



Title	中国におけるCO2排出の特徴に関する分析
Author(s)	王, 磊
Citation	年報 公共政策学, 6, 159-175
Issue Date	2012-03-30
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/51933">http://hdl.handle.net/2115/51933</a>
Type	bulletin (article)
File Information	APPS6_013.pdf



[Instructions for use](#)

# 中国における CO<sub>2</sub> 排出の特徴に関する分析

王 磊\*

## 1. はじめに

気候変動は国際社会が関心を持つ重大かつ世界的な問題である。地球温暖化の影響が世界の気候システムに多くの変化を引き起こし、我々人類の将来にも重大な影響を及ぼすと予測される。近年中国は高い経済成長率を遂げるとともに、CO<sub>2</sub> の排出量は急速に増加し、2008年にアメリカを抜いて、世界一の CO<sub>2</sub> 排出国になった。中国における CO<sub>2</sub> の排出状況、増加の背景、温暖化問題に対する解決策等が、全世界から注目されている。

中国の CO<sub>2</sub> 排出状況は、1978年以前、生産の技術レベルが低いため、CO<sub>2</sub> の排出量とエネルギー強度は共に増加していた。1978年以降、エネルギー利用効率の改善、産業構造の調整によりエネルギー強度は減少しつつあり、主に経済成長等の要素が CO<sub>2</sub> の排出を誘発している<sup>1)</sup>。経済成長は CO<sub>2</sub> の排出を誘発する最大の要因である<sup>2)</sup>。大量のエネルギー消費、収入の増加、貿易開放度の増大等が CO<sub>2</sub> の排出を増加させ、特に輸出貿易によって CO<sub>2</sub> 排出量の10%-27%が誘発された<sup>3)</sup>。要するに、短期的に見ると、経済急成長により中国の CO<sub>2</sub> の排出量が減少する可能性は低い。CO<sub>2</sub> 排出誘因として、主に経済の成長、エネルギーの消費構造、人口の増加、都市化の進展、国際貿易の活発化、インフラ整備、資本投資の増加、エネルギー効率の低下などが指摘される。

本論文は以上の先行研究の成果を踏まえ、主に政治経済学的側面から中国における CO<sub>2</sub> 排出の特徴を総括し、排出の特徴に基づく排出増加の背景を分析し、削減策に関する課題を検討する。CO<sub>2</sub> 排出の削減は世界共通の課題であり、排出増加の背景にも共通点がある。工業化へ進展中にある途上国において、大量のエネルギー消費、経済成長、都市化進展、インフラ整備等は共通の要因になる。しかし、各国のエネルギー消費構造、産業構造、資源状況により CO<sub>2</sub> 排出の特徴は異なる。この特徴を形成する背景の分析は、各国の状況に基づく削減策を策定する場合に必要である。したがって、本論文は、中国の CO<sub>2</sub> 排出の特徴を総括し、その背景を政治経済学的方法によって分析する。LMDI 法での分析により、中国の CO<sub>2</sub> の排出が増加しつつあるが、

---

\* 北海道大学大学院経済研究科博士後期課程  
E-mail:wanglei1978@hotmail.co.jp

1) Wang (2005)  
2) Zhang (2009)  
3) Yan (2010)

2001年以降急速に増加している傾向がみられる。部門別からみると、工業部門は最大の排出部門である。エネルギー消費源において7割のCO<sub>2</sub>が石炭の使用により排出される。中国の各省の排出は不均衡である、という結果が得られた。削減策の実施について分析し、政府の失策は削減効果低下の最大の原因であることを指摘した。

本論文は以下の構成である。排出特徴を総括するため、まずLMDI (log-mean divisia index、要因分析法の一つ)法を使って1990-2009年のCO<sub>2</sub>の排出量を計算する。次に総括された排出特徴に基づくCO<sub>2</sub>の排出背景を分析する。さらに、削減策に関して、主に省エネルギーと再生可能エネルギー、この二つの面から削減策の課題を検討する。最後に中国の削減策について展望する。

この論文のデータは「中国統計年鑑」(2010年版)、「中国エネルギー年鑑」(1996-2009年版)に記載されたデータを使用する。政治行政区として中国は全部で23省、5自治区、4直轄市、2特別行政区があるが、この論文ではすべて「省」と表記する。各省の統計にはマカオ、チベット、台湾、香港は含まれない。

## 2. 中国におけるCO<sub>2</sub>排出の特徴

### 2.1 CO<sub>2</sub>排出量の計算方法

CO<sub>2</sub>排出量の計算について本論文はLMDI法を使う。LMDI法は1970年代以来よく使われている要因分析研究法の一つであり、このモデルはCO<sub>2</sub>の総排出量の変化がすでに既知の影響因子により引き起こされることを前提として仮定し、残差が生じないため、近年CO<sub>2</sub>の排出量の分析にもよく使われている。

以下、LMDIモデルの説明と、それを使った計算結果を示す。

全国、各省、各産業のエネルギー起源のCO<sub>2</sub>の排出量をKaya恒等式<sup>4)</sup>により展開し、下記のように表記する<sup>5)</sup>。

$$C = \sum C_i = \sum (C_i/E_i)(E_i/E)(E/Y)(Y/P)P = FSIGP$$

- C : エネルギー消費により排出されるCO<sub>2</sub>排出量 (万標準炭トン)
- i : 1次エネルギー種類 (石炭、石油、天然ガス)
- E : 各種類エネルギー消費量、標準石炭で換算する (万トン)
- Y : 国内総生産値 (実質GDP、2005年の価格で計算する) (億元)
- P : 総人口数 (万人)

4) 東京大学の茅陽一名誉教授は、人類の活動とCO<sub>2</sub>の排出量との関係を表した、いわゆる「茅恒等式」を提唱した。この式は1990年にIPCC (気候変動に関する政府間パネル)にCO<sub>2</sub>排出量抑制のGDP成長に与える影響として報告され、IPCCの第4次評価報告書でも参照された。

5) Ang(2004)、Wang(2005)

t : 当年度

$F = C_i / E_i$  : 各種類エネルギー消費により排出される CO<sub>2</sub> の炭素排出係数

$S = E_i / E$  : エネルギー消費構造

$I = E / Y$  : エネルギー消費強度 (万標準炭トン/万元)

$G = Y / P$  : 1人当たりの国内総生産値 (万元/人)

