

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18360250

研究課題名（和文） 中国の地域別経済発展と物流が環境に及ぼす影響に関する研究

研究課題名（英文） Study on Environmental Effects of Regional Economic Growth and Logistics in China

研究代表者

井村 秀文（IMURA HIDEFUMI）

名古屋大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号：20203333

研究成果の概要：中国では、急速な経済成長に伴い膨大な資源重要が発生し、そのことが環境問題や今後の地域経済の発展に与える影響について様々な議論が行われている。本研究は、中国を対象とし、都市化、産業集積、資源の賦存と生産・消費、物流などの空間的構造に着目し、これが地域ごとの経済成長と環境問題にどのように影響を及ぼしているか、また、地域間の連関が国全体の発展にどのように作用しているかについて論じた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2007 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2008 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
総計	13,600,000	4,080,000	17,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：中国，地域経済発展，環境負荷，物流，国際協力

1. 研究開始当初の背景

21 世紀の世界の経済と環境問題の趨勢を左右するのは中国である。研究代表者らは、さまざまな側面、切り口から中国の環境問題について研究してきたが、1980～1990 年代に同定された問題と 21 世紀初頭の問題には大きな転換が見られる。すなわち、中国の環境問題に対する従前の分析視点は、急速な経済成長と工業化の過程で、遅れた技術、遅れた対策システムが深刻な公害・汚染・健康被害・生態系破壊を引き起こすというものであったが、1990 年代後半以降の中国は経済力の急速な高まりをベースに、環境問題対処のための技術、対策システムを充実させ始

めている。この結果、生産活動に起因する大気・水の汚染があい変わらず深刻なものの、経済活動にともなう資源消費・資源循環の問題が新たな重大問題として登場している。中国政府も「循環経済」を国家環境政策の大きな柱として位置づけ、日中韓三国の環境大臣会議においてもこれが重要な協力テーマとなっている。また、近年の中国沿海部の経済発展は目覚しく、都市化も急速である。経済的に豊かになった大都市では環境対策のノウハウも含めた知識財の集積が進んでおり、それが他地域に移転されることによって全国的に経済がさらに成長するという発展パターンが想定される。他方、交通インフラの

整備により、これまで天然資源の利点を生かしきれてこなかった西部内陸の経済発展も注目される。

このような中国の環境問題を分析するには、2つの視点が必要である。第1は、大量に需要される物資の生産・消費・輸送の問題である。第2は、経済発展と都市化の空間的構造の問題である。現在の中国は、旺盛な経済成長とともに世界の資源を貪欲に食う怪物と化している。年平均成長率8%（1980～2004年）という驚異的成長を遂げた結果、膨大な資源需要が発生し、資源不足が経済成長の制約になることが懸念されている。粗鋼生産量は、2000年の年間1.3億トンから2004年の2.8億トンとわずか4年間で倍増し、世界第1位となった。これは日米欧全体の生産量に匹敵する。中国の鉄鋼生産設備の数は多いものの小規模なものが多く、そこで取られている環境対策の実態は不明である。石炭の生産量も、1997年の13.7億トンから2004年には19.6億トンと急増したが、その裏には中小炭鉱における事故の増大が指摘されている。また、セメント生産量も1997年の5.1億トンから2004年の9.7億トンへと増大した。非鉄金属、石油化学製品、紙・パルプ等の資材の需要もやはり急増している。中国によるこうした大量の資源消費は世界の資源需給に影響を及ぼす恐れがあり、近年、日本国内の廃プラスチック、スクラップ鉄などが大量に中国に流れるという事態も発生している。

また、中国は広大な国土を有しており、地域によって経済・産業のレベル・構造が大きく異なる。一方で、特定の産業が特定の地域に集中することなく、生産能力が多くの地域に分散していることもその特徴である。また、資源の生産・消費は、地域間での原料・中間製品・最終製品の輸送、すなわち物流と密接不可分である。このため、中国の経済成長とともに資源の生産・流通・消費の空間的パターンがどう変化するか、これが物流を通して地域間の関係にどのような変化をもたらすか、こうした変化が総体として中国の経済と環境にどのような変化をもたらすかの分析が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、中国の環境問題を分析するための上記の2つの視点「大量に需要される物資の生産・消費・輸送の問題」及び「経済発展と都市化の空間的構造の問題」に着目する。この2つの視点から、地域別の経済・産業構造、都市への技術・知識の蓄積、交通・通信インフラ整備などが資源消費に及ぼす影響、資源消費がもたらす環境負荷の関係を総合的に分析する。

