

# ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国における 経済成長と大気汚染

——環境クズネッツ曲線仮説を軸に——

辻 本 政 雄

(受付 2016年10月24日, 修正 2016年12月12日)

- 1 趣旨
- 2 先行研究
- 3 検証
- 4 結語と示唆

## 要 旨

本稿では、ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国10カ国における経済成長（一人あたり GDP）と大気汚染（一人あたり CO<sub>2</sub> 排出量、又は、一人あたり NO<sub>x</sub> 排出量）の関係に注目する。特に、回帰分析を用い、当該諸国における環境クズネッツ曲線仮説の妥当性を検証した上で、以下を述べる。第一に、10カ国2種類の物質（CO<sub>2</sub> は30年、NO<sub>x</sub> は20年）の時系列データを用いて分析した結果、仮説成立は CO<sub>2</sub> のイラン、エジプト、及び、リビアの3ケースのみであった。第二に、仮説成立時の「転換点」所得は国によって異なり、たとえば、上記イランの場合、2万4,484ドルとなる。第三に、仮説成立の要因として、規制改革による環境負荷の軽減と省エネルギー型社会の構築等が挙げられる。第四に、仮説の限定性は同時に、当該仮説上の「転換点」実現への支援を通じた日本の国際的プレゼンス強化の機会を示すものである。

キーワード：ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国、経済成長と大気汚染、環境クズネッツ曲線仮説、逆 U 字型曲線、転換点

## 1. 趣 旨

本稿では、ペルシャ（アラビア）湾岸及び地中海アラブ産油国10カ国（後述）における経済成長と大気汚染の関係に注目し、各国別・時系列データを用い、当該諸国における環境クズネッツ曲線仮説（Environmental Kuznets Curve Hypothesis, 以下、EKC 仮説）の妥当性を検証する<sup>1)</sup>。その上で、検証結果の背景要因を分析し、結果に基づく示唆を述べる。本稿の趣旨は以下のとおりである。

第一に、本稿が対象とするペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国10カ国の CO<sub>2</sub> 排出量は世界全体の5.6%に留まる一方、国単位の排出量順位では、イランが7位、サウジアラビアが

1) 「ペルシャ湾」の呼称について、アラブ諸国では、「アラビア湾」を用いる一方、国際法上は「ペルシャ湾」で定着しているため、本稿では、「ペルシャ湾」を使用する。

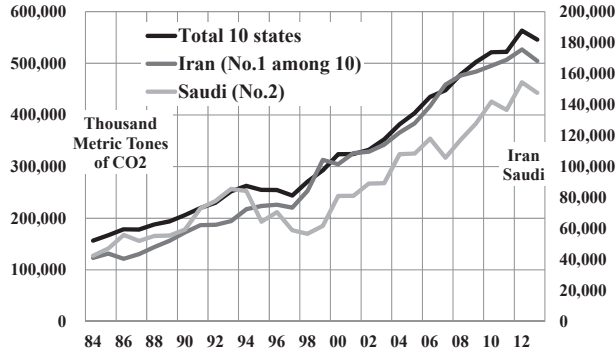


Fig. 1 Long-Term Trend of CO2 Emission in '84-'13  
Total 10 States (Left), Iran & Saudi (Right)

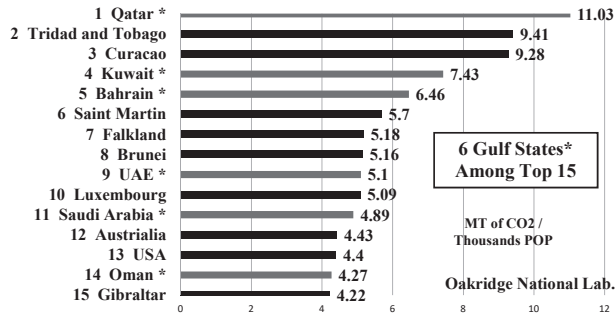


Fig. 2 CO2 emission per capita (2013)

9位に位置する<sup>2)</sup>。

また、2013年を基準とする過去30年間のCO<sub>2</sub>排出量は10か国計3.49倍であり、当該10か国中、排出量1位のイランで4.10倍、2位のサウジで3.48倍と増加傾向にある (Fig. 1)。

併せて、一人当たりCO<sub>2</sub>排出量の世界順位では、1位カタール、4位クウェート、5位バーレーン、9位UAE (アラブ首長国連邦)、11位サウジアラビア、14位オマーンとなっており、上位15か国中、6か国をペルシャ湾岸諸国が占めている (Fig. 2)。そのため、地球温暖化問題において、本稿が対象とする国々の影響は無視し得ない。

第二に、地球温暖化問題に関する学術研究と政策・企業戦略は2016年のパリ協定 (Paris Agreement) 発効を経て、一層、深化・発展する可能性がある。実際、ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国は2016年にパリ協定を署名し、特に、アルジェリア、サウジ及びUAEが

2) 第3章で紹介する米国オークリッジ国立研究所 (Oakridge National Laboratory) 二酸化炭素情報分析センター (Carbon Dioxide Information Analysis Center) データに基づく筆者算定 (Last access: 2016. 10.27)。

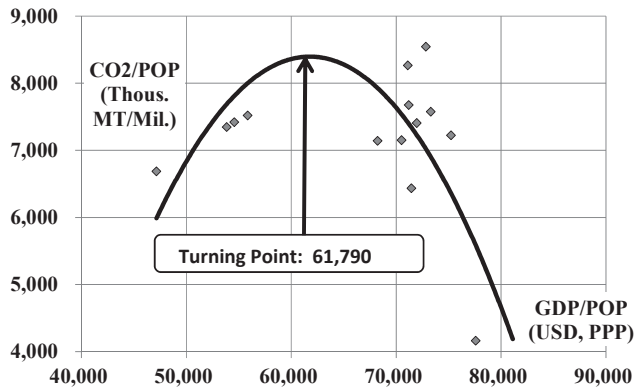


Fig. 3 GDP/POP-CO2/POP (UAE, '84-'98)

