

# 河川整備基金助成事業

山川海をつなぐ水環境と生態系サービスの  
保全・回復に関する調査研究委員会

報 告 書

助成番号 : 24-1215-013

社団法人国際海洋科学技術協会

立 光 武 彦

平成24年度

## はじめに

近年、山川海の水環境の保全・回復、すなわち生態系サービスの劣化が叫ばれている。このためには、まず水環境においては、流域内やそこから海域への水環境の課題について、水系内連続性の観点から水の量的かつ質的評価を行う。これらの評価によって山川海の水環境を水のみの視点からのみならず、水を介した産業の連携のあり方などを科学的に整理し、これから流域から海の水環境の管理や保全のあり方に資することを目的とする。

海の環境の保全の持続性を確保するには水環境の基礎となる流域、集水域を巡る水系管理のあり方、流域の農林水産業、都市や開発計画などの社会構造の変遷や変化などが大きく関与することを考慮しなければならない。これまで山、川から海までの水環境の保全について、その連続性と流域におけるダム事業や河川管理、農林業、水産業などの現状と課題から沿岸の水環境のあり方の課題と方向性を検討してきた。近年、特に内陸から沿岸への河川水の流入について、気候変動の影響によると思われるような過去と違った降水の激増、山地の崩落、河川の氾濫など、管理の基準をこえる水量の大きい変動が流域や海域の環境に影響をもたらしている。一方で平常時の水管においては、流入水量の見直しは行われるもダム建設、農業や工業などの治水利水目的で、旧来の水の量的管理の観点からの施策に重点が置かれすぎている。今後、農業の社会的背景や工業の産業構造の変化、また都市開発などによって水環境の質的な変化が必要となる。そこで種々の質的管理の手法やあり方の導入により、陸水域や海域の生態系サービスの基盤及び供給サービス機能などの劣化を防ぐ施策につなげるものである。

山川海の同一水系内の水管において、これまで主にとられてきた量的管理から社会環境に配慮した質的管理のあり方についてその課題の整理をする。内陸の水環境の施策のあり方が、環境保全、生物への影響、特に沿岸の環境保全の一番の担い手である水産業に効率的に伝わっているかの評価を行う。山川海の水環境の生態系サービスの劣化の回復の事例に役立てる。また、検討課題の整理から、水環境、河川管理、沿岸管理の具体的な施策にも活かすことができる。

これから水系内の水環境の管理や保全には、これまでの河川管理行政では解決できない種々の要素が関連しているので、水環境の保全に関連する産業や地域行政などと、どのように連携すれば山川海の連続した環境の保全や持続性が保たれ、生産性が上げられるか、さらに経費をかけずにできる課題などが検討でき、施策への提言に資することができる。

これまで特例民法社団法人国際海洋科学技術協会の委員会では河口・海岸域に関し、平成9~11年度に「生態系環境評価」、同12~14年度に「生態系環境造成と管理」、同15~17年度に「生物生息場の機能と環境影響」、同18~20年度に「生物生息環境の総合化」、同21~23年度に「山川海をつなぐ河川・水環境とその保全・回復に関する調査研究」を調査、研究してきた。河川生態系、沿岸域生態系はそれぞれが深く繋がり、切り離せないものであることを確認しながら、今後もこの活動が日本の河口・海岸域の開発における造成指針に結びつけられるようにしたい。

山川海をつなぐ水環境と生態系サービスの保全・回復に関する調査研究委員会  
委員長 石川公敏

## 委 員 会 名 簿

委 員 長	石川 公敏	環境アセスメント学会 理事
委 員	勝井 秀博	米陸軍工兵隊 日本地區本部 事業管理統括本部 プロジェクト・マネージャ
"	児玉 真史	独立行政法人水産総合研究センター 中央水産研究所 海洋・生態系研究センター 生態系モデルグループ
"	小松 輝久	東京大学 大気海洋研究所 行動生態計測分野 准教授
"	白谷 栄作	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学 研究所 管理部 業務推進室長
"	中村 充	福井県立大学 名誉教授
"	中村 義治	新日本環境調査株式会社 東日本支店 技術顧問
"	日野 明徳	財団法人海洋生物環境研究所 顧問
"	渡邊 国広	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 研究官
オブザーバ	鈴木 輝明	名城大学大学院 総合学術研究科 特任教授
"	古川 恵太	国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部 海洋環境研究室 室長
外部講師	板垣 修	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室 主任研究官
"	坪山 良夫	独立行政法人森林総合研究所 水土保全研究領域長
事 務 局	鈴木 和富	社団法人国際海洋科学技術協会 常務理事・事務局長
"	猪口 茂樹	社団法人国際海洋科学技術協会 事業推進専門部長

## 目 次

はじめに	i
委員会名簿	ii
目 次	iii
委員会開催概要	iv

### 第1章 本年度委員会基礎事項

1.1 目的	1
1.2 論議の項目	1
(1)平常時の水環境	1
(2)大規模な気候変動の影響	2
(3)水環境に係る新たな展開	2

### 第2章 本年度テーマの進捗

2.1 本年度テーマの進捗	6
---------------	---

### 第3章 プレゼンテーション

3.1 気候変動の治水施策への影響に関する全国マクロ評価	10
3.1.1 講師プロフィール	10
3.1.2 概要	10
3.1.3 海外の適応策の事例紹介	11
3.1.4 我が国の治水政策への影響のマクロ評価手法	12
3.1.5 試算結果	15
3.1.6 質疑、意見	16
3.2 森林と水流出	18
3.2.1 概論	18
3.2.2 森林の水収支	21
3.2.3 質疑、意見	23

## **委員会開催概要**

### **第1回委員会**

日時	平成 24 年 7 月 27 日（金） 14:00～16:00
会場	三会堂ビル 9 階第 1 会議室
出席者	石川公敏、白谷栄作、中村 充、中村義治、日野明徳、渡邊国広、鈴木輝明、猪口茂樹
会議内容	1. 平成 23 年度事業の目的、内容、方向の検討 2. 「内湾力の回生（仮称）」の図書作成に関して

### **第2回委員会**

日時	平成 24 年 9 月 19 日（水） 14:00～16:30
会場	三会堂ビル 9 階第 1 会議室
出席者	石川公敏、勝井秀博、白谷栄作、中村 充、中村義治、日野明徳、渡邊国広、鈴木輝明、猪口茂樹
会議内容	1. 前回議事、発言の確認 2. 今期の方向性の追加、検討 3. 講師の選定

### **第3回委員会**

日時	平成 24 年 11 月 8 日（木） 14:00～16:30
会場	三会堂ビル 9 階第 1 会議室
出席者	石川公敏、勝井秀博、小松輝久、白谷栄作、中村 充、中村義治、日野明徳、渡邊国広、鈴木輝明、猪口茂樹
講師	板垣 修： 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水資源研究室 主任研究官
会議内容	1. 前回議事、発言の確認 2. 24 年度委員会の進捗に関して 3. プрезентーション： 気候変化の治水施策への影響に関する全国マクロ評価 4. 次年度事業活動の協議

### **第4回委員会**

日時	平成 24 年 11 月 26 日（月） 14:10～17:20
会場	三会堂ビル 2 階 C 会議室
出席者	石川公敏、小松輝久、中村 充、中村義治、日野明徳、渡邊国広、猪口茂樹
講師	坪山良夫： 独立行政法人森林総合研究所 水土保全研究領域長
会議内容	1. 前回議事、発言の確認 2. プрезентーション： 森林と水流出

### 3. 「内湾力の回生（仮称）」図書出版事業検討

#### 第5回委員会

日時 平成25年3月13日（水） 14:00～16:00  
会場 三会堂ビル 2階C会議室  
出席者 石川公敏、白谷栄作、中村 充、中村義治、日野明徳、渡邊国広、猪口茂樹  
会議内容 1. 前回議事、発言の確認  
2. 次年度事業活動の協議  
3. 「内湾力の回生（仮称）」図書出版事業、原稿執筆の検討