そして、年排出量の差は下記的方式で表す。

$$\Delta C = C_t - C_{t-1} = F_t S_t I_t G_t P_t - F_{t-1} S_{t-1} I_{t-1} G_{t-1} P_{t-1}$$

更に展開すると、

$$\Delta C = \Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_I + \Delta C_G + \Delta C_P$$

$$\Delta C_F = L(C_t, C_{t-1}) \ln(F_t / F_{t-1})$$

$$\Delta C_S = L(C_t, C_{t-1}) \ln(S_t / S_{t-1})$$

$$\Delta C_I = L(C_t, C_{t-1}) \ln(I_t / I_{t-1})$$

$$\Delta C_G = L(C_t, C_{t-1}) \ln(G_t / G_{t-1})$$

$$\Delta C_P = L(C_t, C_{t-1}) \ln(P_t / P_{t-1})$$

ここで、 $L(C_t, C_{t-1}) = (C_t - C_{t-1}) / \ln(C_t / C_{t-1})$

「中国統計年鑑 (2010年版)」に記載されたエネルギー総消費量、国内総生産額と総人口数のデータを LMDI モデルに代入して下記のような結果が得られた。1990年を基準年として、1990 - 2009年における2009年の時点で全国の CO<sub>2</sub> 総排出量の年間平均的な増加率は7%、1人当たり CO<sub>2</sub> 排出の年間平均増加率が6%である。

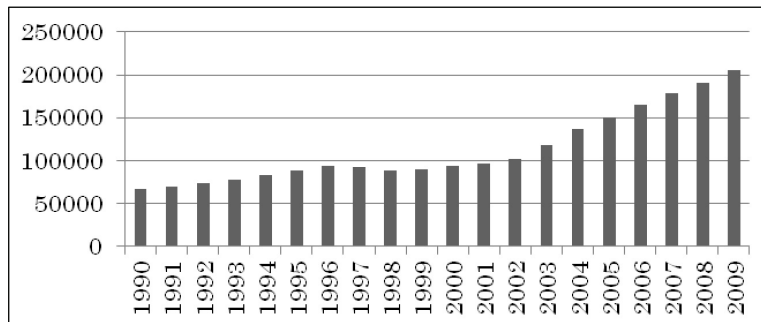


図 1. 中国における CO<sub>2</sub> 総排出量 (1990 - 2009年) (単位: 万標準炭トン)

(出典) LMDI モデルにより計算した結果で著者が作成した

さらに、CO<sub>2</sub> 排出の年間増加率の結果を表1で表す。

エネルギー消費源については、石炭、石油、天然ガスなど 1次エネルギーの使用により排出された CO<sub>2</sub> 排出量を多い方から順に、石炭、石油、天然ガス、という結果が得られた。最大の排出源は石炭であり、排出量の約75%を占め、最小の排出源は天

然ガスであり、排出量の約5%を占めた。石油の使用により排出されたCO<sub>2</sub>の排出量は石炭より少ないが、1996年から増加して2002年に最大となり、2003年から減少する傾向が見られる。

表 1. CO<sub>2</sub>排出の年間増加率 (%) (1990-2009年)

1990-1991: 5	1995-1996: 6	2000-2001: 3	2005-2006: 10
1991-1992: 5	1996-1997: -0.8	2001-2002: 6	2006-2007: 8
1992-1993: 6	1997-1998: -4	2002-2003: 15	2007-2008: 7
1993-1994: 6	1998-1999: 1	2003-2004: 16	2008-2009: 8
1994-1995: 7	1999-2000: 4	2004-2005: 11	

(出典) LMDI モデルにより計算した結果で著者が作成した

各産業により排出されたCO<sub>2</sub>の排出量は図2にまとめた。中国において第2次産業により排出されたCO<sub>2</sub>の排出量が圧倒的に多く、全産業の排出量の約73%を占める一方、第1次産業は排出量のわずか約3%である。第3次産業により排出されたCO<sub>2</sub>の排出量は、1995年から徐々に増加し、現在排出の25%を占めている。

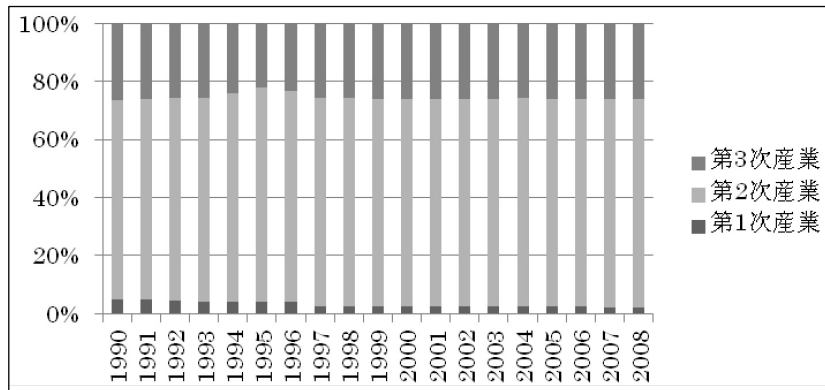


図 2. 各産業により排出されたCO<sub>2</sub>排出量の割合

(出典) LMDI モデルにより計算した結果で著者が作成した

中国は国土面積が広く、省ごとに自然状況や経済成長及び社会の格差が大きい。したがって、各省のCO<sub>2</sub>排出の状況も様々である。1990-2008年の各省の総CO<sub>2</sub>排出量を多い方から順に、山東、河北、広東、江蘇、遼寧、河南、山西、四川、浙江、湖北、湖南、内モンゴル、黒竜江、上海、安徽、吉林、福建、雲南、貴州、北京、陝西、新疆、広西、甘肅、天津、江西、重慶、寧夏、青海、海南、という結果が得られた。累積排出量が多い地域は東部沿海、中部に集中し、少ない地域は西部に集中している。1990-2008年の増加率を計算すると、増加率が大きい省は、内モンゴル、広西、福建、海南、山東、浙江であり、増加率が小さい省は、北京、黒竜江、遼寧、吉林、四川である。増加率の変化より、CO<sub>2</sub>の排出は東部沿海地域<sup>6)</sup>から中部、西部地域に移動す

