

# エネルギーに関する ODA が受入国の二酸化炭素排出 量に及ぼす影響

---

主査 高瀬浩一教授 副査 片山東准教授 有村俊秀教授  
早稲田大学大学院商学研究科商学専攻修士2年 喜多村 慎

2016/02/19

# 概要書

本論文は、世界の発展途上国 134 国を対象に 1973 年から 2011 年を分析期間とし、FDI 及びエネルギー分野に関する ODA が二酸化炭素排出量に与える影響について、環境クズネツ曲線仮説をもとに、固定効果モデルによるパネルデータ分析を行った結果をまとめたものである。

地球温暖化の進行は海水面の上昇や異常気象等を引き起こし、人間の住みやすい環境を破壊していくため、私たち人類がこの地球上でこの先も生きていくために解決すべき重要な問題である。そして、二酸化炭素を主とする温室効果ガスの過剰な排出が、地球温暖化の主な原因として挙げられる。IEA (2015a) によると、今後先進国の二酸化炭素排出量は減少する一方、発展途上国の経済発展と共に二酸化炭素排出量が大幅に増加することが見込まれている。そのため、今後温室効果ガス削減を目指すには、発展途上国の努力が必要となる。そういった中で、先進国が持つエネルギー関連の技術を発展途上国へ伝え、発展途上国の二酸化炭素排出量の増加を抑えることに貢献できれば、地球温暖化問題の解決に一步近づくことができるだろう。本論文では、その技術を先進国から発展途上国へ伝えることができるものとして、FDI と政府開発援助 (ODA) を取り上げた。発展途上国が受け取る FDI 及びエネルギー分野に関する ODA と、二酸化炭素排出量の関係を分析することにより、FDI 及び ODA が温室効果ガスの削減に貢献することができるかどうか調べることが目的である。

本論文では、環境汚染が経済発展とともに進み、ある一点を通過すると緩和されていくという環境クズネツ曲線仮説を元の実証分析を行った。ここでは、環境汚染の度合いを一人当たり二酸化炭素排出量とし、経済発展の度合いを一人当たり GDP で表すこととした。環境クズネツ仮説の実証分析は既に多くの研究者が行っており、そこで有効と思われる指標を説明変数として加えた。具体的には、一人当たりエネルギー消費量、人口、都市人口比率、工業比率及び貿易開放度である。

ここにさらに、FDI とエネルギー分野に関する ODA 受入額を説明変数として加えた。そして、ODA については、エネルギー分野全体に関する ODA の代わりに火力発電等の二酸化炭素をより排出する再生不能エネルギーに関するものと、地熱発電や太陽光発電等の二酸化炭素を排出しづらい再生可能エネルギーに関するもの、そしてその他のエネルギー教育や配電設備等のその他のエネルギーに関連するものに分けて説明変数と

して加えた分析も行った。本論文で扱うエネルギーに関する ODA は発電所の建設プロジェクトへの援助など、拠出されてから実際に発電所が稼働し効果を発揮するまで時間のかかるものが多いため、受入国の二酸化炭素排出量の増減に影響を与えるまでタイムラグがある可能性がある。そこで、1年から4年前の ODA を説明変数として加えたモデルの分析も行うこととした。また、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアと三つの地域に分け、同じ分析を行った。

結果としては、調査対象国全体を対象としたパネルデータ分析では、FDI、エネルギー分野全体に関する ODA、再生不能エネルギーに関する ODA 及びその他のエネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量に影響力を持たなかった。また、環境クズネツ曲線は支持されず、二酸化炭素排出量は GDP の増加に伴って増加しつづけるという結果が示された。一人当たり二酸化炭素排出量に対して最も強く影響していたのは一人当たりエネルギー消費量であり、係数は正であった。そして、三年前の再生可能エネルギーに関する ODA は、わずかであるが二酸化炭素排出量を減らす可能性が見出された。

また、地域別の分析では、アフリカでは再生可能エネルギーに関する ODA が二酸化炭素排出量を減らす可能性があること、アメリカでは ODA が二酸化炭素排出量に対し影響力を持たないこと、アジアでは再生不能エネルギーに関する ODA が二酸化炭素排出量を増やす可能性があることが示唆された。FDI に関しては、一つのモデルで二酸化炭素排出量を増やす効果があるという結果が出たが、その他のモデルでは影響力を持たなかった。そして、アフリカでは環境クズネツ曲線は支持されず、GDP の増加に伴って二酸化炭素排出量は増加し続けるという結果が示された。アメリカでも環境クズネツ曲線仮説は支持されず、GDP は二酸化炭素排出量に対して影響力を持たなかった。アジアでは環境クズネツ曲線仮説が支持される結果が示された。アフリカの結果は、ほぼ調査対象国全体を対象とした分析結果と同じであったが、アジアの結果は調査対象国全体を対象とした分析結果とは異なっていた。

先行研究では、再生可能エネルギーに関する ODA は拠出額が ODA 全体と比較しても非常に少ないため、影響力は極めて小さいという前提のもと、エネルギー分野全体に関する ODA で一括りにした上で分析した結果、ODA は二酸化炭素排出量に対して影響を及ぼさないとされていた。しかし、本論文で ODA を再生可能エネルギーに関するもの、再生不能エネルギーに関するもの、そしてその他エネルギーに関するものに分けて分析した結果、再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減少させ、再生

不能エネルギーに関する ODA は増加させる可能性がわずかではあるが見出せることが示唆された。したがって、再生可能エネルギーに関する ODA が発展途上国に拠出されることは、温室効果ガス排出の抑制及び地球温暖化問題の解決に対して意味を持つかもしれないと言えるだろう。

# 目次

第1章 序論	
1.1 はじめに	
1.1.1 世界のエネルギー使用量及び二酸化炭素排出量について	5
1.1.2 地球温暖化について	8
1.2 環境クズネツ曲線とは	10
1.3 FDIについて	16
1.4 ODAについて	17
1.5 まとめ	19
第2章 データと分析方法	
2.1 データ	
2.1.1 分析期間と対象国	21
2.1.2 一人当たり二酸化炭素排出量	23
2.1.3 一人当たりGDP	24
2.1.4 一人当たりエネルギー消費量	25
2.1.5 人口	26
2.1.6 都市人口比率	27
2.1.7 工業比率	28
2.1.8 貿易開放度	29
2.1.9 FDI	30
2.1.10 ODA	31
2.2 分析方法	37
第3章 対象国全体での分析結果	40
第4章 地域別の分析	
4.1 データ	43
4.2 地域別の分析結果	50
第5章 終わりに	53
付録	55
参考文献	60

# 第1章 序論

## 1. 1 はじめに

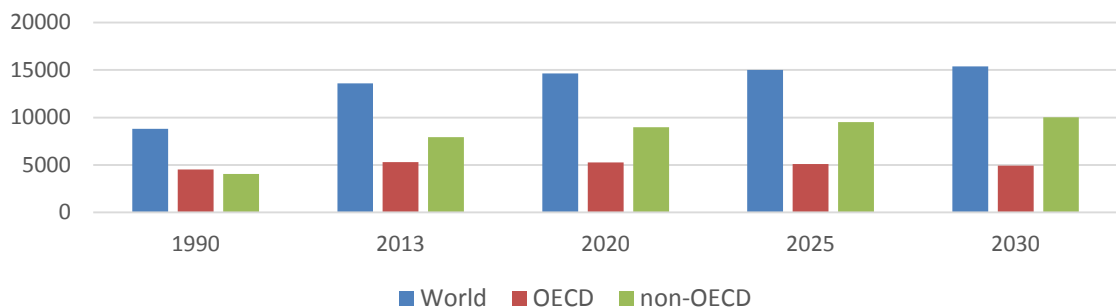
本論文の目的は、エネルギーに関する ODA が受入国の二酸化炭素排出量に及ぼす影響を明らかにすることである。ここではまず、その意義について述べる

### 1. 1. 1 世界のエネルギー使用量及び二酸化炭素排出量について

まず、世界のエネルギー需要について見ていく。この点に関しては、国際エネルギー機関「International Energy Agency (IEA)」が、世界のエネルギー消費や二酸化炭素排出量について調査、分析、将来予測をしている。IEA の HP によれば、IEA とは、OECD 傘下のエネルギー安全保障の促進と、信頼できる手頃な値段のクリーンなエネルギーを確保するために役立つ調査分析を行うことを目的として設立された機関である。

IEA (2015a) による現在までの世界のエネルギー需要と今後の予想は図 1. 1 のようになっている。この図によれば、世界全体のエネルギー需要は 1990 年から 2013 年にかけて大きく増加したが、今後も徐々に増加を続けることが予想されることが分かる。OECD 諸国に関しては、2007 年をピークとしてそのエネルギー需要は今後徐々に減少していくことが予想されている。その理由については、IEA (2015b) が OECD 諸国の少子高齢化の進行による人口動態の変化、経済構造の変化、効率化の進展などが挙げられている。そして、この減少していく部分を主に担っていくのが、欧州連合 (EU) や日本、アメリカであるとしている。一方で、非 OECD 諸国のエネルギー需要は今後も増加を続けていくと予想されている。OECD 諸国のエネルギー需要は今後減少が見込まれるため、世界全体のエネルギー需要の増加分は非 OECD 諸国によるものであると言える。この増加は特に、中国とインドによるところが大きいとされている。

図1.1 エネルギー需要予想

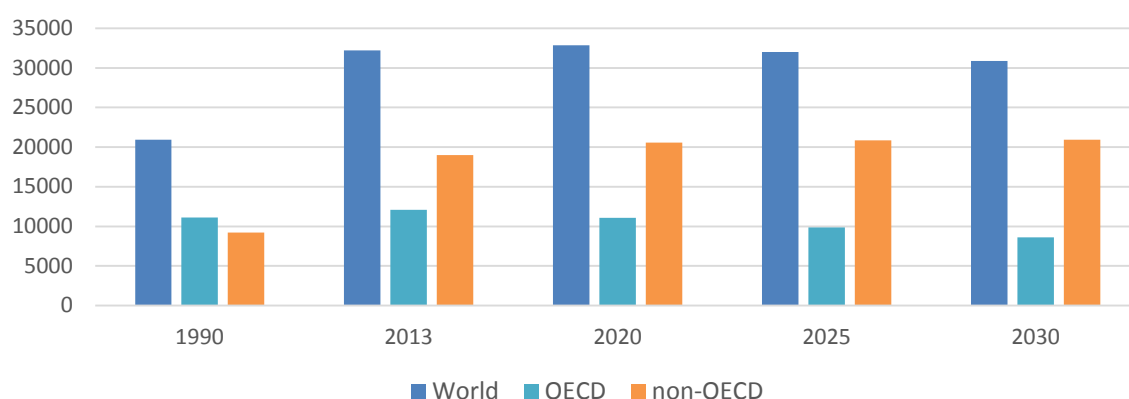


出所：IEA (2015a) より作成 (単位：100万石油換算トン)

中国に関しては、今後他国を引き離すほどの世界最大の石炭生産・消費国となり、2030年代までに、アメリカを抜いて世界最大の石油消費国になるとされている。また、2030年代までに、EUを超えるガス市場を有するようになり、2040年にはエネルギー総需要が米国のほぼ2倍になると予想されている。インドに関しては、発電および工業用途の石炭需要が急増し、石炭がエネルギー構成に占める割合はほぼ半分へと上昇するとともに、インドは他国を引き離して、世界の石炭消費増の最大の要因となるとされている。また、石油需要は他のどの国よりも増加し、2040年までに日量1,000万バレルに迫る。したがって、今後のエネルギー需要の増加は非OECD諸国に起因するところが大きいと言える。

次に、これまでの二酸化炭素排出量とこれからの二酸化炭素排出量の予想を見ていく。そこで、IEA(2015a)の二酸化炭素排出量予想表から図1.2を作成した。図1.2によると、世界全体の二酸化炭素排出量は1990年から2013年にかけて主に非OECD諸国の二酸化炭素排出量の増加によって大きく増加しているが、今後は徐々に減少していくことが予想されていることが分かる。この二酸化炭素排出量の増減の大まかな傾向はエネルギー消費量と同じである。この減少は、非OECD諸国の二酸化炭素排出量が徐々に増加していく一方、OECD諸国の二酸化炭素排出量が着実に減少していくことに起因すると予想されていることが見て取れる。

図1.2 二酸化炭素排出量の予想



出所：IEA(2015a)より作成（単位：Mt）

したがって、今後の二酸化炭素排出量削減のカギを握っているのは非 OECD 諸国であると言える。特に、以下の図 1. 3 及び図 1. 4 の今後のエネルギー需要の予想から分かるように、2030 年度では OECD 諸国に比べ、非 OECD 諸国の間ではエネルギー需要全体における再生可能エネルギー需要の割合が少ない。図 1. 3 は、OECD 諸国のエネルギー需要を示したものである。石炭と石油は今後減少してゆく一方で、ガスは増加することが予想されているが、再生不能エネルギー全体で見れば、再生不能エネルギーの需要は今後減少していくことが分かる。また、原子力、水力、バイオロジーとその他の再生可能エネルギーに関しては、どれも増加をしていくと予想されている。図 1. 4 は、非 OECD 諸国のエネルギー需要を示したものである。石炭、石油、ガス等の再生不能エネルギーと原子力、水力、バイオロジーやその他の再生可能エネルギーの需要は共に増加してゆくことが分かる。また、2030 年の、再生可能エネルギー需要がエネルギー全体の需要に占める割合は、OECD 諸国で約 31.1%、非 OECD 諸国で約 25.3% となっており、OECD 諸国に比べ、非 OECD 諸国の方が再生可能エネルギーに対する需要が少ないことが分かる。

よって、非 OECD 諸国での一層の努力が必要であり、また OECD 諸国は非 OECD 諸国に再生可能エネルギー技術や効率的なエネルギー技術を伝え、世界全体で協力して二酸化炭素排出量の削減を目指す必要がある。

図1. 3 エネルギー需要予想(OECD)

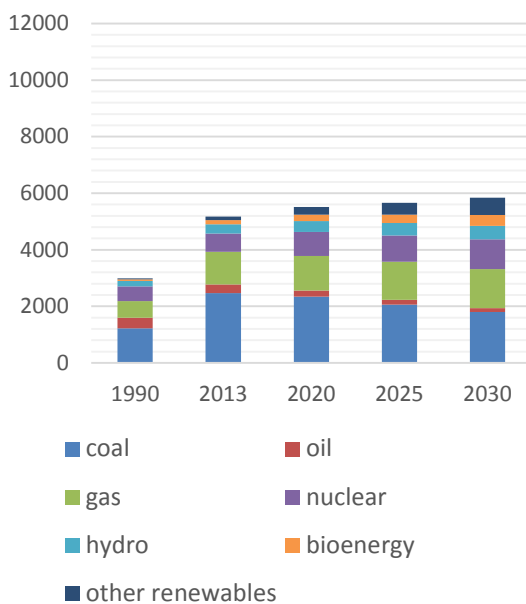


図1. 4 エネルギー需要予想(non-OECD)

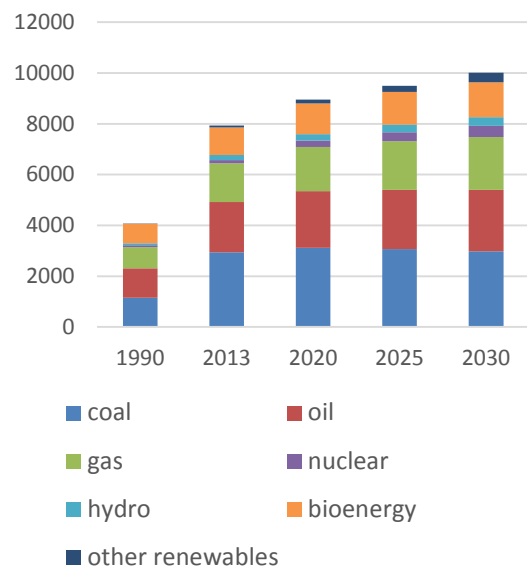


図 1. 3、図 1. 4 出所：IEA (2015a) より作成 (単位：百万石油換算トン)



## 1. 1. 2 地球温暖化について

これまで、世界のエネルギー需要と二酸化炭素排出量事情について述べてきた。一般的に二酸化炭素等の温室効果ガスの大気中の濃度が上昇すると、地球温暖化が進み、人間が住む地球環境に様々な悪影響が発生すると言われている。これは、広く一般的に知られた見解であるが、中には二酸化炭素排出量の増加と地球温暖化の間には因果関係が存在せず二酸化炭素排出量の削減には意味がない、または地球温暖化という現象自体が存在せず、といった主張も見られる。そこで、ここでは地球温暖化及び地球温暖化に関連して想定される悪影響等について述べる。

地球温暖化が問題視されるようになった経緯は、茅陽一・山地憲治・秋元圭吾(2014)によれば以下の通りである。まず、フランスの数理物理学者のヨーゼフ・フーリエが1820年代に、地球が太陽からの放射で直接温められているとすると、理論上の温度はずっと低くなるため、大気が熱の絶縁体として作用している可能性が高い、と主張した。その後、19世紀の末にスウェーデンの科学者アレニウスが、二酸化炭素が温室効果を持ち地球表面を温めているという説を主張し始めた。そして、米国のキーリングが1950年代末から、大気中の二酸化炭素の濃度を実際に測定して、それが上昇していることを示した。その後、1980年代から大気温の上昇が目立つようになり、1988年にアメリカで干ばつが起きたことにより地球温暖化が注目を浴びるようになった。この問題に対応して、同年カナダのトロントでのサミットと同じ会場で開かれた「変化する大気」と題する会議で、地球温暖化に関する議論が行われた、2005年までに温暖化の主因と目される二酸化炭素排出量を20パーセント削減する、という議長宣言がなされた。1992年には、ブラジルで国連の地球環境会議が開かれ、そこで大気中の温室効果ガスの濃度を何低下させることを目標として気候変動枠組条約（UNFCCC）が締結された。以後、地球温暖化問題を取り扱う国際会議が盛んに執り行われるようになった。代表的なものが、気候変動枠組条約参加国会議（Conference Of Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change; COP）である。これは環境省によれば、1995年から毎年世界各地で開催されており、2015年11月から12月にパリで開催されたものがCOP21となる。ここで、将来の温室効果ガス削減目標等について色々な案が提案されている。

一方で、これらの温室効果ガスが地球温暖化を引き起こしているのも、それを食い止める必要がある、といった見解に反対する見方もある。最初に、人為的な温暖化そ

のものを否定する見方がある。例えば、過去においては自然的原因で大気温が変動しており、地球温暖化といってもその自然変動の範囲を出ていないのではないかと疑われている。しかし、「気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC）が報告する実際のデータは明確な温暖化の傾向を示している。気象庁によれば、IPCCとは「人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された組織」である。IPCC（2015a）は古気候を調査することで、現在通常気候変動の範囲を逸脱して、実際に温暖化が起きているという様々な証拠を挙げている。鬼頭（2015）によれば、「古気候」とは一般に、温度計や雨量計などの気象測器で直接測れないほど昔の気候を言う。樹木の年輪や、花粉化石、サンゴ、洞窟内の石筍や氷筍、湖沼堆積物、海底堆積物、氷床下の氷等を使うことが多い。IPCC Working Group I Contribution to AR5（2013a）によれば、太陽の周辺を回る地球の公転軌道が徐々に変化することによって、太陽から地球が得るエネルギーが変化し、過去5千年を通じて数千年にわたって北半球の中・高緯度では19世紀まで寒冷化していたが、20世紀以降、年平均地上気温が上昇するように転じた可能性が高いとしている。また、最近1450年の間で、ここ30年ほどの夏の海氷の後退は前例がない程のもので、北極海の海面水温も異常に高かった可能性が高いとしている。さらに、海洋の温度が上昇すると、氷河と氷床が融解する上に海水そのものが膨張するが、その結果上昇する海面水位の変化が、最近二千年の中で、19世紀末から20世紀初頭のものが異常に高いとされている。以上の点から、自然変動の範囲内の温暖化が起きている、という見解は支持されないことが分かる。