批准を行う等、政策上の進展が見られる。それゆえ、当該諸国の排出量、ひいては環境問題は、学術上はもちろん、「4. 結語と示唆」で見ると、日本の政策・企業戦略策定上の示唆を有している。

第三に、日本における湾岸・地中海産油国の経済分析では、原油価格とマクロ経済動向の関係に重点が置かれ、たとえば、環境問題における外部性（市場機能の不全）の解決という視点や計量分析の手法の適用が不十分な状態に留まってきた。そのため、学術上、これら先行研究の問題点を克服する必要がある。

以上をもとに、本稿が対象とする EKC 仮説とは、ノーベル経済学者クズネッツ（Simon Kuznets）の経済成長と所得格差に関する見解を環境分野に適用し、経済成長と環境負荷の関係に注目したものである。

すなわち、EKC 仮説では、第一に、環境負荷は経済成長が一定段階（一人当たり GDP で示される所得水準等）に達するまで増加するものの、その到達後、軽減に転じるとされる。また、X 軸に経済成長、Y 軸に環境負荷を置く場合、仮説の成立時、両者の関係は Fig. 3 のように、転換点（turning point）を頂点に逆 U 字型曲線（inverted-U shaped curve）を描くことになる（下図は1984～1998年における UAE の一人当たり GDP と一人当たり CO<sub>2</sub> 排出量の関係を示している。3.4で詳述）。

第二に、EKC 仮説の検証は、1990年代の世界銀行（World Bank）報告（1992）、Grossman & Krueger（1991 及び1995）等を機に活発化し、以後、経済成長と CO<sub>2</sub>（二酸化炭素）、NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）、SO<sub>2</sub>（二酸化硫黄）等の大気汚染、さらには、BOD（生物化学的酸素要求量）、COD（化学的酸素要求量）等の水質汚濁、森林面積等の関係で実施されてきた。

しかし、ペルシャ湾岸・地中海アラブ産油国が資源、金融、インフラ建設等でグローバル経済の一翼を担うにも関わらず、先行研究の中心は先進国・アジアに置かれ、当該産油国を

含む研究は、欧米はもちろん、当該国においてすら限定的であった<sup>3)</sup>。

しかも、これら産油国を含む先行研究には、2点の欠点がある。すなわち、(1) 特定年を軸とした世界規模・大陸規模のクロスカントリー・データに基づく分析が中心で、各国別の時系列データに基づく分析が不十分である。(2) 2008年～2009年頃の世界的な景気低迷と、その回復過程を対象期間に含んでいない。そのため、当該産油国に関する EKC 仮説の検証は不十分で再考の余地があると考えられる。

このように、分析レベルが不十分な背景には資料制約がある。まず、一部を除き、本稿が対象とするペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国は非民主制下にある。また、経済発展に伴う高等教育・研究体制の構築が1970年頃の建国時、又は、原油・ガス輸出に伴う外貨収入の獲得以降に始動した経緯がある。そのため、OECD 諸国に比べ、環境分野はもちろん、経済関連の統計を収集・分析する能力と情報開示に関する制度・慣習が未発達な状態にある。ゆえに、これらの障害が分析の停滞を生んできたと考えられる。

上記の傾向と課題に対し、本稿では、ペルシャ湾岸及び地中海アラブ経済の分析における先行研究に欠く視点として、EKC 仮説に基づき、経済成長（一人当たり GDP）と大気汚染（一人当たり CO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 排出量）の関係を回帰分析で検証する。加えて、データ収集・分析の困難さを克服する手段として、現地調査を踏まえて考察する。

## 2. 先 行 研 究

前述の趣旨に則り、本稿における考察の軸となる先行研究を以下で整理・分析する。その第一に、EKC 仮説では、以下3点の解明が主たる課題となり、論争が展開されてきた。

(1) EKC 仮説の妥当性（万能性、又は、汚染物質・時代・経済成長の程度毎に成否が異なる限定性等）、

(2) 所得水準（実質 GDP で数千～数万米ドル）、

(3) EKC 仮説の成立要因。

それゆえ、本稿でも、上記3点を軸に考察する。

第二に、EKC 仮説をめぐるのは、根本的な問題である(1)の妥当性（後述）に加え、上記(2)の所得水準についても論争が展開されてきた。実際、EKC 仮説を支持する論文でも、分析方法、対象物質により、転換点の所得水準は異なっている。例えば、SO<sub>2</sub> で Grossman & Krueger (1995) は、4,053ドルと分析する一方、Selden & Song (1994) は、SO<sub>2</sub> で8,916

3) 国内外の学会誌・情報データベース、例えば、J-STAGE、KAKEN、『環境経済・政策研究』、中東研究センター各種報告書、AEA (American Economic Associations) Journals, Cambridge Journals, *Environmental and Resource Economics*, Scencedirect, Source OECD, SpringerLink 等で筆者が調査した限り、本稿テーマと一致した研究はなく、この点に本稿の独自性が認められる。

ドル、NOx では、1万1,217ドル等と算定している。また、内山（2007）は、全世界規模のCO<sub>2</sub>の排出量に関する転換点を2万5,000ドルとしている。

第三に、上記（3）の仮説成立の要因として、規制改革（環境・エネルギー分野の法整備、制度構築、規制強化）による環境質への影響が挙げられる。実際、Markandya et.al.（2006）はEU規制・指令を、De Bruyn（1997）は、長距離越境大気汚染条約（LRTAP: Convention on Long Range Transboundary Air Pollution）を、Sephton & Mann（2014）は、国内法制として、英国大気浄化法（Clean Air Act）を挙げ、法制度の履行が経済構造の転換（生産・流通・消費における化石燃料の脱依存）を促す点を述べている。

このほか、Andreoni & Levinson（2001）は、生産・排出技術の向上に注目し、大坂（2002）は、先進国から途上国への生産技術移転の重要性を挙げている。

そのため、仮説成立には、多様な要因が考えられるものの、まずは、規制改革が挙げられる。すなわち、環境・エネルギー分野の規制改革を軸に、下記のように、政府、企業・産業界、市民、及び、国際社会（国連等）の各経済主体が相互作用的・循環的に影響を与え合い、環境意識の向上、制度構築、環境親和的な経済活動等の長期的な結果として、環境負荷の軽減と省エネルギー型社会の構築等が進み、EKC仮説の成立に至るものと考えられる。