6) 中国の四つ経済地域：東北地域（遼寧、吉林、黒竜江）、中部地域（山西、河南、安徽、

る傾向が見られる。

以上の計量分析をまとめると、次のような中国における CO<sub>2</sub> の排出特徴が得られる。中国では近年 CO<sub>2</sub> の排出が急速に増加し、特に2002年以降顕著に増加した。産業面において、工業部門により排出された CO<sub>2</sub> の排出量は総排出量の約7割を占めた。エネルギー消費源において、石炭により約75%、石油により約20%、天然ガスにより約5%の CO<sub>2</sub> が排出された。省別において、各省の CO<sub>2</sub> 排出の格差が大きく、東部沿海地域、中部地域の累積 CO<sub>2</sub> 排出量は西部地域より多い。近年 CO<sub>2</sub> の排出は東部沿海地域から中部、西部地域に移動する傾向が見られる。

## 2.2 排出特徴の背景

LMDI モデルにより、ある国の CO<sub>2</sub> の排出は、エネルギーの種類、1人当たりの GDP、人口の要因、エネルギー利用効率に左右されることが示唆されているため、CO<sub>2</sub> 排出の特徴の背景については、以上の要因を政治経済学的側面から分析する。

### 2.2.1 2001年以降の排出量の急増に関する背景

中国の2001年以降のエネルギー消費の種類、人口、エネルギー利用効率は変化しているが、CO<sub>2</sub> 排出の変化より小さい。ここで考えられるのは CO<sub>2</sub> 排出の1/3を占める輸出貿易と1人当たりの GDP の変化である。これらの増加率と CO<sub>2</sub> 排出の増加率を比較してみよう。1998年アジア金融危機のため、輸出貿易収入の増加率は1%に激減し、1996-1998年 CO<sub>2</sub> の排出増加率はマイナスになった。2001年に中国は WTO に加入し、輸出の拡大と外資の吸収により生産が拡大され、輸出貿易収入の増加率は22%に急増し、CO<sub>2</sub> の排出増加率も著しく増加した。1人当たりの GDP の増加率は、1991-1992年には11%であったが、1996-1998年に6.6%へ減少し、1999年から増加に転じ、2005-2006年に最高の13.6%になった。輸出貿易と1人当たりの GDP の増加率は、CO<sub>2</sub> の排出増加率の変化とほぼ一致する。したがって、2001年以降輸出貿易の拡大とともに生産の増加、貿易額の上昇により1人当たりの GDP が増加し、これらが排出量の急増をもたらしたのである。

CO<sub>2</sub> 排出量の急増に伴う1人当たりの排出量も急増し、先進国より低いものの、世界平均レベルを超えた。IEA の統計データにより、2008年に中国における1人当たり CO<sub>2</sub> の排出量は5トン、同期アメリカの1/4に過ぎないが、世界1人当たり平均 CO<sub>2</sub> 排出量の4トンを超えた。今後、CO<sub>2</sub> 排出量の統計上において中国の人口優位性がなくなり、より一層削減の責任を取らなければならないと考えられる。

CO<sub>2</sub> 排出強度 (GDP 当たり CO<sub>2</sub> 排出量) について、GDP と CO<sub>2</sub> の排出量が増加し

---

湖北、湖南、江西)、東部沿海地域 (北京、天津、河北、山東、上海、江蘇、浙江、福建、広東、海南)、西部地域 (内モンゴル、陝西、寧夏、甘肅、青海、新疆、四川、重慶、広西、雲南、貴州)。

つつあるものの、CO<sub>2</sub> 排出強度は減少する傾向が見られる。技術進歩や科学発展により GDP 1 単位を創造するために消費されるエネルギーが減少しつつあることにより、1978 - 2000年に CO<sub>2</sub> 排出強度の減少幅はかなり大きかったが、2001年以降排出量が急速に増加し、排出強度の減少幅は縮小している。

### 2.2.2 排出不均衡の現状に関する背景

各産業の CO<sub>2</sub> 排出量の計算結果に基づくと、第 2 次産業、すなわち工業部門が最大の CO<sub>2</sub> 排出部門であり、2008年の総排出量の約72%を占めた。工業部門に属する電力部門は石炭の最大の消費部門であり、約半分以上の石炭を消費し、2008年の総排出量の約35%を占めた。工業部門は90%以上の石炭を消費し、GDP 貢献率は約50%であるため、CO<sub>2</sub> の排出要因は、主に工業部門のエネルギー消費種類、工業部門 GDP の増加、エネルギー利用効率にあると考えられる。工業部門が最大の排出部門となる原因について政治的側面から見ると、それは中国政府が工業を優先的に発展させた政策の結果である。中国政府は国民生活レベルを向上させるため、GDP に対する貢献度が高い電力、化学、製鉄、製鋼などに力を入れている。これらの産業は、高い経済成長率を保ち経済発展に重要な役割を演じている一方、大量の廃棄物や汚染物を排出し、環境にとっては負担が重く、CO<sub>2</sub> の排出量も多い。さらに、現在のエネルギー利用効率は依然として低い。中国統計年鑑に記載されたデータにより、2007 年にセメント 1 トンを生産するために日本のエネルギー消費は118kg 標準石炭、中国は158kg 標準石炭である。2008年に鉄鋼 1 トンを生産するために日本のエネルギー消費は626kg 標準石炭、中国は709kg 標準石炭である。2008年に電力 1 kWh を生産するために、日本の石炭消費量は309g、中国は345g である。したがって、工業部門、特にエネルギー転換部門に対して省エネルギーやエネルギー効率の改善を急速かつ確実に実施することは CO<sub>2</sub> 排出の削減に大きく貢献できるはずである。

エネルギー消費構造面について、CO<sub>2</sub> 排出量の 7 割以上は石炭の燃焼により排出された。その原因の一つは中国のエネルギー資源分布である。中国には石炭の埋蔵量が多く、エネルギー消費の中心となっている。このようなエネルギー消費構造を持つ国は世界で数少ないといえる。石炭の炭素排出係数は高く、燃焼により CO<sub>2</sub> と SO<sub>2</sub> が大量に排出され、大気汚染の一つの重要な原因ともなる。さらに、エネルギー資源の分布が不均衡である。石炭資源は主に華北、西北地域に分布し、水力資源は主に西南地域にあり、石油、天然ガス資源は主に東部、中部、西部地域と海域に集中している。石炭の生産量が多いのは山西、内モンゴル、陝西、河南、山東であり、石油の生産量が多いのは、黒竜江、新疆、山東、陝西、天津である。しかし、中国の主なエネルギー消費地域は東南沿海の経済発達地域に集中し、資源埋蔵地とエネルギー消費地が離れている状況である。長距離の「北煤南運」（北部の石炭を南部に送る）、「北油南運」（北部の石油を南部に送る）、「西気東輸」（西部のガスを東部に送る）、「西電東送」

