

## 流域環境保全施策への 環境リスクファイナンスの 社会実装を考える

愛知川流域の生態系と  
土砂環境改善シナリオを事例として

水野 敏明

Toshiaki Mizuno

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター/  
主任研究員

## I はじめに

久保英也教授は2015年に保険学雑誌630号に発表した論文「環境リスクファイナンスの提案—琵琶湖の全循環停止リスクを対象として—」において、下記のように環境リスクと金融市場の関係を整理して、将来的な流域環境保全施策への環境リスクファイナンスの有用性を提言している。

「環境リスクは、従来は下記の①～③の要因から金融市場の対象とはなりにくかった。

- ①それを惹起する多様かつ複雑な要因を表現する必要があることから金融関係者にはなじみが薄い物理モデルの理解が必要である。
- ②環境毀損時の被害額の客観的な把握が難しい。
- ③金融取引と異なり利用できるデータに制約（期間、頻度、公開度）がある。

しかし、琵琶湖の全循環停止のような複雑な環境システムでも、観測データに基づく合理的な数理モデルが構築できれば、資金調達が可能となる。さらに、森林荒廃に伴う土砂災害の増加など、環境と災害が密接にリンクする分野では、環境リスクファイナンスを防災対策まで拡大できる可能性がある。そのため、自治体の環境や防災の担当者、金融関係者、環境分野の研究者、そして、保険、ファイナンスの研究者が力をあわせ、この新しい分野を開拓すべきとする社会的要請が来ている。」

そこで、本論考では久保(2015)の提言を受ける形で、流域環境保全において環境リスクファイナンスが適用できるのか、著者が設定した流域環境保全の具体的シナリオを用いて検討した。さらに、現状では社会実装に至るために、どのような点が足りていないのか検討した。最後に、環境リスクファイナンスを社会実装として導入するための課題と次世代の環境リスクの計量化技術について検討し、将来の展望について考察した。

## II 環境リスクファイナンスが 導入可能になる要件と 流域環境保全シナリオの 作成方法

### 1. 環境リスクファイナンスが導入可能になる 要件

環境リスクファイナンスが導入可能になる要件は、下記の久保(2015)の論文で示されている3段階の各項目とした。

#### 【環境リスクファイナンスが導入可能になる要件】

「第1段階 守りたい環境の選択とその毀損要素の抽出」

- (a) 守りたい環境の明示
- (b) 対象とする環境リスク
- (c) 環境の棄損を誘発する要素の特定
- (d) データの収集
- (e) 使用目的の明確化
- (f) ステークホルダーの合意

「第2段階 資金調達手段の選択」

「第3段階 環境リスクの計量モデル化」

- ①環境リスクの計量化(環境の毀損を再現する物理モデル、金融モデルなど)
- ②取引条件の決定
  - (i) 支払い要件(トリガー)の選定
  - (ii) プレミアムの決定
  - (iii) 調達したい財源額の決定(緊急環境対策費、被害額など)

### 2. 流域環境保全シナリオ作成方法

実際には流域環境保全をどのように管理していくのかについては、土地所有者や地域住民、行政管理者などの合意形成によるべきものである。そのため、絶対に正しい流域環境保全シナリオと

いうものは存在しない。本論考では、WWFドイツが発行した流域環境保全のガイドライン(2011)を参考としてシナリオを作成設定した。対象場所は、彦根市と隣接する東近江市の愛知川流域とした。流域環境保全のシナリオの内容は、著者の主観に基づく「愛知川流域の生態系と土砂環境改善シナリオ」とした。

流域環境保全シナリオは、下記の(ア)、(イ)、(ウ)の3つの区間に分けて作成した。最後に、3つのシナリオを統合した、森—川—湖のつながりを一体として考える統合的流域環境保全についても考察を行った。

