実際には、それぞれのプロジェクトやアプローチの詳細を知る必要がある。したがって、上記の分類は常にあてはまるものではなく、概括的なものである。

- 構造物対策と非構造物対策のどちらが重視されていたか？ また、あなたが意思決定者であれば、どちらの対策を重視するか？

スマランでは、これまで構造物対策に重点が置かれてきた。このような対策は、非構造物対策に比べてコストがかかることが多く、多額の設備投資や技術的な専門知識が必要となるため、地域コミュニティだけでは対応できない場合がある。また、構造物対策は、20年から100年のスパンで機能するように構築されるため、適切に建設されなければ、投資が無駄になる可能性がある。しかし、このようなアプローチは、特にスマランのような人口の多い地域では適切な解決策かもしれない。また、適切に建設されなければ、多くの人々を危険にさらすことになるかもしれない。設計が不十分だったり、誤ったパラメータを想定したりすると（気候変動による洪水への影響を考慮していないなど）、安全性が損なわれる可能性がある。

生態系を活用した対策は、スマランでは最近になってようやく取り上げられるようになった（例：マングローブ修復プログラム対象地域の設定）。このような非構造物対策は、すべてのステークホルダーと交渉するなど政治的・社会的文化的に時間がかかるかもしれないが、費用対効果は高いことが多い。

スマランの沿岸地域の複雑な管理問題に対処するには、統合的、包括的なアプローチと、対話を通じた計画プロセスが必要である。そのためには、沿岸地域とその周辺地域の適切な土地管理が最も重要な課題となる。これには、沿岸地域の様々な用途や利用者の相互作用から生じる紛争に対処するための効果的な枠組みに向けた学際的・組織横断的プロセスが含まれる。また、政府機関、研究機関、NGO、地域社会など、様々なステークホルダー間の緊密な連携と協力が必要である。

2. 各施策のメリットとデメリットを示す：'

	メリット	デメリット
構造物対策	洪水の減衰	高額な投資
	下流域水量抑制	氾濫原の肥沃度の低下
	地下水コントロール	生態系に影響を及ぼす可能性が高い
	雨水流出の遅延と浸透の増加	形態変化  地盤沈下  土地接収による紛争の発生 設計・施工段階での失敗による公共の安全への脅威

非構造物対策	<p>地域レベルでのコミュニティ参加の拡大</p> <p>災害管理のための組織的な枠組みの強化が、長期的な持続可能性を支える</p> <p>大きな環境変化をもたらさない</p> <p>洪水の影響や被害への対応に有効</p>	<p>コミュニティを定義する必要があり、異なるサブグループは常に合意が得られるわけではない。</p> <p>ステークホルダー間の交渉には時間がかかる。</p> <p>地域社会の強いコミットメントが必要</p> <p>官僚主義が強く、州から地方まで様々なレベルが関与しており、時間がかかる。</p> <p>資産価格の高騰</p>
--------	---	---

3. スマランで実施された対策の一般的な説明を行った後、様々な対策の意思決定と実施にすでに関与している、または関与すべきステークホルダーを特定する。分析の際には、対策の実施によって影響を受ける可能性のあるステークホルダーも考慮すること。

施策	関与している、または関与すべきステークホルダー・グループ
干拓地	インドネシア政府 スマラン州政府 地域コミュニティ 実務者・専門家
海の堤防工事	スマラン市政府 地域コミュニティ 専門家

## ケーススタディ2：インドネシア

施策	関与している、または関与すべきステークホルダー・グループ
マングローブの再生と保全	インドネシア政府 スマラン市政府 沿岸地域のコミュニティ 地元の漁師やマングローブ地域から収入を得ている地域住民（疎外されたグループを含む） 実務家・NGO専門家
組織体制の強化	インドネシア政府 スマラン市政府 地域コミュニティ/コミュニティの長 実務家・NGO専門家

4. あなたの視点から見てどの対策が最も適していると思われるか、またその理由は何か、クラスメートと話し合う。その対策を持続可能なものにするためには何が必要か？

ここまでで得られた情報をまとめ、指導者は学生が2つのタイプの対策（構造物対策と非構造物対策）の間の補完性を理解できるように導く必要がある。以下の表は、質問3で提示された両タイプの対策の例を示したものである。長期的な持続可能性戦略には、特に、関係する政府機関や地域社会のコミットメントと、維持費を含む予算計画が必要である。

構造物対策	非構造物対策
森林再生 浸食コントロール 土壌保全 調整池 貯水池による衝撃緩和 氾濫原でのプラットフォームや干拓地の建設	制度・法的枠組み 保険制度や補償の実施 予報・警報システム

### 参考文献

- Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN), 2010. City Resilience Strategy: Semarang's adaptation plan in responding to climate change, Semarang: ACCCRN.
- Asian Cities Climate Change Resilience Network (ACCCRN), 2011. Building Climate Change Resilience in Semarang. [Online] Available at: [http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient\\_Cities\\_2011/Presentations/E/E6\\_and\\_F6\\_Brown.pdf](http://resilient-cities.iclei.org/fileadmin/sites/resilient-cities/files/Resilient_Cities_2011/Presentations/E/E6_and_F6_Brown.pdf) [Accessed 09 12 2013].
- Harwitasari, D., 2009. Adaptation responses to tidal flooding in Semarang, Indonesia, Rotterdam: s.n.
- Harwitasari, D. & van Ast, J., 2011. Climate change adaptation in practice: people's responses to tidal flooding in Semarang, Indonesia. *Journal of Flood Risk Management*, 4(3), pp. 216-233.
- Helmer, J., 2011. Banger Pilot Polder. [Online] Available at: [http://www.bpp-sima.org/#!\\_\\_download-page](http://www.bpp-sima.org/#!__download-page) [Accessed 09 12 13].
- Irawati, M., 2012. UPCommons Portal d'accès obert al coneixement de la UPC. [Online] Available at: [http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/12012/7/C\\_35\\_Presentation.pdf](http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/12012/7/C_35_Presentation.pdf) [Accessed 05 12 2013].
- Malau, S., 2012. Tribune News. [Online] Available at: <http://www.tribunnews.com/bisnis/2012/10/15/kkp-kembangkan-60-desa-jadi-desa-pesisir-tangguh-pada-2013> [Accessed 06 01 2014].
- Marfai, M. & Hizbaron, D. R., 2011. Community's adaptive capacity due to coastal flooding in Semarang coastal city, Indonesia. *Analele Universitatii din Oradea - Seria Geografie*, Volume 2, pp. 209-221.
- Marfai, M. & King, L., 2007. Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 53(3), pp. 651-659.
- Marfai, M. & King, L., 2008a. Coastal flood management in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 55(7), pp. 1507-1518.
- Marfai, M. & King, L., 2008b. Potential vulnerability implications of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang city, Indonesia. *Environmental Geology*, 54(6), pp. 1235-1245.
- Marfai, M., King, L., Prasad Singh, L., Mardiatno, D., Sartohadi, J., Hadmoko, D.S. & Dewi, A., 2008. Natural hazards in Central Java Province, Indonesia: an overview. *Environmental Geology*, Volume 56, pp. 335-351.
- Mondeel, H. & Budinetto, H., 2010. The Banger polder in Semarang, Solo: CRBOM.
- Mulyasari, F., Shaw, R. & Takeuchi, Y., 2011. Urban Flood Risk Communication for Cities. In: *Climate and Disaster Resilience in Cities*. Bingley: Emerald, pp. 225-259.
- Nicholls, R. et al., 2007. Coastal systems and low-lying areas.. In: M. Parry et al. eds. *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 315-356.
- Prihantoro, F., 2010. Community Participatory on Mangrove Conservation as a Climate Change Adaptation in Semarang Coasta Area. [Online] Available at: [http://www.accu.or.jp/esd/forum\\_esd\\_2010/program/program12\\_02/pdf/text3.pdf](http://www.accu.or.jp/esd/forum_esd_2010/program/program12_02/pdf/text3.pdf) [Accessed 05 12 2013].
- Renaud, F., Sudmeier-Rieux, K. & Estrella, M., 2013. The role of vegetation cover change in landslide hazard and risk. United Kingdom: United Nations University Press.
- Siry, H., 2006. Decentralized Coastal Zone Management in Malaysia and Indonesia: A comparative Perspective. *Coastal Management*, 34(3), pp. 267-258.
- Sutarto, R. & J. Jarvie, 2012. 'Integrating Climate Resilience Strategy into City Planning in Semarang, Indonesia', *Climate Resilience Working Paper No. 2*, 25 pp, ISET-International: Boulder.
- Syahrani, G., 2011. Sea level rise impacts: Are coastal areas of Indonesia ready to adapt?. [Online] Available at: [www.dundee.ac.uk](http://www.dundee.ac.uk) [Accessed 25 11 13].
- Tunas, D. & Peresthu, A., 2010. The self-help housing in Indonesia: The only option for the poor?. *Habitat International*, pp. 34: 315-322.
- UNEP-Post Conflict and Disaster Management Branch, in press. *Disaster-sensitive coastal management; A case study of Semarang City, Indonesia*, Geneva, Switzerland: UNEP PCDMB.
- UN-HABITAT - Regional Office for Asia and the Pacific, 2008. *Indonesia: Country Programme Document 2008-2009*. Nairobi: UN-HABITAT.
- UN-HABITAT, 2008. *State of the World's Cities 2008/2009 - Harmonious Cities*. London: Earthscan.

## ケーススタディ2：インドネシア

UNISDR, 2007. The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. [Online] Available at:

<http://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-m>

[Accessed 19 12 2013].

van Schoubroeck, F., 2010. The remarkable history of polder systems in The Netherlands. [Online] Available at:

[http://www.fao.org/fileadmin/templates/giahs/PDF/Dutch-Polder-System\\_2010.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/giahs/PDF/Dutch-Polder-System_2010.pdf)

[Accessed 29 11 2013].

### ウェブページ

Ambariyanto; Denny, N., 2012. City of Semarang. [Online] Available at:

[http://bappeda.semarangkota.go.id/v2/wp-content/uploads/2013/12/3.DESA-PESISIR-TANGGUH\\_2-kolom\\_nanik.pdf](http://bappeda.semarangkota.go.id/v2/wp-content/uploads/2013/12/3.DESA-PESISIR-TANGGUH_2-kolom_nanik.pdf)

[Accessed 06 01 2014].

Banger Sima, 2013. Badan Pengelola Polder Banger Sima. [Online] Available at:

<http://www.bpp-sima.org/>

[Accessed 05 12 2013].

CIA, 2013. The World Factbook. [Online] Available at:

<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/id.html>

[Accessed 20 11 2013].

Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Republic of Indonesia, 2012

Water Conservation and Coastal Community Welfare, Available at:

[http://www.kkp.go.id/en/index.php/archives/c/2567/Water-Conservation-and-Coastal-Community-Welfare/?category\\_id=34](http://www.kkp.go.id/en/index.php/archives/c/2567/Water-Conservation-and-Coastal-Community-Welfare/?category_id=34)

[Accessed 14 03 2014].

Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2010 Revision and World Urbanization Prospects: The 2011 Revision, Available at:

<http://esa.un.org/unup/unup/p2k0data.asp>

[Accessed 05 12 2013].

UN, 2013. UNData. [Online] Available at:

<http://data.un.org/CountryProfile.aspx?crName=Indonesia>

[Accessed 26 11 2013].

UNDP, 2013. About Indonesia. [Online] Available at:

<http://www.id.undp.org/content/indonesia/en/home/countryinfo/>

[Accessed 20 11 2013].

Witteveen and Bos, 2011. Badan Pengelola Polder Banger Sima. [Online] Available at:

[http://www.bpp-sima.org/#!\\_\\_download-page/services](http://www.bpp-sima.org/#!__download-page/services)

[Accessed 01 12 2013].

Witteveen and Bos, 2013. Semarang polder. [Online] Available at:

<http://www.witteveenbos.co.id/en/semarang-polder>

[Accessed 05 12 2013].

### 注釈

1 Adapted from: Petry, B., 2002. Coping with floods: complementarity of structural and non-structural measures. Flood Defence, pp.60-70.

# ケーススタディ3

## 川のための空間 洪水リスク管理、オランダ

### 1. 概要

概要	このケーススタディでは、洪水管理に対するオランダ政府の近代的なアプローチである「川のための空間」プログラムを取り上げる。それには、高水位からの保護を強化し、河川地域の空間の質を向上させるために取られた手順と対策が含まれている。
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 歴史的に水路が大きく変化してきた国から、河川の洪水リスクを軽減するために利用可能な様々な生態系を活用した対策を学ぶ。</li> <li>● 協議から実施までのプロジェクトマネジメントプロセスを理解する</li> <li>● 洪水の危険性が高く、高度に都市化された地域で洪水管理者が直面する課題を学ぶ。</li> </ul>
ガイダンス	このケーススタディでは、オランダ政府がどのようにして生態系を活用した対策を行い、洪水リスクに対処するための統合的なアプローチを実施したのかを紹介する。
参考文献	<p>Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2008. Flood Risk: Understanding concepts.</p> <p>Wiering M.A. &amp; B.J.M. Arts, 2006. Discursive shifts in Dutch river management: 'deep' institutional change or adaptation strategy?.</p> <p>Van Eijk et al., 2013. Good flood, bad flood: Maintaining dynamic river basins for community resilience, in: The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction, eds. Renaud G., Sudmeier-Rieux K., Estrella M.</p> <p>For the case study exercise:</p> <p>Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b. Spatial Planning Key Decision Room for the River: Explanatory memorandum (PKB Part 4) pp. 39-72.</p>

### 2. 背景

オランダ王国を構成する4つの国のひとつであるオランダは、12の州に分かれている。ヨーロッパの北西部に位置し、西と南はベルギー、東はドイツと国境を接している（図1参照）。人口1,670万人（2012年）のうち約40%が、アムステルダム、ロッテルダム、ハーグ、ユトレヒトの各都市を中心とした都市圏「Randstad」に居住している。オランダは欧州連合の中で最も人口密度の高い国

であり、1平方キロメートルあたり496人と、世界でも最も人口密度の高い国の1つとなっている（Statistics Netherlands, 2013）。

国の総面積41,528km<sup>2</sup>は、主に海岸沿いの低地と干拓地で構成されており、最低地点は海面下7メートル（Zuidplaspolder）、最高地点は海拔わずか322メートル（Vaalserberg）となっている（CIA Factbook, 2013）。海洋性気候のため、オランダの夏は涼しく、冬は穏やかである。



図1.ドイツ、ベルギー、北海に囲まれたオランダ (CIA Factbook, 2013)

年間平均降水量は700～900mmである (Royal Netherlands Meteorological Institute, 2010; Encyclopedia Britannica, 2013)。オランダのランドスケープには水域が多く存在する。実際、国土の18.41%がさまざまな水域で構成されている (Netherlands Board of Tourism and Conventions, 2013)。ヨーロッパの3大河川 - ライン川、マース川 (ムーズ川)、シェルト川がオランダを流れ、北海に流れ込んでいる。これらの河川の河口とその多くの支流が国土の大部分を形成している (Faculty of Geosciences, Utrecht University, 2005)。

全国土の60%が洪水に見舞われやすいため、高水位は常に海岸や河川沿いの地域に脅威を与え、常に問題となっている。オランダは9世紀から洪水問題に取り組んでおり、主に堤防、水門、防潮堤を建設してきた (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2011a)。やがて、風車を用いて湿地帯や川の氾濫原、湖などから水を汲み上げて排水することで、川から土地を取り戻すようになり、干拓地 (Polders) と呼ばれる乾燥した肥沃な土地が生まれた。オランダの河川地域は、経済的、生態学的、またランドスケープ的に非常に重要である。また、周辺の湿地帯には多くの野生生物が生息している。

(Dutch Delta Programme, 2006b)。オランダでは、河川のウォーターフロントのランドスケープ的・文化的価値も広く認められている。

### 3. 課題

何世紀にもわたって行われてきた伝統的な洪水対策により、河川は堤防の間に閉じ込められてきた。氾濫原が小さいということは、高水位の場合に、建設されたインフラが越流したり破壊されたりする可能性が高くなるということを意味する。運ばれた沈泥は、堤防の川岸に残る氾濫原を高くし、下流では地盤沈下の原因となっている (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b)。海岸に建設された硬い水力構造物である防波堤や橋梁の柱などの河川の障害物は、河川の流れを妨げ、水位を上昇させる (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b)。堤防の背後地での人口増加は、洪水発生時に400万人の安全が脅かされることを意味する (Dutch Delta Programme, 2006a)。

洪水リスクの増大は、主に、異常な豪雨と河川流域の人間の手によるランドスケープの変化とに起因している。降雨量と降雨頻度の増加は、河川に大量の水を放流するよう圧力をかけている。1993年と1995年に発生した洪水寸前の事態により、25万人の人々と100万頭の牛が避難したことを受けて (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b)、再現期間1,250年の極端な洪水現象に対処するために、洪水安全基準を引き上げなければならなかった。これは、ライン川の支流では  $15,000\text{m}^3/\text{s}$  から  $16,000\text{m}^3/\text{s}$  に、ワール川の支流では  $3,650\text{m}^3/\text{s}$  から  $3,850\text{m}^3/\text{s}$  に、河川流量の基準値を引き上げることを意味する (Roth & Winnubst, 2009; Biesboer, 2012)。河川への対策は、これらの定義された最大レベルまでのいかなる流量にも洪水を引き起こすことなく耐えられる強度である必要がある。加えて、海面上昇も、2100年には現在よりも0.6～1.5メートル高くなると予測されており (Dutch Delta Committee, 2008)、これに将来のより強度な暴風雨が加わると、高潮の甚大化につながる可能性がある。これは河川の水位、特に北海沿岸のライン川やムーズ川の水位にも影響を与える。

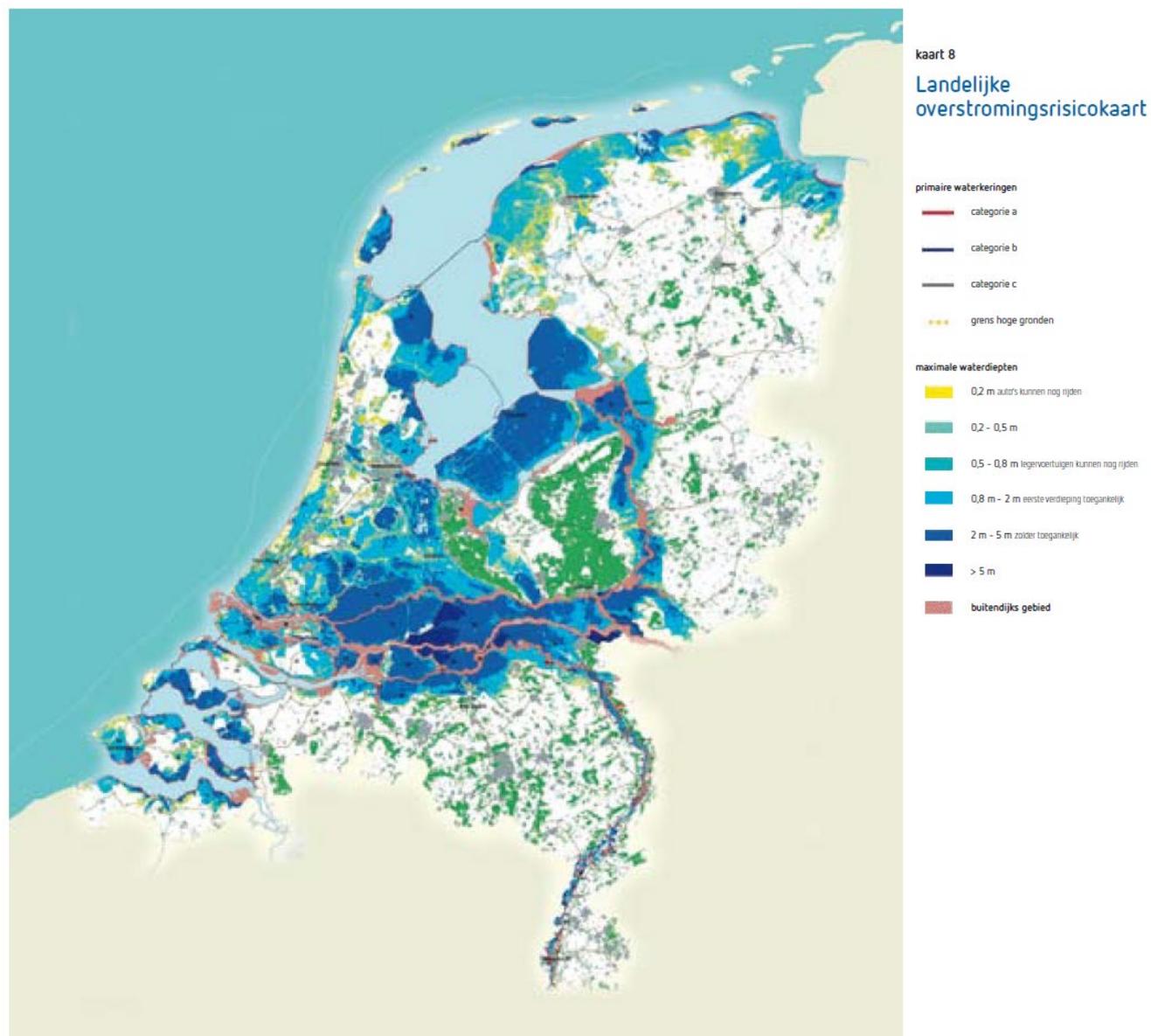


図2.オランダ国家水管理計画

出典：Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 2009

## 4. 実施した対策

### 理論的根拠

洪水リスクを軽減するためには、堤防をさらに強化するという選択肢もあるが、研究の結果、それは最も持続可能な解決策ではないことが判明した。将来の安全基準を満たすために必要な、ライン川の分流の河川流量値の1,000m<sup>3</sup>/sの増加への対応は、現在の堤防の高さに30cmを追加することで可能だが、より高く、より重い構造物は、決壊した場合のリスクも大きくなる（Biesboer, 2012）。すべての堤防に1.5メートルの高さを追加すると、決壊した場合の潜在的な物的損害が60%増加すると計算されている（Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b）。代替案としては、河川に余剰スペースを提供することで、河川流量の増加に対して過剰な水を横方向に流出させ、水位を維持することが考えられる（Biesboer, 2012）。

2000年に発表された「川のための空間」と題されたポジションペーパーにおいて、オランダ政府は、堤防の強化ではなく、主に空間的な対策によって河川流量レベルを下げるという政治的意思を表明した。川が流れるためのスペースを増やすことが、洪水時の水位を下げるための主なアプローチとなる（Dutch Delta Programme, 2006b）。Deltares研究所の水管理と空間計画の上級専門家であるFrans Klijn氏は、「1850年以降、川のための空間は半分になったが、今はその一部を取り戻している」と適切に表現している（Biesboer, 2012）。

### 施策の主な内容

全国規模の「川のための空間」プログラムでは、ライン川、マース川（ムーズ川）、シェルドット川の各支流とその周辺の39カ所に焦点を当てている。この計画は2007年に承認され、2015年までに完了する予定である。23億ユーロを投じたこの計画は、河川のためのスペースを増やし、河川地域の全体的な空間の質（Box1参照）を向上させることで、洪水からの防護を達成することを目的としている。

#### Box1.空間の質とは？

空間の質とは、利用価値、視覚的価値、将来価値の3つの価値の組み合わせである。利用価値とは、その地域が提供可能な公共、非公共、またはその両方の利用方法の数と関係している。視覚的価値は、人々の生活環境、その特徴的な機能、遺産的要素、美観に関係している（Explanatory Memorandum, 2006）。最後に、その地域の利用が持続可能であり、変化するニーズに適応可能である場合、その地域は高い将来価値を持つ（Tisma, 2004）。

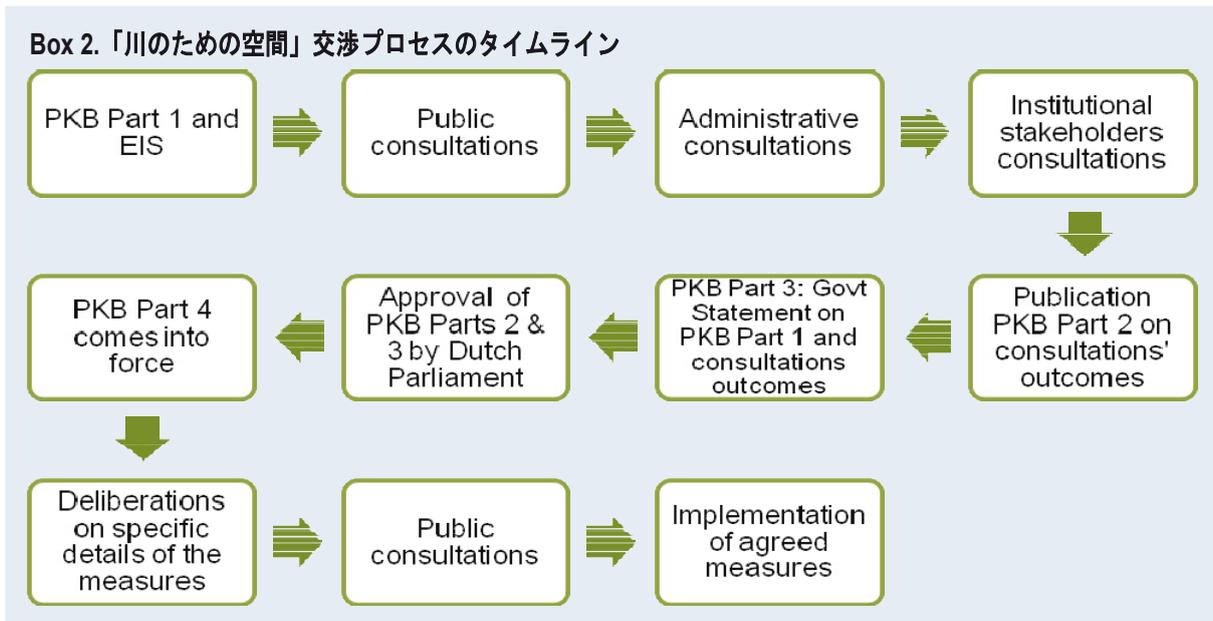
増加する洪水リスクに対処するために用意された河川の余剰空間は、その他のレクリエーションや生態学的機能のためにも恒久的に利用できるようにする必要がある。（Dutch Delta Programme, 2006a）。

「川のための空間」プログラムは、国、州、地方自治体、水道局が共同で行うプロジェクトである。インフラ・環境大臣がこのプログラムの責任者である。地方自治体は対策の設計と実施を担当し、プロジェクトが採択された場合は国が資金を提供している。モニタリングの面では、各対象地域に事務所長がいて、プロジェクトの現状をプログラム事務局に定期的に報告している。この継続的なコミュニケーションにより、プロジェクトの評価が簡単になるだけでなく、プロジェクトが順調に進んでいない場合には、プログラム事務局がすぐに介入することが可能になる。これと並行して、プログラム事務局はオランダ議会に年次進捗報告書を提出し、承認を得ている（Rijke et al., 2012）。