(西部の電力を東部に送る)は、中国のエネルギー輸送の基本的な構造であり、輸送のために大量のエネルギーを消費し、輸送により排出されるCO<sub>2</sub>量は少なくない。

各省のCO<sub>2</sub>排出の不均衡の原因は主に各省の経済規模の格差にある<sup>7)</sup>。ここで2005 - 2009年の各省の総生産値、1人当たりGDPの平均値、総CO<sub>2</sub>排出量、1人当たりCO<sub>2</sub>排出量の平均値、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率、エネルギー強度の平均値のデータをまとめて順位づけると以下のような結果が得られた。順位から見ると、GDP第1位である広東は、CO<sub>2</sub>の排出は第3位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第19位、エネルギー強度は第29位である。GDP第2位である山東は、CO<sub>2</sub>の排出は第1位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第16位、エネルギー強度は第19位である。GDP第3位である江蘇は、CO<sub>2</sub>の排出は第4位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第14位、エネルギー強度は第26位である。GDP第4位である浙江は、CO<sub>2</sub>の排出は第9位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第27位、エネルギー強度は第28位である。GDP第5位である河南は、CO<sub>2</sub>の排出は第5位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第15位、エネルギー強度は第18位である。それに対して、GDP第26位である貴州は、CO<sub>2</sub>の排出は第16位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第24位、エネルギー強度は第3位である。GDP第27位である甘粛は、CO<sub>2</sub>の排出は第25位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第23位、エネルギー強度は第6位である。GDP第28位である海南は、CO<sub>2</sub>の排出は第30位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第7位、エネルギー強度は第24位である。GDP第29位である寧夏は、CO<sub>2</sub>の排出は第28位、CO<sub>2</sub>排出の平均年間増加率は第2位、エネルギー強度は第1位である。GDP第30位である青海は、CO<sub>2</sub>の排出は第5位、エネルギー強度は第2位である。以上をまとめると、GDPが大きくなればなるほど、CO<sub>2</sub>の排出量が多くなる。GDPが大きいと、エネルギー生産性が高くなり、CO<sub>2</sub>排出の増加率は小さい。したがって、経済が先に成長した省は、エネルギー生産性が高いため、CO<sub>2</sub>排出の増加率が減少している。経済成長が遅れている省は、大量のエネルギー消費がCO<sub>2</sub>排出の増加をもたらし、さらにエネルギー生産性が低いため、CO<sub>2</sub>削減にかなりの工夫が必要になると考えられる。

### 2.2.3 排出の地域移動

1990 - 2008年の各省のCO<sub>2</sub>排出増加率の変化より、CO<sub>2</sub>排出は東部沿海地域から中部、西部地域へ移動する傾向が見られる。1990 - 2000年にCO<sub>2</sub>排出増加率が大きいのは浙江、広西、福建、海南、広東であり、増加率が小さいのは、湖南、黒竜江、陝西、吉林、四川である。2000 - 2008年に増加率が大きいのは内モンゴル、陝西、湖南、山東、寧夏であり、増加率が小さいのは、北京、黒竜江、遼寧、貴州、安徽である。この二組のデータにより、CO<sub>2</sub>の排出は東部沿海地域から中部、西部地域に移動する傾

7) Clarke-Sather (2011)



向が見られる。各省の間の人口の移動に伴うCO<sub>2</sub>排出の変化を細かく把握できないが、原因は主に各省のエネルギー消費量の変化、エネルギーの利用効率の格差と地方GDP成長の変化にあると考えられる。政治経済学的側面から分析すると、原因は主に地域発展の不均衡にある。東部沿海地域は地理優位性や政府の政策的支援により先に経済成長を遂げた。1人当たりのGDPからみると、最も富裕な上位5省は東部沿海地域にある上海(6.5万元、以下の単位を省略)、北京(5.7)、天津(4.7)、浙江(3.7)、江蘇(3.4)であり、下位5省は広西(1.3)、安徽(1.2)、雲南(1.0)、甘肅(1.0)、貴州(0.8)である。トップ3位はすべて直轄市であり、上海は中国で最も発展している国際的都市、北京は中国の首都、天津は北京に近く、港湾都市として国の経済発展政策に恵まれて速やかな発展を遂げている。下位5省では安徽を除き、他の4省はすべて中国の西部にある。地方発展の格差の大きさ及び地域発展の不均衡が明らかに読み取れる。この格差を縮小させるため、近年中央政府は様々な地域経済発展政策を打ち出した。代表的な政策は「西部大開発」、「中部地域の振興」、「東北工業基地の振興」である。これらの開発政策により、西部、中部、東北地域のエネルギーの消費が増加し、CO<sub>2</sub>の排出は東部沿海地域から中部、西部地域に移動している。各省の工業部門の変化からこの移動も明らかに見られる。2009年に工業生産額が大きい省は江蘇(13.4%)、山東(13.0%)、広東(12.5%)、浙江(7.5%)、遼寧(5.1%)、小さい省は海南(0.2%)、青海(0.2%)、寧夏(0.3%)、貴州(0.6%)、新疆(0.7%)であるが、2006-2009年に工業生産額の平均増加率について、平均増加率が大きいのは内モンゴル、江西、安徽、湖南、四川であり、平均増加率が小さいのは上海、北京、黒竜江、浙江、新疆である。東部沿海地域の工業の成長が鈍化する一方、中部、西部の工業が速やかに成長する傾向が見られる。さらに、中部、西部のエネルギー利用効率が低いため、東部沿海よりもっと多くのCO<sub>2</sub>が排出されると考えられる。工業生産額の平均増加率の変化に伴い、CO<sub>2</sub>の排出は東部沿海地域から中部、西部に移動すると考えられる。資源の埋蔵面からみると、エネルギー消費量が大きい東部沿海地域は資源の埋蔵量が少ない。東北地域は石油の埋蔵量が豊富で全国の29.7%を占める。中部地域は石炭の埋蔵量が豊富で全国の40.2%を占める。西部地域は全国の32.4%の石油、82.9%の天然ガス、50.5%の石炭と豊富なエネルギー埋蔵量を持つ。資源の埋蔵地は消費地と離れている現状であるため、消費地の需要に応じてエネルギーを転換させ、そのエネルギー生産によってCO<sub>2</sub>が排出される。現在、エネルギーの埋蔵量が豊富な内モンゴル、雲南、四川、河南、寧夏は、電力を他省へ供給している。他の省に電力を供給するために排出されたCO<sub>2</sub>量は、当該地域の経済発展により生じたものというより、東部沿海地域の生産・消費活動のために排出されたという意味合いがあることに留意する必要がある。