次に、二酸化炭素等の温室効果ガスが本当に地球温暖化を引き起こしているのか疑問視する見方もある。これについても、反論するための様々な証拠をIPCC Working Group I Contribution to AR5（2013a）が示している。まず、氷床コアを調べた結果、2011年における二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素等の温室効果ガスの大気中濃度は、過去80万年間の濃度の範囲を超えているとしている。「氷床コア」とは、鬼頭（2015）によれば、南極やグリーンランドに数十万年分の降雪が氷床となって保存されており、そこから掘り出した氷の柱のことである。この中に含まれている気泡を分析することで、過去数十万年の寒暖の度合いや、二酸化炭素濃度などの大気組成を知ることがで

きる。また、その他に入っている火山灰や塵から、火山活動や砂漠の存在を知ることができる。その上で IPCC (2015a) は、1951 年から 2010 年の世界平均地上気温の上昇の半分以上は、人為的に増加させられた温室効果ガスに起因している可能性が非常に高いとしている。

そして、以上のような地球の温暖化によって、様々な異常気象が観測されるようになってきている。IPCC Working Group I Contribution to AR5 (2015b) は、地域によって得られるデータにバラつきがあること等を踏まえつつも、20 世紀半ば以降に見られる異常気象の傾向をいくつか挙げている。まず、暑い日や暑い夜は世界のほとんどの地域において増加し、寒い日や寒い夜は減少している。特にヨーロッパについては、一部の地域ではここ数十年に極端な熱波の発生数が過度の多かった。最近の数十年での極端な降水現象については、北アメリカ、中央アメリカ、ヨーロッパでは大雨が増加しているが、オーストラリア南部やアジア西部などでは逆に減少している。地中海などでは 20 世紀半ば以降干ばつが増加しており、北アメリカ中央部などでは干ばつが減少している。このように、今後さらに温暖化の影響が局所的な規模で明らかになっていくとされ、それに伴い様々な物的、人的被害が想定される。

鬼頭 (2015) によると、例えば、サンゴの白化や昆虫類の分布の北上、魚介類が集まる海中の藻場の消失、自然生態系の破壊が予想されている。農作物に対する影響については、高温によって家畜が死亡し、また農作物の品質が悪化した事例も発生している。暑さによって死亡する人も増加しており、また気温や降雨量の変化が、蚊やダニやネズミといった生物の分布を変えて、それらの生物が媒介とする感染症のリスクを変化させ、コレラ等の水を媒介する病気の分布を変えている。熱波や干ばつ、台風、山火事などの災害の頻度が高まり、食料生産や水供給の断絶、インフラや住居の損害、人的及び精神的健康等の被害の増加が予想される。また、これらの災害が貧困層に属する人々の生活や治安に悪影響を与えるとされる。その可能性を少しでも減少させるためには、やはり二酸化炭素等の温室効果ガスの排出の削減を進める必要があると言えるだろう。

## 1. 2 環境クズネッツ曲線とは

内藤 (2006) によれば、経済成長と環境の質については、二つの立場がある。一つは、ローマ・クラブの” The Limits to Growth” に代表されるもの、今一つは「環

境クズネツ曲線」と呼ばれるものである。前者の” The Limits to Growth” の立場では、経済成長は環境の質に対してマイナスの影響力を持っており、今後経済成長を続けることによって、環境の質は悪化しつづけるという悲観的な考え方を持っている。一方、後者の「環境クズネツ曲線」の立場では、所得の低い経済成長の初期の段階では、経済の成長に伴って環境の質は悪化するものの、転換点と呼ばれるある一点を超えると、経済成長と共に環境の質が改善していく、という楽観的な考え方を持っている。

ローマ・クラブとは、安川第五郎（1972）によれば、1970年にアウレリオ・ペッチェイ（Aurelio Peccei）博士がスイス法人として設立した民間組織で、世界各国の科学者、経済学者、プランナー、教育者、経営者などから構成され、現に政府の公職にある人たちはメンバーに含まれないとされる。また、ローマ・クラブは「いかなるイデオロギーにも偏せず、特定の国家の見解を代表するものでもない」としている。

ローマ・クラブでは、科学技術の急速な進歩が、GNPを伸長し豊かな社会の実現に大きく寄与したが、人類の危機につながるような事態を生んでいるとしている。それは例えば、核戦力の増長、人口増大、環境汚染、天然資源の枯渇、都市化の進行、社会不安の増大、青少年の疎外感、インフレの蔓延、伝統的な価値の崩壊などであるとしている。それに対応すべく、活動目標の第一段階を、「人類社会の来たるべき危機の諸要因とその相互作用を全体として把握しうるようなモデルを作成し、将来の危機の様相の展望と危機を回避するための方途の検討に資すること」とし、第二段階を「第一段階における分析をもとに、新しい政策のあり方を検討し、世界的討論の場を通じ政策当局者の考慮を促す」としている。

このローマ・クラブが1972年に発行した報告書が Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens III（1972）の” The Limits to Growth” である。ここで、ローマ・クラブは、総合的に見た世界システムのモデルを作り、現在のままの経済や人口等の成長率を維持した場合、どのような結果に行き着くか検討した。

彼らは、世界人口、工業化、汚染、食糧生産、および資源の使用の成長率が高いまま続くならば、今後百年以内に地球上の成長は限界点に到達し、人口と工業力が突然、制御不可能なほどの減少を起こす可能性が高いと結論づけている。工業生産が成長することで、環境汚染の度合いが急激に増加し、環境の自然浄化能力の限界にまで達し

てしまう。環境汚染によって引き起こされる食糧不足が要因として加わり、死亡率が増加し、人口が減少する。それに加えて、工業が成長することで、再生不可能な天然資源が枯渇してゆき、資源を得るために必要な資本が増大していく。そのため、将来の成長のために投資する余裕が失われ、投資が資本の減耗に追いつかなくなり、産業の基盤が崩壊し、工業生産物に頼る農業等の他の産業までダメージを受ける。これが、食糧不足に更なる影響を加え、健康維持のためのサービスが不足するため、より死亡率が上がり、人口減少につながる、と結論づけられている。

一方で、経済成長と環境汚染について楽観的な見方をするのが環境クズネツ曲線である。栗山・馬奈木(2008)によると、環境クズネツ曲線(Environmental Kuznets Curve; EKC)仮説とは、経済成長と環境汚染との間に逆U字型の関係が存在するという仮説である。この仮説では、経済成長の初期段階では汚染が増大するが、一人当たり国内総生産がある水準を超えると、経済成長に伴って環境の改善が起きるとされている。この「環境クズネツ曲線」仮説の発想はKuznets(1955)によって考案された「クズネツ曲線」から生まれている。「クズネツ曲線」とは、経済発展と所得格差の間に逆U字型の関係が存在するとする仮説である。所得の少ない経済発展の初期段階では所得格差が広がってゆくが、経済発展がさらに進み所得が増加し、ある一点を超えると所得格差が緩和されていくとされている。

栗山・馬奈木(2008)は、環境クズネツ曲線仮説が成り立つ理由を以下のように解説している。経済成長の最初の段階では、人々は環境よりも物質的豊かさにより大きな価値を見出す。この時点では、汚染の増加と引き換えに消費が増えるならば、人々は喜んでそれを受け入れる。しかし、所得水準が向上するとともに良い環境に対する価値が相対的に増大してゆくと、人々は物質的豊かさを犠牲にしても環境改善を望むようになる。ここで、もし全産業部門で生産に汚染がともなうならば、環境規制の強化によって経済成長は止まることになる。しかし、環境を汚染しないクリーンな産業部門が誕生し、それが経済成長の主要な部門になるならば、その経済は持続的な経済発展と環境改善の両方を実現できる。

そして、内山(2007)によれば、「環境クズネツ曲線仮説」の分析で使われる基本的なモデル式は以下のものであるとしている。

$$\left(\frac{E}{P}\right)_{it} = \mu_i + \lambda_t + \beta_1 \left(\frac{GDP}{P}\right)_{it} + \beta_2 \left(\frac{GDP}{P}\right)_{it}^2 + u_{it}$$

Eは汚染物質の排出量、Pは人口、GDPは国内総生産（GDP）、iは国もしくは地域、tは時間を表す。この式の $\beta_1$ と $\beta_2$ の符号から、環境クズネツ曲線仮説が支持されるか、否かが判断できる。もし、環境クズネツ曲線仮説が支持されるなら、逆U字型の軌跡を描くはずなので、一乗項の係数 $\beta_1$ は正、二乗項の係数 $\beta_2$ は負となるはずである。もし、推定の結果が一人当たりGDPに対して汚染物質が単調増加するのであれば、環境クズネツ曲線仮説は棄却され、持続的な成長は難しい、という結論に至る。

環境クズネツ曲線仮説に関しては、これまで多くの研究者によって様々な実証研究が行われてきた。実証研究では、その環境汚染の尺度として、二酸化硫黄、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化炭素を中心として様々な物質が用いられている。栗山・馬奈木（2008）によれば、その中でも、地域的な汚染である酸性雨の原因となる二酸化硫黄などは、現在の世代に深刻な健康被害を生じさせる要因であるため、汚染が認識されやすく対策が取られやすい。そのため、これらの汚染物質では環境クズネツ仮説が成立しているとされる。つまり、地域内に影響が出る汚染物質の場合には、相対的にGDPが低くても環境汚染を抑制する効果が発揮されるとしているのだ。一方で、汚染物質の中でも二酸化炭素は温暖化の要因であり将来世代には深刻な影響を及ぼすが、現在世代に大きな影響を及ぼすものではない。さらに、特定の地域で排出されたものが、その地域と周辺に被害をもたらす他の汚染物質と異なり、地球全体での排出量が問題となる。そのため、所得の増加とともに環境汚染は単調増加する。つまり、二酸化炭素はその他の環境汚染物質に比べて、環境クズネツ曲線仮説が支持されにくい傾向がある。

ここで数多く行われている「環境クズネツ曲線仮説」に関する先行研究のうち、二酸化炭素排出量を環境汚染の指標として扱ったいくつかの論文を取り上げ概要を説明する。Hiroki Iwata, Keisuke Okadab, Sovannroeun Samrethc(2010)は、1960年から2003年のフランスを対象に、主に原子力発電が二酸化炭素排出量に及ぼす影響について確かめることを目的として、環境クズネツ曲線の実証研究を行った。ここでは、主にThe World Bank(2015)のデータを利用して分析を行っている。その結果、環境クズネツ曲線仮説が支持されると結論付けられている。各変数に関しては、全発電量に占める原子力発電の比率が増加すると、一人当たり二酸化炭素排出量が減少し、貿易開放度、一人当たりエネルギー消費量及び都市人口比率は一人当たり二酸化炭素排出量に対して影響力を持たないとされている。

Douglas Holtz-Eakin, Thomas M. Selden(1995)は、1951年から1986年を調査期間とし、130か国を対象として環境クズネツ曲線の推定を行った。ここでは、説明変数として一人当たり実質 GDP のみ用いられている。その結果、環境クズネツ曲線仮説は支持されたものの、高所得の先進国が経済成長と共に二酸化炭素排出量を減らしてゆくのに対して、低所得の途上国の経済成長と人口増加がその効果を弱めるとしている。

James B. Ang (2007) は、1960年から2000年を調査期間とし、フランスを対象に環境クズネツ曲線の実証分析を行った。ここでは、一人当たり二酸化炭素排出量を被説明変数とし、一人当たり実質 GDP 及び商業による一人当たりエネルギー消費量を説明変数としている。ここでは、環境クズネツ曲線が支持されている。

Abdul Jalil, SyedF. Mahmud(2009)は、1975年から2005年までの中国を対象に環境クズネツ曲線仮説の実証研究を行った。説明変数に、一人当たり実質 GDP 以外に商業による一人当たりエネルギー消費量と貿易開放度を加えている。ここでは、環境クズネツ曲線仮説が支持されており、エネルギー消費量が二酸化炭素排出量を増加させる一方で、貿易開放度は二酸化炭素排出量に影響力を持っていない。

Amy K. Richmond, Robert K. Kaufmann(2006)は、1973年から1997年までを分析期間とし、1990年に世界のエネルギー需要の93%を占めていたOECD諸国20か国及び非OECD諸国16か国を対象として、環境クズネツ曲線仮説の実証研究を行った。ここでは、一次エネルギー消費に占める電力消費量、石油及び天然ガス、石炭の比率のように、各エネルギー源の比率を説明変数として加えている。また、OECD諸国と非OECD諸国で分析対象を分けた分析も行っている。そして、OECD諸国では環境クズネツ曲線仮説が支持される可能性があるが、非OECD諸国では支持されず、経済成長に伴って二酸化炭素排出量が単調増加するという結果が出ている。

Ugur Soytas, Ramazan Sari, Bradley T. Ewing (2006) は、1960年から2004年までを分析期間とし、アメリカを対象として環境クズネツ曲線仮説の実証研究を行った。二酸化炭素排出量を被説明変数とし、説明変数に実質 GDP の他に総資本形成、労働力人口及びエネルギー消費量を加えている。ここでは、所得が二酸化炭素排出量に対して影響力を持たない一方で、エネルギー消費は影響力を持つと結論づけられている。

表 1. 1 環境クズネツツ曲線仮説の先行研究

先行研究	分析対象	変数	EKC 仮説
Hiroki Iwata, Keisuke	フランス	一人当たり二酸化炭素排出量	支持される
Okadab, Sovannroeun	1960 年 ~	一人当たり実質 GDP	
Samrethc (2010)	2003 年	総発電量に占める原子力発電比率 貿易開放度 一人当たりエネルギー消費量 都市人口比率	
Douglas Holtz-Eakin, Thomas M.	130 か国 1951 年 ~	一人当たり二酸化炭素排出量 一人当たり実質 GDP	支持される
Selden(1995)	1986 年		
James B. Ang (2007)	フランス 1960 年 ~	一人当たり二酸化炭素排出量 一人当たり実質 GDP	支持されな い
	2000 年	商業による一人当たりエネルギー消費量	
Abdul Jalil, SyedF. Mahmud	中国 1975 年 ~	一人当たり二酸化炭素排出量 一人当たり実質 GDP	支持される
(2009)	2005 年	商業による一人当たりエネルギー消費量 貿易開放度	
Amy K. Richmond, Robert K.	36 か国 1973 年 ~	一人当たり二酸化炭素排出量 一人当たり実質 GDP	支持されな い
Kaufmann(2006)	1997 年	一次エネルギー消費に占める電力消費比率 一次エネルギー消費に占める石油及び天然 ガス消費量比率 一次エネルギー消費に占める石炭消費比率	
Ugur Soytaş, Ramazan Sari, Bradley T. Ewing	アメリカ 1960 年 ~	二酸化炭素排出量 実質 GDP	支持される
(2006)	2004 年	総資本形成 労働力人口 エネルギー消費量	



### 1. 3 FDI について

次に、FDI についてその定義及び先行研究について述べる。OECD(2013)によると、Foreign direct investment (FDI)とは、ある国の住民が永続する利益を得ることを目的として、別の国の企業へ行う、国境を越えた投資のことであると定義されている。永続する利益が存在するとするには、直接投資をする者と企業との長期にわたる関係性と、直接投資をする者が企業の経営に対して明らかな影響力を持っていることが条件となっている。また、少なくとも10%の投票権を所持し、投資者からの影響を代表していることが、基本的な尺度として一般的に使われている。さらに、OECD (2013) は FDI の特徴について以下のようにも述べている。FDI は経済同士の直接的で安定した、長続きするつながりを作る。そして、FDI は技術やノウハウの移転を促進し、また FDI を受け取る側の国に、その生産物をより国際的市場へ展開しやすくする。そのため FDI は、通常の投資に加えられる新たな資源であり、正しい政策の下であれば発展を促すのに重要な役割を持つことができる。したがって、FDI を通じて途上国に新しいエネルギー技術が伝わり、ODA と同様に二酸化炭素排出量に何らかの影響を及ぼしている可能性があると考えられる。

そこで、環境クズネツ曲線のモデルに FDI を取り入れて分析した論文として、Lin-Sea(2014) と Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai(2011) を取り上げる。Lin-Sea(2014)は、1970年から2008年間の39年間を対象として、マレーシアの FDI を説明変数に加えた環境クズネツ曲線を分析した。この論文では、被説明変数を二酸化炭素排出量とし、説明変数に GDP、GDP の二乗に加えて FDI、そして貿易量を加えている。結果は、短期的にも長期的にもマレーシアには環境クズネツ曲線は存在する、としている。そして、FDI の影響力は弱いものの、二酸化炭素排出量を増加させる可能性があるという結果が得られている。

Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai(2011)は、1980年から2007年を対象として、BRIC 諸国（ブラジル、ロシア、インド、中国）の四か国の FDI を説明変数に加えた環境クズネツ曲線を分析した。この論文では、被説明変数を一人当たり二酸化炭素排出量とし、説明変数に GDP、GDP の二乗、さらに FDI 受け入れ量と一人当たりエネルギー使用量を加えている。結果としては、環境クズネツ曲線は存在するとしており、FDI は短期的にも長期的にも二酸化炭素排出量と相互に影響しあっているとしている。

そして、環境クズネツ曲線仮説の検証ではないが、Jung Wan Lee (2013) は 1971

年から 2009 年を対象として、G20 加盟国の FDI と二酸化炭素排出量の関係を分析している。被説明変数を二酸化炭素排出量とし、説明変数に実質 GDP 及び FDI 流入額、エネルギー消費量、二酸化炭素を排出しづらいクリーンエネルギーの消費量を加えている。結果としては、エネルギー消費量の増加は二酸化炭素排出量を増加させるものの、FDI 流入額は二酸化炭素排出量に影響を及ぼさないとされている。

以上のように、FDI 流入額については、二酸化炭素排出量に対して影響力を持たないと結論づける先行研究、影響力を持つと結論付ける先行研究の両方が存在し、未だにはっきりとした結論は出ていない。

#### 1. 4 ODA について

ここでは、前節と同様に ODA の定義及び先行研究について述べる。外務省（2015）によれば、ODA とは、「Official development assistance（政府開発援助）」の略称であり、「平和構築やガバナンス、基本的人権の推進、人道支援等を含む開発途上国の「開発」のために、政府または政府の実施機関によって、開発途上国または国際機関に対し、資金・技術提供を行う」ものである。

具体的な ODA の定義については、OECD の DAC が公表している。経済産業省によれば、OECD とは「Organisation for economic Co-operation and Development（経済協力開発機構）」の略称であり、先進国間での意見や情報の交換を通じて経済成長、貿易自由化、途上国支援に貢献することを目的として活動している国際組織である。そして DAC とは、「Development Assistance Committee（開発援助委員会）」の略称であり、その OECD 傘下の委員会の一つである。組織の目的については、外務省（2014）が述べている。OECD の目的は、その前身である DAC による 1961 年の「協働援助努力に関する決議」で決まっている。「対途上国援助の量的拡大とその効率化を図る」こと、「加盟国の援助の量と質について定期的に相互検討を行う」こと、「贈与ないし有利な条件での借款の形態による援助の拡充を共通の援助努力によって確保する」ことが挙げられる。そして、各国の援助実績を取りまとめ、発表しているのが DAC である。

この DAC（2008）が ODA の定義として、以下の四つを条件に挙げている。

- ①援助する先の国、地域または機関が、DAC による発展途上国と多国間援助機関のリストに含まれていること
- ②国家、地方行政機関またはそれらの執行機関を含む公的機関から供給されているこ

と

③その取引が、発展途上国の経済発展と福利厚生を促進を主たる目的として行われたものであること

④その取引が、譲許的な性格を持ち、「grant element (贈与相当分)」が少なくとも25%以上であること(10%の割引率として計算される)

④で示されている「grant element (GE)」とは、小浜(2013)によると、通常の民間銀行による融資と比較して、どの程度借り手である途上国に優遇された条件が付されているかを表す指標である。Grant elementは、市場金利と比較してどの程度金利が安いのか、据え置き期間がどの程度長いのか、償還期間がどの程度長いのかといったローンの条件の内容によって計算される。