# 山川海をつなぐ水環境と生態系サービスの保全・回復に関する調査研究

## 第1章 本年度委員会の基礎事項

### 1.1 目的

- ・目的は「山川海の水環境の保全・回復、すなわち生態系サービスの劣化が叫ばれている。このためには、まず水環境においては、流域内やそこから海域への水環境の課題について、水系内連続性の観点から水の量的かつ質的評価を行う。これらの評価によって山川海の水環境を水のみの視点からのみならず、水を介した産業の連携のあり方などを科学的に整理し、これから流域から海の水環境の管理や保全のあり方に資することを目的とする。」としています。
- ・内容は「海の環境の保全の持続性を確保するには水環境の基礎となる流域、集水域を巡る水系管理のあり方、流域の農林水産業、都市や開発計画などの社会構造の変遷や変化などが大きく関与することを考慮しなければならない。これまで山、川から海までの水環境の保全について、その連続性と流域におけるダム事業や河川管理、農林業、水産業などの現状と課題から沿岸の水環境のあり方の課題と方向性を検討してきた。近年、特に内陸から沿岸への河川水の流入について、気候変動の影響によると思われるような過去と違った降水の激増、山地の崩落、河川の氾濫など、管理の基準をこえる水量の大きい変動が流域や海域の環境に影響をもたらしている。一方で平常時の水管管理においては、流入水量の見直しは行われるもダム建設、農業や工業などの治水利水目的で、旧来の水の量的管理の観点からの施策に重点が置かれすぎている。今後、農業の社会的背景や工業の産業構造の変化、また都市開発などによって水環境の質的な変化が必要となる。そこで種々の質的管理の手法やあり方の導入により、陸水域や海域の生態系サービスの基盤及び供給サービス機能などの劣化を防ぐ施策につなげるものである。」としている。
- ・「山川海をつなぐ水環境」の論議は、従来より平常時を前提に考えられてきた。前回は、「内湾力の回生（未完成）」の中で課題を抽出した。それによれば、生態系サービスの観点からは、基盤サービス、供給サービスおよび保全サービスについて主に課題をまとめた。今回は、そのうちどこをどのように進めていくのかが必要になる。ただ、近年、気候変動に基づくと考えられる、異常な集中豪雨などが頻繁になってきている。そこで今後の水環境管理においては、特異でなくなってきた集中豪雨などが水環境に及ぼす影響もその社会的背景を考えれば、前提の中にそれを考慮してはどうかと考えている。そこでこの期の論議の項目を整理してみる。

### 1.2 論議の項目

- ・「(1)平常時の水環境」、「(2)大規模な気象の変動」、「(3)水環境に係る新たな展開」と書いている。

#### (1)平常時の水環境の中

- ・「循環型社会などにみられる社会のシステム変化に対応」、「流域内の産業構造の変化、社会構造の変化と水環境の関係、地域の産業（農業、漁業、工業等）の変化とその展開」といった環境の変化に関してはいろいろな問題が背景にある。

- ・この観点からの水環境の管理への課題をまとめ方向を進めている。今期は社会構造の変化の中に、節電？省エネ？循環型社会への背景を入れる必要があると考える。
- ・エネルギー問題と循環型社会の問題、水環境は切り離す必要がないので、背景の中に入れている。
- ・逆に何があるか分からぬが、節電、省エネ、社会に貢献する水環境は何？といったこともある。
- ・循環型社会は、「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済社会から脱却し、生産から流通、消費、廃棄に至るまで物質の効率的な利用やリサイクルを進める事により、資源の消費が抑制され、環境への負荷が少ない「循環型社会」）に貢献する水環境であるということが求められている社会のことである。このような循環型社会に貢献する水環境とは何かを出す。
- ・都市型社会（ヒートアイランド現象とライフスタイル）に貢献する水環境は、平常時の新しい課題がこういったところにあると思う。
- ・その中で基盤サービスが問題になっており、基盤サービスの栄養塩の循環が大きな項目であるから、栄養塩という問題を含め、循環における水の質の問題を検討すべき課題であるとしている。これが平常時においての今期の中心的課題になると思う。
- ・供給サービスでは水環境持続可能性やこれから沿岸域の漁場の健全化には、どのような政策がとられているかの政策的な観点での話題と課題が出された。

## (2) 大規模な気候変動の影響

- ・イベントと水環境の関係があると思える。そういう観点から見た場合、短時間降水量の増大現象の激増や、山地の崩落、河川の氾濫は、河川管理のあり方や山の植林のあり方の変更といったことにも影響してくるのではないかが水管理からあると思う。
- ・少し長期的な変化の課題としては、植生や動物分布の変化、自然生態系への影響と水環境の変化が当然起こりうる問題である。
- ・多様性の問題、絶滅危惧種の激増問題、外来種の問題もある。

## (3) 水環境に係る新たな展開

- ・今は水環境に係る行政的・法的な展開がいろいろなところでやられようとしている。水系や集水域としての水環境の管理の観点から見直しを行っているが、これは我々の仕事ではなく行政サイドの仕事ですが、提案すべき事はあるということである。
- ・生物多様性国家戦略（2012）では、森林と海と川はつながりを考慮しながら保全・再生を図っていくことが必要と指摘されていますが、これはずっと継続されていると言っても現状はそうではない。
- ・水環境管理について、流域、多様性保全のために分担管理原則でなく政府一体原則を具現化しているスウェーデンでは、すでに存在した関係する 14 法の後に、環境政策の実施に当たって政策の総合性の確保のため、基本理念を定めた自然資源管理法を後から制定して、柔軟に考えようというのがスウェーデン流の考え方である。外国ではこういう行政サイドの動きが始まっている。

以上の紹介、説明を受けて討議を行った。

中村（充）－地球表面のエネルギーレベルがちょっと上がったということで、揺らぎが大

きくなったという発想で攪乱を検討することもできるだろう。

石川－揺らぎの話がありましたが、時間あたりの降雨が 100 ミリを超える集中豪雨があるといった、ちょっとおかしいといった問題がある時に、水管理、河川管理の観点で考えた場合、どういったことが課題であり、どういう事が方向性だと考えるかも必要だと思う。

渡邊－最近でもピンポイントでゲリラ豪雨が起こることが多く、他の何百年に 1 回の水災害と違って予測が難しく、現象が起こる場所の特定にも苦労している。

石川－現象はピンポイントですが、起こっている背景はかなり大局的な中長期の変動の話です。ピンポイントのところを取り上げたら大変なことになり、防災対策ばかりになる。別の観点から科学としてどう考えていくかというとき、どういう事をやらなければならなければいけ、政策、施策、河川管理、河川行政として絶対に必要になってくる。

中村（充）－山の地形がこういう形だから起こりやすいという局所的な問題と、今までには起こらなかった竜巻が頻繁に起こるといったことはもっと大きなレベルで、設計条件を変えるような海洋乱流のスペクトルがあるように、大気の中でそのような理論があってもおもしろい。そのような視点から意見を出しているものがないでおもしろいと思う。

石川－ものの考え方で普通の線形理論ではなく、予測するときは前提条件があり、プラスとマイナスの変動幅を考えます。今は平均値の扱いで物事をシミュレーションして考えるが、振幅の一番大きいところと小さいところでこれだけ変動があるということはどういう事かという解釈の問題だとするモデルが必要ではないかと思う。ピンポイントの現象を見ていくのもその幅の中の一つであると思えます。

中村（充）－1000 年に 1 度のような話ではなく、気象条件であればエネルギーレベルが上がればスペクトルが同じで揺らぎ幅が同じことがあるので、全体的に言えばエネルギーレベルが何度上がる或いは何カロリー上がれば振幅幅がどのくらい大きくなるといったことは局所的には適用できないが、総括としては読み物として喚起することはできると思う。

石川－幅は局所の問題はあるが、我々の論議してきた集水域のメソスケールといった範囲で揺らぎの幅の中の問題として考える考え方が必要だと思う。その中の幅という問題の考え方で物事を考えるような中長期な水管理を考えないと、局所だけではダメだというイメージで気になります。

せっかく集水域や流域といったメソスケールで我々が話を考えているということが、揺らぎの幅の上と下のことで水管理を考えたときにどうかという論議を始めるのも一つの手だと思う。

渡邊－研究レベルでは、概略の考え方をどうするかという話はよくありますが、実際の行

政の中でどう使うかというところまでは出でていません。

石川－実態では使えないが、ベースの概念の精度では必要です。集水域や流域のものの考え方や背景で過去の問題が分かるものができていればいいです。

社会的現象として身近に起こっていることがピンポイントの話や水害被害があるので分かるのですが、その背景の問題を考えて生態系の回復に関する提言の内容に生かせるよう、メソスケールの話としてはいいと思います。

中村（充）－森林の限界流出率で、水文学ではよく出てきます。ある限界を超えると保水力が無くなってしまう。昔流に保水力の範囲内で調節してくれていた森林の機能が、最近の降雨量では限界に来ている。

渡邊－杉の植林地が多かったといった話があります。

石川－40年、50年前に植林したところの維持管理がダメで、自然なところで植林の比率が少ないところがよかったです。保水力の問題は流域と水管理につなげて考えないといけないと思います。

