

環境クズネツ曲線の再検討

Peng Songqi

Abstract

Based on the review of Environmental Kuznets Curve research literature, this paper summarizes the opinions and criticisms of Environmental Kuznets Curve on the basis of their good and bad points. One of the good, reasons for the formation of Environmental Kuznets curve are examined. And the main bad points which were criticized are the errors and shortcomings. The conclusion is that there is a very complex relationship between the environment and the economy. To find out this relationship, it is necessary to clarify the relationship between the environment and the economy and the other related factors. What we need to focus on is not the shape of the curve, but how the environment changes under the influence of the economy and many other factors. Finally, the subjects in the future of Environmental Kuznets Curve is presented.

キーワード……環境クズネツ曲線 汚染移転 経済成長 環境質

はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄で特徴づけられる 20 世紀型の社会経済システムは、自然やアメニティを破壊し、大気、水、土壌を汚染した。さらに、公害健康被害、廃棄物問題、地球温暖化問題等々さまざまな環境問題を生み出してきた。20 世紀の教訓を得て、21 世紀に入る現代社会では、国は政策を立てる際に環境という要素を重要視するようになった。21 世紀の環境問題は、ローカルからグローバルまで重層的な構造をとり、また世代を超えた影響が現れるなど多様化と複雑化の度合いを深め、新しい課題を提起している。その課題とは、経済を発展させるとともに、如何に環境汚染を制御するかということである。環境と経済の関係を明らかにすることはこの課題を解決するための鍵といえよう。

環境と経済の間にはどのような関係があるのか。これは環境経済学の研究者たちが直面する問題である。Grossman、Krueger (1991) は NAFTA(North American Free Trade Area)の課題を研究する際に、実証研究により初めて環境と所得の関係性は、「低所得の場合、所得が向上するとともに SO₂ 及び排気ガスの排出量が増加し、高所得の場合、所得が向上するとともに SO₂ 及び排気ガスの排出量が減少する」という結論を得た¹⁾。いわゆる逆 U カーブの関係である。

また、Shafik (1992) は世界銀行のデータに基づき、三つの方程式（線形対数、平方対数と立方対数）を用いて各環境指標（水質、SO₂、CO₂ など）と経済の関係を研究し、再び環境指標と

個人所得が逆 U カーブの関係であることを証明した²⁾。さらに、政策が環境に与える影響を分析し、その結果、以下の結論を得た。

- 1、所得は各環境指標に影響する主な原因であるということ。
- 2、国の所得が中級レベルに接近すれば、多くの環境指標は改善する傾向があるということ。
- 3、技術の進歩は環境を改善することにプラスの影響をあたえるものの、それは環境が改善する主な原因ではないということ。
- 4、経済政策（例えば、貿易、債務等々マクロ経済的政策）は環境問題に関与するものの、その影響が著しくないということ。
- 5、一部の環境問題はオートマチックに解消することが不可能であり、それを解決するには環境政策と環境投資が必要であるということ³⁾。

その後、Panayotou (1993) はクズネツ理論に基づき、環境と所得の逆 U カーブ関係を環境クズネツ曲線 (EKC、Environmental Kuznets Curve) と定義した⁴⁾。

先行研究では、環境クズネツ曲線について肯定と否定という対立的な意見が存在している。その中で、肯定者は主に環境と経済の関係が逆 U カーブ型になる原因を研究し、否定者は多くの実証研究を通じて環境クズネツ曲線を否定している。

1. 環境クズネツ曲線の原因解釈

1-1～1-6 では肯定派の先行研究を説明する（表 1 参照）。

表 1 環境クズネツ曲線の原因解釈

上昇する部分	下降する部分
規模効果 > 構成効果	規模効果 < 構成効果
環境コストがある程度以下	環境コストがある程度以上
物質的消費に対して環境快適さの限界代替率 < 1	物質的消費に対して環境快適さの限界代替率 > 1
環境政策の効果や執行率がある程度以下	環境政策の効果や執行率がある程度以上
生産活動は主に国内で行われる	国際分業により生産活動は主に国外に移る

出典：Grossman ,Krueger(1991)、Panayoutou(1993)、Thampapillai(1997)、Manuelli(1995)、O-Sung(2005)、Torras ,Boyce(1998)、Deacon(1994)、Markus(2002)、Leonard(1988)、Lopez(1994)、Copeland ,Taylor(2004)の研究に基づき筆者作成。