3. 研究の方法

(1) 中国における環境負荷削減と地域開発のあり方

本節では、①東アジアを含むマクロ的視野における中国のエネルギー戦略、②国家開発プロジェクトと地域開発の関係性、③地域別の資本、労働、TFP成長率の関係性、④中国鉄鋼業を対象とした地域別最適投資、及び電炉普及による環境負荷抑制効果、⑤中国の地域間鋼材輸送量、などをそれぞれ分析することにより、環境負荷削減に資する中国の地域開発政策について論じる。

①中国のエネルギー戦略と環境

まず、主要大気汚染物質排出量の推移と「十五」計画達成状況を示し、中国の環境問題の全体概要を明らかにする。次に、IEA、国務院発展研究センター等の既存研究に基づき、中国の一次エネルギー需要の将来展望を示したうえで、「十一五計画」における総合エネルギー戦略の課題を示す。さらに化石燃料消費抑制、環境負荷削減に向けたエネルギー関連分野の日中協力のあり方を論じる。

②国家開発プロジェクトと地域開発

ここでは、「南水北調」、「西気東輸」、「西電東送」などの国家の大規模プロジェクトと地域の経済発展の関係性を示す。また、特に黄河流域における水権取引に着目し、上記3大プロジェクトを促進させる地域政策のあり方とその課題を論じる。なお、水権取引とは、「発電セクターが節水灌漑インフラに投資→節水による余剰水を農業セクターから獲得→エネルギー生産を活発化」といった取組であり、現在内蒙古及び寧夏自治区で試行されている。

③中国における地域別 TFP 成長率とエネルギー消費効率

近年、中国は急速に経済成長を遂げているが、その成長は技術進歩を伴わず、主に資源投入の増大によってもたらされたものではないかと懸念されている。そこで、省市レベルを対象として、経済成長の源泉を分析するための代表的な手法である成長会計分析を用いて、経済成長の要因の分布と、全要素生産性 TFP の成長率と GDP 当りの総エネルギー消費量との関係を分析する。

④中国鉄鋼業とインフラ整備、環境負荷

2000年以降、中国鉄鋼生産量が急激に拡大している（図-1）。1996年に中国は粗鋼生産量で日本を追い抜き、世界最大の鉄鋼生産国となった。その後、毎年大幅に生産量を拡大させ続け、2007年では4.89億トンという世界の36%、アジアの64%を占める鉄鋼大国に成長した。また、中国は鉄鋼消費量も世界最

大の国である。しかしながら一人当たり鉄鋼消費量で見ると、消費量は日本の40%程度で世界平均は上回っているものの、今後の中国の経済発展を考えると生産、消費ともにさらなる増加が予想される。

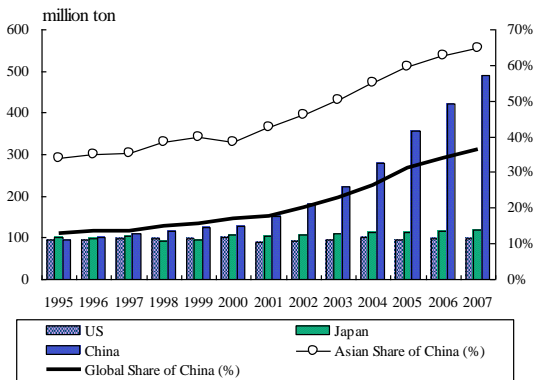


図-1 粗鋼生産量の推移

一方で、中国では鉄鋼業が製造業全体のエネルギー消費量に占める割合は約30%(2005年)であり、製造業の中で最も大きなシェアを占める。こうしたエネルギー多消費産業のひとつである鉄鋼業の成長に伴うエネルギー需要とCO₂排出量の増大は、中国やアジア地域にとどまらず世界規模でのエネルギー問題、地球環境問題にとって重要な意味を持つ。

そこで本研究では、以下の検討によりCO₂排出削減のための施策を提示する。

- 中国鉄鋼業における地域(省)間の生産効率性格差から、中国国内で達成されているフロンティア技術による生産効率性を基準に推計した潜在的なCO₂排出削減量を計測する。
- 省別のCO₂排出削減の限界費用を推計し、それを根拠にした最適予算配分によって、限られた予算を効率的に利用した場合の削減効果を評価する。
- 上記a, bとは異なる視点から、中国全体の鉄鋼蓄積量の評価と鉄スクラップ需給予測に基づき、電気炉普及によるCO₂排出削減効果を示す。