こうした定義づけをされるODAだが、外務省(2015)は、日本がODAを抛出する目的として、「国際社会の平和と安全及び繁栄の確保により一層積極的に貢献すること」を挙げている。また、飢えや貧困、劣悪な衛生環境等に置かれる人々が世界中に多くいることや、環境問題や大規模自然災害、食料問題、エネルギー問題など国際的な協力が必要になる地球規模の問題が多く存在していることを踏まえて、それらに対処していくことが国際社会の平和、安全の維持、国際社会からの信頼につながるとしている。そして、それらを通じて、平和で安定した望ましい国際環境を作りあげ、それを以て自国の利益につなげるとしている。このことから分かるように、ODAとは単なる同情などから来る援助ではなく、国際社会に貢献し問題解決を図ることで安定した経済活動等を保障し、自国の安全・利益に繋げるものである。こうした目的からODAは経済成長の土台となるインフラ整備の一環としてエネルギー分野へも抛出されているが、それによって伝達される再生可能エネルギー技術、より効率的なエネルギー技術は途上国の二酸化炭素排出量削減にも効果を発揮するのではないだろうか。

ODAと二酸化炭素排出量の関係について調べた研究は未だ少ないが、Bettina Kretschmer, Michel Hübler and peter nunnenkamp(2013)が、援助受入額と二酸化炭素排出量及びエネルギー消費量との関係について分析している。この論文では環境クズネッツ曲線仮説は使われていない。推定方法はダイナミックパネル分析を採用している。分析対象国は80か国であり、World Bankにより低所得国及び中間所得国に分類された国を含む。分析期間は1973年から2005年の33年間となる。被説明変数をGDP一単位あたりエネルギー使用量またはエネルギー使用量一単位あたり二酸化炭素排出

量としており、説明変数には前年度の GDP 一単位あたりエネルギー使用量またはエネルギー使用量一単位あたり二酸化炭素排出量、援助流入額、一人当たり所得、GDP に対する投資比率、そして GDP における工業部門による付加価値の比率を加えている。

ここでは、援助については再生可能エネルギー、再生不能エネルギー、エネルギー教育などエネルギー分野に関するものを全て合計して分析しており、再生可能エネルギーに関するものと再生不能エネルギーに関するものでの分別した分析は行っていない。その理由は、再生可能エネルギーに関する援助受入額の援助受入額全体に占める割合が著しく低く、有意な結果が得られないことが予想されるから、とされている。

分析の結果としては、援助受入額は GDP 一単位あたりエネルギー使用量を減少させることに對し効果的であり、一方エネルギー使用量一単位あたり二酸化炭素排出量に対してはほとんど影響しないとされている。そして、単純に援助の量を増やすだけではエネルギー使用量一単位に対する二酸化炭素排出量を減らすことはできないと結論づけられている。

## 1. 5 まとめ

以上のような世界のエネルギー需要、二酸化炭素排出量の現状と予測、また環境クズネツ曲線に関する先行研究を踏まえて、本論文では、環境クズネツ曲線の理論をベースにし、FDI と ODA が二酸化炭素排出量に対してどのように影響するのか分析する。

今後二酸化炭素排出量の増加が予想される非 OECD 諸国に対して、OECD 諸国が様々な技術やノウハウを伝え、環境問題を地球全体で協力して解決していく必要がある。そのために有用であると考えられるものとして、FDI や ODA が挙げられる。これらが、二酸化炭素排出量に対してどのように影響するのかを分析することで、FDI や ODA が環境問題の解決に寄与しているかどうかを検討するのが、本論文の目的である。

先行研究との違いは、環境クズネツ曲線の理論に ODA を取り入れた点にある。FDI と同様に技術やノウハウを伝え、また設備建設の一助となる ODA はエネルギー分野において重要な役目を担っていると考えられる。また、エネルギー分野に対する ODA を、再生可能エネルギーに関するもの、非再生可能エネルギーに関するもの及びその他のものに分けた分析も行う。これによって、二酸化炭素排出量に対する影響が両者の間でどのように異なるのか検討することが可能である。

最後に、これまで述べたことを踏まえて、仮説を四つ立てる。次章以降の分析で、これらの仮説について検討していく。

仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす

仮説② エネルギー分野全体に関する ODA は二酸化炭素排出量に影響力を持つ

仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす

仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす

## 第2章 データと分析方法

本章では、分析に使うデータの出所、定義及び推移と、分析方法について述べる。また参考資料として、付録に各変数の基本統計量を示した表2. 2及び各変数の相関係数を示した表2. 3を載せた。

### 2. 1 データについて

#### 2. 1. 1 分析期間と対象国について

本分析で扱う期間については、1973年から2011年までの39年間とする。これは、各国のODA受入額のデータが、1973年から2014年までの間で利用が可能であること、また受給国の一人当たり二酸化炭素排出量のデータが1960年から2011年までの間で利用が可能であることにより、分析ができる最長期間が1973年から2011年であるところによる。

分析の対象となる国は全部で134か国である。OECD(2015)の「Creditor reporting system (CRS)」から、ODA受入額のデータが得られる受入国を対象とする。また、その中でThe World Bank(2015)による「World Development Indicators」の中で一人当たりGDPや一人当たり二酸化炭素排出量等のデータが得られない国および、UNCTAD(2015)からFDI流入額のデータが得られない国に関しては分析対象から除外することとした。旧ユーゴスラビア共和国(地域を特定できないものを含む)、セントヘレナ、アンギラ、モントセラト、クック諸島、ナウル、ニウエ、トケラウ、ウォリス・フツナは、WDIからデータ全体が得られないため、除外した。リベリアは、一人当たりエネルギー使用量と工業比率のデータが得られないため除外した。ハイチは工業比率のデータが得られないため除外した。ベリーズは得られる一人当たりエネルギー使用量のデータが著しく少ないため除外した。ミクロネシア連邦は、一人当たりエネルギー使用量のデータが得られず、また貿易開放度のデータが著しく少ないため除外した。モルドバは、UNCTADのFDI流入額のデータが得られないため除外した。

付録に本論文で扱う分析対象国のリスト表2. 1がある。これは、2015年1月に作成されたDAC(2015)によるODA受入国のリストを使い、経済発展の段階によって四つのグループに分けて作成したものである。

外務省(2012)によれば、この四つのグループのうちの一つ、「Least Developed Countries(LDC; 後発開発途上国)」とは、「国連開発計画委員会(CDP)が認定した基

準に基づき、国連経済社会理事会の審議を経て、国連総会の決議により認定された特  
に開発の遅れた国々」であり、三年に一度リストの見直しが行われる。2012年の基準  
によれば、以下の三つの指標が認定の基準となる。

①一人当たり GNI (2008-2010 年平均)

②HAI (Human Assets Index) : 人的資源開発の程度を表す指標である。栄養不足人  
口の割合、5歳以下乳幼児死亡率、中等教育就学率、成人識字率を指標化して  
いる。CDP が設定した。

③「EVI (Economic Vulnerability Index)」: 外的ショックからの経済的脆弱性を表  
す指標である。CDP が設定した。

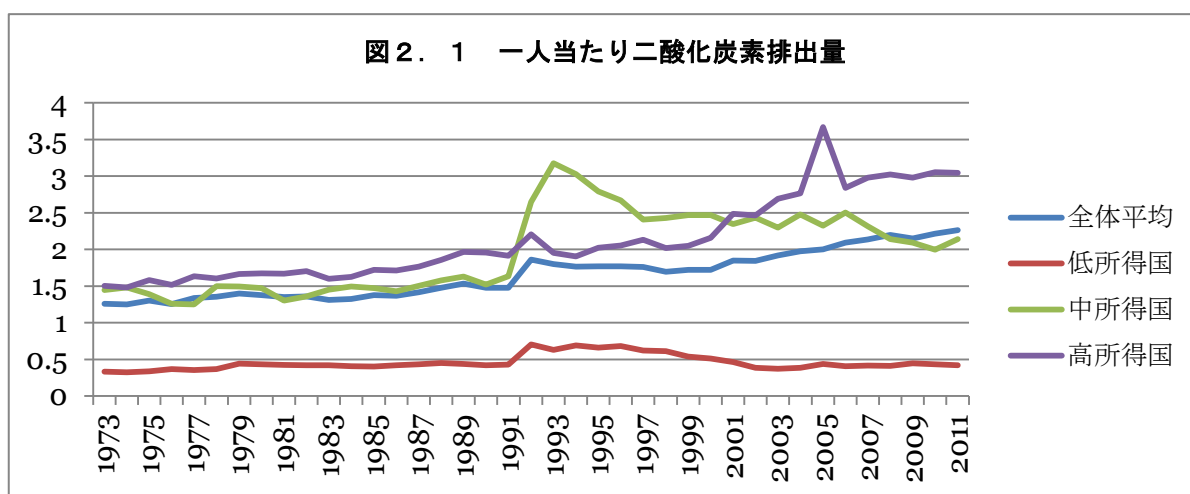
①に関しては、2008年から2010年までの平均の一人当たり GNI が 992 アメリカドル  
以下であることが基準となっている。

また、残りの三つのグループの定義に関しては以下の通りである。「Other Low Income  
Countries」は2013年時点で一人当たり GNI が 1045 ドル以下の国である。「Lower Middle  
Income Countries」は2013年時点で一人当たり GNI が 1046 ドルから 4125 ドルの間であ  
る国である。「Upper Middle Income Countries and Territories」は2013年時点で一  
人当たり GNI が 4126 ドルから 12745 ドルの間である国と地域である。この他に、2014  
年に DAC の ODA 受入国リストから抜けたセントクリストファー・ネイビスが分析対象  
国に含まれる。

## 2. 1. 2 一人当たり二酸化炭素排出量

一人当たり二酸化炭素排出量に関しては、The World Bank (2015) の WDI より引用した。変数名は「CO2 emissions (metric tons per capita)」(EN.ATM.CO2E.PC) である。排出量は重量で表され、単位は metric ton である。このデータの最新年は 2011 年となっている。このデータは、化石燃料の燃焼とセメントの製造によって発生した二酸化炭素排出量を測ったものである。化石燃料には、固形のもの、液体のもの、ガスが含まれる。また、ここでの一人当たり二酸化炭素排出量は一年ごとの排出量を測ったものであり、ストックではなくフローのデータとなっている。本論文では、「CO2/POP」と表すこととする。

下の図 2. 1 は分析対象となっている国の 1973 年から 2011 年までの一人当たり二酸化炭素排出量を所得の大きさ別に示したものである。単位は metric ton である。グラフには、調査対象国の二酸化炭素排出量の全体平均と、それぞれの年ごとにそれぞれの国を、一人当たり GNI が 1000US ドル未満のグループ「低所得国」、1000US ドル以上 3000US ドル未満のグループ「中所得国」、3000US ドル以上のグループ「高所得国」に分け、その平均を示している。この図からは、ODA 受取国の中で、その年の高所得国、中所得国、低所得国の国が平均的にどの程度の二酸化炭素を排出しているのかが読み取れるようになっている。全体平均では、1973 年から続けて上昇を続けているが、所得帯別に見ると、低所得国の二酸化炭素排出量がほぼ横ばいであるのに対して、中所得国と高所得国では上昇している。また、低所得国と中所得国及び高所得国の間に大きな隔たりができていく。



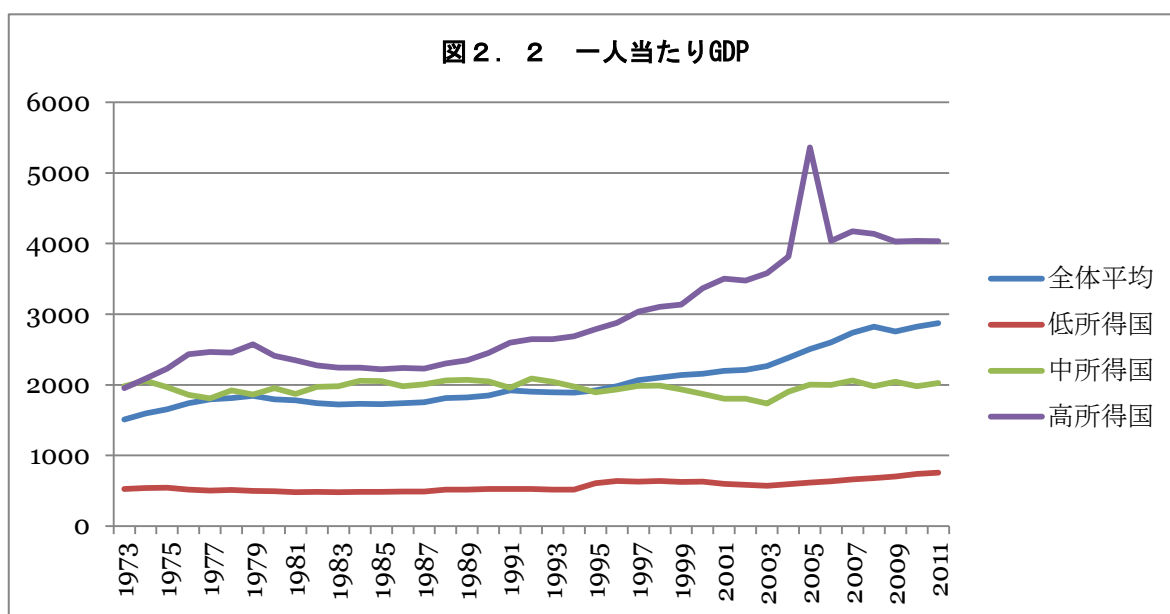
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：metric ton)



### 2. 1. 3 一人当たり GDP

一人当たり GDP に関しては、The World Bank (2015) の WDI より引用した。変数名は「GDP per capita(constant 2005 US\$)」(NY.GDP.PCAP.KD)で、単位は US ドル、2005 年を基準年として計算された実質 GDP となっている。本論文では、「GDP/POP」と表すこととする。

下の図 2. 2 は、図 2. 1 と同じくそれぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け、一人当たり GDP の平均をとったものである。低所得国の一人当たり GDP は、3 グループの中で最も低いが、徐々に増加している。中所得国の一人当たり GDP は横ばい、高所得国の一人当たり GDP は大幅に増加している。

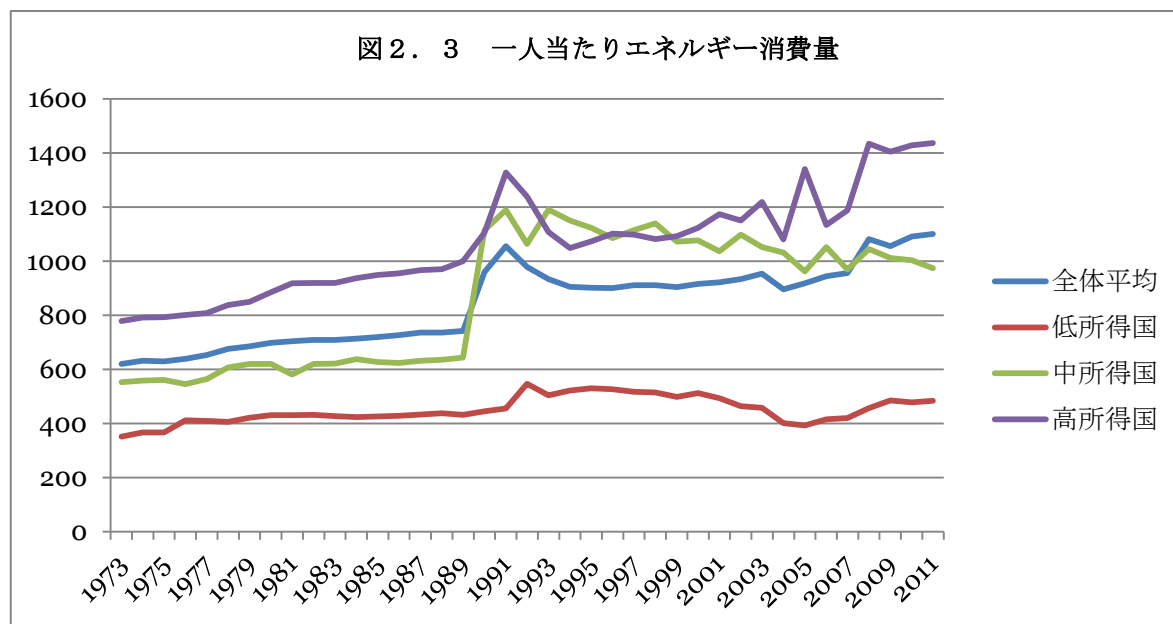


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：US ドル)

## 2. 1. 4 一人当たりエネルギー消費量

一人当たりエネルギー消費量に関しては、The World Bank(2015)の WDI から引用した。変数名は「Energy use (kg of oil equivalent per capita)」(EG. USE. PCAP. KG. OE)で、単位は kg of oil equivalent である。一人当たりエネルギー消費量は、自国内で生産された分と輸入された分、ストックの変動を足したのから輸出された分と国際輸送に関わる船舶や航空機に使用される化石燃料の分を引いたものである。これは、最終消費のために変換される前の第一次エネルギー消費として計測されている。本論文では、「ENG/POP」と表すこととする。

下の図2. 3は、それぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け一人当たりエネルギー消費量の平均をとったものである。どの所得帯も一人当たりエネルギー消費量は増加傾向にあるが、低所得国に比べて中所得国及び高所得国は大きく増加している。1973年と比較して2011年の低所得国の一人当たりエネルギー消費量は約1.4倍であるが、中所得国と高所得国は約1.8倍と大きく増加している。

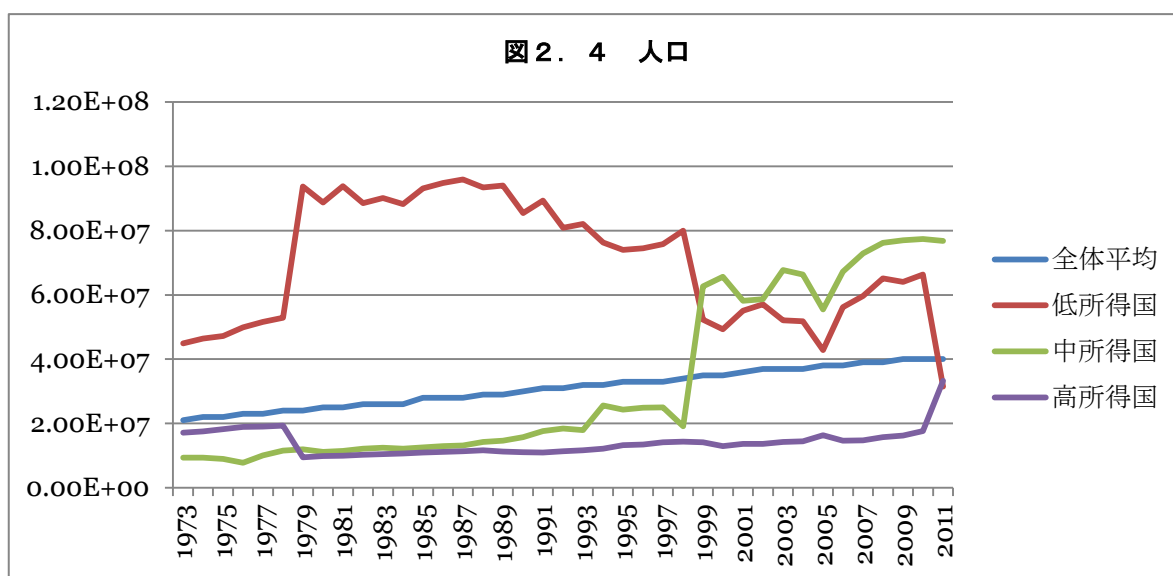


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：kg of oil equivalent)

## 2. 1. 5 人口

人口に関しては、The World Bank (2015)の WDI から引用した。変数名は「Population, total」(SP.POP.TOTL)で、単位は人である。本論文では、「POP」と表すこととする。