**Box. 1 政府・企業・家計等の諸活動**

政府：法整備・制度構築、政策実施	規制及び誘因（税制、市場創設、助成）、並びに、教育
企業・産業界：環境対策・事業化	規制遵守、省エネルギー化、誘因活用、技術開発・導入（より効率的排出抑制技術）、環境ビジネス
家計・市民：啓発・環境親和的活動	NPO活動
国際社会・国際機関：要請・勧告・協力	信頼感・危機感に基づく資金、技術、知見の提供・共有

とはいえ、Panayotou（1997）が、従前の研究に対し、仮説成立における背景要因の不明瞭さを「ブラック・ボックス」と批判したように、背景要因の分析は容易ではない。

また、根本的な問題として、上記（1）で示したEKC仮説への懐疑的・批判的な見解も見られ、たとえば、CO<sub>2</sub>は本来、健康への即時的な影響に欠く点で、NOxやSO<sub>2</sub>等の汚染に比し、仮説成立が困難な側面がある。

さらに、Perman & Stern（1999）は、サンプル74か国中、1/3でU字型（非・逆U字型）曲線が成立する点を挙げ、EKC仮説を批判している。その上、Galeotti et. al.（2009）は、サンプルの46%でN字型曲線、すなわち、環境負荷が転換点での軽減後、再増加する傾向に言及し、EKC仮説を脆弱（fragile）と指摘する等、EKC仮説に関する論争は継続している。

加えて、Arouri et. al.（2012）は、非産油国を含むアラブ12か国を対象に、1981～2005年における経済成長とSO<sub>2</sub>の関係をEKC仮説で分析し、エジプト及びチュニジアでの仮説成立を報告している。しかし、同論文では、データ欠損が散見される上、リーマン危機の前後

の期間を含まず、仮説成立の要因分析には至っていない。ゆえに、ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国に関する EKC 仮説の検証には研究の余地があると考えられる。

### 3. 検 証

#### 3.1 検証方法

本章では、先述の趣旨及び先行研究を基に、以下の検証方法でペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国における経済成長と大気汚染の関係に注目し、各国別・時系列データに基づき、回帰分析で検証する。

・対象国（10カ国）：ペルシャ湾、又は、地中海に面する原油産出国であり、かつ、日本の主要な原油輸入先+ $\alpha$ 。

ペルシャ湾岸諸国（7カ国）：サウジアラビア（2013年における日本の輸入順位1位）、UAE（2位）、カタール（3位）、クウェート（4位）、イラン（6位）、オマーン（8位）、及び、バーレーン（圏外）<sup>4)</sup>、

地中海アラブ（3カ国）：アルジェリア、エジプト、及び、リビア。

・対象物質：全部門（石油・ガス・セメント他）のCO<sub>2</sub>排出量、又は、NO<sub>x</sub>排出量。

・対象期間：CO<sub>2</sub>は1984年～2013年の30年間<sup>5)</sup>。NO<sub>x</sub>は1990年～2010年の20年間のうち5年（1990、2000、2005、2008及び2010年。資料制約による）。ただし、CO<sub>2</sub>は参考例として、上期（1984～1998年）及び下期（1999～2013年）で二分した考察も行う<sup>6)</sup>。

・データの出典は以下。

CO<sub>2</sub>：米国オークリッジ国立研究所（Oakridge National Laboratory）二酸化炭素情報分析センター（Carbon Dioxide Information Analysis Center）、

NO<sub>x</sub>：世銀 *World Development Indicators*。

人口及び一人当たり GDP：IMF（International Monetary Fund：国際通貨基金）、*World Economic Outlook Database, October 2015*。米ドル、購買力平価（PPP）。

・モデル：第2章で紹介した先行研究で採用のモデルをもとに、以下とする。すなわち、目

4) 資源エネルギー庁（2015）『エネルギー白書』121頁による。ただし、イラクは9位にあるものの、2003年の開戦の影響で経済統計に問題があり、除外する。

5) オークリッジ国立研究所で入手可能な直近のCO<sub>2</sub>データは2013年まで、他方、IMFで遡及可能な人口・GDPデータは1980年代までとなっている。また、UAE、カタール等の建国（1971年）当初の統計は正確性に問題がある。そのため、2013年を軸に、30年間の範囲を分析対象とした。

6) 後述3.4「不成立ケースの再考察」を含めると、CO<sub>2</sub>は通期、上期及び下期の3期間で、10カ国×3期間=30ケースとなる。これに、NO<sub>x</sub>の10カ国×10ケースを加えると、計40ケースとなる。ただし、簡略化のため、本文では、10カ国×2物質=主要20ケースと表現した。

的変数に一人当り CO<sub>2</sub> 排出量, 又は, NO<sub>x</sub> 排出量  $\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\right)$ , 説明変数に一人当り GDP  $\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ , 及び, その平方値を置く。p 値の有意水準は10%に設定する (p<0.1)。

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\right) = \alpha + \beta_1\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) + \beta_2\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2 + e - (1) \quad (\alpha: \text{切片}, e: \text{標準誤差})$$

ただし, 逆 U 字型曲線を描く条件として,  $\beta_1 > 0$ , 及び,  $\beta_2 < 0$  が成立する必要がある。

また, 転換点となる所得水準は,  $\left(\frac{-\beta_1}{2\beta_2}\right)$  で算定可能である。

併せて, 第 (2) 式で単調増加・コーナー解, 第 (3) 式で一人当り GDP の立法値を置いて N 字型曲線の関係の有無を検証する。p 値の有意水準は10%に設定する。

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\right) = \alpha + \beta_1\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) + e - (2)$$

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\right) = \alpha + \beta_1\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) + \beta_2\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2 + \beta_3\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3 + e - (3)$$