⑤中国の地域間鋼材輸送量と環境負荷

ここでは④に関連し、地域間の鋼材の輸送に係る分析を行う。まず輸送モデルを構築し、品種別鋼材のマテリアルフローを推計する。次に、鋼材の生産時に消費される石炭の硫黄含有率を鋼材の移出量に乗ずることでSO₂に係る環境負荷の相互依存関係を把握する。

(2) 地域経済発展と環境変化に関する理論的分析

中国における環境問題の深刻さはその急激な経済成長により今や明白なものとなっている。本節では地域の発展と環境変化の関係について把握するため、省レベルのデータを活用し、中国における環境クズネツ仮説

の成否を確認した。また、現状の汚染対策技術がより効率的に機能しているかについて分析した。

①環境クズネツ仮説の検証

中国における環境問題は重要であるにも関わらず、データ入手が困難であること、データ調整が必要であること等により、これまで中国を対象に環境クズネツ仮説を調査した事例は存在しない。本研究では1992-2003年の省レベルのデータを活用し、中国における環境クズネツ曲線(EKC)を調査することを目的とし、ノンパラメトリック法により所得と水質汚染、大気汚染物質及び固形廃棄物に係る環境水準との関係について評価する。

②環境パフォーマンスと汚染対策に対する収益

中国において汚染対策技術がどの程度効果的に活用されているかを知ることは、環境管理の状況を分析するうえで重要である。また、発展途上国を対象に環境汚染対策が収益の増加につながるか否かについて評価した研究はこれまであまり見られない。本研究では、1992-2003年の産業関連データを使用し、包絡分析法(DEA)を用いて中国における環境パフォーマンスを評価する。また、環境汚染と地域総生産(GRP)、環境パフォーマンス及び対策努力の関係性について把握するとともに、汚染対策による収益の増加の可否について検証する。

なお、ここでは鉱業、製造業、電気ガス及び水関連など、中国の第二次産業に起因する汚染に関するパネルデータを使用した。これは、2000年の中国国家環境保護局(SEPA)の概算によると、上記産業が全国の水質汚染の約40%、大気汚染の約80%の原因となっているためである。

(3) 経済発展の空間構造と物流、環境負荷の関係分析

従来の経済成長論は空間的側面を抜きにして展開されてきたが、最近では、地域の相互作業を考慮した、地域経済の発展を捉えた理論的研究がいくつか行われている。その代表的な理論としては、Krugman(1991)の「核一周辺モデル」や藤田(1996)の「都市階層モデル」等がある。こうした理論はまだ十分な実証基盤を持たないが、中国の地域別経済発展、あるいはある地域の中での都市化及び都市と周辺農村との機能分担の実態を理解・解明する上で有効な分析視点を提供してくれる。

ここでは、中国の経済成長・都市化の空間構造と環境負荷の関係について、各地域・都市がどのような相互連関、分業の下で経済成長を達成していくかを総合的に考察する。

4. 研究成果

(1) 中国における環境負荷削減と地域開発のあり方

①中国のエネルギー戦略と環境

表-1 に中国の主要大気汚染物質排出量の推移と「十五」計画達成状況を示す。表より大気環境では汚染物質排出量は増加傾向にある。また、2005年現在、酸性雨、都市部及び農村部における水質汚染、渇水、砂漠化等いずれも深刻であることが明らかとなった。また、中国の一次エネルギー需要の展望、中国のエネルギー需給バランスと安全保障問題の展望から、化石エネルギー消費の拡大に伴い、さまざまな環境問題が今後さらに深刻化する可能性が示唆された。

表-1 中国の主要大気汚染物質排出量の推移と「十五」計画達成状況

	2005年目標	2005年/目標
	(万トン)	(%)
二酸化硫黄排出量	1,800	141.6
粒子状物質排出量	2,000	104.7
煤塵	1,100	107.5
鉍工業粉塵	900	101.2

これに対し、「十一五計画」における総合エネルギー戦略では、省エネ、CO₂削減、地域格差の是正等、持続可能な社会実現のための政策が提示された。この実現に向けた課題として、法制度の問題、低い技術水準などが指摘されている。本研究では、この課題への対応策として、2007年4月の日中協力合意の迅速な履行が重要であることが示唆された。