### 方法論とガイドライン

#### 1) 参加型意思決定プロセス

河川地域の洪水防御に対する統合的なアプローチは、「川のための空間」プログラムの重要な側面の一つである。政府は、最終決定を下す前に、一般市民、プログラムの運営組織のメンバー、その他の関連機関と日常的に協議を行っている（Box2参照）。



**図3. 「川のための空間」プログラムの決定プロセスの手順**  
Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006bより引用

政府は、2005年4月15日に重要計画決定案「川のための空間」（PKB Part1）を発表した。また、環境影響評価書（EIS）、費用便益分析、鳥類・生息地指令の戦略的枠組み<sup>1</sup>、地域諮問報告書も同時に発表された。そして、2005年6月1日から8月23日までの間、これらの文書を回覧し、パブリックコメントが求められた。その結果、2,843件の回答が得られた。その後、PKB Part1に関する行政協議が、2005年8月30日から9月15日の間に行われた。EIS委員会、オランダ住宅・空間開発・環境審議会は、2005年10月14日から27日にかけて勧告を発表した。協議中の回答、勧告、会議の報告書はPKB Part 2に含まれている。

PKB Part 3では、PKB Part 1に関する協議の結果に関する政府の見解が発表された。その後、PKB Part2とPKB Part3がオランダ議会に提出された。この計画は2006年末までに最終的に承認された。

そして、すべての手続きの決定と最終結果がPKB Part 4に書き込まれている。このPKBが施行されると、それ以降の異議申し立てはできなくなり、基本パッケージの個々の施策の詳細がついに決定された。そして、再び公聴会が開かれることになった。このような手続きを経て初めて、合意された実施策が開始された（Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b）（図3）。このプロセスが終了した時点で、600の検討エリアのうち39のエリアだけが残り、事業実施の対象となった（Scientific American, 2012）。

## 2) 戦略的な政策決定

いくつかの戦略的な政策決定がなされ、施策の選択に影響を与えた。政府は、「川のための空間」プログラムに対して、*効率的かつ長期的な展望*を持っている。対策は、現在の基準を超える洪水防御レベルの達成に貢献し、同じ場所で複数の対策を講じることを避けるために、将来の展開を予測して設計された。また、この計画では、対策を長期的に実施するために、堤防の陸側にある地域を確保するための条項を設けている。

さらに、このプログラムで検討されている対策は、望ましい長期的な対策に基づいている（Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b）。

また、政府は、*洪水の安全性と空間の質の向上*という両方の目的をサポートできるような対策を実施する予定である。自然保護の観点からは、EUの鳥類指令と生息地指令が、対策の選択に一定の影響を与えた。

(野生動植物の自然の生息地の保全に関する欧州理事会指令92/43/EEC (1992年5月21日)を参照) (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b)。

また、*技術的な観点*からも、どのような対策を講じるべきかが検討された。貯水池の新設は、将来的に放流量が18,000m<sup>3</sup>/sに達した場合の最後の手段とされている。また、閉鎖された干拓地に高水流路を設けることは、干拓地をより小さな堤防に分割することになり、高水位の場合には浸水しやすくなることから避けられた。上述の懸念事項に加えて、当局は予算と指定された期限にも制約されている。そこで、可能な限り、2015年までに完了できる最も費用対効果の高い空間対策を選択した。

対応策は、関係する支流に応じて、基本的な対策パッケージに分類された。(1)ライン川上流/ヴァール川、(2)メルウェデス、ベルシェ・マース、アメル、ライン川下流/マース河口域、(3)パンナーデンシュ運河、ライン川下流、レック川、(4)アイセル川(図4参照)。当初の対策では2015年までに目標を達成できない場

合は、代替・補足対策は、指定された期間内に洪水レベルを軽減し、予算内で実現できる場合にのみ検討された(Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006a)

### 3) 技術面

このプログラムの目的は、川幅を広げることによって一時的な浸水空間を作ることや、堤防の川側に他の対策を導入することで達成されている(図5参照)。9つの異なる戦略が、オランダの河川地域に沿った39の場所で実施されている。これらの対策は、影響の大きさ、質、コストを考慮して選択された。総予算と適切な実施策は、必要な減水量に応じて決定された。

かつての氾濫原を復元することによって河川のための空間を確保する対策は、可能な限り実施される(例：堤防の再配置、氾濫原の低層化、砂防)。堤防の川側での介入(例：夏季の河床を深くする、溝を低くする、河床上の障害物を除去する)や、水の流れや貯留のための代替領域の創出(例：貯水池、高水路)も実行可能な対策である。堤防の補強は、河川のためのスペースを確保する対策が実行不可能な場合にのみ検討される。



図4. 「川のための空間」プログラムの対策図と対応する対策プログラム。選定された39地域のうち4地域の対策は、近隣地域で水位の低下が達成されたため不要と判断された。Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works (2012) より引用。

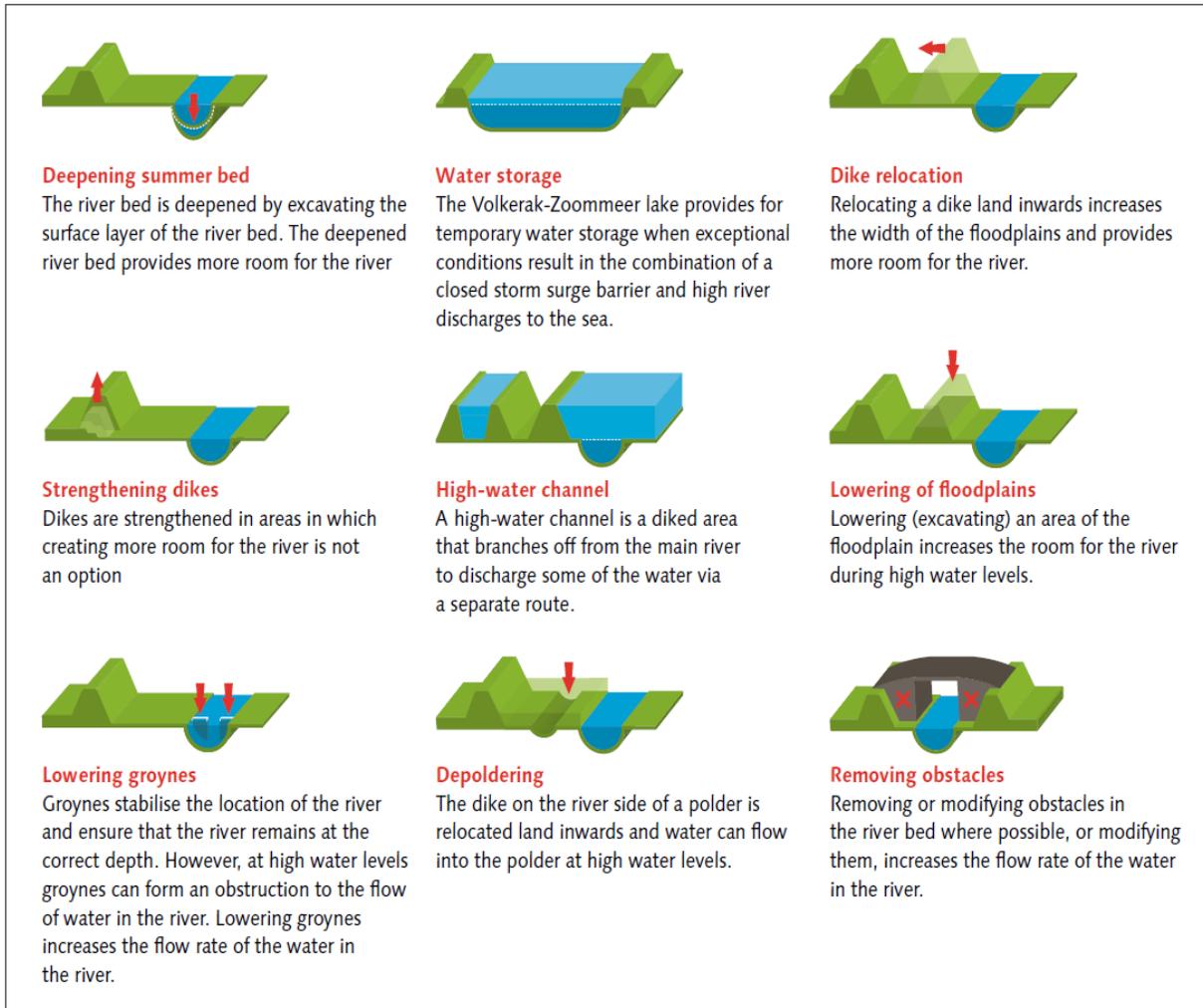


図5.「川のための空間」プログラムで実施されている対策  
Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006aより引用

**Box4 「川のための空間」プロジェクト：Lent-Nijmegen地点**

「川のための空間」プログラムの一つに、Lent市とNijmegen市近郊のプロジェクトがある。この地域では、より魅力的で持続可能な都市生活空間を創造すると同時に、より効率的な洪水防御を構築する取り組みが進められている (Scientific American, 2012)。この地域のワール川は大きく屈曲しており、ボトルネックとなっているため、周辺地域は洪水の影響を受けやすくなっている。3億5900万ユーロ (約4億6000万米ドル) を投じたこのプロジェクトでは、堤防を350メートル内陸に押し込み、川の流量を増やして洪水リスクを軽減する。この対策が実行されると、解放された氾濫原に高水流路が建設され、「居住、レクリエーション活動、文化、水、自然のための空間を備えた、Nijmegenの中心部にあるユニークな都市河川公園」となる島が誕生する。(Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2011b)。このような建設工事は必然的にウォーターフロントを変化させるが、開発者は既存の文化的・遺産的特徴を計画デザインに組み込み、それらを尊重するよう配慮した (Scientific American, 2012)。

人口密度の高い川沿いの地域では、川に空間を与えるために、しばしば開拓が必要になる。このプログラムを実施するためには、約50軒の家を取り壊す必要があり、所有者との交渉と補償が必要であった (Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b)。しかし、この撤去作業は、人々を意思決定プロセスに参加させるという意外な効果をもたらした。「川のための空間」プロジェクトマネージャーのMeulepas氏によれば、「彼らが参加することが重要であり、それが彼ら自身の計画となった」。(Scientific American, 2012)。

Box4 「川のための空間」プロジェクト：Lent-Nijmegen地点（続き）

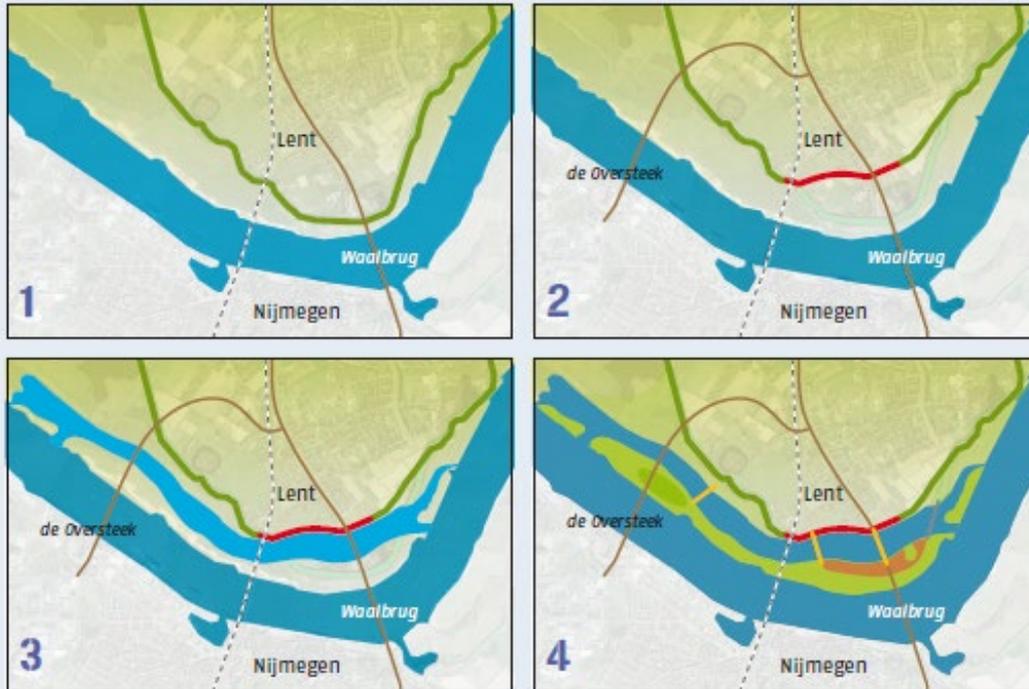


図6.Lent-Nijmegenプロジェクトの各段階。(1)工事開始前の堤防の位置（緑線）、(2)川の屈曲部に近い堤防の部分を350m内陸に移動（赤線）、(3)高水敷きの水路（水色）を掘ることで、ワール川の中央に島を作る、(4)レントと島をつなぐ橋（黄線）を建設する-この新しい水辺には、ビーチやレクリエーションエリア、氾濫原ができる。  
(Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2011b)



図7. 対策実施後のLent-NijmegenプロジェクトサイトのCG画像  
(Kingdom of Netherlands, 2011)

## 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

「川のための空間」プログラムは、生態系を活用した災害リスク軽減アプローチを国内外にアピールするものである（Biesboer, 2012）。完成すれば、生態系を活用した災害リスク軽減策が可能であることが実証されるであろう。湿地帯や氾濫原が復元されれば、河川の流量が調整されるだけでなく、河川沿いの野生生

物の生息地や繁殖地が促進される（Estrella & Saalismaa, 2013）。これにより、自然愛好家、ウォータースポーツ愛好家、企業などが集まり、河川のウォーターフロントがさらに活性化される。

また、このプロセスは、従来の堤防強化に代わる対策について、一般の人々の意識を高めることにもなった。さらに、自然や生物多様性の保護に取り組むオランダの機関が、水管理の分野にますます関与するようになってき

た (Wiering & Arts, 2006)。本プログラムの運営組織がとった統合的なアプローチは、プロジェクトの持続性を保証するものであった。解決策が交渉を通じて見いだされたことは、その対策が地元住民に受け入れられ、採用されたことを意味する (Scientific American, 2012)。このように、関係する地域社会の提言や意見を考慮することは、実施すべき最善の対策を選択する際に、地域の知識を活用した例と言えるであろう。

### 長所と短所

「川のための空間」プログラムは、洪水管理に生態学的なアプローチを取り入れた優れた取り組みであるにもかかわらず、批判の対象にもなっている。一つは、このプロジェクトのコストが高いことである。これに反対するグループは、従来の堤防強化の方が23億ユーロのプロジェクトよりも (短期的には) コストがかからなかったと主張している。オランダの中央計画局が行った調査によると、河川の拡幅費用は堤防の改良に比べて1.5倍の費用がかかることとされている (Biesboer, 2012)。このプログラムのもう一つの欠点は、家屋の取り壊しと動物の生息域の喪失である。河川のための空間を確保するためには、125戸の住宅を撤去し、12.8km<sup>2</sup>の農地をなくす必要があった。また、何トンもの汚染された土壌を移動させる必要もあった。堤防の高さを上げることは、インフラ計画との関係でも容易な対策であった (Explanatory Memorandum, 2013)。さらに、プログラムの基本パッケージに含まれるプロジェクトの中には、自然の生息域に悪影響を与えるものもある。アイセル川沿いの地点の1つでは、草食性の水鳥の餌場である20km<sup>2</sup>のエリアを、レクリエーション活動のためのダイナミックな川辺エリアへの転換のためとはいえ、犠牲にしなければならない予定である。

しかし、このプログラムには、それに対応する多くの強みもある。例えば、これらの対策は、堤防の補強よりも持続的な河川流量の軽減を可能にする。かつての氾濫原を復元するプロジェクトサイトや高水路の建設は、これらの地域に影響を与える他のプロジェクトサイトにおける餌場や繁殖地の損失を、補うことになる。

さらに、空間的な対策は、水生植物、種の豊富な湿地の茂み、干し草の牧草地などの生息域の条件に有利に働く (Dutch Delta Programme, 2006b)。また、政府は、失われた農地や私有地を補償し、家族や企業の移転を支援する (Dutch Delta Programme, 2006b)。

コミュニティの支持を得るためには、国民の関与と政治レベルでの緊密な連携が不可欠である。国家当局は、対策を押し付けるのではなく、協議を通じて合意を得ようと試みた。地方自治体や住民の提言は、国が必ずしも受け入れるとは限らないものの、さまざまな段階で求められ、審議の対象となった。最後に、このプログラムは科学と応用研究に基づいており、証拠に基づいた意思決定・政策決定であるといえる。

### 6. 教訓と結論

「川のための空間」プログラムは、洪水リスク管理だけでなく、オランダの河川地域の生物多様性、経済的繁栄、および全体的な環境の質に対する湿地の貢献を示すものである。しかし、氾濫原の回復や川のための空間作りが望ましい対策である一方で、現実的には構造物対策が河川の放流レベルを低下させるための最後の手段であり、よりハイブリッドな対策が求められている。TU Delft工科大学の工学教授であるBas Jonkman氏は、「川のための空間」プログラムを支持している。彼は、「空間設計と技術・水力工学設計を結びつけることで、素晴らしい解決策を生み出すことができる」ことを証明している (Biesboer, 2012)。市民との協議は、このプログラムの長所のひとつと考えられる (Rijke et al. 2012)。それは、「合法的で、実現可能で、状況に応じた解決策を求める」ことで、決定の質を向上させる (Huitema et al., 2009)。合意に基づく解決策は、地元住民の抵抗を受けにくい。プログラムディレクターのIngwer de Boer氏が指摘するように、対策の決定に参加することで、さまざまなステークホルダーがこの計画の「共同所有者」となったのである (Biesboer, 2012)。

「川のための空間」プログラムは、オランダ政府が進めている、従来の人工的な構造物から、より生態系を活用したアプローチへの段階的かつ継続的な移行の一環として行われている。この戦略は、コミュニティが水をますます狭い空間に閉じ込めるのではなく、水を受け入れ、水と共存する機会を提供するものである。しかし、このようなアプローチは、従来の洪水対策のアプローチ（堤防、干拓地、水門、高潮バリアの建設など）と比較すると、まだ緒についたばかりである。どんな変化もそうだが、こうした考え方の転換には時間がかかる。

このプログラムに懐疑的な人も、支持する人も、オランダ内外でその進展を注視している。洪水リスクの軽減という点で成功すれば、「川のための空間」プログラムと同様のアプローチは、ニューヨークなど世界の他の地域でも拡張・再適用することができるだろう（Better Cities Now, 2013）。

## 7. 演習と講義ノート

1. Box2に記載されている対策のうち、どの対策が、洪水リスクを軽減するために川のための空間を真に提供しているか？
2. オランダ政府が堤防の補強ではなく、川の拡張を選択した根拠は何か？
3. Merwedede、Bergsche Maas、Amer、Rhine Maasの河口地域で実施されている対策の1つに、Noordwaardという、かつてBiesbosch国立公園の一部であった農地の埋め立てがある（図7参照、Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, 2012）。

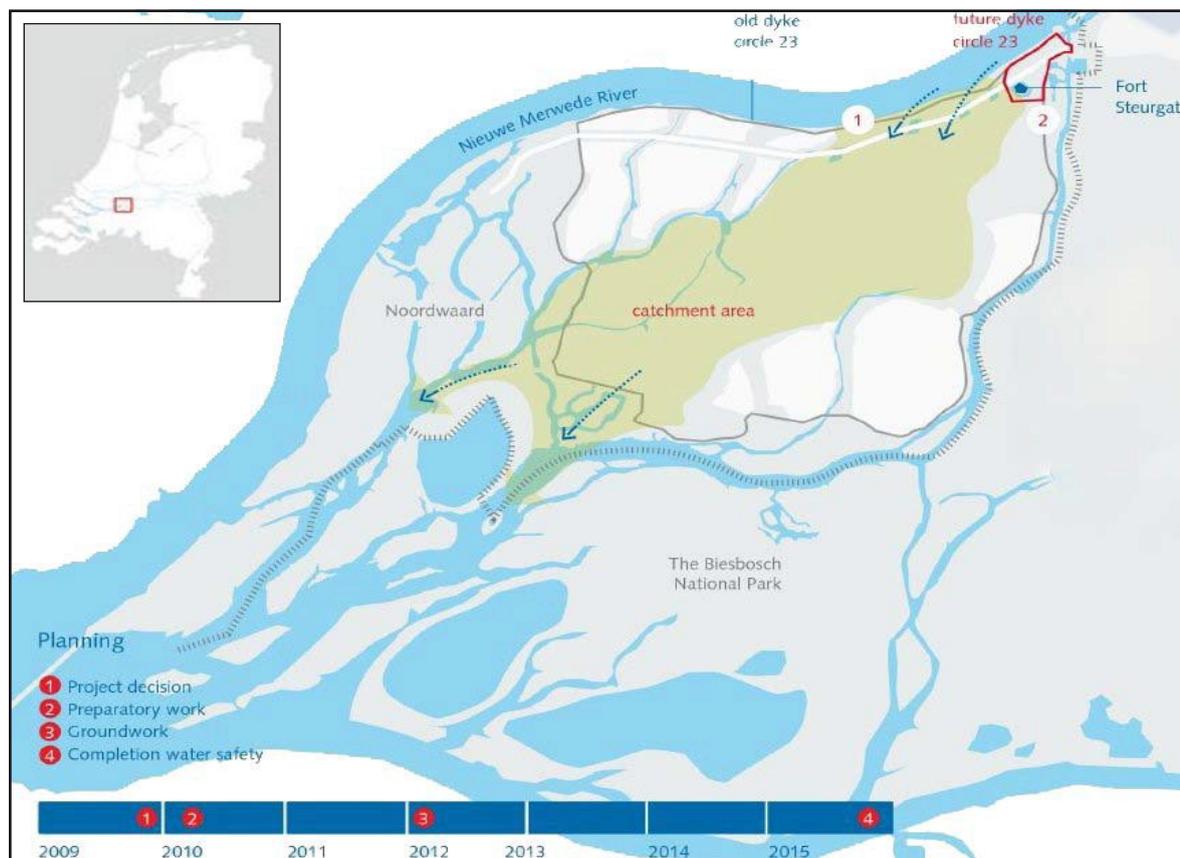


図8.Noordwaard 干拓地（灰色の枠で示された堤防で保護されている）と Biesbosch 国立公園（灰色のエリア）を示すプロジェクト地域の地図。白色の部分は洪水が起こらない地域。Nieuwe Merwede川の増水時には、黄色の斜線部分のみが浸水する（出典：Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, 2012）。

デルタのこのエリアの洪水レベルには、河川流量よりも海水位の方が大きく影響するため、この解決策は、効果的に氾濫原を増やし、周辺地域の河川の洪水リスクをある程度まで軽減することができる（Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b）。

## ケーススタディ3：オランダ

この戦略は、洪水時のスペースを確保し、高潮時に水がより速く海へ流れ出るようにすることで、国立公園の北西に位置するRandstad都市圏の一部であるDordrecht市付近の洪水レベルを低下させる（Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b）。集水域（図7の黄色で示された部分）は、1年のうち特定の時期にしか使用されないため、水量が少ない時期には一部を牛の放牧に使用することができる。この氾濫原の外側に土地を持つ住民や農家は、既存または新たに建設された盛り土で、生活や仕事を続けることができる（Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, 2012）。

- a. プログラムの意思決定段階において、関係するすべてのアクターやステークホルダーが施策を受け入れるために不可欠だったものは何か？
- b. あなたが「川のための空間」委員会のメンバーであったならば、Dordrecht地域の洪水リスクを管理するためには、脱干拓地が最も適した選択肢であることを地元住民や農家に納得させるために、どのような議論を選択したか（対策の潜在的な長所と短所を列挙しなさい）。考えられる短所を検討し、それを補うための方法を提案しなさい。

講義ノート：この演習では、参加者に公務員の役割をさせることで、オランダ当局が「川のための空間」プログラムで用いた戦略を理解し、適用することを目的としている。特に質問3は、すべてのステークホルダーと交渉して解決することの重要性を示すためのものである。この演習では、地元の人々が抱く懸念や、自分の自治体で実施される対策を推進する方法を考えることを学ぶ。

### 解答

1. Box2に記載されている対策のうち、どの対策が、洪水リスクを軽減するために川のための空間を真に提供しているか？

川床の掘削、堤防の移設、脱干拓地、氾濫原の低地化、障害物の除去、防波堤を低くすること、高水流路の構築。貯水池は一時的な貯

水を目的としており、氾濫原の拡大そのものには寄与しない。さらに、空間を増やすことができない場合の代替策として、貯水と堤防の強化が検討される。

2. オランダ政府が堤防の補強ではなく、川の拡張を選択した根拠は何か？

堤防の補強や増築は、地盤沈下を悪化させ、決壊した場合の被害を大きくする可能性がある。さらに、降水量や河川流量の増加に伴い、強化はコストがかかりすぎて持続不可能となり、ランドスケープの美しさにも悪影響を及ぼすことになる。

- 3a. プログラムの意思決定段階において、関係するすべてのアクターやステークホルダーが施策を受け入れるために不可欠だったものは何か？

公的な行政機関とのコンサルテーション

- 3b. あなたが「川のための空間」委員会のメンバーであったならば、Dordrecht地域の洪水リスクを管理するためには、脱干拓地が最も適した選択肢であることを地元住民や農家に納得させるために、どのような議論を選択したか（対策の潜在的な長所と短所を列挙しなさい）。考えられる短所を検討し、それを補うための方法を提案しなさい。

### 長所

- より持続可能で効果的な水位低下の方法である
- 安全性を向上させる
- Biesbosch国立公園を一部復元する
- 既存または新規に建設された盛り土の上にある旧干拓地の残りの土地は、今でも地元住民が住んでいたり、農家が利用していたりしている

### 短所

- コストが高い。これに対しては、長期的には、水位の上昇に合わせて定期的に堤防を補強するよりもコストがかからないと言える。また、川幅を広げることで、洪水や堤防が決壊した場合の被害のリスクを減らすことができる。

- 貴重な農地が失われ、一部の個人住宅が破壊される。これに対しては、政府から補償と移転支援が行われている。また、浸水していないとき、集水域は放牧に利用できる。

### 参考文献

- Better Cities Now, 2013. Let the river run through it. [Online] Available at: <http://bettercitiesnow.com/urban-issues/innovation/let-the-river-run-through-it> [Accessed 2013].
- Biesboer, F., 2012. Dossier on Room for the River. De Ingenieur, 16 November, pp. 1-15.
- Biesboer, F., 2012. Dossier on Room for the River. De Ingenieur, 16 November, pp. 1-15.
- Dutch Delta Committee, 2008. Working together with water, The Hague: Dutch Delta Committee.
- Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, 2012. DEF-B10\_Ontpoldering Noordwaard. [Online] Available at: [www.ruimtevoorderivier.nl/.../\\_def-b10\\_depolderisation\\_noordwaard.pdf](http://www.ruimtevoorderivier.nl/.../_def-b10_depolderisation_noordwaard.pdf) [Accessed December 2013].
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006a. Spatial Planning Key Decision Room for the River: Approved Decision (PKB Part 4), The Hague: Dutch Ministry of Infrastructure and Environment.
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2006b. Spatial Planning Key Decision Room for the River: Explanatory memorandum (PKB Part 4), The Hague: Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works.
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2008. Flood Risk: Understanding concepts, The Hague: Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management.
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2011a. Making room for innovation factsheet, The Hague: Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works.
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2011b. Room for the River - Waal-Nijmegen, The Hague: Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works.
- Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works, 2012. Dutch Water Program - Room for the River, The Hague: Dutch Ministry of Water Management, Transport and Public Works.
- Encyclopedia Britannica, 2013. The Netherlands. [Online] Available at: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/409956/Netherlands> [Accessed 2 December 2013].
- Estrella, M. & Saalimaa, N., 2013. Ecosystem-based DRR: An overview. In: The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. s.l.:s.n., pp. 26-47.
- European Commission, 2007. Atlas of Flood Maps - The Netherlands, Brussels: European Commission.
- European Union, 2013. Flood Resilient City. [Online] Available at: <http://www.floodresiliency.eu/en/regional/nijmegen/> [Accessed 2013].
- Faculty of Geosciences, Utrecht University, 2005. Geological evolution of the Rhine-Meuse delta. [Online] Available at: <http://www.geo.uu.nl/fg/palaeogeography/rhine-meuse-delta> [Accessed 2013].
- Huitema et al., 2009. Adaptive water governance: assessing the institutional prescriptions of adaptive (co-) management from a governance perspective and defining a research agenda. *Ecology and Society*, 14(1), p. 26.
- Kingdom of the Netherlands, 2011. Room for the River: From flood resistance to flood accommodation (PowerPoint Presentation). s.l.:Kingdom of the Netherlands.
- Netherlands Board of Tourism and Conventions, 2013. Facts & Figures about Holland. [Online] Available at: <http://www.holland.com/global/tourism/holland-information/about-holland/facts-figures.htm> [Accessed 2 December 2013].
- Rijke et al., 2012. Room for the River: delivering integrated river basin management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management*, pp. 369-382.
- Roth, D. & Winnubst, M., 2009. Reconstructing the polder: negotiating property rights and 'blue' functions for land. *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 8(1).
- Royal Netherlands Meteorological Institute, 2010. Regional differences in the extreme rainfall climatology in the

## ケーススタディ3 : オランダ

Netherlands. [Online] Available at:

[http://www.knmi.nl/cms/content/90757/regional\\_differences\\_in\\_the\\_extreme\\_rainfall\\_climatology\\_in\\_the\\_netherlands](http://www.knmi.nl/cms/content/90757/regional_differences_in_the_extreme_rainfall_climatology_in_the_netherlands)

[Accessed 5 December 2013].