たしかに, 両排出量に限定する理由として, 資料制約が挙げられる。しかし, 両者は環境質向上という点で, 重要な指標である。また, 特に, CO<sub>2</sub> 排出量の維持・抑制については, 2015年のパリ協定採択と翌年の発効を経て, 理論・実証研究のフロンティアが拡大する可能性があり, ゆえに, 両排出量とも, 考察に値すると考えられる。

### 3.2 検証結果

以下に検証結果を示す。LGDP は一人あたり GDP を, SGDP はその平方値, QGDP は立法値を置いたものである。また, 計算結果が0.000以下となる数値については, 厳密性を期するため, 指数表記している。

第一に, EKC 仮説 (SGDP) の成立は10カ国主要20ケース中, CO<sub>2</sub> のイラン, エジプト, 及び, リビアの計3ケースであった (Table 2, 9, 10 参照)。

また, 単調増加 (LGDP) の関係は CO<sub>2</sub> の3ケース (クウェート, オマーン, 及び, サウジ, Table 3, 4, 6), コーナー解 (LGDP) は NO<sub>x</sub> のサウジで成立している (Table 6)。他方, N 字型曲線 (QGDP) はなかった。

加えて, アルジェリアの CO<sub>2</sub> 及び NO<sub>x</sub> では, 第2章の Perman & Stern (1999) で言及したように, 正負の符号が逆, すなわち,  $\beta_1 < 0$ , 及び,  $\beta_2 > 0$  となり, 転換点 (CO<sub>2</sub>: 9,594, NO<sub>x</sub>: 9,171ドル) を経て, 再上昇する U 字型曲線が成立していることが判明した (Table 8, SGDP)。

以上より, ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国の CO<sub>2</sub> 及び NO<sub>x</sub> 排出量に注目した場

合、EKC 仮説の妥当性は限定的と言える。

第二に、転換点の所得水準を計算したところ、イランでは、2万4,448ドル（未到達の理論値、2013年の所得水準は1万6,662ドル）、エジプトでは、1万6,600（理論値、同1万762ドル）、リビアでは、26,578ドルであった。

**Results of the regression**

**Table 1: Bahrain**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	7196.981 (7.078E-12)	5469.790 (0.095)	-23204.172 (0.149)	Constant (p)	205.276 (0.014)	-398.763 (0.140)	-5597.937 (0.552)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.014 (0.471)	0.095 (0.631)	2.754 (0.066)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.002 (0.128)	0.036 (0.076)	0.504 (0.552)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-1.631E-06 (0.581)	-8.123E-05 (0.068)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-5.818E-07 (0.068)	1.426E-05 (0.562)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			7.724E-10 (0.073)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			1.311E-10 (0.575)
Adj.-R <sup>2</sup>	-0.016	-0.042	0.046	Adj.-R <sup>2</sup>	0.456	0.892	0.867
St. Error	740.061	749.316	716.85	St. Error	13.532	6.021	6.690
F	0.471	0.663	0.245	F	0.128	0.054	0.231

**Table 2: Iran, Republic of Islam**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	227.741 (5.615E-04)	-319.182 (0.096)	261.913 (0.649)	Constant (p)	381.243 (0.004)	102.261 (0.138)	343.967 (0.026)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.122 (6.566E-20)	0.231 (6.145E-07)	0.053 (0.755)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.002 (0.646)	0.005 (0.023)	-0.019 (0.133)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-4.721E-06 (0.005)	1.291E-05 (0.447)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		2.156E-06 (0.021)	3.919E-06 (0.056)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-4.944E-10 (0.291)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-1.699E-11 (0.036)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.950	0.961	0.961	Adj.-R <sup>2</sup>	-0.227	0.924	0.999
St. Error	114.504	100.316	100.015	St. Error	30.295	7.534	0.607
F	6.566E-20	3.344E-19	4.103E-19	F	0.646	0.038	0.014



**Table 3: Kuwait**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	3072.296 (2.210E-05)	-168.775 (0.928)	4011.021 (0.609)	Constant (p)	102.276 (0.141)	-123.385 (0.318)	-233.685 (0.845)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.061 (1.252E-05)	0.218 (0.017)	-0.082 (0.882)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.002 (0.197)	0.014 (0.099)	0.022 (0.806)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-1.675E-06 (0.075)	4.898E-06 (0.683)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-1.318E-07 (0.120)	-3.116E-07 (0.871)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			4.530E-11 (0.583)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			1.234E-12 (0.924)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.482	0.523	0.511	Adj.-R <sup>2</sup>	0.301	0.763	0.532
St. Error	980.928	941.011	953.274	St. Error	33.787	19.680	27.638
F	1.252E-05	1.723E-05	7.142E-05	F	0.197	0.119	0.427

**Table 4: Oman**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	-970.397 (7.021E-04)	1513.057 (0.014)	5694.825 (0.013)	Constant (p)	17.532 (0.893)	509.892 (0.368)	-3779.905 (0.282)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.125 (5.915E-15)	-0.061 (0.151)	-0.549 (0.033)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.007 (0.145)	-0.026 (0.460)	0.407 (0.265)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		3.116E-06 (9.663E-05)	2.060E-05 (0.025)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		4.979E-07 (0.369)	-1.333E-05 (0.258)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-1.953E-10 (0.053)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			1.417E-10 (0.250)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.886	0.933	0.940	Adj.-R <sup>2</sup>	0.414	0.471	0.845
St. Error	425.637	325.466	308.257	St. Error	62.659	59.511	32.183
F	5.915E-15	4.942E-17	1.208E-16	F	0.145	0.264	0.249

**Table 5: Qatar**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	12097.964 (5.424E-07)	-1671.841 (0.755)	-22307.514 (0.303)	Constant (p)	433.047 (0.071)	129.696 (0.786)	-2658.462 (0.460)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.020 (0.332)	0.354 (0.008)	1.092 (0.156)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.001 (0.419)	0.006 (0.593)	0.115 (0.425)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-1.768E-06 (0.011)	-9.860E-06 (0.234)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-4.342E-08 (0.512)	-1.313E-06 (0.431)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			2.755E-11 (0.325)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			4.572E-12 (0.441)
Adj.-R <sup>2</sup>	-8.320E-04	0.187	0.187	Adj.-R <sup>2</sup>	-0.033	-0.180	0.037
St. Error	3590.287	3235.830	3235.552	St. Error	102.927	110.006	99.345
F	0.332	0.023	0.039	F	0.419	0.590	0.599