(ア) 上流域：森—川の水と土砂のつながり

(イ) 中下流域：中流から下流までの水と土砂のつながり

(ウ) 河口湖辺域：河口—湖辺の水と土砂のつながり

本論考で対象とした愛知川は流域面積約233平方キロメートルで、幹線流路延長約40キロメートルの河川である。その流域の大半を東近江市が占めるという、流域範囲と行政範囲が重なっているという特徴をもった河川である。そのため、山口(2015)が指摘するように、東近江市は森—川—湖の流域を一体として流域環境保全できるという、行政管理上の特色がある。愛知川流域の上流域は生物多様性の価値が高い動植物が多い鈴鹿山脈の森林地帯であり、農業利水ダムである永源寺ダムがあるという特徴がある。中流域は、旧中山道や国道8号線を通って市街地にも近いという特徴がある。下流域は、河畔林のある河道環境が残存している。河口域の琵琶湖の湖辺には砂浜があるという特徴がある。愛知川は、永源寺ダムができる前は、洪水が頻発していた暴れ川だったため、防災に関しても関心の高い地域となっている。このような、愛知川流域の特徴についての

詳細については田中(2016)の「なぜ愛知川流域を研究するのか—琵琶湖の健全な「乳母」であるために—」の論文に詳しく紹介されている。

### Ⅲ 流域環境保全シナリオ分析

シナリオ分析においては、上記の3段階の各項目に関して、各シナリオ毎に具体的な設定が可能かどうか検討した。さらに、実際に適応した場合に問題になる可能性の高い項目に関して「現時点で足りない部分」として考察した。

#### 1. シナリオ(ア):上流域:森—川の水と土砂のつながり

「第1段階 守りたい環境の選択とその毀損要素の抽出」

(a) 守りたい環境の明示:「在来イワナの生息する美しい溪流環境。」

愛知川の上流域は天然林も多く残存し、広葉樹に囲まれた美しい景観の溪流がある。森林域には、哺乳類はシカ、カモシカ、ツキノワグマなどが生息している。魚類は、「ナガレモンイワナ」、「ムハンイワナ」、「ヤマトイワナ」と呼ばれ世界でもここにしかない大変貴重な在来イワナが生息している。そのため、生物多様性を考えるうえで世界的にも重要な地域となっている。

(b) 対象とする環境リスク:「溪流河川への過剰な土砂流入による在来イワナの生息地破壊。」

愛知川上流域では、シカによる林床の食害のために森林域の表層の土壌が失われてしまっている場所がある。河川近くの人工林で管理が難しい地域では、林床に日があたりにくいため、土壌の保持能力が低下している。さらに、30年以上前に作った堰堤などの構造物は、スリット構造になっていないため、構造物内部に土砂が堆積してしまい減災

効果が減少している可能性がある。総じて、森林表層や水辺林の貧弱な場所の河岸崩壊が進み、溪流河川への過剰な土砂流入が生じている。結果として、泥っぽい土砂が堆積することにより、昔ながらの美しい溪流景観が失われ世界的にも貴重な在来イワナが減少する可能性がある。

(c) 環境の棄損を誘発する要素の特定:「豪雨・台風。」

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

(d) データの収集:溪流ごとの樹林構成、在来イワナの分布、在来イワナの生息量、森林の林床状態の観測情報、雨量強度と土砂流出量の観測情報、堰堤状態と土砂流出抑制効果の観測情報、河道内の土砂堆積量の観測情報(地形変化)など。

(e) 使用目的の明確化:在来イワナの生息する美しい溪流景観の維持を阻害する要因への対策施策。

(f) ステークホルダーの合意:地域住民、森林所有者、森林管理者、漁協、企業、溪流管理者(行政)の合意が必要。

「第2段階 資金調達手段の選択」:CAT債券(調達額が大きいため)。

「第3段階 環境リスクの計量モデル化」

①環境リスクの計量化(環境の毀損を再現する物理モデル、金融モデルなど):

・降雨量と一次谷レベルで流出する土砂量の関係を示す統計数理モデル。

・流域全体での降雨量と土砂流出総量の関係を示す統計数理モデル。

## ②取引条件の決定:

### (i) 支払い要件(トリガー)の選定:

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

### (ii) プレミアムの決定:

仲介業者に依存。

### (iii) 調達したい財源額の決定(緊急環境対策費、被害額など)

- ・超豪雨の際に予想される被害額。
- ・土砂流出を抑制する水辺林の育成費用。
- ・土砂流出を未然に防ぐためのシカ食害対策費用。
- ・土砂流出をコントロールするための堰堤のシリット化費用。