下の図2. 4は、それぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け人口の平均をとったものである。全体平均では人口は一貫して増加しており、2011年には1973年に比べて約2.3倍になっている。高所得国は人口の多い国が増加したが、低所得国では一時人口が大きく増加した後2011年には1973年の水準を下回るまで人口が減少し、逆に中所得国の人口が大きく増加した。また、ここで各所得帯の人口が大きく増減した理由は、大きな人口を抱える国が所得帯間を移動したためと考えられる。

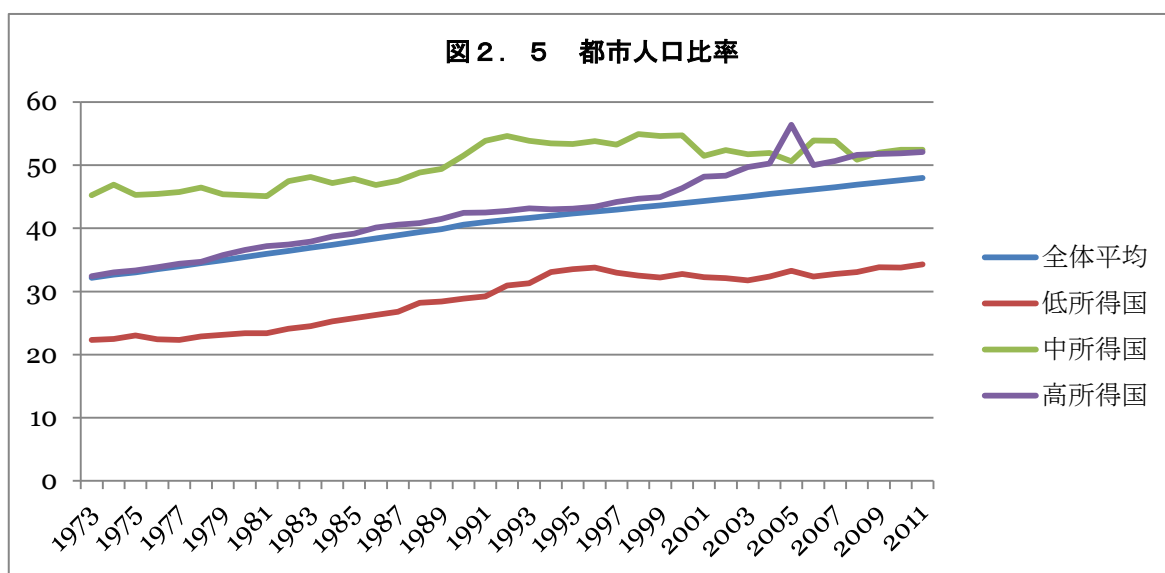


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：人)

## 2. 1. 6 都市人口比率

都市人口比率に関しては、The World Bank (2015) の WDI から引用した。変数名は「Urban population (% of total)」(SP.URB.TOTL.IN.ZN) で、単位はパーセントである。このデータは、各国がそれぞれ都市圏と定める地域に住む人口を総人口で割ったものであり、都市への人口集中の度合いを示している。この数値が 100 に近ければ近いほど、都市への人口集中は高いということになる。また、各国で何を都市と定めるかの基準はそれぞれ異なっている。本論文では、「URBAN」と表すこととする。

下の図 2. 5 は、それぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け都市人口比率の平均をとったものである。全体平均では都市人口比率は増加しており、都市へ人口が流入し続けていることが分かる。2011 年では、低所得国の都市人口比率は約 34.3%、中所得国は約 52.5%、高所得国は約 52.1%であり、低所得国が他の二つの所得帯に対して低くなっている。

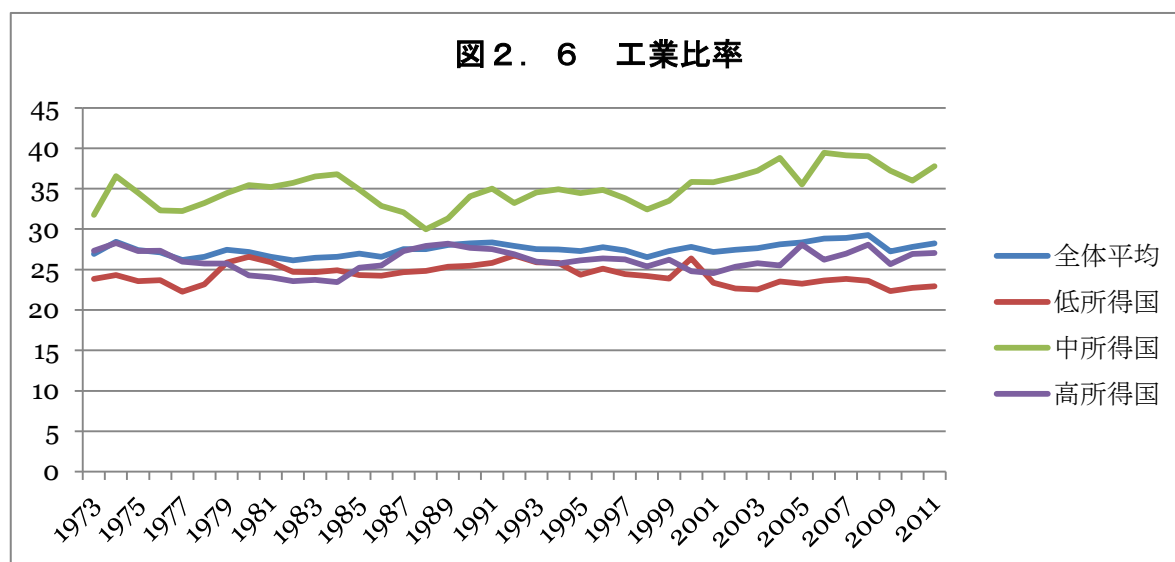


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:パーセント)

## 2. 1. 7 工業比率

工業比率に関しては、The World Bank(2015)のWDIから引用した。変数名は「Industry, value added (% of GDP)」(NV. IND. TOTL. ZS)で、単位はパーセントである。工業比率は、鉱業、製造業、建設業、電気事業、水道、ガスに関わる付加価値の合計を、国内で生み出された付加価値の合計であるGDPで割ったものである。この指標が高ければ高いほど、一国内で生み出された総付加価値の中での工業によって生み出された部分が多いことを示す。本論文では、「IND」と表すこととする。

下の図2. 6は、それぞれの年で一人当たりGNIを基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け工業比率の平均をとったものである。工業比率は中所得国を除いて、大体は横ばいとなっている。2011年度では、低所得国の工業比率は約22.9%、高所得国は約27.1%である。中所得国は1973年に約31.8%であったのが、2011年には約37.8%に増加している。

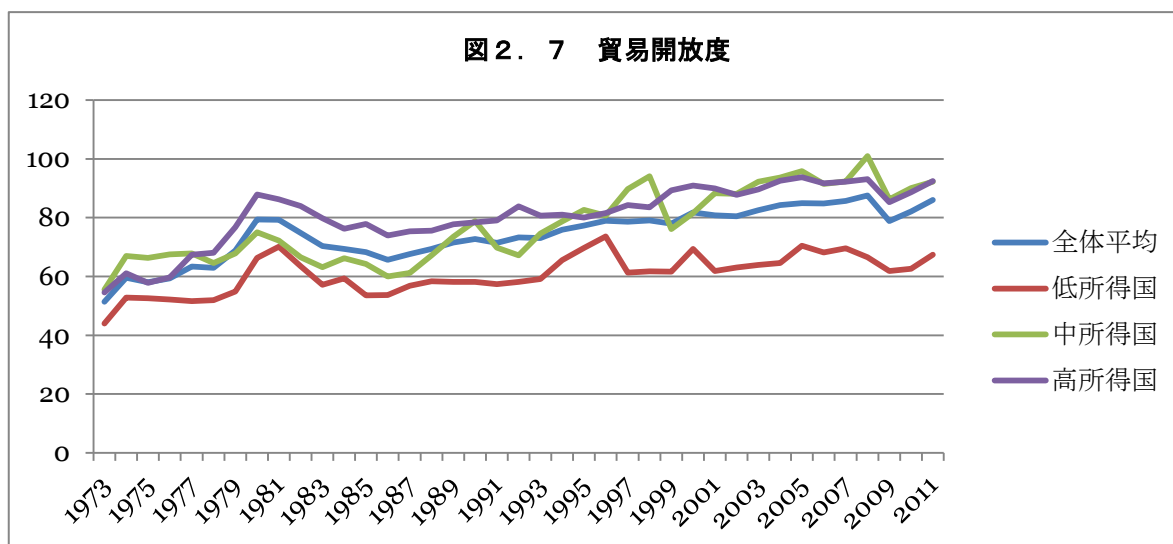


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:パーセント)

## 2. 1. 8 貿易開放度

貿易開放度に関しては、The World Bank (2015) の WDI から引用した。変数名は「Trade (% of GDP)」(NE. TRD. GNFS. ZS) で、単位はパーセントである。貿易開放度は、財・サービスの輸出と輸入の合計を、国内総生産 (GDP) で割ったものである。この値が高ければ高いほど、貿易が盛んに行われていることを表している。本論文では、「TRADE」と表すこととする。

下の図 2. 7 は、それぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け貿易開放度の平均をとったものである。どの所得帯でも貿易開放度は上昇しており、2011 年の低所得国は約 67.4%、中所得国及び高所得国は共に約 92.5%である。ここから所得が高い国が、より高い貿易開放度であることが分かる。

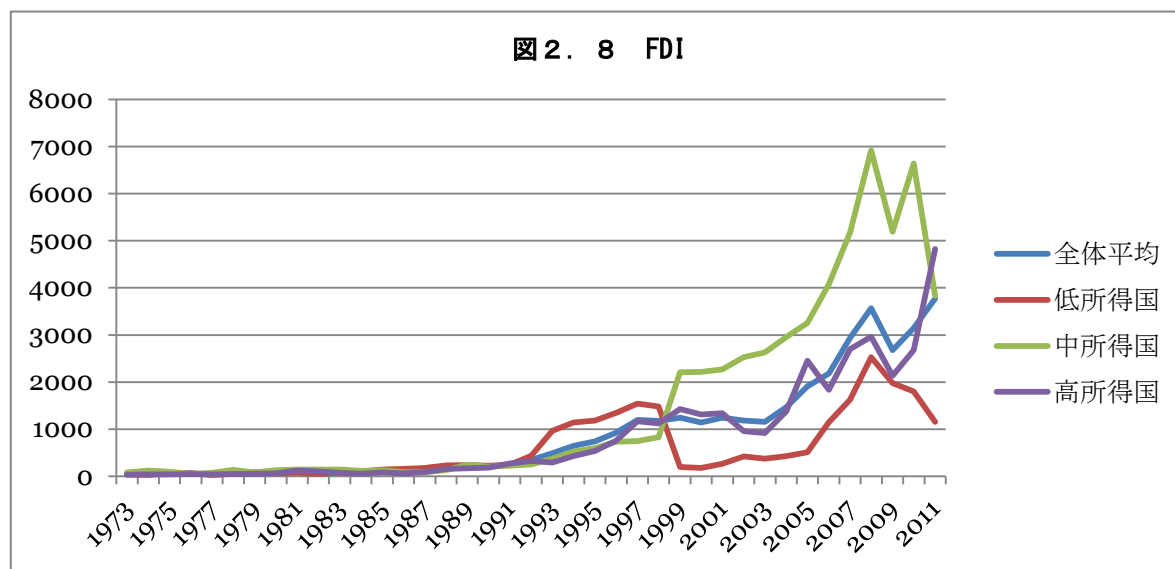


出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：パーセント)

## 2. 1. 9 FDI

FDI 受け入れ総額に関しては、UNCTAD (2015) から引用した。データは、係数名「Inward and outward foreign direct investment flows, annual, 1970-2013」の中の「Inward」を利用した。単位は 100 万 US ドルで、計測された当時の為替レートで評価された名目値となっている。本論文では、「FDI」と表すこととする。

下の図 2. 8 は、それぞれの年で一人当たり GNI を基に分析対象国を低所得国、中所得国、高所得国に分け FDI 流入額の平均をとったものである。全体平均は大きく増加している。最も大きく伸びているのは高所得国であり、2011 年度は 1973 年度と比べて約 144 倍の 4825 百万 US ドルである。一方で、低所得国は高所得国、中所得国と比較してそれほど増加しておらず、2011 年は 1973 年の約 35.6 倍の 1154 百万 US ドルとなっている。



出所：UNCTAD (2015) より作成 (単位:100 万 US ドル)

## 2. 1. 10 ODA

ODA 受入額に関しては、OECD (2015) の「Creditor Reporting System」から引用した。変数名は「usd\_commitment」である。単位は百万 US ドルで、支払額ではなく約束額を分析に利用する。本論文ではエネルギー分野全体に対する ODA を「ODAeng」、再生可能エネルギーに関する ODA を「ODArnw」、再生不能エネルギーに関する ODA を「ODAcO2」、その他エネルギーに関する ODA を「ODAOth」と表すこととする。

援助の約束額 (Commitment) とは、ODA の供給国と受給国が援助の契約を結んだ時点での額面を表し、ほとんどの種類の財政フローで記録されている。また、援助支払額 (Disbursement) とは、受給国が援助を受け取り、処分を終えた額を言う。受給国と供給国の間で援助の契約を結んだあと、この支払いが行われるまでには数年かかる場合がある。

本論文では、援助の約束額の方が実際の拠出額と報告されている拠出額の一致性等の面から見てデータの質が良いため、前者の方を ODA 受入額として利用した。OECD の” Technical Guide to terms and data in the Creditor Reporting System(CRS) Aid Activities database”によれば、Creditor Reporting System (CRS) の ODA 受入額データの包括性については、時期によりバラつきがあるが、その中でも約束額の方が支払額に比べ優れている。具体的には DAC メンバーによる CRS の約束額のデータの完全性は 1995 年までは 70%であったものが、2000 年には 90%、2003 年以降からはほとんど 100%となっている。一方で支払額については、2002 年以前の包括率は 60%を下回っており、2002 年からは 90%前後となり、2007 年からは 100%に近くなるようになっている。

ここで ODA 受入額のデータについていくつか補足をしておく。まず、援助活動については、様々な形を取る。援助活動はプロジェクトの形を取る以外にも、現金送付や財の供給、教育活動、研究プロジェクト、債務救済または NGO への寄付なども含まれる。本論文で扱う ODA 受入額のデータは Creditor Reporting System より引用しているが、ここではこれら全ての活動が含まれている。

そして、本論文で扱う ODA のデータは完璧に世界の ODA を把握したものではない。ODA の定義として、受給国が DAC の作成する発展途上国のリストに含まれていることが挙げられる。DAC が発展途上国への援助の流れに関するデータを収集し始めたのは 1961 年からであるが、ある年度のある国の ODA 受入額のデータが Creditor Reporting



System に含まれているかどうかは、DAC が作成するその年度の ODA 受給国のリストにその国が含まれているかどうかにかかっている。そのため、1961 年以降のデータであっても国や年度によっては、援助受入額のデータが得られない場合がある。

次に、ODA の目的別区分けについて説明する。Creditor Reporting System から利用できるエネルギー分野に関する ODA のデータはその目的別に変数「purposename」によって、18 の分野に分けられている。本論文では分析のために、二酸化炭素排出量を被説明変数とすることに合わせて、その 18 の分野を三つの分野に区分けし直した。二酸化炭素を排出するエネルギー分野への ODA を合わせたものを「再生不能エネルギー」とし、排出しないエネルギー分野への ODA を合わせたものを「再生可能エネルギー」とし、そしてその二つに分けられないものを合わせて「その他」とした。以下に、これら三区分の内訳を記す。

「再生不能エネルギー」には、purpsename が「Power generation/non-renewable sources」、「Oil-fired power plants」、「Gas-fired power plants」、「Coal-fired power plants」のものが含まれる。「Power generation/non-renewable sources」は、再生不能資源によるエネルギー生産に関する援助である。熱源が定められない場合の火力発電所と石炭ガス化複合発電所を含む。「Oil-fired power plants」は、石油火力発電所に関する援助であり、ディーゼル発電所を含む。「Gas-fired power plants」は、ガス火力発電所に関する援助である。「Coal-fired power plants」は、石炭火力発電所に関する援助である。

「再生可能エネルギー」には、purposename が「Power generation/renewable sources」、「Nuclear power plants」、「Hydro-electric power plants」、「Geothermal energy」、「Solar energy」、「Wind power」、「Ocean power」、「Biomass」が含まれる。「Power generation/renewable sources」は、再生可能資源によるエネルギー生産に関する援助である。ここには政策、企画、開発計画、調査、動機づけが含まれる。ただし、薪や木炭の製造は、含まれない。「Nuclear power plants」は、原子力発電所に関する援助であり、原子力の安全性の確保に関する援助も含む。「Hydro-electric power plants」は、水力発電所に関する援助であり、川船によるエネルギー生産に関する援助を含む。「Geothermal energy」は、地熱エネルギーに関する援助である。「Solar energy」は、太陽エネルギーに関する援助であり、光電池、太陽熱の利用、太陽熱暖房を含む。「Wind power」は、風力エネルギーに関する援助であり、陽水用の風力エネルギーと風力発電

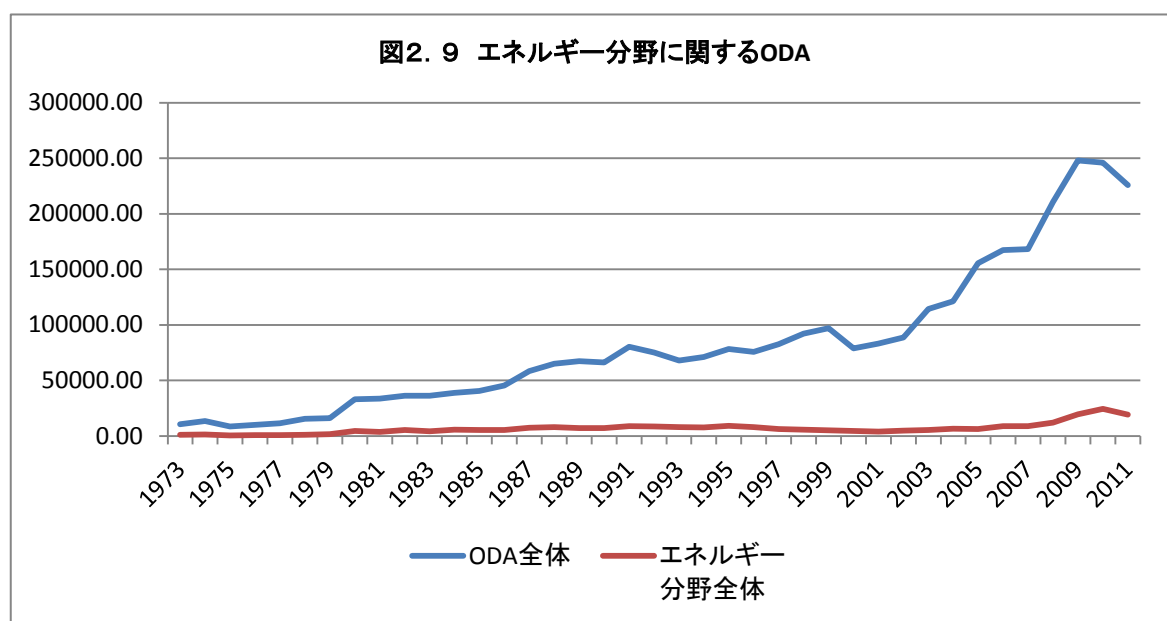
を含む。「Ocean power」は、海洋の力を利用したものに関する援助であり、海洋熱エネルギーや、潮や波のエネルギーに関するものを含む。「Biomass」は、バイオマスに関する援助であり、高密度化技術と直接発電のためのバイオマスの利用、バイオガスやサトウキビ、その他の植物から得られたガスを含む。

「その他」には、purposename が「Energy policy and administrative management」、「Electrical transmission/ distribution」、「Gas distribution」、「Energy education/training」、「Energy research」 「II. 3. Energy」のものが含まれる。「Energy policy and administrative management」はエネルギー政策や行政運営に対する援助である。エネルギー政策や計画、事業への援助、エネルギー関連の省庁に対する助言や省エネルギーを含む不特定のエネルギー関連の活動への援助が含まれる。

