



Osaka  
University  
Forum  
on  
China

東アジア “生命健康圏” 構築に向けて  
大気汚染と健康問題を考える日中国際会議の記録

思沁夫・田中仁 編

OUFC  
BOOKLET  
vol.6  
2015/3



OUFC BOOKLET

Vol.6

# 東アジア “ 生命健康圏 ” 構築に向けて

大気汚染と健康問題を考える日中国際会議の記録

思沁夫・田中仁 編



# 目次

## 第一部 研究報告

### 総論

東アジア「生命健康圏」構築に向けて.....思沁夫 3

### 報告

北京市における大気汚染とその健康被害 .....鄧芙蓉 31

### 報告

中国城市交通関連大気汚染及其健康影響.....鄧芙蓉 35

### 報告

法制度の建設から中国の環境対策と未来への構想を論ずる  
.....王小龍 39

### 報告

従法制建設来談中国的環境対策和面向未来的構想.....王小龍 51

### 報告

大気汚染問題の歴史的推移及びクリーン・エア・アジアの  
現状と課題——日中の国内外におけるPM2.5問題と  
国際協力を中心に.....藤田宏志 59

### 報告

日本における大気汚染問題への法的対応に関する一考察  
——四日市ぜんそくからPM2.5問題へ.....松本充郎 63

### ディスカッサント

大気汚染と「中国社会」論.....田口宏二郎 79

### ディスカッサント

新しい大気汚染 Beijing Winter Severe Haze——科学的理解を  
深めるには何が必要か?.....豊田岐聡 83

ディスカッサント

問題認識の共有および問題解決に向けた知の統合.....上須道徳 87  
全体討論.....91

## 第二部 ポスター発表

中国

脈波におけるカオス解析から判別する精神疾患患者の特徴  
及び中国における心理問題への応用展開の可能性  
.....三好恵真子, 胡毓瑜 101

中国

舟山群島新区海域における漁業資源の現状と海洋生態の  
保護・修復への展望——現行制度や生態系に対する漁民の  
認識や意見に関する分析.....胡毓瑜, 三好恵真子 115

地域

モンゴル・ウランバートルから語る大気汚染  
.....岸本紗也加, 馬庭泰介 127

地域

インドネシアにおけるヘイズ問題の構造化.....川原賢太,  
Ng Yoke Yan, Soon Chai Fen, Joshua Mutua, 舎川春佳, 上須道徳 139

地域

イラン ザーヤンデルード川をめぐる水危機と人びとの暮らし  
.....西川優花 151

地域

ゴラン高原におけるドルーズ派コミュニティの生活空間と  
ゆらぎ 境界に生きる人々.....川口奈穂, 三好恵真子 159

地域

新エネルギー開発を活かした地域振興の実現に向けて——沖縄県  
宮古島の事例からの一考察.....松村悠子, 三好恵真子 173

技術・思想

謎の PM2.5 汚染を探る——先端質量分析技術の挑戦  
.....古谷浩志, 紀本岳志, 豊田岐聡 187

技術・思想

世界小規模金採掘の実態並びに水銀ゼロ (Zero Mercury) を  
目指す実践研究への展望.....姉崎正治, 三好恵真子 203

技術・思想

生命が共有し得る価値とは何か——ラスキンの固有価値論を  
基礎として.....橘高彫斗 217

ちらし..... 231

執筆者・報告者..... 233

あとがき..... 235





**第一部**  
**研究報告**



# 東アジア「生命健康圏」の構築に向けて

思沁夫

## 1. はじめに

地球資源の有限性、未来世代への責任に対する問いかけからすでに 50 年以上が経過した。1962 年にレイチェル・カーソンの『沈黙の春』、1972 年にローマクラブの『成長の限界』などが出版され、地球環境、資源の危機的状況に対する鋭い指摘が提起され、人間活動と経済成長中心主義的思考への警鐘が鳴らされた。そこで世界共通目標として循環型、持続可能、グリーンな国家、社会、ライフスタイルの実現が掲げられ、科学万能主義、大量生産・消費・廃棄型の近代的ライフスタイルの再検討が進められてきた。地球サミットなど世界規模の環境会議では一刻も早い国際理解、連携、協調が繰り返し主張されてきている。

しかし、1990 年代初頭の冷戦構造崩壊後、人口増大、市場経済主義が世界的に浸透している。私たちは 50 年前のあの警告の意味を再び問わなければならない現状に立たされている。世界では環境問題の規模がローカルからグローバルへ、複雑化、多様化、拡大化し、問題の要因と影響の因果関係の理解と責任の所在の明確化が困難となっている。環境問題は既に人間の生命を脅かす重大な脅威となっている。また、生命と健康の問題であり、政治的、経済的、歴史的、地理的現状と課題を超越し、普遍的であるほか、個々人の関心とニーズの高まりが伺える課題でもある。このようにグローバル時代に

においては、世界の国・地域は相互依存的、重層的に関係し合い、政治的、経済的、社会的、文化的な諸活動もあらゆる脅威にさらされていると言えるが、これは科学技術的な問題ではなく、社会的要因に負うところが大きい。

本稿では、東アジアの環境問題（主に大気汚染問題）と日中関係の現在に焦点を当て、東アジアが共存・共生社会へと向かうための課題と可能性について考えたい。経済成長中心主義の拡大と浸透、そして日中間の政治情勢や歴史認識の相違などは、日中両国の環境問題に対する調査研究、取り組みを大きく左右する。従来の学術研究体制は、「学問のための学問」「分野内に限定された再生産」に留まっているだけでなく、それぞれのナショナリズムを背景にして議論される経済問題が、環境リスクの拡大を招き、問題解決をより困難にしていると指摘できる。丹羽宇一郎氏は『中国の大問題』（PHP 新書 2014）で習近平の言葉「互いに住所変更はできない」を引用しつつ、紛争や競争ではなく、共存の道を歩むことを提唱した。彼が述べるように、日中の関係性から相互の未来性を語るというのも確かに重要である。しかし、政治や経済などのある特定分野だけではなく、より総合的な新たな枠組みが構築されない限り、現状打開には限界がある。

2014年10月、大阪大学の豊中キャンパスで開催された、大気汚染と健康問題を考える日中国際会議において、著者は東アジアにおける人々の共通利益や関心に着目すること、さらに東アジア「生命健康圏」の構築を提示した上で、分野内における既成概念、価値観、形式と異分野間の様々な障壁を超越し、危機をチャンスに転換する抜本的な姿勢と取り組みの重要性を再度強調し、現状打開に向けた新たなアプローチを提示した。環境に対する価値観の転換、問題解決に向けたグローバルな合意形成は喫緊の課題であり、人間の多元的アイデンティティの受容と環境問題を優先的に捉えるアプローチに立脚した分野、国や地域横断型の連携体制を構築し、解決手段の実装化を図らなければならない。

東アジアにおいては、環境分野に限らず、あらゆる領域で地域横断型の取り組みが未だに少なく、広域連合の構築が緊要な課題となっている。だからこそ、今、「生命の価値」という全人類共通で、普遍的とも言える概念を主

軸に、東アジアにおける政治、経済、社会、文化、地理など様々な分野や障壁を超越し、新たな可能性を共同で模索し、体制構築を実現する必要性を主張したい。

## 2. ヒト、東アジアと大気汚染を巡る状況

著者は2013年12月から翌年2014年2月にかけて、大阪大学(日本)、中国農業大学と雲南大学(中国)、モンゴル国立大学(モンゴル)の3ヶ国の学生たち計280名を対象に、リスクに関するアンケート調査を実施したことがある。問いは「あなたが最も懸念するリスクは何か」である。学生たちには、政治、経済、社会、環境の4分野、合計20のリスクのうち最も懸念するリスクを5つまで選択してもらった。結果、ヒトと環境を取り巻く様々な問題、例えば領土問題、食品の安全性、水質汚染、地球温暖化などが多く挙げられたが、彼らの中で最も懸念されたリスクがPM2.5<sup>(1)</sup>、すなわち大気汚染だった。

東アジア諸国では著しい経済成長を遂げる一方、大気汚染物質の増加が大規模化、深刻化しているのは周知の通りである。人口増加、エネルギーの大量消費、国家間の政治的対立、経済成長の主流化、貧富の格差拡大、領土や海域に対する歴史的認識の問題など、これらの現状が大気汚染の発生と悪化を助長し、問題解決への道を霞ませている。また、地域文化を離れた都市型の人間活動は大気汚染だけでなく、地球温暖化、生態系破壊や人間の生命・健康被害の拡大という地球規模の惨禍を招いている<sup>(2)</sup>。

人類と大気汚染の歴史は古く、約50万年前の火の使用に始まる。主な大気汚染物質、例えば硫黄酸化物、窒素酸化物、一酸化炭素、煤塵などは、燃焼に伴い発生する。これらの汚染された空気の吸入は、ぜんそく、慢性及び急性の呼吸器系疾患、肺や気管支の機能不全などの症状を招き、人々を死に至らしめてきた。だが19世紀まで、大気汚染は主に室内や局所で発生し、その影響はごくわずかにすぎなかった。

大気汚染がグローバルな公害であり、それが生態系に影響を及ぼす深刻な社会環境の課題として認識され始めた歴史は浅い。それは 18 世紀の産業革命以降のことである。大気汚染の発生源は主に人為起源と自然由来の 2 つの要因が挙げられるが、特に 18 世紀以降、火力発電所や工場における化石燃料の燃焼と自動車走行による排気ガス発生などの人為的活動の影響拡大が増し始めた。イギリスのロンドン、そしてアメリカのロサンゼルスはスモッグに覆われ、多くの呼吸器系、循環器系疾患患者と死者を生み出した。その後、ヨーロッパや北米の先進諸国では先進国の共通認識（自覚と責任）が得られており、様々な対策が早期段階で講じられてきた。

さて、現在はどうか。2008 年、NASA は代表的な大気汚染物質である PM<sub>2.5</sub> の衛星観測を示した（図 1）。大気汚染の人為・自然起源の区別化が困難であるものの、中東およびサハラ砂漠地帯では風による砂の舞い上がり、中国東部およびインドでは人為由来の大気汚染物質の飛散量の多さを示していると考えられている。大気汚染状況が均一に確認されることはなく、同国であっても地域や時間帯、観測地点によって、汚染度とその要因が異なる点には注意しなければならない。

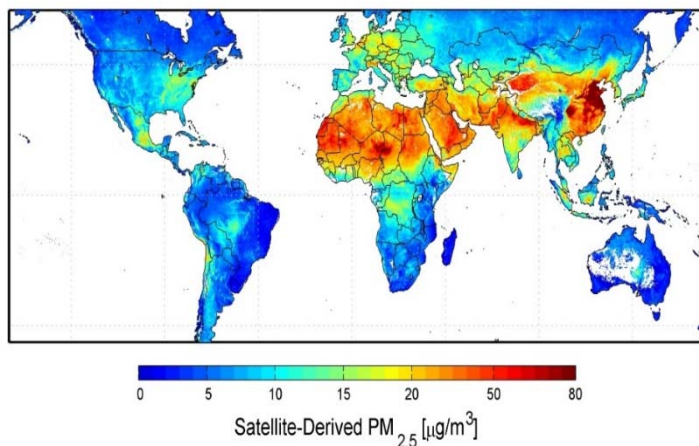


図 1 PM<sub>2.5</sub> の世界的分布図（2001～2006）

[ Aaron van Donkelaar (2010) ] <sup>(3)</sup>

同じく NASA は人為由来の大気汚染による若年死亡率の世界地図を公表している<sup>(4)</sup>。図 2 はノースカロライナ大学のジェイソン・ウェスト教授が行った調査に基づいているが、1850 年～2000 年における人為起源の大気汚染データから、1 年間における 1000 平方キロメートル当たりの平均若年死亡率を示したものである。ジェイソン氏は PM2.5 による死者は毎年世界で 210 万人に上ると結論づけ、大気汚染による若年死亡率を色別に示した。茶色の濃さが死亡率の上昇を、逆に青いエリアでは死亡率減少を表している。この調査では、ここ数十年の最新データは反映されていないほか、他の調査データを並行して参照する必要があるが、大気汚染と疾患、死亡との関連性を示すものとして参考になる。特に中国東北部やインド、インドネシア等のアジア地域における高い死亡率が確認できること、大気汚染の影響がアジアに集中していることは注目に値するだろう。

大気汚染が健康を脅かす主要な環境リスクであることは、世界保健機関 (WHO) で確かに報告されている。WHO は世界の都市部及び地方における大気汚染で 2012 年に 370 万人が脳卒中、心臓病、肺がん、喘息を含む慢性及び急性呼吸器疾患で死亡したと推測している。さらに、若年死亡の 88% は低所得あるいは中所得国で発生しており、そのほとんどが西太平洋および東南アジア地域に集中している。これらの地域では 167 万人が大気汚染由来で罹患し、93 万 6000 人が死亡しているという<sup>(5)</sup>。

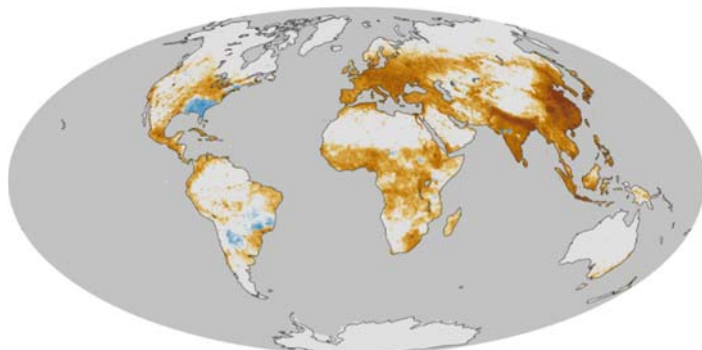


図 2 大気汚染による若年死亡率 (1000 km<sup>2</sup>/1 年)

では、世界から今度は東アジアに視点を転じ、大気汚染の状況を上空から俯瞰してみたい。図3のように、大気汚染状況は汚染濃度によって色別に表示される(単位はt/年/経緯度0.5度メッシュ)。これは、2008年の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )、非メタン炭化水素(NMVOC)、二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )、微小粒子状物質( $\text{PM}_{2.5}$ )排出量分布図である。中国東部の他、日本、韓国、インド、インドネシア、ネパール、バングラデシュなど、南および東南アジアの都市部における汚染物質の高い数値が確認される。しかし、インドネシアの事例を挙げると、都市部における大気汚染(都市部への人口集中、自動車やバイクなどの交通量やエネルギー消費量の増加が主な要因と考えられている)だけでなく、農村地域における大規模な焼畑農業によってマレーシアやシンガポールなどの隣接地域で健康被害が発生し、視界不良のため航空機の離発着への影響がでるなどの煙害が報告されている。

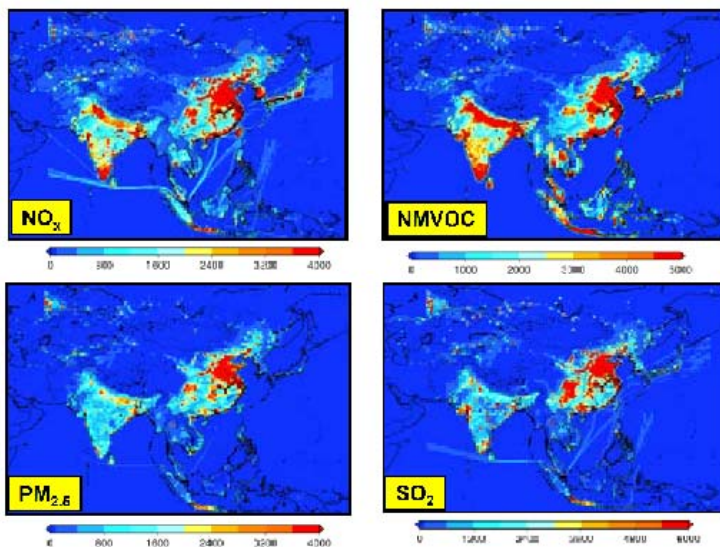


図3 アジアにおける大気汚染物質の排出量分布図(2008)  
 (大原利真「成果報告 アジアにおける大気汚染物質の排出実態から越境大気汚染問題を考える」『一般公開シンポジウム 越境大気汚染への挑戦 2013』講演要旨集)



人為由来の大気汚染物質の排出量は、1970年代後半頃からアジア地域で急増している。窒素酸化物を例に取れば、放出量は1年に1万ktであったのが、2000年頃にはほぼ3倍の3万ktに達した。これは北米やヨーロッパ諸国の窒素酸化物放出量を上回る数値である。アジアの大気汚染物質排出量の経年変化のデータから、全体的に排出量が上昇しているが、とりわけ中国の上昇率の著しさが読み取れる（図4）。

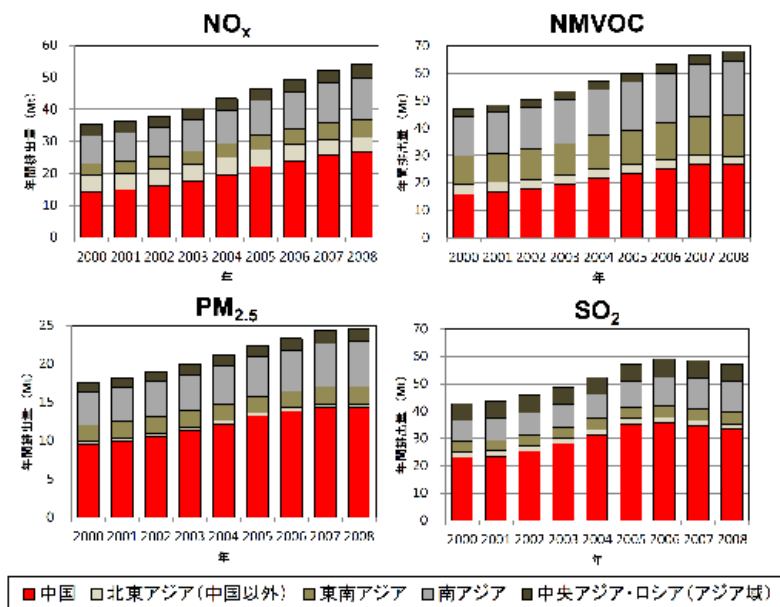


図4 アジアの大気汚染物質の排出量の経年変化のデータ（2000～2008）  
 （大原利真「成果報告 アジアにおける大気汚染物質の排出実態から越境大気汚染問題を考える」『一般公開シンポジウム 越境大気汚染への挑戦 2013』講演要旨集）

さらに、国立環境研究所の東アジアの広域大気汚染図によると、1980年から2000年にかけて特に中国における大気汚染の深刻化が著しく、何らかの対策を講じずに現状を維持すれば、2020年にはさらなる事態の深刻化が

予測されている。

ここで東アジアにおける大気汚染の現状とその背景要因に着目すると、その背景、要因、影響が複雑に絡み合う構図が描ける（図5）。

このような現状を前に、東アジアは抜本的な解決策を見出せていない。アジアでは経済規模の拡大と都市化の進展に比例し、大気汚染も拡大することが予想される。アジア各国、地域間は歴史的な関連性と地理的な隣接性があるものの、政治・経済状況、社会制度、人々の慣習、価値観は非常に多様で異なることから、大気汚染の影響は越境/広域性と要因の複合性、長期化を示しており、地域間連携、協力は既に始まっているが、解決への道を構築する状況には未だ至っていない。私たちはこれらの現状や特徴を十分に認識した上で、地域間連携を促進してゆかなければならない。

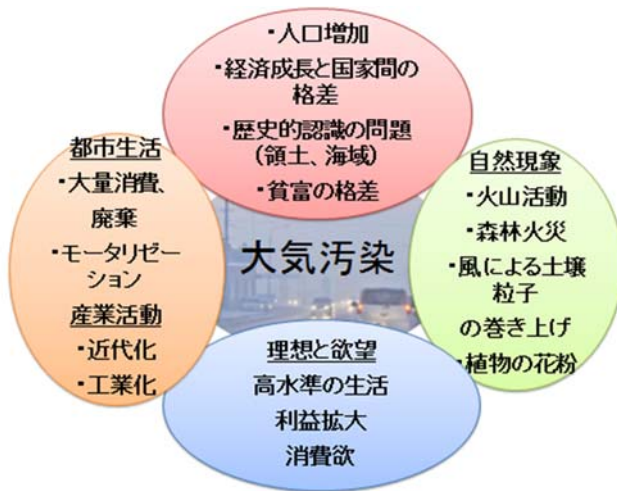


図5 東アジアの大気汚染を取り巻く現状と主な要因

2013年、西日本を中心に環境基準値（日平均値  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を上回る高濃度のPM2.5が観測されたことは記憶に新しい。北京におけるPM2.5の大気汚染問題の報道も重なり、日本では社会的現象となって世間の耳目を集めた。中国東北部、特に北京を中心とする都市部では大気汚染が冬期に悪化し、大