1-1 規模効果と構成効果

Grossman、Krueger (1991) と Panayotou (1993) は経済の構成や規模という角度から環境クズネツ曲線を考察した。その研究により、環境クズネツ曲線に関わる「経済規模効果」と「経済構成効果」について、以下の結論が得られている⁵⁾。

個人所得（経済の発展程度）が向上する過程で、経済規模は大きくなりつつ、消耗する自然資源が増えてくる。さらに、生産が多くなることは外部不経済—汚染物質の増加を意味する。その結果、経済規模の影響で環境が悪化する。しかし、経済の発展により、経済の構成がそれに応じて変化する。エネルギーを大量に消費し、汚染物質を大量に排出する重工業産業の割合が減少した一方、サービス業と技術産業の割合が増加した。

したがって、一般的にいうと、「経済規模効果」は環境にマイナスの影響をあたえる。それに対して、「経済構成効果」は環境にプラスの影響をあたえる。

1-2 市場制度

経済の発展と同時に、市場制度も整備される。例えば、環境税に対する徴収政策や汚染排出枠取引政策等々さまざまな政策によって、「自然資源」と「汚染排出枠」が企業間において取引の対象になっている。このことから、外部にあるコストが内部化しているということがわかる。したがって、企業は生産する際に環境コストを考慮しなければいけなくなる。

また、Thampapillai (1997) の研究により、生産と消費の規模が大きくなると、生産の原材料である自然資源と汚染排出枠の競合がいつそう激しくなる。企業は自然資源と汚染排出のコストが増加することになるため、資源消費の少ない生産方法を採用するようになる⁶⁾。

1-3 消費者の効用の変化

人間の需要は所得に基づき変化する。例えば、個人的な所得水準を、その消費行為を衣食に対する基本的に満足させられるレベルか、または、健康、快適さを求めるレベルかに分けることができる。

Neha (2002) は経済の成長に伴って、個人所得がある程度豊かになると企業や政府において予算を環境対策に回す資金的余裕も生まれ、人々の価値観においてもより良い環境への嗜好が高まり、こうして経済成長と環境保全とのトレードオフ関係が転換点を迎えるということを指摘している⁷⁾。

また、Manuelli (1995) は「環境の効用がある程度上げられると、経済と環境の矛盾関係は変わる」と指摘している⁸⁾。

さらに、O-Sung (2005) は個人の効用において、物質的消費に対して環境快適さの限界代替率が1を上回ると、環境クズネツ曲線は転換点を迎えるということを指摘している⁹⁾。

1-4 政策のエフェクト

一般的に言うと、経済はある程度以上発展すると、環境への投資が増加し、環境政策の数が増え、その基準値も厳格化される。このような措置により環境が改善されることは明らかである。Torras と Boyce (1998) は多くの国の政策を考察した結果、後進国の政府が政策を立てる際に、環境についての考慮をほとんどしないということが分かった。これに対して、先進国の政府が政策を立てる際は、環境に対して多くの配慮がされていることも分かった¹⁰⁾。

さらに、環境クズネツ曲線が転換点を超えてから、下降をはじめの原因は（汚染問題が緩和になる部分）経済発展をしたからではなく、政策が正しく実施されたからであるという意見もある (Deacon、1994)¹¹⁾。

1-5 技術の進歩

技術は生産の過程での資源の利用率や汚染排出の過程における汚染物質の処理率の二つの径路で環境問題に影響する。

前者は技術の進歩により、生産の効率が向上するということである。技術の進歩が達成される前と同じ程度の生産量を達成するために消費する資源が少なくなるということがいえる。それにより環境に与える悪影響が減少する。

後者は、清潔な生産技術が採用され、先進的な汚染処理技術が利用されるということである。汚染物質の排出が抑えられ、汚染処理がいつそう効果的になる。リサイクル技術で資源を繰り返して利用することによって、資源の利用効率が向上され、汚染排出量が低下することが例として挙げられる (Markus、2002)¹²⁾。

1-6 汚染逃避仮説と汚染移転

汚染逃避仮説には様々なバリエーションがあるが、レオナルドの見解が最も代表的なものである (Leonard、1988)。

レオナルドはまず、先進国における環境規制の厳格化は先進国における汚染集約型産業の海外流出を促進させるという産業空洞化仮説を主張している。その上で、開発途上国において汚染集約型産業を国内に流入させるために環境規制を低く設定する可能性があるという汚染逃避仮説をたてた。そしてこれら二つの仮説が実際に引き起こされると、途上国の環境破壊を招くおそれがあると主張する¹³⁾。