Scientific American, 2012. How the Dutch Make "Room for the River" by Redesigning Cities. [Online] Available at:

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-the-dutch-make-room-for-the-river>

[Accessed 2013].

Statistics Netherlands, 2013. Population: Key figures. [Online] Available at:

[http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLEN&PA=37296eng&D1=0-51,56-68&D2=0,10,20,30,40,50,%281-](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLEN&PA=37296eng&D1=0-51,56-68&D2=0,10,20,30,40,50,%281-1%29-I&LA=EN&VW=T)

[1%29-I&LA=EN&VW=T](http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLEN&PA=37296eng&D1=0-51,56-68&D2=0,10,20,30,40,50,%281-1%29-I&LA=EN&VW=T)

[Accessed January 2014].

Tisma, A., 2004. KwaliWijzer: An evaluation framework for spatial interventions, The Hague: s.n.

Wiering, M. & Arts, B., 2006. Discursive shifts in Dutch river management: 'deep' institutional change or adaptation strategy?. *Hydrobiologia*, Issue 565, pp. 327-338

### 脚注

I EUの生息地指令について詳しくは以下を参照:

[http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm)

# ケーススタディ4

## 統合的水資源管理(IWRM) グアテマラ-メキシコ タカナ川流域

### 1. 概要

概要	このケーススタディでは、グアテマラとメキシコの国境に位置する流域に焦点を当てた統合的水資源管理活動であるIUCNタカナプロジェクトを取り上げている。プロジェクトの背景と課題に始まり、さまざまなパイロットプロジェクトの紹介とその成果について考察している。
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>統合的水資源管理の概念を理解し、それがどのように災害リスクを軽減できるかを理解する。</li> <li>タカナのパイロットプロジェクトとその実施状況について学ぶ。</li> <li>タカナ流域プロジェクトが、地域レベルから国境を越えたレベルまで、どのように政策に影響を与えたかを確認する。</li> </ul>
ガイダンス	このプロジェクトは2国間に跨っているが、グアテマラで行われているプロジェクトに重点を置いている。 統合的水資源管理とEco-DRRの関連性を強調している。
参考文献	<p>IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 2013. <i>Guatemala-Mexico Tacaná Project</i>. Gland: International Union for the Conservation of Nature IUCN.</p> <p>Roy, D., Barr, J., and Venema H.D., 2011. <i>Ecosystem approaches in Integrated Water Resources Management (IWRM): A review of transboundary river basins</i>, United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Institute for Sustainable Development.</p> <p>Dalton, J., Murti, R. &amp; Chandra, A., 2013. Utilizing integrated water resources management approaches to support disaster risk reduction. : F. Renaud, K. Sudmeier-Rieux &amp; M.Estrella, eds. <i>The role of ecosystems in disaster risk reduction</i>. Geneva: United Nations University, pp. 248-269.</p> <p>Other IWRM Projects led by IUCN – Water &amp; Nature Initiative (accessible online:<a href="http://www.waterandnature.org/en/results/project-results">http://www.waterandnature.org/en/results/project-results</a>).</p>

### 2. 背景

ケーススタディ地域	Suchiate川、Coatán川、Cosalapa川、Cahoacán川の集水域
対象国	グアテマラ、メキシコ
生態系	森林（タカナ火山付近の上部集水域では山岳地帯）
ハザード	洪水、熱帯性暴風雨やハリケーン、水不足

2001年に発足した「水と自然イニシアティブ（WANI）」は、2000年に打ち出された「水と開発に関するグローバル・アジェンダ」の後、具体的な行動を求める声に応じて国際自然保護連合（IUCN）が立ち上げたものである。行動学習プロセスを通じて「生態系アプローチを流域に関する政策立案、計画立案とその管理の中で主流化する」ことを目的としている。

2001年から2008年にかけて実施されたWANIの第1フェーズでは、河川流域レベルでの統合水資源管理（IWRM）の実施をテストし、変化の触媒として必要な学習、パートナーシップ構築、ステークホルダーの関与を促進するために、12のパイロットプロジェクトが実施された（Smith, 2010; IUCN, 2012）。その目的は、生態系サービスと安全性、グッドガバナンスとステークホルダーの参加、経済発展と持続可能な資金調達、リーダーシップと学習を組み合わせて、実践的な統合的水資源管理を実証することにある。

WANIの下、「タカナ火山に関連する流域の統合管理グアテマラ・メキシコプロジェクト」（略して「タカナプロジェクト」）が2003年から4年間の予定で始まった（IUCN, 2009(a); IUCN, 2012）。このプロジェクトは、グアテマラのSan Marcos県とメキシコのChiapas州の境界に位置する3,170km<sup>2</sup>の地域を対象としており（Mazariegos & Illescas, 2010）、タカナ火山の斜面に源流を有し、河川に沿ってメキシコに向かうSuchiate川とCoatán川の集水域、およびメキシコ国内にあるCosalapa川とCahoacán川の集水域からなるタカナ流域が含まれている（図1参照、（IUCN, 2012））。

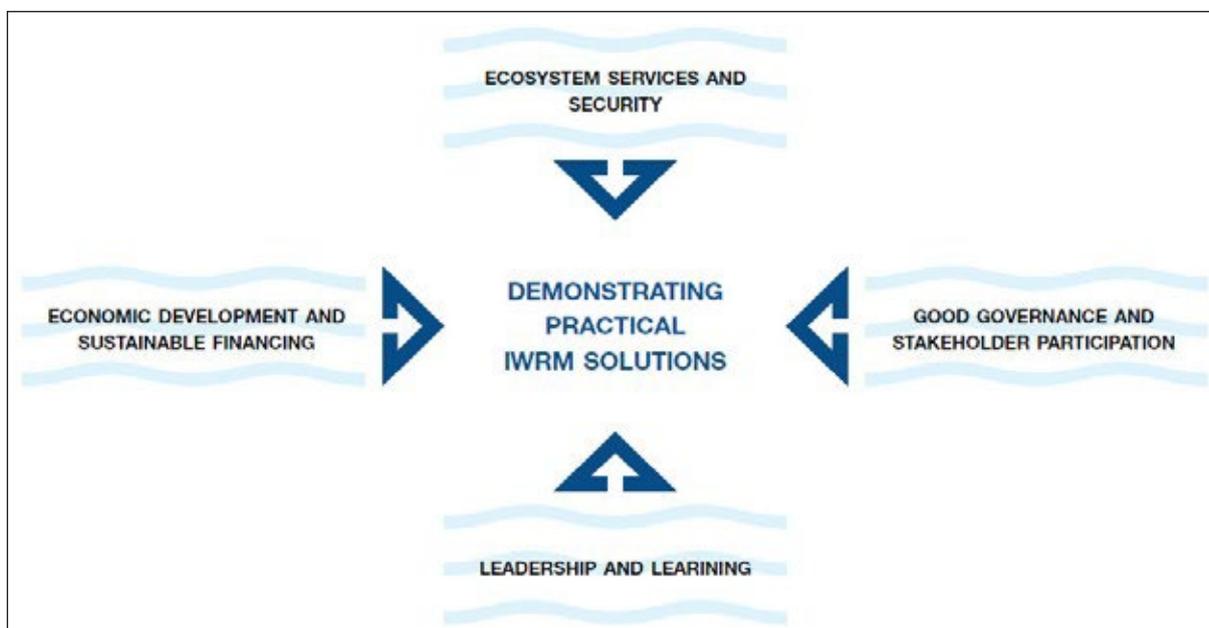


図1 WANIプログラムの要素 出典:IUCN, 2012

**Box1.統合的水資源管理と生態系アプローチ**

統合的水資源管理（IWRM）とは、「重要な生態系の持続可能性を損なうことなく、公平な方法で経済的・社会的福祉を最大化するために、水、土地、関連資源の調整された開発と管理を促進するプロセス」である。（Convention on Biological Diversity, 2000; Cap-Net/UNDP, Nile IWRM-Net, UNISDR & UNOCHA, 2009）。

統合的水資源管理は、適用される国や政治レベルに合わせた柔軟な戦略である。統合的水資源管理には固定された枠組みはないが、その基本原則である効率性、公平性、環境持続性は変わらない（Roy et al., 2011）

このアプローチは、自然にも社会にも複数の利益をもたらす（Smith, 2010）。環境が意思決定の一部となり、環境を含めることで、環境の回復と保全のためのより多くの投資を引き寄せることが出来る。このアプローチは、様々なステークホルダーに意思決定プロセスへの参加を促し、より良いガバナンスを実現することで、社会的包摂をサポートする。また、実践による学習によって進められ、生成された知識が共有・移植されるため、革新と学習が促進される。その包括性が複雑さをもたらす一方で、統合的水資源管理にとって、生態系アプローチを成功させることは、複雑な状況であっても管理可能であることを示すことになる。最後に、生態系管理に基づく統合的水資源管理は、持続可能な方法でレジリエンスを強化する（Smith, 2010）。

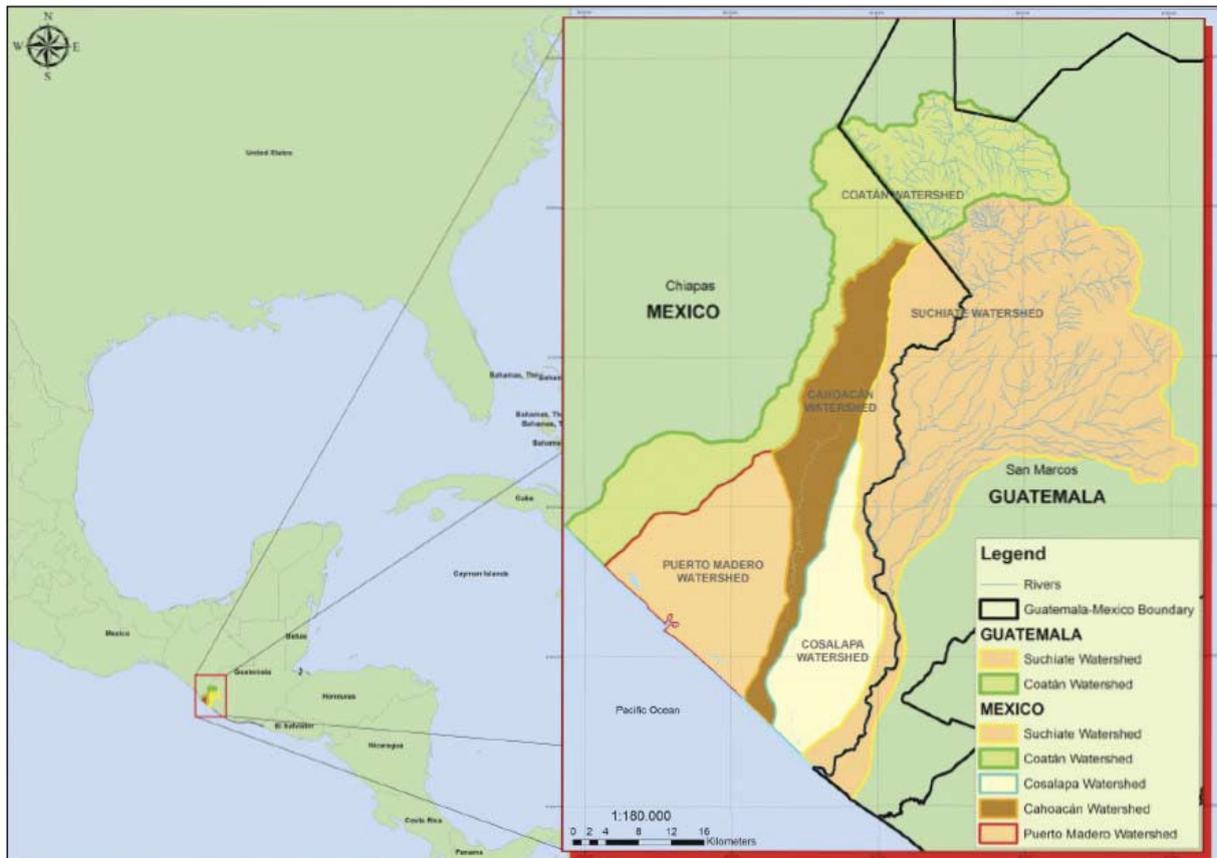


図2 タカナ流域の地図 出典：IUCN / Mario RodriguezIUCN / Mario Rodriguez

これらの流域は、家庭用に水を供給し、農業に灌漑用水を提供しているため、家庭用と農業用の両方の目的において重要である。この地域は、コーヒーの主要な生産地としても有名である(IUCN, 2009(a))。また、畜産や漁業も重要な地域産業である (IUCN, 2009; IUCN, 2012)。

### 3. 課題

環境悪化、森林破壊、適切でない土地利用により、土質が変化し、流域の保水力が低下している。サトウキビ、バナナ、アフリカンパームなどの換金作物のための大規模農業は土壌と水を汚染し、貧しい農民は小規模な農場を耕すために流域の高地の森林を伐採している (IUCN, 2012)。その結果、この荒廃した地域は、強い熱帯性暴風雨やハリケーンの発生時に、深刻な土壌浸食、洪水、土砂崩れに見舞われた (IUCN, 2009; IUCN, 2012)。さらに、高い人口密度と極端な気候現象による水資源へのストレスの増大も、この地域の生活基盤を劣化させている。

乾季の水不足は、グアテマラで最も貧しい州のひとつであるこの地域の環境経済状況を悪

化させる要因となっている (Mazariegos & Illescas, 2010)。

地方自治体と国との間で調整が行われなかった結果、政府の存在感が希薄になり、政策が調整されず、水に関する法律や規制が十分に整備されなくなった。さらに、複雑な土地権利制度、予算の制限、ステークホルダーの参加の少なさ、地域社会の組織化がほとんど、あるいは全く行われておらず、透明性も限られていた (IUCN, 2012)。水路を共有しているにもかかわらず、グアテマラとメキシコの間には国境を越えた水管理機関が存在せず、メキシコの地方水評議会が水資源に関する法律や政策を実施する能力が制限されていた (IUCN, 2012)。

### 4. 実施した対策

#### 理論的根拠

2003年に開始されたタカナプロジェクトの主な目的は、劣化した流域を回復させることを通じて、地域住民や農家への水の供給を確保し、洪水リスクを軽減することであった (IUCN, 2009)。

タカナプロジェクトの一般的な目的は、その影響範囲内の人口に関連する淡水、土壌、生態系が本来持っている価値を保全・回復することで得られる利益を最適化することであった（IUCN, 2009(a)）。具体的には、以下を目的としていた。

1. 水資源の調整と管理のためのメカニズムを、包括的なアプローチのもとに統合する。
2. 包括的な集水域管理計画のための情報を収集する。
3. 意識向上と情報共有のための戦略を実施する。
4. 短期、中期、長期の管理計画を実行するための戦略的提携関係を構築する。
5. 管理計画の優先事項を実施するための試験的な活動を開始する(IUCN, 2009(a))

### プロジェクトの主な構成要素

タカナプロジェクトでは、環境保全、教育、アドボカシー、生活支援、水ガバナンス改善のための能力開発など、地方、県、国、さらには国境を越えたレベルでいくつかの施策を実施した（IUCN, 2012）。

### プロジェクトの詳細

#### コミュニティ・パイロット・プロジェクト

WANIとパートナーは、水や土壌、環境の保全に取り組みながら、生活の安定を図るパイロットプロジェクトの設計を支援した。グアテマラの86のパイロットプロジェクトとメキシコの21のパイロットプロジェクトは、メンバーの90%が女性で構成されたコミュニティグループが主導した。IUCN(2012)では、以下のような例が挙げられている。

#### Box 2 San Pablo - Suchiate River Midlands Micro-Watershedにおけるパイロットプロジェクト

グアテマラのSan Pabloという町のTojojという村は、スチアテ川の中流域に位置しているが、慢性的な水不足に悩まされている。そのため、最寄りの水源地から各家庭にホースを引いて給水している。2005年10月、熱帯性暴風雨「スターン」により、村のホース3,800メートルが流されてしまった。タカナプロジェクトは、在グアテマラ・オランダ大使館からの寄付金の移送を支援し、復興プロジェクトを指揮した。また、サプライヤーとの交渉や資材の提供も行った。適切な配水システムの構築に加えて、水処理タンクの設置も行った。また、コーヒー豆を加工する際に出る汚染された排水をろ過するための装置も設置した。また、森林再生のために30,000本以上の木の苗木を生産するための苗床も建設された。

上記の取り組みにより、地元の人々がより多くのことに関与できるようになった。

住民は、自らのコミュニティの発展のためにボランティア活動をすることも多く、水の保全や森林再生などの議論にも興味を持つようになった。

あるコミュニティのリーダーが言うように、パイロットプロジェクトでは「収入を増やすと同時に、森を守り、水を節約する」機会を得ることができた。

(出典IUCN, *Guatemala - San Pablo-Suchiate River Midlands Micro-Watershed*, <http://www.waterandnature.org/en/resources/story-gallery/practical-stories-Mesoamerica/ca6-guatemala-san-pablo-suchiate-river-midland>)



図3.グアテマラで配水システムの建設を手伝う子どもたち  
出典：Taco Anema / 2005UCNTaco Anema / IUCN, 2005

## ケーススタディ4：グアテマラ-メキシコ

- 林業用苗木の生産とアグロフォレストリーの促進、18の林業と土壌保全の実証実験、122のコミュニティフォレストの保全のための管理計画
- 養蜂、魚の養殖、バタフライファームのエコツーリズムにおける協同組合やコミュニティ企業の発展と交流を促進する10のパイロットプロジェクトの実施
- コミュニティ庭園や有機農業（コンポストセンターでの有機肥料製造の実演を含む）
- メキシコChiapas州に統合流域管理のための研修センターの設立
- 食用キノコの生産による食料と生活の安定性の向上
- コーヒー豆を加工する際の廃水を軽減する方法の支援、水処理プラントの建設の支援

パイロットプロジェクトがコミュニティにもたらしたこれらの活動は、小規模流域協議会を形成する動機となった（IUCN, 2012）。

### 水のガバナンス機関の設立

グアテマラとメキシコでは、タカナ流域に住むコミュニティが小規模流域協議会を組織し、共有する水資源と土地資源の管理を共同で行い、コミュニティの発展を支援している（IUCN, 2012）。これらの流域協議会は、水資源の持続可能な利用のためのプロジェクトを認識し、優先順位をつけ、設計するのに役立つ計画を策定し、地域のウォーターガバナンスを改善している（IUCN, 2012）。住民、農業従事者、地方自治体のメンバーの参画は、共通の水問題に取り組むこの統合的なアプローチに不可欠な要素である。協議会のパイロットプロジェクトの一つでは、Suchiate川中流域の小規模コーヒー農家を対象に、有機農園の改善やコーヒー豆加工時の廃水の再利用を計画している（IUCN, 2012）。小規模流域協議会は、様々なレベルの流域管理に対応するために協力している（IUCN, 2012）。



図4. 小規模流域協議会の3D地図

小規模流域協議会に加えて、16の政府機関および非政府機関がSan MarcosあるいはCORNASAMの自然資源環境のための組織間調整機関を結成した。（IUCN-WANI(c), s.d.）

この新しい運営組織は州政府レベルで運営されており、小規模流域管理のアウトリーチと研修を行っている（IUCN, 2012）。同様の委員会は、メキシコのCoatán川沿いの自治体間の水管理を調整するためにも設立された。

また、このプロジェクトは、グアテマラの国家小規模流域委員会を支援している。この委員会は、国家水政策と、流域管理計画へのコミュニティの参加に関するガイドを起草した（IUCN, 2012）。メキシコでは、Chiapas州の流域協議会と国家水委員会が対話の場を設け、Chiapas州の水管理を分散化する新しい手法の実施におけるロールモデルとして認めた。

### Jovenes en mission (ミッションに参画する若者)

San Marcosでは、*Jóvenes en la Misión* (Youth on a Mission, JEM)の環境保護活動から若者が運営する協同事業へと発展する上で、タカナプロジェクトが重要な役割を果たした（IUCN, 2012）。

2003年に「水のための団結」をモットーに設立されたJEMは、持続可能な水利用を提唱し、流域の修復活動を行い、水ガバナンスの能力を高めている（IUCN、2012年）。森林再生プロジェクトにより、Esquiche流域の800人以上の人々への水の供給が改善された。JEMはまた、グアテマラとメキシコの国境沿いのプロジェクトにおける協力関係を強化するため、バーチャルプラットフォームを構築した。タカナプロジェクトの支援により、JEMはNGOとして登録され、収入源となるプロジェクトのための資金を獲得した。2006年、JEMは75,000米ドルの融資を受け、様々な花や野菜を生産するための点滴灌漑付きの温室19棟を建設した（IUCN-WANI(a), s.d.）。JEMは、このような取り組みを通じて、地域や国レベルでの気候変動や水関連の活動に参加する若者たちの一翼を担っている（IUCN, 2012）。

### 現地で得られる知識や研修

グアテマラでは、統合的水資源管理に関する知識の普及を示す例がいくつかある。タカナ流域プロジェクトの一環として、メキシコの5つの地方自治体の市役所にバーチャル水資源図書館が設置され、水資源と環境に関する最新情報が提供された。

2008年、グアテマラでは、「*Agua para el Futuro*（未来のための水）」と題した実証プロジェクトに加えて、タカナ流域の自然資源、特に水資源の保全と回復のために、「*Fondo de Gestión Hídrica Participativa*（FOGESHIP）」と呼ばれる生態系サービスに対する支払い（PES）プロセスが創設された。水基金の財源は、地方自治体の協力を得て、都市部での水道料金の調整で賄う予定である。この計画の副産物として、PESに関する国の情報の体系化、PES関連の用語集、PESに関するオンライン研修コースの開発が行われた<sup>1</sup>（IUCN, 2012）。国レベルでは、小規模流域管理計画策定のためのガイドラインが作成・公表されている。この文書は、FAOやIUCNだけでなく、様々な機関がグアテマラの学界や政界、技術界で活用している。

最後に、WANIの概念、アプローチ、ベストプラクティスは、10ヶ月間のインターンシッ

プを通じてサンカルロス大学のカリキュラムに組み込まれており、学習を実践する専門家の集団を生み出すことで、継続的な学習のフィードバックループを生み出している（IUCN, 2012）。

## 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

統合的水資源管理の適用は、「環境を整える」「制度的・法的枠組み」「実施手段の適切な管理」という3つの柱によって、Eco-DRRを支援し、水関連災害を軽減している（PEDRR, 2013）。

包括的な統合的水資源管理のアプローチでは、効率的で持続可能な対策を立案・実施するために、水と関連資源の関係や、さまざまなスケールの施策による影響を考慮する。タカナ流域における森林再生と廃水ろ過のパイロットプロジェクトは、そのような対策の一例である。森林を再生・保護することで、燃料や建築用の木材供給が増加し、土壌構造が強化される（IUCN-WANI(b), s.d.）。流域の保水力が高まることで、洪水のリスクが軽減され、乾季の水不足も緩和される。また、青々とした森林は、土壌を豊かにし、コーヒーの木陰を提供することで農家に利益をもたらす。さらに、「鳥に優しいコーヒー」として認証されれば、農作物の価値を高めることになる（IUCN-WANI(b), s.d.）。一方、水処理タンクは、地下水の汚染を減らすだけでなく、汚染されてかつ悪臭のする排水を除去することで、衛生状態を改善し、病気のリスクを減らしている。また、タンクのフィルターから出るマルチング材は、有機肥料にもなる（IUCN-WANI(b), s.d.）。長期的には、より良い持続可能な生活のおかげで貧困コミュニティの脆弱性が減り、洪水や地滑りのリスクが減ることで、暴風雨に関連した災害にうまく対処できるようになる。

タカナプロジェクトは、あらゆるレベルの開発アジェンダにおける流域管理の主流化に貢献した。このプロジェクトにより、水資源管理機関が設立され、法律を実施するための制度的能力が向上し、グアテマラとメキシコの水管理に関連する政策が強化された。



図5.統合的水資源管理における地域レベルから国レベルへの施策のスケールアップ 出典：IUCN 2012IUCN, 2012

メキシコでは、プロジェクト実施中に新しい水関連法が制定され、水管理計画やガイドラインが作成された。また、水管理における垂直方向の協力関係の欠如を補う手段として、地元の委員会と上位機関との間のネットワーク化を促進した（IUCN, 2012）。小規模流域の計画と管理をコミュニティ主導の開発と統合するために、コミュニティ開発委員会（COCODES）と自治体・開発評議会との調整が開始された（図5（IUCN, 2012）参照）。

タカナ流域プロジェクトは、Coátan流域とSuchiate流域の環境問題を議論する初の二国間フォーラムを開催することで、国境を越えたレベルでの対応を開始した。その結果、2006年12月には「Tapachula宣言」に署名し、グアテマラとメキシコのコミュニティの市長が、流域管理に関する共同行動に協力することを約束した（IUCN, 2012）。