霧が一面白い霧に覆われたようになる。この白い霧の発生は、都市部における自動車などの交通量の増加と渋滞、工場由来の排ガス発生が主要因だと一般的に考えられている。

中国政府は当初、大気汚染物質の濃度数値を明確に公表せず、「濃霧」と説明していた。だが2009年以降、在北京アメリカ大使館が大気汚染物質の観測を開始し、PM2.5の測定値をウェブ上で閲覧可能にしたことで、中国政府に対する事態改善の扇動につながった。北京市環境保護観測センターは、2013年1月12日より二酸化硫黄、二酸化窒素、PM10、同月21日からはPM2.5の1時間毎の観測データをウェブ上で報告している。

もう一つ国際社会の注目を集めた事例は、ある中国人がPM2.5に対する問題意識を高めたことである。彼の名は馬軍<sup>マージュン</sup>、中国の環境活動家である。2006年、民間公衆環境研究センター（通称IPE）を設立し、中国の一般市民に大気汚染状況を通知し始めた。同センターは各企業に対しても同様に大気汚染データを公表し、汚染源の特定を呼びかけた。汚染状況が未処理の場合は、企業名をブラックリストに掲載することで、企業に対する市民の監視の目を意識させた。また、馬軍は中国の水質汚染と大気汚染状況を示す2つの大地図を公開し、中国政府に対して汚染の早期解決を迫るよう強く促した。2012年、同センターはアラ善SEE基金の協力の下、「グリーンデータベース」を開発した。住民たちはこのシステムを通じて企業番号の入力だけで、企業の排出する大気汚染物質排出量規制基準の順守状況が瞬時に確認できるようになった。

また、中国の環境NGOの果たす役割も大きい。「自然の友」や「グリーンピース中国支部」などのNGO団体は、大気汚染問題の情報公開、市民参画、監視システム構築などの活動に尽力しており、これら組織の活動が中国政府に与えた影響は無視できない。中国政府は北京市大気汚染防止条例や大気汚染防止法の早期策定、環境法改正などの法整備、改善推進に尽力し始めた。中国の環境NGOの取り組みが、情報の共有、地域間の連携、行動の重要性と実効性を示したことから学ぶことは多い。

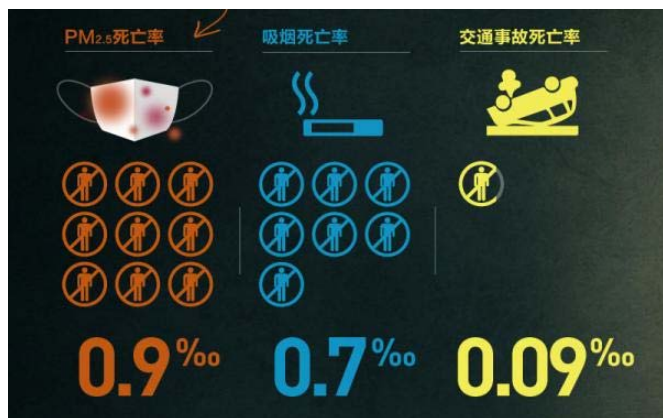


図6 中国国民の死亡原因 (PM<sub>2.5</sub>, 喫煙, 交通事故)

2015年2月4日、北京大学・公衆衛生学院の潘小川教授率いる調査研究グループの発表『危険の呼吸：PM<sub>2.5</sub>が中国都市住民に与える影響に関する研究』(内部公表)で、中国国内ではPM<sub>2.5</sub>が交通事故、喫煙をしのぐ死亡要因であることを示した(図6)。

この研究では中国の大都市100都市以上をサンプリング、その中から31都市の住民を抽出し、中国の全国レベル、都市間比較、アメリカやWHOの大気汚染や健康被害の基準を比較、統計および現地調査を手法として研究を行っている。研究内容の詳細はここでは割愛するが、PM<sub>2.5</sub>は最も懸念すべき死因の一つであり、今後改善の見込みがなければ死者の増加は避けられないと推測されている。この潘氏の調査研究から分かるのは、大気汚染が中国人の生存・健康維持の脅威であるだけでなく、中国の経済活動、さらには国際社会に多大な影響を及ぼすということである。

### 3. 危機からチャンスへ

中国と東アジアにおける大気汚染問題についての議論には、次の3つの重要な意味がある。

第一に、大気汚染は容易に他国、他地域へと拡大することである。例えば、東アジア地域における大気汚染物質放出のほか、黄砂、シベリアおよび東南アジアの森林火災により発生した大気汚染物質は偏西風や冬から春の北西季節風によって運ばれ、まずは韓国に、次に日本、さらに太平洋の東海岸に飛来する。大気汚染問題に対して、国や自治体に限らず、大陸、大気圏を含む広域的な視野で対策実施に臨まなければならない。

第二に、大気汚染は人間の生命と健康を脅かす生死の問題である。特に近年、東アジアにおける人々の健康意識の向上もあり、環境問題はより一層注目を集めるようになってきている。しかし、かつて公害列島と形容された日本の経験は、諸外国における教訓となるに至らなかった。公害の問題が政府と専門家の議論に終止したことが一要因である。

第三に、東アジアはあらゆる災害の被災地帯であるという共通性を持つ。この10年間を顧みるだけでも、2008年の四川大地震、2011年の東日本大震災、その他東アジア各地が自然災害、すなわち集中豪雨、台風や津波による浸水被害、異常気象などに襲われている。人々は自然の脅威を幾度も痛感してきたと同時に、各国・地域間の災害経験の共有、知識の集約、学び合いと共働が緊要であり、事前準備、災害緩和、順応、適応策への応用につながる可能性が指摘されている。

東アジア諸国は経済成長優先路線をとっている。しかし、政府、自治体、企業、環境保護団体や市民の間では軌道修正の必要性、環境破壊の深刻化、国家存立と人類の死の危機は既に認識されている。2000年以降、東アジアの代表国、数十ヶ国が参加するEANET (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク)の政府間会合が毎年開催されている。だが会合では、経済活動の制約に反対する立場や、技術や資金不足、ある国の主張には反対するなどして、大気汚染の問題解決に向

けた東アジア全体の法整備，条約化への足並みは揃っていない。東アジアでは，歴史的，政治的，地理的問題や経済的格差など，国家間の対立や溝が多国間の連携と実装化の主な阻害要因となっている。中国は 1980 年代以降に急速な経済発展を遂げている「世界の工場」であり，内閣府は 2025 年に中国が国内総生産（GDP）世界第一位になると予測している。世界における中国の立場と役割の重要性は，さらに注目が高まると同時に，日中の相互信頼と連携が不可避な状況になるだろう。昨今の日中間の政治的対立とは対照的に，経済，文化，民間レベルなどで相互理解や関心は深まっている。例えば，日中両国の経済的パートナーとしての相互必要性和重要性が指摘されている<sup>6)</sup>。

また，中国の書店では必ずと言って良いほどルース・ベネディクト『菊と刀』が店頭に並んでいる。本書は 1945 年に出版され，アメリカの当時の敵国，日本また日本人の本質を探ることで対日戦の勝利を目論んでいたアメリカ政府の思惑が執筆の背景にあり，内容に関しては専門家などから異論や指摘が多いものの，未だに中国の店頭から消えることはない。この状況は，中国人が日本，また日本人に対する理解を希求する姿勢を象徴したものだと言著者は理解している。なお，『菊と刀』の著者ルース・ベネディクトは日本を一度も訪れたことがないが，アメリカ国内で入手し得る限りの文献，資料，データを丁寧に読み解き，分析を重ね，日本と日本人に関する包括的記述を試みた。彼女の研究活動は，地域研究者が国や地域を理解する上で一翼を担う，また諸外国間の課題に対して突破口を開くこの 2 つの可能性を確かに示している。

さらに日中の歴史的接点と思想基盤の共通性も見いだせる。中国と日本文化の根底には「気」が存在する。これは五行陰陽説と関連する。中国の伝統的な哲学，思想の源流は万物の構成源の気（木・火・土・金・水の総称）であり，世の森羅万象は陰と陽という二つの気によって生起すると考えられているが，日本の「気」文化はまさに中国起源である。

両国の農業を観察すれば，人々の自然に対する共通理解が存在しており，同様の文化，価値観の養生があり，中国，日本を含むアジア・モンスーン型

と西洋型の農業の対比が可能である。今から約 100 年前に東アジア（中国、朝鮮、日本）を探検したアメリカの学者、キング氏は、農業の在り方や農民の姿から多くの学びを得たという。中国や日本など東アジア地域では、雨水や人間や家畜の尿尿を有効利用し、小規模農業を実践した水田や棚田が一面に広がる。大地の栄養は人間を經由して自然界で連鎖し、4000 年以上にわたって多大な人口を抱える東アジアを支え続けた。一方、西洋では大型機械と化学肥料に依存する、単一作物生産型の大規模農業が土地を痛めつけ、農業を存続危機に陥らせた。

既述したように、東アジアは西高東低型の地理、地球資源の有限性とグローバル環境リスク、共生社会の構築という課題を抱えている。そこで、著者が今回提案するのは東アジア生命健康圏の構築である（図 7）。



図 7 東アジア生命健康圏の構築

東アジア生命健康圏では一人ひとりの個人の生命や健康維持だけでなく、私たちの生きる社会を同時に包括する、均衡のとれた状態を考える。確かに人間の生命と健康の維持、あるいはより良い状態に導くことが考えられるが、

これらの維持，改善を左右する政治，社会，文化，環境（地域空間と自然環境）などの安定性が本質にあることを強調したい。

ここで私たちは次の重要な視点を念頭に置かなければならない。まずは「長期性」である。東アジアの諸国間では，国家間の政治，歴史摩擦という課題が依然として解決されていない。また，近年の中国の政治的，社会的，法的な現状等を鑑みる限り，中国における環境問題はあらゆる国・地域に拡大しつつ影響力を増しており，事態の解決は一朝一夕にはいかないことが容易に想像できる。私たちはこの大前提に立ち，共同研究や連携協力を促進すべきであり，東アジアにおける歴史を踏まえた上で，東アジアが直面する健康環境問題の議論，解決法を模索する必要がある。

次に「広域性」，すなわちグローバル環境リスクとの関わりである。世界では，政治の関心は環境や地政学にシフトしている。一方，東アジアでは，政治が歴史問題などナショナリズムの高揚とともに，環境破壊及び自然資源の喪失という問題が地政学リスクの変動要因となりつつある。実際に 21 世紀の東アジアでは地政学的リスクが高まり，複雑流動化しているが，これは中国の経済規模，軍事強化の動向だけでなく，地球規模の環境変化や資源獲得を巡る争いと無関係ではなく，危機感は募るばかりである。

日中両国に目を移すと，共に重大な内部リスクを抱えている。日本では少子高齢社会の進展，産業の空洞化（生産拠点の海外移転），地方衰退が懸念されている<sup>7)</sup>。中国では，経済活動の進展と規模拡大で他国を凌駕すると予測され，最先端技術の導入や利用に伴う新たな課題に既に直面している。日中両国が抱えるこれらの「内在リスク」が改善と解消へ向かわない限り，より巨大なリスクへ進展する脅威は否めない。

このような世界および東アジア情勢の中で，私たちの研究，とりわけその方法や協体制度はグローバル健康リスクに十分に呼応していない。特に，学際的な共同研究の重要性はしばしば指摘されるものの，実現に至るまでには様々な問題や障害が立ちはだかっている。

ここで著者が生命健康圏を提案するのは偶然ではない。地域および分野の超越が可能な枠（主題）は何かを考えたとき，生命と健康という概念に辿り



着いた。生命の価値は時と場所を選ばない普遍性を持つ。また、人々の生命および健康の損失はかつてないほど危険にさらされ、かつてないほど人々は制御不可能な出来事や未知に直面し、懸念、不安、怖れを抱いている。だからこそ、対象を限定した、短絡的な問題処理ではなく、長期的展望に立脚した経験や知恵の共有、技術協力が喫緊の課題として求められているのである。国家間あるいは他分野の研究者間における連携協力関係の構築、維持は、リスク対応の充実化と双方のメリット拡大につながるのである。

#### 4．学際的連携協力の実践例：都市化と食・健康・環境の問題

本章では都市化と食・農業・健康・環境問題における、他分野、他地域との連携協力活動の実例を紹介する。

まず、都市は従来の伝統的な生活環境である農村や遊牧地域とは様相を異にしている。かつて人間の生活基盤は小さな集落であり、限定されたコミュニティ内部で衣食住が成立していた。しかし、18世紀の産業革命後、人々の移動や活動によって、各地にある程度の人口規模を有する都市が誕生した。

1950年代には世界人口の約30%が都市生活者となり、2050年までに66%まで上昇することが予測されている。また、メガシティ、つまり人口1000万人以上が居住する都市は、1975年においてわずか3都市のみ（東京、ニューヨーク、メキシコシティ）で、金融、情報、文化の中心地は世界においても非常に限定されていた。1990年に10都市、2014年に28都市となっている。2030年には41都市への増加が見込まれているほか、都市自体の数も増え続け、今後も増加に歯止めがかかるとはしないとされている。とりわけアジアの都市人口は2014年時点で世界都市人口の約50パーセントを占め、（アフリカの都市人口増加も予想されるが）2050年にかけてもこの数値を維持し続けると推測されている<sup>(8)</sup>。アジアはそもそも何千年も昔から大規模な人口を抱えていたが、大半の地域において水、大地、気候、人間活動などを

循環させた持続型農業を営み続けることでこの人口を支えていた。

しかし、都市化および都市の巨大化は、単に人口増大現象を巻き起こすだけでなく、貧困と環境問題の集中化と深刻化と連動、密接にリンクしている。

まず、都市化とは人間と地域との切断、すなわち自給自足型から、「他給他足」型の他者や他の地域、世界に対する依存型のライフスタイルの切り替えを意味する。また都市化は、農業従事者の減少が農業の衰退を引き起こすだけでなく、都市生活者の環境汚染行為によって生じる地方・都市の土壤汚染や水質汚染への対応の遅れを招くことも指摘できる。人々の生活は伝統的な所有地や生業から分離し、人間は（食糧生産を要しない）商業や教育、サービス産業活動などに従事し、金銭的価値が社会を支配する。そして、都市で職に有りつけない、あるいは失業した者は貧困に喘ぐことになる。

もう一つの都市化の特長は、インフラや環境整備に技術と資本を要することである。資本の集約によって、特異なメガシティ（都市圏人口が1000万人以上）という巨大都市が誕生した。都市化において重要な機能を持つ物理的構成要素、例えば技術設計や管理、食料や水の貯蔵・確保、衛生管理、法整備や交通整備などの形成や機能維持において、技術、資本、教育分野での他国・地域の援助・協力が不可欠になる。

都市化は人間の意識、価値観、文化に常に変化を与えてゆく。世界ではあらゆる民族や文化、価値観が溶け合っており、私たちは多様な選択を迫られるようになってきているのである。この状況は当然アジアにも当てはまる。しかし、どの国であれまた地域であれ、うまく対応している事例はまだない。

本国際会議の主題は中国・北京の大気汚染であるが、この環境問題の主要因は都市化である。都市（北京）に人口が集中し、人々はエネルギーを大量に消費し、交通手段として利用する自動車から排気ガスが排出され、渋滞の慢性化によって、汚染によって白く霞んだ生活圏内で人々は呼吸器系疾患に悩まされている。

人間の活動によって私たち自身に降りかかる問題の一つが大気汚染である。事態の深刻さは中国だけでなく、既に、モンゴル、インド、バングラデシュ、インドネシアなどアジアの国々で報告されている。都市化はさらに

人々の貧富，所得，居住・衛生環境，健康状態などの様々な格差とも関連しており，単発的な，応急処置のような対策では解決に接近できないことは既述の通りである。

著者は北京大学やモンゴル国立大学，モンゴル科学技術大学を拠点に連携体制を構築し，大気汚染問題の解決に向けて共同調査や会議などを現地で実施してきた。特にモンゴル，ウランバートルの大気汚染は世界最悪レベルと言われている。ウランバートルでは，貧困と経済格差，火力発電所およびゲル地区における石炭燃焼，自動車の排気ガス，酷寒で盆地であるという地理的条件などの要因が複雑に絡み合っており，そのことが大気汚染の事態の複雑化・深刻化を助長している。そこで中国や韓国，日本，アメリカやヨーロッパ諸国などの研究機関と共同で大気汚染問題の解決に向けた調査，協議，対策が始まっている。その際に問題となるのは，技術的解決方法ではなく，モンゴルの文化，社会的特徴を念頭に置いた解決手段である。加えて，モンゴルが国際協力の対象に留まり続けるのではなく，いかに自立的に発展できるかが問われている。著者は，現地の協力を得て調査を重ね，地域や他分野（経済学や工学，人類学，環境学など）と連携するかたちで抜本的で継続できる解決方法を模索している。

人間の活動が人間や自然環境に影響を及ぼすもう一つの例が食・農業・健康・環境の問題である。食べ物は人間の生命と健康を維持する働きがあるが，時には食が人間を病や死に至らしめることもある。

食・農業・健康・環境の現状は健康被害，化学物質汚染，食品加工段階における食の安全，地域独特の伝統的食文化の喪失や変容，ファストフードやジャンクフードなどの「非健康的」な食文化の普及などが複雑かつ複合的に絡み合い，事態をより一層深刻化させる事態に直面している。食がある特定地域だけでなく，地球規模で生産，流通，消費，廃棄される現在，もはや一定地域で解決できる問題ではないことは明らかである。また，食には有限性がある。貧困と飢餓という食の分配問題とともに，人口増加，地球温暖化などの異常気象による安定的な食料供給の難しさ，さらに生態系の多様性が失われつつある現在，有限性をいかに克服するのか。共同研究のもう一つの重

要な柱として、著者がこの食の現状研究を蓄積してきたのは、まさにこのような現状が背景にあるからである。

アジアでは各地で急速な都市化や人口急増、特に中国やインド、西アジア地域では砂漠化によって耕地面積が減少しているうえ、農業用水不足という事態を抱えている。さらに農業をはじめとする化学肥料、工業排水、生活排水などの土壌、水質汚染などのあらゆる食・農業・健康・環境を巡る問題が同時に発生している<sup>(9)</sup>。アジア農業はアジア自体における食料自給を困難にしているだけでなく、アジアの人口規模と消費形態の変容が世界に与える影響も無視できなくなっている。アジアの生態環境の優れた土地においても（日本では稀有だが）、農産物の輸出促進向け農地となっている事例は多く、またある国や地域では水を戦略的資源と捉えて農産物輸入などを推進し、非持続的環境に陥っている<sup>(10)</sup>。

ここで戦後の日本を例に考えてみたい。アメリカなどの西洋諸国社会を指標に、国家総動員で近代化、工業化にひらすら邁進した。日本各地の工場から舞い上がる白い煙は「経済成長の証」として、希望を感じ取られることもあった。しかし、1950年代および1960年代、国民が次第に経済的恩恵を受け始めたと同時に、「四大公害病」などのように各地で人々が公害問題に苦しんだ。例えば水俣病がそうである。

水俣の公害問題は環境汚染に留まらず、食物連鎖を通じて食の汚染、健康と生死の問題へと発展した。この問題に対する責任の所在はほぼ明らかであり、それは有機水銀を河川に流出させた化学工場、企業であった。水俣は地元住民の努力の蓄積とその成果によって、現在は環境モデル都市として有名になった。著者は学生及び中国やモンゴルからの研究者などと共に、熊本県水俣市を訪問した。現地では水俣をより良い、持続的な地域に復活させようと奮闘している人々に出会い、博物館や地域を見聞した。水俣における痛ましい過去は、私たちに近代化、工業化、発展とは一体何なのかという問いを発生続けて止まない。水俣病と非常に酷似した問題群は、今なお経済成長を遂げる国々で繰り返されているからである。

グローバル化時代において、食・健康・環境問題の責任の所在はますます

不確実化しており、食の安全と健康被害の問題もある一定の国や地域にとどまらず、グローバルな影響力を持つようになってきている。アジアは食にかかわる栽培や養殖などの生産拠点であり、工業生産地帯であり、大量の消費者が暮らす地域でもあるため、食の生産・流通・消費は国境を越えて密接な関係性を持っている。また、各国における食の輸出促進は商業的な食品製造に傾斜しやすく、大衆の嗜好や流行などが生産地の生態系を破壊させ、化学物質の流出は土壌や河川を汚染することとも無関係でない。さらに食の多様化、個人化の拡大によって、食のネットワークも複雑化・多様化しており、食品汚染の課題は、食の安全学、リスクマネジメント、環境保全、伝統継承、人材育成など、あらゆる分野や視点を融合させた学際的アプローチが求められている。