中村（充）－いろいろな公共事業その他、過去の降雨にしても、過去の統計の上に設計、計画の基準を置いて考えている。過去の統計が将来予測にまで延長して使えない事態になると、全く新しい時代になる。

石川－平常時の水環境という事で進めていくとした時に、これから平常という概念の中に社会的背景が、単なる自然の平常でなく社会的な平常の概念が変わってきたのが節電、省エネという言葉で表している。社会の変革といった方向性が出ているときに水環境がどういうふうに考えていいかがあると思う。水環境の保全を進めてなおかつ生態系の劣化を防ぐにはどうすればいいか、この論議はシナリオに結びつけなければいけない。

日野－水利権がものすごく大きな障害になっています。理念としてはもっと漁業に廻せといったところで水利権が出てきます。沿岸の漁業権もそうかもしれません。

石川－水利権は既得権みたいなものです。

日野－水道より強く、山川海の生態系サービスを考える上で、実現までの間にそれが障害として行政的な面に入ってしまいます。

石川－実現までのシナリオを考えて、その中に不安定にさせたり加速させたりするのもがどういうものかを表すのもおもしろいと思います。

白谷－昔の水利権の中には慣行の水利権がまだ残っていますが、慣行の水利権で農業用水

はいろいろなものに使っていました。生活用水や下流の漁業の事も考えて使ったとありました。今では漁業は漁業、農業の水利権がある上に工業の水利権を取ったり、浄水の水利権を別に取ったりしています。今まで農業に使っていた水は、何度もいろんなものに使っていました。それが別々に取るようになり、農業として農業用水は必要だが、他に使うとしてもそこは別に手当てしているのでいらない。だからどこかが足りなくなってしまいます。

石川ー慣行的な既得権と社会の構造の対応がマッチングしていないということですね。

日野ー流域下水道ができると都市の廃水、町の廃水に使われ、水が川に戻らない可能性もあります。

白谷ー昔は農業用水で取水して生活用水に使い、生活用水はまた近くの川に戻し、それを農業用水に使うという事で何度も繰り返して使っていましたが、下水道が整備されると一度川から取った水は一回で末端の下流に近いところに廻されます。その量は農業用水に使っている量の 25%にもなるのです。

石川ー流域下水道を整備しようというのは、都市化や生活環境にとってはいいですが、水環境にとっては別の問題が発生しています。質に関わる問題と水の収支の問題、既得権の問題などが絡まっています。

中村（充）ー河川構造そのものが洪水対策に焦点を置いたので、川の蛇行するところはショートカットするとか、瀬と淵があるという生態系の場が無くなったり、遊水池も無くなりました。結局、工事をするときになお一層急勾配にして早く水を下流に流せといったことにして、また問題が起ります。河川については一つの視点がこの中から出ると、受託した事業として意義があると思います。

石川ー水環境の質に関わる問題の背景を我々の知る範囲で羅列整理していくのもおもしろいと思う。行政の施策の問題や海外との比較の問題、水利権、旧来の農業用水の使われ方と現代の使われ方の違い等、流れの中で社会変化と共に変わってきたのが既得権はそのまま残っているといった状況の矛盾の問題、整備の問題で、どのような質的な問題がもたらされているかも考えられる。今まで基本的には水の収支の問題は量として捉えていた。河川の定水量はこうだといった発想で行われている。それが今はそれだけではダメで、生態系の保全、回復を目指さなければならなくなっている。少なくとも今までのような一律の護岸、三面張りといった発想はできなくなっています。そういうところでの防災対策や施策と、量と質の兼ね合いの問題がどういうふうに整理してきたかがよく分かっていない。

白谷ー農村もそうだが、過疎化してどこの水路を放棄しどこを集中的に整備するかが問題になっています。特に農村部になると、平常時は取水量の 65%を農村で使っているので、

農村の水の代謝が変わると流域に与える影響も変わります。かなり深刻な問題を持っています。

渡邊－これから的问题といったときに、減りつつあるところの方が焦点が当たる事になるのでしょうか。

石川－今は都心の方が人口が増えてきています。高層化を目指して建物の容積率を上げたのでどんどん大きくなっています。そのため、一面では水問題がまとめてきます。バランスとして、供給の問題や処理場の問題もあります。今期の話の持つべき方ですが、大局的な話の問題と水環境の質の問題で、現状までの経過・経緯の課題の整理とこれからの提言、問題整理で進められると思います。

## 第2章 本年度テーマの進捗

### 2.1 本年度テーマの進捗

- ・「流域内の産業構造の変化、社会構造の変化と水環境の関係、地域の産業変化とその展開」はこれから観点として、水環境の管理への課題をまとめる方向で進めるということです。
- ・今まで一般論的な話で山川海の水環境の話をして、その社会的背景が分かったので、その方向がどうか、今後まとめることの大切さをクローズアップできればよい。
- ・或いは環境の面からいえば、基本的には循環型社会を目指そうということで、いわゆる水環境においてもそこから出されたものがエネルギーであるか、質であるか、量であるかは他の産業に転化しながら有効利用する循環的なシステムを考える社会の中で、我々が水環境をどう考えるかが水環境のあり方の方向ではないかと思う。
- ・平常的な話は、行政的な背景と流れを読みながらやらないといけないので、第一ステップのイベントに関しては、いわゆる科学的な知見、方向性とギャップの話です。ギャップをどういう風に整理すると思います。
- ・2番目の問題は課題を提示してもらうとどういうことがあるかです。
- ・イベントと水環境という話では、対処療法の現状があり、全体の方向性があり、その辺のキーワードだけを並べていこうかと思っているす。

以上の説明に対し、以下の討議を行った。

勝井－土木学会で確立しかかっている津波のレベル1とレベル2という考えがあります。不確定性の話の中で集中豪雨や深層崩壊にも広がっていく概念でしょうか。

石川－想定できないことが自然界には一杯あるので、科学者が想定と言ってはいけないです。今まで基準や規格の中でしか物事を考えていないかったので想定外になるのです。

中村（充）－今の議論の中で揺らぎの話があり、エネルギーレベルが上がればそれに比例して指数的に変動値が大きくなるということ。それが局所的に起こった場合、自然現象が

そうなった場合、我々はどうするかというと、平均化するのにどうしたらいいかということです。例えば、山であれば洪水時の出水があるが、それも平均化の一つである。水田があったのも平均化の一つです。平均化することがないし、川が蛇行していたのがショートカットしたのも平均化を壊したことです。どうやって自然現象のフラクセーションを平均化していくかということです。湾の立場でいけば湾が汽水状態になるとか海水状態になるとか、その変動値がすごく大きくなるのです。洪水の時はものすごく甘い水になり、日照りが続くと辛い水になる、安定した生態系はそれでは育たない。自然現象の変動値が大きくなつたので、その平均化する方法を人為的に持つていかなければいけないので。

勝井－日本の人口が減つてくるということ、河川の整備状況がよくないこと等を考え、河川の氾濫源を積極的に戻すような形で、農業を含めた土地利用計画といったものが国土総合計画の中にしっかりと入ってくれればいいと思う。

石川－バッファーゾーンが里山と同じに無くなつたためです。都市部には人が集まっているが、廻りから集落などが崩壊している。そうすると集まつてくるのは都市部しかない。水や自然環境も同じで、一帯の管理が一致しないと本来意味がない。トータル的な政治的な話になり難しいが、水を考えたときに下流の都市部では水を大量に使う。上流では維持管理しない森林や耕作放棄地がたくさんできてきてている。その辺の矛盾が水についてはものすごく大きな問題になっている。

もう一つは中長期的にトレンドとして水環境そのものが変わつてきているという認識があります。いま属に言われているのが外来生物の繁殖の話で、南方系が北に移動しているという話や種の分布が変わってきているという話が出ている。中長期の生態系の変化はこの20年間でかなり大きいのではないかと思う。モニタリングから導き出すのだろうと思う。平常時の水環境のステップ2の話は、一つの課題だけでも「2.3.2 研究的な展開」のように今後における課題と展望の中で、循環型社会や社会構造の変化と水環境の間の研究ができるべきと思う。今までどうしても昔のインフラ整備や水利権、既得権の中で拡張したり、延長したりして、どんどんつぎはぎで水環境が変わつくることが続いていました。そういう問題を引きずらないためには、これから水環境を能動的に捉えて従来型社会に還元できるようなことをしなければいけないことが分かるようになればいいと思います。今まで規制や管理の方が優先されてきたので、管理を保全や循環、維持といったキーワードがつくようになればと思います。