上記のバランスを考慮した調達額。

## 1-2. シナリオ(ア)について現時点で足りない部分

上記のシナリオならば、久保(2015)の示す環境リスクファイナンスの要件に関しては、ほぼ満たしている。そのため、超豪雨トリガーとしたCATボンドを社会実装できる可能性があると考えられる。愛知川の上流域の雨量の観測データなど気象データは存在している。また、過去の森林域の土砂崩壊データもある程度存在している。それらに基づき、流域全体の降雨量と土砂流出総量の関係を示す統計数理モデルを、構築できる可能性がある。しかし、「降雨量と在来イワナが生息するような1次谷レベルで流出する土砂量の関係を示す統計数理モデル」に関する下記の部分は、現時点で足りない部分である。

- ・雨量強度と1次谷レベルの森林表層の土砂流出の詳細な観測データが少ない。

・在来イワナが生息しやすい溪流環境条件の科学的なデータ基準値が不明。

1次谷レベルの森から川にかけては観測データが少なく、土砂移動メカニズムは不明なことが多い。そのため、1次谷レベルでの観測データを積み上げていくことが必要である。同時に、在来のイワナが、どのような環境に生息しているのか、生態学的な視点からの科学的な観測データも積み上げて必要であると考えられる。これらの点に関して投資者が、納得合意できる科学的根拠を積みれるかどうか、このシナリオにおいて環境リスクファイナンスを導入するための重要なポイントになるものと考えられる。

## 2. シナリオ(イ): 中下流域: 中流から下流までの水と土砂のつながり

### 「第1段階 守りたい環境の選択とその毀損要素の抽出」

(a) 守りたい環境の明示: 「アユやビワマスが産卵生息するせせらぎの美しい河川環境。」

愛知川の中流域は、大きな石や瀬淵のあるせせらぎで、アユの釣りを楽しむ人が賑わう河川環境である。また、秋から冬にかけては、ビワマスが遡上してきて産卵するという、琵琶湖固有種の重要な産卵場所である。下流域は、秋に琵琶湖から遡上するコアユが産卵するなど、重要な産卵場所となっている。中下流域は、歴史的に氾濫が多かったため、二重堤防や防災を兼ねた河畔林が発達していた。そこには、希少な植物群落があり小水路にはアユが生息していた。中下流域は防災効果のある河畔林が貴重な生物多様性を育くみ、環境保全と減災が一体となっている河川環境が特色となっている。

(b) 対象とする環境リスク：「河床への土砂供給のバランスが失われることによるアユやビワマスの産卵生息環境の悪化。」

河床の土砂が供給のバランスが崩れて粗粒化すると河床が硬くなり、アーマーコート化の状況で産卵生息環境は悪化する。一方で、大規模洪水で土砂が流れたとしても、産卵区間に好適でない粒径の土砂が堆積してしまった場合には産卵生息環境は悪化する。

(c) 環境の棄損を誘発する要素の特定：「豪雨・台風。」

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

(d) データの収集：アユの生息環境条件、ビワマスの産卵環境条件、河畔林の樹種構成、河畔林の減災効果、氾濫浸水予測地図、氾濫浸水時の被害額想定、堰堤の強度データ、河床変動観測データ、河道内樹林分布など。