流域の管理と開発のための制度的調整システムの強化は、San MarcosとChiapasに壊滅的な洪水、4,000万米ドルに相当する物的損害、多数の死者を出した2005年の熱帯性暴風雨「スターン」の後にも有効であることが証明された（IUCN, 2012）。タカナプロジェクトは、地

元のコミュニティ組織、自治体政府、国の省庁を結ぶ広範なネットワークにより、資源の迅速な動員、迅速なコミュニケーション、災害後の被害調査、ドナーの調整を可能にした（IUCN, 2012）。このプロジェクトでは、オランダ政府からの資金提供を受けて、78のコミュニティで配水システムの再構築を行った。さまざまなレベルのパートナーとの協力により、San Marcos県の復興計画や、災害対策の計画と仕組みの策定にもつながった。また、この危機は、コミュニティや政府の間で気候変動に対する意識を高め、暴風雨や洪水に対する脆弱性を軽減するための能力開発や適応策への投資につながった（IUCN, 2012）。

啓発キャンペーンや教育の取り組みにより、災害リスク軽減やコミュニティ開発における水源の保護と回復の重要性が認識されるようになった。

また、パイロットプロジェクトの実施により、統合的水資源管理の付加価値が紹介され、人々、特に農民が生態系アプローチを採用するようになった。研修とデモンストレーションにより、貧困層のコミュニティが生活と環境を改善する能力が向上し、レジリエンスを

効果的に高め、全体的な福利を高めることが可能になった。

### 長所と短所

統合的水資源管理は、その多面的なメリットを高く評価されている。統合的水資源管理は、自然を保護することで、社会の発展を促進し、土地と水に関連する災害リスクを軽減する可能性がある。統合的水資源管理は、様々な状況で試行錯誤されてきた順応型のアプローチである（概要の「参考文献」を参照）。統合的水資源管理は、補完性の原則に基づき、水関連の問題に対処するために、分散化されたボトムアップのアプローチを重視している。

官民の地元のステークホルダーとの密接な協力関係は、統合的水資源管理の特徴であると同時に、計画プロセスを複雑にしたり、対策の実施を遅らせたりする弱点でもある。しかし、協力に基づく解決策は、効率的で持続可能であり、関係者に受け入れられることが多い。グアテマラのタカナのスタッフによると、統合的水資源管理の概念を詳しく説明し、水や地域の生態系の価値及びサービスの供給を維持するために天然資源を保護することの利点をコミュニティや地元当局に認識してもらい、水資源の保護に対する各人の責任を明確にすることで、プロジェクトを前進させることができた。また、環境保護を生活向上につなげることで、現地の人々との協力関係が促進された（IUCN-WANI, 2014）。

タカナプロジェクトでは、生態系全体を考慮した長期的なビジョンのもと、水関連機関の設立、パートナーシップの構築、あらゆるレベルの政治家の参加により、持続可能性を確保した。WANIは、地元市民を中心とした小規模流域協議会の設立を支援し、彼らの経営資金調達能力を高めた。政治当局に認められたことで、彼らの優先するプロジェクトのために政府から資金援助を受けることができた。

CORNASAMは、San Marcosでの努力と資源をまとめて調整し、この地域での影響力を高め、資源の最適な利用を実現した（IUCN-WANI, 2014）。あらゆるレベルのパートナー間の連携が強化されたことで、災害時の迅速な対応が可能になり（熱帯性暴風雨「スターン」の

後に見られたように）、努力の重複が避けられ、共通の利益である水を守るための行動がより協調的に行われるようになった。

## 6. 教訓と結論

タカナ流域プロジェクトは、劣化した流域の修復、社会的・政治的な協力関係の構築など、統合的水資源管理の生活の改善面での付加価値を実証している（図6、（IUCN, 2012）参照）。WANIプロジェクトがもたらすその他の社会的な裨益も特筆すべきものである。地元コミュニティのメンバーをパイロットプロジェクトに呼び込むことで、社会的結束の強化につながった（IUCN, 2012）。小規模流域協議会は、地元の女性に力を与え、彼女たちは自分たちのコミュニティの開発に参加する機会を得ることができた。教育と環境意識の向上により、人々は生態系を活用した対策を支持するようになり、将来の暴風雨に対する備えができるようになった。全体として、コミュニティのレジリエンスと災害リスク軽減能力の向上に貢献している。

2005年に発生した熱帯性暴風雨「スターン」は、統合的水資源管理と水ガバナンスの改革に向けた取り組みの拡大の契機となった。WANIのパートナーの広大なネットワークは、暴風の直後と復旧段階での迅速な資源の動員に役立った。しかし、タカナプロジェクトは、山での生活の改善、ガバナンスの能力向上に加えて、災害準備計画を策定することで、具体的な災害リスク軽減の要素を組み込んだ数少ない統合的水資源管理イニシアティブの例である。

タカナプロジェクトは、2007年から各国のドナーから資金提供を受け、WANIから学んだベストプラクティスに基づいて実施された、グアテマラとメキシコでの取り組みである。2011年にプロジェクトが終了した後は、生態系の保全、災害リスク軽減、持続可能な生活手段の開発を通じた水資源の賢明な利用を促進するために、WANIが提唱した事業を地元のステークホルダーや政府に任せている。

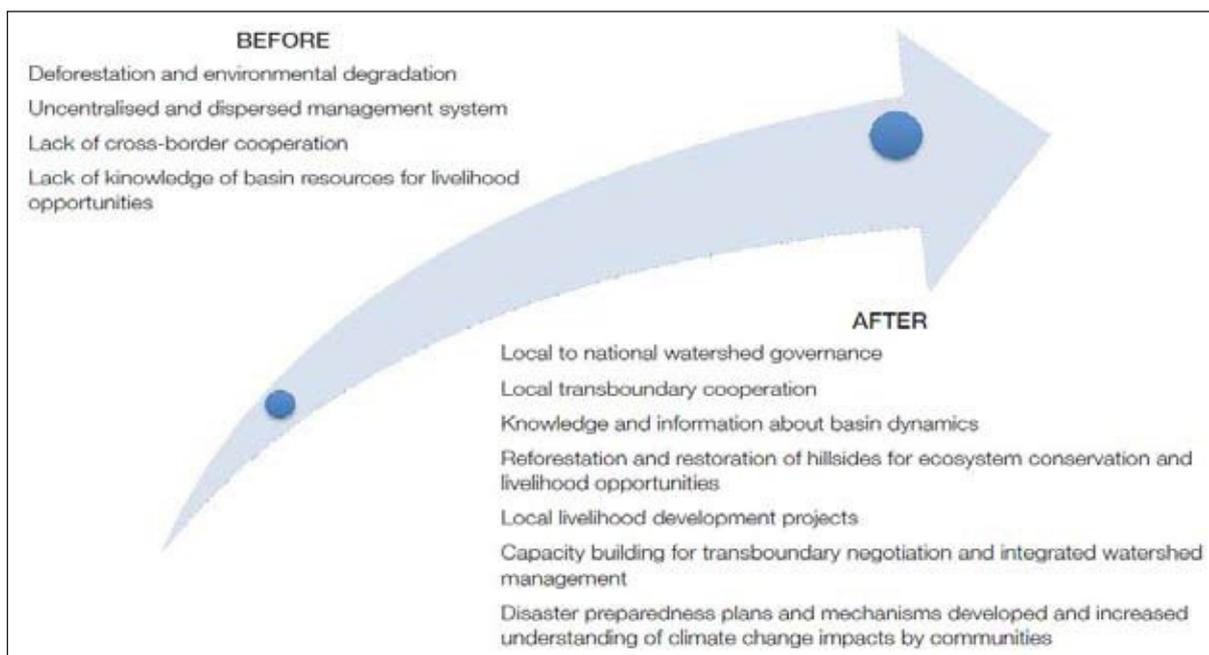


図6.タカナ 流域プロジェクト終了前と終了後の状況 出典：IUCN, 2012

## 7. 演習と講義ノート

講義ノート：この演習では、統合的水資源管理とそのEco-DRRへの貢献に焦点を当てる。答えは、ケーススタディの中にある。  
演習の所要時間の目安：30分。

1. なぜ水資源管理に統合的なアプローチが重要なのか？
2. ケーススタディを踏まえて、WANI タカナプロジェクトはどのような形で災害リスクの軽減に貢献したのか？
3. プロジェクトの持続性を確保した要素は何か？

### 解答

1. なぜ水資源の管理に統合的なアプローチが重要なのか？

解答例：包括的アプローチでは、生態系以外の構成要素への悪影響が最も少ない対策を選択することができる。

4. ケーススタディを踏まえて、WANI タカナプロジェクトはどのような形で災害リスクの軽減に貢献したのか？

- 森林再生プロジェクトや土地の修復活動により、土壌の構造が改善され、流域が水を保持し蓄える能力が向上した。
- 水処理タンクは、病気が蔓延するリスクを排除した。
- 貧困地域の生活向上に貢献した。
- 2005年の熱帯性暴風雨「スターン」をきっかけに、災害対策の計画や仕組みが作られた。
- 水関連の計画や政策がプロジェクト期間中に採択された。
- Tojojでは、流されてしまうことのない適切な配水システムが設置された。
- 水管理団体の設立を支援し、水資源を管理する能力を高めることで、流域管理を改善した。
- 災害前、災害中、災害後の各段階で、機関間の垂直方向の連携が強化された。

2. プロジェクトの持続性を確保した要素は何か？

ステークホルダーのプロジェクトへの参加、住民による流域協議会や委員会の設立、自治能力の向上。

### 参考文献

- Cap-Net/UNDP, Nile IWRM-Net, UNISDR & UNOCHA, 2009. Hydro-climatic Disasters in Water Resources Management, Training Manual. Pretoria: Cap-Net/UNDP.
- Convention on Biological Diversity, 2000. COP 5 Decision V/6 The ecosystem approach. Nairobi, Kenya, Convention on Biological Diversity.
- Dalton, J., Murti, R. & Chandra, A., 2013. Utilizing integrated water resources management approaches to support disaster risk reduction. Dans: F. Renaud, K. Sudmeier-Rieux & M. Estrella, éd. The role of ecosystems in disaster risk reduction. Geneva: United Nations University, pp. 248-269.
- GWP-TAC, Global Water Partnership Technical Advisory Committee, 2000. Integrated Water Resources Management. TAC Background Papers No. 4, Stockholm: Global Water Partnership.
- BIBLIOGRAPHY IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 2009. Guatemala-Mexico Tacaná Project. Gland: International Union for the Conservation of Nature IUCN.
- IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 2009(a). Tacaná River Basin - Tacaná (Guatemala, Mexico)  
- Working together to turn the trend. [Online] Available at:  
[http://www.iucn.org/about/work/programmes/water/wp\\_where\\_we\\_work/wp\\_our\\_work\\_projects/wp\\_our\\_work\\_trb/](http://www.iucn.org/about/work/programmes/water/wp_where_we_work/wp_our_work_projects/wp_our_work_trb/)  
[Accessed March 2014].
- IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 2012. Water and Nature Initiative (WANI) Case Study, Tacaná Watersheds: Guatemala & Mexico. Gland: International Union for the Conservation of Nature (IUCN).
- IUCN-WANI(a), International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative. JEM of a Business. [Online] Available at:  
<http://www.waterandnature.org/en/resources/story-gallery/practical-stories-mesoamerica/ca5-jem-business>  
[Accessed on February 2014].
- IUCN-WANI(b), International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative, Guatemala - San Pablo-Suchiate River Midlands Micro-Watershed. [Online] Available at:  
<http://www.waterandnature.org/en/resources/story-gallery/practical-stories-mesoamerica/ca6-guatemala-sanpablo-suchiate-river-midland>  
[Accessed on February 2014].
- IUCN-WANI(c), International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative,. Good governance. [Online] Available at:  
<http://www.waterandnature.org/en/solutions/good-governance>  
[Accessed on February 2014].
- IUCN-WANI(d), International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative. Tacana. [Online] Available at:  
<http://www.waterandnature.org/en/results/project-results/tacana>  
[Accessed on February 2014].
- IUCN-WANI, International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative, 2014. Personal communication [Interview] (January 2014).
- IUCN-WANI, International Union for the Conservation of Nature - Water & Nature Initiative. Guatemala - San Pablo Toacá. [Online] Available at:  
<http://www.waterandnature.org/en/resources/story-gallery/practical-stories-mesoamerica/ca7-guatemala-san-pablo-toaca>  
[Accessed on February 2014].
- JEM, Jóvenes en la Misión, 2006. Unidos por el agua, San Marcos: Asociación Jóvenes en la Misión (JEM).
- Mazariegos, O. & Illescas, N., 2010. Integrated water resources management in four pilot microwatersheds in San Marcos, Guatemala. Gland: International Union for the Conservation of Nature (IUCN).
- PEDRR, Partnership for the Environment and Disaster Risk Reduction, 2012. Session 3: What is Ecosystem-based Disaster Risk Reduction. Geneva: Partnership for the Environment and Disaster Risk Reduction (PEDRR).
- Roy, D., Barr, J. & Venema, H., 2011. Ecosystem approaches in Integrated Water Resources Management (IWRM):

## ケーススタディ4 : グアテマラ-メキシコ

A review of transboundary river basins. s.l.:United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Institute for Sustainable Development.

Smith, M., 2010. WANI- Results & Resilience. Gland: International Union for the Conservation of Nature (IUCN).

### 脚注

- I オンラインで閲覧可能 : [www.confluenciasagua.net](http://www.confluenciasagua.net)

# ケーススタディ5

## 災害リスク軽減と気候変動適応の 関連性

### ブルキナファソ - ニジェール

#### 1. 概要

概要	持続可能な乾燥地管理に関するこのケーススタディでは、伝統的な土壌・水の保全とアグロフォレストリー技術のイノベーションを紹介している。ブルキナファソの中央高原、ニジェール南部のMarandiとZinder地域で、こうしたアプローチがいかに食料生産の増加と劣化した土地の修復に役立ったかを紹介している。
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sahel地域の乾燥地で劣化した土壌の修復と植生の増加に成功した技術を学ぶ。</li> <li>● どのようにして担当者がイノベーションを促進し、知識と経験を共有し、地域から地域へとプロジェクトを拡大していったのかを知る。</li> <li>● 災害リスク軽減と気候変動適応の関連性を理解する。</li> </ul>
ガイダンス	ブルキナファソ-ニジェールのケーススタディでは、伝統的な土壌・水保全手法（zaiとコンターバンズ）と森林管理手法（FMNR）の改善を取り上げている。これらの対策を実施するための一般的なガイドラインが説明されている。また、災害リスク軽減と気候変動適応に関するこれらの技術革新の成果についても議論している。
参考文献	<p>Turnbull M., Sterrett C., Hilleboe A., 2013. <i>Toward resilience: a guide to disaster risk reduction and climate change adaptation</i>. Warwickshire, Practical Action Publishing Ltd, pp.11-16 and 111-124.</p> <p>United Nations Convention to Combat Desertification, 2012. <i>Desertification: a visual synthesis</i>, Bonn, UNCCD Publications.</p>

#### 2. 背景

ケーススタディ地域	中央高原（ブルキナファソ）、Marandi、Zinder地域（ニジェール）
対象国	ブルキナファソ、ニジェール
生態系	乾燥地域
ハザード	干ばつ、砂漠化

ブルキナファソの中央高原とニジェール南部のMarandiとZinder地域（図1）は、サハラ砂漠から南に向かって半乾燥地帯が広がるサヘルに位置しており、北部は湿潤なサバンナ地帯、南部は大西洋から紅海までの約300万km<sup>2</sup>の地域である。

この地域は、大西洋から紅海まで広がり、面積は約300万km<sup>2</sup>である（Encyclopaedia Britannica, 2013; IRIN, 2008）。この地帯は、5月から10月にかけての年間降水量が約100～300mmと少ないことが特徴である（Wijkman & Timberlake, 1984）。サヘル乾燥地は世界で最も貧しい地域の一つであり、現在約5,800万人の人々が暮している。この地域に住む人々の中には、動物の放牧で生計を立てている人々もいるが、労働年齢人口の半分以上は農民で、ソルガム、キビ、ササゲ、落花生、綿などの主食や換金作物を生産している（IRIN, 2008）。



図1.白色がケーススタディの場所：ブルキナファソの中央高原、ニジェール南部のMaradiとZinder地域  
出典：Reij et al.;Reij et al., 2009

### 3. 課題

干ばつや食料不安などの遅発性災害は、何世紀にもわたってサヘル地域の乾燥地を悩ませてきた。サヘル地域では、水の供給量の変動が大きいことが、穀物生産に直接的な影響を与える。長期間にわたる降雨量の不足は、作物の収穫量の減少、水不足、砂漠化をもたらしている。一方で、短い雨季の間に激しい降雨があると、2007年に見られたように、土壌や植えたばかりの種や作物、さらには村全体が破壊されたり流されたりすることもある（IRIN, 2008）。科学者たちは、過去40年間、この地域の年間降水量に顕著な変動があることを観察してきた。降水量の増加が予測されているにもかかわらず、ほとんどの気候モデルの結果では、気温の上昇による蒸発散の増加に伴い、将来的に乾燥地の乾燥化が進むとされている（Tacko Kandji et al., 2006; White & Nkonye, 2003）。

砂漠化とは、乾燥、半乾燥、亜湿潤地域における気候変動と人間活動の影響による土地の劣化のことである（UNCCD, 2012）。土地の劣化による環境面での影響は、作物生産量の低下だけではない。樹木の被度や水位の低下も深刻な影響である。また、特定の動植物種の損失も砂漠化に起因する。生物多様性が乏しいということは、植物や作物が害虫の攻撃を受けやすくなるということであり、生育が失敗しやすくなる。さらに、サヘル地域は世界で最も出生率の高い地域のひとつである。急激な人口増加は、劣化した農地と相まって、食料生産と生活のための土地への依存度を高めている。何百万人もの人々のニーズを満たすために、すでに不足している天然資源をますます積極的に収穫しようとしている。しかし、過放牧、森林伐採、休耕期間の短縮、農業活動の限界地域への拡大などが土壌の肥沃度をさらに低下させ、悪循環に陥っている（IRIN, 2008; Reij et al., 2009）。土地の劣化と飢饉のリスクが高まるにつれ、男性は自分と家族を養うために都市部で仕事を探す傾向にある。

周囲の水資源や植生が不足しているため、女性や子どもたちは、水を汲みに行ったり、調理用の薪を集めたりするために、長距離を移動しなければならない。

記録的なサハラ砂漠の干ばつは1972年から1984年にかけて発生し、マリ、ニジェール、モーリタニアの75万人が食料援助に依存し、推定10万人の死者を出した（Wijkman & Timberlake, 1984）。この干ばつにより、乾燥地のコミュニティには、干ばつの被害が少ない地域に移住するか、あるいは留まって砂漠化対策のための革新的な解決策を見つけるか、という2つの選択肢からの選択が迫られた。

### 4. 実施した対策

1980年代、ブルキナファソの中央高原とニジェール南部では、水利用の改善、土壌肥沃度の回復、植生の増加を目的とした農民主導の取り組みが始まった。**zai**と呼ばれる植栽用ピット、コンターストーンバンズ（境界の石垣）、アグロフォレストリーなどの伝統的な農法の革新と経験により、作物収量の向上、樹木被覆の再生、さらには乾燥地管理の改善による経済的・環境的利益がもたらされた。

#### Zai

地元では *tassa* とも呼ばれる植栽用ピットは、*zi-peele* と呼ばれる荒廃した土壌を修復するために用いられる伝統的な農法である（World Bank, 2005）。この技術を改良するには、より深く、より大きな穴を掘り、有機物や堆肥を加えて土壌を豊かにすることが必要である。乾季に入ると、農民は、深さ10~20cm、直径

20~40cmの穴を、80~120cmの間隔で掘っている。除去された土は半月状に各開口部の縁に積み、水をピットに流し込む（図2）。ピットには水と、風で飛ばされた土砂や有機物などの栄養分が溜まる。シロアリは豊かな土壌に惹かれて深い溝を掘り、水や栄養分の浸透を助ける。その後、6月初旬に種を植え、翌年も古い**zai**の間に新しい**zai**を掘ることを除いて、同じプロセスを繰り返す（UNESCO, 2003）。植栽用ピットは作物だけでなく、樹木の生産にも有益である。**zai**で使用される肥料や堆肥の中に種子が含まれていることが多いため、アグロフォレストリー・システムが可能である（Reij et al., 2009）。Roose et al., (1993) は、年間降水量が300~800mmの地域で**Zai**が最も効果的であるとしている。降水量が少ないと作物の不作を招き、多すぎるとピットが水浸しになる可能性が高くなる。

農家が開催する市場や青空市では、**Zai**の利点や植穴を掘るための道具が紹介された。これらの市場等では、100以上の村から集まった農民たちが、社会的・経済的問題について話し合う場が設けられた。1992年からは、作物の収穫量を増やすために使用されている新しい技術を促進・普及させるための「**Zai**スクール」も設立された。知識の伝達は、農民同士の学習によっても行われた。主導的な農家は仲間の農家に教え、彼らと一緒に畑で作業をした。アイデアを交換することで、参加した農家は自分たちの技術を試すようになった。個人的な満足感と社会的な評価の高さが、革新的な農家が自分の知識や経験を他の農家に伝える強い動機となっている（Reij et al., 2009）



図2.改良された植栽用ピット（Zai）を備えた再生農地の例。手前はピットに入れる有機物の山 出典：Reij et al. 2009

### コンターストーンバンズ

1980年代、ブルキナファソのヤテंगा地域では、地元のNGO技術者と農民が協力して、伝統的な石垣建設技術を革新した。雨水の貯留と土壌侵食の抑制の効果を高めるためには、石をできるだけ正確に圃場の等高線に沿って配置する必要がある。開発の鍵となったのは、石の正しい配置を確保するために導入された、シンプルで低コスト（6米ドル）のホースパイプ式水位器であった（Wright, 1985）。石の厚さは最大で20cm、底面の幅は35～40cmであり（図3）、地面に5～10cm深く設置することで安定性が増す。石垣は通常、15～30cmの間隔で配置する。石を同じ高さに配置すると、圃場全体に流出水が均等に行き渡り、土壌への水の浸透が良くなる（Reij et al., 2009）。余分な水は、隙間を通して他の区切られたエリアに流れ込む。傾斜地に設置する場合は、斜面の下から順に設置していく。

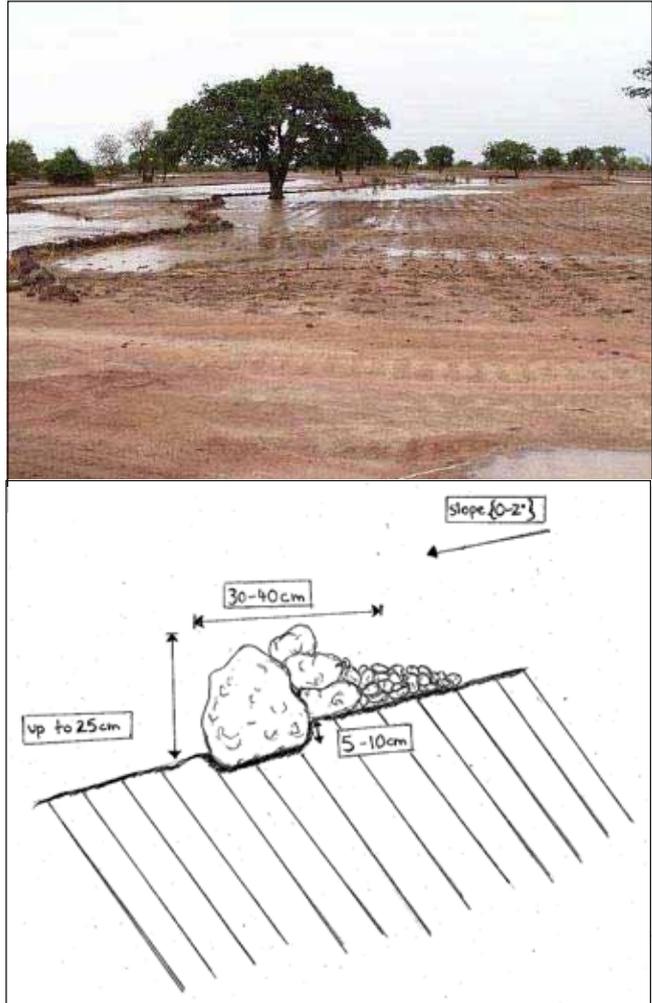


図4.根田ーストーンバンズの垂直断面  
出典：Critchley et al. 1992

### 農家が管理する自然再生

1980年代以降、ニジェール南部の農家では、古くからある森林管理の手法を用いて天然林再生に成功している（WRI, 2008）。

1970年代から1980年代にかけて、国際NGO「Serving in Mission」のTony Rinaudo氏が開発した、FMNR（農家が管理する自然再生）は、7つの段階を含んでいる（Wright, 1985）。まず農民は、食料（または商業的価値のあるその他の木製品）、燃料、飼料、風雨からの保護などその種の有用性に応じて木の切り株を探し、選択する。例えば、現地でgaoと呼ばれる*Faidherbia albida*は、土壌肥沃度と飼料生産に役立つため非常に好まれる（Reij et al., 2009）。その後、最も背が高くまっすぐな茎を選んで剪定し、保護し、不要な茎や側枝は取り除く。これは、新芽が選択した茎と資源を奪い合うのを避けるために、定期的に行われる。最も再生の可能性が高い樹種は、発芽した切り株や根がすでに土地に存在するもの、種子

がすでに土壌中に存在するもの（ある出来事がきっかけで成長するまで休眠状態）、家畜の糞や鳥の糞から種子が発見されるものである（Reij et al., 2009）。2006年に行われた研究では、FMNRは「地理的に広範にわたる農場における現象」であり、サヘル砂質フェルジナス土壌と相性が良いと評価されている（Adam et al., 2006）。また、研究者は、FMNRが人口の多い地域でより成功することを観察している（Yamba et al.）。個々の農場からランドスケープレベルへのスケールアップには、多くの場合、集団行動が必要であった。農民グループや村の組合は、労働力の組織化や使用権・使用責任の分配を可能にした（Reij et al., 2009）。



図5.FMNRによって再生されたニジェール南部ジンダー地域の乾燥地（2006年2月撮影）

出典：Reij et al., 2009

人口密度の高い農村部では、FMNRの成功率が高いという研究結果がある  
(Yamba et al, 2005; Raynaut, 2002参照)

## 長所と短所

上記のような工夫には多くの利点がある。まず、3つの方法はいずれも、かつて荒廃した不毛な農地の土壌を修復し、作物を育てるのに有効である。過去30年間で、中央高原の20万ヘクタール以上の劣化した土地が、Zaiとコンターストーンバンズの技術によって生まれ変わったと推定されている (Botoni & Reij, 2009)。FMNRを通じて、農家は公園の土地全体を大規模に栽培することができた。2003年から2008年にかけて撮影されたニジェールのMaradi地域とZinder地域の高解像度衛星画像を分析した結果、修復された土地の面積は約4,828,500ヘクタールで、植生密度は1ヘクタールあたり20～120本であることがわかった (WRI, 2008)。樹木は、環境や経済の面でさまざまなメリットをもたらす。樹木は、風による浸食を減らし、日陰を作り、蒸発散を抑える働きがある。また、飼料を生産し、より集中的な農場での家畜生産を可能にする (Reij et al., 2009)。薪、果実、葉、葉などの木製品は、個人で消費するために収穫されるか、副収入を得るために販売される。