勝井－人間や市民が人里離れたところで、人里離れたところの環境を良くしようという発想になるが、環境を評価するのは人間で、我々都市の人間がリクレーションを含めてその環境に接していくのです。そういうことをもう少し能動的に捉えるような水環境の捉え方はないでしょうか。無くなつた自然の損失をミチゲーションするかというときに目標が分からぬのでどこに戻せばいいか、人間としてどういった環境が一番親しみやすいか、フィロソフィーが欲しいと思います。

石川－地域特性をあまり認識しないでやればどうしようもありません。いま持続的な環境

は、地域特性をどう捕まえてどういう風に保全していくかが第一番にあります。それに対応するものが、ここで作ったものがどういう風に利用されるかではなく、水質やリクレーションの場だとか、そういうものに対して都市の人は評価を集中してきています。その時に社会変化があるので、社会の価値が変わればものすごく変わり、そういうことを含めて歴史文化を地域特性で環境を言っています。水環境を能動的に考えることが必要です。

中村（充）－水環境を百年単位で考えると里海でも生態系ができます。里山は農業が長い間やったもので、そのメダカのために、ドジョウのためにあのようなシステムを作ったのではなく、安定した水路、農業システムのために作ったのです。その環境に合った生態系ができて、それと共に存しているのです。農業形態を変えればみんなダメになってしまいます。生態系は安定した環境を作れば、それにバランスした生態系ができます。

日野－水の場合は特にそうで、水の生物は脆弱なので環境依存型です。この生物を保全しようとしても、水の場合はまずできません。陸の場合は生物をターゲットにして保全すれば環境はできていく、逆の流れなのです。

石川－元々は水環境の地域特性はキャパシティーがどうだったかにあります。例えばN、Pの廻る速度がこのくらいだったというのに、産業が増えすぎたのでしょうか。それで社会環境、社会条件が自然環境を変わらせていったのだと思います。

白谷－その結果ある社会が成立したのです。それをまた戻して、成立した社会が困ったとなつたのです。

石川－どうしても人間が営みをするための発想でやっていくので、これは悪いからこれはダメといったことでみんなきているのです。その時に長期の話が、土地利用を含めて水利用や水環境に対して無かったのだと思います。

勝井－いわゆる水辺は結構利用者が幅広しています。それは沿岸でも同じです。

石川－生態系は社会と連動しているので難しいです。新しい社会に貢献する水環境はどういうものかという方向性やサステナビリティーを表に出したときに、このエネルギーは減るが幸福度は上がるというバランスシートのようなものをシナリオとして作りあげるとおもしろいです。

中村（義）－元々のハビタットゾーンというか、生息可能な条件が狭いところで、汽水も含めてちょっとくらいの障害に対しても柔軟に対応できるのでしょうか。淡水湖で比較的周りの河川影響があるところで、生物が非常に好適に生息できる条件は狭いと思います。淡水湖はバランスが難しいと思います。供給サービスの話はよくやるのですが、基盤的サービスの話は殆ど聞こえませんし、非常に重要なことです。

石川－今期は対症療法的な水環境ではなく、能動的アクティブな水環境のシナリオを作つてみたいと思います。

## 第3章 プレゼンテーション

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部  
主任研究官 板垣 修

### 3.1 気候変動の治水施策への影響に関する全国マクロ評価

#### 3.1.1 講師プロフィール

- ・私は2010年6月末に国総研の気候変動適用研究本部に着任しました。その前はJICAの専門家として3年ほどシリアに行って水資源政策アドバイザーという肩書きで働いていました。
- ・気候変動では、半砂漠地帯や脆弱な地域において特に影響が大きいという懸念があります。シリア人が言うにはここには砂漠ではなく、半砂漠があるだけだということです。
- ・半砂漠地帯は冬から春の雨季には多少の雨が降り、春には花が咲くという場所です。死の場所ではなく、ヒツジの放牧などを行っています。
- ・今後、気候変動でシリアの水環境がどうなるかは非常に懸念があるところです。
- ・詳細には、例えば現地は地下水の利用が主ですが、水資源の情報として地下水位や河川流量、雨のモニタリングを行い、データベース化し分析する支援を行いました。また、私は土木工学が専門のため、土木関係の何でも屋ということで、あるダムで漏水があると見てきてくれと言われ現地に行き、データの取り方から処置法に関する助言の報告書を出す仕事をしました。

#### 3.1.2 概要

- ・雨がどのくらい増えて流量がどのくらい増えるかということを、今世紀末まで対象期間を設定し試算しました。
- ・このデータ自体は気象研究所が行った通称GCM20とかRCM5といった気候モデルの結果をデータだけを私たちが頂き、それを統計的に処理し、必要なデータを抽出する作業を行いました。
- ・摘要として、日本ではまだ洪水対策で気候変動適用策は具体化していませんが、海外では実施事例があります（図3）。

#### 摘要

1. 海外で水災害に係る具体的な気候変動適応策実施事例あり。
2. 気候変動による豪雨増大の影響が治水施策に係る指標(洪水流量、河川整備必要量、洪水超過確率)に増幅して伝播。
3. 近未来・将来の豪雨予測に係る不確実性も同様に増幅して伝播。
4. 治水施策に係る気候変動適応策の具体的な検討には、上記増幅特性を踏まえる必要あり。
5. 気候変動シミュレーションモデルの改良は今後とも進むと考えられるが、治水施策に係る指標の近未来・将来予測に係る不確実性を十分に小さくするには、近未来・将来の豪雨予測に係る不確実性の大規模な低減が必要。
6. 上記不確実性の大幅な低減が実現するまでは、当該不確実性を前提とした気候変動適応策を検討せざるを得ない。
7. 治水施策に係る気候変動適応策検討者から気候変動シミュレーションモデル開発者に必要な情報・精度について情報提供することは、同シミュレーション結果の一層の有効活用につながると考えられる。

#### 図3.1.3 摘要

- ・気候変動にはゲリラ豪雨といったものがありますが、豪雨は増大すると一般には言われてい

ます。

- 将来は不確実で、不確実性が統計上どうしても存在します。
- 気候変動シミュレーションモデルは気象研究所などで改良が進んでいると思いますが、不確実性が増幅し大きくなってしまうので、不確実性の大幅な低減が必要な状況です。

### 3.1.3 海外の適応策の事例紹介

- イギリスの例で（図4）、イギリスの中央政府で将来堤防などの施設を計画する場合、これらの気候変動の影響を見込んでおくようにとしています。

#### 英国の気候変動適応策の事例\*

環境食料農村地域省が海面上昇量、ピーク降雨強度等について施設供用期間ごとに下記のとおり考慮すべき上昇量等を示している。公的資金による洪水・海岸管理事業においては、例外を除き同上昇量等を考慮することとしており、考慮しない場合には理由の説明が必要。

##### ○海面上昇量

地域別の相対的（地盤沈下込み）海面上昇量の許容範囲は下表のとおり。同表の海面上昇量を基本案及び代替案作成時に算入。

地域	指標方向 地盤沈下 補正値 mm/年	正味海面上昇量 mm/年					該当の 許容範囲
		1990- 2025	2025- 2055	2055- 2085	2085- 2115		
イングランド東部、東部 ミッドランズ、ロンドン、 南東イングランド	-0.3	4.0	8.5	12.0	15.0	4mm/年 一定	
南西部及びウェールズ	-0.5	3.2	8.0	11.5	14.2	5mm/年 一定	
北西イングランド、北東 イングランド、スコットラ ンド	-0.8	2.5	7.0	10.0	13.0	4mm/年 一定	

\* Department of Environment, Food and Rural Affairs, UK, "Flood and Coastal Defence Appraisal Guidance FCDPG3 Economic Appraisal Supplementary Note to Operating Authorities - Climate Change Impacts", 2006より。

図3.1.4 英国の気候変動適応策の事例

- まず海面上昇量関係で、1990年から2025年まで、イングランド東部では毎年4ミリの上昇を見込みなさいとされています。
- 次は洪水関係で（図5）、洪水に関しては確かなことが言えないというのが今のイギリスの考え方です。

#### 英国の気候変動適応策の事例（続）

##### ○ピーク降雨強度・洪水流量等の変化率

基本案及び代替案が気候変動にどの程度影響されるか試験するために下記感度分析範囲を用いる。

例えば、都市内幹線道路下のカルバートの1/100年確率流量が将来20%増加する可能性がある事例で、用地取得及び工学上の複雑さを踏まえ後に改築するよりも費用が最小化できることから、当初設計時から同流量を見込んでいる。