「Electrical transmission/ distribution」は、電力の変換と供給に関する援助であり、最終消費者に対する電力供給と、送電線に関するものを含む。「Gas distribution」は、最終消費者に対するガスの供給に関する援助である。「Energy education/ training」は、エネルギー教育と研修に関する援助である。全てのエネルギー分野の、全てのレベルの教育を含む。「Energy research」は、エネルギー研究に関する援助であり、一般的な調査も含む。「II. 3. Energy」には以上の分野に分けられないその他の活動が含まれる。

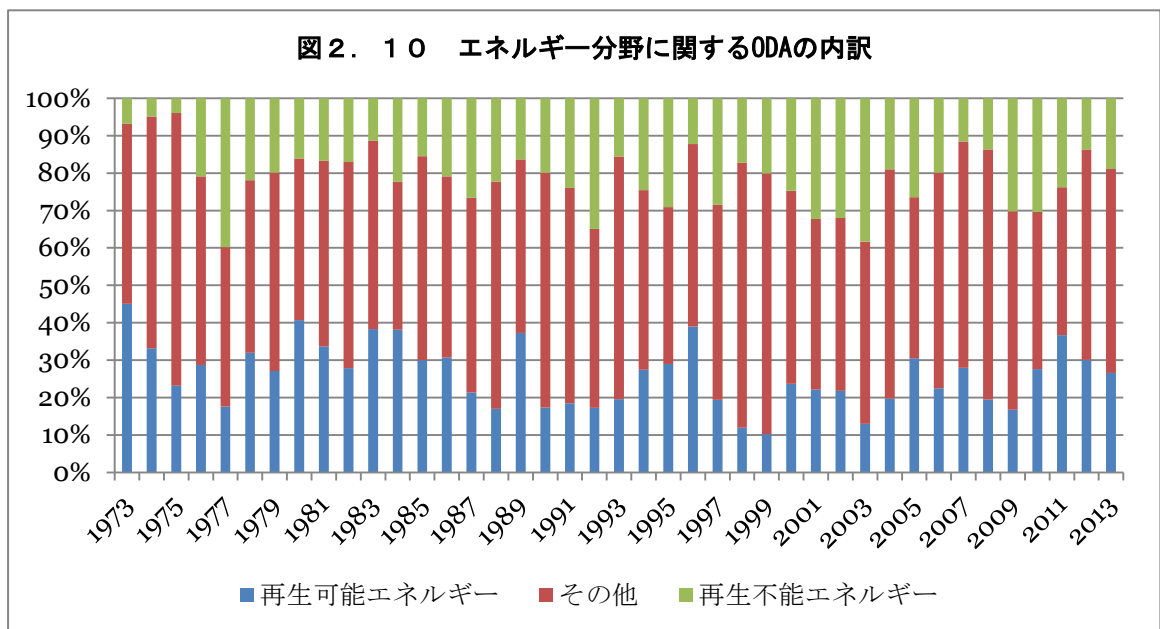
そして、ODA 受入額はその援助の流れから、二国間援助 (Bilateral) と多国間援助 (Multilateral) に分けられる。二国間援助とは、ODA の供給国と受給国が対いで援助のやりとりをするものである。多国間援助 (Multilateral) とは、まず様々な供給国から国際機関等に資金が行き、そこから受給国へ資金が供給されるものである。本論文での ODA 受入額のデータはこの両方の流れのものを含む。

図2. 9は、1973年から2011年までの年度別に、各受給国が得たODAを全て合計したものをグラフとしたものである。単位は百万USドルである。全ての分野に関するODAと、エネルギー分野に関するODAを比較している。ODA全体は1973年においておおよそ10000百万USドルであるのに対して、2000年から2009年の間に大きく増加し、2011年にはおおよそ225000百万USドルと、約22.5倍にまで増加している。一方で、エネルギー分野に関するODAは、1973年はおおよそ1000百万USドルであるのに対して、2000年から2009年の間にODA全体と同じように増加傾向を強め、2011年にはおおよそ20000百万USドルと約17倍にまで増加している。



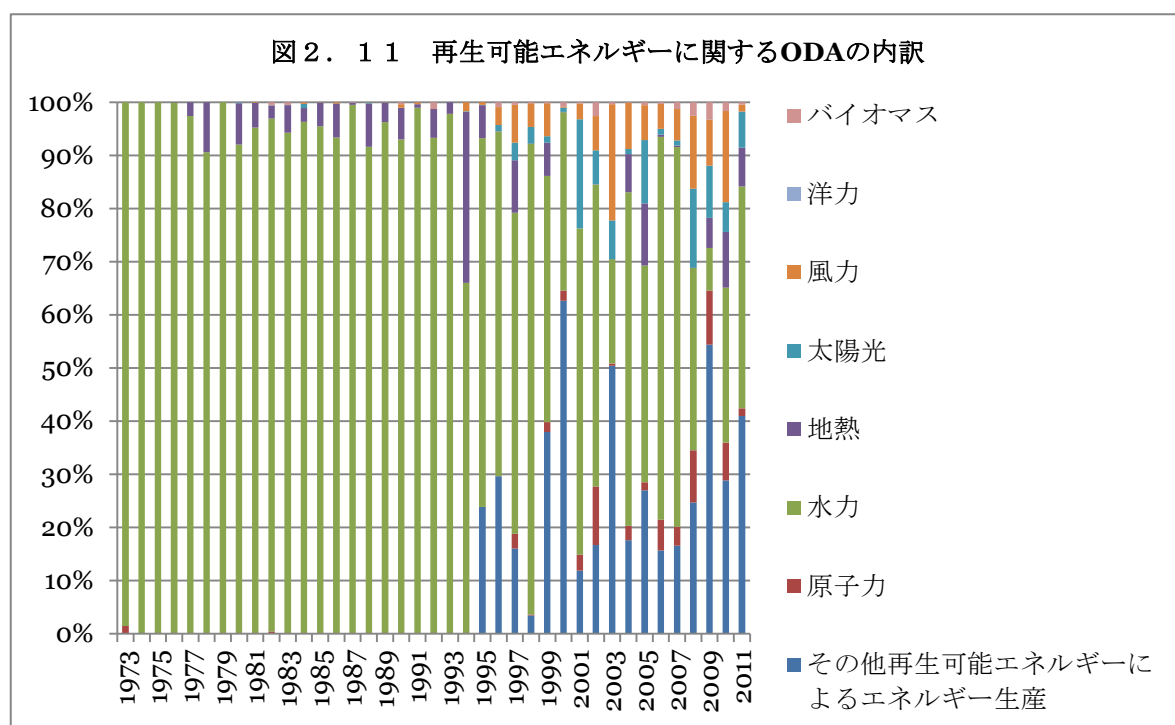
出所：OECD（2015）より作成（単位：100万USドル）

図2. 10は、エネルギー分野に関する ODA の中で、二酸化炭素を排出しない再生可能エネルギー、二酸化炭素を排出する再生不能エネルギー、そしてその他のエネルギー関連分野に関する ODA の比率を示したものである。年によってその構成比は変わるが、全体での大まかな比率は 41 年間で大体変わらず、再生可能エネルギーへの ODA が約 2 割、再生不能エネルギーへの ODA が約 2 割、その他エネルギー関連の ODA が約 5 割を占めている。2011 年の数値では、再生可能エネルギーへの ODA が約 26.6%、再生不能エネルギーへの ODA が約 18.9%、その他エネルギー関連の ODA は約 54.5%となっている。エネルギー分野への ODA を二酸化炭素排出の面から分けると、最も多いのはエネルギー教育や配電設備などのエネルギー効率を上げるなどの効果が期待できる分野への投資である。



出所：OECD（2015）より作成（単位：パーセント）

図2. 1 1は、1973年から2011年までの再生可能エネルギーに対するODAのエネルギー別構成比を示したものである。原子力発電に対するODAは、最初はあまり拠出されていなかったが、近年徐々に増加してきており、2010年には7.08%を占めている。ただし、グラフには含まれていないが、2011年以降の原子力発電に対するODAは大幅に減少している。水力発電は、1973年から1993年までは再生可能エネルギーの中で約9割と大部分を占めている。その後、それまでよりは比率は減っているものの、2011年には41.7%を占めている。地熱発電に対しては、1976年から額は少ないものの長年ODAが拠出され続けており、他のエネルギーと比較すると数年おきに大きくODAが拠出されていることが特徴である。2010年には10.5%を占めている。太陽光は、1990年代後半から拠出額が大きく増加し始め、2001年には全体の2割を占めるまでになっている。その後構成比率は少し減少したが、2011年には6.81%を占めている。風力は、太陽光発電と同じく1990年代後半から拠出額が大きく増加し、2003年と2010年には約2割を占めているが、2011年には1.3%となっている。洋力は、近年になり徐々に拠出されるようになってきているものの、その額は非常に小さく、2011年の構成比率は0.0013%となっている。バイオマスは、1980年から拠出が始まり、構成比率は少ないものの徐々に増加している。2010年の構成比率は1.63%となっている。



出所：OECD (2015) より作成 (単位：パーセント)

## 2. 2 分析方法

以上のデータを用い、パネルデータ分析を行うことによって FDI 流入額及び ODA 受入額と二酸化炭素排出量の関係の推定を行う。そこで、前章で立てた仮説をもとに、モデル式を立てる。ここでは、内山（2007）によって提示されている環境クズネツ曲線仮説のモデル式に各変数を追加する。

まず、ODA と FDI 以外の変数を加えたものが式（1. 1）である。ここで、CO2 は二酸化炭素、POP は人口、GDP は GDP、ENG はエネルギー消費量、URBAN は都市人口比率、IND は工業比率、TRADE は貿易開放度を表す。そして、i は各国、t は年度を表す。また、 $\alpha$  は定数項、Y は景気変動や技術革新等の時間効果を測るための年ダミーである。 $\mu$  はそれぞれの国に特有の地理的条件や文化的条件等の個別効果を表し、 $v$  はかく乱項を示す。この個別効果を測る項を置くことによって、通常の回帰分析に比べてより正確な推定結果が期待できる。

$$\log\left(\frac{CO2}{POP}\right)_{it} = \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it} + \beta_2 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it}^2 + \beta_3 \log\left(\frac{ENG}{POP}\right)_{it} + \beta_4 \log(POP)_{it} + \beta_5(URBAN)_{it} + \beta_6(IND)_{it} + \beta_7(TRADE)_{it} + Y_t + \mu_i + v_{it} \quad (1. 1)$$

そして（1. 1）に FDI と ODA を加えたものが式（1. 2）である。FDI は FDI を、ODAeng はエネルギー分野全体に関する ODA を表す。

$$\log\left(\frac{CO2}{POP}\right)_{it} = \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it} + \beta_2 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it}^2 + \beta_3 \log\left(\frac{ENG}{POP}\right)_{it} + \beta_4 \log(POP)_{it} + \beta_5(URBAN)_{it} + \beta_6(IND)_{it} + \beta_7(TRADE)_{it} + \beta_8 \log(FDI)_{it} + \beta_9 \log(ODAeng)_{it} + Y_t + \mu_i + v_{it} \quad (1. 2)$$

次に、エネルギー分野全体に関する ODA の代わりに、再生可能エネルギーに関する ODA、再生不能エネルギーに関する ODA、そしてその他のエネルギーに関する ODA を式に追加する。したがって、式は（1. 3）のようになる ODA<sub>rnw</sub> は再生可能エネルギーに関する ODA を、ODA<sub>co2</sub> は再生不能エネルギーに関するエネルギー、ODA<sub>oth</sub> はその他エネルギーに関する ODA を表す。

$$\log\left(\frac{CO2}{POP}\right)_{it} =$$

$$\begin{aligned} & \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it} + \beta_2 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it}^2 + \beta_3 \log\left(\frac{ENG}{POP}\right)_{it} + \beta_4 \log(POP)_{it} \\ & + \beta_5(URBAN)_{it} + \beta_6(IND)_{it} + \beta_7(TRADE)_{it} + \beta_8 \log(FDI)_{it} \\ & + \beta_9 \log(ODArnw)_{it} + \beta_{10} \log(ODAcO2)_{it} + \beta_{11} \log(ODAoth)_{it} + Y_t + \mu_i + v_{it} \quad (1.3) \end{aligned}$$

また、エネルギーに関する ODA は発電所の建設プロジェクト等に使われているが、実際に稼働が開始して受入国の二酸化炭素排出量に影響を与えるまでにタイムラグが生じる。そこで、(1.2) の ODA は二酸化炭素排出量と同年のデータになっているので、その代わりに一年前、二年前、三年前、四年前の ODA 受入額を説明変数として追加する。したがって、式は(1.4) のようになる。

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{CO2}{POP}\right)_{it} &= \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it} + \beta_2 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it}^2 + \beta_3 \log\left(\frac{ENG}{POP}\right)_{it} \\ & + \beta_4 \log(POP)_{it} + \beta_5(URBAN)_{it} + \beta_6(IND)_{it} + \beta_7(TRADE)_{it} + \beta_8 \log(FDI)_{it} \\ & + \beta_9 \log(ODAeng)_{it-1} + \beta_{10} \log(ODAeng)_{it-2} + \beta_{11} \log(ODAeng)_{it-3} + \beta_{12} \log(ODAeng)_{it-4} \\ & + Y_t + \mu_i + v_{it} \quad (1.4) \end{aligned}$$

同様に、(1.3) の ODA を一年前、二年前、三年前、四年前のものに変更したものが、以下の(1.5)である。

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{CO2}{POP}\right)_{it} &= \alpha + \beta_1 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it} + \beta_2 \log\left(\frac{GDP}{POP}\right)_{it}^2 + \beta_3 \log\left(\frac{ENG}{POP}\right)_{it} \\ & + \beta_4 \log(POP)_{it} + \beta_5(URBAN)_{it} + \beta_6(IND)_{it} + \beta_7(TRADE)_{it} + \beta_8 \log(FDI)_{it} \\ & + \beta_9 \log(ODArnw)_{it-1} + \beta_{10} \log(ODArnw)_{it-2} + \beta_{11} \log(ODArnw)_{it-3} + \beta_{12} \log(ODArnw)_{it-4} \\ & + \beta_9 \log(ODAcO2)_{it-1} + \beta_{10} \log(ODAcO2)_{it-2} + \beta_{11} \log(ODAcO2)_{it-3} + \beta_{12} \log(ODAcO2)_{it-4} \\ & + \beta_9 \log(ODAoth)_{it-1} + \beta_{10} \log(ODAoth)_{it-2} + \beta_{11} \log(ODAoth)_{it-3} + \beta_{12} \log(ODAoth)_{it-4} \\ & + Y_t + \mu_i + v_{it} \quad (1.5) \end{aligned}$$

そして、モデル(1.2)、(1.4)により「仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす」及び「仮説② エネルギー分野全体に関する ODA は二酸化炭素排出量に影響力を持つ」について検討する。また、モデル(1.3)、(1.4)により「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」及び「仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす」について検討する。

ここでパネルデータ分析を行うにあたり、固定効果モデルと変動効果モデルのどちらを用いるべきか判断するために、ハウスマン検定を行う。松浦(2013)によれば、

ハウスマン検定とは、変量効果モデルと固定効果モデルのどちらを用いるべきかを判断するために使用される検定である。ハウスマン検定は「変量効果モデルが望ましい」という仮説が妥当である確率を検証する。そこで、モデル（1. 2）でハウスマン検定を行った結果、カイ二乗値から求めた p 値は 0.000%であった。そのため、「変量効果モデルが望ましい」という帰無仮説は棄却されたので、固定効果モデルで分析を行う。



### 第3章 対象国全体での分析結果

分析の結果が表3. 1にまとめられている。また、付録に表3. 2として同様のモデルを用いて回帰分析を行った結果を載せている。全てのモデルで、エネルギー消費量は二酸化炭素排出量に強い影響力を持っており、一人当たりエネルギー消費量が増加すれば、一人当たり二酸化炭素排出量が増加する、という関係が読み取れる。また、一人当たりGDPに関しては、エネルギー消費量ほど強くはないが二酸化炭素排出量に影響を及ぼしている。一人当たりGDPの係数は正の値を取っており、一人当たりGDPの二乗が一人当たり二酸化炭素排出量に対して影響を及ぼさないという結果であるので、ここでは経済成長に伴い二酸化炭素排出量は単調増加するという関係が表れている。モデル1. 4では、FDI流入額が増加すれば一人当たり二酸化炭素排出量は増加するという関係が読み取れるが、その他のモデルではFDIは全て一人当たり二酸化炭素排出量に影響を持っていない。この結果はJung Wan Lee (2013) が示した結果と整合性がある。そして、ODAはほとんど全てのモデルで一人当たり二酸化炭素排出量に対して影響力を持っていない。この結果は、Bettina Kretschmer, Michel Hübler and peter nunnenkamp (2013) が示した結果と整合性がある。

一方で、モデル(1. 5)において、三年前の再生可能エネルギーに関するODA受入額が一人当たり二酸化炭素排出量を減少させる可能性があることが、極めて弱い結果であるが示唆されている。ここでは係数より、三年前の再生可能エネルギーに関するODAが100万USドル増加すれば、受入国の一人当たり二酸化炭素排出量を0.005メトリックトン減少させる可能性があると読み取ることができる。

この結果は、再生可能エネルギーに関する投資が実行され、計画されたプロジェクトが完成し、二酸化炭素排出量が減少するまでに三年の年月がかかるとも解釈することができる。また、この結果はBettina Kretschmer, Michel Hübler and peter nunnenkamp (2013) が示した結論と異なっている。ここでは、エネルギー分野全体に関するODAで一括りにした上で分析した結果、ODAは二酸化炭素排出量に対して影響を及ぼさないとされていた。それは、再生可能エネルギーに関するODAは拠出額がODA全体と比較しても非常に少ないため、影響力は極めて小さいという前提に基づいていた。しかし、本論文でODAを再生可能エネルギーに関するもの、再生不能エネルギーに関するもの、そしてその他エネルギーに関するものに分けて分析した結果、再生可能エ

エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減少させる可能性がわずかではあるものの、あると言える結果になった。これにより、再生可能エネルギーに関する ODA が発展途上国に抛出されることが、温室効果ガス排出の抑制及び地球温暖化問題の解決に対して意味を持つ可能性が出てきた。

以上の結果から、仮説の検討を行うと、「仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす」「仮説② エネルギー分野全体に関する ODA は二酸化炭素排出量に影響力を持つ」「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」は棄却される。一方で、「仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす」に関しては、モデル（1. 5）より、極めて弱い結果であるものの、その可能性があると言える。

