

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21360287

研究課題名（和文） 流域を基盤とする自然共生都市の形成に関する都市計画論的研究

研究課題名（英文） A Study on Natural Symbiosis City based on Watershed Landscape

研究代表者

石川 幹子（ISHIKAWA MIKIKO）

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：30296785

研究成果の概要（和文）：

本研究は、地球環境問題の解決・緩和に向け、緑地を基盤とする生命を育む都市を「自然共生都市」と定義し、その持続的維持と形成に関わる手法の研究を行ったものである。対象地は日本・アジア・南洋諸島であり、水・物質循環の基礎である流域圏を枠組みとし、環境データベースの整備、生物多様性・二酸化炭素の固定・文化的景観・地震津波防災等、新たな環境評価手法の構築を行った。これを踏まえて、計画策定過程における市民協働の社会的実装を行い、政策に連なる都市環境計画方法論を提示した。

研究成果の概要（英文）：

This research developed the methodology of environmental planning aiming at the formation of natural symbiosis cities, which would solve or mitigate the global environment problems. Research sites are located at Tokyo Metropolitan Area, Tohoku Area in Japan, Again, and Oceanic countries. Based on the analysis of watershed units and ecological structure, we created environmental databases, and developed the evaluation model of biodiversity, anchor effect of carbon dioxide, cultural landscapes and disaster management from earthquake and tsunami. Lastly, combined with citizen participation, new methodology of environmental planning has developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2010年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2012年度	2,600,000	780,000	3,380,000
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：都市計画・建築計画

キーワード①流域圏②自然共生都市③都市環境計画④ビオトープマップ⑤自然立地的土地利用

### 1. 研究開始当初の背景

地球環境問題の解決、緩和に向けて、低炭素化社会、循環型社会、自然共生型社会など、様々な取り組みが行われている。本研究は、これらの取り組みの基盤としての“緑地”を、地球上におけるすべての生物にとっての社

会的共通資本として捉え、生命を育む持続的都市を「自然共生都市」と定義し、その形成に関わる都市計画論の構築を目指したものである。都市と自然の共生に関する研究は、近年始まったものではなく、20世紀初頭より、都市計画の枢要に位置する課題として多くの研究の対象となってきた。しかし、21世紀

に入り、「自然共生都市論」は、これまでとは全く異なった展開となっている。それは、20世紀の計画論が「拡大」の時代の要請に対するものであったのに対し、現在は、地球環境問題を踏まえて、「環境の持続的維持」及び「都市の縮退」を課題とする計画論へと、抜本的な転換が必要となっているためであり、また頻発する巨大災害に対する適応策が求められるためである。

## 2. 研究の目的

本研究は、地球環境問題の解決・緩和に向けた「自然共生都市」の形成に関わる都市環境計画手法の構築を目標としたものである。

地球環境問題に対応するためには、計画区域の広域化が必要であり、しかも空間的階層性に応じた方法論の構築を行わなければならない。これに伴い、普遍性のある環境データベース構築、分析、評価手法の開発と計画方法論の構築が必要である。なかでも、アジアの諸都市、地球温暖化の影響を受ける南洋諸島など空間データの乏しい地域においても、分析可能な手法の開発が必要である。そこで、本研究では、研究期間内に、以下の3点について研究を遂行した。

① 日本全国、アジア、南洋諸島における都市地域の環境データベースの構築。

② 計画の空間スケールに対応した階層的環境評価手法の開発。

③ 以上を踏まえ、流域圏プランニングの方法論とランドスケープ・エコロジーの理論の統合化による自然共生都市の形成に向けた都市計画方法論の提示。

## 3. 研究の方法

本研究の対象地として、国内では首都圏、地方都市、海外では、アジア、南洋諸島を選定し、研究を行った。

首都圏では、環境データベースの構築を行い、都市化の中で失われてきた自然環境を、生物多様性、CO<sub>2</sub>の固定、文化的景観の観点から再評価する基礎的研究を行った。

地方都市では、東日本大震災で甚大な被害を受けた宮城県仙南地域を対象に、流域内の自然立地単位の抽出を行い、津波被害との相関分析に基づき、レジリエンスの高い復興計画の方法論を提示した。

アジア、南洋諸島では、中国四川省都江堰市、フィリピン・マニラ首都圏、パラオ共和国バベルダオブ島を事例として、環境データベースの構築、評価手法の開発を行い、普遍性のある都市環境計画論の構築を試みた。