※「許容範囲」と「感度分析範囲」との違いは確からしさの違いに基づいている。

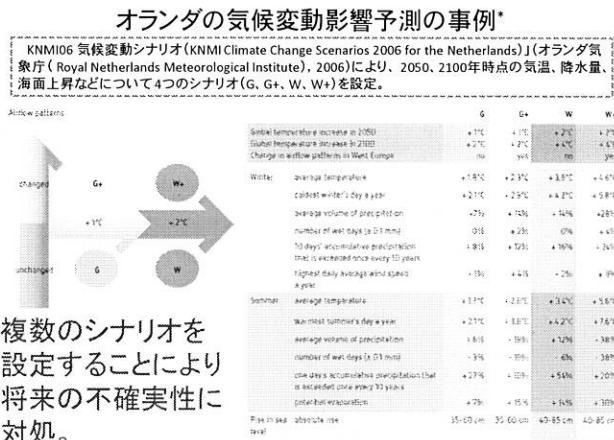
パラメタ	1990- 2025	2025- 2055	2055- 2085	2085- 2115
ピーク降雨強度（小流域）	+5%	+10%	+20%	+30%
ピーク洪水流量（大流域）	+10%		+20%	
沖合風速		+5%	+10%	+10%
極端波高	+5%		+10%	+10%

※例えば5km<sup>2</sup>を超える河川・小川の流域にはピーク洪水流量の感度分析範囲を適用すべき。

図3.1.5 英国の気候変動適応策の事例（続）

- ピークの降雨強度、洪水流量といったものを感度分析し、致命的な問題を起こさないように検討するようにしています。
- オランダの例で（図6）、4つのシナリオを政府が設定し、おのおののケースで海面上昇量な

どを計算し、これを公表しています。計画を立てるときには考慮するようにという材料を提示しています。



\* Central government, Netherlands, "National Water Plan", pp.24, 2009. より。

図 3.1.6 オランダの気候変動影響予測の事例

- ・ドイツは河川の環境を州政府が行っています。バーデン=ビュルテンベルク、バイエルン、ラインラント・プファルツの各州では、将来の気候変動で河川流量が増えるだろうと予想しています。これを気候変動因数と呼ばれるもので見込んでいます（図 7）。

#### ドイツの気候変動適応策の事例\*

ドイツのバーデン=ビュルテンベルク、バイエルン、ラインラント・プファルツの各州では、新しい洪水防護施設設計画時に2050年までの気候変動の影響を気候変動因数として設計流量算定時に考慮（従来の設計流量に気候変動因数を掛ける）。同因数は地域・洪水規模別に設定（下表参照）。なお、上記各州では一般に100年確率洪水流量を対象に洪水防護施設を計画。

実際の堤防整備時には従来の設計流量に対応する高さの堤防を整備するとともに隣接地を確保し、必要な時に容易に堤防のかさ上げ・拡幅を可能とする。

橋梁については、始めから気候変動因数を考慮した設計流量に対応して計画。

擁壁については、将来かさ上げが必要になても困難が生じないよう設計。

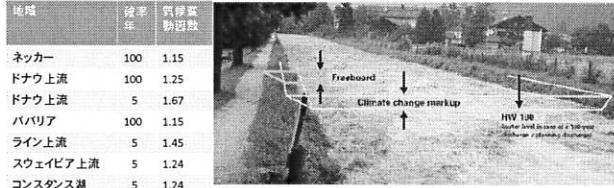


表 ドイツの地域・確率年別気候変動因数  
\* KUWA\*, Climate Change in Southern Germany - Effects, Consequences - Strategies, pp.18-19, 2009. より。  
\*\* KUWA: 水資源管理による気候変動と同様に対応するためのドイツのバーデン=ビュルテンベルク、バイエルン、ラインラント・プファルツの各州とドイツ気象庁を含む協同プロジェクト。

図 3.1.7 ドイツの気候変動適応策の事例

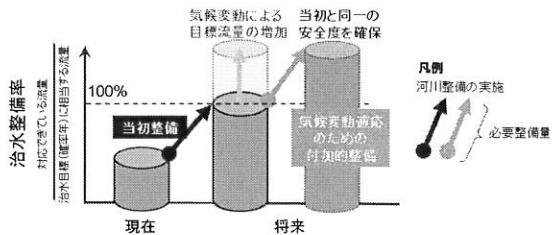
- ・ネッカーフルフ流域では100年確率の流量を出すときには、現在の流量に1.15を掛けます。その流量に見合った高さまで考慮するものです。
- ・当面堤防は今の計画まで作ります。土地を余分に確保しておき、将来簡単に堤防の嵩上げができるようにしておく柔軟な対応です。
- ・橋の場合は掛け替えが大変なので、最初からそれだけを見込んでおきます。
- ・擁壁は将来嵩上げが必要になっても抜本的な取り壊し、再建築などが生じないよう、配慮した設計にしています。

#### 3.1.4 我が国の治水政策への影響のマクロ評価手法

- ・気候変動が起こるとどのような影響が起こるかを整理すると（図 8）、現在日本の川は国が

直轄管理している川で 30 年に 1 度くらいの安全率しかありません。つまり平均 30 年に 1 度は洪水が起こるとされています。

### 気候変動下の 河川整備目標概念図



※本発表では「将来＝21世紀末」「近未来＝約30年後まで」とする。

図 3.1.8 気候変動下の河川整備目標概念図

- ・長期計画では 100 年に 1 度とか 200 年に 1 度といった規模まで、将来的には安全を確保しようとしていますが、まだ 30 年までしかできていません。
- ・河川整備必要量は、例えば 100 年に 1 度の流量を流すとここは 30 分の 1 の安全率しかないのでは、当然水位は高くなります。そうするとこの水位の上昇量の差が大きいほど対策量が大きくなります。川幅が大きいほど対策量は大変になります。
- ・この必要量を河口から管理区間の上流端まで積分すれば、立方メートルの単位のものが出てきます。それがだいたい対策に必要なものに比例するだろうという概略です。
- ・これを現在の必要な量と将来必要な量で割り算すれば、どのくらい増えるかのイメージがつかめる。
- ・これから雨の GCM のデータからどのようにして我々が指標に変換したかを話します。
- ・GCM20 は気象研究所で行った計算の格子間隔が 20 キロくらいのメッシュ状で、そこで毎時間の雨量などが計算されます。RCM5 は 5 キロメッシュです。
- ・いま 25 年間分のデータで、21 世紀末付近の将来の 25 年間、30 年後くらいの近未来の 25 年間、現在の 25 年間のその 3 時点のおのおのの気象をシミュレートします。そうすると、25 年間の毎時の雨量データが 20 キロ間隔で出てきます。
- ・今の気象研究所のデータでは 25 年分しか計算していません。25 年分のデータで 100 分の 1 の予測するのは不確実性が非常に大きいので、ステーション・イヤー法 (Station Year Method) という方法があります。
- ・複数のメッシュが複数の計算結果で同じような傾向を持っていれば、それをグルーピングしてやるという方法です。それを地域分割と言います（図 11）。

## 年最大降雨の生起確率分布による 地域分割 →16地域分割



図 3.1.11 年最大降雨の生起確率分布による地域分割

勝井－同一性と独立性の定義の違いは何でしょうか。

- 同一性はあるメッシュのものと仮想的な地域内の全データから引いたものとほぼ同一と見なせれば、それは同一であるとします。一方、独立性は年最大雨量を 25 年間並べてこの間がバラバラで全然関係がないと、それは独立性が極めて高いとします。

白谷－この方法は文献によれば 1949 年という非常に古い方法です。それ以降、1960 年、70 年、80 年以降と気候変動のデータを使って、この方法は検証されているのでしょうか。

- Station Year 法自体が気候変動のためのものではなく、サンプル数が少ない中で長い再現期間のものを求めるにはどうするかということです。
- Station Year 法の問題は、境界区分、地域区分がいかに効くかどうかであって、もしもある地域区分を前提にして Station Year 法で計算した結果が違っていたとしても、それは地域区分が間違っていたということであって、Station Year 法が間違っていたということにはならないのです。
- 理想を言うと気象研究所で将来の 21 世紀末前後の 25 年間を 5000 回くらい廻してもらえば、各メッシュで  $25 \times 5000$  のデータがあるので、各メッシュの確率分布曲線を求められるのです。
- 雨量倍率は定義として、将来気候の年最大雨量を現在気候の年最大雨量で割ったものの倍率になります。それが 1.4 であると 4 割増えているといえるのです。それが年最大雨量です。
- 流量について 16 地域分割番号に分け（図 18）、日本の 109 箇所の一級水系を、流域面積がどの地域に一番多く含まれるかを 16 地域に分け、おののに分けられた水域への平均値を取りました。