表 3. 1 対象国全体での固定効果モデルによるパネルデータ分析結果

lnpcco2	(1.1)	(1.2)	(1.3)	(1.4)	(1.5)
log(GDP/POP)	0.630 (1.65)	1.248 ** (1.88)	1.309 * (1.94)	1.107 * (1.81)	1.319 ** (2.3)
log(GDP/POP) <sup>2</sup>	-0.032 (-0.71)	-0.044 (-0.91)	-0.048 (-0.98)	-0.031 (-0.69)	-0.050 (-1.20)
log(ENG)	0.848 *** (7.71)	0.805 *** (6.48)	0.745 *** (5.32)	0.817 *** (6.17)	0.687 *** (4.81)
log(POP)	0.511 * (1.74)	0.442 (1.26)	0.344 (1.00)	0.477 (1.30)	0.228 (0.95)
URBAN	-0.008 (-0.91)	-0.007 (-0.76)	-0.005 (-0.55)	-0.008 (-0.81)	-0.005 (-0.96)
IND	0.004 (1.23)	0.003 (0.74)	0.005 (1.46)	0.002 (0.45)	0.002 (0.80)
TRADE	0.000 (0.34)	0.001 (0.94)	0.001 (0.98)	0.001 (0.69)	0.001 (1.34)
log(FDI)		0.004 (0.51)	0.006 (0.70)	0.018 ** (2.36)	0.003 (1.20)
log(ODAeng)		0.000 (-0.09)			
log(ODArnw)			-0.002 (-0.51)		
log(ODAcco2)			0.000 (0.01)		
log(ODAoht)			0.001 (0.45)		
log(ODAeng) t-1				-0.001 (-0.33)	
log(ODAeng) t-2				0.000 (-0.14)	
log(ODAeng) t-3				-0.001 (-0.52)	
log(ODAeng) t-4				-0.001 (-0.51)	
log(ODArnw) t-1					-0.002 (-0.92)
log(ODArnw) t-2					-0.004 (-1.53)
log(ODArnw) t-3					-0.005 * (-1.81)
log(ODArnw) t-4					0.000 (-0.15)
log(ODAcco2) t-1					0.002 (0.57)
log(ODAcco2) t-2					0.002 (0.97)
log(ODAcco2) t-3					0.003 (1.29)
log(ODAcco2) t-4					0.003 (1.22)
log(ODAoht) t-1					-3E-06 (-0.00)
log(ODAoht) t-2					0.002 (0.66)
log(ODAoht) t-3					0.001 (0.39)
log(ODAoht) t-4					-0.001 (-0.58)
定数項	-19.621 *** (-4.33)	-19.197 *** (-3.63)	-17.292 *** (-3.50)	-19.526 *** (-3.55)	-14.991 *** (-4.05)
R <sup>2</sup>	0.647	0.6538	0.6751	0.7	0.7154
観測値数	2,562	2,280	2,027	2,063	1,638
観測国数	107	105	103	105	102

(注)係数推定量は、小数点以下第四位を四捨五入したものであり、ロバスト修正後の値である。

また、係数推定量下の括弧内は t 値を示し、係数推定量右の\*\*\*, \*\*, \*は、それぞれ 1%、5%、10%水準で有意であることを示す。

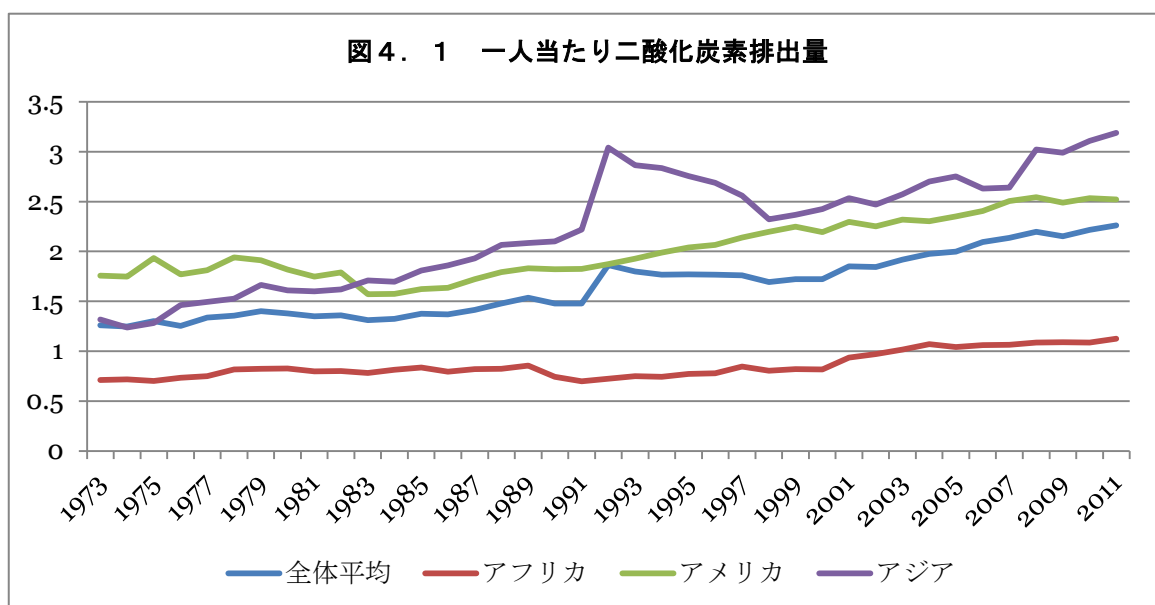
## 第4章 地域別の分析

本章では、分析対象国をアメリカ、アフリカ、アジアの三つの地域にパネルデータを分け第三章と同様の分析を行う。

### 4.1 データ

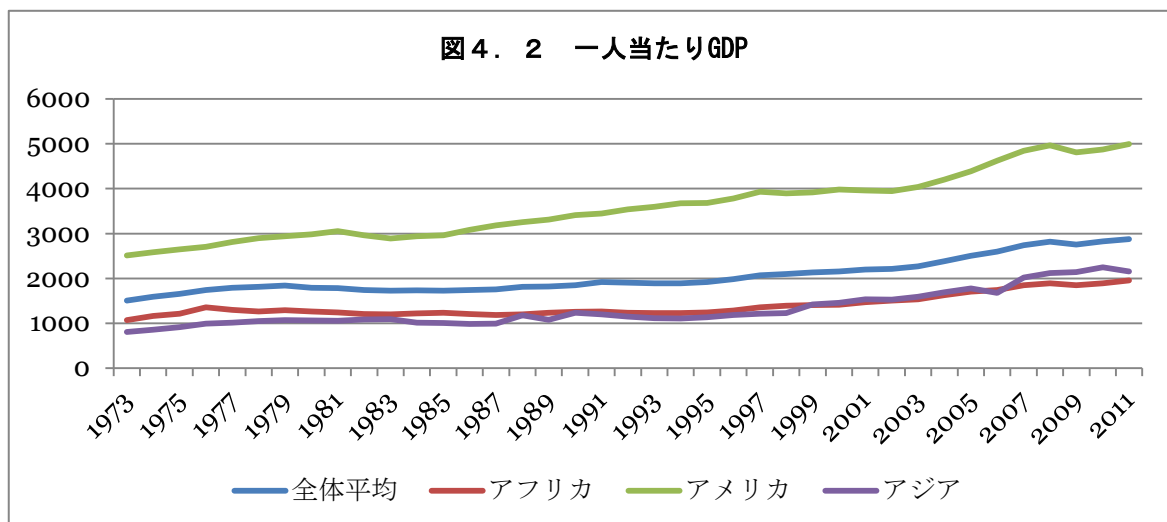
分析対象国は、OECD (2015) によって定義されている所属地域に従って、アメリカ、アフリカ、アジア、ヨーロッパ、オセアニアに分類されている。この中で、アフリカ、アメリカ、アジアに属する国を対象に分析を行う。どの地域にどの国が含まれるかは、付録の表4.1に記載した。

図4.1は、分析対象となっている国の、1973年から2011年までの一人当たり二酸化炭素排出量を地域別に示したものである。アフリカ大陸のODA受給国を「アフリカ」グループに、主に中南米の受給国を「アメリカ」グループに、東アジアから中東アジアまでの受給国を「アジア」グループに分け、それぞれの地域の二酸化炭素排出量の合計を国数で割り、それぞれの地域の平均的な国の二酸化炭素排出量の推移を表している。どの地域でも二酸化炭素排出量は増加しているが、アフリカに対してアメリカ及びアジアは比較的多く二酸化炭素を排出している。特に、アジアは1983年にアメリカを追い抜き、以後最も多い二酸化炭素排出量を記録しており、2011年には1973年の約2.4倍と最も大きな伸びを見せている。



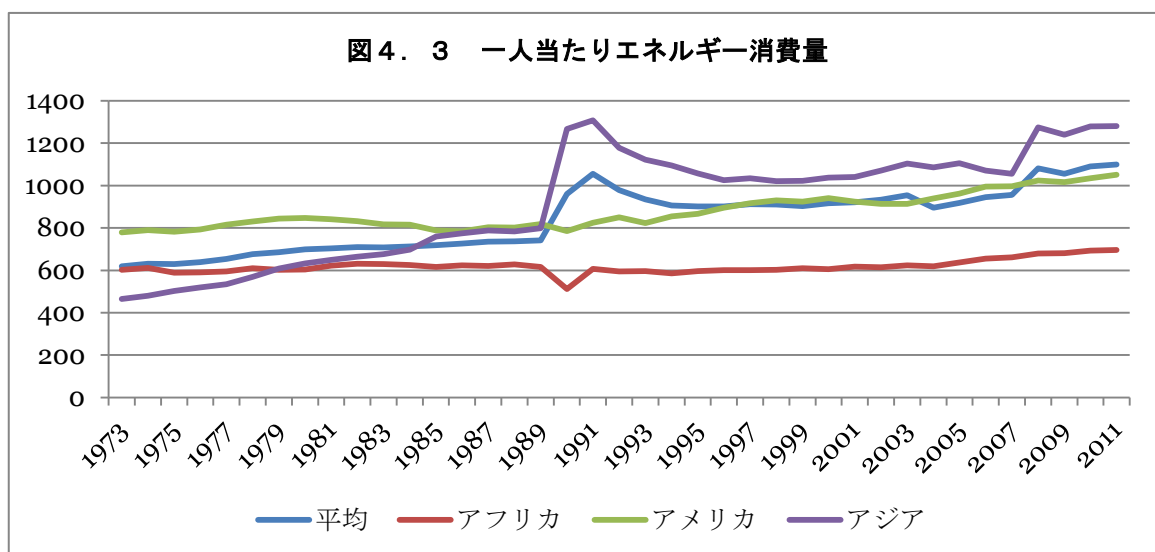
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:metric ton)

図4. 2は、「アフリカ」「アメリカ」「アジア」と3地域別に分けた平均の一人当たり GDP である。全体でも地域別でも、全て上昇している。アフリカとアジアは大体同じ一人当たり GDP で推移しているが、アメリカは両者に比べて高い一人当たり GDP を示している。2011年度のアメリカ地域の一人当たり GDP は4992US ドルと、アジア地域の2153US ドルの約2.3倍となっている。



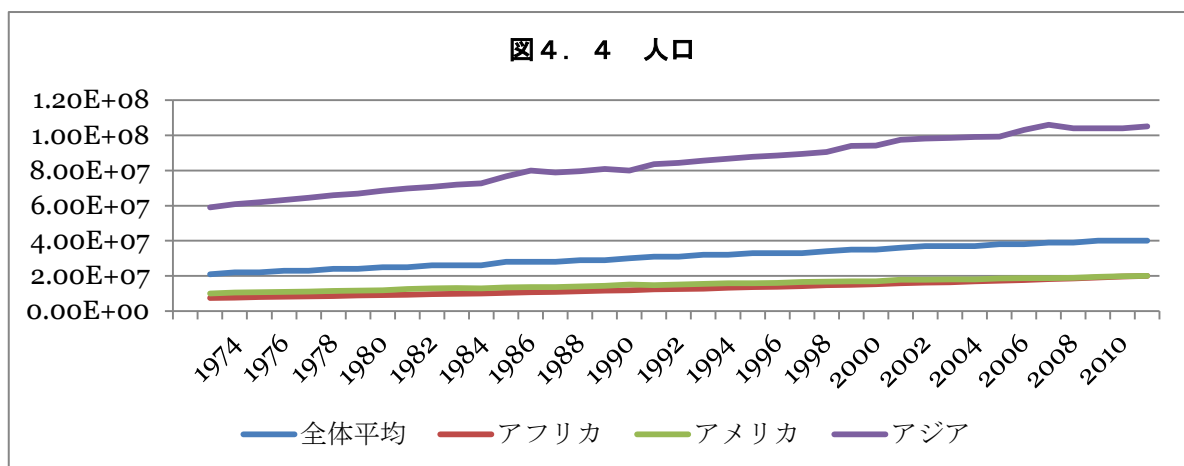
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:US ドル)

図4. 3は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の一人当たりエネルギー消費量の平均をとったものである。三地域の中で最も増加が著しいのはアジアである。2011年は1973年と比較してアフリカが約1.2倍、アメリカが約1.3倍となっているのに対して、アジアは約2.8倍となっている。



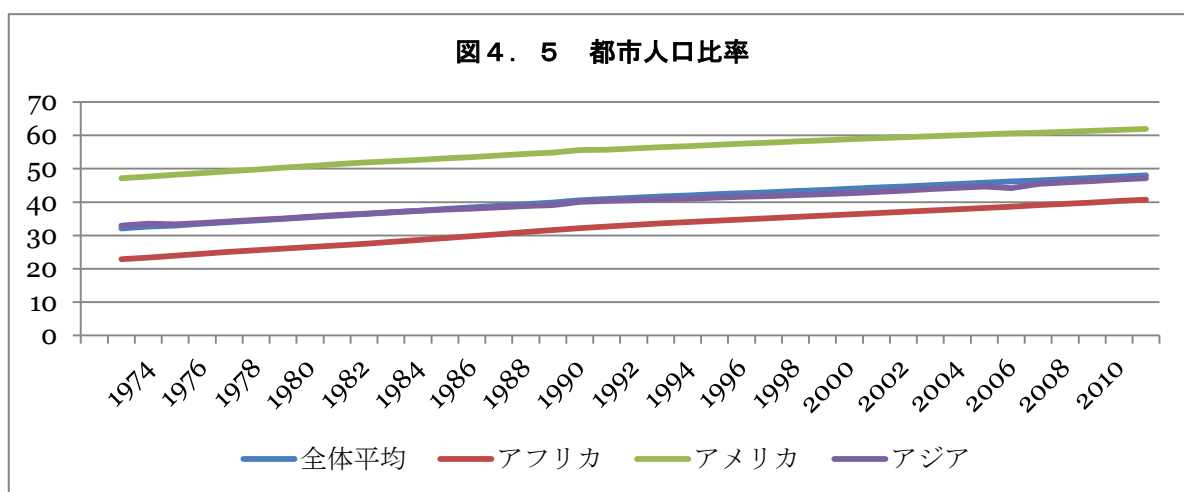
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:kg of oil equivalent)

図4. 4は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の人口の平均をとったものである。どの地域でも人口は増加しており、全体平均は1973年に比べて2011年には約1.9倍になった。特に、アジアの人口はアメリカ、アフリカと比較して特に多く、増加も顕著である。1973年と比較して2011年の平均的なアジアの国の人口は約1.8倍になった。また、2011年ではアジア地域の平均的な国の人口はアフリカ地域、アメリカ地域のそれぞれの約5.25倍である。



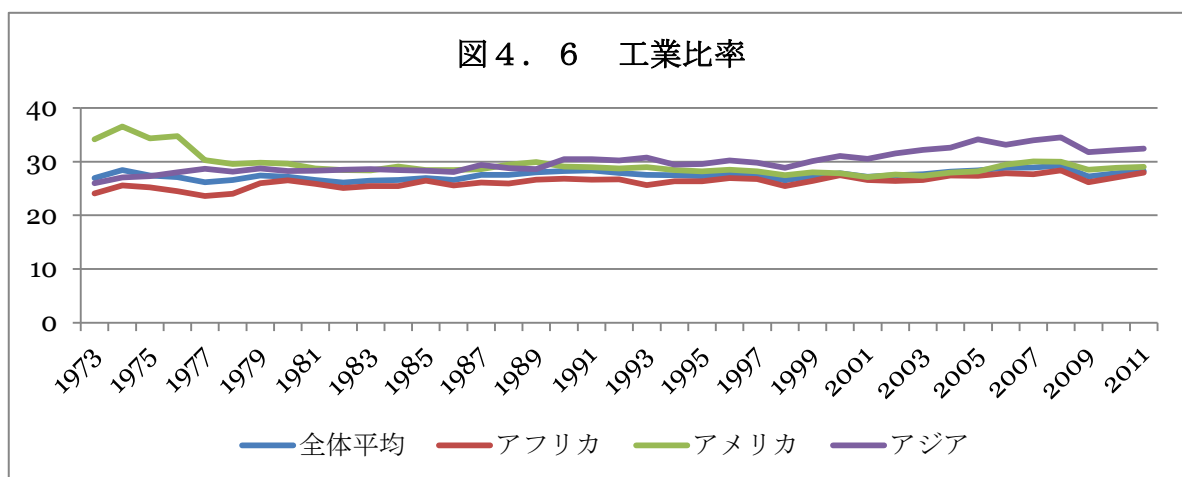
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位:人)

図4. 5は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の都市人口比率の平均をとったものである。どの地域でも都市人口比率が増加しているが、アメリカ地域の都市人口比率が最も高く、その後アジア地域、アフリカ地域と続く。2011年では、アメリカ地域の都市人口比率は約61.9%、アジア地域は約47.2%、アフリカ地域は約40.7%となっている。



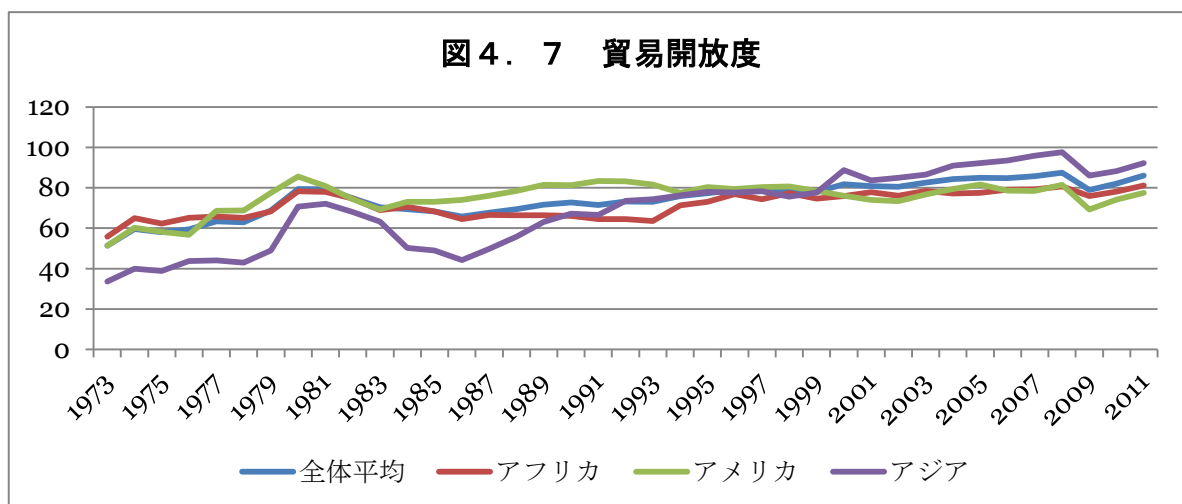
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：パーセント)

図4. 6は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の工業比率の平均をとったものである。1973年と2011年を比較すると、アフリカとアジアでは減少し、アメリカでは減少している。2011年には、アフリカの工業比率は約27.9%、アメリカは約29.0%、アジアは約32.4%となっており、アジアで高くなっている。



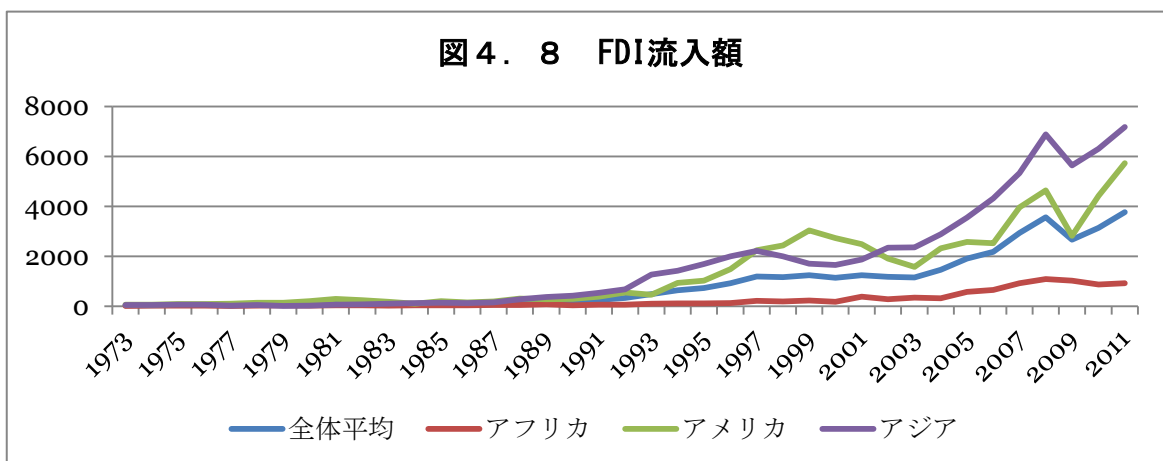
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：パーセント)