(e) 使用目的の明確化：アユとビワマスの美しい生息産卵環境の維持を阻害する要因への対策施策。

(f) ステークホルダーの合意：地域住民、河川管理者、土地改良区、行政、自治体、漁協、企業などの合意が必要。

「第2段階 資金調達手段の選択」：CAT債券（調達額が大きいため）。

「第3段階 環境リスクの計量モデル化」

①環境リスクの計量化（環境の毀損を再現する物理モデル、金融モデルなど）

・雨量や流量により河床環境変化を予測する物理モデル。

・アユに好適な産卵環境となる河床環境を評価できる河床の粒径分布モデル。

・ビワマスに好適な産卵環境となる河床環境を評価できる河床の粒径分布モデル。

②取引条件の決定

(i) 支払い要件（トリガー）の選定

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

(ii) プレミアムの決定

仲介業者に依存。

(iii) 調達したい財源額の決定（緊急環境対策費、被害額など）

・超豪雨の際に予想される被害額。

・大型洪水時に河道外への土砂流出を抑制する河畔林の管理育成費用。

・超豪雨時に遊水地となる河道外の環境学習ができる公園整備費用。

など、上記のバランスを考慮した調達額。

2-2. シナリオ(イ)について現時点で足りない部分

上記のシナリオならば、久保(2015)の示す環境リスクファイナンスの要件に関しては、ほぼ満たしている。そのため、超豪雨や計画流量超過洪水をトリガーとするCAT債券を社会実装できる可能性があると考えられる。また、瀧(2018)が指摘しているように、滋賀県では浸水想定地図が公開されているため、氾濫による被害額は事前に見積もることは可能であり、この点においても環境リスクファイナンスを導入するのに有利な条件となると考えられる。一方で、琵琶湖固有の特徴をもつアユやビワマスの産卵生息環境の状態変化の観測データは少ない。さらに、二重堤防や河畔林による防災効果や、土砂移動と河道地形変化につい

での、観測データや科学的知見も不足している。そのため、これらの点において観測データを積み上げて精緻化して科学的に合理的な予測ができるようにすることが、このシナリオにおいて環境リスクファイナンスを導入するための重要なポイントになるものと考えられる。

### 3. シナリオ (ウ) : 河口湖辺域 : 河口—湖辺の水と土砂のつながり

#### 「第1段階 守りたい環境の選択とその毀損要素の抽出」

(a) 守りたい環境の明示 : 「アユが産卵する河口環境と二枚貝が多い砂浜の湖辺環境。」

遊磨ら (2015) が指摘するように愛知川の河口域は、本来はコアユが産卵する好適産卵場所である。河口から琵琶湖内に供給された土砂は、琵琶湖の流れの影響によって、河口周辺の湖辺域に遠浅な砂浜を形成している。その砂浜は、地域の人々が遊べる親水環境を形成している。同時に、砂浜は、シジミなどの二枚貝の生息地となっている。そのため、河口湖辺域は親水レクリエーションと二枚貝の生息環境保全の両視点において重要な場所である。

(b) 対象とする環境リスク : 「河口域のアユの産卵場損失および浜欠けによる二枚貝の生息環境の減少。」

琵琶湖と河川の合流する河口付近において、河床勾配により掃流力が維持されるならば、上流から流れてきた土砂は河口域で拡散する。ところが、なんらかの要因で掃流力が減少した場合は、琵琶湖のバックウォーターの効果によって、土砂が河口域で拡散せずアユの産卵場が形成できない。また、バックウォーター効果により、琵琶湖まで土砂が届かない場合には、河口周辺の湖辺の砂浜が減少し、二枚貝の生息地が減少する。

(c) 環境の棄損を誘発する要素の特定 : 「豪雨・台風・土砂移動阻害。」

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。こうした時に、上流から流れる水と土砂が、河口や湖辺域で琵琶湖までうまく排出できない場合は、破堤や氾濫の要因になり、河口や砂浜などの湖辺環境の形成に悪影響を与えることが予想される。

(d) データの収集 : アユの産卵環境条件、二枚貝の生息環境条件、氾濫浸水予測地図、氾濫浸水時の被害額想定、河口堤防の強度、土砂移動による地形変化観測データ、湖岸流による土砂移動観測データなど。

(e) 使用目的の明確化 : コアユの産卵場の土砂管理対策とシジミ等二枚貝の生息する砂浜の環境保全対策。

(f) ステークホルダーの合意 : 地域住民、河川管理者、土地改良区、行政、自治体、漁協などの合意が必要。

「第2段階 資金調達手段の選択」 : CATボンド (調達額が大きいため)。

#### 「第3段階 環境リスクの計量モデル化」

① 環境リスクの計量化 (環境の毀損を再現する物理モデル、金融モデルなど)

- ・流量と河口の河床変動に関する物理モデル (河床変動2次元シミュレーションモデル)。
- ・湖辺砂浜形成に関する河川の土砂供給量を考慮した物理モデルもしくは数理予測モデル。