また、Lopez (1994) は輸入の拡大が産出の減少を引き起こし、輸出の拡大が産出の増加を引き起こすことを示している。その結果、輸入国において資源消費や汚染排出が下がり、これに対して、輸出国において資源消費と汚染排出が増えるということも示している¹⁴⁾。

そして、Copeland と Taylor (2004) は直接投資の方面から考察し、汚染問題は海外投資とともに先進国から後進国に移転するため、先進国の環境悪化が止まり、改善する傾向があること

を示した。これに対して、後進国は環境政策が一般的に遅れる上、汚染基準が低いと指摘し、それにより後進国において環境問題はさらに深刻になるということも示した¹⁵⁾。

すなわち、汚染移転により、先進国の汚染問題が次第に緩和され、環境クズネツ曲線の転換点を迎え、後進国の環境汚染問題が深刻になり、環境クズネツ曲線の上昇する部分にとどまるということがいえる。

2. 環境クズネツ曲線についての意見と批判

環境クズネツ曲線について、多くの実証研究は経済と環境の関係は逆Uカーブ型だけではなく、またN型、直線型、U型等々さまざまなパターンがあることを示している。これを踏まえて、多くの研究者は環境クズネツ曲線について懐疑的また対立的な意見を持ち、環境クズネツ曲線を批判する。

2-1 環境クズネツ曲線の影響要素

経済と環境は相互作用の関係にあるといえる。例えば、経済活動を行うとき、資源の消耗や汚染物質の排出は環境に悪影響を与える。逆に、資源の豊かさ、環境の質は経済活動を制約している。しかし、環境クズネツ曲線のモデルでは環境が経済に与える影響が見落とされた。De Bruyn (1998) はこれについて批判し、モデルの精緻さの度合いを疑った¹⁶⁾。さらに、環境が悪化するとき、汚染水準は環境負荷 (Eco-threshold) の限界を超えれば、生態システムが崩れて、自己回復ができなくなる。その場合、環境システムの崩壊とともに、経済の成長も止まり、政府は経済政策、特に長期的な政策を立てる際に、環境経済の関係だけではなく、環境負荷も考慮に入れなければいけなくなる (Stokey, 1998) ¹⁷⁾。

そして、経済は環境に影響する唯一の要素ではない。「環境—経済」は「人間社会—生態システム」の一部分である。それゆえ、経済だけではなく、技術、文化、教育、工業化程度など多様な要素が同時に環境に影響を与える。さらに、上述した各要素は互いに影響する。しかし、今までのクズネツ曲線についての研究は経済と環境の関係だけ研究し、ほかの要素との関連性を考察するものは少なかった。

その原因の一つとして、環境経済と数多くある要素との関連性を検証することは非常に労力がかかるといことが挙げられる。しかし、ほかの影響要素との関連性を検証せずに環境の変化が経済発展の結果という結論には説得力がない。したがって、各影響要素と環境や経済の関連性を考察した後に、関連性の高い要素を研究対象にするのが望まれる。たとえば、韓玉軍(2007) は数多くの国の所得と工業化程度を考察し、「低工業化、低所得」、「低工業化、高所得」、「高工業化、低所得」と「高工業化、高所得」の四つのグループに分けて、各グループの「環境—経済曲線」が異なる形であるという結論を得た¹⁸⁾。

もう一つの原因は環境クズネツ曲線理論における一つの仮定—「同質性仮定」である。こ

の仮定は、経済と環境以外の要素には変化がないと見なしている。そのため、研究では経済と環境の変化だけ考察する。しかし、ほかの要素により無視できない偏差がもたらされるおそれがあるので、このように得た理論は事実から逸脱する (Daniel, 2003)¹⁹⁾。

2-2 指標選択

今までの先行研究によって、異なる環境指標あるいは経済指標を選択すれば、その結果も異なるということを示された。さらに、矛盾する結果すら導かれる可能性があることも示された。以下はこれについての批判を考察する。

(1) 環境指標

まず、一つだけの項目で環境全体の質を表すことは不可能である。多くの研究は具体的指標、例えば CO₂ 排出量などの数値で環境の汚染水準を示す。しかし、環境は大気、水系、土壌などの多くの方面がある。ただ一つの方面で環境全体を評価するだけでは不十分である。さらに、CO₂ 排出量だけで大気の質を表すことも不可能である。したがって、単一の項目を用いて環境全体の汚染水準を考察することは不可能であるといえる (钟茂初, 2005)²⁰⁾。