**Table 6: Saudi Arabia**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	2893.679 (5.034E-09)	4164.621 (0.027)	11908.958 (0.113)	Constant (p)	476.133 (0.002)	764.468 (0.153)	3687.782 (0.288)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.042 (4.064E-04)	-0.034 (0.749)	-0.731 (0.265)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.054 (0.028)	-0.002 (0.379)	-0.291 (0.326)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		1.069E-06 (0.473)	2.118E-05 (0.259)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		2.506E-07 (0.481)	8.246E-06 (0.339)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-1.864E-10 (0.282)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-7.757E-11 (0.347)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.342	0.331	0.336	Adj.-R <sup>2</sup>	0.788	0.767	0.874
St. Error	502.742	507.024	505.091	St. Error	23.300	24.400	17.914
F	4.064E-04	0.002	0.003	F	0.028	0.117	0.224

**Table 7: UAE**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	5382.994 (0.005)	8778.998 (0.378)	33587.235 (0.560)	Constant (p)	53.327 (0.777)	-1503.146 (0.429)	-4773.741 (0.829)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.027 (0.276)	-0.071 (0.802)	-1.165 (0.643)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.004 (0.223)	0.047 (0.384)	-0.216 (0.815)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		6.695E-07 (0.727)	1.644E-05 (0.648)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-2.941E-07 (0.413)	3.318E-06 (0.794)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-7.396E-11 (0.662)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-1.627E-11 (0.777)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.008	-0.024	-0.055	Adj.-R <sup>2</sup>	0.251	0.263	-0.300
St. Error	1638.041	1664.272	1689.618	St. Error	73.421	72.822	96.736
F	0.276	0.525	0.691	F	0.224	0.368	0.684

**Table 8: Algeria**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	862.820 (8.267E-18)	1810.818 (2.376E-10)	2401.097 (0.011)	Constant (p)	127.993 (0.007)	348.644 (0.016)	20.443 (0.784)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.001 (0.769)	-0.211 (2.120E-05)	-0.405 (0.169)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.003 (0.206)	-0.004 (0.043)	0.061 (0.187)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		1.097E-05 (1.839E-05)	3.151E-05 (0.304)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		2.446E-06 (0.038)	-8.733E-06 (0.140)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-6.994E-10 (0.499)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			3.824E-10 (0.110)
Adj.-R <sup>2</sup>	-0.032	0.464	0.453	Adj.-R <sup>2</sup>	0.283	0.912	0.995
St. Error	66.009	47.570	48.043	St. Error	9.280	3.121	0.755
F	0.769	8.452E-04	2.926E-04	F	0.206	0.041	0.043

**Table 9: Egypt**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	227.38 (3.127E-14)	119.741 (0.020)	550.131 (5.634E-04)	Constant (p)	188.402 (0.006)	59.261 (0.377)	379.979 (0.305)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.049 (1.594E-18)	0.084 (8.417E-04)	-0.135 (0.063)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.014 (0.026)	0.054 (0.074)	-0.101 (0.478)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-2.541E-06 (0.028)	3.177E-05 (0.006)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		2.770E-06 (0.123)	2.028E-05 (0.383)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			1.658E-09 (0.003)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-1.079E-09 (0.345)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.937	0.945	0.959	Adj.-R <sup>2</sup>	0.798	0.930	0.963
St. Error	31.633	29.399	25.325	St. Error	17.369	10.234	7.474
F	1.594E-18	3.548E-18	8.221E-19	F	0.026	0.035	0.123

**Table 10: Libya**

CO <sub>2</sub>	LGDP	SGDP	QGDP	NOx	LGDP	SGDP	QGDP
Constant (p)	1983.984 (3.198E-15)	1002.021 (0.073)	-4996.562 (0.006)	Constant (p)	311.979 (0.004)	696.107 (0.127)	3776.405 (0.581)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	0.023 (0.001)	0.119 (0.029)	1.067 (3.752E-04)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)$ (p)	-0.003 (0.177)	-0.037 (0.267)	-0.444 (0.616)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		-2.231E-06 (0.071)	-5.031E-05 (7.102E-04)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2$ (p)		7.385E-07 (0.294)	1.826E-05 (0.630)
$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			7.798E-10 (0.001)	$\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^3$ (p)			-2.463E-10 (0.641)
Adj.-R <sup>2</sup>	0.292	0.351	0.557	Adj.-R <sup>2</sup>	0.344	0.507	0.295
St. Error	153.009	146.521	121.083	St. Error	18.494	16.039	19.178
F	0.001	0.001	2.062E-05	F	0.177	0.247	0.519

### 3.3 成立要因の考察

たしかに、Fig. 4, すなわち、1984～2013年における一人当たり GDP と一人当たり CO<sub>2</sub> 排出量の関係で示したイランのケースのように、未到達の所得水準（理論値）を基に検証す

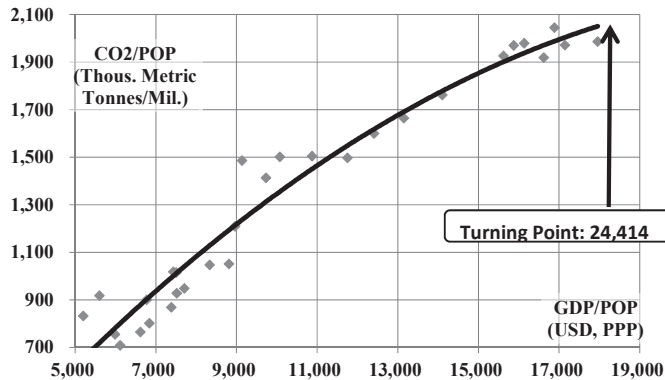


Fig. 4 GDP/POP-CO<sub>2</sub>/POP (Iran, '84-'13)