これまで著者は、食の安心・安全に関する調査研究をアジアの国々で継続して実施してきた。海外現地調査はまず中国で始まった。当初の研究は食の安全、衛生管理専門の研究者と食品や生産物に含まれる汚染物質の分析、数値的処理とデータ抽出が中心だった。しかし、その後は土壌社会学分野と連携体制を構築し、食を地域性、多様性、文化的特徴などとリンクさせ、人類学や国際協力学などの文系学問との融合を試み、食とアイデンティティの多様性および普遍性の探求を試みている。同時に、中国から研究者や学生たちを招き、日本国内におけるフィールドワークを積み重ねてきた。

その後、調査地をベトナムやモンゴルに拡大してきたが、大阪大学と現地大学の学生たちが調査研究の主体となって取り組みながら、現地住民をも積極的に巻き込み、調査の状況や成果は報告会で公表、報告書の現地語出版などを行ってきた。調査研究に当たり、一貫して心がけてきていることは、諸問題の批判ではなく、事態改善・解決に向けた提案と相互協力への進展につながるよう調査成果を現地に還元することである。

現在、連携協力を構築、維持している対象国・地域は中国、モンゴル、ベトナムの都市、都市近郊、農村、漁村などと幅広い。北京大学、北京農業大学、雲南大学、モンゴル国立大学、カントー大学等の大学や研究機関の農業、医療、法律、科学技術系分野の共同協力者が各地域に存在するほか、アメリカ

カやヨーロッパ諸国とも連携を進めている。相互連携・協力体制の下で、食の生産・流通・消費段階を網羅的に現地調査し、関係者などへのインタビューを今後も継続してゆく。

## 5. 会議と俳優の教えるところ

最後に、二つのトピックを紹介したい。それは、COP20 と高倉健である。

2014 年 12 月 14 日、会議日程延長の末、ペルーの首都リマで気候変動枠組条約第 20 回締約国会議（COP20）が閉幕した。この会議では京都議定書に代わる、2020 年以降の気候変動対策の国際的枠組みが争点だったが、先進工業国と発展途上国に配慮するかたちで合意案が採択された。各国は来春を目標に削減目標を明示し、COP21 で合意を目指す予定である。

同年 11 月の APEC（Asia Pacific Economic Cooperation）首脳会議では、世界における二酸化炭素排出量で最も影響力のある中国とアメリカ（この 2 国で世界排出量の約 4 割以上を占める、なお日本は世界第 5 位）が二酸化炭素排出規制の新目標を掲げ、行動計画を提示したが、COP20 においても引き続きその積極的な姿勢が貫かれており、世界にインパクトを与え、今後は両国の実効力発揮が期待されている。

一方、日本の姿勢は対照的だった。望月義夫環境相は日本の排出量削減目標について具体案を示さず、「各国の動向や将来枠組み議論の状況（エネルギー政策についての）国内の検討状況などを踏まえ、できるだけ早期の提出を目指す」と演説するにとどまった。日本政府は演説後に各国から様々な指摘や要望を受け、具体的目標の策定を指示した。京都議定書に代わる新たな枠組み形成に向けた協議であっただけに、日本政府の発言に失望した国・地域は多く、同会議で日本は「化石賞」を受賞した。国際 NGO より地球温暖化問題に対して消極的だとの評価を受けたためである。

地球温暖化については、国際的議論が展開されてきたにも関わらず、二酸化炭素の大気中濃度の上昇に伴い、地球の温度も 2 度上昇した。もはや地球

規模の抜本的対策が講じられない限り、地球温暖化の深刻化は避けられないことが広く認識されている。現在、人類に最も求められる合意の一つは、先進工業国と発展途上国の真の意味での、共通の枠組み構築および連携・協力体制の具現化である。これは政治的な問題であると同時に、科学技術、私たち個々の消費者、生活者としての問題でもある。

ここで著者はアメリカ、中国の態度を歓迎し、日本の消極的姿勢を非難したいのではない。特に主張したいのは、21世紀の政治、科学技術の運用と管理の問題が、日本ではいまだ関心が低いということである。日本のテクノロジーは、省エネを実現するかもしれない。だが、世界がグローバル環境リスクを抱える中で、地球の未来に視点を移し、私たち一人ひとりが環境問題に取り組むための信念と価値観、共通の方向性を示すことが重要ではないだろうか。

俳優・歌手、そして中国の「地域研究者」として半世紀以上活躍した高倉健についても付言しておきたい。高倉健には人間、地域とは一体何なのかという疑問を投げかけ、地域研究の在り方を再考する一つのきっかけを与えてくれる重要なエピソードがある。

高倉健は悪性リンパ腫のため2014年11月10日に亡くなり、彼の訃報は中国でも大々的に報道され、多くの人々が彼の死を悼んだ。あの訃報から数日後、NHK夜のラジオニュース番組では佐藤忠男氏（日本映画大学学長）が高倉健を「20世紀を代表する最後の人物」であり、「高倉さんがいれば日中関係は大丈夫なんじゃないか」と述べていた。

確かに中国の人々にとって、高倉健の存在感は非常に大きい。2014年11月中頃、著者は調査研究で学生らと共に中国・雲南省に滞在していた。11月17日の晩、プアール市ジャンドンという村で、現地住民と食事をしていたときのことである。著者は高倉健主演の映画『君よ憤怒の河を渉れ』の主題歌を熱唱すると（ちなみにこの映画は1978年、文化大革命後に放映された初の外国映画である）、話題は高倉健で大いに盛り上がった。その翌朝、高倉健の訃報を村人から聞いた。高倉健がこの中国・雲南省の小さな村においても、住民の心に生き、尊敬され、愛された人物であることを理解した瞬間

だった。

2005年、高倉健を自らの師とした中国の代表的映画監督、張芸謀（チャン・イーモウ）は、日中合作映画である「単騎、千里を走る（中国語：千里走単騎）」を製作した。この映画は中国では高く評価されている。この映画の出演者のほとんどが現地農民であり、プロの俳優は高倉健だけだった。高倉健は当初、中国語が話せなかった。彼は現地で中国語を懸命に学びつつ、周囲の人々との交流を絶やさなかった。その彼の姿に現地の人々は感慨を覚えずにはいられなかった。高倉健という「不動の存在」は日中間の政治・経済情勢に翻弄されることなく、文化と芸術の世界を通じて維持されてきた役割は重要であり、地域を全体として捉え、理解する指針を示している。

実際に、日中両国間で地方自治体、NGO、民間企業、その他様々な団体、人々が環境の幅広い分野で活動を展開し、環境問題の改善について既に経験と努力が蓄積されてきている。その歴史は30年以上にもなる。中国では国家の発展に寄与した外国人専門家に対し、最も権威ある国家友誼奨を授与するが、これまで数々の日本人がこの賞を受賞してきた。また2007年にOECD（経済協力開発機構）が公表した報告書「中国環境パフォーマンスレビュー」では、日本の中国に対する環境協力が特筆、報告されている。大気汚染の場合、中国における大気汚染の現状が観測結果や調査報告を通じて日本に伝えられているほか、日本の公害経験や環境保護のプロセスが中国における環境法律制定に反映されてきている。

ある一定の分野、領域に留まれば、研究は方向性を見失い、限界に直面する。地域研究者は国・地域における最重要課題を把握している。科学技術者は解決手法・方法をもっている。私たちは政治や研究のためでなく、これらに翻弄されることなく、私たち一人ひとりの人間が生きてゆくためには本当に何をすべきなのか、今一度、地域と現地の人々の視点に立ち戻り、信頼関係を構築し、可能性を模索することを忘れてはならない。



## 6 . おわりに

世界では戦争，紛争，テロの脅威にさらされ，民主化運動，人間活動が拡大する中で，ボーダレス化，流動化，不安定化，不確実化への一途を辿っている。世界経済規模の拡大，「豊かさ」の増大が，地球温暖化をはじめとする気候変動，生態系破壊，資源枯渇など，環境問題をグローバル化，深刻化させている。このような世界で，地域あるいは世界の未来をデザインするとき，私たちに求められるのは既成概念や価値観，形式の模倣ではなく，広域史と地域史に軸足を置く，国・地域全体の安定性および持続性を通じた利潤の追求，さらに地球環境の希少性と有限性を認識した成長ビジョンの獲得と保持である。

ここで「科学の限界」を十分に認識し，数々の事故，失敗，リスクから相互に学び合う必要性は改めて言うまでもない。今日のボーダレスな市場経済，流通消費，科学技術等の国際交流は，最先端技術の競合ではなく，科学技術が導いた「事実」に基づく反省と学びを伴わなければならない。応用実践研究の立場に立てば，科学技術の最先端が必ずしも求められているのではない。科学技術をどこで，どれくらい，いかなる形で導入し，運用するのが重要なのである。

日本の代表的な天文物理学者・科学理論家である池内了氏は，著書『科学の限界』（ちくま新書 2012）で次のように述べている。少し長いが，刮眼に値するため引用する。

2011年3月11日に起きた震災と津波と原発事故は，現代の科学・技術における限界を露呈した。地震の発生や規模を予知することができず，迫り来る津波の脅威を周知徹底させることができないまま多大な犠牲者を出し，最新技術の粋であるはずの原発が無残にも破壊されて放射能を撒き散らしたのだから。それは人々に対し，科学の無力さを露わにしたとともに，技術がいかに脆弱なものであるかを見せつけ，科学・技術に依拠する現代の文明がいかに脆い基盤の上に花咲くか弱い存在でしかないかを認識させることになった。

さらに，科学や技術が人々の生活や生産力を向上させる効用だけでなく，事故や災害を通じて大きな災厄をも生むという現実，つまり科学・技術には

二面性が内在していることをも明かにした。私たちは、つい物事の正の側面だけに目を向け負の側面を無視しがちなのだが、その両面を正しく捉えてこそ正當に評価できることを学んだとも言える。その意味では、授業料はひどく高いものについたが、どのように科学・技術と向き合うべきかの貴重なレッスンを受けたともいえる。現代の科学・技術がまとっている限界をしっかりと目に焼き付けることができたからだ。(pp.7-8)

池内氏が主張するように、科学技術者には社会的責任、すなわち、職業倫理の遵守、市民への情報伝達などの社会的責務がある。「科学の重大事故」から科学技術の限界の意味を汲み取り、より安全で、安心できる社会基盤を構築するための科学技術のあり方、監視、管理についても指摘されていた。科学技術には正と負という「科学の両面性」がある。ヒューマンエラーや想定外では済まされない。これらは私たちが得た、失敗からの教訓である。

東アジアでは複数のプレート(太平洋プレート、フィリピン海プレート、陸のプレート)などの動きによって地震が多発しやすくなっているため、地震や津波などの自然災害を受けやすい。また、毎年のように夏季のモンスーン期の大雨に伴って、洪水や土砂崩れ、台風による洪水、暴風などの気象災害に見舞われている。その一方で、少雨、水不足や干ばつも発生する。内陸部では寒波・大雪で家畜や農作物が打撃を受け、過去何度も食料不足に陥った。このように災害地域と呼んでも言い過ぎではない、私たち東アジア地域では、様々な災害発生と原子力関連施設、化学薬品工場や機関が複合反応を起こし、地域をまたいで影響拡大する「複合災害」への発展可能性は否定できない。そこで、災害を防災という狭義の文脈で予防、減災対策を講じるのではなく、多様で柔軟性のある眼差しで防災に取り組む必要がある。災害というリスクから逃避できないが、同時に原子力という科学技術に依存して生きている私たちは、過去や歴史から何を学び、限界と向き合い、どのように地域間で共存、交流してゆくかを真摯に考えなければならない。

私たちは様々な教訓を経験した一方で、未来への対応は依然として予防原則に限定されている。学際的・分野横断的な視点とアプローチは「科学の両面性」を克服し、その持続を可能とするために誕生した方法論である。それ

は科学技術の「自己目的化」(科学技術からもたらされる利益を謳歌し、技術開発と利用の負の側面に目を塞いでしまうこと。科学技術の発展が社会との対話を要しない、制約を受けないこと)を防ぎ、社会の科学技術へと導くための真摯な取り組みである。しかし、世界、特に東アジア諸国では技術開発競争に傾倒している。事実、学際的・分野横断的研究は研究資金の獲得のための一つ的手段に終わることが少なくない。

ここで、最後に再度強調したい。近現代において、新自由主義イデオロギーに基づく経済の自由化とグローバル化が、人々の生存基盤、生態系だけでなく、地域に軸足を置く地盤産業をますます破壊し続けていることは周知の通りである。リスクは不可避であり、性別や社会的地位、居住地を問わず、誰しものが何らかのかたちで抱え続けなければならない。最先端技術の開発や駆使は100パーセント有効なリスク予防法を保障しない。そもそもリスクの完全排除は不可能である。ならば、私たちはリスクと共存しなければならない。私たちがリスクと向き合う中で、社会的合意・理解が要求される所以である。だからこそ、共存をひとつの共通目標に掲げ、総合的・学際的、なおかつ思考を柔軟に、一丸となって考え抜かなければならないのである。

これは実にチャレンジングな課題である。しかし、私たちは地域、分野をまたぎ、失敗と教訓を共有し課題に参画することが、賢明で重要なプロセスである。ここで具体的に地域研究者の果たす役割を考えたい。地域研究者が研究活動を実施、継続してゆく上で、現地語の習得、現地滞在や参与観察を通じた地域全体(個人や消費者など対象を限定しない)に対する尊重と謙虚な姿勢、現地住民への信頼関係の構築と維持、過去・現在・未来を捉える長期的眼差しが不可欠だからである。地域研究者と現地住民との緊密な関係、地域の社会構造に対する理解から得られる現地のニーズや立場、特徴が把握されて初めて、包括的な展望提示の可能性が開ける。

一方、科学技術者はある課題や事象に対して具体的な解決手法が提示できる。ここで鍵となるのは、利益の民主主義的な手法による平等な分配である。地域住民の生存基盤の構築・維持や地域社会の再生という面で、科学技術者は適正技術(地域の持続性にフォーカスした技術とその移転や共有)を例と

するプロジェクトを計画, 実行しなければ, 問題解決への道は閉ざされたままである。科学技術はすでに世界の市場経済と人間活動と不可分の関係にあり, 地球上のあらゆる地域で伝統的な生活形態, 風習や価値観に少なからず影響を及ぼしている。科学技術の開発と発展の姿は画一化されるのではなく, 地域社会に同化する多様な応用・実践の可能性があることをここで忘れてはならない。

本国際会議は, まさに地域研究者と科学技術者が中国の大気汚染問題の抜本的解決策を模索する目的で実施された。今こそ, より現実的で具体性のある人と地域間の交流の中で, 国・地域の共通利益と持続性を見極めると同時に, 多元的な文化, 叡智や価値観を活かしてゆく相互連携・信頼・協力関係の構築に全力を傾注しなければならない。

私たちの研究は科学技術と同様, 人々と社会に安全・安心をもたらすために能動的に行われるべきであり, そのための地域・分野横断型共同研究の実現を願ってやまない。

## 注

- (1) なお, 大気汚染物質の中でもとりわけ PM2.5 が注目される理由はいくつか挙げられる。第一に健康への影響被害が大きいことである。2.5  $\mu\text{g}$ 以下の浮遊粒子状物質は肺の奥底まで侵入し, 滞留する。第二に, PM2.5 に関する研究が国際的に進められていることである。徐々に PM2.5 の実態が解明され, 私たちが入手できる情報量も増している。そして第三に, PM2.5 の寿命は長いことが考えられる。PM2.5 は, 地上付近で数時間～数日程度, 上空で数日～数か月浮遊し, 一瞬で消えるものではない。
- (2) なお東アジアにおける環境問題とリスクに関する詳細は, 拙著「中国の環境問題 リスク, 保護, 協働」(大阪大学中国文化フォーラム編『東アジアリスク社会 発展・共識・危機』2014年), および「中国の開発と環境 『生態文化』の視点から」(大阪大学中国文化フォーラム編『現代中国に関する13の問い 中国地域研究講義』2013年)を参照頂きたい。
- (3) Aaron van Donkelaar (2010), “Global satellite-derived map of PM2.5 averaged over 2001-2006”, NASA, <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/halth-sapping.html> (閲覧日: 2015年1月18日)。
- (4) NASA(2013), “The Global Toll of Fine Particulate Matter”, <http://earthhobs>

ervatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=82087 (閲覧日：2015年2月8日)。

- (5) 大気汚染と罹患率,死亡率に関しては以下のサイトを参照。WHO(2014) "Ambient (outdoor) air quality and health", <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/> (閲覧日：2015年2月8日)。
- (6) 関志雄(2014)「中国経済新論：实事求是 中国の台頭で変貌する日中関係 日本にとっての機会と挑戦」経済産業研究所, <http://www.rieti.go.jp/users/china-tr/jp/ssqs/140805ssqs.htm> (閲覧日：2015年1月18日)。
- (7) なお,国立社会保障・人口問題研究所は,2060年に日本の人口が8673万人に減少すると予測している。
- (8) 都市人口統計および予測に関するデータは国連の“World Urbanization Prospects The 2014 Revision”, <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf> (閲覧日：2015年1月30日)に基づく。
- (9) 詳しくは,定方正毅『中国で環境問題にとりくむ』(岩波書店2000)を参照。
- (10) ここでは,バーチャル・ウォーター(仮想水)をはじめとする水問題に関する沖大幹教授の研究が示唆に富む。詳しくは,沖大幹『水危機 ほんとうの話』(新潮選書2012)を参照。



## 中国の都市交通に関係する大気汚染とその健康への影響

鄧芙蓉

自動車の排気ガスがもたらす大気汚染によって生じる健康への影響は世界的規模で注目されているところである。近年、中国の自動車台数の増大は驚くものであり、2012 年末までに中国の自動車保有数は既に 2 億 2382 万 8000 台に達している。都市の自動車台数が急激に増加し混雑が激化するにつれて、自動車の排気ガスも既に中国の大中都市の大気汚染の主要な原因のひとつになっている。中国の多くの都市において自動車の排気ガスが大気汚染に占める割合は、既に先進国の水準に達したか、或いはそれに近いものになっていることが、ここ数年の環境状況公報及び文献情報のデータから見て取れる。人々は自動車がもたらす利便さや効果と利益を享受すると同時に、自動車の排気ガスによる環境汚染と人体への健康被害も受けている。

ここ 10 数年、国家科学技術支援計画や国家自然科学基金などの援助の下で中国の学者は異なる研究デザインを採用し、自動車の排気ガスが人々に与える影響について多くの研究をし、いくらか前進してきた。ある学者は 2009 年から 2011 年までの期間、北京市近郊と市街地の一定の時期における大気中の PM2.5 の汚染レベルと特徴を比較し、更に、国際的に権威のある粒子状物質発生源解析方法（直交行列分解 / UNMIX）を応用し、研究期間内において北京市の大気中に存在した PM2.5 の 7 つの主要な汚染源を解析し特定した。そこには交通による直接的な排出( 12.0% )、石炭による排出( 22.0% )、次硝酸塩 / 硫酸塩 ( 30.2%、交通や石炭による排出から間接的に生じる )、粉塵 / 土壌( 12.4% )、冶金による排出( 0.4% )、その他工業による排出( 6.9% )、

二次有機粒子状物質（9.9%、化石燃料の燃焼から間接的に生じる）が含まれる。北京市近郊と市街地の大気中に含まれる PM2.5 の汚染源は異なることを研究結果は示しており、北京市近郊の大気中の PM2.5 の汚染源は次硝酸塩 / 硫酸塩と冶金による排出の比率が高いのに対し、市街地の大気中の PM2.5 の汚染源は交通の直接的排出と石炭による排出の比率が比較的高かった。他の学者は CMB 法を用いて北京市街地と近郊の PM2.5 の発生源を解析した結果、北京市街地では自動車の排気ガスによる排出が PM2.5 に最も影響を与えており、次に石炭の燃焼、特に冬期における石炭の燃焼の影響は秋季よりも大きく、人為汚染源が PM2.5 に与える影響は非常に大きく、同時に土壌の粒子も一定の影響を与えているが、工業による排出が PM2.5 に与える影響は大きくなかった。一部の学者は、北京市の PM2.5 の発生源には明らかに季節的特性があり、汚染源の相対的影響は季節によって大きく異なっており、例えば土壌粉塵は春季に比較的多いが夏季は少ないことを指摘している。