図4. 7は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の貿易開放度の平均をとったものである。1973年と2011年を比較すると、全ての地域で増加しているが、もっとも伸びが大きいのはアジアであり、2011年度の数値は1973年の約2.74倍となっている。2011年のアジアの貿易開放度は約92.2、アフリカでは約81.1、アメリカでは約77.6である。



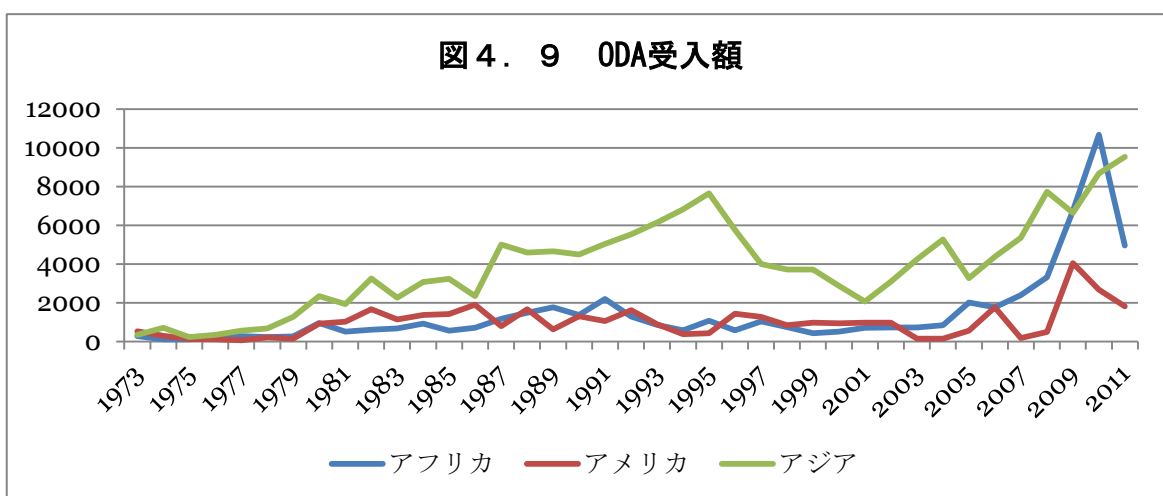
出所：The World Bank (2015) より作成 (単位：パーセント)

図4. 8は、分析対象国をアフリカ、アメリカ、アジアの三つの地域に分け、それぞれの年の FDI 流入額の平均をとったものである。最も大きく FDI が伸びたのはアジアで、1973年には55百万USドルであったものが2011年には7174百万USドルになっている。2011年度ではその後、アメリカの5279百万USドルとアフリカの931百万USドルが続き、アフリカの FDI 流入額が最も少なくなっている。



出所：UNCTAD（2015）より作成（単位：100万USドル）

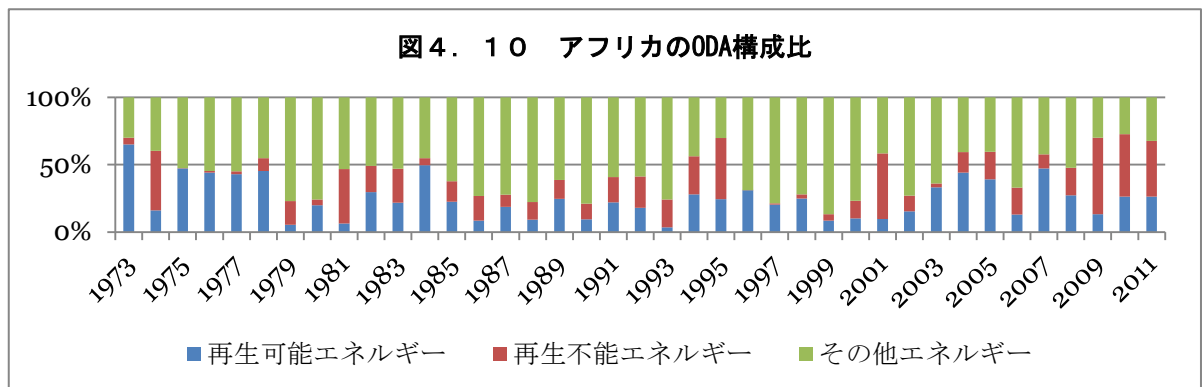
図4. 9は、1973年から2011年までのアフリカ、アメリカ及びアジアの三地域に拠出されたエネルギー分野への ODA の合計額の推移を示したグラフである。全体の傾向としては、アメリカ、アフリカ、アジアの順で ODA 拠出額は大きくなっている。どの地域も ODA 受取額は増加しているが、特に伸びが大きいのはアジアであり、2011年にはアジアに9528百万USドルが拠出されている。また、アフリカへは4952百万USドル、アメリカへは1816USドルが2011年に拠出されている。



出所：OECD（2015）より作成（単位：100万USドル）

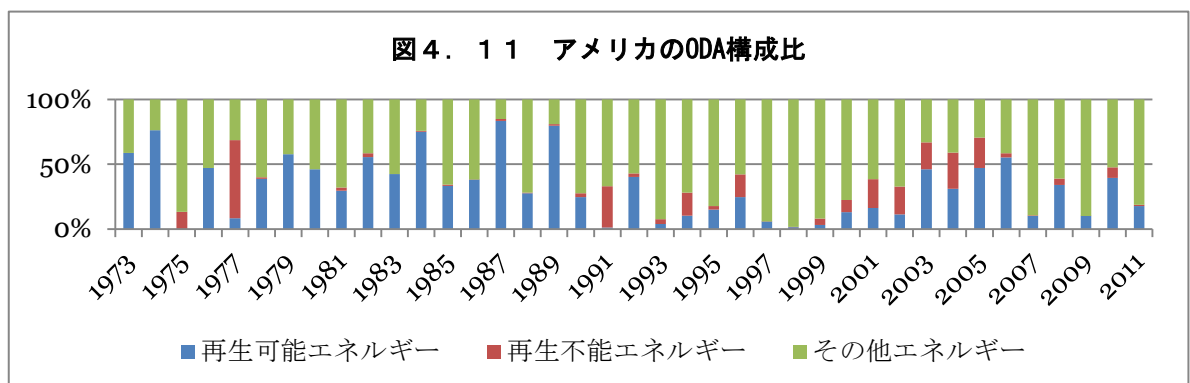


図4. 10は、アフリカ地域の分析対象国が受け取った、再生可能エネルギー、再生不能エネルギー及びその他エネルギーに対する ODA の構成比を示したものである。2011年では、再生可能エネルギーに関する ODA の構成比は約 26.3%、再生不能エネルギーに関するものは約 41.4%、その他エネルギー関係に関連するものは約 32.3%となっている。全体の推移を見ると、再生可能エネルギーに関する ODA はある程度の比率が続けて拠出され続けているが、再生不能エネルギーに関する ODA は、ある期間に集中して大きく拠出されており安定しない。



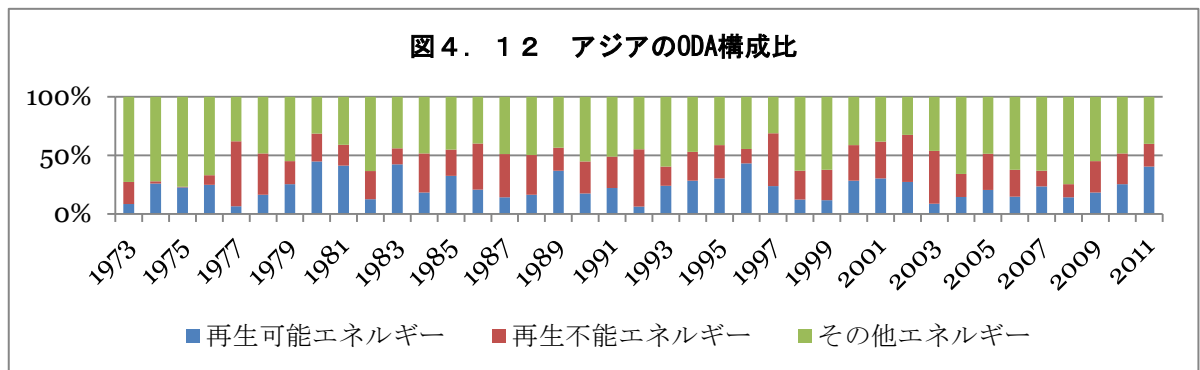
出所：OECD（2015）より作成（単位：パーセント）

図4. 11は、アメリカ地域の分析対象国が受け取った、再生可能エネルギー、再生不能エネルギー及びその他エネルギーに対する ODA の構成比を示したものである。2011年では、再生可能エネルギーに関する ODA の構成比は約 17.8%、再生不能エネルギーに関するものは約 1%、その他エネルギーに関するものは約 81.2%となっている。2007年から2011年の間の傾向を見れば、その他エネルギーに関するものが最も多く、再生可能エネルギーに関するものに比べて再生不能エネルギーに関するものの構成比は著しく低い。



出所：OECD（2015）より作成（単位：パーセント）

図4. 12は、アジア地域の分析対象国が受け取った、再生可能エネルギー、再生不能エネルギー及びその他エネルギーに対するODAの構成比を示したものである。2011年では、再生可能エネルギーに関するODAの構成比は約40.4%、再生不能エネルギーに関する者は約19.3%、その他エネルギーに関する者が40.3%となっている。この図から、他の地域に比べると、アジアでは長期的に安定してある程度の量の再生不能エネルギーに関するODAが拠出され続けていることが分かる。



出所：OECD（2015）より作成（単位：パーセント）

最後に、地域ごとの特徴を以下でまとめる。2011年のアフリカでは他地域と比較して、工業比率、貿易開放度は平均並みで、一人当たり二酸化炭素排出量、一人当たりGDP、一人当たりエネルギー消費量、人口、都市人口比率、FDI流入額、ODA受入額は低くなっている。ODA構成比は、再生可能エネルギーに対するODAの比率はおおよそ2割程度で、アジアと同程度だが、アメリカと比べると低くなっている。再生不能エネルギーに対するODAはアジアと比べると多少少なく、増減が激しく安定しない。2011年のアメリカでは他地域と比較して、一人当たりGDP、都市人口比率、FDI流入額は高く、一人当たり二酸化炭素排出量、一人当たりエネルギー消費量、工業比率、貿易開放度は平均程度、人口、ODA受入額は低くなっている。再生可能エネルギーに対するODAの比率が他地域と比べると非常に高く、再生不能エネルギーに対するODAの比率が非常に低くなっている。2011年のアジアでは他地域と比較して、一人当たり二酸化炭素排出量、一人当たりエネルギー消費量、人口、FDI流入額、ODA受入額は高く、都市人口比率、工業比率、貿易開放度は平均並みで、一人当たりGDPは低くなっている。再生可能エネルギーに対するODAはアフリカと同じくおおよそ2割程度で、アメリカと比較すると低くなっている。また、再生不能エネルギーに対するODAが他地域に比べて多く、安定してある程度の割合を占めている。

## 4. 2 地域別の分析結果

分析は前章と同じく、固定効果モデルによるパネルデータ分析を行った。モデルは(1. 5)を使い、各地域ごとに分析を行った。結果は表4. 2にまとめた。

アフリカでは、一人当たり GDP の係数は負、一人当たり GDP の二乗の係数は正となっており、環境クズネツ曲線仮説は成立せず、二酸化炭素排出量は一人当たり GDP の増加に伴って増加すると言える。その他では、一人当たりエネルギー消費量、人口及び工業比率が増加すると二酸化炭素排出量が増加する可能性がある。FDI は二酸化炭素排出量に影響力を持たず、Jung Wan Lee (2013) が示した結果と整合性がある。そして、三年前の再生可能エネルギーに関する ODA 受入額は、世界全体の分析結果と同様に 10%水準で有意であり、一人当たり二酸化炭素排出量を減らす可能性がわずかではあるが、あると言えるだろう。この結果は、世界全体での分析とほぼ同じ結果を表している。これは、全体のエネルギー投資に占める再生可能エネルギー投資が大きく、また、全体の二酸化炭素排出量が少ないため、再生可能エネルギー投資の影響が出た可能性がある。世界全体での分析結果と比較すると、三年前の再生可能エネルギーに関する ODA の係数がアフリカ地域では $-0.014$ と、世界全体の $-0.005$ の三倍となっている。ここから、アフリカ地域に投資することで、特に二酸化炭素削減により大きい効果を期待できる可能性が見出せる。

アメリカでは、一人当たり GDP と ODA 受入額は一人当たり二酸化炭素排出量に影響を及ぼさず、環境クズネツ曲線仮説は成立していない。そして、一人当たりエネルギー消費量と貿易開放度が一人当たり二酸化炭素排出量を増加させる結果が読み取れる。FDI は二酸化炭素排出量に対して影響力を持たず、Jung Wan Lee (2013) の結果と同様のものになっている。また、世界全体の分析結果では、再生可能エネルギーに関する ODA が一人当たり二酸化炭素排出量を減少させる可能性が示されているのに対して、アメリカでは再生可能エネルギー、再生不能エネルギー問わず ODA は一人当たり二酸化炭素排出量に対して影響力を持っていない。アメリカでは、相対的に一人当たり所得が高い国が多く、既に過去のエネルギー援助のストックが大きく、再生可能、再生不能問わず影響が出ないと考えられる。

アジアでは、一人当たり GDP の係数は正、一人当たり GDP の二乗の係数は負となっており、GDP が増加する初期の段階では一人当たり二酸化炭素排出量が増加し、GDP がある一点を超えた時点から減少を始める環境クズネツ曲線仮説が支持されている。先行

研究では、Abdul Jalil, SyedF. Mahmud(2009)が中国を対象に実証分析を行い、環境クズネツ曲線仮説が支持されるという結論を得ており、今回の結果はこれと同様の結論を得たと言える。その他では、一人当たりエネルギー消費量及び貿易開放度の増加が一人当たり二酸化炭素排出量を増加させる可能性があり、人口が増加すると一人当たり二酸化炭素排出量が減少するという結果が読み取れる。FDI は、他の地域と同様に二酸化炭素排出量に対して影響力を持っておらず、Jung Wan Lee (2013) と整合性のある結果となっている。また、再生可能エネルギーに関する ODA 及びその他のエネルギーに関する ODA は一人当たり二酸化炭素排出量に対して影響力を持たないが、三年前及び四年前の再生不能エネルギーに関する ODA は一人当たり二酸化炭素排出量を増加させる可能性があることが示唆されている。世界全体の分析結果では、環境クズネツ曲線仮説は支持されなかった一方で、アジアではそれが支持される結果が出た。また、世界全体の分析結果では、再生不能エネルギーに関する ODA が一人当たり二酸化炭素排出量に影響を与えず、再生可能エネルギーに関する ODA が一人当たり二酸化炭素排出量を減らす可能性が示唆されていた点も異なっている。また、アジアでは人口の大きな国を含めて、多くの国が急激に成長しており、エネルギー効率の高い技術が導入されたとしても、その投資の効果が及ばないほどエネルギー消費の増加が大きい可能性がある。

以上の結果から、仮説の検討を行う。アフリカでは、「仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす」、「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」、「仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす」は棄却される。一方で、「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」は、わずかではあるが棄却されない可能性があると言える。アメリカでは、「仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす」、「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」、「仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす」の全てが棄却される。アジアでは、「仮説① FDI は二酸化炭素排出量を減らす」、「仮説③ 再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす」は棄却されるが、「仮説④ 再生不能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を増やす」に関しては棄却されない可能性がある。

表 4. 2 地域別分析結果

lnpcco2	アフリカ	アメリカ	アジア	
log(GDP/POP)	-1.237 *	1.447	1.956 **	
	(-2.00)	(0.89)	(2.56)	
log(GDP/POP) <sup>2</sup>	0.164 ***	-0.061	-0.136 **	
	(3.51)	(-0.63)	(-2.60)	
log(ENG)	0.528 **	0.609 ***	0.920 ***	
	(2.40)	(3.55)	(5.32)	
log(POP)	1.133 **	0.163	-0.600 **	
	(2.22)	(0.37)	(-2.27)	
URBAN	-0.009	0.012	-0.006	
	(-1.16)	(1.58)	(-1.06)	
IND	0.011 ***	-0.002	-0.004	
	(3.06)	(-0.55)	(-0.73)	
TRADE	0.000	0.006 ***	0.001	
	(0.11)	(2.97)	(1.94)	*
log(FDI)	0.004	0.004	-0.004	
	(0.42)	(0.24)	(-0.44)	
log(ODArnw) t-1	-0.004	0.003	0.000	
	(-0.72)	(0.62)	(0.08)	
log(ODArnw) t-2	-0.013	0.003	0.000	
	(-1.69)	(0.79)	(-0.07)	
log(ODArnw) t-3	-0.014 *	-0.004	-0.270	
	(-1.96)	(-0.77)	(-0.29)	
log(ODArnw) t-4	0.004	-0.001	-0.297	
	(0.75)	(-0.34)	(-0.28)	
log(ODAcO2) t-1	0.003	-0.004	0.003	
	(0.50)	(0.05)	(0.71)	
log(ODAcO2) t-2	-0.001	-0.002	0.003	
	(-0.17)	(-0.23)	(0.96)	
log(ODAcO2) t-3	-0.004	0.002	0.007 **	
	(-0.72)	(0.26)	(2.89)	
log(ODAcO2) t-4	-0.005	0.006	0.005 *	
	(-0.76)	(1.24)	(1.82)	
log(ODAoth) t-1	0.006	-0.002	-0.002	
	(1.32)	(-0.84)	(-0.66)	
log(ODAoth) t-2	0.007	0.002	0.002	
	(1.25)	(0.92)	(0.53)	
log(ODAoth) t-3	0.011	0.001	-0.004	
	(1.60)	(0.44)	(-0.76)	
log(ODAoth) t-4	0.003	-0.002	-0.001	
	(0.53)	(-1.10)	(-0.25)	
定数項	-21.303 ***	-14.652 *	-2.583	
	(-2.74)	(-1.75)	(-0.50)	
R <sup>2</sup>	0.6313	0.7416	0.8961	
観測値数	605	407	532	
観測国数	35	26	29	

(注)係数推定量は、小数点以下第四位を四捨五入したものであり、ロバスト修正後の値である。

係数推定量下の括弧内はt値を、係数推定量右の\*\*\*, \*\*, \*は、それぞれ1%、5%、10%水準で有意であることを示す。

## 第5章 終わりに

本論文では、エネルギー分野に対する ODA と二酸化炭素排出量の関係について分析を行った。結果としては、世界各国を対象としたパネルデータ分析では、FDI、エネルギー分野全体に関する ODA、再生不能エネルギーに関する ODA 及びその他のエネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量に影響力を持たなかった。一人当たり二酸化炭素排出量に対して最も強く影響していたのは一人当たりエネルギー消費量であり、係数は正であった。そして、三年前の再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減らす可能性がわずかではあるが、あると言えるかもしれないことが示された。また、地域別の分析では、アフリカでは再生可能エネルギーに関する ODA が二酸化炭素排出量を減らす可能性があるかもしれないこと、アジアでは再生不能エネルギーに関する ODA が二酸化炭素排出量を増やす可能性があることが示唆された。FDI に関しては、一つのモデルで二酸化炭素排出量を増やす効果があるという結果が出たが、その他のモデルでは影響力を持たなかった。