### 3. 削減策の課題について

Kaya 恒等式により CO<sub>2</sub> 総排出量に影響する要素を、エネルギー消費構造、エネルギー消費強度、1人当たりの国内総生産額、総人口数、エネルギー別の CO<sub>2</sub> の炭素排出係数、の五つの部分に分けることになる。これらの要因に対して削減策は、エネルギー構造面 ( $E_i/E$ ) において再生可能エネルギーへの転換、CO<sub>2</sub> の炭素排出係数面 ( $C_i/E_i$ ) において低炭素エネルギーの使用、総人口数面 (P) において総人口数の抑制、エネルギー消費強度面 ( $E/Y$ ) において省エネルギー、エネルギー利用効率の改善・技術の進歩が挙げられる。本論文は主に省エネルギーと再生エネルギーに関する削減策の課題を検討する。

#### 3.1 省エネルギーに関する課題

中国政府はエネルギー効率を改善するため、高エネルギー消費、立ち後れた生産能力の企業を淘汰する政策を打ち出した。2007年に13業種の立ち後れた生産能力を淘汰する地域別・年度別の「十一・五」計画が公布された。続いて10大産業（鉄鋼、自動車、繊維、設備製造、電子情報、造船業、軽工業、石油化学、物流、非鉄金属）の振興計画（2009-2011年までの3年間）の中で、鉄鋼、繊維、造船業、軽工業、石油化学、非鉄金属の生産に対するエネルギー消費量の制限が制定された。さらに、中国における最も重要な国民経済・社会発展の五ヵ年計画の中にも省エネルギー目標が盛り込まれた。第9次、第10次五ヵ年計画においてエネルギー強度の削減目標が掲げられ、さらに第11次五ヵ年計画で、2010年までに単位 GDP 当たりのエネルギー消費を2005年比で20%削減するという削減の目標が提出された。

しかし、高エネルギー消費企業やエネルギー生産効率の低い産業の閉鎖を実施しつつあるにもかかわらず、第9次、第10次五ヵ年計画に掲げた削減目標は達成されなかったのである。考えられる原因の一つは高エネルギー消費企業の地方 GDP への貢献が大きく、地方政府は財政収入のため、中央政府の省エネルギー政策の実施が不徹底であるところにあるといわれる<sup>8)</sup>。このような状況に対して、中央政府は第11次五ヵ年計画に掲げた削減目標を達成するため、2007年6月に環境と省エネルギーの目標を達成できなければ、ほかの業績がよい場合でも、責任者を昇進させないとする人事評価の「一票否決制度」を導入した。削減目標に対する責任制度が取り入れられ、目標を達成できなかった場合は責任者辞任しなければならない。この制度を実施した後、2010年に第11次五ヵ年計画に掲げた削減目標をほぼ達成した。

ここで地方政府が企業の地方 GDP への貢献を重視する原因を分析してみよう。地方 GDP の成長が行政上の人事評価の基準である制度が基本的な原因であると考えられる。現在この人事評価制度は修正されつつあり、環境保護、省エネ・削減の成績な

8) Chen (2011)

ど新たな評価基準が盛り込まれたが、地方 GDP の成長、雇用、社会保障の完成度などはやはり大きな採点項目である。したがって、各地方政府は地方 GDP の成長、雇用、社会保障などの項目に優先的に力を入れなければならない。しかし、地方政府の財政支出は不均衡である。地方政府は公共サービス、社会安全、教育、文化体育、社会保障と雇用、仮住宅、医療衛生、環境保護、町と村の事務、農業、林業、交通運輸、自然災害後の再建等各項目に関する支出の80%以上を負担しなければならないが、2009年の地方政府の財政支出は61044億元である一方、財政収入は32602億元である<sup>9)</sup>。明らかに財政赤字の状態である。1994年の税収改革がこの財政不均衡の原因である。この改革以降、中央政府の財政収入は1993年の22.0%から2009年の52.4%へ増加する一方、地方政府の財政収入は1993年の78.0%から2009年の47.6%へ減少した。支出について、中央政府は1993年の28.3%から2009年の20%へ減少する一方、地方政府は1993年の71.7%から2009年の80%へ増加した<sup>10)</sup>。財政の赤字を改善するため、地方政府は地方財政収入の中心を占める営業税（税収分配の割合：地方政府98%、中央政府2%）、企業所得税（税収分配の割合：地方政府34%、中央政府66%）、資源税（税収分配の割合：地方政府100%）、罰金（収入分配の割合：地方政府96%、中央政府4%）等を非常に重視し、これらの税収を増加させるために高エネルギー消費企業を引き続き操業させる動機が働いていると考えられる。

さらに、中央政府は再生可能エネルギー発電を普及するために様々な税金に対する減免政策を打ち出し、地方政府の税収にマイナスの影響を与えた。影響が一番大きいのは風力発電企業に対する一部分の税金の減免政策であり、この政策により地方政府の財政収入が激減しつつある。付加価値税<sup>11)</sup>を例として説明しよう。中央政府は風力発電企業の付加価値税を半分減免にし、残る半分の付加価値税の税額に対して設備の付加価値税の税額に相当する金額も免除できる。例えば、設備投資は3億元、風力発電設備容量は5万kWの場合、発電量は1.2億kWh、送電網への売電価格は0.51元/kWhで計算すると、毎年の売電売上は6120万元である。半分減免の政策により付加価値税の税額は6120万元(売上) \* 8.5% (付加価値税の税率の1/2) = 520.2万元になる。設備の付加価値税の税額は3億(設備の値段) \* 17% (付加価値税の税率) = 5100万元であるため、発電所についてさらに5100万元に相当する付加価値税の税額を免除できる。毎年発電所が政府に納付すべき付加価値税の税額は520.2万元であるため、10年間で合計5100万元になる。つまり約10年間、風力発電企業から地方政府への付加価値税の税収がなくなる。そのうえに、風力発電所において短期間に利潤を上げられないために