②国家開発プロジェクトと地域開発

中国では、経済発展を牽引する東部沿岸域の電力不足を解消するため、「西電東送」、「西気東輸」を推進している。このプロジェクトにとって、膨大な石炭の埋蔵量を誇る中国西北部のエネルギー開発が重要であるが、こうした地域は慢性的な水不足に悩まされている。南水北調では、同地域に水を供給する西線の建設が困難である。こうした背景から内蒙古と寧夏自治区で発電セクターと農業セクター間の水権取引の試行が開始された。

本研究では、内蒙古自治区の水権取引の実施により北京市への電力供給を増加させることで、両地域の経済発展が可能であることが明らかとなった。これより水権取引は水供給制約下での地域開発政策として期待できる。一方、こうした取組は環境への負荷を増大させる。ここではエネルギー供給源として石炭が活用される。①で示した日中協力合意では、既存石炭火力の改造等に関する民間合意がみられた。今後、石炭ガス化複合発電技術など省エネと環境効果の大きい大型協力案件の早期実現が望まれる。

③中国における地域別 TFP 成長率とエネルギー消費効率

分析の結果、中国各省においては、資本の成長率が TFP や労働の成長率よりも大きいことが明らかとなった。これは、中国の高い経済成長は、その大部分が資本の投資によって支えられていることを示す。ただし、地域間で比較すると、内陸部に比べ沿岸部で TFP 成長率が高く、一方、資本の成長率は低い傾向がある。さらに、TFP 成長率が高い地域ほど GDP 当たりのエネルギー消費量が少ないことが示された。中国において特にエネルギー消費効率が高い地域は、江蘇省、浙江省、福建省であり、もっとも低い地域は寧夏自治区であった(2003年現在)。

④中国鉄鋼業とインフラ整備、環境負荷

以下に研究の方法で示した a, b, c の分析結果を示す。

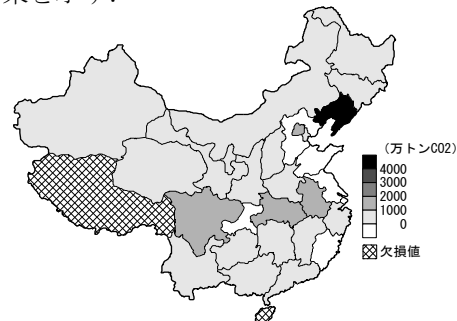


図-2 CO₂排出削減可能量の分布

a では、分析結果から、2003年度の中国全体の CO₂削減可能量の総和は 1.8 億トン CO₂であり、これは中国鉄鋼業全体の約 40%にも及ぶことが明らかとなった(図-2参照)。

b では、中国鉄鋼業の CO₂排出削減のための地域予算配分において、予算規模が 500~700 億元で最適配分の効果がもっとも大きくなることが明らかとなった。また、中国鉄鋼業全体の CO₂排出量削減を効果的に実施するためには、吉林省、黒竜江省、広西省、陝西省、寧夏省に対して重点的に投資を行うことが効果的であることが示唆された。

c では、鉄スクラップの将来動向を予測し、鉄スクラップの国内供給可能時期に合わせて、電気炉を普及させることで、2030年には、鉄鋼生産量に対する電気炉の構成比は約 18%に達し、約 5%の CO₂排出削減が可能であることが明らかになった。

⑤中国の地域間鋼材輸送量と環境負荷

鋼材のマテリアルフロー分析の結果、北京市、上海市、浙江省、広東省、四川省において、鋼材の移入量が大きいことが示された。これらはいずれも他の省に比べ経済成長が著しい省である。このことから、経済発展した省が主な鋼材の移出先となっている。一方、

移出元は、遼寧省、河北省、江蘇省、安徽省の4省となっている。

また、省間の環境負荷の相互依存関係の分析では、石炭含有硫黄分が高い重慶市が主要なSO₂排出元となっており、四川省が鋼材を消費したことにより本来負うべき環境負荷を、重慶市が肩代わりしている関係が明らかとなった。