Belemviré (2003) は、再生された土地は生物多様性に富んでいる傾向があると指摘してい

る。中央高原で行われた彼の研究では、再生された農場では、劣化した土壌の対照地域よりも多くの木の種があることが観察された。改良された植栽用ピット技術は、水と栄養分の保持を可能にし、作物が乾季を乗り切るのに役立つ(Ouedrago & Sawadogo, 2001)。Zaiやコンターストーンバンズが持つ保水能力と、FMNRによる土地再生を通じた水位への好影響は、水が非常に希少な資源であるアフリカのこの地域では特に高く評価されている。FMNRを導入した村では、地下水の涵養量が増加したため、地元の人々は井戸の周りに野菜畑を作ることができるようになった (Reij et al., 2009)。

これらの技術が採用された地域では、収量の増加が観察されている。Zaiとコンターストーンバンズは、それぞれ単独でも効果があることが証明されているが (Kaboré&Reij, 2004;World Bank, 2005)、この2つの技術を組み合わせることで、時間の経過とともに穀物生産量がさらに増加する。表1は、ブルキナファソの2つの村で、農家が農園に色採用ピットとコンターストーンバンズを採用した結果を示している (表1、Sawadogo, 2008からの引用)。

増え続ける人口を養うためには、短期間で収穫できる能力が非常に重要である。劣化した

表 1.ブルキナファソの2つの村におけるzaiとコンターストーンバンズが穀物収量に与える個別および複合的な影響 (Sawadogo, 2008より引用)

村名	対策なし (kg/ha)	Zai (kg/ha)	収穫量の増加 (kg/ha)	コンターストーンバンズ(kg/ha)	収穫量の増加 (kg/ha)	コンターストーンバンズ+Zai(kg/ha)	収穫量の増加 (kg/ha)
Ziga	434	772	+346	574	+130	956	+522
Ranawa	376	804	+428	531	+155	922	+546

土地にZaiやコンターストーンバンズを適切に導入すると、導入後1年以内に作物が収穫できることが知られている。また、FMNRによってアグロフォレストリー・システムを実施した農場では、1年目から作物の収穫量が40%増加したと報告されている(Reij et al., 2009)。

急速に成功したことに加えて、技術がシンプルであるため、他の農家にとっても魅力的なものとなった。普及は急速かつ自然に行われ、個々の農家のパイロットプロジェクトとして始まった施策は、すぐに村全体で採用されるようになった。知識の移転は、政府当局、農民グループ、村協会、NGO、国際的なドナーの支援によって促進された。個人的な満足感と社会的な評価の高さが、「農家の革新者」が自分の知識や経験を共有する強い動機となった(Reij et al., 2009)。

費用対効果の高さも、この対策の強みの一つである。使用する農具(例：シャベル、ピック、肥料、コンターストーンバンズのホースパイプ水位)や建築資材(例：石)はかなり安価で広く入手可能である。FMNRは植樹プロジェクトよりも森林全体の再生に成功しており、その費用は樹木の苗床を維持する場合の数分の一で済む(WRI, 2008)。また、植栽用ピットが整備された農地では、雑草除去のコストも低く抑えられている(Reij et al., 2009)。

これらの対策を実施するための一般的なガイドラインは存在するが、農家は自分たちの能力やニーズに応じて植栽用ピットの寸法や量(有機物の量を含む)、石垣、木株などを自由に変更することができる(Hien & Ouedraogo, 2001)。

最後に、イノベーションのプロセスが長く続き、継続的に実践されていることが、その持続可能性を示している(Reij et al., 2009)。この技術は環境によく適応しており、近くにある資源の利用可能性を考慮して改良されている。

しかし、これらの方法にはいくつかの欠点がある。土壌の硬さや修復する農地の広さにもよるが、これらの措置、特にZaiの実施には労力がかかる。その結果、労働力を雇える裕福な農家だけが広大な土地を利用できるようになり、貧富の差が深まっていくことになる(Reij et al., 2009)。集水技術としてのコンターストーンバンズの建設が普及すると、近隣の石材供給が不足する可能性がある。そのため、遅れてこの技術を採用する農家では、石の入手や輸送にかかるコストが高くなる。また、石垣の後ろが沈むことで、石の再調整が必要になる。FMNRの場合、適切な政策や、腐敗した役人や木の盗難に対する法的保護がないため、農家がこの手法を採用することを躊躇する可能性がある(Sendzimir et al. 2011)

## 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

災害リスク軽減(DRR)の実践者は、災害リスクを軽減するための対策を選択する際に、将来の気候変動を考慮に入れ始めており、災害リスク軽減と気候変動適応(CCA)の境界が重なり合っていることを示している。このような将来を見据えた戦略は、一時的な軽減策の適用を回避し、長期的に対策の持続性を確保する。

これまでに述べてきたように、生態系を活用した対策はサヘル地域の気候変動に効果的に適応しつつ、遅発性の災害リスクを軽減することに貢献している。木々の被覆と土壌の肥

沃度の回復は、周期的な干ばつの影響を長期的に緩和し、気温の上昇と降水量の低下にコミュニティが対処することを可能にする。

劣化した農地が修復されたことで、食料と生活の安定性が向上し、植生が回復したことで水位が上がり、樹木の種類も増えた。豊作の年には穀物を備蓄することができたため、村は食料不足に悩まされることが少なくなった。ニジェールの農家では、余剰収穫物を輸出するまでになったほど、作物生産量が増加した。ニジェールの中央高原、Maradi、Zinder地域では、農業が実行可能で安定した収入源となり、男性が都市部に出て行くのをやめて農業に従事するようになった。この「グリーン・ムーブメント」の主な恩恵を受けたのは女性たちであった。薪や水を汲みに長い距離を移動する必要がなくなった。この時間を利用して、経済活動に従事したり、家族の世話をしたりする人もいる。地元の女性たちは、木を所有し、その製品を市場で販売することで、経済的な自立を果たした。この追加収入は、食料不足の時に穀物を購入したり、食生活を多様化したりすることに使われる。

### 6. 教訓と結論

このケーススタディでは、ブルキナファソとニジェールでほぼ同時に起こった農民主導の緑化運動を取り上げている。この運動により、乾燥地の生態系サービスが時間をかけて回復し、コミュニティがサヘルの厳しい気候に対応できるようになった。砂漠化は回復可能な現象であり、乾燥地の生態系を適切かつ持続的に管理することで対応できることを証明している。これらの方法は、シンプルで費用対効果が高く、リターンが早いことから、失敗や社会的な恥を恐れて先駆的な技術を試すことができなかった農民にとって、非常に魅力的なものであった。必要性に迫られた農民とNGOプロジェクトスタッフは、伝統的な土壌と水の採取、樹木再生の方法を見直し、改善した。村落組合、農民グループ、地元および国際NGO、多国間援助機関、ブルキナファソおよびニジェール政府など、さまざまな関係者との協力により、迅速かつ広範囲での取組の拡大が可能になったのである（Reij et al., 2009）。

このようなランドスケープの変化は、地元のコミュニティにとっても有益であり、繰り返される干ばつに対するレジリエンスを高めた。農地を改善することで、サヘル地域の気温と降水量の将来的な変化に関する気候変動の影響に備えることができたのである。貧困は、土地の劣化の原因であると同時に結果でもあると考えられており（UNCCD, 2012）、災害に対する脆弱性の原因の一つであることが知られている。持続可能な農業生活を促進して貧困を解消することは、この例で見たように、自然資源の保護と回復を確実にすることになる。NGOからの技術支援、ドナーや政府からの資金提供や奨励、土地使用権の保証など、政治的・社会的環境を整えることで、イノベーションを維持し、今後何年にもわたって大規模な農業活動を推進することができる。

### 7. 演習と講義ノート

1. このケーススタディで紹介されたイノベーションを農家が採用するに至った前提条件とは？
2. サヘル地域の他の農家がこの対策を採用し、再現することができたのはなぜか？
3. 改良されたZaiの技術に関する知識を農家間で伝えるための3つの方法とは？
4. このケーススタディでは、持続可能で生態系に基づいた実践を通じた砂漠化対策によって、災害リスクの軽減と気候変動への適応が達成できることを見てきた。この対策がどのように以下に貢献したのか説明せよ。
  - 人々のレジリエンス向上
  - 土壌の肥沃度回復
  - 生産の多様化
  - 侵食の防止
  - 気候変動適応
5. このケーススタディをもとに、「生態系を活用した災害リスク軽減」と「生態系を活用した気候変動適応」の違いは何かを説明しなさい。

講義ノート：この演習では、ケーススタディで紹介された改良型乾燥地農業の手法のいくつかの特徴を確認する。また、生態系に基づいたアプローチが災害リスク軽減コンセプトに貢献していることを示すことも目的としている。

### 回答

1. このケーススタディで紹介されたイノベーションを農家が採用するに至った前提条件とは？

土地の劣化と気候変動に起因する干ばつと食料不安。

2. サヘル地域の他の農家がこの対策を採用し、再現することができたのはなぜか？

- **ボトムアップのアプローチ**：技術は、農民自身の経験（zai）や、農民とNGOの技術者との共同作業（石垣、FMNR）から生まれたものである。
- **結果がすぐに出た**：短期間で作物の生産が始まった（不毛の地であっても）。
- **費用対効果**：使用された技術やツールは安価でシンプルなため、ブルキナファソやニジェール全体に容易に普及することができた。
- **技術的・財政的・立法的支援**：村落会、農民グループ、ドナー、政府当局の支援により、労働力の組織化、使用権の配分、責任、盗難からの保護、資金調達を可能にすることで、これらの技術革新の利用を促進した。

3. 改良されたZaiの技術に関する知識を、農家間で伝えるための3つの方法とは？

- 市場や青空市でのZaiのデモンストラーション
- Zaiスクール
- 農民同士の学習

4. このケーススタディでは、持続可能で生態系に基づいた実践を通じた砂漠化対策によって、災害リスクの軽減と気候変動への適応が達成できることを見てきた。この対策がどのように以下に貢献したの

か説明せよ。

- 人々のレジリエンス向上

より高く、より質の高い作物の生産を通して。1年程度の短期間で結果を出すことができるため、この対策は飢饉対策や水位の上昇にも役立った。食料安全保障とともに、土地の再生は地域社会に収入源をもたらした。農業や木製品の販売を通じて生計を立てることで、食料やその他の基本的な必需品を購入できるようになり、農民や参加した市民のレジリエンスが高まった。

- 土壌の肥沃度回復

FMNRでは、ガオの木（*Faidherbia albida*）が地中の硝酸塩を固定化し、土壌を豊かにしている。また、Zaiに入れた堆肥や有機物も天然の肥料となる。また、森林再生やアグロフォレストリーは、3つのケースで可能である。また、荒廃した土地を回復させる方法としても有効である。

- 生産の多様化

水位が上がったことで、農家は作物の多様化を試みた。また、農場内の樹木は飼料を生産するため、家畜の飼育を強化することができる。

- 侵食の防止

限られた面積の中で、できるだけ多くの土砂を保持するのがコンターストーンバンズである。Zaiは、風で飛ばされた土砂や水で流された土砂を捕捉する。植生の強化も侵食を抑制する。樹木、低木、作物は土壌を安定させ、風や水による浸食を防ぐ。

- 気候変動適応

樹木の密度を高めることで、気温を下げるができる。

蒸発散して土壌を乾燥させる。植生に覆われていると、地中の水分が維持され、干ばつ時にも十分な地下水位を維持できる可能性がある。

DRRとCCAは異なる政策の場で議論されることが多く、DRRとCCAの両方に対応するプロジェクトを開発しているNGOはほとんどないが、この2つの間には相違点よりも類似点が多くある。ブルキナファソのようにゆっくりと災害が発生する場合は、両者はほとんど同じである。

5. この事例をもとに、「生態系を活用した災害リスク軽減」と「生態系を活用した気候変動対策」の違いは何かを説明しなさい。

### 参考文献

- Adam, T. et al., 2006. Plus de gens, plus d'arbres: la transformation des systèmes de production au Niger et les impacts des investissements dans la gestion des ressources naturelles. Rapport de Sy, Niamey: Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel and Université de Niamey.
- Belemviré, A., 2003. Impact de la conservation de l'eau et des sols sur la régénération naturelle assistée. Développement rural et environnement au Burkina Faso: La réhabilitation de la capacité des terroirs sur la partie Nord du Plateau central entre 1980 et 2000, Ouagadougou: Conseil national pour la gestion de l'environnement.
- Botoni, E. & Reij, C., 2009. La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel: L'impact des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles, Amsterdam: Comité permanent inter-États de lutte contre la sécheresse dans le Sahel and Vrije University Amsterdam.
- Critchley, W., Reij, C. & Seznec, A., 1992. Water Harvesting for Plant Production. Volume II: Case Studies and Conclusions for Sub-Saharan Africa., s.l.: World Bank.
- Encyclopaedia Britannica, 2013. Sahel. [Online] Available at: [www.britannica.com/EBchecked/topic/516438/Sahel](http://www.britannica.com/EBchecked/topic/516438/Sahel) [Accessed January 2014].
- Estrella, M. & Saalismaa, N., 2013. Ecosystem-based DRR: An Overview. In: The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations University Press, pp. 26-47.
- FAO, 1995. Land and environmental degradation and desertification in Africa. [Online] Available at: <http://www.fao.org/docrep/X5318E/x5318e02.htm> [Accessed January 2014].
- Hien, F. & Ouedraogo, A., 2001. Joint analysis of the sustainability of a local SWC technique in Burkina Faso. In: C. Reij & A. Waters-Bayer, eds. Farmer innovation in Africa: A source of inspiration for agricultural development. London: Earthscan.
- IRIN, 2008. Sahel: Backgrounder on the Sahel, West Africa's poorest region. [Online] [Accessed January 2014].
- Kaboré, P. & Reij, C., 2004. The emergence and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in Burkina Faso. Environment and Production Technology Division Discussion Paper 114, Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Ouedraogo, A. & Sawadogo, H., 2001. Three models of extension by farmer innovators in Burkina Faso. In: C. Reij & A. Waters-Bayer, eds. Farmer innovation in Africa: A source of inspiration for agricultural development. London: Earthscan.
- Raynaut, C., 2002. Réduction de la vulnérabilité et appui aux innovations paysannes: Perspectives pour une stratégie de développement local, Rome: International Fund for Agricultural Development, Mission de Pré-évaluation.
- Reij, C., Tappan, G., and Smale, M. 2009. "Re-Greening the Sahel: Farmer-led innovation in Burkina Faso and Niger", Chapter 7 in: Spielman, D., Pandya-Lorch, R (eds): "Millions Fed – proven successes in agricultural development", International Food Policy Research Institute, USA, pp.53-58 Available online: <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/oc64ch07.pdf>
- Reij, C., Tappan, G. & Smale, M., 2009. Agroenvironmental Transformation in the Sahel: Another kind of "Green Revolution", s.l.: International Food Policy Research Institute.
- Roose, E., Guenat, C. & Kaboré, V., 1993. Le zaï: fonctionnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina faso). 28(2), pp. 159-173.
- Sawadogo, H., 2008. Impact des aménagements de conservation des eaux et des sols sur les systèmes de

## ケーススタディ5 : ブルキナファソ - ニジェール

production, les rendements et la fertilité au Nord du Plateau central du Burkina Faso. Etude Sahel Burkina Faso., Amsterdam: CILSS and Vrije University.

Sendzimir et al., 2011. Rebuilding resilience in the Sahel: Regreening in the Maradi and Zinder regions of Niger.

*Ecology and Society*, 16(3).

Tacko Kandji, S., Mackensen, J. & Verchot, S., 2006. *Climate Change and Variability in the Sahel Region: Impacts and Adaptation Strategies in the Agricultural Sector*, s.l.: UNEP/ICRAF.

UNCCD, U. N. C. t. C. D., 2012. *Desertification: a visual synthesis*. Bonn: UNCCD.

UNEP, 1984. *Natural disasters: acts of God or acts of man?*. Earthscan, pp. 145.

UNESCO, 2003. *Zai, an indigenous water harvesting and soil fertility management practice in Burkina Faso*.

[Online] Available at:

<http://www.unesco.org/most/bpik3-2.htm>

[Accessed January 2014].

White, R. & Nackoney, J., 2003. *Drylands, People, and Ecosystem Goods and Services: A Web-Based Geospatial Analysis*, Washington, DC: World Resources Institute.

Wijkman, A. & Timberlake, L., 1984. *Natural Disasters: Acts of God or Acts of Man?*. Earthscan, pp. 145.

World Bank, 2005. *Burkina Faso: the Zai technique and enhanced agricultural productivity*. [Online] Available at:

<http://www.worldbank.org/afr/ik/iknt80.htm>

[Accessed January 2014].

Wright, P., 1985. *Water and soil conservation by farmers*. In: H. Ohm & J. Nagy, eds. *Appropriate technologies for farmers in semi-arid Africa*. Purdue, Ind., U.S.A.: Office in International Programs in Agriculture.

WRI, W. R. I., 2008. *Turning back the desert: How farmers have transformed Niger's landscapes and livelihoods*. In: *Roots of resilience: Growing the wealth of the poor*. Washington, D.C.: World Resources Institute.

Yamba, B., Larwanou, M., Hassane, A. & Reij, C., 2005. *Niger study: Sahel pilot study report*, Washington, D.C.: U.S. Agency for International Development and International Resources Group.

# ケーススタディ6

## 費用便益分析

### アメリカ・コネチカット州スタンフォード市

#### 1. 概要

概要	このケーススタディでは、ソフトエンジニアリングによる洪水・高潮対策である、ジオテキスタイルチューブで強化された植生砂丘を取り上げ、海岸ハザードに対する砂浜のレジリエンスを高めるために最も適した持続可能な短期的対策を特定するための手法を紹介する。このケーススタディは、米国北東部沿岸のコネチカット州スタンフォード市のものである。
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>様々な洪水・高潮軽減技術の中から最良の選択肢を選択するための、多基準費用便益分析の実施方法を学ぶ。</li> <li>砂丘、塩湿地、牡蠣の養殖場など、沿岸ハザードに対するソフトエンジニアリングの対策について紹介する。</li> </ul>
ガイダンス	このケーススタディは、コロンビア大学のグループがコネチカット州スタンフォード市の空間計画当局のために行った報告書に基づいている。この報告書では、暴風雨や洪水の被害を軽減し、ビーチパークのレクリエーションや美観を維持するために、強化された砂丘が推奨されている。しかし、長期的に沿岸ハザードへのレジリエンスを高めるためには、海岸のインフラを再配置し、海岸をより内陸に退避させることで、曝露を減らす必要がある。
参考文献	<p>災害リスク管理における費用対効果の特定と定量化について：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mechler, R., <i>Cost-benefit Analysis of Natural Disaster Risk Management in Developing Countries</i>, 2005, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn, Germany</li> </ul> <p>生態系サービスに金銭的価値を与えることについて：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA UK), 2007. <i>An introductory guide to valuing ecosystem services</i>, London UK</li> </ul>

#### 2. 背景

ケーススタディ地域	スタンフォード市（コネチカット州）
対象国	アメリカ
生態系	都市化された沿岸地域
ハザード	洪水、浸食、高潮

コネチカット州スタンフォード市（41°05'48"N 73°33'08" W）は、アメリカの大西洋岸北部に位置している。人口密度の高いこの街には、数多くの大企業が集まっている。

同市は米国最大の金融街のひとつでもある（The Daily Voice, 2013; State of Connecticut, 2013）。同市はロングアイランド海峡のほとりに位置している。この河口は、コネチカット州の「最大かつ最も重要な自然資源」として知られており、100種以上の魚や鳥が生息している（エネルギー環境省、2013年）。スタンフォードには港があり、3つのビーチパークがある（City of Stamford, 2013）。そのうちの1つ、キューブアイランドパークには、2つのビーチ、塩湿地、潮間帯干潟、水鳥の営巣地などがある（Connecticut Dept. of Energy & Environmental Protection (DEEP), 2013）。



図1. 1986年にU.S. Army Corps of Engineersが撮影したスタンフォード港の高潮堤の航空写真  
出典：Navarro, 2012

これらの公園は、人々がリラックスしたり、レジャー活動を楽しんだりする場所としても機能している。

2012年10月、米国史上最大級で、ハリケーン「カトリーナ」に次ぐ被害をもたらしたとされるハリケーン「サンディ」が米国北東部を直撃した(Blake et al., 2012)。

強風と高潮により、広範囲にわたる洪水、停電、風害などの影響を受けた。ハリケーンが上陸したニュージャージー州をはじめ、近隣のニューヨーク州、コネチカット州、ロードアイランド州、マサチューセッツ州などが被害を受けた。

コネチカット州では、通常の潮位よりも高い9.83フィート(約3メートル)の高潮が報告されている(Blake et al. 2012)。スタンフォード港に設置された高さ17フィート(5.2メートル)、1,450万米ドルの高潮堤は、11フィート(3.4メートル)の波を何とか阻止し、同市の主要な商業地区、住宅地、製造工場を守った(U.S. Army Corps of Engineers, 2013; Navarro, 2012)。U.S. Army Corps of Engineersは、補強された構造により、約2,500万米ドルの損害を防ぐことができたと推定している(Navarro, 2012)。<sup>1</sup>

高台に建てられたウォーターフロント住宅や防潮堤の背後にあった住宅もほとんど被害を受けず(Kirkham, 2012)、洪水被害を受けた土地所有者は、連邦政府および国家洪水保険プログラムから補償を受けた(Walsh, 2012)。しかし、スタンフォードで最も被害を受けたのは、市内の海岸と沿岸の公園であった。公園の設備や防潮堤が損傷し(AFB Management, 2012)、数フィートの砂が駐車場や遊び場を覆った。海岸浸食と洪水の被害により、清掃と修理に約250万米ドルの費用がかかった(Dawson et al., 2013)。

### 3. 課題

海岸は、沿岸の暴風雨による洪水などの被害を受けやすい(Beck et al., 2013)。強風と豪雨が重なると、高潮が発生する。これらの波は深刻で大きな影響を与える洪水を引き起こし、インフラを破壊し、砂を撒き散らしてしまう。清掃や修復にかかる費用はあまりにも高額で、長期的には維持できないと考えられている。

## ケーススタディ6：アメリカ合衆国

気候変動の影響は、スタンフォードのような沿岸地域が直面している災害リスクの増加に反つながらる。科学者たちは、冬の暴風雨と非常に強いハリケーンが将来的に50%以上の確率で増加すると予測している (Bender et al., 2010; Kunkel et al., 2008)。Bender et al., (2010) は、2100年までにカテゴリー4と5のハリケーンの頻度が2倍になると計算している。

気温と海水温の上昇は、ハリケーンの発生を強めるだけでなく、海面上昇 (SLR) にも関係している。研究によると、米国北東部沿岸では特にSLRが大きくなっている。この現象は、氷が融解した極地に近いこと、大西洋の海流が減速していること、土地が沈下していることなど、多くの要因に起因している (Ezer et al., 2012; Horton et al., 2011)。

研究者らは、現在の陸地の氷の融解速度に基づいて、2010年から2039年の間に海面が5～10インチ (12.7～25.4cm)、2040年から2069の間に、19～55インチ (48.3～139.7cm) 上昇すると予測している (Rosenzweig et al., 2009)。

海面上昇とより頻繁な強風の組み合わせは、沿岸の洪水の増加をもたらす可能性が高い。表1 (下) に示した現在 (2010年～2039年) の100年に一度の洪水予測では、最大標高が6～8フィートのスタンフォードの海岸を容易に浸水させることができる。また、洪水の水位が高くなると、国内で最も高価な不動産がある海岸沿いの高額物件にも影響を与える可能性がある。そのため、海岸が将来の気象システムに耐えられるようにすることが緊急の課題となっている。

表1.洪水タイプ別に予測される洪水の頻度と高さ (最小-最大高さ、単位：メートル) (Rosenzweig et al., 2009より引用)

洪水タイプ	洪水の頻度	洪水の高さ (m)	期間
10年に1度の洪水	8～10年に一度	1.98 - 2.07	2010 - 2039
	3～6年に1回	2.13 - 2.22	2040 - 2069
	1～3年に1回	2.26 - 2.50	2070 - 2099
100年に1度の洪水	65～80年に一度	2.68 - 2.74	2010 - 2039
	35～55年に一度	2.80 - 2.93	2040 - 2069
	15～35年に一度	2.93 - 3.20	2070 - 2099
500年に1度の洪水	380～450年に一度	3.22 - 3.41	2010 - 2039
	250～330年に一度	3.47 - 3.57	2040 - 2069
	120～150年に一度	3.60 - 3.84	2070 - 2099

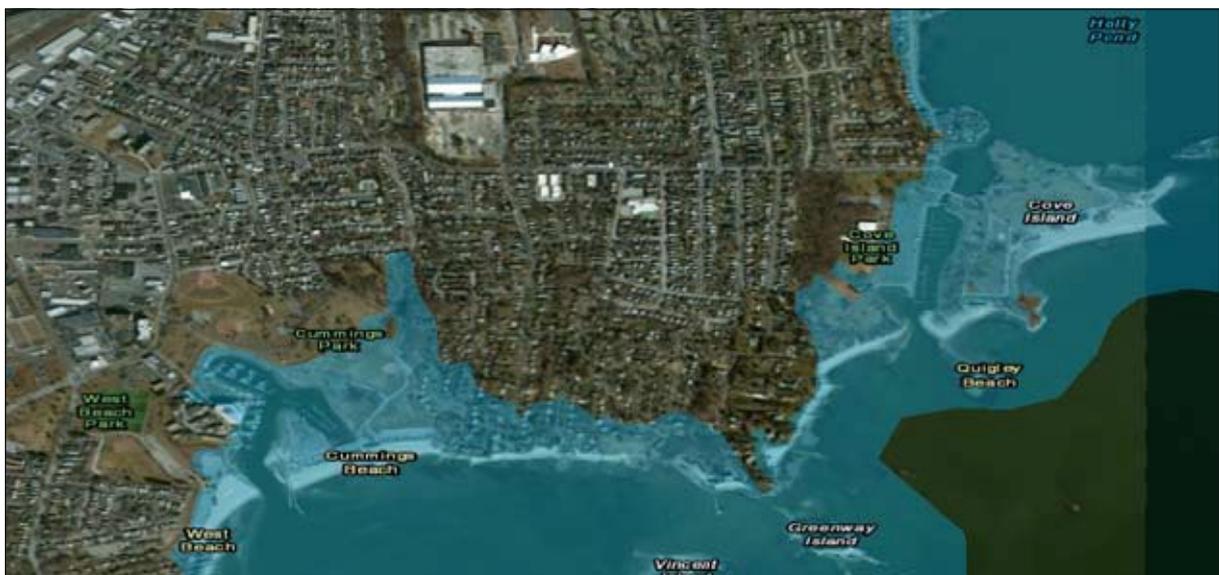


図2. ウェストビーチパーク、カミングスピーチパーク、コーブアイランドパークが実質的に浸水していることがわかる連邦緊急事態管理庁 (FEMA) が作成した100年前のシミュレーション洪水地図