9) 「中国統計年鑑」(2010年版)の財政篇に記載されたデータを引用した。

10) 「中国統計年鑑」(2010年版)の財政篇に記載されたデータを引用した。

11) 付加価値税 (value added tax, VAT)、中国での言い方は価値増価税である。1979年から実施し、製品の価値増加部分に対して徴収する。基本的税率は17%である。計算方法：税額 = 売上 \* 税率 - 投入 \* 税率。

所得税の税収も得られない。風力設備の生産が拡大しつつあるため、供給過剰になって設備の値段は値下げに転じた。これにより、地方政府は風力設備を生産する企業から徴収できる所得税が減少し、財政収入がさらに減少することになる。したがって、地方政府は企業の営業税、基準を超えるための罰金等により財政収入を増加するため、高エネルギー消費企業を引き続き操業させる動機が動き、中央政府の省エネルギー政策の実施に消極的になる。地方政府の財政状況を改善できない限り、今後も、中央政府の新たなエネルギー消費効率基準を満たさない高エネルギー消費企業を引き続き操業させる動機があると考えられる。

### 3.2 再生可能エネルギーに関する課題

経済が成長するとともに、エネルギーの需要量は増加しつつあり、エネルギーの供給、特に石炭の供給に大きい圧力を与える。2010年の1-3月に石炭の供給が不足したため、河南、湖北、重慶、遼寧、山東等省は停電になり、12月にも陝西、重慶、河南、貴州等省は停電になった。中国石炭の生産量と消費量は、両方とも世界一であるが、埋蔵量統計により、2010年末中国の石炭埋蔵量は世界の13%を占め、豊富な埋蔵量があるとはいえ、大量の石炭消費状況を改善しなければ、今後石炭の供給を確保できないと考えられる。石油も、自動車市場の急速に拡大により、ガソリンへの需要が一層拡大し、2010年の石油消費量の半分は輸入で賄った。国際原油価格の高騰と海外から国内へ輸送コストの増加により、原油の輸入が十分に確保できない可能性がある。したがって、再生可能エネルギーの開発や普及は CO<sub>2</sub> 排出の削減、そしてエネルギー供給安全に対して重要な役割を演じる。

そこで、中国政府は再生可能エネルギーの開発や普及を非常に重視するようになり、2005年2月28日に再生可能エネルギーの普及に向けた基本法としての「再生可能エネルギー法」が公布され、2020年までに中国の再生可能エネルギーが国内の発電容量に占める割合を15%に増加させることを目標とした。さらに2007年9月に「再生可能エネルギー中長期発展計画」が策定され、2010年までの再生可能エネルギー比率はエネルギー全体の10%を目標とし、2020年までに再生可能エネルギーを全エネルギーの15%にまで引き上げることが明示された。さらに設備総容量は500万kWを超過する発電所において、非水力再生可能のエネルギー発電設備容量は2010年までに設備総容量の3%、2020年まで設備総容量の8%を占めなければならないと決定した。現在中国は主に再生可能エネルギー発電の開発や普及に力を入れている。電力部門が50%以上の石炭を消費するため、石炭を代替して発電することは CO<sub>2</sub> 排出の削減に重要な役割を演じる。したがって、中央政府は様々な政策を打ち出して再生可能エネルギー発電の開発や普及を促進しつつある。

これらの促進策の実施により著しく効果が現れている。2010年に発電設備容量の内訳は、水力は22.36%、火力は73.43%、原子力は1.12%、風力は3.06%である。2009

年と比べると、水力は0.1%減、火力は1.05%減、原子力は0.08%増、風力は1.05%増になる。2010年に水力発電設備容量は2.1億kW、総発電量の16.24%を占め、2005 - 2010年の平均的な増加率は12.98%である。水力発電は主に甘肅、四川、湖北、福建、雲南、広西、貴州、青海にある。非水力再生可能なエネルギー発電において発展の規模が大きいののは風力である。2010年に風力発電設備容量は2958万kW、総発電量の1.17%を占め、2005 - 2010年の平均的な増加率は94.75%である。2010年に新增設備容量が大きいののは内モンゴル、河北、甘肅、遼寧である。風力に対する投資が多く、設備容量の増加も1位であり、再生可能エネルギー発電の普及を牽引する主役である。

しかし、急速に発展している風力については、大きな課題がある。まず、送電網への接続の課題である。2010年の風力発電所の接続率は約69.3%であり、大量の風力発電量を接続できず浪費させることになる<sup>12)</sup>。その原因は風力発電所の建設計画の失策にあると考えられる。2005年の中央政府の風力発電の補助政策により風力発電所を建設するインセンティブが生まれ、風力設備の容量は2005年の106万kWから2010年までの2958万kWに急増した。政府は風力発電所の建設計画を審査する際、送電網の整備に関する調査が不足しており、結局送電網の整備は風力発電所の建設に追いつけない結果になる。送電網側一方のみの原因ではなく、風力設備側にも課題がある。中央政府は国産設備を普及させるため、風力発電所において国産設備の割合は7割未満の場合、操業できないと決定した。このインセンティブにより風力設備の国内生産が急増したが、設備に関する具体的かつ高水準の統一技術基準、特に送電網への接続技術基準がないため、送電網への接続基準を満たさない設備を多く生産させた結果を招いた。送電網への接続ができないため、そのまま放置されてしまう。これは設備と送電網の問題ではなく、政府の失策である。これらの失策を認識してきた中央政府は、様々な修正策を打ち出した。特に設備に対して2009年11月に風力設備70%国産の政策を中止し、続いて2010年3月に「風力発電設備生産企業の生産能力に関する基準」を公布し、生産企業の操業条件、製品の技術と質量の基準、省エネ・環境保護、製品の技術改善等生産技術に関する基準が盛り込まれ、より一層設備の技術レベルと質量の改善を促進させる決意が強く見られる。さらに、2011年8月に「大型風力発電所における送電網への接続に関する基準」を公表し、18項目の基準が決定され、接続を確保するための設備の技術改善、性能の向上、出力の基準などが詳しく明記された。これらの修正策は設備の技術基準と送電網への接続基準を明確にし、今後風力の高レベルの発展を促進することを目的としているが、現在使用中の設備に関する解決策を提出していない。現在送電網への接続基準を満たさない設備を取り換える場合、かなりの金額が必要である。風力発電所の負担能力を超える可能性が高いため、中央政府から支援金を出す必要があると考えられる。