現在、多くの都市で微粒子物質の発生源の解析結果が不足している。中国は地域が広大で各地区や都市の汚染状況が異なることから、例えば自動車の台数やその種類、道路状況、交通管理や制限措置などの方面に差があり、学者によってサンプル採取の方法や数量が異なることもあり、発生源の解析方法なども異なっている。よって、一つの都市或いは一つの研究による発生源解析も簡単に他の都市に応用することができず、政府が関連する政策を制定し、自動車由来の PM2.5 を全面的に抑制する際に非常に大きな困難をもたらしている。

個体曝露測定、呼吸速度、曝露時間を結合させる方法を採用する学者もあり、北京市を研究地点として公共バス、タクシー及び自転車という異なる移動方法下における人体の PM2.5、一酸化炭素（CO）の曝露量を比較した学者もいる。結果、タクシーに乗った場合の PM2.5 の曝露濃度は最も低い一方、一酸化炭素の曝露濃度は最も高かった。自転車移動時の一酸化炭素の曝露濃度は最も低かったが、自転車移動は中強度身体活動に属し、自転車に乗る人間の呼吸速度は公共バスやタクシーに乗る人間よりも早く、また同距離を走



行する時、自転車に乗る人間の曝露時間は更に長くなる。よって、呼吸速度と曝露時間を考慮すれば、公共バスやタクシーに乗車する人間と比べ、自転車移動の方式は PM2.5 と一酸化炭素に対する総曝露量は最も高くなるのである。上述の研究が明らかにするように、健康的で低炭素の移動方法を選択できるかどうかは、大気質の改善、特に交通に關係する汚染物質の濃度の減少にかかっているのである。政府の関連部門は有効な措置を講じ、自動車の排気ガスの排出をコントロールし、交通渋滞を緩和させなければならない。公衆は通勤や通学時に個人で有効な対策を採るべきであり、例えば自転車に乗る時にマスクを装着し、個人の交通汚染物質に対する曝露を減少させるべきである。

近年の交通がもたらす大気汚染は、既に都市の人々の呼吸、心臓血管・脳血管などの系統の健康を脅かす重要な危険要素であることを大量の研究は示している。中国の学者は panel study (グループに分けた追跡調査)の研究デザインを採用しており、オリンピック期間を北京市の空気の質を大きく改善する契機として利用し、大気中の微粒子物質が高曝露者グループの HRV (Heart Rate Variability) に与える影響を観察した。結果、大気中の微粒子物質の曝露は研究対象の HRV を明らかに低下させる可能性があり、空気の質の改善はこの種の影響を著しく軽減させる可能性があることを明らかにした。この研究は大気中の微粒子物質、特に交通に由来する空気汚染のコントロールが人々の心臓血管・脳血管の系統を改善する効果がある可能性を直接示す証拠を初めて提供した。これ以外に、北京市近郊から市街地へ移動する前後の一定の時期に大気中の PM2.5 に曝露した健康な青年グループを追跡調査し、血液バイオマーカー、血圧、肺機能などの呼吸・心臓血管バイオマーカーを繰り返し測定することを通して、比較的高い汚染水準下の PM2.5 及び 30 余りの化学成分が人体の呼吸や心臓血管に与える短期的な影響を基本的に解明した。そして上述の研究結果を基に、研究期間中の北京市の大気中に含まれる PM2.5 の 7 つの主要な汚染源を更に解析したが、そこには交通による直接的な排出 (12.0%)、石炭による排出 (22.0%)、次硝酸塩 / 硫酸塩 (30.2%、交通や石炭による排出から間接的に生じる)、粉塵 / 土壌

(12.4%)、冶金による排出(0.4%)、その他工業による排出(6.9%)、二次有機粒子状物質(9.9%、化石燃料の燃焼から間接的に生じる)が含まれる。研究結果は同時に、北京市近郊と市街地の大気中に含まれるPM2.5の汚染物質の発生源は明らかに異なることを示しており、北京市近郊の大気中に含まれるPM2.5の発生源は次硝酸塩/硫酸塩と冶金による排出の比率が比較的高く、市街地の大気中に含まれるPM2.5の発生源は交通による直接的な排出と石炭による排出の比率が比較的高かった。次硝酸塩/硫酸塩と粉塵/土壌由来のPM2.5は、炎症バイオマーカーレベルの上昇との関係が最も強く、石炭による排出由来のPM2.5は、血圧上昇との関連が最も強かった。粉塵/土壌とその他工業による排出由来のPM2.5は肺機能の低下との関連が最も強かった。

上述の研究結果は大気中のPM2.5と負の健康反応との関係を更に解明しただけでなく、中国が都市化の過程において注目すべき環境・健康リスクも明示し、政府の関連部門が妥当性を有する有効な措置を講じて大気中のPM2.5による健康被害を減らすのに重要な科学的根拠を提供したのである。

(和田英男訳)

## 中国城市交通相关大气污染及其健康影响

邓芙蓉

机动车尾气造成的大气污染所产生的健康影响，正受到世界范围内的关注。近年来，中国机动车数量的增长十分惊人，截止到 2012 年底，中国机动车保有量已达到 22382.8 万辆。随着城市机动车数量的急剧增加和交通拥挤加剧，机动车尾气也已成为中国大中城市空气污染的主要来源之一。从近几年的环境状况公报及文献报道数据可以看出，中国许多城市机动车尾气对大气污染的分担率已达到或接近发达国家的水平。人们在享受机动车带来的便利和效益的同时，也在承受机动车尾气对环境的污染和对人体健康的危害。

近十几年来，在国家科技支撑计划、国家自然科学基金等的资助下，中国学者采用不同的研究设计，在机动车尾气的人群健康影响方面做了大量的工作，取得了一些进展。有学者于 2009 年~2011 年期间比较了北京市郊区和城区一定时期内大气  $PM_{2.5}$  的污染水平和特征，并运用国际上权威的颗粒物源解析方法（正交矩阵分解/UNMIX），解析出研究期间北京市大气  $PM_{2.5}$  的 7 种主要污染源，包括直接交通排放（12.0%）、燃煤排放（22.0%）、二次硝酸盐/硫酸盐（30.2%，间接来源于交通和燃煤排放）、扬尘/土壤（12.4%）、冶金排放（0.4%）、其他工业排放（6.9%）和二次有机颗粒物（9.9%，间接来源于化石燃料燃烧）。研究结果同时显示，北京市郊区与城区的大气  $PM_{2.5}$  污染源存在显著差异，其中郊区大气  $PM_{2.5}$  来源于二次硝酸盐/硫酸盐和冶金排放的比例较高，而城区大气  $PM_{2.5}$  来源于直接交通排放和燃煤排放的比例较高。其他学者利用 CMB 法对北京市城区和郊区  $PM_{2.5}$  来源进行了解析，结果表明北京市城区机动车尾气排放对大气  $PM_{2.5}$  的贡献最大，其次是煤炭燃烧，特别是冬季燃煤的贡献显著高于秋季，表明人为污染对  $PM_{2.5}$  的影响非常大，同时土壤粒子也有一定的

贡献，而工业排放对  $PM_{2.5}$  的贡献不大。部分研究作者指出，北京市  $PM_{2.5}$  来源表现出明显的季节特性，在不同季节这些污染来源的相对贡献也有很大不同，如土壤尘在春季较多，而在夏季较少。

目前还缺乏多个城市的细颗粒物源解析结果。由于中国地域广阔，各地区和城市的污染情况各异，如机动车数量和类型、道路情况、交通管理和限制措施等方面存在差异，不同学者之间所采集样品的方法和数量，源解析的方法等也有所不同，因此，单个城市或某一项研究的源解析结果也不能简单应用于其他城市，这给政府制定相关政策，全面控制机动车尾气来源的  $PM_{2.5}$  带来了很大困难。

还有学者采用个体暴露测量、呼吸速率和暴露时间相结合的方法，以北京市为研究地点，比较了公交车、出租车及自行车不同出行方式下人群对大气  $PM_{2.5}$  和一氧化碳 (CO) 的暴露量。结果显示，乘坐出租车的  $PM_{2.5}$  暴露浓度最低，但 CO 暴露浓度最高；骑自行车出行时的 CO 暴露浓度最低；但是由于自行车出行属于中等强度体力活动，骑车者的呼吸速率高于公交车和出租车，并且行驶相同距离时骑车者的暴露时间更长，因此，在综合考虑呼吸速率和暴露时间后，与乘坐公交车和出租车相比，采用自行车出行的方式对  $PM_{2.5}$  和 CO 的总暴露量最高。上述研究表明，选择健康、低碳的出行方式有赖于大气质量的改善，特别是降低交通相关污染物浓度。政府有关部门应采取有效措施，控制机动车尾气排放、缓解交通拥堵。公众在通勤和通学时应采取有效的个体防护措施，如骑车过程中戴口罩，以降低个体对交通污染物的暴露。

大量研究提示近年来交通所致大气污染已成为威胁城市地区人群呼吸、心脑血管等系统健康的重要危险因素。中国学者采用 panel study (定组随访) 的研究设计，利用奥运会期间北京市空气质量明显改善的契机，观察了大气细颗粒物对一组高暴露人群 HRV 的影响。结果发现，大气细颗粒物暴露可导致研究对象的 HRV 明显降低，而空气质量改善可显著减缓这种影响。该研究首次提供了大气细颗粒物，特别是交通来源的空气污染控制可改善人群心血管系统功能的直接证据。此外，通过追踪随访一组健康年轻人从北京市郊区向城区迁移前后一定时期内大气  $PM_{2.5}$  的暴露，并重复测定该组人群血液生物标志、血压和肺功能等呼吸和心血管生物指标，初步阐明了在较高污染水平下大气

PM<sub>2.5</sub>及其30余种化学成分对人体呼吸和心血管健康的短期影响。在上述研究结果基础上,进一步解析出研究期间北京市大气PM<sub>2.5</sub>的7种主要污染来源,包括直接交通排放(12.0%)、燃煤排放(22.0%)、二次硝酸盐/硫酸盐(30.2%,间接来源于交通和燃煤排放)、扬尘/土壤(12.4%)、冶金排放(0.4%)、其他工业排放(6.9%)和二次有机颗粒物(9.9%,间接来源于化石燃料燃烧)。研究结果同时显示,北京市郊区与城区的大气PM<sub>2.5</sub>污染来源存在显著差异,其中郊区大气PM<sub>2.5</sub>来源于二次硝酸盐/硫酸盐和冶金排放的比例较高,而城区大气PM<sub>2.5</sub>来源于直接交通排放和燃煤排放的比例较高。来源于二次硝酸盐/硫酸盐和扬尘/土壤的PM<sub>2.5</sub>与炎症生物标志水平升高的关联最强;来源于燃煤排放的PM<sub>2.5</sub>与血压升高的关联最强;来源于扬尘/土壤和其他工业排放的PM<sub>2.5</sub>与肺功能降低的关联最强。

上述研究结果不仅进一步阐明了大气PM<sub>2.5</sub>与不良健康效应的关系,也揭示了中国在城市化进程中应关注的环境健康风险,为政府相关部门采取针对性的有效措施降低大气PM<sub>2.5</sub>的健康危害提供了重要的科学依据。



# 法制度の建設から中国の環境対策と未来への構想を論ずる

王小龍

中国の環境問題は工業化の急速な発展に伴い、現代において徐々に生み出されたものである。環境問題の解決には科学技術の進歩も必要だが、人類の生活方式を変化させることもいっそう必要であり、これらはみな法律的手段を通して実行し強化しなければならない。

## 1. 中国における環境法の体系

### 1) 中国における環境法発展史

中国における環境法の歴史的発展は比較的短く、おおよそ4つの段階に分けることができる。第1段階は1972年に始まる。この年に国連はスウェーデンの首都ストックホルムで初の人間環境会議を開催した。中国政府はこれに参加し、この会議で受けた影響が中国の環境立法工作をスタートさせた。第2段階は1979年以後であり、この年に中国の環境保護の基本法、すなわち「環境保護法」(試行)が公布されたが、この法律の条文はまだ粗雑で簡略なものであった。本法の公布は中国の環境管理が法制化の軌道へと全面的に向かったことを示している。第3段階は1989年以後であり、この年に中国は正式な「環境保護法」を公布した。その主な内容は環境保護の目的、原則、基本制度、監督管理と法律上の責任であった。第4段階は2014年以後であり、2014年4月中国の立法機関は初めて「環境保護法」を広範囲に渡って改正し、新法は2015年1月1日に正式に施行された。

## 2) 中国における現在の環境立法

中国における現在の環境立法は基本法の下に各単行法を置くモデルを採用している。基本法とは「環境保護法」を指し、この基本法は以下の5つの部分に分かれる。1つ目は汚染防止立法であり、「大気汚染防止法」、「水汚染防止法」、「海洋環境保護法」、「騒音公害防止法」、「固体廃棄物環境汚防止法」、「放射性汚染防止法」、「クリーン生産促進法」などが含まれる。2つ目は資源保護立法であり、「森林法」、「草原法」、「漁業法」、「鉱山資源法」、「土地管理法」、「海域使用管理法」、「水法」、「石炭法」、「海島保護法」などが既に制定されている。3つ目は生態保護の立法であり、主に自然領域と生物多様性の保護が含まれる。この方面の立法は「野生動物保護法」及びその2つの実施条例、「森林と野生動物類型自然保護区管規則」、「自然保護区条例」、「水土保持法」及びその実施条例、「野生植物保護条例」、「植物新品種保護条例」、「農業遺伝子組み換え生物安全管理条例」、「病原性微生物実験室生物安全管理条例」、「景勝地条例」、「絶滅危惧野生動植物輸出入管理条例」などの法律、法規が続々と公布されている。4つ目は特別立法、すなわち特別な需要に基づいて制定された法律である。それには「環境アセスメント法」、「建設プロジェクト環境保護管理条例」、「環境アセスメント計画条例」、「クリーン生産促進法」、「再生可能エネルギー法」、「循環経済促進法」、「中国人民解放軍環境保護条例」、「中国人民解放軍環境アセスメント条例」などが含まれる。5つ目は関連立法である。中国には他の立法で環境保護の内容を規定するものもある。1997年の「中華人民共和国刑法」で特別に「環境資源保護破壊罪」を規定し、「農業法」でも「農業資源と農業環境の保護」の章を設け、「農業を発展させるには資源を合理的に利用し生態環境を保護し改善しなければならない」と規定している。「権利侵害責任法」も特別に章を設けて環境権利侵害責任を規定している。



## 2 . 中国における環境保護法の新たな改正

### 1) 政府の責任強化

#### 1 . 地方政府の責任

新法が増やした規定として、以下のものがある。地方各級人民政府は本行政区域の環境に対して責任を負わなければならない。国家の環境基準に満たない重点区域・流域と関係する地方人民政府は、規制計画を制定し、かつ期日通りに措置を講じなければならない。

#### 2. 上級の下級に対する監督

新法は上級政府機関の下級政府に対する監督において、環境保護目標責任制と審査評価制度を新たに規定し、かつ上級政府及び主管部門の下級部門や人員に対する監督責任を規定した。

### 2) 公民の環境意識の強化と環境教育の展開

公民の環境意識を更に高めるために、新法は公民が低炭素の生活方式を採用すべきであると新たに規定した。同時に、公民は環境保護の法律を遵守し、環境保護の措置の実施に協力し、規定に沿って生活廃棄物を分類し、日常生活が環境に与える損害を減少させるべきであると規定した。

新法の規定では、各級人民政府は環境保護の宣伝と普及活動を強化し、基層群衆の自治組織、社会組織、環境保護ボランティアを奨励し、環境保護の法律法規や環境保護の知識を宣伝し、環境保護の良好な風潮を作り出さなければならない。

### 3) 情報公開と公衆参与の増加

新たに改正された環境保護法は、環境情報の公開と公衆の参与を特別に規定し、公衆の政府や汚染物質排出企業に対する監督を強化した。

これは主に以下の内容を規定している。1つ目に、公衆の知る権利や参加権、監督権を明らかにし、公民、法人、その他組織が法に基づいて環境情報を獲得し、環境保護に参加しこれを監督する権利を規定している。各級人民

政府の環境保護主管部門とその他環境保護を管理・監督する職責を負う部門は、法に基づいて環境情報を公開し、公衆参与の段取りを整備し、公民や法人その他組織が環境保護に参加しこれを監督するために便宜を図らなければならない。2つ目に、汚染物質排出企業が自発的に環境情報を公開することに明確に重点を置いており、汚染排出企業は主要な汚染物質の名称や排出方法、排出濃度や総量、基準を超える排出状況及び汚染防止設備の建設と利用状況を、社会に向けてありのままに公開しなければならないと規定し、また、適切な法律責任を規定している。3つ目に、建設プロジェクトの環境アセスメントに公衆が参与するよう整備し、法に基づいて環境アセスメント報告書を作成しなければならない建設プロジェクトに対して、建設企業は作成時に公衆に向けて状況を説明し、十分に意見を求めなければならないと規定している。建設プロジェクトの環境アセスメント文書を審査する責任を負う部門は、環境アセスメント報告書を受理した後、国家機密や商業機密に関連する事項以外は全文を公開しなければならない。建設プロジェクトが公衆の意見を十分に求めていることを発見した場合、建設企業は責任を持って公衆に意見を求めなければならない。

#### 4) 環境公益訴訟の増加

新法の規定では、環境を汚染し生体を破壊し社会の公共利益を損害する行為に対して、法に基づいて当該地区の市級以上の人民政府民政部門に登録された関連する社会組織や、5年以上環境保護の公益活動に専門的に従事し且つ信用があり評判も良好な社会組織は、人民法院に対して訴訟を起こすことができ、人民法院はこれを法に基づいて受理しなければならない。同時に、訴訟を起こした社会組織は訴訟を通じて利益を得てはならない、と規定されている。

#### 5) 生態保護のレッドラインの設定

改正後の環境保護法は、初めて生態保護のレッドラインを法律に書き入れた。新法の規定では、国家は重点生態保護区や生態環境要注意区、脆弱区などの区域において、生態保護レッドラインを設定し、厳格な保護の実

行を規定している。環境保護法は同時に、省級以上の人民政府は関連部門を組織するか専門機構に委託し、環境状況を調査、評価し、環境資源の負荷能力を監視・測定・警戒するメカニズムを確立しなければならないと規定している。

#### 6) 公共検査・警戒メカニズムの確立

国家は環境汚染を監視・測定・警戒するメカニズムを確立している。県級以上の人民政府は環境汚染の公共警戒メカニズムを確立しており、警戒計画を組織し制定している。環境が汚染され、公衆の健康と環境の安全に影響を与える可能性がある場合、法に基づいて警戒情報を即時に発表し、応急措置をとる。

#### 7) 法律責任の強化

##### 1. ブラックリスト

「ブラックリスト」制度を確立し、環境違法情報を社会信用檔案に記入し、社会に向けて違法者の名簿を発表する。

##### 2. 一日単位の処罰

長年、環境立法は違法のコストが低いため、違法企業の経済的処罰はあるべき威圧効果を得ることができず、法律・法規の本来の制約作用を果たせずにいた。改定後の環境保護法第6章「法律責任」第59条では、企業とその他生産経営者が違法に汚染物を排出した場合、罰金処罰を受け、責任を持って是正しなければならず、是正を拒否した場合、法に基づいて処罰を決定した行政機関は是正命令の翌日から本来の処罰金額に基づき一日単位で連続して処罰することが出来る。

### 3. 中国の環境法が直面する主な問題

#### 1) 立法存在の空白

中国の環境保護法にはまだ完成された体系がない。例えば、渤海蓬莱油田の原油流出に代表される化学物質汚染事故の発生は、「化学物質污染防治法」

の欠陥が顕著に表れている。例えば「血液中の鉛の含有量が基準値を超える」ことに示されるように、多くの重金属汚染の発生は、重金属汚染防止法の盲点を露わにしている。加えて、中国で汚染された耕地は既に 1.5 億畝に達しており、2006 年に起草が始められた「土壤汚染防止法」は現在に至るまで実質的な進展を見せていない。他にも、数多く発生している環境紛争案件に対して、専門的な立法手続きを行う規定が欠けており、現在、環境紛争は中国民衆が陳情を行う重要な原因になっている。

## 2) 部門内利益の争いの深刻化

中国の環境保護事業は既に社会意識の覚醒段階から利益ゲームの段階に入っており、立法領域において最も突出しているのは経済利益と環境利益の争いであり、権力、資本と公衆個人の権利の争いである。また、各級政府各関連部門、企業界、法学界、環境保護組織及び一般公衆などが共に参加する、官民入り乱れた、複雑で多元的なゲーム構造を形成している。この種のゲームの中で最後に優勢を占めるのは往々にして力を有する既得利益集団である。2014 年の環境保護法の改正における多くの先進的制度構想の頓挫、及びこれまで環境立法が遭遇した様々な抵抗がこの点を証明している。