② 取引条件の決定

(i) 支払い要件 (トリガー) の選定

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメー

トルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

#### (ii) プレミアムの決定

仲介業者に依存。

#### (iii) 調達したい財源額の決定(緊急環境対策費、被害額など)

・超豪雨や計画流量を超える洪水の氾濫の際に予想される被害額。

・洪水時の流入土砂が円滑に拡散させるような河口地形整備費。

・砂浜環境が悪化することによる親水観光価値の減少額。

・二枚貝の水産資源的価値の損失額。

・アユの産卵環境悪化による水産資源的価値の損失額。

などのバランスを考慮した調達額。

### 3-2. シナリオ3について現時点で足りない部分

上記のシナリオならば、久保(2015)の示す環境リスクファイナンスの要件に関しては、ほぼ満たしているため、超豪雨や計画流量超過洪水をトリガーとするCATボンドを社会実装できる可能性はあると考えられる。また、滋賀県では浸水想定地図が公開されているため、氾濫による被害額は事前に見積もることは可能であり、この点においても環境リスクファイナンスを導入するのに有利な条件となっていると考えられる。

一方で、河口域から湖辺にかけての土砂拡散は、多様な要因が絡むために、物理モデルを構築するのが困難である可能性が高い。そのため、統計確率的な手法で土砂拡散パターンを予測するなど、環境リスクファイナンスで納得合意できることを目指した、新規の環境リスクの計量化技術が必要になるものと考えられる。

さらに、シジミ等二枚貝の生息環境条件なども、未知なる部分が多い。こうした生物多様性や生態学に関わる基礎的な科学的知見の充実も、環境リスクファイナンスを導入するために必要になるものと考えられる。

## 4. 統合的流域環境保全に向けた

### 環境リスクファイナンス

上記のシナリオ1~3は、それぞれ土砂流出を課題として捉え、豪雨や計画最大流量を超える、非常にまれな確率の災害をトリガーとして選定している点で共通している。また、シナリオ1の環境劣化は、シナリオ2の環境劣化のトリガーとなり、シナリオ2の環境劣化は、シナリオ3の環境劣化のトリガーとなり、森一川一湖で環境リスクが連動している。

そのため、大型のCATボンドが組めるのなら、次のように設定すれば、一括の手続きで流域環境保全対策として防災を考慮した環境リスクファイナンスを導入することができる可能性もあると考えられる。

(a) 守りたい環境の明示 : 「生物多様性の豊かな健全な土砂環境の愛知川流域の河川環境。」

(b) 対象とする環境リスク : 「異常土砂流出による流域環境保全リスク。」

(c) 環境の棄損を誘発する要素の特定 : 「豪雨・台風・土砂移動阻害。」

(i) 支払い要件(トリガー)の選定 :

過去最大を超える、連続降雨量が600ミリメートルを超える、もしくは、時間降雨量が130ミリメートルを超える超豪雨。または、計画最大流量3,000立法メートル毎秒を超える極端な状況。

## IV 流域環境保全対策への CATボンドの導入可能性の検討

流域環境保全対策の資金調達方法を考えた時、地方自治体だけが主体となるならば、「地方債」が国からの地方交付税による償還時の利点もあるため、最優先の資金調達方法になるものと考えられる。しかしながら、総務省の要綱(2018)に記載があるように、「地方債」は基本的には認可があれば資金調達はできるものの、地方自治体が管理している管轄範囲内での用途であるという制約がある。「地方債」による流域環境保全対策として自然災害防止事業の管轄範囲とは、平成30年度の要綱によると下記のようになっている。

**自然災害防止事業：**地域防災計画に掲げられている「災害危険区域」において、災害の発生を予防し、又は災害の拡大を予防するために地方単独事業として行う治山、砂防、地すべり、河川、林地崩壊、急傾斜地崩壊、ため池、小規模山地崩壊、海岸保全、湛水防除、特殊土壌、道路防災、地盤沈下対策又は防雪施設に係る事業に関して、財政融資資金をあてることができる。

上記の要綱から「災害危険区域」に関する、ある程度の流域環境保全対策については、地方債で対応可能である。一方で、「災害危険区域外」や「民有地」の防災・減災や環境保全に「地方債」を活用できるのかどうかについては検討の余地がある。そのため、下記の「生態系を活用した防災・減災(Ecosystem-based Disaster Risk Reduction: Eco-DRR) シナリオ」についての具体的なシナリオを考えて検討した。このシナリオは、土木学会の強くしなやかな社会を実現するための防災・減災等に関する研究委員会(2015)による指摘と、環