---

12) 『中国風力発展報告2011』に記載されたデータで計算して得られた。

もう一つの失策は調整電源の設置の問題である。風力発電の出力は不随意に変動するため、需要への追従は基本的に他の調整力に富んだ電源（火力発電、貯水式水力発電など）に頼ることになる。しかし、大規模な風力発電施設を建てる地域は、火力発電、貯水式水力発電が足りない恐れがある。甘肅酒泉の計画を例として分析しよう。甘肅の酒泉に千万kW級の大規模風力発電所を建てる計画がある。しかし、「中国電力発展報告2010」に記載されたデータによると、2010年に甘肅全省の総発電設備容量は2075万kWであり、このうち火力発電設備は1324万kW、水力発電設備は611万kWである。仮にすべての火力発電設備をこの千万kW級の大規模風力発電所の調整電源にしても、不足する恐れがある。しかも、すべての火力発電設備を省内一つの地域の風力発電の調整電源にする現実可能性はないし、この千万kW級の風力発電所以外の甘肅の風力発電所にも調整電源が必要である。解決方法の一つは、この千万kW級風力発電所の近くに千万kW級の火力発電所、或いは千万kW級の貯水式水力発電所を建てることである。しかし、火力発電により CO<sub>2</sub> が排出されることになり、酒泉の自然状況により水が少ないため、大規模の貯水式水力発電所の建設も困難である。調整電源がない場合、送電網への接続は不可能であり、高効率火力発電所の建設が必要である。そうでなければ、特高压送電網の整備を待つしかない。中央政府はこの課題を解決するため、十二・五期間において1000億元を投資して全国に貯水式水力発電所を建設し、3100億元を投資して1000KVと750KVの送電網を整備することを決定した<sup>13)</sup>。これは火力、水力と風力発電をセットにして1000KVと750KVの送電網により消費地へ輸送する目的である。特に酒泉の大規模風力発電所に対して、酒泉-長沙の間に±800KVの送電網を整備し、火力、風力をセットにして華中地域へ輸送することを決定した。これらの政策により今後風力のような再生可能なエネルギー発電に対する調整電源が確保でき、消費地へ輸送の支障がなくなるが、送電網と調整電源の整備は短期間にはできず、整備できるまでの解決策はまだ不明である。

次は稼働率の課題である。「中国電力報告2010」によると2010年の風力発電所の稼働時間は2047時間であったが、豊富な風力資源があるので稼働時間はもっと多くなるはずである。稼働率低下の原因は、自然状況の悪さが風力発電に与える影響にあると考えられる。新疆、甘肅、内モンゴルの風力資源が豊富のため、大型風力発電所が建てられつつある。しかし、新疆、甘肅、内モンゴルにおいて黄砂の異常気象が多いため、風力設備は故障になりやすい。現有の風力設備技術によりこの課題を解決するのは難しい。風力発電所の立地を選ぶ際には、このような課題を考えなければならない。

最後に、寡占の課題がある。中央政府は再生可能エネルギー資源発電の普及を促進するため、設備総容量が500万kWを超過する発電所において、非水力再生可能なエネルギー発電設備容量は2010年まで設備総容量の3%、2020年まで設備総容量の8%を

---

13) 「電力第12次五ヵ年発展計画」に関する研究報告

占めなければならないという政策を打ち出した。この政策は確かに風力の普及を促進させたが、中央発電企業、国有発電企業による風力発電の寡占をもたらした。2010年に風力累積設備容量の上位10位は、中国国電グループ、中国華能グループ、中国大唐グループ、中国華電グループ、中国広東原子力グループ、国華電力、中国電力投資グループ、京能グループ、華潤電力、新天綠色エネルギーグループであり、京能グループ、新天綠色エネルギーグループが国有発電企業である以外、他の発電企業はすべて中央企業である。非水力再生可能エネルギー発電の割合は総電源の3%に満たさない場合、企業にとって新たな火力発電所の建設ができないという規定があるため、非水力再生可能エネルギーへの投資の真の目的は、発電企業の火力発電量を増大させることではないかと推定される。さらに、中央発電企業、国有発電企業の寡占は新しい企業の参入を阻害し、風力発電企業の経営の多元化への発展を遅らせる可能性が高い。

#### 4. 削減政策に対する展望

中国 CO<sub>2</sub> 排出の7割以上は、石炭の使用により排出されるため、石炭消費の50%以上を占めている発電部門が排出削減に重要な役割を果たす。発電設備容量の7割以上を占めている火力を非化石燃料発電に代替させることは共通の解決策である。しかし、原子力には安全の課題があるため、中国政府は原子力発電所の安全を重視し、建設中止あるいは建設延期になる可能性が高いと考えられる。非化石燃料発電としては、風力と太陽光発電に頼ることになる。中央政府が太陽光の発電量を送電網へ売電する価格は1.15元/kWhと決めたが、太陽光発電技術の不足や調整電源の確保、そして送電網の整備等様々な課題が存在するため、太陽光発電は風力発電のような急速に発展できる可能性が低い。したがって、発電部門に対する削減の重心を高効率の石炭利用に移させ、火力発電の効率を高めることにより、再生可能エネルギー発電の調整電源確保の課題も解決できると考えられる。

中国国内各省のエネルギー生産性の格差が大きく、一番高い北京（0.7標準石炭トン/万元）が一番低い寧夏（3.9標準石炭トン/万元）の5倍である。仮にもし国内エネルギー生産性が高い省はエネルギー生産性が低い省に技術移転や支援を行い、各省のエネルギー生産性の格差を縮小し、全国のエネルギー強度が全国の平均値0.9標準石炭トン/万元から0.7標準石炭トン/万元へ改善した場合、総エネルギー消費量の約20%が節約でき、CO<sub>2</sub> 排出の削減にも大きく貢献できるはずである。さらに、産業に対する技術移転により同産業のエネルギー生産性の最大値を実現した場合、もっと多くのCO<sub>2</sub> 排出の削減ができると考えられる。