る場合、なお一層の慎重な考察が必要となる。

しかし、まずは、仮説成立という点を重視し、データの揃った CO<sub>2</sub> に注目して考察する。

その第一に、EKC 仮説成立の背景要因として、規制改革が挙げられる。というのは、イランでは、周辺国に比べて早期の建国を背景に、相対的に、早い時期から環境・エネルギー分野の規制改革が進み、それが、環境負荷の軽減・省エネルギー型社会の構築等を通して、EKC 仮説成立を促した可能性があるからである。実際、イランでは、1974年の環境保護法制定を基点に、1995年の大気汚染防止法等、累次、大気汚染関連の法整備を進めてきた。

また、前述のオークリッジ研究所のデータに基づき、全部門の CO<sub>2</sub> 排出量に対する石油・ガス部門の CO<sub>2</sub> 排出量の比率に注目すると、7か国30年平均値93.2%に対し、イランは88.3%であった。また、同国で90%を超えた年は7か国中最低の4回のみである<sup>7)</sup>。そのため、イランでは、周辺国以上に、脱化石燃料依存が進展してきたと考えられる。

さらに、ガバナンス向上を示す例として、国際面では、環境保全の能力を示す例として、バーレーン、カタール及びUAE建国の1971年には、既に、ラムサール条約 (Ramsal Convention) 締結に向けた国際会議を開催している。

他方、イラン固有の要因として、本稿では、核開発に対する国連安保理制裁決議の影響についても考察を行ったものの、統計上の有意性は見られなかった。すなわち、国連安保理の一連の制裁決議 (2006~2015年) の最初の採択年である2006年を基準に、制裁決議以後、国際送金停止措置に基づく石油・ガスの生産・輸出・消費の停滞により、CO<sub>2</sub> 排出抑制が進み、EKC 仮説の成立と転換点の発生に至った可能性を検証した。とはいえ、本検証では、有

7) ペルシヤ湾岸諸国では、バーレーン90.7%、クウェート96.6%、オマーン86.6%、カタール95.0%、サウジ95.8%、UAE90.7%。地中海産油国では、アルジェリア80.4%、エジプト88.3%、リビア22.3%。

意性に欠く結果となった<sup>8)</sup>。

### 3.4 不成立ケースの再考察

上記とは逆に、CO<sub>2</sub> 排出量における EKC 仮説不成立のケースに注目し、通期30年を上期（1984～1998年）と下期（1999～2013年）の15年で二分し、第（1）式で検証した。その結果、第一に、サウジ及び UAE で上期に仮説が成立し、第二に、転換点の所得水準はサウジ 2万4,902ドル、UAE 6万1,790ドル（Fig. 1 参照）となった<sup>9)</sup>。

さらに、転換点では、上期のサウジにおいて、前述の内山（2007）の結果（CO<sub>2</sub> 転換点：2万5,000ドル）と同程度の結果となった。その反面、UAE では、2.47倍となった。これは、UAE の所得水準が相対的に高く、転換点を上方に押し上げた可能性が挙げられる。

しかし、第三に、通期30年で両国は EKC 仮説が不成立となっており、成立を阻害した要因として、たとえば、1990年代末以降の人口増加（1998～2013年で、サウジ1.50倍、UAE

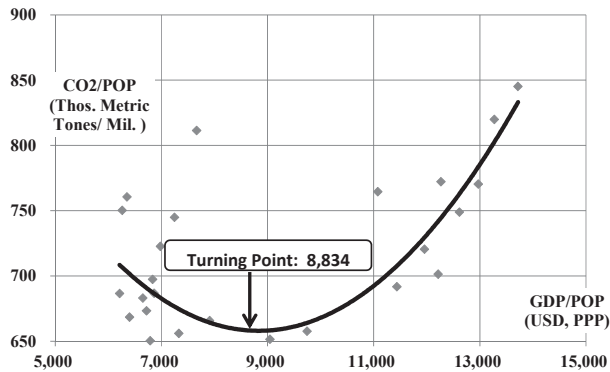


Fig. 5 CO<sub>2</sub>/POP- GDP/POP (Algeria, '84-'13)

- 8) 2006年を基準に、上記（1）式にダミー変数を加えて再検証した（1984年～2005年 = 0，2006～2013年 = 1）。結果は以下のとおり。

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\text{Iran}\right) = -335.189 + \frac{0.235}{(p=0.117)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) - \frac{5.007}{(0.030)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2 + \frac{229,949+102.157}{(0.852)} \quad (4)$$

(Adj.R<sup>2</sup> = 0.960, F = 7.115E - 19)

- 9) 簡略化のため、仮説成立例のみ記載する。

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\text{Saudi}\right) = \frac{55184.795}{(0.052)} + \frac{0.575}{(0.037)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) - \frac{(6.632\text{E}-06)}{(0.035)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2 + 393.785 \quad (5)$$

(Adj.R<sup>2</sup> = 0.230, F = 0.083)

$$\ln\left(\frac{\text{EMS}}{\text{POP}}\text{UAE}\right) = -45400.378 + \frac{1.785}{(2.939\text{E}-04)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right) - \frac{(1.444\text{E}-05)}{(2.216\text{E}-05)}\left(\frac{\text{GDP}}{\text{POP}}\right)^2 + 868.845 \quad (6)$$

(Adj.R<sup>2</sup> = 0.688, F = 3.651E - 05)

2.98倍)とインフラ整備, CO<sub>2</sub> 排出量の増加(同期間, サウジ2.39倍, UAE 2.16倍)に伴う不均等な経済発展等が可能性として挙げられる。

他方, 不成立ケースの背景要因として, たとえば, Table 8 で示したアルジェリアの場合, Fig. 5 のように, CO<sub>2</sub> 排出量の転換点(9,594ドル)を軸にU字型曲線の形状を示している。また, NOx 排出量でも, 転換点(9,171ドル)軸にU字型曲線が成立している。つまり, 両物質の排出における転換点は2002年(9,046ドル)~2003年(9,744ドル)に生じており, この背景として, 2002年の内戦終結で工業生産が回復し, 排出量が増加した可能性が考えられる。