境省自然局(2016)の「生態系を活用した防災・減災に関する考え方」の提言に沿って、著者の主観に基づき設定した。

**生態系を活用した防災・減災(Eco-DRR) シナリオ：**愛知川の流域環境保全のために、気候変動による想定を超える災害に対して、「防災・減災をしながら生物多様性の環境保全する事業」を考える。事業自体は、河道外でなおかつ災害危険区域外にある、「伝統的な洪水への防備林」や「防備林と組み合わされた霞堤と遊水地」の機能再生を目指した公園整備事業である。減災効果は、行政の河川管理の防災計画の想定以上の激甚洪水時のみである。この防備林や霞堤の堤内や遊水地の湿地には、在来種による淡水生態系が残っていて、平常時には生物多様性が豊かな環境学習の場となる可能性がある。しかしながら、激甚災害を想定した時の減災機能と、生物多様性の環境保全機能について、両方の機能の社会的便益を最大化するためには、ある程度のまとまった資金による改修などが必要である。

上記のようなシナリオの場合は、防備林は最小単位の自治体の共有地であることも多い。防備林は、激甚災害の減災に有用である可能性はあるものの、通常は緑地や湧水源としての機能しかなく、河川管理者主体で積極的に投資する根拠はない。そのため防備林が「災害危険区域外」である場合は、地方債の適用は難しい。

一方、このような防災・減災と生物多様性の環境保全機能が両立するような場合には、CATボンドは利用できる可能性があると考えられる。CATボンド自体は償還が可能で仲業者が認めるならば、発行主体はフレキシブルに自治体、企業、NPO等の団体でも利用できるという特徴があ



る。また、CATボンドは、トリガーとなる甚大な被害損失があった災害後には償還が免除になるという特徴がある。そのため、資金調達側の視点から見れば、流域環境保全対策費の激甚災害対策保険付き資金調達方法と考えられる。

流域環境保全対策費として防備林に資金調達した場合には、償還について問題がある。防備林の公園化整備は、公益的側面が大きく金銭的利益がほとんど無く償還が難しい。そのため、仲介業者も資金調達団体もCATボンドの利用に躊躇する可能性がある。防備林の公園整備にCATボンドの利用を促進するためには、例えば防備林のエコツーリズムなど、金銭利益が生じる活用方法も償還計画時に立案することが、社会実装化に向けた重要なポイントになるものと考えられる。また、防備林の公園化整備について考えると、償還期間についても問題がある。通例、CATボンドの償還は3～5年であり、防備林の整備期間としては償還期間が短い可能性もある。そのため、CATボンドでありながら中長期10-20年程度を見込んだ商品があれば、防備林の公園化整備などの防災・減災と環境保全のバランスをとるための施策への資金調達の1つの選択肢として、定着しやすくなる可能性があると考えられる。

## V 環境リスクファイナンスを 流域環境保全に社会実装 するための技術と展望

将来的にも気候変動による豪雨や台風など、自然災害と連動するリスクの増加が見込まれている。こうした背景を受けて、気候変動の適応としてEco-DRRやグリーンインフラなど、防災・減災と環境保全を同時に考える、新たな流域環境保全の方向性が世界的に検討されている。Eco-DRR

やグリーンインフラにおける資金調達の方法としてCATボンドやESG投資は有望視されている。特にCATボンドは、久保(2015)が言及しているように、自然災害等の発生確率が基本となっているため、金融マーケットと非連動である。そのため、金融マーケットの崩壊に巻き込まれないリスクヘッジ的な商品として、国際的にその存在感を増している。

しかし、環境リスクファイナンスを日本の実社会に導入するには、超えていかなければならない環境リスクの計量化の技術的側面の問題も多い。例えば、流域環境保全における「守りたい環境」の科学的評価に関しては、不確実性が大きいという問題がある。そのため、通常の保険や金融などで考えられている「確率と期待値」などの表現が難しい場合が多い。さらに、公益事業の場合は、資金調達ができて投資を実行したところで、そのリターンは社会に広く関わるものの、現金化されるようなマーケットの財ではないため、投資効果を明瞭に数値化することは難しい。その結果「投資効果が見えず償還計画を立てにくい」という問題が生じ、資金を融資する方も、資金を融資される方も躊躇してしまうという問題がある。その改善のためには、環境リスクや投資効果の計量化の技術改善が、今後の普及のための重要なポイントになるものと考えられる。