⑥まとめ

以下に、環境負荷削減に資する中国の地域開発政策の実現にあたり考慮すべき事項を示す。

- ・ 国家全体のエネルギー戦略から、法制面、技術面について先進国との連携が必要。
- ・ 東部沿岸域の経済発展のためには、内陸部のエネルギー供給拠点としての発展が不可欠。これは地域の水資源の効果的な利用が鍵を握る。また、主なエネルギー供給源は石炭であることから、環境負荷削減のため、石炭火力発電に係る技術改良が急務。
- ・ TFP、鉄鋼関連の分析を通じ、内陸部への投資により効果的な環境負荷の抑制が可能。

(2) 地域経済発展と環境変化に関する理論的分析

①環境クズネッツ仮説の検証

本研究では環境負荷と一人当たりの所得レベルの間に逆U字型関係を示す環境クズネッツ曲線(EKC)が存在するかについて検証した。水質汚染、大気汚染および固形廃棄物に関する結果のすべてにおいて有意なEKC関係は示されず、固形廃棄物についてのみ弱くEKC曲線が支持されるにとどまった(図-4参照)。中国は大気・水質汚染および固形廃棄物についてさまざまな対策を実施し始めているが、ここでの結果は環境規制の執行力が弱いこと、または技術効果が規模効果を相殺しないことを示唆すると思われる。

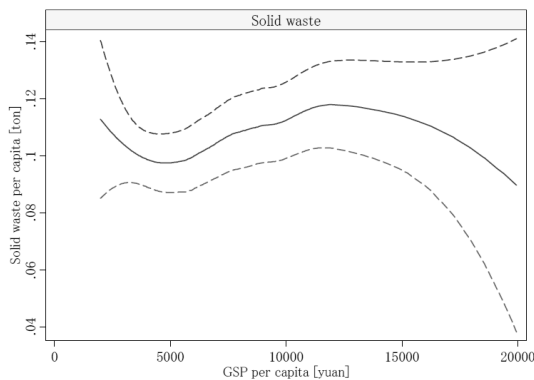


図-4 固形廃棄物と一人当たりのGSPとの関係についてのノンパラメトリック概算 (GSP: Gross State Product)

②環境パフォーマンスと汚染対策に対する収益

ここでは、中国の産業セクターを対象として廃水、排ガス、固形廃棄物に係る環境パフォーマンスの推移を評価した。この結果、分析対象期間(1992-2003)において廃水及び固形廃棄物に係る環境パフォーマンスは増加するが、排ガスについては減少することが明らかとなった。これは、分析対象期間内において、中国では排ガスに係る規制が不十分であったことを示す。

次に、省ごとの環境汚染とGRP(Gross Regional Product)、環境パフォーマンス及び対策努力との間に統計的に有意な関係を確認した。これは、上記3種類の汚染物質について、環境技術のパフォーマンス向上及び対策努力の増加が環境汚染を削減するという議論を支持していることを示す。

さらに、対策努力が増加した場合、汚染対策効率が改善するという仮説を検証した。この結果、中国の産業セクターにおいて、汚染対策に対して収益が増加することが明らかとなり、上記仮説は支持された。

③まとめ

本節の理論的分析の結果から、さらなる技術的対策の実施、実効性のある法制度の構築、の2点が今後の環境対策にあたり重要である。

(3) 経済発展の空間構造と物流、環境負荷の関係分析

現在、世界経済は危機的状況にあり、中国など新興国がこの回復の牽引役となることが期待されている。中国がこうした期待に応え、また高い経済成長率を維持するためには、内需拡大が不可欠である。こうした背景と前述した国家発展戦略との関連から、今後の地域発展の展望として次のことが考えられる。

①内陸部：東部沿岸域への石炭、天然ガスなど資源エネルギー供給を中心とした鉱工業の発展が地域経済の成長を促す。このため、こうした分野への環境対策が不可欠となる。また、所得の向上に伴い人口増加、企業集積などの効果を促すことが予想される。ここでは環境効率の低い周辺農村部に位置する小規模郷鎮企業の集積による環境負荷の削減効果が期待できる。

②沿岸部：海外からの進出企業の現状を分析すると、殆どが沿岸部に集中しており、うち4割は非製造業である(内陸部への非製造業の進出は殆どない)。このため、第3次産業の進展により業務・商業部門を中心とした大都市を軸に地域が構成される。また、経済の発展から工業部門は他地域に移転することも考えられる。これより都市機能の効果的な配置による環境負荷の削減が重要となる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 13 件)