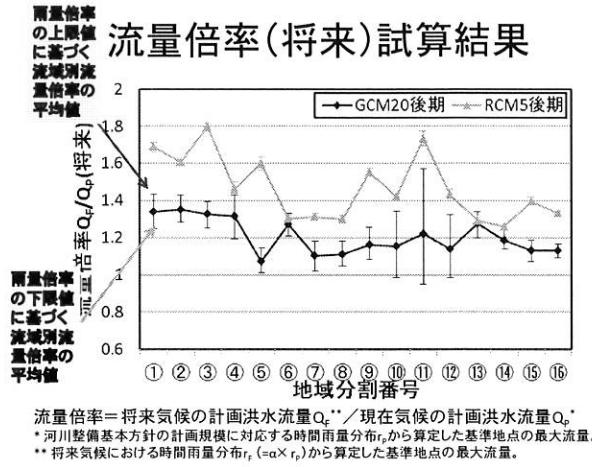


図 3.1.18 流量倍率（将来）試算結果

- ・流量倍率は将来気候の計画洪水流量割ることの現在気候の計画洪水流量で得られます。計画洪水流量の出し方については、河川整備基本方針の計画規模（100 年に 1 度）に対応する時間雨量分布から算定した基準地点の最大流量が現法で、将来気候における時間雨量分布は、先ほどの雨量倍率を現行の雨量にかけて算定した基準地点の最大流量としています。
- ・超過確率は 100 年に 1 度の洪水が将来何倍くらい増えるかを出したものです。
- ・洪水超過確率倍率という指標で、将来気候の洪水超過確率を使います。超過確率を現在の河川整備基本方針の計画規模の現在気候における洪水流量を分母に持ってきて、分子には 100 分の 1 の流量が将来の確率分布においてはどのくらいの確率になるかを持っています。
- ・例えば、現行 100 分の 1 が将来 50 分の 1 になると 2 倍に増えるということになります。
- ・これを全国で見ると、21 世紀末の下限値は、濃い緑から青側が洪水が減る側で、こういうところは洪水が減ります。北の方は洪水が増えています。
- ・中位は北海道の北の方は厳しい状況です。上位では関東の方でもだいぶ厳しくなります。
- ・最上川は 5 倍から 10 倍くらいになります。ということで、今と同じくらいの洪水が 5 倍から 10 倍発生するということです。

### 3.1.5 試算結果

- ・将来 21 世紀末の雨量倍率などの中央値の比較を出し、雨量倍率、流量倍率、河川整備必要量比、洪水超過確率倍率がどのように関係しているかを、GCM20 後期で全国平均しました。
- ・中央値の全国平均で雨が現在に対し 1.13 倍に 13% 増えます。流量にすると 1.19 倍の 19% 増になります。河川の整備対策は 63% も増えます。洪水の超過確率は 133% も増えます。
- ・これは何かというと、雨量の増分 13% に対して、流量は 1.5 倍、河川整備必要量比は 4.8 倍、洪水超過確率倍率は 10 倍増えてしまう。雨がちょっと増えると大きく増えるということです。
- ・雨量の増加が治水施策に係る指標に增幅して伝播するということです。
- ・RCM5 の 16 倍のメッシュでは（図 33）、雨が将来の 21 世紀末は 1.27 倍になり、流量は 1.42 倍の 42% 増える。必要な対策量は 2 倍以上になり、超過確率は 5 倍以上になります。増加分を比較すると 1.6 倍、3.8 倍、15 倍になります。

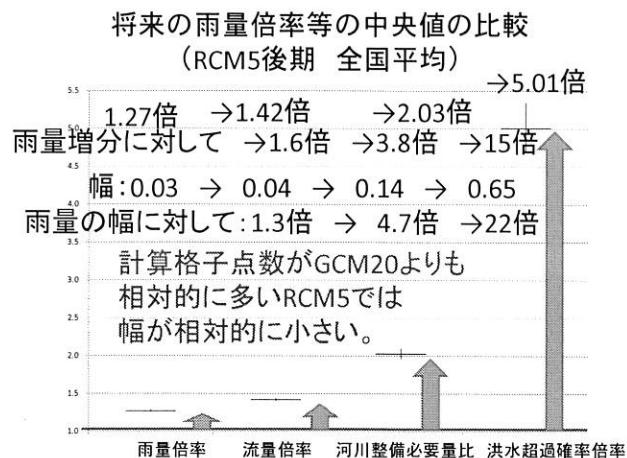


図 3.1.33 将來の雨量倍率等の中央値の比較 (RCM5 後期 全国平均)

### 3.1.6 質疑、意見

石川－シミュレーションから得られた倍率の想定のものが、具体的な事例で現状で適応できるものもありますか。

板垣－もちろん将来気候、近未来気候は検証できません。過去の雨量の統計データから、確率キロ別の雨量を求めるものを使っています。つまり過去の40年間に取ってきた流域平均になります。それは現在の蓄積データに基づいて、それを確率分布に落として30分の1の雨量は何ミリだといっています。それに基づいて今回は雨が将来1.2倍になるのであれば1.2倍にするといった、過去の現状については実測値に基づいています。

勝井－GCM20とRCM5の使い分けの解釈について教えて下さい。

板垣－最初のスタート時に手に入れられたのが20キロで、そこから地域分布を始めて、そのうちに5キロの値も来たので5キロの値も入れて、20キロと5キロでどのくらい違うか比較してみようというものです。

中村（義）－気候変化に対して河川整備の面から話を聞きましたが、河川の水温やSS、放射能予想量といったものの予測も併せてやっているのでしょうか。

板垣－環境関係ではやっていません。国総研の河川環境研究部で、水温が上がるとどのくらい魚の適正な生息ができるかといったことをやっています。

勝井－この研究の目的は変動量を調べるということですが、国土交通省としてこれから河川整備をどういうふうにしていかなければいけないか、必要整備量でものすごく大きな数字が出てきます。どうやって公表するか、政策に結びつけていくか、戦略的なことを教えて頂きたい。

板垣－今回のように定量的に出すと、具体的に今の予算が厳しい中で出来るはずがないだろうとなります。リスクを最小にするにはどうすればいいか、リスクを評価する手法を開発すれば

何とかなるのではないかといったことです。

勝井ー前回も我々のグループの中で話があったのですが、レベル1とレベル2に分けて、これ以上のものは逃げる、洪水させるといった考え方もあると思います。国土交通省の内部では如何でしょうか。

板垣ーそれは津波の関係で河川でも当然検討すべきではないかという空気がありますが、まだ具体化していません。一つには河川の特性として、事前の予測がある程度出来ます。大雨が降ればこれは大変だと言えますが、津波の場合はそれがあまりません。

石川ーリスクの対象は何ですか。

板垣ーリスクの対象は人命と経済被害の両方です。その時にある程度優先順位をつけて、全体でリスクが最小になるような堤防の高さにするといったことを、現実には考えざるを得ないと思います。

中村（充）ー被災は局所現象が非常に強くなっているので、局所的な豪雨があるとか、近年、竜巻の発生などの発生頻度が高くなっています。そういう局所現象が多くなっているので、それを予測する方法に揺らぎの理論が使えるのではないかと思います。

石川ー16の流域、カテゴリーに分けられましたが、いまマクロの評価の課題の問題と、スケールダウンした評価はこれからどうされるのでしょうか。

板垣ー政策上は100分の1がどうしたかが一つの方法です。堤防をどれくらいの高さにするか、100年に1度とかそれがどのくらいの大きさなのかが知りたいのです。

石川ー水管理は総合政策のようなもので、近未来の25年後の話として、水対策、ボリューム対策です。それがどうあるべきかに結びつけないといけないと思います。

渡邊ーどこに遊水池を作るかといった話になると、流系の中ではどこで雨が増えるといったレベルの話が必要になると思います。

板垣ー日本の今の河川の計画体系は決定論的に割り切っています。アメリカは1996年にそれを見込んでいますが、日本は不確実性を定量的に見込むという事をしていません。そこに設計思想の根本的な違いがあります。

中村（充）ー20キロメッシュと5キロメッシュは、観測所がそのメッシュ上にあるということですか。

板垣ーそれは関係ありません。ただ単にカテゴリーとしてメッシュに切っているだけです。20キロごとに雨量や気温が計算上与えられているだけなので、近似的に求めればいいのです。