## 3) 市場メカニズムの欠乏

中国の環境保護対策は常に政府の行政手段によって主導されており、市場メカニズムの利用に乏しかった。行政区域を超える汚染防止を例にすれば、もしも生態補償メカニズムのように各方面の利益バランスをとるものがなければ、「政府協商」のみに頼ることになり、恐らく問題を解決するのは難しい。2014 年の北京での「两会」開催中、河北、天津の工業企業が石炭燃焼によって放出する PM2.5 が首都に「越境汚染」の効果があることに対して、北京、天津、河北省が共同で汚染防止システムを確立するよう提案する者もいるが、多くの人々はこのような考え方は独善的であると見なしている。つまり、「北京の環境保護のために天津と河北の多くの企業を操業停止させるのは、オリンピックなどの特殊な時期は可能だが、なぜ平時でも実行できるのだろうか？ 彼らに対してどのような補償をするのか？」というもので

ある。

多くの生態補償，生態修復，汚染物質排出許可，汚染物質派出権取引，環境保証金，環境責任強制保険，環境損害補償基金などの制度，とりわけ市場化のメカニズムは，現存する環境立法の中で意味を成さないか個別の立法との多くの衝突が散見されており，早急に盲点を補填し，整合性のとれたものにしなければならない。

#### 4) 環境訴訟の少なさ

中国の現行の環境法は，協議や政府調停，民事訴訟の方式で環境紛争を解決することを認めている。しかし現在，大多数の環境紛争は政府調停を通して処理されており，民事訴訟の案件は非常に少ない。2007年に中国の一部の地方法院で環境資源審判法廷が設立され始め，現在は約150存在しており，2014年7月には最高人民法院も環境資源審判法廷を設立した。しかし，毎年環境紛争が100万件余りある状況において，環境紛争訴訟は3万に満たず，法廷は多くても訴訟は少ない。最も主要な原因は，地方政府がその地方の環境訴訟を抑圧していることにあり，訴訟手続きに入ることを防いでいる。弁護士が代理で訴訟を行うことを書面で禁止している地方政府もあり，法院も訴訟案件にしないのである。

## 4．中国における環境法の今後の発展

### 1) 環境保護と経済発展

伝統的な発展観は環境の犠牲を対価とするという基礎の上に経済発展を確立させているが，現代社会は持続可能な発展の実現を要求している。持続可能な発展が以前の発展観と最も異なるのは，追求する目標の長期性と持続性であり，発展と環境との関係が調和共存の上に存在するという点である。持続可能な発展目標を実現するには，持続可能な発展観を堅持し，往々にして環境と発展の問題に存在するゼロサム的な政策決定を排除し，環境と発展

の総合決策を実行しなければならない。いわゆる総合決策とは環境問題を政策・プロジェクト・管理というそれぞれの判断のもとにおくことであり、政策決定の改善を通して、経済・環境・社会を全面的に考慮し、それぞれの重大な政策決定が経済効果と利益を最大化できるようにし、また、社会の公正さと環境の安全を保障できるようにするのである。安定した環境負担能力と無理のない永続的な資源利用という基礎の上に経済発展を確立させ、人類社会が発展する上での総需要と環境負担・資源の維持がバランスを保ち良好に循環する状態を保持するのである。

持続可能な発展戦略を実現する過程の中で、中国はかつてグリーン GDP という概念を提起しており、それは伝統的な GDP から環境汚染と資源破壊の部分を差し引いたものであり、経済発展の真の水準を表している。しかし 2006 年に公布した「中国グリーン国民経済計算研究報告 2004」の後は動きがなく、現在、政府は生態 GDP の概念を提起している。これは伝統的な GDP から環境汚染と資源破壊を差し引いた後に生態受益を加えたもので、足し算と引き算の両方を行っており、このようにすれば環境保護のために経済発展を犠牲にする地域を鼓舞でき、政治業績の目標を実現させることもできる。しかしこの新たな計算方法はまだ正式に公布されていない。

## 2) 区域あるいは国家を超えた環境保護

まず区域を超えた環境保護であるが、「環境保護法」第 20 条の規定では、国家は行政区域を超えた重点区域や流域の環境汚染と生態破壊に対して共同防止調整メカニズムを確立し、統一された計画、基準、監視測定、防止措置を実行する、としている。これは中国が現在直面している深刻なスモッグを解決するのに重大な意義を有している。

次に国家を超えた環境保護である。中国が直面している環境問題は全世界の環境問題の変化及びその解決に重要な影響力を有しており、中国は非常に大きな環境保護の圧力に直面している。中国が既に参与し署名した環境保護と資源保護に関連する国際条約や協定は 40 余りにも上り、生物の多様性を保護する「生物多様性条約」、オゾン層を破壊する物質を制限する「モント

リオール議定書」，温室効果ガスの排出を削減する「気候変動枠組み条約」などが含まれる。中日両国では、両国は 1994 年に「中日環境保護協力協定」，1981 年に「渡り鳥及びその生息環境の保護に関する中日協定」を署名した。中国はこれらの法的文書に署名した以上、各種措置を実行し国際環境条約や協定の要求を満たさなければならない。

ドイツの哲学者ベックは、『リスク社会』の中でリスク社会とは「世界的なリスク社会」であると指摘している。それは徐々に国家の司法秩序を破壊する。このようなグローバリゼーションの時代において、全ての国家は世界的なリスクの直接的或いは間接的な脅威から逃れることはできず、それぞれのリスクは地域的でもあり世界的でもある。全ての国家は一艘の船として拘束されており、全ての国家の立法者の知識は不完全である。このことは環境法制の良好な運用を望むのであれば立法・司法等の分野での国際的な協力に注意しなければならない、関係国間における法制度の学習と吸収を強化しなければならないことを意味している。

### 3) 環境と健康

#### 1. 「人を中心とする」環境立法の目的

「環境保護法」第 1 条の規定では、環境を保護・改善し、汚染やその他公害を防止し、公衆の健康を保障し、生態文明建設を推進し、経済と社会の持続可能な発展を促進するために本法が制定された。2014 年に改正された「環境保護法」第 39 条の新たな規定では、国家は健全な環境と健康モニタリング、調査とリスク評価制度を確立する、としている。環境の質が公衆の健康に与える影響に関する研究を奨励・組織し、環境汚染と関係のある疾病の予防とコントロールを実行する。これ以外に中国の 18 の部門と委員会は「国家環境と健康の行動計画 2007-2015」を共同で発布した。「環境保護法」の立法目的に存在し続ける二元論と一元論の論争は、経済発展と人間の健康との間で揺れ動いている。明らかに、経済発展の最終目的は人類の福祉の十分な実現であるが、既に貧困状態を脱した国家からしてみれば、公衆の健康保障を更に目立った位置に置くことは非常に重要である。

## 2. リスク社会における環境保護

リスク社会におけるリスクとは、一般的には人に気づかれず、どこにでもある潜在的な危険であり、予測は難易度が高く、地域を跨いで存在するという特徴がある。環境問題とは即ち現代中国において普遍的に存在する一種のリスクであり、このリスクに対応するために、中国の今後の環境立法は以下の方面においてデザインされなければならない。

### (1) リスク予防原則の遵守

リスク予防原則とは、あるリスクが不可逆であり極めて深刻な損害を招く結果になる場合において、たとえそのリスクが実際に発生し得ることを科学的に明確に証明できないとしても、政策を実行しリスクを回避することである。人類が直面する環境問題には潜在的であるが損害が甚大であるリスクが多くあり、環境保護立法は立法の保守主義的特徴を堅持し、各種リスクに対し綿密な審査を実行し、深刻な環境被害が発生するのを確実に防止しなければならない。

### (2) 環境アセスメント制度の確立

環境アセスメント制度がアメリカの「環境政策基本法」によって確立して以来、中国はそれを十分に吸収し学習してきた。今後の環境保護立法はこの制度を引き続き作用し続け、環境リスクを評価する際に公衆の参与を奨励し、処置を講じる前に環境に対して与え得る影響を十分に評価しなければならない。

### (3) 環境健康基準体系の統一

同じ環境リスクに対しても、人の主観的な受け止め方や評価は異なる可能性がある。立法上の統一基準を実現させるため、法律規範の実施可能性を保障し、一般的な人の身体どのように感知するかに対して十分な研究と分析を行い、比較的深刻なリスクだと一般的に認識されているリスクに対してのみ処置を講じる必要がある。

### (4) 情報公開と共有の実現

リスクへの恐怖は、往々にしてリスクに対する無知と防備の不足が原因である。各科学研究機関、行政機関、立法機関が十分な情報共有メカニズムを



確立するよう提案し、公衆と密接に関係する重大な環境情報をリアルタイムで公開することは、公衆が自己防衛措置を講じるのに助けとなるのに加えて、政府に対する信用を実現し、社会の秩序と安定を維持できるのである。

(和田英男訳)



# 从法制建设来谈中国的环境对策和面向未来的构想

王 小 龙

中国的环境问题是伴随着工业化的快速发展在近代逐步产生的，环境问题的解决既需要科技的进步更需要人类生活方式和生产方式的改变，这些都有必要通过法律手段来加以落实和强化。

## 1. 中国环境法的体系

### 1) 中国环境法发展史

中国环境法的历史发展比较短暂，大体可分为四个阶段。第一个阶段从 1972 年开始。当年联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开了首次人类环境会议，中国政府与会，受此会议影响开始了中国的环境立法工作。第二个阶段是 1979 年以后，当年中国环境保护的基本法，即《环境保护法》（试行）颁布，这部试行的法律在条文上尚显粗糙、简略。该法的颁布标志着中国的环境治理开始全面走向法制化的轨道。第三个阶段是 1989 年以后，当年中国颁布了正式的《环境保护法》，其内容主要是环境保护的目的、原则、基本制度、监督管理和法律责任。第四个阶段是 2014 年以来，在 2014 年的 4 月，中国立法机关首次大范围修订了《环境保护法》，新法将在 2015 年 1 月 1 日正式实施。

### 2) 中国目前的环境立法

中国目前的环境立法采取基本法之下设立各项单行法的模式。基本法指《环境保护法》，基本法之下分成五个部分，一是污染防治立法，包括《大气污染防治法》、《水污染防治法》、《海洋环境保护法》、《环境噪声污染防

治法》、《固体废物污染环境防治法》、《放射性污染防治法》、《清洁生产促进法》等。二是资源保护立法，已制定有《森林法》、《草原法》、《渔业法》、《矿产资源法》、《土地管理法》、《海域使用管理法》、《水法》、《煤炭法》、《海岛保护法》等。三是生态保护的立法，主要包括自然区域和生物多样性的保护。这方面的立法陆续颁布了《野生动物保护法》及其两个实施条例、《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》、《自然保护区条例》、《水土保持法》及其实施条例、《野生植物保护条例》、《植物新品种保护条例》、《农业转基因生物安全管理条例》、《病原微生物实验室生物安全管理条例》、《风景名胜区条例》、《濒危野生动植物进出口管理条例》等法律、法规。四是特别方面立法，即根据特别方面的需要而制定的法律，包括：《环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》、《规划环境影响评价条例》、《清洁生产促进法》、《可再生能源法》、《循环经济促进法》、《中国人民解放军环境保护条例》、《中国人民解放军环境影响评价条例》，等等。五是相关立法。中国还有一些其它的立法规定了环境保护的内容。1997年的《中华人民共和国刑法》专列一节规定了“破坏环境资源保护罪”，《农业法》也专设一章“农业资源与农业环境保护”，规定“发展农业必须合理利用资源，保护和改善生态环境。”《侵权责任法》也列专章规定环境侵权责任。

## 2. 中国环境保护法的新修改

### 1) 强化政府责任

#### 1. 地方政府负责

新法增加规定：地方各级人民政府应当对本行政区域的环境质量负责。未达到国家环境质量标准的重点区域、流域的有关地方人民政府，应当制定限期达标规划，并采取措施按期达标。

#### 2. 上级对下级监督

新法在上级政府机关对下级政府机关的监督方面，增加规定了环境保护目标责任制和考核评价制度，并规定了上级政府及主管部门对下级部门或工作人

员工作监督的责任。

## 2) 强化公民环保意识、开展环境教育

为进一步提高公民环保意识,新法增加规定公民应当采用低碳节俭的生活方式。同时,增加规定公民应当遵守环境保护法律法规,配合实施环境保护措施,按照规定对生活废弃物进行分类放置,减少日常生活对环境造成的损害。

新法规定,各级人民政府应当加强环境保护宣传和普及工作,鼓励基层群众性自治组织、社会组织、环境保护志愿者开展环境保护法律法规和环境保护知识的宣传,营造保护环境的良好风气。教育行政部门、学校应当将环境保护知识纳入学校教育内容,培养青少年的环境保护意识。

## 3) 增加信息公开和公众参与

新修改的环境保护法专章规定了环境信息公开和公众参与,加强公众对政府和排污单位的监督。

这一章主要规定了以下内容:一是明确公众的知情权、参与权和监督权,规定公民、法人和其他组织依法享有获取环境信息、参与和监督环境保护的权利。各级人民政府环境保护主管部门和其他负有环境保护监督管理职责的部门应当依法公开环境信息、完善公众参与程序,为公民、法人和其他组织参与和监督环境保护提供便利。二是明确重点排污单位应当主动公开环境信息,规定重点排污单位应当如实向社会公开其主要污染物的名称、排放方式、排放浓度和总量、超标排放情况以及防治污染设施的建设和运行情况,并规定了相应的法律责任。三是完善建设项目环境影响评价的公众参与,规定对依法应当编制环境影响报告书的建设项目,建设单位应当在编制时向公众说明情况,充分征求意见。负责审批建设项目环境影响评价文件的部门在收到建设项目环境影响报告书后,除涉及国家秘密和商业秘密的事项外,应当全文公开;发现建设项目未充分征求公众意见的,应当责成建设单位征求公众意见。

## 4) 增加环境公益诉讼

新法规定:对污染环境、破坏生态,损害社会公共利益的行为,依法在设区的市级以上人民政府民政部门登记的相关社会组织,和专门从事环境保护公益

活动连续五年以上且信誉良好的社会组织,可以向人民法院提起诉讼,人民法院应当依法受理。同时规定,提起诉讼的社会组织不得通过诉讼牟取利益。

#### 5) 划定生态保护红线

修订后的环境保护法首次将生态保护红线写入法律。新法规定,国家在重点生态保护区、生态环境敏感区和脆弱区等区域,划定生态保护红线,实行严格保护。环境保护法同时规定,省级以上人民政府应当组织有关部门或者委托专业机构,对环境状况进行调查、评价,建立环境资源承载能力监测预警机制。

#### 6) 建立公共检测预警机制

国家建立环境污染公共监测预警的机制。县级以上人民政府建立环境污染公共预警机制,组织制定预警方案;环境受到污染,可能影响公众健康和环境安全时,依法及时公布预警信息,启动应急措施。

#### 7) 强化法律责任

##### 1. 黑名单

建立了“黑名单”制度,将环境违法信息记入社会诚信档案,并将向社会公布违法者名单。

##### 2. 按日计罚

多年来,环境立法由于违法成本低,对违规企业的经济处罚并未取得应有的震慑效果,导致法律法规并未起到真正的约束作用。修订后的环保法第六章“法律责任”第五十九条明确规定,企业事业单位和其他生产经营者违法排放污染物,受到罚款处罚,被责令改正,拒不改正的,依法作出处罚决定的行政机关可以自责令更改之日的次日起,按照原处罚数额按日连续处罚。

### 3. 中国环境法面临的主要问题

#### 1) 立法存在空白

中国的环境保护法律还没有形成完成的体系,比如,以渤海蓬莱油田溢油

为代表的多起化学品污染事故的发生，凸显了化学品污染防治法的缺失；以“血铅超标”为标志的诸多重金属污染事件的爆发，则暴露了重金属污染防治法的盲区；再比如，中国受污染的耕地已达约 1.5 亿亩，可 2006 年就开始起草的土壤污染防治法至今未有实质进展。此外，针对数量众多的环境纠纷案件，缺乏专门的程序立法进行规定，现在环境纠纷已经成为中国民众进行上访的一个重要原因。

## 2) 部门利益之争严重

中国环保事业已从社会意识觉醒阶段进入利益博弈阶段，表现在立法领域，最为突出的就是经济利益与环境利益之争，权力、资本与公众个体权利之争，并形成了由各级政府、各相关部门、企业界、法学界、环保组织以及普通公众等等共同参与的内外交叠、复杂多元的博弈格局，而在这种博弈中，最后占上风的往往是强势的既得利益集团。2014 年环保法修改诸多先进制度构想的流产，以及以往环境立法中所遭遇的种种阻力，已经证明了这一点。

## 3) 市场机制缺乏

中国的环保措施一向以政府的行政手段为主导，缺乏使用市场机制。以跨行政区域污染防治为例，如果没有生态补偿机制之类平衡各方利益，单靠“政府协商”恐怕难以解决问题。2014 年北京“两会”上，针对河北、天津两地工业企业燃煤所释放的 PM2.5 对首都的“跨境污染”效应，有人提议京、津、冀建立联防联控机制，但在许多人看来，这只是一厢情愿的想法：“让天津和河北为了北京的环保大量关停，在奥运会这样的特殊时期可以，但平时怎么行得通？拿什么补偿别人？”

诸如生态补偿、生态修复、排污许可、排污权交易、环境押金、环境责任强制保险、环境损害赔偿基金等制度，尤其是市场化机制，在现有环境立法中或是空白，或散见个别立法且不乏冲突，亟需填补盲区、统一整合。

## 4) 环境诉讼过少

中国现行的环境法允许通过协商、政府调解和民事诉讼的方式解决环境纠纷。但目前绝大多数环境纠纷是通过政府调解处理的，民事诉讼案件很少。2007

年，中国部分地方法院开始设立环境资源审判法庭，现在大约有 150 个，2014 年 7 月，最高人民法院也设立了环境资源审判法庭。但是，在每年环境纠纷 100 多万件的情况下，每年环境纠纷案件不足 3 万件，庭多案少。最主要的原因在于地方政府对本地方的环境案件进行压制，避免其进入诉讼程序，有的地方政府甚至发文禁止律师进行代理诉讼，法院也不立案。

## 4. 中国环境法的未来发展

### 1) 环境保护与经济发展

传统的发展观把经济发展建立在以牺牲环境为代价的基础之上，现代社会则要求实现可持续发展。可持续发展区别于原来发展观的最大不同之处在于其追求目标的长期性和持续性，在于对发展和环境关系的和谐共处上。要实现可持续发展目标，必须坚持可持续发展观，摒弃以往在环境与发展问题上顾此失彼的传统决策，实行环境与发展综合决策。所谓综合决策，是指将环境问题纳入政策、规划和管理各个决策之中，通过改进或改善决策，将经济、环境、社会通盘考虑，使各项重大决策既能促进经济效益最大化，又能保障社会公平和环境安全，把经济发展建立在稳定的环境承载力和永续的资源支持的基础上，保持人类社会发展的总需求与环境承载、资源支撑动态平衡和良性循环。

在落实可持续发展战略的过程中，中国曾提出了绿色 GDP 的概念，即在传统的 GDP 中扣除环境污染和资源破坏的部分，体现经济发展的真实水平。但 2006 年发布《中国绿色国民经济核算研究报告 2004》后再无行动，目前政府部门又提出了生态 GDP 的概念，即在传统的 GDP 中扣除环境污染和资源破坏的部分后要加上生态受益，既做减法也做加法，这样可以鼓励为了环境保护而牺牲经济发展的地区，使其也实现政绩目标。但这一新的核算方法尚未正式发布。

### 2) 跨区域或国家的环境保护

首先是跨区域的环境保护，《环境保护法》第 20 条规定：国家建立跨行政区域的重点区域、流域环境污染和生态破坏联合防治协调机制，实行统一规



划、统一标准、统一监测、统一的防治措施。这对于解决中国目前面临的严重雾霾天气有重大意义。

其次是跨国家的环境保护。中国所面临的环境问题，对全球环境问题的演变及其解决都有着重要的影响，中国面临着很大的环保压力。中国已参与并签署的有关环境与资源保护的国际条约与协定多达 40 多项，包括保护生物多样性的《生物多样性公约》，控制消耗臭氧层物质的《蒙特利尔议定书》，削减温室气体排放的《气候变化框架公约》等。就中日两国而言，两国签署了 1994《中日环境保护合作协定》和 1981《中日保护候鸟及其栖息环境协定》。既然中国签署了这些国际法律文件，就需要采取各种措施满足国际环境条约和公约的要求。