先行研究では、エネルギー分野全体に関する ODA で一括りにした上で分析した結果、ODA は二酸化炭素排出量に対して影響を及ぼさないとされていた。それは、再生可能エネルギーに関する ODA は拠出額が ODA 全体と比較しても非常に少ないため、影響力は極めて小さいという前提に基づいていた。しかし、本論文で ODA を再生可能エネルギーに関するもの、再生不能エネルギーに関するもの、そしてその他エネルギーに関するものに分けて分析した結果、再生可能エネルギーに関する ODA は二酸化炭素排出量を減少させ、再生不能エネルギーに関する ODA は増加させる可能性があることが極めて弱い結果ではあるものの、見出された。これにより、再生可能エネルギーに関する ODA が発展途上国に拠出されることは、温室効果ガス排出の抑制及び地球温暖化問題の解決に対して意味を持つ可能性がある結論づけられる。

本論文で扱った論点について、今後の改善点としては、再生不能エネルギーの中でも天然ガス火力発電に関する ODA と石炭火力発電に関する ODA を分別しての分析が考えられる。早稲田 (2011) によれば、1 kWh の発電で発生する二酸化炭素の量は天然ガス火力の 608 グラムに比べて、石炭火力の方が 975 グラムで約 1.5 倍ある。また、1973 年から 2011 年までの ODA の累積額を比較すると、石炭火力は天然ガスの約 1.8 倍となっている。このような点から、この二つを分けることで、より二酸化炭素排出量に対

する影響が分析結果に顕著に表れる可能性がある。また、本論文では固定効果モデルを用いたパネルデータ分析を使ったが、ダイナミックパネル分析を使うことによって、より正確な結果が得られる可能性がある。

## 付録

表 2. 1 分析対象国リスト

Least Developed Countries
アフガニスタン、アンゴラ、バングラデシュ、ベナン、ブータン、ブルキナファソ、ブルンジ、カンボジア、中央アフリカ、チャド、コモロ、コンゴ民主共和国、ジブチ、赤道ギニア、エリトリア、エチオピア、ガンビア、ギニア、ギニアビザウ、キリバス、ラオス、レソト、マダガスカル、マラウイ、マリ、モーリタニア、モザンビーク、ミャンマー、ネパール、ニジェール、ルワンダ、サントメ・プリンシペ、セネガル、シエラレオネ、ソロモン諸島、ソマリア、南スーダン、スーダン、タンザニア、東ティモール、トーゴ
Other Low Income Countries
北朝鮮、ケニア、タジキスタン、ジンバブエ
Lower Middle Income Countries
アルメニア、ボリビア、カーボベルデ、カメルーン、コンゴ共和国、コートジボワール、エジプト、エルサルバドル、グルジア、ガーナ、グアテマラ、ギアナ、ホンジュラス、インド、インドネシア、コソボ、キルギス、モンゴル、モロッコ、ニカラグア、ナイジェリア、パキスタン、パプアニューギニア、パラグアイ、フィリピン、サモア、スリランカ、スワジランド、シリア、ウクライナ、ウズベキスタン、ベトナム、パレスチナ
Upper Middle Income Countries and Territories
アルバニア、アルジェリア、アンティグア・バーブーダ、アルゼンチン、アゼルバイジャン、ベラルーシ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、ボツワナ、ブラジル、チリ、中国、コロンビア、コスタリカ、キューバ、ドミニカ、ドミニカ共和国、エクアドル、フィジー、ガボン、グレナダ、イラン、イラク、ジャマイカ、ヨルダン、カザフスタン、レバノン、リビア、マレーシア、モルディブ、マーシャル諸島、モーリシャス、メキシコ、モンテネグロ、ナミビア、パラオ、パナマ、ペルー、セルビア、セーシェル、南アフリカ、セントルシア、セントビンセント・グレナディーン、スリナム、タイ、トンガ、チュニジア、トルコ、トルクメニスタン、ウルグアイ、ベネズエラ、

出所：DAC（2015）を基に作成



表 2. 2 基本統計量

変数	記号	観測値数	平均	標準偏差	最小値	最大値
年	t	5382	1992	11.25567	1973	2011
国	i	5382	69.5	39.83982	1	138
一人当たり二酸化炭素排出量	CO2/POP	4804	1.67579	2.284952	0.00058	15.9369
一人当たり GDP	GDP/POP	4416	2089.278	2211.148	113.877	15095.6
	Log(GDP/POP)	4416	7.131745	1.049089	22.42131	9.622161
	Log(GDP/POP) <sup>2</sup>	4416	51.95794	15.00137	2.273648	92.58598
一人当たりエネルギー消費量	ENG/POP	3176	861.4707	723.2496	9.71477	4868.62
	Log(ENG/POP)	3176	6.481961	0.7418211	8.927712	8.490567
工業比率	IND	4038	27.56355	11.84682	3.48226	78.5181
都市人口比率	URBAN	5309	40.65808	20.10043	3.236	94.612
人口	POP	5348	3.10E+07	1.27E+08	7538	1.30E+09
	Log(POP)	3176	15.26468	2.16107	8.927712	21.01901
貿易開放度	TRADE	4329	75.53287	44.04958	0.308803	531.737
<b>FDI</b>	FDI	4749	956.6083	5236.241	-4748.88	123985
	Log(FDI)	4169	3.463056	4.054698	-11.51293	11.72792
エネルギー分野全体に関する ODA	ODAeng	3618	73.03407	232.6174	0	3867.49
	Log(ODAeng)	3618	1.631303	1.986115	0	8.26062
再生可能エネルギーに関する ODA	ODArnw	3618	18.45993	81.34041	0	1860.666
	Log(ODArnw)	3618	0.9369996	1.55325	0	7.529227
再生不能エネルギーに関する ODA	ODAcO2	3618	16.77918	108.0454	0	3487.5
	Log(ODAcO2)	3618	0.5744139	1.379765	0	8.157228
その他エネルギーに関する ODA	ODAoth	3618	37.79496	128.9365	0	2713.016
	Log(ODAoth)	3618	1.567925	1.842773	0	7.906185

表 2. 3 相関係数表

	log(CO2/POP)	log(GDP/POP)	log(GDP/POP)	log(ENG/POP)	IND	URBAN
log(CO2/POP)	1					
log(GDP/POP)	0.7962	1				
log(GDP/POP) <sup>2</sup>	0.7841	0.9974	1			
log(ENG/POP)	0.7995	0.6612	0.6681	1		
IND	-0.0321	-0.2535	-0.2513	0.0339	1	
URBAN	0.6671	0.7738	0.7726	0.5906	-0.118	1
log(POP)	0.4587	0.3911	0.3763	0.4269	0.141	0.3326
TRADE	0.2442	0.2263	0.2152	0.1837	-0.5065	0.0539
log(FDI)	0.5293	0.4578	0.4542	0.5086	0.4215	0.4614
log(ODAeng)	-0.0122	-0.1525	-0.1553	-0.0414	0.5106	-0.1395
log(ODArnw)	0.0534	-0.0543	-0.056	0.0369	0.4099	-0.0735
log(ODAcO2)	0.0316	-0.1399	-0.1421	-0.0427	0.3769	-0.1392
log(ODAoth)	-0.0591	-0.1823	-0.186	-0.0815	0.4659	-0.1611

	log(POP)	TRADE	log(FDI)	log(ODAeng)	log(ODArnw)
log(POP)	1				
TRADE	0.242	1			
log(FDI)	0.3854	0.0759	1		
log(ODAeng)	0.0145	-0.2402	0.2519	1	
log(ODArnw)	0.0322	-0.1744	0.2708	0.6704	1
log(ODAcO2)	0.0232	-0.1248	0.1574	0.559	0.3481
log(ODAoth)	-0.0012	-0.2189	0.2284	0.846	0.3928

	log(ODAcO2)	log(ODAoth)
log(ODAcO2)	1	
log(ODAoth)	0.3708	1

表 3. 2 回帰分析結果

lnpcco2	(1. 1)	(1. 2)	(1. 3)	(1. 4)	(1. 5)
log(GDP/POP)	3.312 *** (17.83)	3.285 *** (17.14)	3.631 *** (18.14)	3.524 *** (18.21)	4.075 *** (19.46)
log(GDP/POP) <sup>2</sup>	-0.193 *** (-15.29)	-0.189 *** (-14.27)	-0.215 *** (15.42)	-0.203 *** (-14.97)	-0.241 *** (-16.21)
log(ENG)	0.902 *** (20.84)	0.864 *** (16.40)	0.856 *** (15.02)	0.843 *** (14.35)	0.793 *** (11.38)
log(POP)	0.085 *** (8.95)	0.770 *** (5.50)	0.059 *** (4.15)	0.060 *** (4.05)	0.041 *** (2.67)
URBAN	0.002 ** (2.20)	0.002 *** (2.72)	0.004 *** (4.58)	0.002 *** (2.48)	0.004 *** (4.62)
IND	0.004 *** (2.72)	0.002 (1.28)	-0.002 (-1.15)	0.000 (0.29)	-0.006 *** (-3.67)
TRADE	0.003 *** (5.69)	0.003 *** (5.26)	0.003 *** (5.19)	0.002 *** (4.60)	0.003 *** (4.68)
log(FDI)		-0.008 (-0.83)	-0.002 (-0.15)	-0.010 (-0.97)	-0.013 (-1.18)
log(ODAeng)		0.028 *** (4.36)			
log(ODArnw)			-0.015 ** (2.05)		
log(ODAcO2)			0.070 *** (9.05)		
log(ODAOth)			0.007 (1.00)		
log(ODAeng) t-1				0.021 *** (3.14)	
log(ODAeng) t-2				0.113 * (1.68)	
log(ODAeng) t-3				0.013 *** (1.95)	
log(ODAeng) t-4				0.009 (1.31)	
log(ODArnw) t-1					0.009 (1.17)
log(ODArnw) t-2					0.001 (0.08)
log(ODArnw) t-3					-0.006 (-0.79)
log(ODArnw) t-4					0.001 (0.14)
log(ODAcO2) t-1					0.050 *** (6.09)
log(ODAcO2) t-2					0.432 *** (5.07)
log(ODAcO2) t-3					0.043 *** (4.87)
log(ODAcO2) t-4					0.046 *** (5.20)
log(ODAOth) t-1					-0.002 (-0.28)
log(ODAOth) t-2					-0.004 (-0.51)
log(ODAOth) t-3					-0.001 (-0.10)
log(ODAOth) t-4					-0.007 (-0.94)
定数項	-21.084 *** (-29.14)	-20.781 *** (-26.30)	-21.521 *** (23.47)	-21.405 *** (-25.96)	-22.5443 *** (-24.00)
R <sup>2</sup>	0.8228	0.8178	0.8253	0.8250	0.8429
number of obs	2,562	2,247	2,004	2,063	1,638

(注)係数推定量は、小数点以下第四位を四捨五入したものである。また、係数推定量下の括弧内は t 値を示す。係数推定量右の\*\*\*, \*\*, \*は、それぞれ 1%、5%、10%水準で有意であることを示し、係数はロバスト修正後の値である。

表 4. 1 地域分類表

<p>アフリカ</p> <p>アルジェリア、リビア、モロッコ、チュニジア、エジプト、南アフリカ、アンゴラ、ボツワナ、ブルンジ、カメルーン、カーボベルデ、中央アフリカ、チャド、コモロス、コンゴ共和国、コンゴ民主共和国、ベナン、エチオピア、ガボン、ガンビア、ガーナ、ギニア、ギニアビザウ、赤道ギニア、コートジボワール、ケニア、レソト、マダガスカル、マラウイ、マリ、モーリタニア、モーリシャス、モザンビーク、ニジェール、ナイジェリア、ジンバブエ、ルワンダ、サントメ・プリンシペ、セネガル、セーシェル、エリトリア、シエラレオネ、ソマリア、ジブチ、ナミビア、スーダン、南スーダン、スワジランド、タンザニア、トーゴ、ウガンダ、ブルキナファソ、ザンビア</p>
<p>アメリカ</p> <p>コスタリカ、キューバ、ドミニカ共和国、エルサルバドル、グアテマラ、ホンジュラス、ジャマイカ、メキシコ、ニカラグア、パナマ、アンティグア・バーブーダ、ドミニカ、グレナダ、セントクリストファー・ネイビス、セントルシア、セントビンセント・グレナディーン、アルゼンチン、ボリビア、ブラジル、チリ、コロンビア、エクアドル、ギアナ、パラグアイ、ペルー、スリナム、ウルグアイ、ベネズエラ</p>
<p>アジア</p> <p>イラン、イラク、ヨルダン、パレスチナ、レバノン、シリア、イエメン、アルメニア、アゼルバイジャン、グルジア、カザフスタン、キルギス、タジキスタン、トルクメニスタン、ウズベキスタン、アフガニスタン、ブータン、ミャンマー、スリランカ、インド、モルディブ、ネパール、パキスタン、バングラデシュ、カンボジア、中国、インドネシア、北朝鮮、ラオス、マレーシア、モンゴル、フィリピン、タイ、東ティモール、ベトナム</p>

出所：OECD（2015）をもとに作成

## 参考文献

- Abdul Jalil, Syed F. Mahmud (2009) “Environment Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: A cointegration analysis for China”, *Energy Policy*, 37(2009) pp. 5167-5172
- Amy K. Richmond, Robert K. Kaufmann (2006) “Is there a turning point in the relationship between income and energy use and/or carbon emissions?”, *Ecological Economics*, 56 (2006) pp. 176-189
- Bettina Kretschmer, Michel Hübler and Peter Nunnenkamp (2013) “Does Foreign aid reduce energy and carbon intensities of developing economies?” *Journal of International Development*, 25(2013) pp. 67-91
- DAC (2015) “DAC List of ODA Recipients” <<http://www.oecd.org/dac/stats/documentupload/DAC%20List%20of%20ODA%20Recipients%202014%20final.pdf>>, 2015年11月23日アクセス
- DAC (2008) “IS IT ODA?” <<http://www.oecd.org/dac/stats/34086975.pdf>>, (2015年11月20日アクセス)
- Douglas Holtz-Eakin, Thomas M. Selden (1995) “Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth”, *Journal of Public Economics*, 57 (1995), pp. 85-101
- Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai (2011) “Multivariate Granger causality between CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries,” *Energy* 36(2011) pp. 685-693
- Hiroki Iwata, Keisuke Okada, Sovannroeun Samreth (2010), “Empirical study on the environmental Kuznets curve for CO<sub>2</sub> in France: The role of nuclear energy”, *Energy Policy*, Volume 38, Issue 8, August 2010, pp. 4057-4063
- IEA (発行年不明) “About us,” <<http://www.iea.org/aboutus/>>, (2015年12月10日アクセス)
- IEA (2015a) Data tables for the Bridge Scenario, “*World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change*,” IEA publications, pp. 154-168
- IEA (2015b) “*World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change - Executive Summary - Japanese version*,” IEA Publications
- IPCC Working Group I Contribution to AR5 (2013a), *Climate Change 2013 The Physical Science Basis Summary for Policymakers*, <<http://www.climatechange2013.org/>> (2015年12月23日アクセス): 気象庁訳 (2015a) 『第5次評価報告書 第1作業部会報告書 概要』, <<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>> (2015年12月23日アクセス) pp. 19-21, p. 31
- IPCC Working Group I Contribution to AR5 (2013b), *Climate Change 2013 The Physical Science Basis Summary for Policymakers*, <<http://www.climatechange2013.org/>> (2015年12月23日アクセス): 気象庁訳 (2015b) 『第5次評価報告書 第1次作業部会報告書 よくある質問と回答』 <[http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc\\_ar5\\_wg1\\_faq\\_jpn.pdf](http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_faq_jpn.pdf)> (2015年12月23日) pp. 9-10, pp. 45-46
- James B. Ang (2007), “CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and output in France”, *Energy Policy*, 35 (2007) pp. 4772-4778
- Jung Wan Lee (2013) “The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth,” *Energy Policy* 55 (2013) pp. 483-489
- Lin-Sea Lau, Chee-Keong Choong, Yoke-Kee Eng (2014), “Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign

- direct investment and trade matter?” *Energy Policy*, 68(2014) pp. 490-497
- OECD (2015) “Creditor Reporting System(CRS),” <  
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CRS1>>(2015年9月3日アクセス)
- OECD (2013) “OECD Factbook 2013: Economic, Environmental and Social Statistics”, <  
<http://www.oecd-ilibrary.org/sites/factbook-2013-en/04/02/01/index.html?itemId=/content/chapter/factbook-2013-34-en>>, (2015年12月17日アクセス)
- OECD (発行年不明), ” Technical Guide to terms and data in the Creditor Reporting System(CRS) Aid Activities database,”  
 <<http://www.oecd.org/dac/stats/crsguide.htm>> (2015年12月17日アクセス)
- The World Bank(2015), “World Development Indicators,”  
 <<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>>,  
 (2015年9月5日アクセス)
- Ugur Soytaş, Ramazan Sari, Bradley T. Ewing(2007) ” Energy consumption, income, and carbon emissions in the United States,” *Ecological Economics*, 62(2007) pp. 482-489
- UNCTAD (2015) , ” UNCTAD STAT,”  
 <[http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS\\_ChosenLang=en](http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en)>, (2015年9月15日アクセス)
- 内山勝久(2007)「二酸化炭素排出と環境クズネツ曲線 —ダイナミック・パネルデータ推定による検証—」『経済経営研究』Vol. 27 No. 3 日本政策投資銀行設備投資研究所
- 小浜裕久 (2013)『ODAの経済学 第三版』日本評論社, pp.10-12
- Bettina Kretschmer, Michael Hübler and Peter Nunnenkamp, “Does foreign aid reduce energy and carbon intensities of developing economies?” *Journal of international development*, 25(2013), pp.67-91.
- 外務省 (2015)「開発協力、ODAって何だろう」  
 <<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/oda/oda.html>>, (2015年11月20日アクセス)
- 外務省 (2014)「OECD開発援助委員会(DAC)の概要」  
 <[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/doukou/dac/dac\\_gaiyo.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/doukou/dac/dac_gaiyo.html)>, (2015年11月20日アクセス)
- 外務省 (2012)「後発開発途上国(LDC: Least Developed Country)」  
 <[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/ohrlls/lde\\_teigi.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/ohrlls/lde_teigi.html)>, (2015年11月23日アクセス)
- 茅陽一・山地憲治・秋元圭吾(2014)『温暖化とエネルギー』, エネルギーフォーラム新書024, pp.12-91
- 環境省(発行年不明)「気候変動枠組条約締約国会議(COP)京都議定書締約国会合(COP/MOP)」  
 <<http://www.env.go.jp/earth/cop/>> 2015年12月23日アクセス
- 気象庁(発行年不明)「IPCC(気候変動に関する政府間パネル)」  
 <<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/index.html>>, (2015年12月23日アクセス)
- 鬼頭昭雄(2015)『異常気象と地球温暖化——未来に何が待っているか』岩波新書 pp.62-64 pp. 171-184
- 栗山浩一・馬奈木俊介(2008)『環境経済学をつかむ』有斐閣, pp. 240-244
- 経済産業省(発行年不明)「OECDとは？」<  
[http://www.meti.go.jp/policy/trade\\_policy/oecd/html/index.html](http://www.meti.go.jp/policy/trade_policy/oecd/html/index.html)>(2015年12月10日アクセス)
- Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens III(1972) The Limits to Growth A Report for THE CLUB OF ROME’S Project on the Predicament of Mankind, University Books: 大来佐武郎 監訳(1972)『成長の限界——ローマ・

- クラブ「人類の危機」レポート——』ダイヤモンド社 第 61 刷 (2005)
- 内藤登世一 (2006) 「研究ノート 「環境クズネツ曲線仮説」に関する論文サーベイ」, *Journal of the Faculty of Economics*, KGU, vol.15, march 2006 pp.117-132
- 松浦寿幸 (2013) 『Stata によるデータ分析入門—経済分析の基礎からパネル・データ分析まで—』第 4 刷 東京図書株式会社 p. 144
- 安川第五郎 (1972) 「ローマ・クラブについて」『成長の限界——ローマ・クラブ「人類の危機」レポート——』ダイヤモンド社 pp. 197-199
- 早稲田聡 (2011) 『——風力・太陽光・バイオマス・地熱発電……——徹底比較! 「新エネルギー」がよくわかる本』PHP 文庫 p. 56