### 3.2 森林と水流出

#### 3.2.1 概論

- ・私は現在独立行政法人森林総合研究所の水土保全研究領域にいますが、ここでは森林の中の水や土に関する土砂災害、水収支、水流出などを研究分野として扱っています。
- ・今日は「森林と水流出」をテーマとし、森林が水の関係についてバックグラウンドと私たちの行っている研究について紹介し、その中から若干の課題を紹介します。
- ・まず「水循環と森林」、「森をめぐる水の動き」、「森林の水収支」、「森林理水試験地」という私たちが全国の何ヵ所かで行っている調査の紹介、その成果として「森林の変遷と水収支」の変化がどういう関係にあるか、「森林と融雪」がどういう関係にあるかといったところを紹介したいと思います。
- ・今は小学校の教科書にも載っている水循環の図です（図3）。大きく見ると海から水が蒸発し雲になり、降水として陸地に降り注いで、それが河川流、地下水流として海に戻るということです。

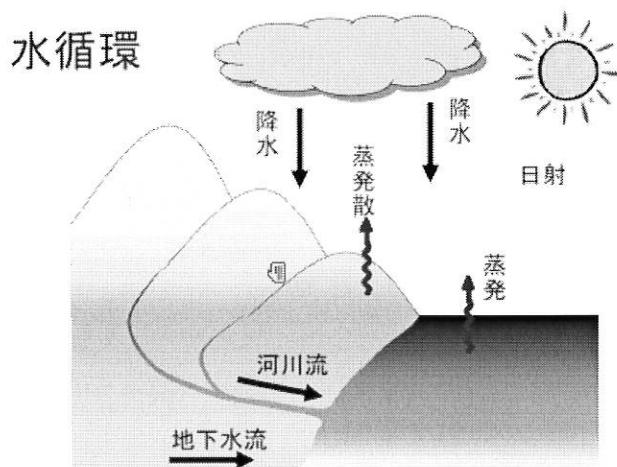
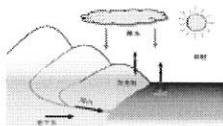


図3.2.3 水循環の図

- ・森林がどういう役割を担っているかというと、海水が淡水に変わることです。
- ・わざわざ手間をかけて淡水を作る工程が自然に起きているということがポイントになります。
- ・第二のポイントは、水を高いところに運んでいくということです（図5）。海面から高いところに運び、水に位置エネルギーを与えます。そのエネルギーを使って水力発電等に利用できるのです。

## ポイント2



水を高いところに

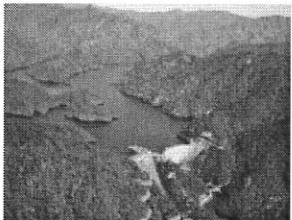
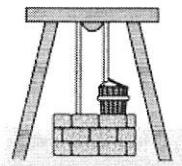
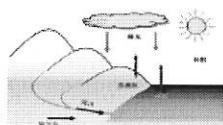


図 3.2.5 水を高いところへ運んでいく（概念図）

- 第三のポイントは淡水化と水を高いところに運ぶという二つが、太陽光と重力をエネルギーに動いているということです（図 6）。特に、人間が改めてエネルギーを加えなくても自動的に回っているのです。そこが大きなポイントになると思います。

### ポイント3



## ■エネルギー源

- 太陽光  
 重力

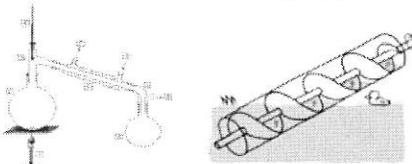


図 3-2-6 ワンセルギー源（概念図）

- ・森林の平均標高は森林が約 500m弱、農地が約 100m、都市域が 0mもありますが平均すると 50mくらいです。この数字からも森林、農地、都市という順番で水系の上に土地利用が広がっていることが分かります。
  - ・のことから何が言えるかというと、森林が一番上にあるということは、水循環の大きな流れの中で、森林が淡水化された水を真っ先に受け止める場所であり、地上での移動を始める場所であるということです。
  - ・このような場所に雨が降ると一つには遮断蒸発といい、樹体に触れた雨水が濡れたまま直接蒸発し大気に戻っていきます（図 10）。或いは一部は樹冠を通過して地面に到達したり、幹を伝わって地面に流れます。

## 降水時

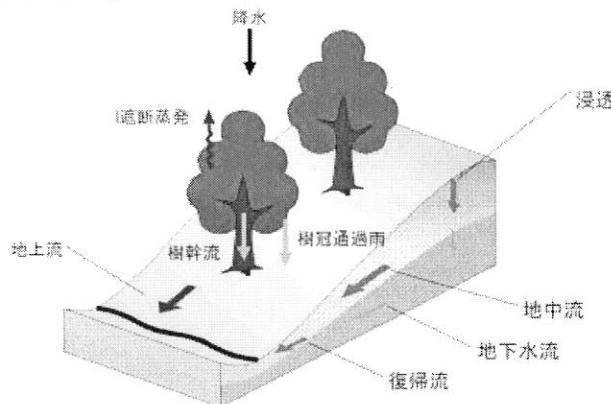


図 3.2.10 降水時の遮断蒸発

- ・森林の場合、地中に浸透する水、或いは地中流といって土層の中を横方向に動く水、後は長い時間をかけて深い基岩層の中を割れ目を通していく地下水流があります。
- ・最終的には復帰流といって、地面に戻ってきて川に戻るという流れ方をしています。
- ・その他に地上で起こる特徴的な水の流れとして、一つには樹木が根から吸水し、樹液流として葉に昇り、蒸散として大気に戻って行きます。
- ・もう一つは地面蒸発といい、地面から直接蒸発して大気に戻っていくという流れがあります。
- ・他にも根が深いので、深いところの水が使えるとか幾つか理由はありますが、いずれにしても森林の特徴の一つは、基本的に水の蒸発が起こりやすい場所であるということが言えると思います。
- ・これは森林の水収支を簡略化して描いた絵で、遮断、蒸発が降水量の4分の1あり、蒸散が4分の1、残り半分が水になるという比率で水の配分ができます。
- ・森林における水の動きのもう一つの特徴が、水が浸透しやすいということです（図14）。

## 特徴2 水が浸透しやすい

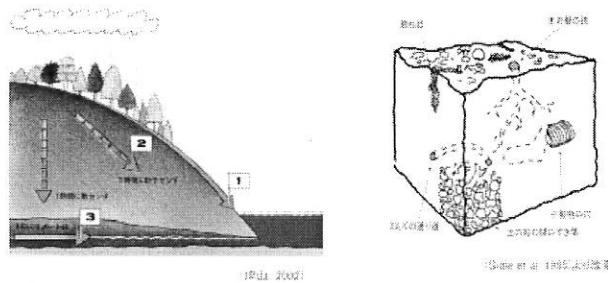


図 3.2.14 水が浸透しやすい（概念図）

- ・これは森林土壤の模式図ですが、森林の土は表面に落葉があったり、木の根、動物の穴といった諸々の影響で、いろいろな隙間が存在します。従って森林に雨が降った場合、何も隙間がなければ水は全部表面を流れて川に行ってしまいます、実際はいったん地

中に染み込んで比較的浅い土壌のところを流れるものと、深く浸透して地下水を涵養するといったものになる割合が多いと言われています。

- ・地中を浸みることによって水がゆっくりと移動するため、その過程で周りの土砂と一緒に流したりといったことが減ります。
- ・比較的澄んだ水を流出させるという意味において、森林が機能していると言われています。

### 3.2.2 森林の水収支

- ・森林総合研究所では全国に5箇所で森林の水の量を計っています。北から北海道の定山渓、山形県の釜淵、群馬県の宝川、岡山県の竜ノ口山、宮崎県の去川です（図19）。

森林総合研究所森林理水試験地



図 3.2.19 森林総合研究所森林理水試験地

- ・瀬戸内では昔、溜池論争があり、溜池の上流にある森林が水を増やしているのか消費しているのかといった話が何十年も前にありました。そういうことを背景に作られた試験地です。
- ・去川は非常に雨の多いところで、そういうところの流量を調べています。
- ・実際に早くできたものは1930年代くらいから観測を続けています。
- ・全国にこれだけ散らばっていると、気候条件その他、諸々変わってきます。そういう中で森林の影響をどのように見ていくかについて、調査の事例を紹介します。
- ・いま見て頂いた5箇所について降水量と気温の観測を現地でも行っていますが、条件をなるべく揃えるため、気象庁のメッシュ気候値の値を使い、それぞれの場所の月平均気温と月降水量の変化を示しています（図20）。