德国哲学家贝克在《风险社会》一书中指出，风险社会是“世界性的风险社会”。它逐渐破坏了国家司法的秩序。在这样一个全球化的时代，每个国家都不能逃脱世界风险的直接或间接的威胁，每一个风险既是区域性的，又是世界性的，每个国家都被绑在了一条船上，每个国家立法者的知识都是不全面的。这决定了环境法制欲良性运转，就必须注意国际间的立法与司法等领域的合作，必须加强彼此之间法制资源的借鉴与吸收。

### 3) 环境与健康

#### 1. “以人为本”的环境法立法目的

《环境保护法》第 1 条规定：为保护和改善环境，防治污染和其他公害，保障公众健康，推进生态文明建设，促进经济社会可持续发展，制定本法。2014 年修订的《环境保护法》第 39 条新增规定：国家建立健全环境与健康监测、调查和风险评估制度；鼓励和组织开展环境质量对公众健康影响的研究，采取措施预防和控制与环境污染有关的疾病。此外，中国 18 个部委共同发布了《国家环境与健康行动计划，2007-2015》。环境保护法的立法目的一直存在二元论与一元论之争，在发展经济和保护人类健康之间存在摇摆。显然，发展经济的最终目的是为了人类福祉的充分实现，对一个已经摆脱贫困状态的国家而言，将保障公众健康置于更突出的位置是极有必要的。

## 2. 风险社会中的环境保护

风险社会中的风险通常是一种不被人感知的、无处不在的、潜在的危险，它具有预测的高难度、存在的跨地域的特点。环境问题即是当代社会中普遍存在的一种风险，为应对这一风险，中国未来的环境立法应在以下方面进行设计。

### （1）遵循风险预防原则

风险预防原则是指如果一种风险可能造成不可逆转、极其严重的损害结果，那么即使在科学上尚无明确证据能证明该风险会实际发生，也应采取措施加以避免。人类面临的环境问题中有很多都是潜在的但危害极大的风险，环境保护立法应坚持保守主义的立法风格，对各种风险进行仔细甄别，切实防止严重的环境损害结果发生。

### （2）建立环境影响评价制度

环境影响评价制度自从美国《环境政策基本法》加以确立以来，中国对其进行了充分的吸收和借鉴。未来的环境保护立法应继续采用这一制度，在对环境风险进行评估时鼓励公众参与，在采取措施前充分评价其对环境可能造成的影响。

### （3）统一环境健康标准体系

不同的人对同样的环境风险会有不同的主观感受和评价。为了实现立法上的统一标准，保障法律规范的可实施性，有必要对一般人群的身体感知进行充分研究和分析，建议只对普遍认为较严重的风险采取应对措施。

### （4）实现信息公开和共享

对风险的恐惧往往源于对风险的无知和缺乏防范。建议各科研机构、行政机关和立法机关建立充分的信息共享机制，对于和公众有密切联系的重大环境信息要及时公开，既有助于公众采取措施自我防护也可以实现政府的公信力，维护社会的秩序和稳定。

# 大気汚染問題の歴史的推移及びクリーン・エア・アジアの現状と課題

日中の国内外における PM2.5 問題と国際協力を中心に

藤田 宏志

## 1. はじめに

近年、アジア地域においては、経済成長に伴い、大気汚染が深刻化している。特に、平成 25 年 1 月以降の北京市を中心とする中国での PM2.5 等による大気汚染は、日本国民の大きな関心事となったところである。こうした汚染は、各国の持続的な発展の支障になるだけでなく、我が国への越境大気汚染の原因ともなっている。

アジア地域においては、こうした大気汚染問題に対処するため、既に多くの協力が実施されている。本稿では、環境省の関与が大きい既存の枠組みを取り上げ、現状及び今後の協力の方針について概説する。

## 2. 既存の協力枠組み

### 1) EANET

東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) は、平成 9 年に開始した。現在 13 カ国が参加し、酸性沈着や関連化学物質のモニタリングが実施され、大気汚染に関する科学的基盤となるデータを提供しており、人健

康影響や気候影響の観点からも重要なオゾン、粒子状物質等のモニタリングのアジア地域ネットワークとしての活用、及び今後の大気環境管理の主要な枠組みとしての維持・政府間会合における議論を通じた発展を図っている。

## 2) TEMM

日中韓三カ国環境大臣会合 (TEMME) の合意に基づき、各種プロジェクトが実施されている。

平成 25 年 5 月の TEMM15 では、三カ国による政策対話を設置するとともに、既存の地域的取組を更に活用すべく協力を進めることに合意し、平成 26 年 3 月に政策対話の初会合を開催した。その結果、VOC 対策、移動発生源対策 (自動車やオフロード自動車等)、及び汚染対策の環境改善への効果を定量的に評価する方法について引き続き三カ国で情報共有・意見交換を行うこととなった。

さらに、平成 26 年 4 月の TEMM16 では、政策対話を定期的で開催しさらに発展させていくこと、さらに今後の協力内容 (大気汚染政策、優良事例の交換、削減技術、評価手法等) に関する協力、特に揮発性有機化合物 (VOC) やオフロード車の排ガス規制に関する経験の共有) について合意した。

## 3) 中国との協力

日中両国は、戦略的互惠関係に基づき、幅広い分野で協力を進めている。環境分野においても、我が国の公害問題を克服してきた経験と環境技術を活かしつつ、日中友好環境保全センターを通じた協力、日中窒素酸化物 (NOx) 総量削減共同研究、日中コベネフィット・アプローチ協力等、様々な協力を行ってきた。

平成 25 年 1 月頃から発生した中国における大気汚染への対応として、2 月に中国環境保護部との間で課長級の意見交換を実施し、既存の技術協力を引き続き推進するとともに、環境関連の対話枠組みを活用した意見交換を通じ、新たな協力について検討することとされた。

また、同年 4 月には、日中友好環境保全センター、地球環境戦略研究機関 (IGES) 及び国際協力機構 (JICA) の主催により、日中大気汚染対策セミナー

ーが開催された。

### 3 . 今後の協力の方向性

平成 25 年 3 月に安倍総理から石原環境大臣に対し、「アジアにおける大気汚染問題の解決に向けた今後の取組」を踏まえ、大気汚染問題の解決に向けて関係省庁と連携しつつ、関係各国や関係機関と協議を重ね、その解決に向けた取組を進めることが指示された。

また、平成 25 年 12 月には、PM2.5 対策に総合的に取り組んでいくための政策パッケージを公表した。

これら TEMM の合意、総理指示、政策パッケージ等を踏まえ、今後は以下の取組を推進することとしている。

#### 1) 既存の協力枠組みの更なる活用

既存の地域的な取組みとしては、国連環境計画（UNEP）が大気環境に関する政府・研究者主体のネットワークを形成し、科学的基盤の強化及び地域枠組みの運営などに貢献してきた。

また、クリーン・エア・アジア（CAA）はアジア地域における 200 以上の大気環境に関する多様な主体（国際機関、援助機関、国、都市、企業、研究機関等）と幅広い協力関係を形成し、国・都市の大気汚染対策や能力構築等に貢献してきた。

UNEP や CAA との連携により、既存の枠組みを活用した協力を効率的に推進することが可能となることから、平成 26 年度以降に具体的な協力を進めることにしている。

なお、平成 25 年度から、「アジアの清浄な都市大気環境のための指針」の作成を支援している。本指針は、UNEP 及び CAA が事務局となって開催している「都市大気環境に関する政府間会合」の第 4 回会合（平成 25 年 2 月・バンコク）において、作成することとされた。第 5 回会合（平成 26 年 11 月・

コロンボ)にて草稿が提案される予定である。

## 2) 中国をはじめとしたアジア地域における対策推進に向けた能力構築・体制整備

我が国では地方公共団体を中心とした関係機関が、公害克服経験と環境技術を有している。これら関係機関がフォーラムをつくり、アジアの主要都市での対策推進に向け、人材・組織の能力構築や政策立案支援等の協力を実施する、いわゆる都市間連携を平成 26 年度以降に強化・支援することとしている。

## 4. おわりに

アジア地域では、様々な大気汚染問題がアジア各国の国民の健康に影響を及ぼしかねない共通の課題である。EANET 等、既存の国際協力もあるが、抜本的な改善には一層の努力が必要であり、我が国の豊富な経験と先進的な技術を活用してアジア各国が清浄な大気を共有できるよう地域協力の強化に取り組むことが必要である。前述した既存の協力事業における取組を加速するとともに、更なる協力を検討・実現することにより、アジア地域の大気汚染の改善を通じて各国の持続的な発展を支援し、ひいては我が国の大気環境の改善に資するよう取組を強化していきたい。

# 日本における大気汚染問題への法的対応に関する 一考察

## 四日市ぜんそくから PM2.5 問題へ

松本 充郎

### 1. はじめに

日本は、高度成長期以降、大気汚染を含む汚染問題への取り組みを行い、一定の成果を上げてきたが、近年では、特に粒子状物質対策が問題となっている。従前から、粒子状物質の原因として、自動車の排気ガス、集中暖房における石炭使用、工場排煙等による大気汚染物質の大量発生が指摘され、日本国内においても大気汚染防止法により対策がとられてきた。しかし、2012年末以降、中国国内のみならず大規模な発生源のない日本の島嶼部においても PM2.5 の濃度の上昇が観測され、日中両国にとって喫緊の課題と認識されるようになった。また、2014年7月には、北海道において、PM2.5 が観測され、ロシアの森林火災が原因との分析がなされている。PM2.5 は PM10 に比べて、粒子が小さいために肺の奥まで入り込みやすいが、健康影響は十分に解明されているわけではない。

日本はアジアの他の国々に先駆けて高度成長及び公害を経験し、環境対策を進めてきたが、日本の経験はどの程度他の国々の役に立つのだろうか。翻って考えると、アジア諸国の社会経済的背景は異なるため、日本の経験がそのまま他国に当てはまるとは限らない<sup>(1)</sup>。また、現在の日本の大気汚染対策は、制度的に見て完成されたものとはまでは言えない。

本報告は次のような視点に立つ。第1に、日本の成功のみならず失敗からも学ぶという姿勢で、各国固有の事情を踏まえて、何が他国の役に立つのかを検討したい。第2に、粒子状物質の発生源には、固定発生源と移動発生源があるところ、中国では後者が主たる原因ではないかと考えられているが、原因が100%解明されているわけではない。本報告では、潜在的な原因行為と現実に生起している現象との因果関係に不確実性が存在する場合の対策の在り方について若干の考察を行う。第3に、大防法には、モニタリングに関する規定がある。測定方法について、「TEOM法は標準測定法との等価性を有していないが、平成13年度から継続的に調査を行っている」とされるが<sup>(2)</sup>、最新の方法が用いられているのかといわれると、その点は不明である。因果関係の解明や測定方法の妥当性については他の報告及び討論に委ねるが、本報告は、さしあたり大気汚染防止法の関連規定を確認する。

これらの視点から、次のような順序で日本（及び中国）の大気汚染対策の今後の課題を明らかにしたい。まず、第2章では、日本の本格的な大気汚染問題及びその対策の出発点である公害防止条例と四日市ぜん息事件判決及びその制度的インパクトについて確認する。次に、第3章では、大気汚染問題への制度的取組及び不法行為訴訟の進展を確認する。さらに、第4章では、日本の大気汚染問題及び法的対策（規制・賠償を含む）の経験と到達点を明らかにすることにより、法と科学技術の接点に関する考察を行う。

## 2．大気汚染防止法の成立まで

### 1) 自治体条例からばい煙規制法へ<sup>(3)</sup>

1949年には東京都の工場公害防止条例 1951年には神奈川県事業所公害防止条例が制定された。ただし、排出規制の考え方は、1955年に東京都条例において初めて制度化された。

1962年には、ばい煙の排出の規制等に関する法律（ばい煙規制法）を制定



した。しかし、次のような問題があった。調和条項が存在した。指定地域性をとっていたため、指定に対して政治的抵抗が強く、規制対象が広がらなかった。ばい煙防止法より厳格な排出規制を行ったり規制対象物質を追加したりすることが可能かどうか不確かであった。排出基準違反について、罰則の適用までの手続が煩雑で時間がかかった。

1967年には、三重県四日市市において、閉塞性肺疾患等の症状を発症していた周辺住民が、コンビナートを構成する6社（四日市石油・三菱油化・三菱モンサント化成・三菱化成工業・中部電力・石原産業）を相手取って、不法行為による損害賠償請求を行った（後掲2-3-2）。また、同年の公害対策基本法の制定を受けて、68年にはばい煙規制法に代えて大気汚染防止法が制定された。

## 2) 大気汚染防止法の成立・公害訴訟・改正前公健法の成立

### 1. 大気汚染防止法の成立<sup>(4)</sup>

さらに、1970年の第64回臨時国会では、大気汚染防止法を含む14の公害関係法の審議が行われ、大気汚染防止法については次のような改正が行われた。調和条項が削除され、指定地域性が廃止され、規制が全国に拡大された。都道府県知事による上乘せ・横出しが可能になり、排出基準違反について直罰性が導入された。規制対象物質を拡大し、カドミウム・鉛等の「有害物質」を「ばい煙」の定義に含めた（窒素酸化物は政令で有害物質に加えられた）。燃料の使用規制を導入した。燃焼過程から発生する「粉じん」についても規制を行うこととした。大気汚染が急激に悪化した場合の緊急時の措置を強化した。自動車排気ガスの汚染が激しい地域について都道府県知事の交通規制に関する要請権を創設した。なお、大気汚染防止法の制度の問題点については第3章で述べる。

### 2. 不法行為訴訟 四日市ぜん息訴訟地裁判決<sup>(5)</sup>

四日市ぜん息訴訟について、津地裁四日市支判1972年7月24日判時672号30頁は、次のような論理で原告側の請求を認容した。まず、被告らには立地上の過失（排出施設と付近住民の位置・距離関係や風向・風速を事前に

調査し、付近住民の生命・身体に危害を及ぼすことのないように立地する注意義務違反)と操業上の過失(操業を継続するにあたっては製造工程から生ずるばい煙の付近住民に対する影響の有無を調査し、ばい煙によって付近住民の生命・健康が害されることがないように操業すべき注意義務違反)がある。

また、本件は行為者が複数存在し、客観的にみて一体性のある加害行為(大気汚染)によって損害(健康被害)を惹起した共同不法行為である(民法719条1項)。本件において発症たとられる閉塞性肺疾患は、非特異性疾患であり他の原因も考えられるが、本件判決は、疫学的因果関係さえ証明できれば個別的因果関係の認定なしに法的因果関係を認定できるかのような判示を行った(個別的な反証は認める)。

田中内閣の働きかけをうけて、結局被告六社は全て控訴を断念した(中部電力は控訴を最後まで検討した)。関係者は、本判決はそれまでの常識からすると革命的であり、その精神は「無過失責任」と「共同不法行為」であると述べている。政府の誘導に従い、その当時存在した規制に違反していなかったことから、一気に常識が変わったことが窺える<sup>(6)</sup>。

### 3) 改正前公健法の成立<sup>(7)</sup>

公害による健康被害による損害の救済については、1967年に制定された公害対策基本法の21条2項に基づき、1969年には公害に係る健康被害の救済に関する特別措置法が制定された(「旧救済法」)。この法律には、被害者の生活保障が対象外とされ、事業者の負担が任意とされ、公費負担が大きいことなど、様々な限界があった。

1972年の四日市ぜんそく訴訟判決を受けて、翌1973年には公害健康被害補償法(以下「改正前公健法」)が成立した。成立後3年で法改正が行われることは極めて異例であり、国会が強いショックを受けたことが窺われる(同法は1987年に一部改正され、「公害健康被害の補償等に関する法律」と改称された。これを「公健法」という)。公健法は、著しい大気の汚染や水質汚濁の影響による健康被害を填補するための補償、公害保健福祉事業、大

気汚染の影響による健康被害を予防するための事業を行うことにより、被害者等の迅速かつ公正な保護及び健康の確保を図ることを目的としており（1条）、次のような特徴を持っている。

第1に旧救済法とは異なり、補償の性格は民事責任を踏まえた損害賠償と位置付けられ（汚染者負担原則の表れ）、医療費の実費だけではなく、被害者の逸失利益や慰謝料の要素も考慮した補償給付がなされている。第2に、汚染物質を排出する事業者に賦課される汚染賦課金は、当該物質の排出量に応じて算出され、強制徴収されうる<sup>(8)</sup>（賦課金の支払い額を減らすために低硫黄燃料への転換が進んだとされる<sup>(9)</sup>）。第3に、救済に要する費用は、全額事業者に対する賦課金から支払われ、公的資金は事務費のみに用いられる（国策による誘導にも拘らず汚染者負担に転換した）。第4に、本法の下では、補償を受け得る地域として、第一種地域及び第二種地域を指定することができる（第2条）。このうちの第一種地域では、迅速に給付を行うため、因果関係の個別的認定は必要とされず、因果関係に関する制度的に割り切りがなされている<sup>(10)</sup>。これに対して、第二種地域の非特異性疾患については個別的に因果関係が認定される。なお、第一種地域には41の地域が指定されていたが、1987年の改正において、第一種地域の指定をすべて解除し、新規認定を打ち切るとともに（既存の認定患者の補償は継続する）、健康保険施策の一環として健康被害予防事業を行うこととした。

### 3．大気汚染防止法の仕組みと訴訟の進展<sup>(11)</sup>

#### 1) 大気汚染防止法の仕組み

##### 1．固定発生源対策

前述の通り、現在の大気汚染防止法の規制対象物質は、「ばい煙」であり、「ばい煙」には硫酸酸化物質・ばいじん、有害物質（カドミウム・塩素等が含まれる（2条1項））、VOC及び粉じんは（2条4項及び2条8項）において

定義され、17条の2及び18条において規制されている。また、規制対象施設は、ばい煙発生施設等であり(2条2項等)、火力発電所はディーゼル機関、ガス機関、ガソリン機関等として規制対象に含まれる。

大気汚染防止法は、排出基準(3条)に関する定めを置き、都道府県知事による上乘せ・横だし(4条)を認めている。特に汚染が激しい地域については、総量規制(5条の2)により個別事業場からの排出だけではなく指定地域における排出総量を規制している(環境基本法16条1項に基づいて策定される大気環境基準の未達成地域が指定地域とされることが多い<sup>(12)</sup>)。上乘せ・横出しや総量規制は、四日市ぜん息の経験を踏まえ、三重県条例(や神奈川条例)等において、自治体が先行し導入したものが、1974年に国法に取り込まれたものである<sup>(13)</sup>。

また、排出基準としては量という言葉が使われているが(13条)、 $1\text{ m}^3$ あたりの量に関する規制であるから実質的には濃度規制であり、有効煙突高に応じた計画排出量を決める方式をとる(K値規制と呼ばれる。 $q=K\times 10^{-3}\cdot He$ <sup>(14)</sup>)。qは硫黄酸化物の量[単位:温度零度で1気圧の状態での $\text{m}^3/\text{h}$ ]、Kは全国100以上の地域ごとに定められる定数[16ランクある]、Heは有効煙突高[単位m]。施行令5条・施行規則3条)。

ばい煙発生施設に対する改善命令の発動要件については、排出基準超過のおそれのみならず、「排出基準に適合しないばい煙を継続して排出するおそれがあること」、「その継続的な排出により人の健康又は生活環境に係る被害を生ずると認められる」こととしてきた(いわゆる実害要件)。しかし、大気汚染の「健康又は生活環境に係る被害」に関する証明は困難であることや水質汚濁防止法13条1項の発動要件との均衡も欠くなどの強い批判があり、2010年に「排出基準超過のおそれ」のみを要件とする改正が行われた<sup>(15)</sup>。

そして、硫黄酸化物については燃料規制が導入されており、都道府県知事は、冬季の暖房等のため、政令で定める地域に硫黄酸化物による著しい大気汚染が生じ、又は、生ずる恐れがある場合に、地域ごとの燃料基準を定め、これに違反するばい煙発生施設の設置者に対して遵守の勧告や命令を行う

ことができる（15条）。

さらに、ばい煙発生施設等による同法の遵守は、「計画変更命令付き届出制」（6条及び9条）<sup>(16)</sup>により確保される。設置者からの届出を受けて、都道府県知事が計画をチェックし、排出基準に適合しない場合には計画変更命令・計画廃止命令を发出できる。1974年の三木武夫環境省長官の国会答弁は、工場の立地について許可制の導入は妥当ではなく通産行政の見地から行うべきであるとしている<sup>(17)</sup>。この点、理論的には、許可制に改正した方が法的性格が明確になると考えるが、実務的には、現行制度の方が行政手続上の事業者の保護としては手厚いとの指摘もある<sup>(18)</sup>。