近年、世界的に自然災害が増加する状況の中で、例えば洪水保険などはマーケットの発展が著しい。欧米諸国では、防災・減災や環境保全対策のハード的対策以外のソフト的対策として、環境リスクファイナンスが利用されてきている。これは環境リスクに関する計量化技術の向上も背景にあるものと考えられる。そのような国際的な時流を鑑みれば、久保(2015)が提言したように、本論考で示したような防災・減災と環境保全が関わるよう

な流域環境保全対策に関しては、CATボンドが資金調達手法の1つの選択肢となる可能性があるものと考えられる。

流域環境保全に環境リスクファイナンスの資金を導入するには、環境リスクを計量化する技術が肝要である。その点において、下記のような次世代の流域環境保全に関わる計量化技術が重要になると考えられる。

- ・河床変動2次元(3次元)シミュレーションモデル。
- ・ドローンによる高頻度高精細の空間測量技術。
- ・RTK-GPS (GNSS)：超高精度衛星空間測位技術。
- ・AI(人工知能)による自動化技術。

現在、技術開発中のこれらの技術を連携させて利用できれば、流域環境保全に関するデータの精度が革新的に向上する可能性が高い。そのため、環境リスクの計量化が、将来において平成の時代である現在では考えられないくらいに容易になる可能性がある。総じて、上記の環境リスクの計量化に関する新規技術が、Eco-DRRやグリーンインフラと連動した時に、環境リスクファイナンスは、流域環境保全の新たな資金調達手法として、日本においても定着できる可能性があるものと考えられる。

#### 参考文献

- ◎久保英也(2015)「環境リスクファイナンスの提案—琵琶湖の全循環停止リスクを対象として—」、『保険学雑誌』2015巻(2015)630号、43-60頁。
- ◎Jian-hua Meng. Angela Klauschen. Francesca Antonelli. Michele Thieme. Andrea Kraljevic (Edt.) 『RIVERS FOR LIFE The Case for Conservation Priorities in the Face of Water Infrastructure Development』WWF Deutschland, Berlin.
- ◎山口美知子(2016)「パネルディスカッション 東近江市が目指す流域政策—森里川湖から始まる環境基本計画—」、『龍谷大学 里山学研究センター 2015年度年次報告書』36-39頁。

- ◎田中滋(2016)「シンポジウム「流域のくらしと奥山・里山～愛知川から考える～」基調講演 なぜ愛知川流域を研究するのか—琵琶湖の健全な「乳母」であるために—」、『龍谷大学 里山学研究センター 2016年度年次報告書』7-20頁。
- ◎瀧健太郎(2018)「リスクベースの氾濫原管理の社会実装に関する研究—滋賀県における建築規制区域の指定を事例として—」、『日本リスク研究学会誌』第28巻1号、31-39頁。
- ◎遊磨正秀・丸山敦・山中裕樹・太田真人(2015)「琵琶湖の回遊魚と流入河川の河口付近環境」、『龍谷大学 里山学研究センター 2015年度年次報告書』298-302頁。
- ◎総務省(2018)『平成30年度地方債同意等基準運用要綱について』総務省自治財政局。
- ◎強くしなやかな社会を実現するための防災・減災等に関する研究委員会(2015)『自然災害につよしなやかな国土の創出のために—行動宣言と行動計画—』公益社団法人土木学会。
- ◎環境省自然局(2016)『生態系を活用した防災・減災に関する考え方』環境省自然環境局自然環境計画課生物多様性地球戦略企画室。

# **A Study on Social Implementation of Environmental Risk Finance for Environmental Conservation Measures in Basin**

## **A Case Study: Echi River Basin Ecosystem and Sediment Environment Improvement Scenario**

Toshiaki Mizuno

In this thesis in consideration of Professor Kubo's proposal, it was examined whether environmental risk finance can be applied in environmental conservation of river basin. We specifically examined the "Echi River basin ecosystem and sediment environment improvement scenario". The main basin of Echi River is in Higashi Omi City of Shiga Prefecture. As a result of examining the three scenarios, it was suggested that there was a missing part, but the possibility of introducing CAT bonds was suggested. Next, we examined the problem of role with municipal bonds and examined what is needed to reach social implementation. Finally, we showed the prospect of next-generation of river basin environmental risk evaluation technology necessary to introduce environmental risk finance as social implementation.