## 気候条件

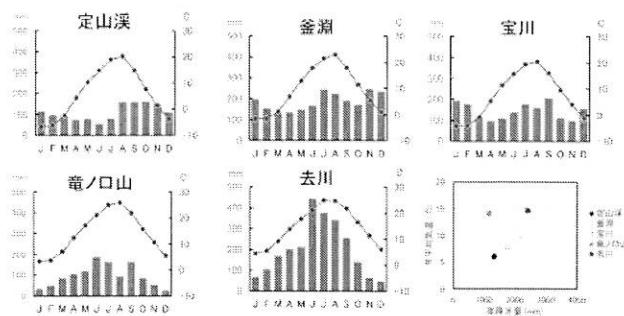


図 3.2.20 各試験地の気候条件

※降水量と気温はメッシュ気候値（1971～2000 年平均値）の直近のセル値

- ・定山渓はあまり明確ではないですが、上段の定山渓、釜淵、宝川の 3 つが比較的冬場に降水量が多いです。
- ・下段の竜ノ口山、去川の 2 つは冬は雨が少なく、主に梅雨の季節と台風の時期に降水が多くあり、明確に気候条件が変わっています。
- ・流域試験といって流域単位の水収支を調べ、森林の状態とどう関係があるかを見ます（図 26）。単純化するために全部切ってしまう場合を想定する方法（皆伐）です。同じ場所で全部切り、その前後でどういう風に状況が変わるかをみます。一つしか行わない場合を単独流域法（Single Catch Net Method）と言います。

## 流域試験

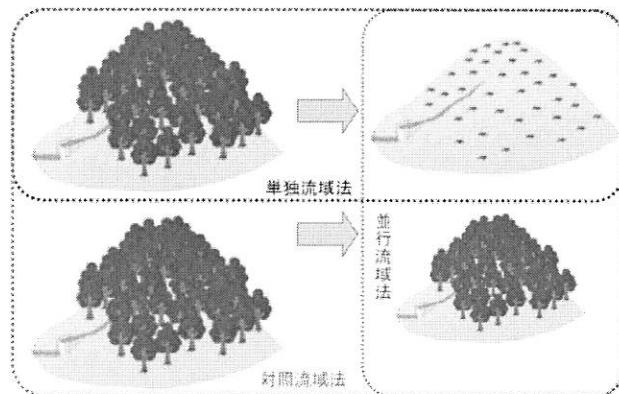


図 3.2.26 流域試験

- ・もうひとつ的方法は並行流域法で、木のある場所とない場所といった状況のところを計るという方法です。
- ・これは 2000 年代に入ってから行ったもので、航空レーザー測量は最近非常によく行われるようになっています。
- ・雪のない時期に測量して地盤の高さを出し、雪の降っているときにもう一度測量をします。それにより雪面の高さが測れます。その差を取ることにより積雪量の推定を行うものです。

石川一手法としておもしろいですが、これをワンシーズン、ツーシーズン追いかければ変化が分かりますね。そうすると積雪量と水の保留量、ポテンシャルとしての水の量が出てきます。それは今後予測等には使わないです。

- ・雪のない時期の測定で、地盤の高さと樹幹の高さが両方分かることで、流域のどういう場所にどれくらいの大きさの木があるか、雪と同じメッシュの解像度で分かっています。
- ・稜線に近いところは森林限界を超えており、殆ど樹幹高は0に近い値ですが、下の方に行くとかなり高いところもあり、非常に高いところでは20m以上に達するような樹木もあります。
- ・このような状況で、先ほどの低下量のマップと林種のマップからブナのところとスギのところだけを抽出し、その頻度を調べました。
- ・水流出への影響因子は気候、地質、地形、土壤、植生とありますが、今日はその中の気候の影響、植生の影響を中心に紹介しました（図35）。なかなか今まで言われていない事でしたが、雪の場合かもしれないが、雪の融雪流出への影響を考えるときに、流域の大きさも大きな影響因子を持っていることが分かりました。

## まとめ

- 水流出への影響因子
  - 気候(、地質)、地形(、土壤)、植生……
  - 流域面積
- 森林影響の評価
  - 他の因子との切り分け
  - より広く、より長く

図3.2.35 まとめ

- ・森林への影響として色々な因子の影響が混ざって起きている中で、森林の影響評価をどうするかですが、他の因子とどうやって切り分けていくかがポイントになります。
- ・これからどういう方向に行くかですが、情報を貯めることによって、より広い範囲でより長い期間にわたって影響評価ができると考えています。

### 3.2.3 質疑、意見

石川一集水域の水の質の管理をスケールアップしたり、上流域に持つていけば今のような話になっていきます。それをスケールダウンすれば大きな流域やメソスケールの話に繋がります。基礎データの基礎実験と流域や広域の話、水収支は誰かやっていますか。

坪山一それはやっています。水資源存量といった時間的くくりになります。それが日本全国でどれくらい係るかを調べています。森林の問題を調査研究していくながら、我々も分か

っているようで言えないのが、そもそも日本の森林からどれくらいの水が出てくるかということです。

中村（義）－森林の水の流出や融雪を研究されていることは分かりましたが、この研究はどういうふうに管理していけばどのようになるのかといった目標と、人為的に管理するためには森林系的な話も考えていかないとそのままになってしまいます。管理の目標は森林系として農林総研で行われているのでしょうか。

坪山－森林系の社会科学的なモデルと水のモデル、或いは土砂量を変えるモデルは、なかなか同じスケールに乗せることが難しいですが、ひとつのシステムとして将来予測或いは変動評価が出来るようなモデルを作ろうという話があります。森林シミュレータといった考え方の中で、林業生産に関わる話と森林の持つ多面的機能の水保全、土保全、生物多様性といった色々な尺度があります。

坪山－歴史的な背景として先の戦争の直後に、これから木材が住宅用建材としてたくさんいるということで、日本のあちこちで木を植えました。その管理をどうするかをここしばらくずっと引きずっていますが、それもある意味使える時期になりつつあるので、供給力という点ではだんだん上がってきていると思います。それを実際に実行するときにいろいろと考えなければいけない課題があり、とは言ってもコストは掛けずに使うといった諸々の研究より政策として森林再生のプランがあります。

中村（義）－森林組合の役割も少し変わってきてているのでしょうか。

坪山－その辺りはあまり把握していません。

中村（充）－1990年から2000年くらいのデータを示されましたが、2000年後の10年間と2000年前の10年間で、平均値にしても何か大きな変化はありますか。

坪山－気候変動関係の課題が結構あり、この10年、10年の部分は検証できる範囲がそうですが、それにプラスした将来の変化を気候情報の推計値としてあるので、将来予測値を用いてこの先どうなるかを予測できるようにしていこうと思います。今日紹介した温度や計測値をモデルを生かした一ステップとしています。

中村（充）－保水力にしても限界保水力があり、そこまでは保水するがそれを超えると流出量が一気に増えてしまうことがあります。気候条件の変化と局所的な変化と保水力がブレンドされた現象です。ある意味では大きくシステムを捉えて、システムの中にインプットする条件を出せればいいと思います。

石川－私たちは水関係・海関係のものですが、山の関係者はあまり海のことを考えたことがないと思います。海の人は山のことを考えますが、山から海に水などが入ってくるから

です。

中村（義）－海と違って陸のデータベースはものすごくたくさんあります。土地台帳を見ると1キロメッシュで出ていますが、海にはありません。藻場はないに等しいです。

坪山－崩壊については大きく二つの方向で考えています。ひとつはどういう場所で起こるかで、それによりある程度予測できるようにすることです。陸上に関してはレーザーによる比較的細かい地形データや空中写真がデータベースとし、その情報を生かしてどこが危ないか、崩壊の予兆は専門的な目で見れば地形のちょっとした亀裂が見えので、分かる場合もあるといわれています。そのような広い範囲をターゲットにリスクの高いところを狙っていくことが進められる技術開発、研究が考えられるひとつだと思います。

小松－例えば山で林業が再生することにより水質が変わり、物質循環が変わることによってこう変わるということが見せられると、トータルになります。

中村（義）－森川海のそれぞれのプロジェクトは自然系で閉じた話が殆どです。それを産業系の方でも連携していくかないといけないとなると、もう少し幅があるものになると思います。

助成事業者紹介

氏 名： 石 川 公 敏

現 職： 環境アセスメント学会 理事

主な著書： 海洋環境調査法

沿岸環境調査マニュアル 1, 2

海洋環境を考える

明日の沿岸環境を築く

干潟造成法

**河川整備基金助成事業**  
**山川海をつなぐ水環境と生態系サービスの**  
**保全・回復に関する調査研究委員会報告書**

平成25年3月

発 行 社団法人 国際海洋科学技術協会  
〒107-0052 東京都港区赤坂一丁目9番13号  
三会堂ビル地下1階  
電 話 03-6230-4373