## 4. 研究成果

### (1) 首都圏（日本）

自然環境が分断された大都市圏として首都圏をとりあげ、小流域を基礎とする環境デ

ータベースの作成を行い、それを基に、各対象地において、エコロジカルネットワークの視点から生態系調査を行い、評価手法の開発を行った。

### ① 東京都心部の流域構造と緑地評価

東京都心部の地形は、武蔵野台地と大小の河川により形成された沖積平野が相互に入り組んだ襞状の構造であり、台地と低地の境界領域には崖線が存在し、湧水・樹林地が残存すると共に、社寺等の歴史的・文化的資源が集積している（図1）。そこで、本研究では環境データベースに時間軸を導入するものとし、1883年（明治16年）と2010年（平成22年）の緑地環境の詳細な環境データベースの作成を行った。これを踏まえて、東京都心部における代表的小流域である神田川流域と目黒川流域に着目し詳細な研究を行った。



図1 都心部の流域界と緑地・湧水地の分布



図2 落合崖線と現在の緑地（公園）

神田川流域については、図2に示す落合崖線に着目し、残存林の植生調査を行い、地形、水循環、植生の指標を総合化したビオトープマップの開発を行い、15種類のタイプを抽出した。これは、都市の自然の現状とポテンシャルをわかりやすく提示した基礎的研究であり、落合崖線緑地の保存再生と連動させるために、地域住民の皆さんとワークショップを開催し、計画論の開発、改良を行った。この結果、新たな緑地保全・再生計画の策定に結びつけることができ、2013年には湧水を活

かした新たな公園の開設に繋がり（新宿区おとめ山公園の拡張）、社会実装としての成果を得ることができた。また、ビオトープタイプごとに、雨水浸透実験を行い、緑地の有する都市型水害緩和機能モデルの形成に資する基礎的研究を行った。

目黒川については、全流域を対象として、都市化の進展に伴う緑地構造の変化を経年的に明らかにした。その結果、流域圏は、単なる水循環の単位ではなく、生態的及び文化的特質を有するまとまりのある「文化的景観」であることが明らかになり、都市環境計画の目標として、文化的景観の持続的維持と顕在化が重要な課題であることを示した。

### ②都市内河川流域における生物多様性評価

大都市域における生態系の保全・改善においては、エコロジカルネットワークが重要となる。その際、都市内を流れる河川や遊水地は、治水という都市維持のために不可欠のものである一方で、平時は生態的インフラストラクチャーとしての役割が期待される。そこで本研究では、都市内河川の生態的コリドー形成の基礎的研究として、河川敷の法面緑地に着目し、直翅目の生息実態を行った。

調査対象地は、神奈川県東部を南北に平行して流れる引地川、境川、境川の支流の柏尾川である。その結果、川幅 15~20m 程度の中規模河川では、法面草地だけでは生態的コリドーとして直翅目類に対してはほとんど機能せず、河川緑地のみならず、隣接する周囲の緑地も含めてその機能を補強する必要があることが明らかになった。

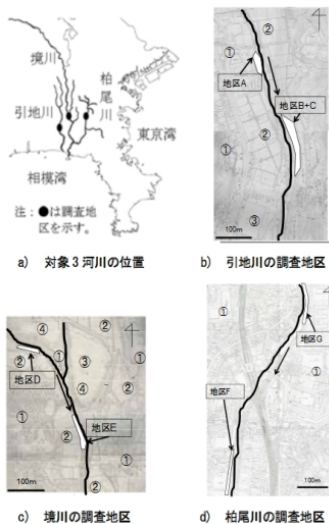


図3 都市内河川生態系コリドー調査地  
(神奈川県柏尾川、境川、引地川流域)

### ③都市域の緑地がもつ CO<sub>2</sub> の固定量の評価

自然共生都市の新たな計画論の柱として、緑地の有する CO<sub>2</sub> の固定量の評価は、重要な指標である。しかしながら、京都議定書が作

成を義務付ける温室効果ガスインベントリにおいて、吸収源の一つに位置付けられている都市の緑地は 0.05ha 以上の緑地のみであり、それ以下の緑地および、住宅の庭や工場敷地の小規模な緑地は対象外であり、それらによる二酸化炭素吸収量についての研究は不足しているのが現状である。