これについて、Cole (1997) は「ある汚染物質の減少が他の汚染物質の増加を引き起こす」ということを示している。Cole の研究により、ある汚染物質が減少すると同時に、ほかの汚染物質が増加するということが提唱された。例えば先進国において、硫黄の排出が減少するとともに、二酸化炭素の排出量が増加する。つまり、排出した汚染物質の量が減ったということではなく、排出した汚染物質の構成が変わっているといえる。環境汚染問題は依然として深刻なままである²¹⁾。

また、Matthew (2004) は、「汚染は輸入と輸出の際に先進国から後進国へ移転する」と考えている²²⁾。彼の研究によると、国際貿易や海外投資により、先進国の生産の構成が変わったが、汚染集約型商品 (pollution-intensive goods) の消費量は減少せず輸入によって満たされる。そのため、世界中の汚染問題は改善されるとはいえず、ただ先進国から後進国に移転するだけとなる。また上述した「汚染逃避」の仮説により、グローバル的に汚染問題が悪化する恐れがある。

なお、広義に言えば、環境の質は環境汚染だけではなく、資源の消耗程度、生態システムの破壊程度も考察の対象に含まれている。例えば、土地の砂漠化、生物多様性の破壊など様々な方面も含まれる。しかし、これについての研究はまだ少ない (于峰, 2006)²³⁾。

多くの研究は SO₂ など累積性が弱い汚染物質を研究の対象にする。しかし、このような汚染物質が環境に与える影響は一時的であるので、解消することも速い。これに対して、累積性が強い汚染物質は環境に多大な影響を与えるため、それを処理することが難しい。しかも、このような汚染物質は経済の長期的な発展に関与する主要要素である (Tisdell, 2001)²⁴⁾。したがって、環境クズネツ曲線の環境指標を選択するには累積性が高い汚染物質を考察することが望

ましい。

既定の項目のそれぞれの指標は環境の各方面の問題にかかわる。既定の項目を CO₂ 排出量と設定すれば、指標として一人当たり CO₂ 排出量、CO₂ 総排出量、CO₂ 排出密度と CO₂ 排出濃度が挙げられる。異なる指標を選択すれば、その結果も異なるということは当然である。たとえば、Jackyu Lim (1997) は韓国のデータを用いて経済と SO₂ の関係を研究した。その結果、SO₂ の濃度と経済成長は逆Uカーブ型になるが、1人当たり SO₂ 排出量と経済成長は単調増加型である²⁵⁾。鍾茂初、張学剛 (2010) は先行研究を整理する際に各研究の結果が矛盾しているということを示している (表 2)。

表 2 SO₂ と工業排気についての EKC 研究における矛盾する結論

研究者 Research	研究対象 Region	汚染指標 Contamination index	工業排気 Industrial Gases waste	SO ₂ 転換点 Turning Point	時間 Time
赵细康	中国	一人当たり	Uカーブ	35291	1981-2003
包群	中国	総量	単調増加	単調増加	1996-2000
凌亢	南京	総量	単調増加	単調増加	1988-1998
王宜虎	南京	総量	Uカーブ	6382	1991-2003

出典：鍾茂初、張学剛. 環境庫茲涅茨曲線理論及研究的批評綜述 「中国人口、資源与環境」2010, 20 (2): 65.