## 4. 提案された対策：適切なハザード軽減技術の選択

### 理論的根拠

ハリケーン「サンディ」の後、スタンフォード市は、海岸沿いの洪水や砂浜の浸食に対するビーチパークのレジリエンスを高める可能性を模索してきた（Cassidy, 2013）。そのためには、ビーチの閉鎖期間を短縮し、清掃費用や猛烈な暴風雨の後に持続する損害を軽減することが必要である。

また、海岸線の美観やレクリエーションの価値を維持することも重要な課題である。さらに、気候変動の影響に関連する不確実性も考慮する必要があり、海岸の変動や沿岸リスクの増加に適応した洪水防御対策が求められている。

2013年5月、コロンビア大学Earth Instituteの研究グループは、市の代表委員会に研究結果を提出した（Dawson, 2014）。報告書の中で、彼らはスタンフォードのビーチパークにおける暴風雨の被害を軽減するための様々な解決策を提案した（Box1参照）。

#### Box 1. 沿岸災害軽減のための技術

洪水を軽減し、高潮の影響を軽減するための技術は、マクロエンジニアリングとマイクロエンジニアリングの2つの主要なグループに分類することができる（Buonaiuto et al, 2011）。

マクロエンジニアリング技術とは、高度に都市化された地域を暴風雨の被害から守るためにしばしば建設される構造物のことである（オランダインフラ・環境省、2004年、英国環境庁、2010年）。これらの対策を実施するには広範な調査が必要で、経済的、社会的、環境的なコストがかかる（Rosenzweig et al., 2011b）。

マイクロエンジニアリング技術は、より小さなスケールで適用され、さらにハードとソフトの2種類のエンジニアリング手段に分けられる（図2）。ハード（グレー）な構造物は、強風や波に耐えられるように設計されており、寿命も長いですが、沿岸のダイナミクスに柔軟に対応できることは少なく、建設やメンテナンスに多額の費用がかかる。一方、ソフト（または「グリーン」）エンジニアリングの構造物は、入ってくる力を吸収し、自然のプロセスを模倣しているため、ソフトエンジニアリングのアプローチは環境の変化に容易に適応する傾向がある（Dawson et al., 2013）。また、「グレー」なインフラに比べて、財政的な投資も少なくて済む。

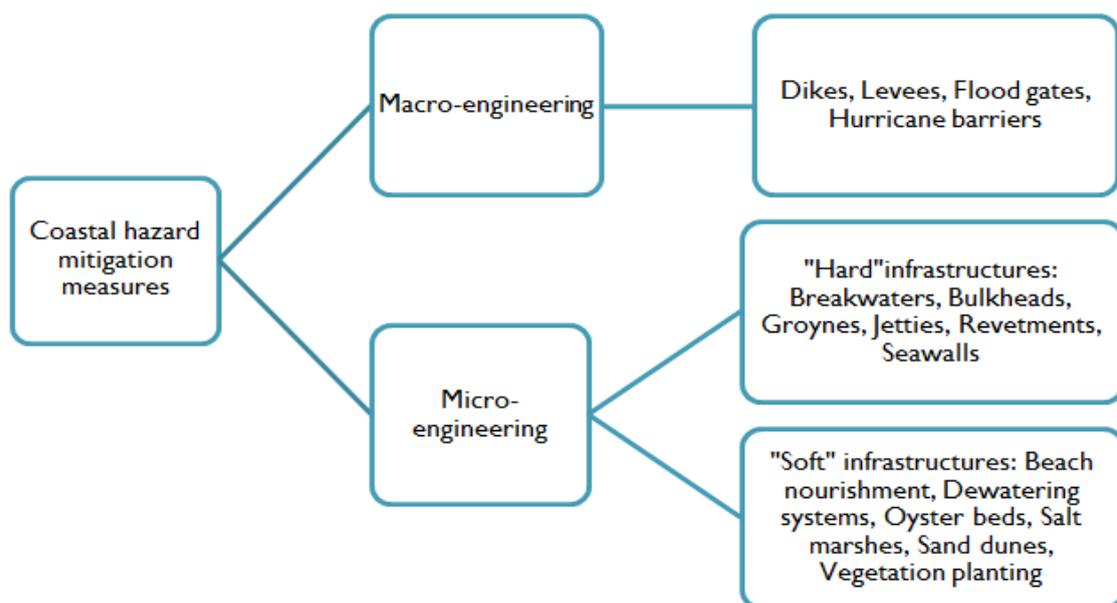


図3. ミクロレベルの工学的対策の例  
(Buonaiuto et al., 2011; Rosenzweig et al., 2011a; Rosenzweig et al., 2011b)

Dawson et al., (2013) は、短期的には、ジオテキスタイルチューブで補強した植生のある砂丘を建設し、ビーチパークのインフラの露出を減らすことが、沿岸ハザードに対するレジリエンスを高めるために最も適した災害軽減技術であるとしている。長期的には、Dawson et al., (2013) は、海面上昇によって海岸が陸側に後退することが唯一の長期的解決策であると結論づけている。このグループの提案に基づいて、スタンフォードの都市計画者は、コーブアイランドパーク<sup>2</sup>のマスター再植計画に、植生を強化した砂丘を組み込んだ (Cassidy, 2013)。

### 提案された施策の主な内容

ジオテキスタイルチューブで強化された植生砂丘は、強い波や風に対する自然の障壁のような役割を果たすソフトエンジニアリング対策の一種である。その中心となるのは、高強度で透水性のあるジオテキスタイルを織った筒状の容器に砂を詰めたものである (Ginter, 2013)。

チューブの長さは15～60フィート (4.6～18.3メートル) で、最長では200フィート (61メートル) にもなる。砂丘の高さに応じて、チューブを個別に配置したり、ピラミッド状に積み重ねたりすることができる。(Industrial Fabrics社、2008年)。ジオテキスタイルチューブは、海岸線に沿って設置され、砂や植生で覆われて浸食を軽減する。このチューブは、背後のインフラを保護する緩衝帯として機能し、洪水や高潮によるダメージのほとんどを吸収する (City of Stamford, 2013) (Dawson et al., 2013)

### 方法論：選択プロトコルに使用される多基準分析

Dawson et al., (2013) は、その報告書の中で、スタンフォード沿岸地域に最も適した災害リスク軽減技術を特定するために、複数のステップを踏んでいる。彼らの**多基準分析**では、各技術の定量化可能な側面と定量化不可能な側面の両方を考慮することができる。彼らの選定プロトコルの重要なステップは、**費用便益分析**の実施であり、これにより定量化可能な金銭的費用と便益を見積もることができる (Box2参照)。

### Box 2.費用便益分析

費用便益分析（CBA）とは、プロジェクトやプログラム、政策を実施した際の費用と便益を比較することで、その価値を金銭的に評価する手法である（Donga & Mechler, 2005; New Zealand Treasury, 2005）。CBAは、異なる提案を比較するための一貫した評価基準を提供し、意思決定者が割り当てられた資源を最大限に活用するための適切な行動を選択するのに役立つ(New Zealand Treasury, 2005)。

計算する前に、プロジェクトの目的と制約条件を決定しなければならない。また、プロジェクトの前後の状況を比較するために、基準となる状況を定義する必要がある。この基準となるシナリオは、無対策の状態、最小限の対策、または現在の対策レベルのいずれかである。

CBAを成功させるためには、プロジェクトの負と正の要素をすべて定量化することが重要である。費用は多くの場合、支出に関連しているが、便益は運営費や維持費の節約として考えられる。また、災害リスク管理においては、被害の回避や軽減が便益として考えられる(Donga & Mechler, 2005)。定量化できない費用や便益は、通常、定量的分析から除外されるが、最終的な意思決定に大きな影響を与える場合には、それを強調する必要がある（New Zealand Treasury, 2005）。

将来の費用や便益の現在価値を見積もるには、予測される金額を次の式で現在価値（PV）に割り引くことで可能となる。

$$PV = \frac{\text{Future value in } n^{\text{th}} \text{ period}}{(1 + \text{discount rate})^n}$$

ここで、 $n$ は期間（0年目、1年目、2年目、3年目、...、 $n$ など）を示し、割引率は「投資家がリスクの等しい他の典型的な提案に対して受け取ることが期待される望ましいリターン」である（New Zealand Treasury, 2005）。

プロジェクトの全体的な純便益を決定するためには、各時間区間の割引後の純キャッシュフロー（純便益）の合計を、考慮される全期間にわたって計算する必要がある。結果として得られる値は、*正味現在価値*（NPVまたはPVNB）として知られている。1年ごとの時間間隔で、現在の年（0年目）が建設開始の年でもであると仮定すると、NPVの式は次のようになる。

$$NPV = NCF_0 + \frac{NCF_1}{1 + \text{discount rate}} + \frac{NCF_2}{(1 + \text{discount rate})^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1 + \text{discount rate})^n}$$

ここで、 $NCF_n$ は正味のキャッシュフロー（期間  $n$  の便益から費用を引いたもの）である。 $NCF_0$ は、プロジェクトの開始と同じ年内に発生した場合は割引されない(New Zealand Treasury, 2005)。

#### 適切な割引率は？

米国行政管理予算局（OMB）は、Circular A-4（2003年9月）で割引率と費用便益分析に関するガイダンスを発表しており[54]、規制分析のベースケースとして実質割引率7%を使用することを提案している。7%の割引率は、民間資本に対する税引前の平均収益率の推定値である。

米国経済における平均収益率は、企業の資本だけでなく、不動産や中小企業の資本に対するリターンも考慮したものである。これは、資本の機会費用に近似している。つまり、規制の主な効果が民間部門の資本利用を代替・変更するものである場合には、7%が適切な割引率となる。NPVの値（すなわちPVNB）が正であれば、そのプロジェクトは市場金利よりも高いリターンを得ることができる。

しかし、規制は常に資本の配分のみに影響を与えるわけではない。規制が主に民間消費に直接影響を与える場合（例えば、財やサービスの消費者価格の上昇を通じて）、例えば長期国債の実質利回り（3%）のような低い割引率が適切である。

これは、社会が現在の消費を将来の消費に置き換える準備ができていない率、つまり、社会が将来の消費フローをその現在価値に割り引く率を意味する。割引率が高いと、将来の消費をより割り引く（重視しない）ことになる。一般的には、連邦政府の資本の機会費用（国債の金利）が代用として用いられる。

**Box 2.費用便益分析（続き） なぜ割引率の選択が重要なのか？**

以上のことから、割引率の選択には以下の点が考慮されていることがわかる。世代間の衡平性の低い割引率は、将来に起こることをより重要視する。例えば、費用が前もって発生し、便益が将来発生する場合、低い割引率を使用すると、高い割引率を使用するよりも便益に対するNPVが高くなる。

**不確実性の要因**

CBAはバラバラな情報を一貫して整理するのに有効なフレームワークであるが、それはしばしば、賢明な公共政策を立案するためには不十分である。費用便益分析を行う際の不確実性の原因は、計算式の分母と分子にあり、それぞれ選択された割引率（すでに説明したように）と、費用と便益の見積もりにある。実際、生態系の存在価値から得られる便益など、測定不可能な便益や費用が存在する場合もある。

意思決定の透明性を高めるため、通常、感度分析を行い、CBAの結果が主要な仮定や数値入力のもっともらしい変更に対して影響を受けやすいかどうか、またどの程度影響を受けるかを明らかにすることが必要である（Arrow et al., 1996; Goulder and Stavins, 2002; Kelman, 1981; Graham, 2008）。

割引率の不確実性を考慮すると、様々な割引率を使用することが適切である。NPVの符号が、割引率や、予測される将来の便益や費用のわずかな変化に大きく影響されるようなプロジェクトには、あまり自信を持つてはいけない(Arrow et al., 1996; Goulder and Stavins, 2002; Kelman, 1981; Graham, 2008)。

費用と便益の最善の見積りは、常に不確実性の記述とともに提示されるべきである（Arrow et al.1996; Goulder and Stavins, 2002; Kelman, 1981; Graham, 2008）。また、災害リスク軽減の場合、被害回避に伴う便益が確率曲線に対応していることがある。確率の値を1つだけ選ぶと、不確実性のレベルが高くなる。このような理由から、CBAを策定する際には、条件が変化した場合の指標の頑健性を確認するために、感度テストも実施する必要がある。これは、不確実性を予測し、予測されるリスクを評価するために使用することができる。一般的なアプローチは、悲観的、最も可能性が高い、楽観的という3つのシナリオに応じて変数を修正することである(New Zealand Treasury, 2005)。

**費用便益分析の結果は、政策決定に十分なものか？**

CBAは、政策の有利な効果と不利な効果を比較するのに有効である。しかし、結果の不確実性が高ければ、CBAの結果は決定的なものではない。経済効率は、規制の選択肢を評価するための基準の1つとなりうる。しかし、効率性だけでは、世代間の衡平性や分配の問題を規制当局に伝えることはできない。最も適した選択肢を特定するためには、すべての関連情報を考慮しなければならない。そのためには、選択肢を金銭的価値やNPVでランク付けするだけでなく、定性的だが適切な費用と便益を考慮する必要がある。

Dawson et al., (2013) が作成した5段階のプロトコルは、スタンフォードの目標と気候変動による不確実性を考慮し、以下の基準を含んでいる（図4参照）。

1. 実現可能性
2. 効果
3. 費用便益分析を用いて評価される経時的な純便益
4. 柔軟性
5. 正の外部性

実現可能性とは、技術的、予算的な制約に関連して、その措置が実際に実施可能なレベルかどうかを意味する。

例えば、この報告書の著者は、マクロレベルの対策は、経済的・環境的コストが多額であり、得られる便益を上回るため、実現不可能であるとしている。

暴風雨による被害からのレジリエンスを高め、「ビーチパークの美観とレクリエーションの価値を維持する」という市の2つの目標を達成できる技術であれば、効果的であるといえる（Dawson et al., 2013）。暴風雨の被害を軽減する効果は、8.6フィート（2.6メートル）の高さに相当する洪水レベルになりえる100年に一度の暴風雨に対処する技術の能力によって評価される。

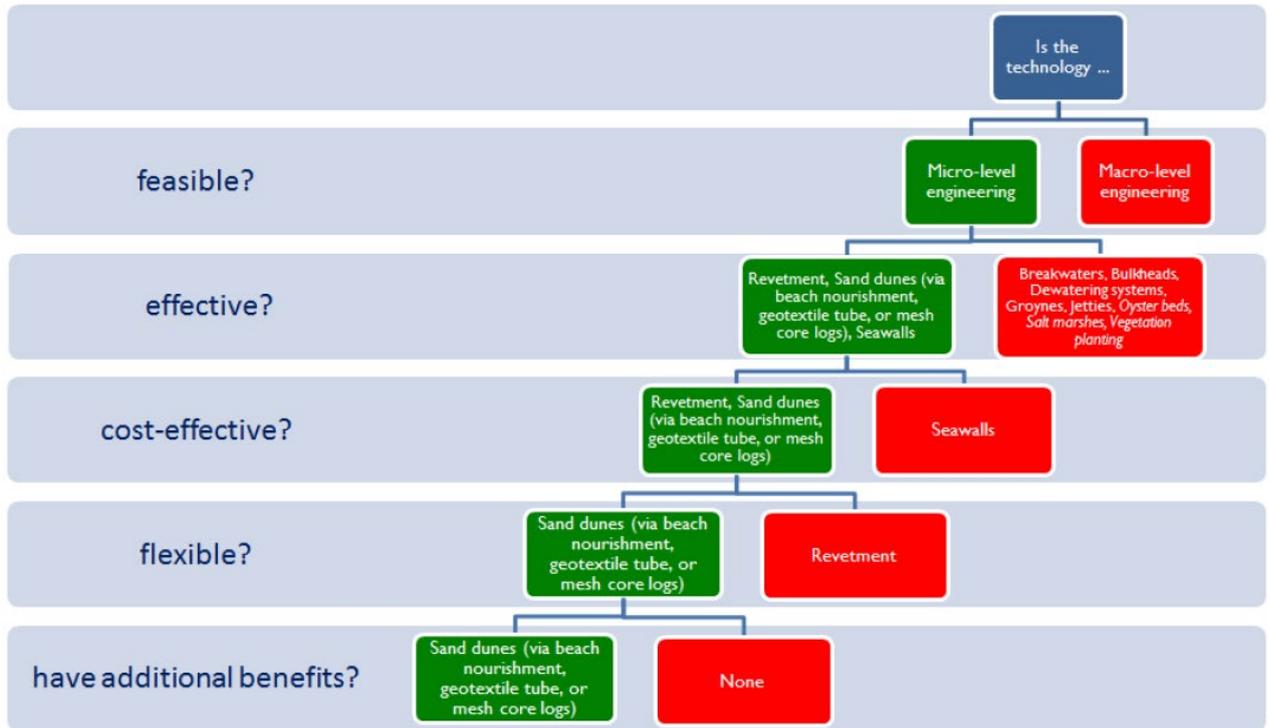


図5.評価基準の決定木分析。緑のボックスの技術は基準を満たし、赤のボックスの技術は基準を満たさない。斜体で書かれた「緑」の解決策（牡蠣殻床、塩沼、植栽）は、それ自体では100年に1度の洪水レベルに対抗する効果はないが、他の「灰色」の技術と組み合わせることでレジリエンスを高めることができる。消去法で考えた結果、砂丘がスタンフォードに最も適した解決策であることがわかった（Dawson et al.2013より引用）。

Dawson et al., (2013) の試算によると、周囲45フィート（13.8メートル）、高さ6.5フィート（約2メートル）のジオテキスタイルユニットを2〜4フィート（0.6〜1.2メートル）の砂で覆うことで、このレベルの洪水に効果的に耐えることができるという。

技術選択プロセスの次のステップは、最も純便益の高い対策を特定するための定量的な評価である。費用効率性は、便益から費用を差し引いた純便益に基づくパフォーマンス指標である。効率的な政策は、社会にもたらされる正味の便益の現在価値を最大化するものである。経時的な設定で動的な費用効率性を評価するには、割引を行う必要がある。つまり、費用と便益の流れを1ドルの金額、すなわち正味の便益の現在価値（NPVまたはPVNB）に減らすのである。このプロセスは、「費用便益分析」と呼ばれる手法で、詳細はBox2を参照。

防潮堤と砂丘の費用便益分析を図として提示するために、

Dawson et al., (2013) は、各技術の建設にかかる初期費用と、予測される純便益の現在価値（PV）の合計を比較している（図6）。各年の予測純便益は、ハリケーン「サンディ」の被害額（945,000米ドル）を基に、2010年から2039年の間に100年レベルの洪水が発生する確率を考慮して推定した、将来の被害回避額に相当する（表1参照）。悲観的なシナリオでは、年間確率0.0154（1/65）に対応し、楽観的なシナリオでは、年間確率0.01（1/100）の確率で発生する<sup>3</sup>30年間の給付金のPVを計算するための割引率として5%を選択<sup>4</sup>している。式は以下のように記述できる。

$$PV \text{ Damages} = \sum_{n=1}^{30} \frac{\text{damage costs} * \text{probability}}{(1 + \text{discount rate})^n}$$

回避できた損害額は、楽観的なシナリオで145,269米ドル、悲観的なシナリオで223,491米ドルとなった。図6は、残りの2つのレジリエンス技術の建設費を示している。

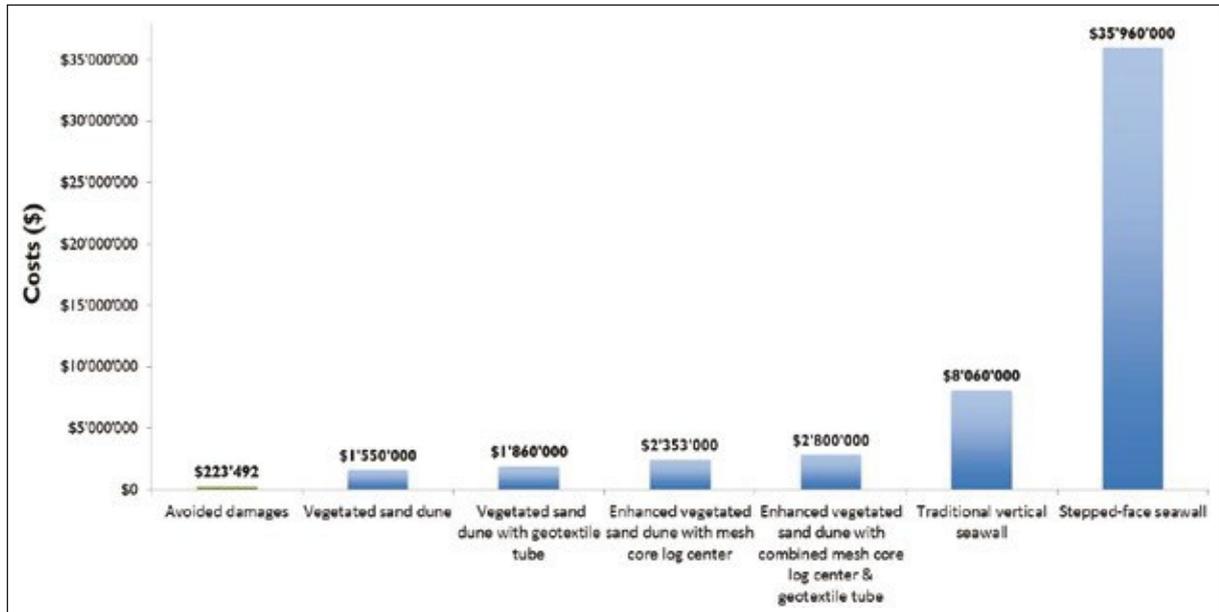


図6. 各技術の建設費用とその効果との比較 被害回避（100%被害防止と仮定）。純便益が最大化しないにもかかわらずスタンフォードが防潮堤に興味を示したため、防潮堤も選択肢の1つとして検討された技術である。各対策の費用の内訳は、Annex1のとおりである。

技術の柔軟性とは、変化する気候条件に合わせて後から変更できるかどうかということである。例えば、砂丘は、海岸の動きや暴風雨の状況に応じて移動できるため、防潮堤よりも柔軟性がある。最後に、正の外部性、つまり当初の目的以外の付加的な便益や用途（ここでは、暴風雨の被害軽減）も、技術の価値を高める。砂丘の付加価値の例としては、水質の改善、ランドスケープの美しさへの貢献、野生生物の生息域の保護などが挙げられる。

4種類の砂丘のうち、ジオテキスタイルチューブで強化した植生砂丘の案が選ばれたのは、植生砂丘の案と同じ利点を持ちながら、より安定しているという利点があるからである。この案は、メッシュコアログを用いた砂丘や、メッシュコアログとジオテキスタイルチューブを組み合わせて補強した砂丘など、他の2つの強化型植生砂丘案よりも費用が低く抑えられている（図6参照）（Dawson et al., 2013）

### ハザード移行技術の実施ガイドライン

2013年夏、スタンフォードの市政府はコーブアイランドパークの基本的な再植プログラムに、ジオテキスタイルチューブで強化された植生のある砂丘を作ることを報告書の提言に含めていた。ランドスケープ増援事業者は、市当局に砂丘の建設方法を提案した（McKenna, 2013）。

この研究でも述べられているように、このような構造物を設置するにはいくつかの要素を考慮する必要がある。海岸の形状、波の方向と高さ、砂の量、現在と将来の潮位などの要素が、砂丘の効果に影響を与えるため、サイトの位置を徹底的に評価しなければならない。特に、コネチカット州のビーチは小さく、岩の突出部があるため、このような問題が発生する（AP通信、2013年）。

適切な幅と高さは、最悪のシナリオ（例：満潮時の強い暴風雨）に基づいて定義されるべきである。請負業者が提示した案では、砂丘の幅は25フィート（7.6メートル）、高さは約7フィート（2.1メートル）となる。ジオテキスタイルチューブは水面から少なくとも50フィート（15メートル）のところに設置し、布製のシュラウドと15,000立方ヤード（11,468.3m<sup>3</sup>）の地元で浚渫された砂と在来種の植物で覆うことになっている（Dawson et al., 2013 ; Hettiarachchi et al., 2013）。

また、この報告書では、砂丘を海岸線に沿って連続的に建設することを提案している。そうでなければ、水がシステムの切れ目を通って砂丘の後ろに溜まってしまい、水が後退するにつれて砂丘にダメージを与え、不安定化する可能性がある。砂丘にアクセスするための高架の通路は、より望ましい代替案になるだろう（Dawson et al., 2013）。

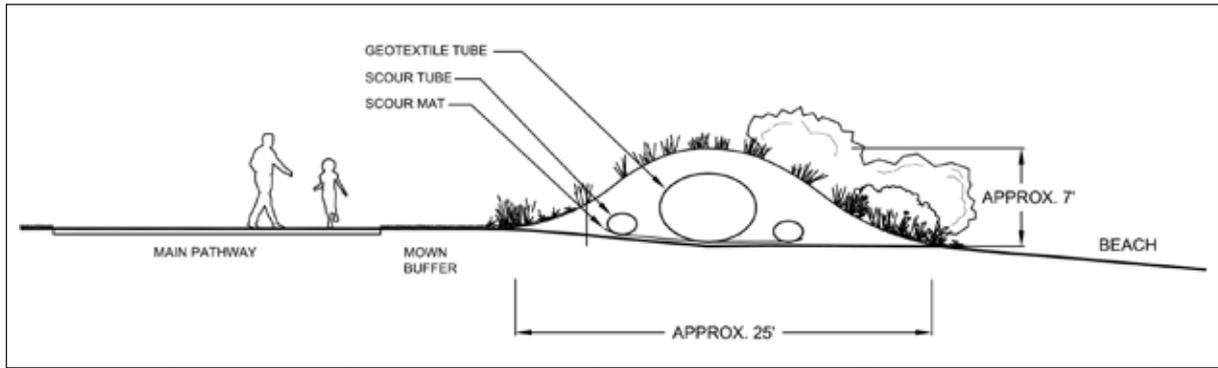


図7.造園会社が提案したコープアイランドパークのジオテキスタイルチューブで強化された植生砂丘のグラフィック表現 (Larry Weaner Landscape Associates、2013年)

定量的な例

純便益の現在価値の計算

年	費用	便益	純利益	純便益の現在価値
y	C	B = DA * p	NCF=B-C	PVNB=NCF/[(1+r)^y]
0	700,000	0	-700,000	-700,000
1	10,000	118,750	108,750	101,636
2	10,000	118,750	108,750	94,986
3	10,000	118,750	108,750	88,772
4	10,000	118,750	108,750	82,965
5	10,000	118,750	108,750	77,537
6	10,000	118,750	108,750	72,465
7	10,000	118,750	108,750	67,724
8	10,000	118,750	108,750	63,293
9	10,000	118,750	108,750	59,153
10	10,000	118,750	108,750	55,283
			<b>NPV</b>	<b>63,814</b>