そこで、リモートセンシングを活用し、都市域の緑地を広域的に把握し、緑地の有する CO<sub>2</sub> の固定量の評価するため、直下解像度 10m の高解像度の ALOS の AVNIR-2 センサーで取得された冬季と夏季の 2 時期の画像の可視域から近赤外域までの 4 バンドを利用して、神奈川県横浜市全域を対象として、緑被率を算出し、CO<sub>2</sub> の固定量の評価を行った (図 4)。その結果、CO<sub>2</sub> の吸収量において、都市的土地利用の吸収量 (約 2.32 万 t/年) が森林や草地といった自然的土地利用の吸収量 (約 2.99 万 t/年) の約 78% であり、都市域が重要な吸収源であることが明らかになった。

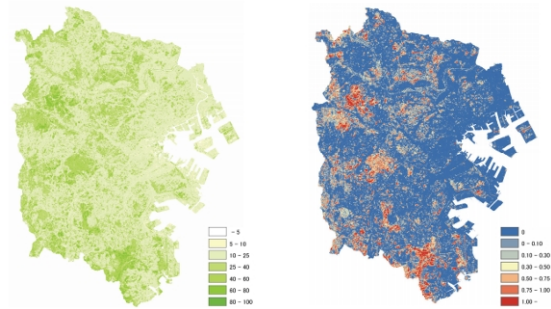


図4 : 緑被率分布 (左)、CO<sub>2</sub> 吸収量分布 (右)

### (2) 地方都市 (東日本大震災被災地)

#### ①小流域でみる仙台市の緑地構造と評価

地方都市における小流域に基づく都市環境計画の展開のために、宮城県仙台市を事例とした地域環境分析、現行計画の分析を通じ、その導入の可能性と課題を明らかにした。

研究の手法としては、都市計画スケールの流域区分として小流域を設定し 313 個の小流域を抽出した。環境資源の分布状況を小流域単位で把握するために、植生自然度と農地率による類型化を行い、7 種類の抽出を行った。最上流部の源流域 (類型 1)、里山地域 (類型 2-4)、中流部の市街地型 (類型 5-6)、中下流部の市街地型 (類型 7) である (図 5)。

これを踏まえて、現行の緑地保全施策を重ね合わせ、施策の有効性、空白地帯の抽出、市民活動との連動などの評価を行った。この結果、現行施策の空白地域などが明らかとなり、施策評価の基礎的資料を提示することができた。地方都市の特色は、都市計画区域が限られていることにあり、区域区分を超えた施策展開が必須である。本研究によって、自然環境保全、森林保全、農地、都市環境形成をつなぐ計画原単位として、流域圏プランニングの有効性が示された。



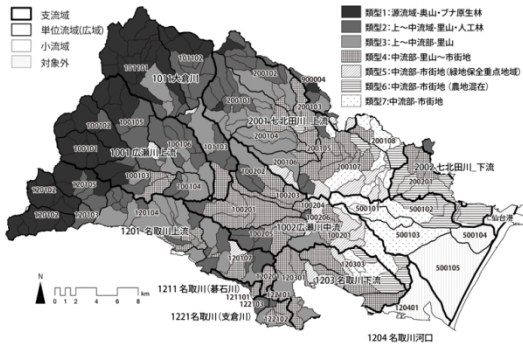


図4：仙台市の小流域の環境資源による類型

②東日本大震災による津波被災地における自然立地的土地利用と復興計画の手法の開発

人口減少時代における自然共生都市は、農山村地域と都市の連携による新たな枠組みの開発が必要である。2011年に発生した東日本大震災は、すでに疲弊しつつあった農村地域の荒廃に拍車をかけつつある。本研究では、東日本大震災の津波被災地のうち、宮城県仙南地域を対象に、自然と共生してきた地域構造の解析を行い、これを踏まえてレジリアンスの高い復興計画の方法論の提示を行った。調査対象地における歴史的地域形成は、集落区分が基本的に小流域を単位として形成されているため、小流域区分を分析の原単位として設定した(図5)。これにもとづき、森林率、農地率、ため池の分布、農業用水の分布、集落の立地などを重ね合わせ、分析を行い、9種類の抽出を行い、当該地域が、森里海の連携の中で形成されてきたことを明らかにした。