#### 4. 結語と示唆

本稿では, ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国10カ国における一人あたりGDPと2種類の大気汚染(一人あたりCO<sub>2</sub> 排出量, 又は, NOx 排出量)を対象に, EKC 仮説の妥当性を検証した。

その結果, 第一に, EKC 仮説の成立は, CO<sub>2</sub> でイラン, エジプト, 及び, リビアの3件であり, EKC 仮説の妥当性は限定的であることが判明した。

第二に, 転換点の所得水準は以下のように, 国により, 異なる結果となった。

**Table 11: Results of EKC Hypothesis (Summary)**

	Countries	Turning Points (USD, PPP)
CO <sub>2</sub>	Iran	24,448
	Egypt	16,660
	Libya	26,578

ただし, 仮説不成立のケースでも, 1984~1998年の15年間に限定したCO<sub>2</sub> 排出量に注目すると, サウジ及びUAEでEKC 仮説が成立し, 転換点所得は, それぞれ, 2万4,902ドル及び6万1,790ドルとなった。

第三に, EKC 仮説成立における背景要因については, 先行研究を踏まえて考察すれば, 環境・エネルギー分野の規制改革が挙げられる。すなわち, 当該規制改革を軸に, 政府, 企業・産業界, 市民, 及び, 国際社会(国連等)の各経済主体が相互作用的・循環的に影響を与え合い, 環境意識の向上, 制度構築, 環境親和的な経済活動等の長期的な結果として, 環境負荷の軽減と省エネルギー型社会の構築等が進み, EKC 仮説成立に至るものと考えられる。

しかし, イランについては, 制裁解除による原油増産が環境質の悪化を招く可能性があり, 今後の動向に注視する必要がある。また, エジプトやリビア, さらに, 他のアラブ産油国

に関する EKC 仮説の成立・不成立要因の解明等、更なる検証が必要と考えられる。

他方、第四に、EKC 仮説の限定性は同時に、政策・実務上、環境・エネルギー分野における日本政府・企業の関与・貢献可能性を示すものである。というのも、「1. 趣旨」で示したように、ペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国は、一人当たり CO<sub>2</sub> 排出量で世界の上位に位置する傾向にある。そのため、先行研究で仮説の成立が確認される先進国以上に、これら産油国では、当該分野に改善・改革の余地があり、今後、環境負荷の軽減を通して転換点が生じる可能性がある。実際、当該諸国では、環境負荷の軽減策として、発電、脱硫、廃棄物処理、CO<sub>2</sub> 回収・貯留措置、さらには、コンサルティング、教育支援等の事業機会が存在しているからである。

上記の機会に対し、日本は当該産油国における環境負荷軽減・省エネルギー型社会構築等に関する諸々の事業への更なる参画を通して、将来的な EKC 仮説成立に向けた貢献が可能である。これはまた、企業収益や経常収支の改善のみならず、当該諸国ひいては国際社会の環境・エネルギー分野における日本の威信向上に資するものと考えられる。

## 謝 辞

筆者は2008～2012年、在ドバイ日本国総領事館でペルシャ湾岸及び地中海アラブ産油国の経済調査を担当し、各国政府・研究機関等の協力を得た。また、2016年3月、UAE 及びクウェートにおける調査では、特に、クウェート大学生命科学部ムハンマド・アルシャワフ准教授 (Mohammad Al Shawaf, Associate Professor, Collage of Life Sciences, Kuwait University) との意見交換 (同年3月16日、於同大学) で有益な知見を得た。略儀ながら、関係各位に感謝申し上げます。ただし、文責は筆者にある。

## 参 考 文 献

- 1) Agency for Natural Resources and Energy, 資源エネルギー庁 (2015) 『エネルギー白書』
- 2) Aldy, J., Per capita carbon Dioxide Emissions: Convergence or Divergence? *Environmental and Resource Economics*, 33: 533–555 (2006)
- 3) Andreoni, J.; Levinson, A., The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve, *Journal of Public Economics*, 80: 269–286 (2001)
- 4) Aroui, M. E. H.; Ben Youssef, A.; M'henni, H., et. al, C., Empirical Analysis of the EKC Hypothesis for SO<sub>2</sub> Emissions in Selected Middle East and North African Countries, *Journal of Energy and Development*, 37: 207–226 (2012)
- 5) Arrow, K.; Bolin, B.; Costanza, R., et. al., Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment, *Science*, 26: 520–521 (1995)
- 6) Bernard, J. T.; Gavin, J.; Khalaf, L., et. al., Environmental Kuznets Curve: Tipping Points, Uncertainty and Weak Identification, *Environmental and Resource Economics*, 60: 285–315 (2015)