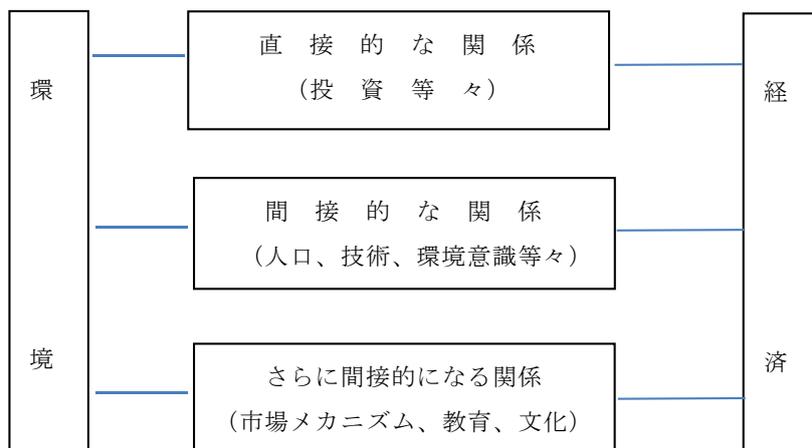
(2) 経済指標

環境クズネツの研究では、一般的に一人当たりの所得と一人当たりの GDP という二つの指標が経済指標として使われている。しかし、どの場面で、どちらの指標を使うべきであるかということは明記されていない。余群芝 (2008) はこれについて批判して、GDP と所得は経済成長の異なる二つの側面を表していることを指摘している。そして、異なる経済指標を使えば異なる結論が得られる²⁶⁾。

3. 「環境—経済」から「環境—社会—経済」へのアプローチ

上述した先行研究を踏まえ、今までの環境クズネツ曲線に関する研究は主に環境と経済の直接的な関係を巡り検討を行っていた。しかし、前述したように、環境と経済の間には工業化程度、教育程度、文化などの複雑な要素によってつながる間接的な関係もある (図 1)。したがって、経済以外の影響要素の関連性の度合いを検討せずに環境の変化が経済の影響に引き起こされるという結論を出すことは精緻な研究とはいえない。

図1 「環境—社会—経済」の図説明



出典：筆者作成

環境に影響を与える要素のなかで、環境意識、人口、工業化程度などの要素が環境経済との関連性が高いと考えられている。The Closing Circle : Nature, Man and Technology(Barry,1997)では人口、技術、環境意識と環境の関係を巡り研究を行った²⁷⁾。そして人口と汚染物質の排出量は以下の式のような関係を持っていることを指摘した。

汚染物質排出量成長率＝

$$\text{人口成長率} \times \text{一人当たりの産出成長率} \times \text{生産による汚染物質排出率の成長率}$$

この式は、人口、工業化程度（同時に一人当たり産出と汚染物質排出率にかかわる）、環境意識（汚染物質排出率にかかわる）などの要素が環境と経済に影響を与えることを示している。さらに細分化すれば、人口密度、技術、市場メカニズム、教育、文化など様々な要素に分類することができる。したがって、「環境—社会—経済」の立場から環境クズネツ曲線に関する研究を行うとき、分類する方法が非常に重要になる。以上の分析によると、環境クズネツ曲線の研究では対象となる各要素が以下の二つの条件を満たしていることが求められる。

まずは各要素が環境と経済に緊密に繋がるといこと。

または各要素がそれぞれ独立され、相互作用がないということ。

したがって、「環境—社会—経済」の立場から環境クズネツ曲線を研究する際に、最初に環境と経済両方に緊密に関わる要素を分析し、分類する。次に、各影響要素が環境や経済にどのような影響を与えるかを考察する。最後に、諸関係を組み合わせて環境クズネツ曲線モデル

を作る。

4. 結論と今後の展望

本論文は環境クズネツ曲線についての先行研究を整理し、肯定者たちの研究による環境クズネツ曲線理論の根拠を六つの角度から説明してきた。また、それを否定する研究者たちの意見を環境クズネツ曲線の影響要素と指標の選択の二つの角度から述べ、以下のような結論を得た。

まず、経済と環境の間には非常に複雑な関係がある。環境クズネツ曲線を研究する際に、経済と環境だけではなく、技術、人口、教育などたくさんの要素を考察しなければならない。それゆえに、「環境—社会」の立場から環境と経済だけではなく、ほかの要素も厳密に考察することが望まれる。つまり、モデルを立てるためには、環境、経済とその他の各影響要素の関連性の度合いを検討しなければならない。しかし、それらの関係を明らかにすることは理論的に可能であるが、そこまでには長い道のりがある。

また、環境クズネツ曲線の研究は結果の正確さを確保するために、指標の選択が非常に重要である。研究を行うためには、指標を選択する理由を明らかにしなければならない。

そして、国際貿易が日々広がる現在には、汚染移転の問題をいかに解決するかということが重要な課題である。

最後に、環境クズネツ曲線についての研究の目的は、環境クズネツ曲線がある形を取る原因に基づき、それが示している汚染問題を解決するための政策を立てることであるので、環境クズネツ曲線がどのような形をとるかということではなく、その形をとる原因が最も重要である。そのために、環境がさまざまな要素の影響によって如何に変わるかということを考えていくことはこれからの課題である。