また、直罰制（改善命令を経ずに刑事罰を科す制度。33条の2第1項1号）については、計画変更命令（9条・9条の2）違反に対する直罰はあるが、燃料使用規制については燃料使用基準違反に対する直罰はなく、基準適合命令（18条の4）違反に対して罰則が規定されている。また、粉じん発生施設やVOC排出にも改善命令違反に対して罰則が科される（18条）<sup>(19)</sup>。

2004年の改正において、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compounds, VOC）の排出抑制制度が導入された（17条の3以下）。VOCに分類される物質は、トルエン・キシレンなど200種類程度におよび、ペンキの溶剤・接着剤・インク等に含まれている。粒子状物質の原因物質であり、固定発生源から排出されるものの中では最大の寄与割合である（全体では1割程度）。同時に、窒素酸化物とともに光化学オキシダントの原因物質であり、これらが制度導入の背景にある。現時点では、VOCの光化学オキシダント及び粒子状物質の発生への寄与について因果関係が不明確であるため予防的アプローチを採用したとされる<sup>(20)</sup>。

VOC対策の枠組みは、法規制と自主規制である。VOC排出施設を排出規制の対象とし、施設の設置を届出させる。同時に、排出口から大気中に排出されるVOCの許容限度について排出基準を定め、排出者に排出基準順守義務を課すことにより、排出濃度規制を行っている（17条の3、17条の4、17条の9）。また、事業者が、事業活動に伴うVOCの大気中への排出又は飛散の状況を把握し、そのために必要な措置を講ずる責務を有することを規定

し(17条の13),規制対象以外からのVOCの排出については,事業者の自主的な取り組みによる排出削減を行うこととした<sup>(21)</sup>。

## 2. 移動発生源対策<sup>(22)</sup>

移動発生源対策は,構造規制・燃料規制・交通規制の3要素からなる。大気汚染防止法は,主に自動車の構造規制及び交通規制を行う(燃料規制もある。大気汚染防止法19条の2)。

まず,構造規制については,環境大臣が自動車排ガスの量の許容限度を定め(昭和49年1月21日環告1号が車種ごとに規定する),国土交通大臣が定める道路運送車両法の保安基準(第3章)及び車検(第5章58-76条)によって遵守を確保する。規制対象物質は,一酸化炭素・炭化水素・窒素酸化物,粒子状物質,粒子状物質中のディーゼル黒鉛である(前掲告示)。

また,交通規制(道路交通法や道路法の道路の構造基準が含まれる)については,交差点等の著しい汚染のある区域の測定の結果,汚染が一定の濃度を超えた場合に,都道府県知事が都道府県公安委員会に対して道路交通法上の規制を要請する。

さらに,緊急時の措置として自動車の運行の自主制限の協力を求め,さらに汚染が激しい場合には,都道府県知事が都道府県公安委員会に対して道路交通法上の規制を要請する。

固定発生源は,排出基準の設定および指定地域における総量規制によって低減できるが,移動発生源から排出されるNO<sub>x</sub>は交通量の増加とディーゼル車の増加によって削減が困難であったため,1992年には自動車NO<sub>x</sub>法が制定された。その後,同法が目的としたNO<sub>x</sub>環境基準の2000年までの達成が不可能になったこと及びPMについても知見が加わり,2001年に同法は自動車NO<sub>x</sub>・PM法に改正された。さらに,「自動車排出窒素酸化物及び自動車排出粒子状物質の総量の削減に関する基本方針」を達成するために,2007年に同法の改正が行われた。

## 3. 環境基準の法的性格及び無過失責任

環境基準の法的性格については,行政の努力目標を示す基準であり,直接

国民の権利義務を確定するものではないとの理解を前提として、東京高裁は環境基準の設定行為について次のように判示している(東京高判 1987 年 12 月 24 日行集 38 卷 12 号 1807 頁)<sup>(23)</sup>。

旧公害対策基本法(旧基本法)9 条 1 項による大気環境基準のうち二酸化窒素は 0.02ppm とされていたところ、環境庁長官は 1978 年 7 月 11 日にこれを 0.04~0.06ppm のゾ - ン内又はそれ以下・達成期間 7 年へと改定する告示を発した(昭和 48 年 5 月 8 日環境庁告示 25 号)。これに対して、東京都の住民ら(原告ら)は旧基本法に違反するとして、環境庁長官を被告としてその取り消しを求めて出訴した。すなわち、排出基準及び総量規制基準は、環境基準のみから「直接的、自動的に」決定されるものではなく、両基準の関係は事実上のものである。また、環境基準と公健法の地域指定要件との関係も事実上のものに過ぎない。したがって、具体的な争訟を離れて司法判断をすることはできない(却下)。

これに対して、国道 43 号線原告審判決(最判 1995 年 7 月 7 日民集 49 卷号 1870 頁)は、民事上の損害賠償や差止めにおいて、環境基準を違法性(受忍限度)の判断要素としている<sup>(24)</sup>(行政実務と民事訴訟判決で法的性格付けが異なるために混乱が生じている。3-3 で後述)。

さらに、無過失責任の導入については、1972 年改正の際に、ばい煙・特定物質・粉じんによる生命・健康被害について因果関係が証明された場合には、過失の有無を問わず賠償責任を課すこととした(25 条~25 条の 6)。

## 2) 民事訴訟の展開 西淀川公害訴訟 1 次訴訟判決以降

非特異性疾患と原因行為との因果関係について、前述の四日市ぜん息訴訟は疫学的因果関係のみでこれを肯定した。しかし、その後の判決の多くは疫学的因果関係だけではなく、他の事実も考慮したうえで因果関係を推定し、原告の個別的レベルで他の原因を検討するものが多い(大阪地判平成 3 年 3 月 29 日判時 1383 号 22 頁・西淀川公害第 1 次判決)。

学説上は、集団レベルの因果関係と個人レベルの因果関係を区別し、特異性疾患の場合には集団的因果関係の存在によって因果関係を肯定しても良

いが、非特異性疾患の場合には集団的因果関係だけではなく、その物質に曝露されたものの集団とそうでないものの集団の罹患率の比較値(相対的危険度)が高い場合(4-5倍が目安とされる)にのみ因果関係を肯定すべきであるとされる<sup>(25)</sup>。

大気汚染に関する裁判例は、硫黄酸化物に関しては健康被害との一般的な因果関係を認めるが、窒素酸化物と健康被害との因果関係に関しては従来の疫学的調査によって十分な知見が得られていないことを理由としてこれを否定するものが少なくなかった。しかし、近年では、工場公害について倉敷公害訴訟判決(岡山地判1994年3月23日判時1494号3頁)が、道路公害について西淀川2-4次訴訟判決(大阪地判1995年7月5日判時1538号17頁)が因果関係を肯定している。また、粒子状物質と健康被害の因果関係については、川崎公害第2-4次訴訟判決(横浜地川崎支判1998年8月5日判時1658号3頁)がこれを認めている。また、粒子状物質のうちディーゼル排気微粒子(DEP)と気管支ぜん息の因果関係を認めた判決もある(名古屋地判2000年11月27日判時1746号3頁・名古屋南部公害訴訟)。

共同不法行為における関連共同性(加害者が複数の場合の相互関係)について、従前から、判例も学説も強い関連共同性と弱い関連共同性に分けて議論してきた。強い関連共同性とは、加害者間に緊密な一体性がある場合(コンビナートの中で人的交流を行ったり物資を供給しあったりする等)を指すのに対して、弱い関連共同性とは社会通念上一個の行為と認められる場合(西淀川区に存在するが相互に関係のない複数の工場)を指す。

四日市ぜん息事件判決は、弱い関連共同性と強い関連共同性の相違を被告の免責の主張を許すか否かにおいていた。これに対して、西淀川公害第1次判決等の判決は、強い関連共同性がある場合に被告は免責の主張をすることが許されないが、弱い関連共同性のみがある場合には被告は減責が(当然免責も)許されるとしている<sup>(26)</sup>。



### 3) 近年の改正点・PM2.5 問題への示唆

#### 1. 近年の改正点 2010 年と 2013 年改正

まず、2010 年には、ばい煙量等の測定結果の未記録に対する罰則が創設された(16 条・35 条)。また、事業者の責務規定が創設された。これらの改正は、測定結果の改ざんを受けて行われたものである。なお、改善命令の要件の見直しについては既に述べた(3-1-1)。

また、2013 年には、建築物の解体等における石綿の飛散防止対策の更なる強化のために、次のような改正を行った。解体工事の発注者又は自主施行者に対して届出義務が課され(18 条の 15)、解体工事の事前調査及び調査結果の説明の義務付け(18 条の 17)、都道府県知事の報告徴収の報告及び検査の対象の拡大(届出のない場合でも解体工事への立ち入り検査を行えることとした 26 条)。

さらに、東日本大震災を受けて「放射性物質による環境の汚染の防止のための関係法律の整備に関する法律」が制定され、環境基本法 13 条及び大気汚染防止法 27 条 1 項が削除され、放射性物質による大気汚染の状況の常時監視を環境大臣が行う旨規定された(22 条 3 項)。

#### 2. PM2.5 問題への示唆

2009 年には、環境基本法 16 条 1 項に基づき PM2.5 に関する環境基準が設定されたが、2010 年度における環境基準達成率は、一般環境大気汚染測定局で 32.4%・自動車排ガスで 8.3%にとどまった(達成率は非常に低い)。周知のように、越境大気汚染も大いに関わっており、2012 年末から翌年以降の冬場には、中国での汚染及び日本での濃度上昇の観測により、2013 年 2 月には、環境省が注意喚起のための暫定的指針を公表した<sup>(27)</sup>。

PM2.5 は大気中の化学反応によって生じるため、PM2.5 対策は前駆物質対策の形をとることになる。前駆物質としては SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>・VOC 等が指摘されているが、原因についてなお究明が必要である<sup>(28)</sup>。前駆物質は全て固定発生源及び移動発生源から(VOC の場合には森林からも)排出されているため、法的対応としては「総合的な対策」をとらざるを得ない。

既に述べたとおり、固定発生源対策としては、個別の排出規制（K 値規制）・総量規制・燃料規制（硫黄酸化物のみ）がある（3 条・5 条・5 条の 2・6 条・9 条・13 条・17 条の 3 以下。3-1-1）。既に述べた通り、K 値規制は、実質的には量的規制ではあるが、煙突高を高くすれば量的規制を緩和できるという側面も持っており（前掲 3-1-1）、硫黄酸化物対策としては成功しているものの、他にとるべき手段がない場合には K 値規制を見直すことも検討すべきである。

移動発生源対策としては、構造規制・燃料規制・交通規制のうち、交通規制（道路交通法）は社会経済的影響が大きいため、なるべく最後の手段としたい。残りの構造規制（道路運送車両法）のうち、燃費の改善やフィルター装着の義務付けは、新たな産業育成に結び付くために、マイナス面ばかりではない。燃料の精製度を上げる場合には、コストがかかると同時に、精製を行う施設の監視がより重要になる。いずれの手段を採るにせよ、PM2.5 の発生源原因についての科学的究明は欠かせない。

#### 4．結びに代えて 到達点と残された課題

本報告では、日本の大気汚染問題について、四日市ぜんそくから PM2.5 問題までを俯瞰した。現在の大気汚染防止法（及び環境基本法）については、次の 5 点を指摘できよう。

第 1 に、四日市ぜん息事件判決は、過失責任の概念・共同不法行為・因果関係について論理的な難点はあるものの、日本における汚染者負担原則の確立に大きく寄与した。公害に係る健康被害の救済に関する特別措置法が制定後わずか 3 年で改正され、改正前公健法において企業が被害者を救済する費用を負担する仕組みが確立したことは象徴的である。

第 2 に、既に触れた通り、環境基本法 16 条 1 項の環境基準について、行政実務上は努力目標と扱われている。しかし、実定法上、環境基準が許認可

の基準とリンクされている場合があり、かつ、民事訴訟においては差止め及び損害賠償における違法性（受忍限度）判断の要素とされている（前掲国道43号線上告審判決）。騒音について、環境庁（当時）は、最高裁が違法と判示した水準（65dB）よりも高い水準（70dB）に引き上げた（規制を緩和した）ことへの不信感は根強い（国際水準に合わせたためではあるが、タイミング的なまずさもあった）<sup>(29)</sup>。

第3に、大気汚染防止法は、規制対象が狭い。例えば、2011年3月11日の震災及びこれに伴う福島第1原子力発電所の事故後の処理がある。従前から、放射性物質については、原子炉等規制法及び施行令・規則・告示において居住可能な区域の基準を1mSv/yを規定していた。事故後には、環境基本法13条が削除され、原子力法も環境法の体系に編入された。しかし、個別法の処遇はまだ固まっていない。まず、放射性物質汚染対処特措法が制定され、除染の究極目標も1mSv/yとされている。また、中央環境審議会は、2012年に意見具申を行い、大気汚染防止法・水質汚濁防止法・環境影響評価法等の改正が行われた。大気汚染防止法22条3項・水質汚濁防止法15条3項において、監視の規定は追加された<sup>(30)</sup>。環境基準の策定や媒体別の排出規制の導入には至っていない。

第4に、長距離移動はこれまでの規制の対象外である。特に、国外に原因がある場合、国内法上は法的措置をとれない。また、国際法上、発生国には領域使用の管理責任に伴う国家責任が生じる（Trail Smelter Arbitration, [United States v. Canada] Arbitral Trib., 3 U.N. Rep. Int'l Arb. Awards 1905 (1941)）。しかし、法的責任を追及するより、協力の枠組みを作る方が望ましい（国際協力の枠組み [Clean Air Asia] については藤田報告を参照）。

第5に、日中両国において、固定発生源及び移動発生源由来のPM2.5が問題になっている可能性が高いが、原因が究明されているわけではない。因果関係の究明は両国の共通利益であるから、今後の因果関係の究明の進展に期待しつつ、法的対応の検討を進めたい。

## 注

- (1) 2011年3月には、震災及び津波に伴う福島第一原発事故が発生し、2013年には放射性物質による大気汚染の状況を監視するための改正が行われた。
- (2) 微小粒子状物質（PM2.5）に関する専門家会合「最近の微小粒子状物質（PM2.5）による大気汚染への対応」（環境省、2013年）<http://www.env.go.jp/air/osen/pm/info/attach/report20130227.pdf>
- (3) 大塚直『環境法 Basic』（有斐閣、2013年）147-149頁（以下大塚『Basic』）。
- (4) 大塚『Basic』147-149頁。
- (5) 平野孝『菜の花の海辺から（上）』（法律文化社、1997年）74-89頁。大塚『Basic』147-149頁。
- (6) 平野前掲註5・111-131頁。
- (7) 大塚『Basic』147-149頁及び334-338。大塚直『環境法』（有斐閣、第3版、2010年）641-646頁。
- (8) 第一種地域の非特異性疾患については、一定規模以上のばい煙発生施設を有する設置者から、排出された硫黄酸化物の量に応じて徴収される汚染負荷量賦課金（52条）と大気汚染に大きく寄与している移動発生源の中心である自動車に関して政府から交付される自動車重量税収入の一部（附則9条）によって支弁される。汚染負荷量賦課金と自動車重量税の割合は、改正後見法制定当時の硫黄酸化物と窒素酸化物の発生割合をもとに、固定発生源と移動発生源の排出量をもとに、8対2とされている。
- (9) 平野前掲註5・158-159頁。
- (10) 指定地域に一定期間以上居住ないし通勤し（曝露要件）、指定疾病（慢性気管支炎・気管支ぜんそく等）にかかっていることが認められれば、都道府県知事が認定する（4条1項）。
- (11) 北村喜宣『環境法』（第2版、2013年）378-405頁（以下北村『環境法』）。
- (12) 北村『環境法』391-392頁。
- (13) 平野前掲註5・Y頁。北村『環境法』389頁。
- (14) 大塚『Basic』150頁及び北村『環境法』385-386頁及び389頁。
- (15) 大塚『Basic』155頁及び北村『環境法』401頁。
- (16) 北村『環境法』147-148頁。
- (17) 72回国会衆議院公害並びに環境保全特別委員会議録25号（1974年5月21日）。北村『環境法』399頁。
- (18) 現行の届出の場合は、計画変更命令を発出できる期間が明確に限定されているのに対して、許可制の場合は、行政手続法6条の標準処理期間の問題となる。大塚『Basic』134頁。

- (19) 北村『環境法』399頁は直罰制の適用が難しくが現実には意味を持たないとする。
- (20) 大塚『Basic』152-153頁及び北村『環境法』394-395頁。
- (21) 大塚『Basic』152-153頁及び北村『環境法』394-395頁。
- (22) 北村『環境法』402-403頁。
- (23) 大塚『Basic』138-142頁及び北村『環境法』130-137頁。もっとも、実定法の制度上、環境基準が排出基準や公健法上の地域指定要件、さらには許可基準とリンクしている場合もある（廃掃法8条の2の2・15条の2の2）。
- (24) 大塚『Basic』142頁及び北村『環境法』134-135頁。
- (25) 森島昭夫「因果関係の認定と賠償額の減額」星野英一・森島昭夫編『現代社会と民法学の動向』（有斐閣、1992年）235頁以下。
- (26) 大塚『Basic』389-392頁及び北村『環境法』215-218頁。
- (27) 長期基準として1年平均値15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ、短期基準として1日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下とされた。平成22年3月に、環境省は、常時監視の実施方法を示す「事務処理基準」や「環境大気常時監視マニュアル」の改正を行うとともに、平成23年7月には「成分分析ガイドライン」を策定するなど、PM2.5の常時監視体制の整備を図ってきた。環境省前掲「PM2.5への対応」X頁。
- (28) 大塚『Basic』161頁。
- (29) 大塚『Basic』142頁及び北村『環境法』134-135頁。
- (30) 大塚『Basic』160頁及び184頁。



## 大気汚染と「中国社会」論

田口 宏二郎

北京近辺の大気汚染という、まさに今そこにある危機をめぐり、問題の来源や対処法についてきわめてリアルな報告が行われた。歴史学を研究する立場から、この問題になんらかの発言をすることは可能か。北京を第二の故郷にする者として一定の当事者意識をもちつつ、いくつかの層次から考えてみたい。

まずは広めの対象設定を行ったばあい、都市空間の空気中に浮遊する微粒子が、人間の肺呼吸と景観に対し消極的かつ持続的な影響を与える状況の一つとして、北京の PM2.5 問題をとらえることができる。長期的なタイムスパンからみるならば、北京における浮遊物質は、久しく一種の風物詩の題材でもあった。とりわけ春から夏にかけての柳絮や黄砂は、季節を彩る賞美の対象であると同時に、都市環境を劣化させる原因でもある。16-17 世紀にかけて北京に住んだ浙江人・屠隆は、マスク（面衣）なしでは暮らせない首都での生活を慨嘆しつつ、故郷の「江村夕陽」と対比している[「在京与友人」]。首都での喧噪、砂塵・泥濘は、特に南方出身者にとって耐えがたい環境を表徴するものだった。

外来者を峻拒する風土の構成要因としてみれば、粒子状物質が浮遊しているという状況そのものは、特に新奇な問題ではない。こう考えれば、逆に PM2.5 問題の「新しさ」とその構造がみえてくる。この「新しさ」を見出す際には、以下 3 層の位相から腑分けすることが有益だろう。

- 1) 発生メカニズムじたいの新奇性。長期的スパン・中短期的スパンの変

動要因を考慮する必要がある。長期的には、土壌由来の黄砂のばあい、西北地域の森林被覆率が問題となる。中期的には、広く化石燃料使用を促進するような近代工業部門の成長や、都市化による人口集中という要因が重要である。そして今次のPM2.5問題では、原因物質が粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子で健康被害が甚大であり、排出元として自動車の排気ガスが特定化されている点が、鄧・藤田・王各報告において指摘されている。このばあい、20世紀なかばより進行した工業化・都市化に加えて、特に1980年代以降における中国の経済成長と可処分所得の増大、北京の市域拡大と地価高騰、そしてこれにともなう通勤圏拡大といった短期的な諸要因が挙げられる。国際的にみれば、低成長時代を迎えて自国内需の頭打ちに悩む自動車メーカーが、雪崩をうつように中国市場を狙い撃ちにしており、中国都市部のモータリゼーションに拍車をかけている。加えて、自家用車所有が（特に男性において）社会的地位の代理指標となっている状況も重要であろう。中国都市部の若年・中年層にとって、配偶者を見つける際には、「持家・自家用車あり（有車房）」という初期条件の有無が、死活的問題となっているのである。