- 7) Carbon Dioxide Information Analysis Center, <http://cdiac.ornl.gov> (Last access: 2016.4.24)
- 8) Bretschger, L.; Smulders, S., Sustainable Resource Use and Economic Dynamics, *Environmental and Resource Economics*, 36: 1–13 (2007)
- 9) Bruvoll A.; Medin H., Factors Behind the Environmental Kuznets Curve – A Decomposition of the Changes in the Air Pollution, *Environmental and Resource Economics*, 24: 27–48 (2003)
- 10) Cole, M. A., Air Pollution and ‘Dirty’ Industries: How and Why Does the Composition of Manufacturing Output Change with Economic Development? *Environmental and Resource Economics*, 17: 109–123 (2000)
- 11) Dasgupta, S.; Laplante, B.; Wang, H., et. al., Confronting the Environmental Kuznets Curve, *Journal of Economic Perspectives*, 16: 147–168 (2002)
- 12) De Bruyn, S., Explaining the environmental Kuznets curve: structural change and international agreements in reducing sulphur emissions, *Environment and Development Economics*, 2: 485–503 (1997)
- 13) Dijkgraaf, E.; Herman, R.; Vollebergh, J., A Test for Parameter Homogeneity in CO<sub>2</sub> Panel EKC Estimations, *Environmental and Resource Economics*, 32: 229–239 (2005)
- 14) Galeotti, M.; Manera, M.; Lanza, A., On the Robustness of Robustness Checks of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis, *Environmental and Resource Economics*, 42: 551–574 (2009)
- 15) Grossman, G. M.; Krueger, A. B., Environmental impacts of a North American free trade agreement. *Working paper*, 3914. National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 1991
- 16) Grossman G. M.; Krueger A. B., Economic growth and the environment, *Quarterly Journal of Economics*, 110: 353–377 (1995)
- 17) Hayami, Y., 速水祐次郎 (2004) 『新版環境経済学 諸国民の貧困と富』 (創文社)
- 18) Holtz-Eakin D.; Selden T. M., Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth, *Journal of Public Economics*, 57:85–101 (1995)
- 19) IMF, *World Economic Outlook Database*, October 2015, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/02/weodata/weoselgr.aspx> (Last access: 2016.7.4)
- 20) Kaufmann, R.; Davidsdottir, B.; Garnham, S., et. al., The determinants of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations: reconsidering the environmental Kuznets curve, *Ecological Economics*, 25: 209–220 (1998)
- 21) Lelieveld, J.; Beirle, S.; Hörmann, C., et. al., Abrupt recent trend changes in atmospheric nitrogen dioxide over the Middle East, *Science Advances*, 21 August, 2015, 1: e1500498
- 22) Markandya A.; Golub A.; Pedroso-Galinato, S., Empirical analysis of national income and SO<sub>2</sub> emissions in selected European countries, *Environmental and Resource Economics*, 35: 221–257 (2006)
- 23) Marsiglio, S.; Ansuategi, A.; Gallastegui, M. C., The Environmental Kuznets Curve and the Structural Change Hypothesis, *Environmental and Resource Economics*, DOI 10.1007/s10640-015-9942-9 (2015)
- 24) Martínez-Zarzoso I.; Bengochea-Morancho A.; Morales-Lage R., The impact of population on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from European countries, *Environmental and Resource Economics*, 38: 497- 512 (2007)
- 25) Marzio, G.; Matteo, M.; Alessandro, L., On the Robustness of Robustness Checks of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis, *Environmental and Resource Economics*, 42: 551–574 (2009)
- 26) Mazzanti M.; Zoboli R., Municipal Waste Kuznets Curve: Evidence on Socio-Economic Drivers and Policy Effectiveness from the EU, *Environmental and Resource Economics*, 44: 203–230 (2009)
- 27) Oak Ridge National Laboratory (Carbon Dioxide Information Analysis Center, Last access: 2016. 10.27)
- 28) Osaka, H., 大坂 仁「クズネッツ曲線の検証：経済発展、所得分配と環境汚染」, 九大経済学会『経済学研究』第68巻第1号, 87–124 (2001)
- 29) Osaka, H., 大坂 仁「環境クズネッツ曲線の検証：国際データによるクロスカントリー分析」, 細江守紀・藤田敏之編著『環境経済学のフロンティア』第12章, 241–273 (2002)
- 30) Panayotou, T., Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool, *Environment and Development Economics*, 2: 4, 465–484 (1997)
- 31) Perman, R.; Stern, D. I., Evidence from panel unit root and cointegration tests that the Environmental Kuznets Curve does not exist, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47:3, 325–347 (1999)
- 32) Selden, T.M.; Song, D., Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution?

- Journal of Environmental Economics and Management*, 27:147–162 (1994)
- 33) Sephton, P.; Mann, J., Compelling Evidence of an Environmental Kuznets Curve in the United Kingdom, *Environmental and Resource Economics*, 64: 301–315 (2016)
  - 34) Smulders, S.; Bretschger, L.; Egli, H., Economic Growth and the Diffusion of Clean Technologies: Explaining Environmental Kuznets Curves, *Environmental and Resource Economics*, 49: 79–99 (2011)
  - 35) Stern, D. I.; Common, M. S., Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*, 41: 162–178 (2001)
  - 36) Tsujimoto, M., UAE, *A General World Environmental Chronology*, GWEC Working Committee, Suirensha, 432–434 (2014)
  - 37) Tsujimoto, M., 辻本政雄「UAEの環境保護対策に関する一考察——日本企業の環境インフラ分野への参入に向けて——」, 日本アラブ首長国連邦協会『UAE』, 2013年夏号, 7–12 (2013)
  - 38) Tsurumi, T., 鶴見哲也「経済発展と森林——環境クズネツ曲線仮説の検討——」, 『南山経済研究』第27巻第3号, 211–220 (2013)
  - 39) Uchiyama, K., 内山勝久「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」日本政策投資銀行設備投資研究所『経済経営研究』, Vol. 27 (2007)
  - 40) Zaim, O.; Taskin, F., A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries, *Environmental and Resource Economics*, 17: 21–36 (2000)
  - 41) World Bank, *World development Report 1992*, Washington D.C.
  - 42) World Bank, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators> (Last access: 2016. 1.24)

# Economic Growth and Air Pollution in the Persian Gulf and the Mediterranean Arab Oil Exporting States

— Environmental Kuznets Curve Hypothesis —

Masao TSUJIMOTO

## Summary

This paper examines the relation between economic growth (GDP per capita) and air pollution ( $\text{CO}_2$ /NOx emission per capita) in the Persian (Arabian) Gulf and the Mediterranean Arab Oil Exporting States based on the Environmental Kuznets Curve hypothesis, using regression analysis. First, the results provide weak support for the hypothesis in the time series data of the two types of emissions—30 years for  $\text{CO}_2$  and 20 years for NOx—in each of the ten countries: it holds good for only three out of the 14 main cases for  $\text{CO}_2$  in Iran, Egypt and Libya. Second, the results show the different “turning points” in the income standards for each type of pollutant, e.g., 24,448 US dollars for the Iranian case. Third, the factors underlying the effective cases include regulatory reforms in energy and environmental sectors such as converting the industrial structure for less fossil fuel dependency. Fourth, the resulting weak support indicates the opportunities for Japan to boost its international presence by helping the states reach the turning points of the hypothesis.

**Key words:** Persian Gulf and Mediterranean Arab Oil Exporting States, Economic Growth and Pollution, Environmental Kuznets Curve Hypothesis, Inverted-U Shaped Curve, Turning Points