- ① Feng SHI, Akio OHNISHI, Osamu HIGASHI, Hiroaki SHIRAKAWA, Hidefumi IMURA, The Reallocation of Water Right Policy and Carbon Dioxide Emissions in North China, *Journal of Environmental Information Science*, 37-5, pp.96-96, 2009, 査読有
- ② Lei LEI, Osamu HIGASHI, Feng SHI, Akio OHNISHI, Hiroaki SHIRAKAWA, Hidefumi IMURA, Study on Water Environment Improvement in Xi'an City, *Journal of Environmental Information Science*, 37-5, pp.97-102, 2009, 査読有
- ③ Shinji KANEKO, Shunsuke MANAGI, Hidemichi FUJII, Tetsuya TSURUMI, Does an Environmental Kuznets Curve for Waste Pollution Exist in China?, *International Journal of Global Environmental Issues*, 9(1/2), pp.4-19, 2009, 査読有
- ④ 藤井秀道, 金子慎治, 中国鉄鋼業の二酸化炭素排出削減戦略－限界削減費用を考慮した地域別最適投資－, *環境システム研究論文集*, 36, pp.59-68, 2008, 査読有
- ⑤ Li ZHIDONG, The Prospects for Nuclear Energy in the East Asian Region: Focusing on China, 30, pp.264-288, 2008, 査読有
- ⑥ 三浦直樹, 東修, 白川博章, 井村秀文, 大西暁生, 平野勇二郎, 中国の鉄鋼産業における CO₂ 削減可能性に関する研究, *環境システム研究論文発表会講演集*, 36, pp.31-36, 2008, 査読無
- ⑦ 黎明, 井村秀文, 白川博章, 東修, 大西暁生, 中国におけるモータリゼーションの社会経済的要因に関する研究, *環境システム研究論文発表会講演集*, 36, pp.221-226, 2008, 査読無
- ⑧ Li ZHIDONG, China's Long-Term Energy Outlook and the Implications for Global Governance, *Asia-Pacific Review*, 14-1, pp.13-27, 2007, 査読有
- ⑨ 李志東, 中国のエネルギー需給動向と日中協力のあり方, *海外事情*, 55-5, pp.101-123, 2007, 査読有
- ⑩ Latdaphone Banchongphanith, Shinji Kaneko, Yasuki Ochi, Urban Household Consumption Pattern Change in the Last Two Decades of High Economic Growth in China, *国際開発学会 2007 年第 8 回春季大会報告論文集*, pp.221-224, 2007, 査読無
- ⑪ 金子慎治, 市橋勝 他, 国際地域連関分析による 2 地点間の環境誘発効果の計測

－東京－北京の事例－, *環境システム研究論文集*, 34, pp.293-303, 2006, 査読有

- ⑫ 野田真一郎, 白川博章, 井村秀文, 中国における地域別 TFP の推計に関する研究, *環境システム研究論文発表会講演集*, 34, pp.107-112, 2006, 査読無
- ⑬ 吉延広江, 金子慎治, 市橋勝, 産業連関要因分析モデルによる地域二酸化炭素排出構造の比較研究, *Proceedings of 34th Annual Meeting of Environmental Systems Research*, pp.7-11, 2006, 査読無

〔図書〕(計 2 件)

- ① 李志東 (分担執筆), 法律文化社, 中国の環境問題と法・政策－エネルギー問題と環境協力－, 2008, pp. 396-419
- ② 井村秀文, 化学同人, 中国の環境問題今なにが起きているのか, 2007, pp.210

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井村 秀文 (IMURA HIDEFUMI)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号：20203333

(2) 研究分担者

金子 慎治 (KANEKO SHINJI)
広島大学・大学院国際協力研究科・准教授
研究者番号：00346529
市橋 勝 (ICHIHASHI MASARU)
広島大学・総合科学部・准教授
研究者番号：10223108
馬奈木 俊介 (MANAGI SHUNSUKE)
横浜国立大学・経営工学部・准教授
研究者番号：70372456
李 志東 (LI ZHIDONG)
長岡技術科学大学・経営情報系・教授
研究者番号：80272871
白川 博章 (SHIRAKAWA HIROAKI)
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号：50393038
東 修 (HIGASHI OSAMU)
名古屋大学・大学院環境学研究科・助教
研究者番号：70464154

(3) 連携研究者

陳 晋 (CHEN JIN)
北京師範大学・資源学院・教授
常 杪 (CHANG MIAO)
清華大学・環境科学と工程系環境管理政策研究所・所長
王 徳 (WANG DE)
同済大学・建築都市計画学院・教授