<注>

- 1) Grossman G Krueger (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", *National Bureau Economic Research Working Paper No.3914*.
- 2) Shafik (1992), "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-country Evidence Background", *Paper for World Development Report*.
- 3) Several conclusions are drawn; (1) income has the most consistently significant effect on all indicators of environmental quality; (2) many indicators tend to improve as countries approach middle-income levels; (3) technology seems to work in favor of improved environmental quality; (4) the econometric evidence suggests that trade, debt, and other macroeconomic policy variables seem to have little effect on the environment, although some policies can be linked to specific environmental problems; (5) the evidence shows that it is possible to "grow out of" some environmental problems, but there is nothing automatic about doing so - policies and investments to reduce degradation are necessary.

- 4) Panayotou T (1993), "Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", *International Labour Office, Technology and Employment Programme, Working paper*.
- 5) Ibid.
- 6) Thampapillai, et al (1997), "The Environmental Kuznets Curve Effect and the Scarcity of Natural Resource", *Leave from Macquarie, University NSW*.
- 7) Neha (2002), "The Income Elasticity of Non-Point Source Air Pollutants: Revisiting the Environmental Kuznets", *Economics Letters*, Vol.77, pp.387-439.
- 8) Manuelli R E (1995), "A Positive Model of Growth and Pollution Controls", *National Bureau Economic Research Working Paper*, pp.520-525.
- 9) O-Sung (2005), "Economic Growth and the Environment: the EKC Curve and Sustainable Development, an Endogenous Growth Model", *A dissertation for PHD of University of Washington*.
- 10) Torras M, Boyce J (1998), "Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, Vol.25, pp.147-160.
- 11) Deacon R (1994), "Deforestation and the Rule of law in Across-section of Country", *land Economics* Vol.4, pp.414-430.
- 12) Markus P (2002), "Technical Progress, Structural Change, and the Environmental Kuznets Curve", *Ecological Economics*, Vol.42, pp.381-389.
- 13) Leonard J. H (1988), *Pollution and the Struggle for the world Product: Multinational Corporations, Environment, and International Comparative Advantage*, New York: Cambridge University Press.
- 14) Lopez R (1994), "The Environment as a Factor of Production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalization", *Journal of Environmental Economics*, Vol.27, pp.163-184.
- 15) Copeland B R, Taylor M S (2004), "Trade, Growth and the Environment", *Journal of Economic Literature*, Vol.42, pp.7-71.
- 16) De Bruyn S, Heintz R (1998), "The Environmental Kuznets Curve Hypothesis", *Handbook of Environmental Economics*, Black Publishing Co. Oxford.
- 17) Stokey (1998), "Are There Limits to Growth?", *International Economic Review*, Vol.39, No.1, pp.1-31.
- 18) 韩玉军等, (2007)「经济增长与环境质量的关系」,『中国人民大学经济学院工作论文系列』, pp.1-21。
- 19) Daniel L, et al (2003), "The Environmental Kuznets Curve: Real Progress or Misspecified Models?", *The Review of Economics and Statistics*, Vol.85, No.4, pp.1038-1047.
- 20) 钟茂初 (2005),「环境库兹涅茨曲线的虚幻性及对可持续发展的现实影响」,『中国人口, 资源与环境』, Vol.15, No.3, pp.1-5。
- 21) Cole M A, et al (1997), "The environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, Vol.2, No.4, pp.401-416.
- 22) Matthew A. Cole (2004), "Trade, the pollution haven hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examine the Linkages", *Ecological Economics*, Vol.48, No.1, pp.71-81.
- 23) 于峰 (2006),「环境库兹涅茨曲线研究回顾与评析」,『经济问题探索』, Vol.8, pp.4-10。
- 24) Tisdell C (2001), "Globalization and Sustainability: Environmental Kuznets Curve and the WTO", *Ecological Economics*, Vol.39, pp.185-196.
- 25) Jackyu Lim (1997), "Economic Growth and Environment: Some Empirical Evidences from South Korea", *Sydney: University of New South Wales*.
- 26) 余群芝 (2008),「环境库兹涅茨曲线的理论批评综述」,『中南财经政法大学学报』, Vol.1, pp.20-25。

27) Barry Commoner, Translated by Hou Wenhui (1997), *The Closing Circle: Nature, Man and Technology*, Jilin Peoples Publishing House.

主指導教員（藤堂史明准教授）、副指導教員（左近幸村准教授・道上真有准教授）