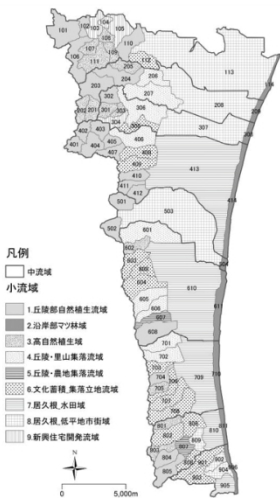


図5 仙南地域の小流域の類型

次に、津波により被災した沖積平野の分析を行い、自然立地単位図(図6)の作成を行った。これを踏まえて、残存した家屋、樹林地、屋敷林(居久根)の詳細な現地調査を行

い、自然立地との相関分析を行った結果、以下の点が明らかとなった。第一に集落の立地は、歴史的に自然立地単位と強い相関がある、第二に、自然立地単位から導かれた微細な立地特性の相違及び農村の文化的景観(居久根等)が、津波襲来時の全壊・半壊を分ける一つの要因として機能していたことがわかった。このため、現在、有効な計画論のない沖積平野におけるレジリアンスの高い土地利用計画策定に際して、一定の学術的な成果を提供することができた。

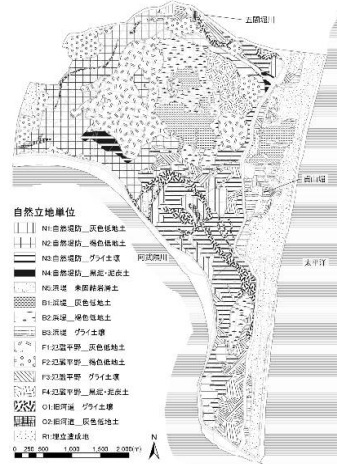


図6：自然立地単位図(宮城県岩沼市)

(3) アジア・南洋諸島

アジア・南洋諸島を対象として3つの事例研究を行った。第一は、四川大地震からの復興と急激な都市の拡大に直面する四川省都江堰市を事例とした流域圏を基盤とする文化的景観に関する研究、第二は、フィリピン・マニラ首都圏における、自然環境、洪水リスク、スラム分布などの自然的、社会的脆弱性の分析を踏まえた流域エコロジカルネットワーク研究、第三は、地球温暖化の影響を受けるミクロネシア島嶼のパラオ共和国を対象とする流域圏を基礎とするランドスケープ・プランニングに関する研究である。

① 中国四川省都江堰市

中国四川省の都江堰市では、紀元前256年に築かれた古代水理工である都江堰により、灌漑水路が網の目状に整備され、豊かな農耕文明が展開されてきた。20世紀以降、都市化の進展に伴い、2008年に城郷計画法が施行され、震災復興計画の中で、エコロジカル・コンパクトシティの形成が目標として掲げられた。特に、都市周辺部に田園風光帯(グリーンベルト)が設けられ、都市の拡大の制御、農村景観の保全が図られることとなった(図7)。

本研究では、流域圏分析に基づき、当該地域の古代水理工と林盤(複数の農家の集合体による維持されてきた森)により形成されて

きた文化的景観の構造を明らかにし、現地政府関係者、西南交通大学との協働作業を行い、文化的景観保全と再生の計画論の提示を行った。現在、この伝統的農村景観は、都市化の進行、生活様式の変化により、変貌を遂げつつあり、復興事業と連動した本研究は、時宜を得た社会実装を伴う成果となった。

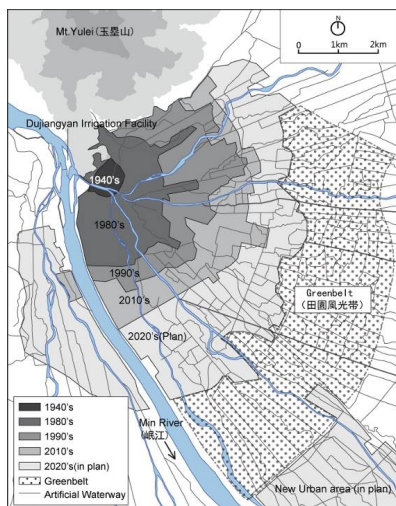


図7：都江堰市の都市化プロセス

### ② フィリピン共和国・マニラ首都圏

マニラ首都圏では、近年都市化が急速に進み、都市環境の急速な悪化、貧困層の居住環境の劣悪化、洪水などの被害に対する都市の脆弱性が社会的問題となっている。

本研究では、これらの問題を解決するための基本的インフラストラクチャーの一つの柱が、流域圏を基盤とする緑地構造であるとの視点から、マニラ首都圏における緑地環境のデータベースの作成を行い、環境的基礎を生態的な視点から把握し、さらに、洪水などの災害リスクやスラムなどの貧困層の分布と緑地構造の関連性を分析した。その結果、河川沿いの空間など洪水リスクの高い土地にスラムが形成される傾向があり、インフラの整備が十分でない地域の増大が、都市環境を更に劣悪化させていることが明らかになった。