現在は、原材料、運輸コストの増大や賃金の値上げのうえに、配分された省エネ目標を達成するため、高エネルギー消費産業を東部から西部へ、中心都市から周辺都市へ移転させる傾向が見られる。産業の移転と同時に省エネ・削減技術を導入し、新省エネ産業を作ることが一番理想的であるが、資金の不足や技術の低位性のために実現

は困難であり、ただの移転のみになってしまう。この傾向について注意すべきである。

最後に、日本からの協力の可能性についてもその重要性を指摘できる。CO<sub>2</sub> の削減、そして温暖化問題に対する他の解決策の成功は、世界が一丸になって協力する必要がある。中国に対して、石炭ガス化複合発電 (IGCC) など特に技術レベルが高く、エネルギー生産性が高い日本からの協力が非常に重要である。二国の協力により、win-win の効果ができ、より一層発展ができると考えられる。

## 5. 結論

本論文は中国における1990 - 2009年のCO<sub>2</sub>の排出量を計量分析し、排出の特徴を分析した。1990-2009年に年間CO<sub>2</sub>排出の増加率は7%であるが、2002年以降著しく増加した。原因は、中国が2001年WTOに加入し、外資の吸収と輸出の拡大により生産が拡大されたことである。生産急増により1人当たりのCO<sub>2</sub>排出の増加をもたらした、世界平均的なレベルを超えた。CO<sub>2</sub>排出強度は1978 - 2000年において減少幅が大きく、これはGDPの増加幅がCO<sub>2</sub>排出量の増加幅より大きかったためである。2001年以降は、CO<sub>2</sub>排出量が急速に増加したため、排出強度の減少幅は縮小した。

CO<sub>2</sub>の排出は、様々な側面で格差と偏りがある。産業面において、工業部門により排出されたCO<sub>2</sub>の排出量は総排出量の約7割を占めた。電力部門は約半分以上の石炭を消費し、2008年に総CO<sub>2</sub>排出量の約35%を占めた。エネルギー消費面において、石炭消費は最大の排出源であり、約70%を占めた。そして石油消費は約18%、天然ガス消費は約4%を占めた。省別の面において、各省のCO<sub>2</sub>排出の格差が大きく、2008年に排出最大の山東は排出最小の海南の27倍である。累積排出量は東部沿海地域が多いが、近年中央政府の地域経済発展政策の実施により、西部、中部、東北地域はエネルギーの消費を増加し、CO<sub>2</sub>の排出は東部沿海地域から中部、西部地域に移動する傾向が見られる。

削減政策の課題について、省エネルギーと再生可能エネルギーの使用に分けて分析した。省エネルギーについて、地方政府は財政収入増加のため、高エネルギー消費企業を引き続き操業させる動機がある。原因は地方政府の財政支出と財政収入の不均衡である。再生可能エネルギーについて、政府の失策により送電網の整備が風力発電所の建設に追い付けない結果、発電設備が送電網へ接続できない結果をもたらした。そして稼働率の低さ、調整電源の不足が風力発電によるCO<sub>2</sub>削減に効果を発揮しない原因である。中央発電企業、国有発電企業は風力発電を寡占しており、民間企業の参入を阻害する現状である。

今後、石炭の高効率利用、各省・同産業の間の技術移転によるエネルギー生産性向上の実現などはCO<sub>2</sub>削減に重要な役割を果たす。削減策の実施により引き起こされた高エネルギー消費産業の地方移転など新たな課題を積極的に解決しなければならない。



## 参考文献

- 中国国家発展・改革委員会(2007)「中国気候変動対策国家法案」。
- 中国国家発展・改革委員会(2007)「エネルギー発展第11次5ヵ年計画」。
- 中国国家発展・改革委員会(2007)「再生可能エネルギー中長期発展計画」。
- 中華人民共和国国務院報道弁公室(2008)「中国の気候変動政策と行動」。
- 中国統計局「中国統計年鑑」(2010年版)。
- 中国統計局「中国エネルギー年鑑」(1995-2009年版)。
- 中国電力企業連合会(2011)「電力第12次5ヵ年発展計画」に関する研究報告。
- 中国電力監督管理委員会(2011)「中国電力報告2010」。
- 李俊峰等(2011)『中国風力発展報告2011』中国：中国環境科学出版社、p. 44。
- B.W. Ang (2004) “Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? ”, *Energy Policy*, Vol. 32, pp.1131-1139.
- 「BP Statistical Review of World Energy June 2011」
- Jinjin Chen(2011) “China's experiment on the differential electricity pricing policy and the struggle for energy conservation”, *Energy Policy*, Vol. 39 , pp.5076-5085.
- Afton Clarke-Sather(2011) “Carbon inequality at the sub-national scale: A case of provincial-level inequality in CO2 emissions in China”, *Energy Policy*, Vol. 39 , pp.5420-5428.
- IEA 「Key World Energy Statistics 2008」
- Yan, YF, Yang, LK (2010) “China's foreign trade and climate change: A case study of CO2 emissions”, *Energy Policy*, Vol. 38 , pp.350-356.
- Wang Can, Jining Chen, Ji Zou (2005) “Decomposition of energy-related CO2 emission in China: 1957-2000”, *Energy*, Vol. 30, pp.73-83.
- Zhang Ming, Hailin Mu, Yahong Ning, Yongchen Song (2009) “Decomposition of energy-related CO2 emission over 1991-2006 in China”, *Ecological Economics*, Vol. 68, pp.2122-2128.

# Analysis on the CO<sub>2</sub> Emissions of China

WANG LEI\*

## Abstract

This paper uses LMDI (log-mean divisia index) model and analyzes the characteristics of energy-related CO<sub>2</sub> emissions over 1990-2009 in China. The results show that after 2001, the emissions increase rapidly, regional emissions are remarkable, and 70% of the emissions are due to coal consumption. Then the paper analyzes the background of those emission characteristics. Finally the paper analyzes the change about CO<sub>2</sub> emissions reduction policy, finds the unbalance in the local government's fiscal and the central government's unwisely decision are the main causes of big emissions.

## Keywords

China, CO<sub>2</sub> emissions, reduction policy

---

\* Doctoral Student, Graduate School of Economics and Business Administration, Hokkaido University