設計年数が 10 年の洪水緩和対策の正味現在価値を推定する (図 8 を参照)。

下の表は、PVNCF(純便益の現在価値) を算定するための年ごとの値を示している。

年	費用	便益	純利益	純便益の現在価値
y	C	B = DA * p	NCF=B-C	PVNB=NCF/[(1+r)^y]
0	700,000	0	-700,000	-700,000
1	10,000	118,750	108,750	98,864
2	10,000	118,750	108,750	89,876
3	10,000	118,750	108,750	81,705
4	10,000	118,750	108,750	74,278
5	10,000	118,750	108,750	67,525
6	10,000	118,750	108,750	61,387
7	10,000	118,750	108,750	55,806
8	10,000	118,750	108,750	50,733
9	10,000	118,750	108,750	46,121
10	10,000	118,750	108,750	41,928
			<b>NPV</b>	<b>-31,778</b>

より高い割引率 (r=10%) を選択すると、将来の便益はより多く割り引かれ、その結果、NPVは小さくなると予想される。そして実際、この場合はマイナスになる。

Information provided:

> Costs:

- o Year 0: material & installation cost  $C_0 = \text{USD } 700,000$  at year 0,
- o Following years: maintenance cost  $\text{USD } 10,000$  (every year for years 1 to 10)

> Benefits:

- o Monetary gain associated to 100% damage avoidance (DA) corresponds to  $DA = \text{USD } 950,000$  (every year for years 1 to 10)
- o Probability of 100% damage avoidance corresponds to  $P = 0.125$  (1/8). This value is the probability of flood, where floods occur with a frequency of once every 8 years (refer to Table 1)
- o Hence, the yearly benefit is:  $B = DA * P$

> Discount rate:  $r = 7\%$  (0.07)

**SOLUTION**

year 0:  $NCF_0 = B_0 - C_0 = (DA_0 * P_0) - C_0$   
 $C_0 = 700,000$   
 $B_0 = (DA_0 * P_0) = 0$  [because  $DA=0$  on year 0]  
 $NCF_0 = -700,000$  [net benefits in year 0]  
 ! Remember ! PV for year 0 is not discounted

year 1:  $NCF_1 = B_1 - C_1 = (DA_1 * P_1) - C_1$   
 $C_1 = 10,000$  [maintenance cost]  
 $B_1 = (DA_1 * P_1) = 950,000 * (1/8) = 118,750$   
 $NCF_1 = 118,750 - 10,000 = 108,750$  [net benefits in year 1]  
 PVNCF<sub>1</sub> Present Value of net benefits when years y=1 is  
 $PVNCF_1 = NCF_1 / (1+r) = 108,750 / (1.07)$

year 2:  $NCF_2 = C_2 - B_2 = C_2 - B_2$   
 $C_2 = 10,000$  [maintenance cost]  
 $B_2 = (DA_2 * P_2) = 950,000 * (1/8) = 118,750$   
 $NCF_2 = 118,750 - 10,000 = 108,750$  [net benefits in year 2]  
 PVNCF<sub>2</sub> Present Value of net benefits when years y=2 is  
 $PVNCF_2 = NCF_2 / (1+r)^2 = 108,750 / (1.07)^2 = 101,636$

year 3:  $NCF_3 = C_3 - B_3 = C_3 - B_3$   
 ...

year 10:  $NCF_{10} = C_{10} - B_{10} = C_{10} - B_{10}$   
 PVNCF<sub>10</sub> Present Value of net benefits when years y=10 is  
 $PVNCF_{10} = NCF_{10} / (1+r)^{10} = 108,750 / (1.07)^{10} = 41,928$

The present value of net benefits is the sum of  $NCF_0, PVNB_1, PVNB_2, \dots, PVNCF_{10}$

$$NPV = NCF_0 + \frac{NCF_1}{1 + \text{discount rate}} + \frac{NCF_2}{(1 + \text{discount rate})^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1 + \text{discount rate})^n}$$

図8.10年の設計寿命を持つ洪水緩和策の正味現在価値

この演習では、NPVを評価する際の割引率の重要性を示している。

### 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

植生のある砂丘をジオテックスタイルで補強することは、環境プロセスに適応し、自然のランドスケープを維持しながら、沿岸のハザードのレジリエンスを向上させる革新的な方法である。この技術により、潮位の上昇や高潮に対応できる、より急峻で安定した砂丘を作ることができる。砂丘は、波や風の力を吸収し、洪水が内陸部へ進むのを防ぐことで、防御線として機能する。また、砂の堆積や自然補充により、砂の貯蔵庫としても機能し、砂丘の浸食を軽減することができる。(Hettiarachchi et al., 2013; Rogers & Nash, 2003)。

ジオテキスタイルチューブを用いて植生を強化した砂丘は、他の硬質な工学構造物に比べて、沿岸のランドスケープに溶け込みやすい。しかし、沿岸のハザードを軽減するために砂丘を建設することは、しばしば反対の声にさらされる。スタンフォードの住民は、コーブアイランドパークの砂丘プロジェクトに反対の声を上げていないが(Dawson, 2014)、コネチカット州の同じような海岸沿いの町の住宅所有者の中には、砂丘によって海辺の景色が妨げられ、財産の価値が下がる可能性があると感じている人もいる。これは、米国で最も価値のある不動産を有する地域では、特にデリケートな問題である(Associated Press, 2013)。さらに、移動した砂が公有地や私有地に堆積することも多く、ハリケーン「サンディ」の後に見られたように、高額な清掃費用が大きな障壁となっている。

コロンビア大学の報告書では、生態系サービスを促進することでハザードを軽減する代替方法も議論された。それだけでは100年に一度の洪水に耐えることはできないが、スタンフォードのビーチパークにすでに存在する牡蠣の養殖場と塩湿地は、補完的なリスク軽減策として支持された(Dawson et al., 2013)。どちらも波のエネルギーを減衰させ、野生生物を引き寄せ、汚染物質を捕捉して水質を改善する。

また、塩湿地はその広範な根系により、散発的な高潮に耐え、洪水を吸収することができる。一方、牡蠣の養殖場は、周囲の海洋生態系の生物指標として機能している(Oyster Reef Restoration, 2013)。また、これらの生態系活用した取組は、他の技術に比べて安価である。塩湿地の1エーカーの費用は24,000～33,000米ドル、カキ養殖場の1エーカーの費用は2,000～100,000米ドルである(Dawson et al., 2013年)。スタンフォード市は、強化された砂丘の建設に加えて、コーブアイランドパークの計画に既存の海岸線を追加するために、国立魚類野生生物補助金を申請した(McKenna, 2014)。このプロジェクトでは、植物、砂、岩を使って海岸を安定させ、水生および陸生の野生生物を呼び戻して保護し、水質を改善するというものである(NOAA, 2013)。

#### 長所と短所： ジオテキスタイルチューブで強化された植生のある砂丘

砂丘は、沿岸生態系の一部であり、重要な役割を果たしている。生態学的な機能としては、鳥類やカメの生息域や繁殖地を提供したり、在来種の植物を生育させたりすることで、生物多様性を豊かにすることである。水のろ過は、砂丘がもたらす多くの利点の一つである。砂丘は時間をかけて段階的に建設することができ、沿岸のハザードを軽減するための長期的な解決策として適している(Cassidy, 2013)。砂丘は、風、波、潮の流れに応じて変化する柔軟な構造物である。さらに、都市構造物のランドスケープを遮り、より落ち着いた海岸環境を作り出すことで、ランドスケープの美しさにも貢献している。

ジオテキスタイルチューブを使用した植生砂丘は、自然界に存在する砂丘を改良したものである。まず、このタイプの砂丘には、二重の保護構造が備わっている。植物の根が砂丘の表面の砂を束ねて越流を防ぐ一方(Hettiarachchi et al., 2013)、ジオテキスタイルチューブがコアの安定性を強化している。第二に、このチューブは費用便益に優れている。より少ない砂で高い砂丘を建設することができ、メッシュコアログ(砂丘装甲のもう一つの選択肢)と同等の侵食耐性を持ちな

ら、約21%のコスト軽減を実現している (Dawson et al., 2013)。メンテナンス費用は、砂が暴風雨で浸食して、カバーチューブが露出しないかぎり、最小限で済む。長期間の使用に耐えるように設計されたチューブは、風化や腐食性液体、生分解に影響されない耐久性のある織布ポリマーでできている (GEOfabrics, 2011)。最後に、強化された植生の砂丘を除去するには、布をはがし、砂充填剤を排出し、チューブをその場所から移動させる必要がある (Dawson et al., 2013)。この技術にも他の技術と同様にいくつかの欠点がある。一般的に、オーバーウォッシュ<sup>5</sup>は砂丘の背後に砂を拡散させるため、近隣の都市部や住宅地に迷惑をかける可能性がある。改良型砂丘は、自然の砂丘のように海岸の動きに順応できず、簡単には移動できない。さらに、消波管は硬い構造物として機能し、その前にあるビーチの波動による侵食を助長する (Dawson et al., 2013)。メンテナンスのためには定期的な養浜が必要だが、予測される海面レベルのさらなる上昇と沿岸の暴風雨の強さを考慮すると、長期的にはコストがかかる可能性がある。また、砂丘システムの崩壊を避けるためには、できるだけ早期に、かつ迅速に補修を行う必要がある。

### 方法論：多基準選択プロセス

Dawson et al. (2013) のアプローチでは、費用便益分析の要素を含む多基準分析を行うことで、沿岸ハザード軽減戦略の様々な側面を総合的に検討することができた。彼らの手法は理解しやすく、適用しやすく、重要な質的・量的影響を持つ選択肢を比較する際に柔軟性をもつ (New Zealand Treasury, 2005)。

しかし、人件費や保守・修理費などの材料費以外の金銭的な費用や、測定結果から得られる無形の便益は、費用対効果の計算に含まれていなかった。これを怠ると、費用と便益の一部が過大評価または過小評価される可能性があった。このため、正負の要因が議論され、多基準分析と保持された対策の最終評価において考慮された。防災の文脈で費用便益分析を適用する際のもう一つの問題は、ハザードイベント自体がランダムに生じるため、便益が確率的であることである。この問題に対処する方法は、Dawson et al., (2013) が報告した

ように、正味現在価値 (NPV) の計算に期待便益の考え方を含めることである。また、地方自治体との緊密なパートナーシップも、この研究の重要な要素となっている。このパートナーシップは、研究の指針となっただけでなく、公園やビーチのレジリエンスを向上させるための市の計画に、彼らの提言を組み込むことにも貢献した。徹底した科学的調査に加えて、スタンフォード市の関心と期待を考慮することで、彼らの調査結果が地元の都市計画者に受け入れられる可能性が高くなったのである。

## 6. 教訓と結論

スタンフォード市の事例は、政府当局と学界のメンバーが協力して、より多くの情報に基づいた意思決定を行った成功例の一つである。多基準分析および費用便益分析は、他の選択肢と比較してプラス面とマイナス面を評価することにより、最も適切な解決策を決定するのに役立つことが分かった。これらの変数を適切に特定し、定量化することは、費用便益分析の重要なステップである。環境破壊の影響や生物多様性の豊かさなど、無形の費用・便益をより適切に評価することが、より包括的で成功する分析につながる。

ジオテキスタイルチューブを用いて植生を強化した砂丘は、安定したコスト効率の高い構造物であり、海岸の力学や環境の変化に対応することができる。コネチカット州の海岸沿いに住む多くの個人住宅所有者は、洪水軽減のための砂丘の建設や拡張を支持しているが、海辺のランドスケープが損なわれたり、敷地内に移動した砂を除去するために多額の費用が発生したりすることを懸念して、未だに納得していない人もいる (AP通信, 2013, Mayko, 2013)。今のところ、洪水や高潮から身を守るためには、硬い構造物が依然として主流となっている。スタンフォード市は、多額の財政投資が必要となるにもかかわらず、防潮堤に関心を示している。ニューヨーク市も、ハリケーン「サンディ」の際に効果を発揮したスタンフォード港のようなハリケーンバリアーの建設を検討している (Navarro, 2012)。

いずれにしても、潮の満ち引きに屈して危険性の低い地域に移住するという長期的な解決

## ケーススタディ6：アメリカ合衆国

策を考えた住民はほとんどいない。政府の支援を受けた取り組みとしては、国の洪水保険プログラムや、最近可決された暴風雨に対する住宅改修の制限を緩和する州法案は、人々が洪水の発生しやすい地域に留まることを助長するという逆効果をもたらした（Walsh, 2012; Mayko, 2013）。このような地域での再建を認めると、長期的には費用がかかりすぎるだけでなく、暴風雨の被害を拡大させている根本的な原因である人や財産の曝露に対処することができなくなる。ハザードへの曝露を減らすことによってのみ、効果的かつ持続的にレジリエンスを高めることができるのである。

### 7. 演習と講義ノート<sup>6</sup>

1. スタンフォードの高潮や沿岸の洪水を防ぐために、植生のある砂丘やハリケーンバリアーを建設することのメリットとデメリットを列挙せよ（下表参照）。注：回答は青で示している。ハリケーンバリアーについての情報は、オンラインで見つけることができる。

2. Net Present Valueの計算

2.1 設計年数10年の洪水緩和策（A）の正味現在価値を推定する。情報を提供する。

費用：

- 0年目：0年目の材料費と設置費 $C_0$ = USD 400'000。
- 次年度以降：保守費用0米ドル（1～10年目は毎年

便益

- 100%のダメージ回避（DA）に伴う金銭的な利益は、以下の通り。

y	C	B = DA * p	NCF=B-C	PVNB=NCF/[(1+r)^y]
0	400,000	0	-400,000	-400,000
1	0	70,000	70,000	65,421
2	0	70,000	70,000	61,141
3	0	70,000	70,000	57,141
4	0	70,000	70,000	53,403
5	0	70,000	70,000	49,909
6	0	70,000	70,000	46,644
7	0	70,000	70,000	43,592
8	0	70,000	70,000	40,741
9	0	70,000	70,000	38,075
10	0	70,000	70,000	35,584
			<b>NPV</b>	<b>91,651</b>

植生した砂丘 (VSD)		ハリケーンバリアー (HB)	
長所	短所	長所	短所
費用対効果：1,860,000米ドル	時間経過による侵食	高潮や洪水に対する効果が実証されている（例：ハリケーン「サンディ」時のスタンフォード）。	費用：スタンフォードHBの費用は14.5百万米ドル、一般的には数百万から数十億の費用がかかる可能性がある。
高潮、洪水、風を防ぎ、その背後にあるインフラを守る。	砂の堆積があつてはならない公有地や私有地での砂の堆積の残留		環境への影響（例：閉鎖時に汚染物質が障壁の後ろに閉じ込められる、潮の流れや水の塩分濃度が変化する、湿地帯が減少して地域の海洋生態系や鳥類の生息域に影響を与えるなど）
野生生物の生息域となる	効果の程度はまだ評価されていない		ランドスケープを乱す
侵食された場合には、サンドバンクとして機能する。			一旦設置してしまうと柔軟性のない構造
植生した砂丘を補強するジオテキスタイル・チューブ			バリアによって保護されていない周辺地域に洪水を引き起こしたり、悪化させたりする可能性がある。
ランドスケープの美化に貢献する			
環境の変化に適応できる			

## ケーススタディ6：アメリカ合衆国

DA = 700,000米ドル（1年目から10年目まで毎年）。

- 被害を100%回避できる確率は、 $P=0.1$  (1/10) に相当する。この値は、10年に1度の頻度で洪水が発生した場合の確率である（10年に1度の洪水レベル、期間2010-2039、表1参照）。
- したがって、年間の利益は  $B = DA * P$

割引率：  $r = 7\%$  (0.07)

2.2 設計年数 10 年の別の洪水緩和策 (B) の正味現在価値を推定する。情報を提供する。

費用：

- 0年目：材料費と設置費  $C_0 = \text{USD } 200'000$ （初期費用）
- 次年度以降：保守費用 25,000米ドル（1年目から10年目まで毎年）

便益

- 100%に付随する金銭的利益

ダメージ回避 (DA) は、 $DA = \text{USD } 700'000$ （1年目から10年目まで毎年）に相当する。

- 被害を100%回避できる確率は、 $P=0.1$  (1/10) に相当する。この値は、10年に1度の頻度で洪水が発生した場合の確率である（10年に1度の洪水レベル、期間2010-2039、表1参照）。
- したがって、年間の利益は  $B = DA * P$

割引率:  $r = 7\%$  (0.07)

2.3 あなたの計算によると、どの対策が最も効率的か？

7%の割引率を使用すると、NPVが最大となるため、対策Bが最も効率的である。

2.4 割引率を2%として、2.1および2.2で行ったすべての計算を繰り返す。

### 解決策

表の付録：3つのビーチパークすべてにおける各施策の推定費用の内訳 (Dawson et al., 2013)

技術	単位費用	コープアイランドパーク	カミングスピーチパーク	ウエストビーチパーク	総費用
植生した砂丘	1リニアフィートあたり370ドル	長さ1300フィート、高さ10フィート。 30フィート幅=\$480,000	長さ1000フィート、高さ10フィート。 30フィート幅=370,000ドル	長さ800フィート、高さ10フィート。 30フィート幅=\$296,000	\$1'550'000
メッシュコアログで植生を強化した砂丘センター	直径18インチのSoxxを15個使用した高さ5=10フィートの砂丘の場合、1リニアフィートあたり760ドル。	長さ1300フィート、高さ10フィート=987,000ドル	長さ1000フィート、高さ10フィート=76万ドル	長さ800フィート、高さ10フィート=606,000ドル	\$2'353'000
メッシュコアログとジオテキスタイルチューブで植生を強化した砂丘コンビネーションセンター	Soxxと直径の異なるジオテキスタイルチューブを使用し、高さ10フィートの砂丘の場合、1リニアフィートあたり900ドル。	長さ1300フィート、高さ10フィート=117万ドル	長さ1000フィート、高さ10フィート=900,000ドル	長さ800フィート、高さ10フィート=72万ドル	\$2'800'000
強化された植生の砂					
ジオテキスタイルチューブを中心とした砂丘	1リニアフィートあたり250ドルのチューブと1トンあたり50ドルの砂	長さ1300フィート、高さ10フィート、幅30フィート=780,000ドル	長さ1000フィート、高さ10フィート、幅30フィート=60万ドル	長さ800ft、高さ10ft、幅30ft=\$480,000	\$1'860'000
階段状の護岸	11,600ドル/リニアフィート	1300ft=\$15,080,000	1000フィート=11,600,000ドル	800フィート=9,280,000ドル	\$35'960'000
伝統的な縦型防波堤	2600ドル/リニアフィート	1300ft=338万ドル	1000フィート=260万ドル	800ft=\$2,080,000	\$8'060'000
塩性湿地	24,200~33,000ドル/ac	2 ac=\$48,400-\$66,000	0 ac=\$0	0 ac=\$0	\$48,400-66,000
牡蠣の養殖場	2,000~100,000ドル/ac	2ac=\$4,000-\$200,000	0 ac=\$0	0 ac=\$0	\$4,000-200,000

対策A (割引率 $r=2\%$ )

解決策

対策B (割引率 $r=2\%$ )

- 2.5 費用便益分析の結果 (2.4) のみに基づくと、規制当局はどの対策を選択するのか？  
ここで、より低い割引率を使用した場合、政策立案者は、NPVが最も高い (226,209米ドル) プロジェクトBを選択する可能性が高くなる。

## 付録

### 参考文献

- AFB Management, 2012. Hurricane Sandy Snap Shot, Stamford: City of Stamford.
- Applebome, P. & Rivera, R., 2012. In Connecticut, a Sense That the Storm's Impact Could Have Been Worse. [Online] Available at:[http://www.nytimes.com/2012/10/31/nyregion/in-connecticut-feeling-that-the-storms-impact-could-have-been-worse.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/10/31/nyregion/in-connecticut-feeling-that-the-storms-impact-could-have-been-worse.html?_r=0) [Accessed December 2013].
- Arrow, K., M. Cropper, G. Eads, R. Hahn, L. Lave, R. Noll, P. Portney, M. Russell, R. Schmalensee, V. Smith & R. Stavins, 1996. "Is There a Role for Benefit-Cost Analysis in Environmental, Health, and Safety Regulation?" Science, Associated Press, 2013. Connecticut interest in dunes, berms, grows after Superstorm Sandy. [Online] Available at: <http://www.registercitizen.com/general-news/20131103/connecticut-interest-in-dunes-berms-grows-after-superstorm-sandy> [Accessed 2 January 2014].
- Australian Civil Aviation Safety Authority (CASA), 2007. Cost-benefit Analysis Procedures Manual, Canberra: Australian Government.
- Beck, M. et al., 2013. Increasing resilience of human and natural communities to coastal hazards: Supporting decision in New York and Connecticut. In: F. Renaud, K. Sudmeier-Rieux & M. Estrella, eds. The role of ecosystems in disaster risk reduction. Tokyo: United Nations University, pp. 140-163.
- Bender, M. et al., 2010. Modeled impact of anthropogenic warming on the frequency of intense Atlantic hurricanes. Science, Volume 327, pp. 454-458.
- Blake, E. et al., 2012. Tropical Cyclone Report: Hurricane Sandy, Miami, Florida : National Hurricane Center, USA.
- Buonaiuto, F. et al., 2011. Coastal zones. In: Climate change in New York State: The ClimAID integrated assessment for effective climate change adaptation. New York, U.S.: New York State Energy Research and Development Authority , pp. 121-162.
- Burgeson , J. & Lochhead, C., 2013. Rising Seas Threaten the Coast's Future. [Online] Available at: <http://www.ctpost.com/local/article/Rising-seas-threaten-the-coast-s-future-4233636.php#photo-4094760> [Accessed December 2013].
- Cassidy, M., 2013. Stamford looks to defend the beaches. [Online] Available at: <http://www.stamfordadvocate.com/news/article/Stamford-looks-to-defend-the-beaches-4705523.php> [Accessed January 2014].
- Dawson, D., Chinn, T., Feng, T., Li, T., Petrocelli, T., Rosa, J., Rousseva, N., Tadesse, S. & G. Zepeda 2013. Opportunities for Climate Resilience: The Beaches of Stamford, Connecticut, New York: in press.
- Christoffersen, J., 2013. Value of berms, dunes rises in wake of Sandy. [Online] Available at: <http://www.rep-am.com/articles/2013/12/03/news/connecticut/762178.txt> [Accessed December 2013].
- City of Stamford, 2013. City Parks. [Online] Available at: <http://www.stamfordct.gov/city-parks> [Accessed Dec 2013].
- Commonwealth of Australia, 2006. Introduction to Cost-Benefit Analysis and Alternative Evaluation Methodologies, Canberra: Commonwealth of Australia.
- Connecticut Dept. of Energy & Environmental Protection (DEEP), 2013. Connecticut Coastal Access Guide : Cove Island Park, Stamford: s.n.
- Dawson, E., 2014. Personal communication [Interview] (January 2014).

## ケーススタディ6 : アメリカ合衆国

- Department of Energy & Environment, 2013. Long Island Sound. [Online] Available at: [http://www.ct.gov/deep/cwp/view.asp?a=2705&q=323790&deepNav\\_GID=1635](http://www.ct.gov/deep/cwp/view.asp?a=2705&q=323790&deepNav_GID=1635) [Accessed December 2013].
- Donga, M. & Mechler, R., 2005. Cost-Benefit Analysis: A useful instrument for assessing the efficiency of natural disaster risk management, Bonn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Dutch Ministry of Infrastructure and the Environment, 2004. The Delta Works. [Online] Available at: <http://www.deltawerken.com/Deltaworks/23.html> [Accessed December 2013].
- Estrella, M. & Saalismaa, N., 2013. Ecosystem-based DRR: An overview. In: *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*. s.l.:s.n., pp. 26-47.
- Ezer, T., Atkinson, L., Corlett, W. & Blanco, J., 2012. Gulf Stream's induced sea level rise and variability along the U.S. mid-Atlantic coast. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, Volume 118, pp. 1-13.
- GEOfabrics, 2011. The durability of geotextiles, Leeds, UK: GEOfabrics.
- Ginter, V., 2013. Geotextile tubes [Interview] (February 2013).
- Graham, J. "The Evolving Regulatory Role of the U.S. Office of Management and Budget." *Review of Environmental Economics and Policy*, 2008.
- Goulder L., and R. Stavins, "Discounting: An Eye on the Future." *Nature*, 2002 [Online] Available at: <http://www.nature.com/nature/journal/v419/n6908/full/419673a.html> [Accessed May 2014].
- Hettiarachchi, S., Samarawickrama & Fernando, 2013. Coastal ecosystems for hazard mitigation. In: M. Estrella, F. Renaud & K. Sudmeier-Rieux, eds. *The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*. Geneva: United Nations University Press.
- Horton, R. et al., 2011. Climate Risks. In: C. Rosenzweig et al. eds. *Climate change in New York State: The ClimAID integrated assessment for effective climate change adaptation..* New York City: New York State Energy Research and Development Authority, pp. 16-48.
- Industrial Fabrics, Inc., 2008. About ENVIROTUBES. [Online] Available at: <http://www.envirotubes.com/about.html> [Accessed January 2014].
- Kelman, S., 1981. "Cost-Benefit Analysis: An Ethical Critique" and "Replies." *Regulation*
- Kirkham, C., 2012. Hurricane Sandy: In Connecticut, Storm Leaves Mess of Downed Trees and Flooded Roadways. [Online] Available at: [http://www.huffingtonpost.com/2012/10/30/hurricane-sandy-connecticut\\_n\\_2044402.html](http://www.huffingtonpost.com/2012/10/30/hurricane-sandy-connecticut_n_2044402.html) [Accessed December 2013].
- Kunkel, K. et al., 2008. Observed changes in weather and climate extremes. In: *Weather and climate extremes in a changing climate: Regions of focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S. Pacific Islands*. Washington, D.C., U.S.: U.S. Climate Change Science Program, pp. 35-80.
- Larry Weaner Landscape Associates, 2013. Cove Island Park - Dune project overview. Glenside(Pennsylvania): s.n.
- Mayko, M., 2013. New laws help shoreline owners. [Online] Available at: <http://www.ctpost.com/local/article/New-laws-help-shoreline-owners-4648874.php> [Accessed January 2014].
- McKenna, E., 2014. Personal communication [Interview] (January 2014).
- NASA, 2013. Earth Observatory. [Online] Available at: <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=49120> [Accessed 23 12 2013].
- National Oceanography and Atmospheric Agency (NOAA), 2013. Living Shorelines. [Online] Available at: <http://www.habitat.noaa.gov/restoration/techniques/livingshorelines.html> [Accessed January 2014].
- National Oceanography and Atmospheric Agency NOAA, "Floods: The Awesome Power," NOAA, Washington, D.C., 2002.
- Navarro, M., 2012. Weighing Sea Barriers as Protection for New York. [Online] Available at: <http://www.nytimes.com/2012/11/08/nyregion/after-hurricane-sandy-debating-costly-sea-barriers-in-new-york-area.html> [Accessed December 2013].
- New Zealand Treasury, 2005. Cost-benefit Analysis Primer, Wellington: The Treasury.
- NOAA, 2002. *Floods: The Awesome Power*, Washington, D.C.: NOAA.
- Oyster Reef Restoration, 2013. Oyster Reef Restoration Fact Sheet, Fort Myers, Florida: Oyster Reef Restoration.