本研究では、流域圏ごとに異なる課題を、水循環と緑地構造の保全・再生という視点から可視化させ、巨大都市圏の新しいプランニングの可能性を、都市環境計画の視点から提示した。

### ③ パラオ共和国バベルダオブ島

アジアの熱帯島嶼は、温暖多雨な気候条件の下、豊かな熱帯雨林や珊瑚礁が成立し、生物多様性の保全上最も重要な地域の一つである。しかしながら、狭小かつ閉鎖的な環境を有する熱帯島嶼では、陸域における開発が赤土流出を引き起こし、陸域・海域の双方の生態系を劣化させている。また、それらは、

島の自然環境との密接な関わりの中で築かれてきた島民の生活文化に対しても顕著な影響を与えている。

そこで、本研究では、パラオ共和国のバベルダオブ島を事例として、持続可能な流域圏の構築の可能性をランドスケープ・プランニングの視点から考察した。具体的には、流域圏の階層構造の分析を行い、国土からコミュニティに至るシームレスな環境施策の重要性を、20世紀初頭からの土地利用の変化に関する実証分析を通して明らかにした。また、小流域の微地形に即して成立する集落の持続的土地利用システム、及びその中心的要素としてのアグロフォレストリーの実態の解明を行い（図8）、これを踏まえて行政・市民・NGOの協働による流域圏マネジメントについての提言を行った。

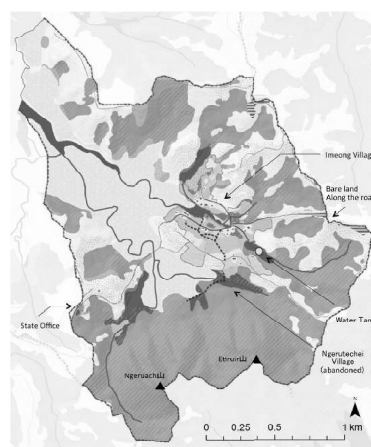


図8：小流域における土地利用システム

### (4) 自然共生都市の形成に向けた都市環境計画の方法論の提示

本研究は、「自然共生都市」の形成に関わる都市環境計画方法論の構築を目指した。

計画論の普遍性を高めるために立地条件の異なる地域を選定し、環境データベースの作成、分析・評価手法の開発、可能な限り社会実装へと結びつける試みを行った。その結果、以下の成果を得ることができた。

第一に、従来の都市計画において導入されることのなかった流域圏を計画原単位として導入することにより、階層的計画論の構築が可能となり、広域圏から生活圏へ連続する方法論の提示を行うことができた。

第二に、流域圏の枠組みの付与により異なる環境データベースの結合が可能となり、生態系調査によるビオトープマップの作成、および文化的景観分析等を通して、空間の有する特質と課題を、空間情報として明確に提示することが可能となった。

第三に、津波、洪水などの災害リスクマネジメントのツールとして流域圏を基盤とする都市環境計画方法論の有効性の提示を行

うことができた。

総じて本研究は、地球環境問題および災害リスクの軽減に向けた計画論として「自然共生都市」に連なる都市環境計画の有効性を示し、今後の展開の可能性を、学術研究のみならず社会的実装により提示したものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 15 件)