- Palmer, Oates, and Portney, 1995. "Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or No-Cost Paradigm?", *Journal of Economic Perspectives*
- Renaud, F., Sudmeier-Rieux, K. & Estrella, M., 2013. The role of vegetation cover change in landslide hazard and risk. United Kingdom: United Nations University Press.
- Rogers, S. & Nash, D., 2003. *The Dune Book*. Raleigh, NC: North Carolina Sea Grant.
- Rosenzweig, C. et al., 2011a. More Floods Ahead: Adapting to Sea Level Rise in New York City. [Online] Available at: [http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/rosenzweig\\_03/](http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/rosenzweig_03/) [Accessed May 2013].
- Rosenzweig, C. et al., 2009. *Climate risk information*, New York: New York Panel on Climate Change.
- Rosenzweig, C. et al., 2011b. Developing coastal adaptation to climate change in the New York City infrastructure shed: Process, approach, tools, and strategies. *Climate Change*, Volume 106, pp. 93-127.
- State of Connecticut, 2013. *Disaster Recovery Program*, Hartford: U.S. Department of Housing and Urban Development.
- The Daily Voice, 2013. Four Stamford Companies Make the Fortune 500 List. [Online] Available at: <http://stamford.dailyvoice.com/business/11-fairfield-county-companies-make-fortune-500-list> [Accessed December 2013].
- U.S. Army Corps of Engineers, 2013. Stamford Hurricane Barrier, Stamford. [Online] Available at: <http://www.nae.usace.army.mil/Missions/Recreation/StamfordHurricaneBarrier.aspx> [Accessed December 2013].
- U.S. Geological Society (USGS), 2013. Storm-Induced Coastal Change. [Online] Available at: <http://coastal.er.usgs.gov/hurricanes/coastal-change/overwash.php> [Accessed January 2014].
- United Kingdom Environment Agency, 2010. The Thames barrier. [Online] Available at: <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/38353.aspx> [Accessed December 2013].
- Walsh, B., 2012. After Sandy: why we can't keep rebuilding on the water's edge. [Online] Available at: <http://science.time.com/2012/11/20/after-sandy-why-we-cant-keep-rebuilding-on-the-waters-edge/> [Accessed December 2013].
- Young Environmental LLC, 2013. Proposal to create initial dune study report. Jackson (New Jersey)

### 注釈

- 1 これは、スタンフォード市がハリケーン「サンディ」の被害を比較的受けなかった理由の一部に過ぎない。スタンフォード市が満潮前に到着し、風向きが変わったことで、ハリケーンの影響が軽減されたのである (Applebome & Rivera, 2012)。
- 2 2014-2015年に砂丘を設置するための予算は、本書の発行時点ではまだ承認待ちだった (McKenna, 2014)。
- 3 表1では、科学者たちが、それぞれの洪水の種類と期間に応じて、洪水の頻度の上限と下限を示している。洪水の発生頻度が高ければ高いほど、シナリオは悲観的なものになる。例えば、2010年から2039年までの期間に発生する100年に1度の洪水は、平均的な発生頻度が65年に1度 (悲観的なシナリオ) または80年に1度 (楽観的なシナリオ) となっている。シナリオの確率は、1を年数で割って算出され、例えば $1/65=0.0154$ となる。
- 4 Dawson et al., (2013) は、科学者の間では30年単位で気候予測を行う慣習があるため、30年で計算した[19]。
- 5 波によって砂丘が倒され、砂が内陸部に堆積する過程 (U.S. Geological Society (USGS), 2013)。

# ケーススタディ7

## 山岳の生態系：スイスとその他のアルプス諸国の保護林

### 1. 概要

概要	高山地域では、山のハザードを軽減するための保護林の役割が1870年代から知られていた。このケーススタディでは、森林がどのようにして高山道路の維持に貢献しているかを説明し、また、山の生態系を効果的に管理・保護するために、高山地帯の国や地方自治体が使用しているツールや戦略の概要を説明する。演習では、森林の保護的役割や、森林管理を最適化するために当局がとっているアプローチについて理解を深めることができる。
学習目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>山岳地帯の生命と財産を守る森林の仕組みを紹介する。</li> <li>自然ハザードを軽減するための森林の有効性に影響を与える要素を見つける。</li> <li>アルプス諸国が保護林を管理するために実施している政治的・経済的な対策を知る。</li> </ul>
ガイダンス	このケーススタディでは、保護林がもたらす複数のメリット、すなわちヨーロッパの主要交通網における山岳ハザードリスクの軽減に焦点を当てることを目的としている。また、保護林を効果的に管理するために政府が策定した対策やガイドラインについても紹介している。
参考文献	<p>Wehrl, A. and Dorren L., 2013. Protection forests: A key factor in integrated risk management in the Alps. In: The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. Renaud, Sudmeier-Rieux, and Estrella (eds.). Tokyo: United Nations University Press. pp. 321-342</p> <p>Dorren et al., 2004. Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. Forest Ecology and Management 195, pp. 165-176</p> <p>Frehner et al., 2005. Gestion durable des forêts de protection. Soins sylvicoles et contrôle des résultats : instructions pratiques. Bern. Office Federal of the Environment. [Online] Available at:file:///C:/Users/tst/Downloads/Gestion+durable+des+for%C3%AAts+de+protection+2005.pdf</p>

### 2. 背景

ケーススタディ地域	アルプス
対象国	スイス、ドイツ、オーストリアを中心としたアルプス諸国
生態系	山岳
ハザード	マス・ムーブメント（落石、雪崩、浸食、地滑り、土石流）、洪水

アルプス山脈は、スイス、フランス、オーストリア、イタリア、リヒテンシュタイン、ドイツ、スロベニア、モナコの8カ国にまたがる約1,200kmのヨーロッパで最も重要な山脈であり、最初の4カ国はアルプスの大部分の領域を国境内に有している。

アルプスは、ヨーロッパの低地に飲用水、灌漑用水、水力発電などを供給している。面積はヨーロッパの表面積の約11%に過ぎないが、アルプスはヨーロッパ低地に最大90%の水を供給しており、特に乾燥地域や夏の間は水を供給している。アルプス地方には強い文化的アイデンティティがある。アルプスの村々には、農業、チーズ作り、木工などの伝統的な文化が今も残っているが、観光産業は大きく拡大し、主要な産業となっている。現在、この地域には1,400万人の人々が住み、年間1億2,000万人の観光客が訪れている。

アルプスの地形は、非常に多様な標高を特徴としており、それが気候の極端な違いにつながっている。アルプスで見られるいくつかの植生帯は、主に標高と気候の違いに影響を受けている。渓谷では、様々な落葉樹種（オーク、ブナ、ポプラ、ニレ、バーチ、クリなど）が生育している。標高の高いところでは、針葉樹（トウヒ、カラマツ、マツ）の森が最も多くなっている。樹林帯の上や永久雪線の下には高山草原が広がっており、短い夏の間、羊や牛が草を食べている。

アルプス地方の災害リスク管理において、森林は重要な役割を果たしている。森林は「保護林（protection forest）」と呼ばれ、落石、雪崩、地滑り、土石流、洪水など、アルプスでは比較的頻繁に起こる危険な現象から人々や資産を守るために管理されている。オーストリアでは、1870年以来、保護林の役割が認識されており、各連邦州の「保護林プラットフォーム」によって管理が調整されている。スイスでは、1980年代初頭から保護林の管理方法が確立されている。今日では、スイスの統合的なリスク管理戦略において森林は重要な役割を果たしており、人工的な対策と並んで考慮されている。

保護林の範囲は国によって異なる。オーストリアでは、全森林面積の31%が保護林としての機能を持っており、第3回スイス国有林インベントリーによると、スイスの森林の43～50%が自然ハザードからの保護機能を果たしている。ドイツ南東部のバイエルン・アルプスでは、保護林が全森林の約60%を占めている。

オーストリアとイタリアの間のチロル地方では、保護林の割合が約66%とさらに大きくなっている。

### 3. 課題

アルプスのランドスケープは、インフラや経済の発展、気温の上昇などにより、過去100年間で大きく変化し、主に農耕地から観光地への依存度が高まっている。それと並行して、森林は整備されていないために危険な状態になっており、国民は可能な限り人工的な解決策よりも保護林や自然保護策を支持していた（Metral, pers communication, 2013）。雪崩、地滑り、落石など、アルプスで発生する危険な現象の確率が高まり、さらに山道を通る人が増えたことから、スイス政府は山岳ハザードを軽減するためにアルプスの森林を管理する森林管理政策を策定した。

### 4. 実施した対策

#### 論理的根拠

過去50年の間に、アルプスの保護林の重要性が高まっている。また、人口の増加に伴い、以前は安全でないとされていた地域に高密度の居住地が形成された。また、アルプスを横断する交通インフラも整備され、この地域はヨーロッパの主要な幹線道路の一つとなっている。アルプス観光も盛んになり、これまで冬期には避けられていた遠隔地の山岳地帯も、恒常的に観光できるようになることが期待されている。チロル地方では、800万人の観光客が夏休みや冬休みを過ごし、ピークシーズンには人口密度が1km<sup>2</sup>あたり800人に達する。山岳地帯で危険にさらされる総資産は着実に増加しており、保護対策への投資を拡大する必要がある。

#### 施策の主な内容

保護林の主な機能は、自然ハザードから人々やその資産、インフラを保護することである。

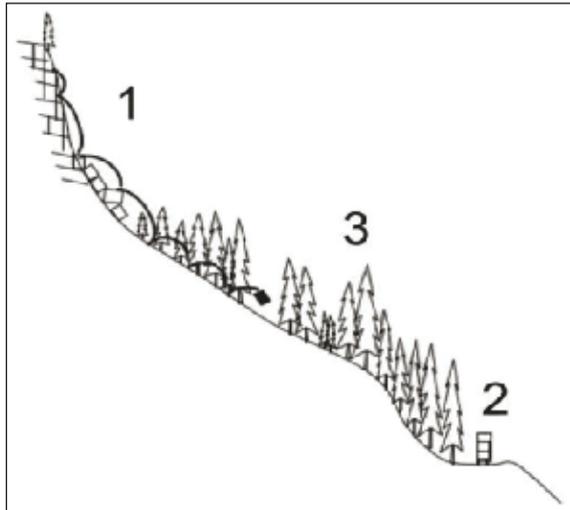


図1.保護林システム：森林（3）は、曝露した資産（2）をハザード（1）から保護する。ハザードは、山間部では、地滑り、落石、土石流、雪崩、浸食、洪水などが考えられる。出典Brang et al., 2001

保護林システムは3つの主要な要素から構成されている。(1)潜在的なハザード、(2)さらされている資産、(3)その間にある森林である。3番目の要素は、特定の場所における自然ハザードの影響を軽減または防止することができる場合、保護林とみなされる（以下の図1を参照）。

費用対効果が高いだけでなく、保護林は**直接的な保護効果**、**間接的な保護効果**、またはその両方を兼ね備えている。保護林は、その保護機能が特定の場所（通常は曝露した資産の真上）に直結している場合、直接的な保護効果を持つ。例えば、雪崩保護林は通常、村や道路の上に位置する。一方、間接的な保護効果は、森林の特定の場所ではなく、ランドスケープ全体における森林の存在に関連している。例えば、河川の集水域に位置する森林は、侵食プロセスや洪水を防ぐか、少なくともその軽減に貢献することができる。さらに、森は、雪崩の脅威を思い起こさせる雪崩防止柵よりも、保護の観点からはより安心できると考えられる（Metral, pers communication, 2013）。森林の保護効果は、次のような基準によって決定される。

自然災害	森林の直接的な保護効果/木
雪崩	樹木（針葉樹など）が均質な雪層の形成を妨げることで、そのような圧縮層の発生を防ぎ、雪崩の発生を防ぐことができる。
落石	森林は主に、最大5m <sup>3</sup> までの落石を軽減するために使用される。樹木は、地面に倒れている幹や根の部分が障壁となり、落石のエネルギーを減少させる。落石を防ぎ、岩石が斜面の最下部に到達するのを防ぐことができる。
浅い地滑り	樹木の根は、機械的に浅い地滑りを防止または軽減することができる。  樹木や植生は表面的な効果だけでなく、土壌の補強にもなる。  リターを恒久的に設置し、降水を遮断することで、侵食を防止するとともに、蒸発散のバランスにプラスの影響を与えることができ、土壌の水分バランスの改善につながる。

- ハザードの種類（その確率と強度を含む）
- 森林自体の状態（樹木の種類、幹の構造、樹齢、密度、樹木の再生の程度、害虫の侵入のしやすさ）。
- 森の位置、場所
- 斜面の特性

### 実装とガイドライン

高山地域の森林はそれぞれ異なるため、国境を越えた一貫した保護林管理戦略やアプローチには大きな課題がある。

スイスでは、カントン（訳者注：スイスの地方行政区画）（もしくは州政府）が保護林を設定し、森林管理計画を立てることが義務づけられており、カントンの独立性は高いとされている。

スイスのカントンは、連邦森林法をカントンの規制によって具体化している。連邦政府は、国の指針と戦略的リーダーシップを提供し、保護林管理のためにカントンに補助金を支給している。補助金は、カントンの実績とサービスに基づいて支給されるが、全体の費用は連邦政府とカントンおよび地方自治体が分担することになっている。

スイスの森林管理システムは、個人の森林所有者（および、その森林管理者）が保護林の利用を促進し、森林管理ガイドラインに従うことに大きく依存している。スイスの保護林の67%が個人所有で、33%が公共のものであると言われている。森林所有者は、保護林を適切に管理することで、現金による奨励金を受け取ることができる。ダボスのようないくつかの地域では、私有地の所有者は、自分の土地を使用し、森林を維持する見返りとして、スキー事業から得られる利益の一定割合を受け取っている。そのため、戦略的な森林計画は、カントンレベルで行われ、運営計画は、森林所有者のレベルで行われている。近年、国内の保護林プロジェクトの資金配分を決定するために、より合理的なリスクベースの評価と費用便益分析が強く求められるようになった。保護林の管理を支援するために民間の森林所有者に補助金やその他の財政的なインセンティブを割り当てることは、他の高山地帯の国々でもよく行われている。

森林は動的なシステムであるため、その保護効果は時間とともに変化する。そのため、持続可能で長期的なハザード防止効果の最大化に焦点を当てた森林管理システムを構築する必要がある。そのためには、間伐や伐採などの森林施業を行い、樹木の再生を促すことが必要である。これらの方法は、あらゆる年齢や成長段階の樹木の小規模なパッチワークを確立することを目的としている。

高山地帯の保護林の管理は、2005年にスイスで出版された「Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests（保護林の持続可能性と成功のモニタリング）」など、特定のガイドラインを作成して実施することで最適化されている。このハンドブックは「NaiSガイドライン」として知られており、森林の現

在の状態と、保護されている状態を比較することができる。危険なプロセスの影響を許容範囲内に抑えるためには、関係する自然ハザードや土地の種類に応じて、最低限の森林プロファイルと理想的な森林プロファイルを設定する必要がある。これらの「目標プロファイル」は、主に幹の数、伐採地の大きさ、樹冠密度などの構造物要素を指す。これらのガイドラインによると、森林の構造は多様で、単木または群生が攪乱に耐えること、木の再生は継続的であることが望ましいとされている。森林内の樹木の成長のバリエーションの程度は、森林の長期的な保護効果を決定する。不均質な森林は、自然ハザードに対する長期的な保護効果が最も高く、自然の攪乱に対するレジリエンスが高いと考えられているため、均質な森林よりも好ましい。しかし、スイスの保護林のような場合、ノルウェイトウヒ（*Picea abies*）に支配された均質な森林が多く、木の再生がうまくいかないことがある。以下の表1は、NaiSガイドラインのターゲットプロファイルの一例である。

NaiSガイドラインは、保護林の開発と改善の鍵となる、標準化された意思決定プロセスを確立している。保護林のモニタリングの目的は、できるだけ効率的に高い保護効果を得ることである。NaiSのガイドラインでは、伐採方法に優先順位をつけることができ、費用対効果が高いと判断された場合にのみ伐採を実施できる。

### 5. 生態系を活用した災害リスク軽減との関係

保護林は、アルプスの災害リスク管理において重要な役割を果たしている。アルプスの森林は、落石、雪崩、浸食、地滑り、土石流、洪水など、アルプスでは比較的頻繁に発生する危険な現象から、危険の強さ（緩和効果）と可能性（予防効果）を軽減することで、人々とその資産を守っている。

しかし、保護林は完全な保護を提供するものではなく、落石防止ネットや雪崩防止柵などの追加的な人工的対策によって、残存リスクをさらに低減することができる。

スイス政府は、過去10年間、森林の保護対策に年間1億2,000万～1億5,000万スイスフランを投じてきたが、これには人工的な対策（雪崩防止柵、柔軟な落石防止ネットなど）も含まれている。ドイツのバイエルン州では、1986年に保護林再生プログラムが開始されて以来、約6,000万ユーロが投資されており、過去20年間で1ヘクタールあたり250ユーロに相当する。

保護林の費用と効果を推定する技術が開発されている。森林に覆われた落石の多い斜面から下り坂の道路を走行する人を対象に、既存の森林による緩和効果がある場合とない場合の3D落石シミュレーションを行い、落石のリスクを評価した。その結果、森林があることで、この場所の道路利用者のリスクが91%軽減されることがわかった。これは金額にして1年あたり約1,000スイスフランに相当し、

観光、野生動物、アグロフォレストリーなど、森林から得られる付加的な金銭的利益は含まれていないが、これも相当な額になる可能性がある（Wehrli and Dorren, 2013）。

## 長所と短所

保護林は一般的に、山岳ハザードの軽減に非常に効果的かつ効率的である。例えば、保護林は、斜面全体などの広い範囲に保護効果を与えることができ、雪崩や落石などの異なる種類の自然ハザードに対しても同時に効果を発揮することができるのである。そのため、空間的に制限され、通常は1種類のハザードに対してしか保護できない技術的手段と比較して、明らかな利点がある。また、保護林の管理にかかる費用は、技術的・工学的対策の建設や維持管理に比べて5～10倍も安いと言われている(Wehrli and Dorren, 2013)。

表1.サイトタイプと自然ハザードに対する最小および理想の森林プロフィール  
出典：Frehner et al, 2005から改変

<b>Natural Hazard:</b> Rockfall in the transit zone Relevant rock size about 50cm Target profile see Appendix 1	<b>Site type:</b> Typical Silver fir-Beech forest on carbonatic bedrock
--	--

Stand and tree characteristics	Minimum Profile	Ideal profile
<b>Mixture</b> Type and degree	Beech 30-80% Silver fir 10-60% Norway Spruce 0-30% Sycamore maple Seed trees	Beech 40-60% Silver fir 30-50% Norway Spruce 0-20% Sycamore maple, ash 10-30%
<b>*Structure</b> Stem diameter (dbh variation)  Horizontal structure	Sufficient number of trees with development potential in at least 2 different dbh classes per ha  Individual trees, possibly clusters At least 300 trees/ha with dbh> 24cm	Sufficient number of trees with development potential in at least 3 different dbh classes per ha  Individual trees, possibly clusters, canopy closure open At least 400 trees/ha with dbh> 24cm
<b>Stability carriers</b> Crowns  Coefficient and slenderness  Stand/ anchoring	Crown length of silver fir at least 2/3 of Norway at least 1/2  <80  Upright stems, well anchored, few trees leaning at extreme angles	Crown length at least 2/3  <70  Upright stems, well anchored, no trees leaning at extreme angles
<b>Regeneration</b> Seedbed  Small saplings (10cm to 40cm tall)  Large saplings (40cm tall to 12cm dbh)	Area with strongly competing vegetation <1/3  At canopy closure <0.6 at least 10 beech/silver fir per 0.01 ha (on average one saplings every 3 m). In openings maple present  On each ha, at least 1 group (0.02-0.05 ha), on average 1 group every 100m) or canopy cover at least 4% Mixture in line with target profile	Area with strongly competing vegetation <1/4  At canopy closure <0.6 at least 50 beech/silver fir per 0.01 ha (on average one saplings every 1.5 m). In openings maple present  On each ha, at least 3 group (0.02-0.05 ha), on average 1 group every 60m) or canopy cover at least 7% Mixture in line with target profile

落石、土石流、雪崩などのマス・ムーブメントの影響を和らげる効果はあるものの、森林が山のハザードを完全に防ぐわけではない。重要な交通インフラを保護するために、政府はこの「環境対策」と落石防止ネットや雪崩防止バリアなどの構造物対策を組み合わせている（図3）。

さらに、森林を最適に保護するには、多様性の確保や害虫の侵入に対する抵抗力の維持など、7つの要素が必要である。これらの特徴を持たない森林は、ハザードを軽減する効果が低い。

### 6. 教訓と結論

保護林は、自然ハザードに対する非常に効果的かつ効率的な対策であると考えられている。

現代の保護林管理は、主に自然の生態系（構造とプロセス）の保護能力を利用することに基づいており、効果と効率の両方を最大化することを目指している。

保護林の管理を成功させるためには、質の高いガイドラインの作成や、推奨された対策を適切に実施するための林業家や森林所有者への研修など、いくつかの要素が重要となる。また、森林保護システム全体に関する知識の不足にも対処する必要がある。例えば、自然ハザードと保護林のシミュレーションモデルを改良することで、森林保護システムに関するより良い洞察を得て、既存のガイドラインを改善することができる。学際的なアプローチを採用することで、生物学的、育林学的、技術的、経済的な課題に幅広く対応することができる。これらの対策は、持続可能な森林管理のための継続的な政治的・財政的支援によって支えられている。



図2.保護林（スイス、ダボス）  
Credit: UNEP



図3. 落石の危険性があるオーストリアの山道に、アルプスで一般的に使用されている3つの異なる保護対策（落石防止ネット、落石防止ダム、保護林）を施したもの（Credit: L. Dorren, 2004）

## 7. 演習と講義ノート

1. 保護林には、直接保護と間接保護の両方の機能がある。この2つの機能の関連性を説明しなさい。
2. 保護林の効果に影響を与える4つの要因を列挙し、それらが森林の保護機能にどのような影響を与えるかを説明しなさい。
  - I. ハザードの種類
  - II. 森の状態
  - III. 森の位置、場所
  - IV. 斜面の特性
3. スイスでは、どのような政治レベルで森林管理が行われているのか？連邦政府はどのような役割を果たしているか。森林管理の地方分権化の利点は何か。
4. 自分が高山のコミュニティの市長であると想像してください。2つの国の国境に

位置するこのコミュニティは、列車、トラック、自家用車による人や商品の輸送に使われる交通量の多いルートに沿っている。しかし、この重要なルートでは、冬には雪崩が、夏には落石がしばしば発生する。これらのリスクを軽減するために、あなたならどのような対策を選択するか、またその理由は？

### 回答

- I. 保護林には、直接保護と間接保護の両方の機能がある。この2つの機能の関連性を説明しなさい。

直接保護とは、サイトに関連するもので、森林がハザードと、それにさらされる人々やインフラの間に位置することで保護することを意味する。

間接保護機能は、洪水や過度の土壌浸食などのプロセスから森林を保護するために重要である。例えば、森林はその根を通じて土壌構造を安定させ、浸食プロセスのリスクを低減させることができる。

間接的保護機能は、森林が生存し、資産を保護するという役割を果たすための環境を整えることで、直接的保護機能を支えている。間接的機能が損なわれると、森林が侵食され、山の生態系の一部または全部が破壊されることになる。

2. 保護林の効果に影響を与える4つの要因を列挙し、それらが森林の保護機能にどのような影響を与えるかを説明しなさい。

- I. ハザードの種類：森林が提供する保護は、対象となるハザードによって異なる。一方、保護林は岩石の落下を遅らせ、斜面を下る際のエネルギーを軽減する。
- II. 森林の状態：様々な成長段階にある様々な樹種からなる多様な森林は、ハザードの軽減に効果的であり、ハザードへのレジリエンスも高い。急速な木の再生により、森林内の木の供給が継続される。
- III. 森の位置、場所。明らかに、健全な山林は、ハザードと保護すべき資産の間に直接位置していれば、よりよく保護することができる。
- IV. 斜面の特徴：斜面の勾配が大きいと、落石、雪崩、土石流、洪水などの山岳ハザードのエネルギーが大きくなり、その影響も大きくなると考えられる。

3. スイスでは、どのような政治レベルで森林管理が行われているか？連邦政府はどのような役割を果たしているか。森林管理の地方分権化の利点は何か。

森林管理計画の実施は、州または州レベルの政府が担当している。連邦政府は補助金を出し、森林管理に関する法律を制定し、戦略的ガイドラインを作成し、州がそれを実行する。地方分権により、州政府は保護林の管理を促進している。

管轄内の森林政策に直接影響を与えることができ、選択戦略の自由度が高まる。

4. 自分が高山のコミュニティの市長であると想像してみなさい。2つの国の国境に位置するこのコミュニティは、列車、トラック、自家用車による人や商品の輸送に使われる交通量の多いルートに沿っている。しかし、この重要なルートでは、冬には雪崩が、夏には落石がしばしば発生する。これらのリスクを軽減するために、あなたならどのような対策を選択するか、またその理由は？

このルートの重要性を考えると、この場合はハイブリッドなアプローチが最適であると考えられる。保護林に鉄製の金網、アンカー、ボット、擁壁などを組み合わせ、不安定な岩塊や雪の障壁を雪崩に対して補強することで、落石や雪崩のリスクを軽減することができる。

## 参考文献

- Angst, M. (2012). Integration of nature protection in Swiss Forest Policy, INTEGRATE Country Report for Switzerland.  
Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. 76 pp.
- Brang, P. et al. (2006). "Management of protection forests in the European Alps: an overview". For Snow Landsc. Res. 80, 1:23-44.
- Diem, A. et al. "Alps", Britannica Online Academic Edition. [Online] Available at: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/17356/Alps>
- Dorren et al. (2004) Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. Forest Ecology and Management 195, pp. 165-176
- Frehner, M., Wasser B., and Schwitler R. (2007). Sustainability and Success Monitoring in Protection Forests: Guidelines for Silvicultural Interventions in Forests with Protective Functions. Partial translation by P. Brang and C. Matter. Environmental Studies no. 27/07. Bern, Switzerland. Federal Office for the Environment (FOEN). [Online] Available at: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publication/00064/index.html?lang=en>
- Giamboni, M. and Wehrli, A. (2008). "Improving the management of protection forests in Switzerland. The Project SilvaProtect - CH". Conference Proceedings, Interpraevent, 2008, Vol 2. [Online] Available at: [http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload\\_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2008\\_2\\_469.pdf](http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Tagungsbeitraege/2008_2_469.pdf)
- Metral, Roland (2013). Canton of Wallis, Forest Engineer, personal communication. November, 2013.
- Papathoma-Koehle, M. and Glade, T. (2013). "The role of vegetation cover change in landslide hazard and risk", in Renaud, et al (eds), The role of ecosystems in disaster risk reduction. Tokyo: United Nations University Press. pp. 293-320.
- Wehrli, A and Dorren, L. (2013). "Protection forests: A key factor in integrated risk management in the Alps", in Renaud, et al (eds), The role of ecosystems in disaster risk reduction. Tokyo: United Nations University Press. pp. 321-342.



UNEP

**PEDRR**

Ecosystems for Adaptation  
and Disaster Risk Reduction

**CNRD**

Center for Natural Resources  
and Development



Federal Ministry  
for Economic Cooperation  
and Development

**DAAD**

Deutscher Akademischer Austausch Dienst  
German Academic Exchange Service