- ①徳江義宏、今村史子、大澤啓志、「都市域の樹林地におけるセミ類の生息分布を規定する環境要因」、ランドスケープ研究、査読有、2013、Vol. 76、No. 5、pp. 465-468
- ② Maged Bouchahma and Wanglin Yan、"Automatic Measurement of Shoreline Change on Djerba Island of Tunisia"、Computer and Information Science、査読有、2013、Vol. 5、pp. 17-24
- ③片桐由希子、石川幹子、「地方中心都市における小流域に基づく緑地環境計画手法の導入に関する一考察」、ランドスケープ研究、査読有、2012、Vol. 75、No. 5、pp. 673-676
- ④板川暢、片桐由希子、大澤啓志、一ノ瀬友博、石川幹子「東京湾沿岸部埋立地における緑被分布とバッタ類の生息分布との関係について」、ランドスケープ研究、2012、査読有、Vol. 75、No. 5、pp. 621-625
- ⑤高取千佳、石川幹子、「東京都心部における明治初期と現代のマトリクス構造の変化に関する研究：港区北部地域を対象として」、都市計画論文集、査読有、2012、Vol. 47、pp. 577-582
- ⑥馬場弘樹、氏家深志、石川幹子、「沖積平野における自然立地的条件から見た集落の発展と津波・震災被害に関する研究」、都市計画論文集、査読有、2012、Vol. 47、pp. 907-912
- ⑦石鼎、石川幹子、「中国四川省都江堰市のグリーンベルトにおける農村地域の文化的景観に関する研究」、都市計画論文集、査読有、2012、Vol. 47、pp. 1009-1014
- ⑧石川幹子、カビリジャウメル、大澤啓志、高取千佳、村山健二、「中国四川省都江堰市農村部における林盤に関する研究」、ランドスケープ研究、査読有、2011、Vol. 74、No. 5、pp. 779-782
- ⑨吉田葵、片桐由希子、石川幹子、「落合崖線上における緑地の現況とその質に関する研究：東京都新宿区立おとめ山公園を対象として」、都市計画論文集、査読有、2011、Vol. 46、pp. 637-642
- ⑩森正史、片桐由希子、石川幹子、「都市内河川流域の景観を形成する緑地構造の歴史的変遷に関する研究—東京都目黒川流域を研究対象として—」、都市計画論文集、査読有、2011、Vol. 46、pp. 643-648
- ⑪根津準一郎、大澤啓志、勝野武彦、「都市

域内の河川緑地における直翅目の生息実態」、日本緑化工学会誌、査読無、Vol. 37、No. 1、2011、pp. 195-198

⑫飯田晶子、野口翠、大澤啓志、石川幹子、「ミクロネシア島嶼パラオ共和国における集落の文化的景観に関する研究—バベルダオブ島アイライ集落を事例に」、都市計画論文集、Vol. 45、査読有、2010、pp. 97-102

⑬巖 網林、「中国の都市システム」、統計、査読無、2010. 8、2010、pp. 21-28

⑭斉藤直哉・石川幹子、「衛星データを用いた緑被率・炭素吸収量の推計に基づく都市内緑地の評価に関する研究—横浜市を事例として」、日本都市計画学会、Vol. 44、査読有、2009、pp. 19-24

⑮稲葉佳之・巖網林、「都市近郊における農地の粗放化の空間分布と時系列的変化の解明」、都市計画論文集、Vol. 44、査読有、2009、pp. 55-60

〔学会発表〕(計 4 件)

①Nappy L. Navarras、Mikiko Ishikawa、「Analysis of Manila's eco-spatial environment in urban watershed context」、Inter-University Seminar on Asian Megacities、2012年9月6日、Khabarovsk

②Tomoki KOBAYASHI and Wanling YAN、「Framework in Agent-based Model for Solar Diffusion Analysis」、INTER-UNIVERSITY SEMINAR on ASIAN MEGACITIES 2011、3-5 September 2011、Beijing、China

③Osawa、S.、Kuroda、T. and Katsuno、T.、「Distribution of terrestrial reptiles in river open space as the large scale ecological corridor running through Tokyo metropolis、Japan.」Inter. Conf. Urban Biodiversity and Design、2010年5月21日、名古屋 愛知県産業労働センター

④Yan Wanglin、「Assessment of the Cooling Capacity of Urban Parks by Canopy Layer Characteristics and Ground Temperature Observations」、11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM)、2009年6月16-18日、Hong Kong、China

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石川 幹子 (ISHIKAWA MIKIKO)  
東京大学・大学院工学系研究科・教授  
研究者番号：30296785

### (2) 研究分担者

巖 網林 (Wanglin YAN)  
慶應義塾大学・環境情報学・教授  
研究者番号：10255573  
大澤 啓志 (OOSAWA SATOSHI)  
日本大学・生物資源科学部・准教授  
研究者番号：20369135