2) 認知メカニズムの新奇性。歴史学者の目からみれば、PM2.5問題を「問題」としてとらえる機制そのものも分析の対象になりうる。中期的な動態としては、19世紀末から20世紀なかばにかけての、国民-国家形成と総力戦体制、そして国民を定量的に把捉する趨勢があり、その延長線上に「国民の健康」が政策的な主題となるという大状況がある。同時に、大気を測定する計測機器や、疫学的分析の長足の進歩については、鄧報告から如実に窺えるところである。かつては煤煙・スモッグなどというなかば感覚的なとらえられかたしかされていなかった浮遊物質が、SO<sub>x</sub>やNO<sub>x</sub>といった物質の成分、粒子状物質（particulate matter）の粒径に応じたPM10やPM2.5など、きわめて緻密なかたちで分類・測定・評価されるようになってきているのが注目に値する。

さらに王報告が伝える通り、人為的な環境変化に対して異議申立てを行う、（1972年のストックホルム会議に始まる）国際的な環境意識の高まりも中期



的状況として加えるべきだろう。短期的な相でいえば、近年の北京五輪・上海万博直前をピークとする「環保」「綠色文明」キャンペーンなど、自国の環境問題を自らの「後進性」と関連づけて語るやり方が、一定の妥当性を以て受け容れられる状況は、ここ 20-30 年の基調である。また、個人の「権利」意識の高まりと同時に、社会の貧富格差拡大も問題化したため、浮遊物質の排出主体に対する一種の社会運動を引き起こしつつある点も、王報告の主題のひとつであった。この部分に関しては、日本での公害訴訟と法整備の事例（松本報告）も、中国では参照対象となっている。

3) 社会や公権力による対策・措置とその動態。冒頭に紹介した「面衣」の着用同様、PM2.5 に対しては日本製の空気清浄器の在庫が払底するなど、個別の自己防衛という面では通時的な側面もみられる。同時に、藤田・王・松本各報告が明らかにするように、発生源の特定・排出規制・法整備や国際協力に至るまで、問題に対応するための技術的・法的な措置の社会的オプションは、ますます豊富になっている。また排出枠取引のごとく、大気環境を実効的に改善するための市場システムの整備も、選択肢のひとつとしてあがるようになった（王報告）。

他方、これらの対策を制限するような各種要因も無視できない。そしてこれらの要因の多くは、しばしば「中国社会」に固着するものとして、歴史的にはとらえられている。たとえばコースの定理において有名な、汚染物質排出源と被害者とのコーディネーションにおいては、「所有権が定義されているかぎりでは」、法規制抜きでも市場的に解決されることになっている。ただし、物権法制定以後においても「所有権」保障の実効化が弱い中国社会において、外部性の内部化がスムーズに起こりうるかどうかは、大問題である。他にも、法規制を実効化するための社会的調整にコストが発生している様相は、王報告も触れる中国政府内の部門間対立から窺え、重要な阻害要因となっている。先に触れた 2) の位相との関連でいえば、PM2.5 の排出源の特定じたいが、政体の内部対立と無縁でないことも、メディアも報道するところである。一例を挙げる。2013 年末、PM2.5 の元凶として河北省の鉄鋼生産が

名指しされ、減産が方向づけられる事件があった。この背景としては、腐敗撲滅キャンペーンの対象である周永康・中央政治局常務委員と河北省書記との密な関係が取りざたされたことがあるという。以上は習政権内の政局と環境問題がリンクした事例であり、ある意味で古くて新しい問題なのである。

以上、歴史学の立場から喋々してきた内容は、いずれも、問題解決そのものに役立つというよりは(最初からそのようなことを期待されていないが)、むしろ問題そのものを時間的スパンと包含する領域に応じてトライアージする方法論に関するものである。そして「問題」の大きさは、浮遊物質そのものの存在量・われわれの認知および存在特定能力、そしてその時々で社会で確定される「受忍限度」という、三者の変数によって決定される。いずれにせよ、「問題」がより長期的な構造に由来すればするほど、手をつけるためのコストも上昇するというのは、一般論としていえるだろう。

今後、「問題」はどのように解決されうるか。従来の中国型解決方法の一つとして、(たとえば清代の勸農政策・民国期の減租政策・1970年代末の改革開放のごとく、地域単位でローカルな社会実験をまず行い、一定の成果があれば、政権中央の指導力を通じて広域的な規制を敢行する、というやり方が想定できる。これは、トマス＝ロウスキら、E学派と称される人々が20世紀末の経済開発政策について指摘するところである。2014年11月のAPEC首脳会議において久々に青空(APEC藍)が出現した事例からみて、一定の説得力はある。だが、2週間近くも市民生活に不自由を強いた(スチーム・遺体火葬の停止 etc.)との報道から判断するがぎり、このような強圧的な措置が永続的に実効性を保つとも考えにくい(そもそも大気汚染のような広域的現象は、地域的な局所レベルの社会実験の対象としてなじまない)。

現中華人民共和国政府が、かつての権威主義的体制を離脱せねばならないという課題を抱えている点に徴すれば、目下、少なくとも中短期的には、問題解決の難度はむしろ高まっているともいえる。

## 新しい大気汚染 Beijing Winter Severe Haze ——科学的理解を深めるには何が必要か？

豊田 岐聡

大気中に浮遊する微粒子は、一般に「大気エアロゾル」と呼ばれるが、特に粒径が $2.5 \mu\text{m}$ 以下の微小粒子は、人体への強い健康影響のために「PM<sub>2.5</sub>」と呼ばれる。PM<sub>2.5</sub>は健康影響だけでなく、太陽光を散乱・吸収したり、太陽光を遮る雲の生成量や特性を変化させることで、地球全体の放射エネルギー収支を変動させ、地球気候システムに大きな影響を与える。それゆえ、PM<sub>2.5</sub>は、21世紀の重要な環境問題の1つである。

近年、北京市など中国都市部において観測されている高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントは、PM<sub>2.5</sub> 濃度が約  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  にも達する（東京では通常  $15\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）という希に見る高濃度であるだけでなく、従来の大気汚染とは全く異なる特徴を持つことが明らかとなっている。例えば、ロンドンスモッグでは、石炭燃焼によって放出された SO<sub>x</sub> ガスが大気中で変質することで硫酸エアロゾルが生成され、それが高濃度に大気中に滞留したことが原因である。またロサンゼルスの光化学スモッグは、春～夏の昼間に太陽光によって誘起された光化学反応によって、車や発電所などから放出された NO<sub>x</sub> や揮発性有機化合物（VOCs）が原料物質となって、有害な光化学オキシダントが生成されることが原因であることが明らかとなっている。これに対して、中国北京での高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントは、光化学反応が起こらない冬季の夜間に起こり、しかも石炭燃焼の影響を示唆する硫酸エアロゾルの特異的な濃度増加も観測されていない。また、従来の発生メカニズムを用いた先端シミュレーションモデル計算では、観測された PM<sub>2.5</sub> の約 20%程度しか説明できていない。

中国での高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントは、これまで考慮されなかった化学物質や全く新しい大気中での化学反応が原因である可能性を示唆している。

都市域において、PM<sub>2.5</sub> の主組成である硫酸塩、硝酸塩、有機成分は、そのほとんどが、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、VOCs といった一化石・バイオ燃料の燃焼によって放出される一“ガス状”物質が、大気化学反応によって蒸気圧の低い“粒子態”物質に変質することで二次的に生成される。これらの化学成分のサイズ分布や濃度変動は、北京で 2013 年 1 月に発生した高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントにおいても観測されており、硫酸塩、硝酸塩、有機エアロゾルは、それぞれ 20-30%、15-25%、50-80% を占めていることが報告されている（ただし粒径 1 μm 以下の微小粒子 (PM<sub>1.0</sub>) 成分に対して)<sup>(1)</sup>。この時の中国・東南アジア域における PM<sub>2.5</sub> 濃度分布が、鶴野らによって 3 次元化学輸送モデルを用いてシミュレーションされている<sup>(2)</sup>。しかし、この先端化学輸送モデルをもってしても、北京で観測された PM<sub>2.5</sub> の約 20% 程度しか再現できておらず、また、硫酸塩、硝酸塩、有機エアロゾルの寄与比もそれぞれ 10-25%、35-45%、15-20% と、現場観測値と全くかけ離れていた。比較的良好に再現されていた硫酸塩濃度との比較から、有機エアロゾル成分のモデル計算値は、観測データに比べて 100-200% も過小評価されている可能性を示している。有機エアロゾルの過小評価の原因としては、前駆物質（原料）である VOCs の大気中濃度の過小評価、VOCs が大気化学反応によって変質し粒子化する収率や反応速度の過小評価、あるいは現在の化学輸送モデルでは考慮されていない VOCs や大気化学反応の存在などが考えられる。

しかし、従来の VOCs や有機エアロゾル物質分析技術では、限られた範囲の VOCs・有機エアロゾル物質しか同定・観測できていない。例えば、北京での高 PM<sub>2.5</sub> イベントの観測にも用いられた先端エアロゾル組成測定装置であるエアロゾル質量分析計によって、有機エアロゾルの総質量濃度やサイズ分布を、その場で連続して観測可能であるが、有機物質はイオン化の際に分解されてしまうため、フラグメントイオンのパターンから「酸化有機物」「炭化水素様有機物」「半揮発性有機物」などに区別できるが、有機物質の分子組成や化合物情報は得ることができない<sup>(3)</sup>。そのため VOCs や有機エアロゾ

ルの分子組成・化合物組成分析には、現在でもガスクロマトグラフィー(GC)法や液体クロマトグラフィー(LC)法が広く用いられている。しかし、これらの手法では、分離カラムや測定条件の選択によって検出できる VOCs や有機化合物の物質群が制限されるだけでなく、標準試料のない物質に関しては物質同定も定量も困難であり、「測れるもの・解かるものだけ測る」が現状である。He らは、北京郊外でフィルター捕集した大気エアロゾルサンプルを実験室に持ち帰り、水で抽出した後に誘導体化し、GC 法でジカルボン酸など同定可能な 32 種の有機分子の濃度を明らかにしている<sup>(4)</sup>。ジカルボン酸化合物は、分子組成が明らかとなっている有機エアロゾル物質のうち、最も濃度が高い有機化合物であるが、この 32 種のジカルボン酸関連有機物質によってもエアロゾル中の全有機物質の約 5% しか説明できていない。

このような状況下において、PM<sub>2.5</sub> に対する対策をとっていくためには、どうすればいいのだろうか？原因物質の排出を規制するしかないが、PM<sub>2.5</sub> 生成の原因物質やメカニズムが分からないことには、何を規制すればよいか分からない。工場の排出ガスなのか、自動車排ガスなのか？無闇に規制をかけると、経済活動の停滞を招いたり、不必要な不便さを要求してしまうことになってしまう。一般市民の理解も得られない。したがって、まずは、現場での PM<sub>2.5</sub> 化学成分や PM<sub>2.5</sub> 前駆物質を大気観測することで～それも従来法では測定できなかった化学物質類も含めて、可能な限り全ての化学物質を測定する網羅的に観測し～、実際の大气中で起こっている PM<sub>2.5</sub> 生成反応やそれに関与する化学物質群を探るところから始めていくことが必須である。

そこで当グループは、清華大学などと協力し、当グループが有する先進質量分析技術により、大気中にどのような有機分子がどれだけ存在しているかをオンサイト（現場）で計測し、PM<sub>2.5</sub> 生成メカニズムを解明しようとする試みを開始している（古谷のポスター参照）。

(注)

<sup>(1)</sup>Zhang *et al.*, Characterization of submicron aerosols during a serious pollution month in Beijing (2013) using an aerodyne high-resolution aerosol mass spectrometer, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13 (2013), 19009.

- (2) 鶴野ら, 何故 2013 年冬季の中国で  $\text{PM}_{2.5}$  が高濃度になったのか, 大気環境学会誌, 48, (2013), 274.
- (3) Jimenze *et al.*, Evolution of organic aerosols in the atmosphere, *Science*, 326 (2009), 1525.
- (4) He *et al.*, Diurnal variations of total carbon, dicarboxylic acids, ketoacids and  $\alpha$ -dicarbonyls in aerosols in the northern vicinity of Beijing, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 13, (2013), 16699.

## 問題認識の共有および問題解決に向けた知の統合

上須 道徳

大気汚染問題は大きな健康被害をもたらす環境問題のひとつである。とりわけ微細な粒子である PM2.5 問題はマスメディアでも北京などの様子が頻繁に報道され日本でも大きな関心が持たれている。スチンプ先生による開会挨拶で、本ワークショップの趣旨は PM2.5 に関する最新の研究・取り組みについての動向を共有するとともに、日本及び中国の多様なバックグラウンドを持つ研究者、学生、政策担当者が交流することであると説明された。日中関係が悪い中で越境環境問題をテーマとする会議には大きな意義がある。PM2.5 についての最新の知見や情報の共有はもちろん重要である。様々な立場の人が、環境問題を通じてお互いどのような視点を持っているのかを共有し互いを知ることがより重要であると思う。これが、問題解決に向けた研究や実践の新たな方向性を作り出すきっかけになるかもしれない。本稿ではこういった観点から本ワークショップの意義について掘り下げて議論したい。

現代の科学・技術はエネルギーや社会・経済における様々なシステムを巨大で複雑なものにする。しかし、いったんシステムの齟齬が生じれば、それを制御するのは非常に困難となる。エネルギーシステムにおける原発の事故、食糧生産システムにおける狂牛病などの感染症、金融システムにおける世界的金融危機などに対し、社会は適切と思われる解決策を見いだせていない。学問および科学・技術がこれほど発達し、知が爆発的に生産されているにもかかわらず、である。

学問に責任のすべてがあるわけではないがそのアウトプットが解決につながらない理由は何だろう。専門化・細分化が進んだ現代の学問体系では問

題の全体像や異なる領域間の関係性が見いだせないことに大きな原因があるのではないか。

学問はその行為によって知を蓄積していく。したがって、学問の進展は学問を行う者にとって習得すべき事柄が多くなることを意味する。また、学問は近代化の中で制度化され研究者や教授という職業が生まれた。知の蓄積と学問の制度化が進む中では、学問分野の専門化と細分化がすすむことは必然となる。近年においては、研究者間の競争が激しくなっており、生産性向上のために学問分野の専門化・細分化には拍車がかけられる。

この状況を打破するためには学問の中にある増え続ける壁を取り除く必要がある。学問分野においては 2000 年代前半から半ばにかけてサステナビリティサイエンスという研究枠組みが北米や日本で提唱された。そこでは、知の構造化およびビジョン策定に資する新たな学術の構築が行われている。爆発的に生み出される知の体系化を通じて人間社会や環境などそれまでは異なるものとして扱われてきたシステムの関係性や全体を理解する。そうすることで、社会を望ましい方向に動かすためのアウトプットを産み出すという目論見である。

「構造化された知」の役割は大きい。わからないことがわかり、できないことを可能にさせる力を潜在的にもっているからである。地球温暖化のメカニズムを解明し、気候変動を緩和し対策を練るための知見はそれらの統合から生み出されたものである。

一方、社会の事象を問題として認識し、課題を適切に設定することがますます重要になっている。ここでのしかし「知」を構造化することでただちに状況が好転するわけではない。大きなシステムが引き起こす問題には科学的・客観的な知見のみでは割り切れないもの、つまり倫理や個人の価値基準が関わってくるものが多く存在するからである。エネルギーを大量に安定供給することと市民の安心を天秤にかけることは科学のみで行うことはできない。

このとき、学問に携わるものが強く意識しなければならないのは社会との接点を持つということではないか。研究者や学者自らが学問の世界だけではな



く、行政や産業などの部門間、そして地域間にある様々な障壁を取り除くことを意識しなければならないのだと思う。実際、社会の課題やニーズを（相対的に）よく知る産業界と大学が連携をして研究を行う産学連携が、遺伝子組み換え作物の是非について住民と専門家が議論するワークショップといった取り組みがさかに行われている。ただ、このような動きは決して十分ではない。研究者の間でも、純粋な探求心を持って研究だけをすればよい、と考えるものが多いのも事実である。

今回のワークショップは国や地域、学問領域や異なる部門の間に横たわる壁を取り除こうとする試みであった。午前中に学生が中心となり、工学、人文社会科学、自然科学の観点から環境や持続可能性をテーマにした研究発表が行われた。午後には、日中の大学、官庁から公衆衛生、法律、政策における分野の研究者・専門家から報告が行われた。北京における健康被害の実態とそのメカニズム、日本の経験から得られた環境対策としての法政策にかかわる教訓、中国の環境法の現状と課題、日本政府によるPM2.5対策、など示唆に富むものであった。より重要だったのは、年齢や経験、専門性、立場や利害関係を超えて、忌憚のない意見交換が行われたことではないか。

もちろん一度きりのワークショップで事態が変わるとは思えない。しかし、今回のワークショップは参加者の意識に変化を起こし、このような機会への参加を増やすきっかけになったと思いたい。幸いなことに大阪大学では2008年から学際融合教育としての大学院プログラムが始まり現在は40を超えるプログラムが運営されている。環境をテーマとする国際会議や国際研究プロジェクトの数も増加傾向にある。知の統合に向けた取り組みの素地ができつつあるのである。個人的には、「知の統合」の学問が問題解決やビジョン実現に向けた「実践」の学問に展開していくことを期待したい。



## 全体討論

**思沁夫**：今日は4名の先生の発表，そして3名の先生にコメントして頂きました。まず豊田先生のご指摘は，とても重要であると考えます。要するに，今までの政策や取り組みは何だったのか，そもそも間違えていたり，根拠のなかったりすることを行ってきたのではないかと受け止めることもできます。今からそうした基礎的な事柄をきちんと行ってから，日中の協力関係や法の整備，そして更に具体的なことを考えたほうが流れとして良いのではないかと，先生は仰っているのだと思います。

先生の頭の中で描かれている，そうした日中協力や法に関する基礎的な事柄をどのように行えばよいか，もう少し具体的にお話いただけますか。

**豊田岐聡**：すごく難しい問題と思いますが，我々のスタンスとしては，先ずは原因が何であるかということを確認にしなければ，法的な規制をかけることができません。規制をした時の大きな問題として，経済に負担を与えるようなことが起こってはいけません。つまり，簡単には，全てを法的な規制してしまえば良いのですが，結局，そうすると経済に影響が出てしまうので，我々は計測技術で以って，何が原因であるかということをきちんと解明し，それを中国側にも提供すると。その後，皆で考えて解決していくことがよいのではないかと考えています。

**思**：ディスカッサントの3名の先生方からコメントをいただきましたので，発表者の先生方に，順番にコメントに対するご意見をお願いします。

**鄧芙蓉**\*：中国でも主に環境庁がさまざまな地域でPM2.5の測定を行っています。その測定地域と病院でPM2.5あるいはその他の汚染物質による様々

---

\* 原文は中国語（以下，同じ）

な病気の罹患率、死亡例の統計データは公表されています。一方で、我々が取り組んでいる方法ですが、PM2.5 はご指摘されたように表面が滑らかではなく、さまざまな物が接着して非常に複合的な物質になっています。それを特定するのは難しいですが、ひとまず分類して、自動車からどのようなものが排出されるのか、また、その他からの発生源を細かく分類するという方法をとっています。しかし、PM2.5 は常に変化する流動的な状態にあり、中国の PM2.5 が日本に来るとどういった状態になるのかはまだ分かりません。そうした情報を得るのに日本との連携が必須であるので、各々で情報をどこまで得ているのかといった目的での交流と、それぞれの地域で行っている異なる測定を活かすことが必要だと思います。

**藤田宏志**：おひとりずつのコメントに対する返事ではないですが、環境省としては、国内対策と国際協力の両輪で進めていく方針です。国際協力に関しては、PM2.5 の発生源に抗議をしたところで問題解決につながるわけではないので、国際的に協力していきたいと考えています。国内対策に関しては、原因がまだはっきりと分からなくとも、考えられる対策案を今年度中に審議会で中間的に取り纏めることで、議論の叩き台を提供できればよいと考えています。

**愚**：3名の先生方から何かご意見はありますか？

**王小龍\***：2つに別けて考える必要があると思います。ひとつは、環境法は技術に依存しているということです。先生方の発表にありましたが、測定の基準のレベル設定は非常に技術的な問題で、生物学等さまざまな学問分野と連携しなければなりません。もうひとつ、法律については社会のことにあります。中国では今までは法律の制定が遅かったこともあり、現在、急速に法律が増えています。環境関係に関する法律も急速に増えてはいるのですが、スタートが非常に遅かったのです。日本との交流に関して、鄧先生らは科学的な交流が重要だと考えておられますが、私は、自身の専門である環境法の領域で交流を進めたいと考えています。日本の環境法や社会的な運動は、中国の法律策定と実施に大きな影響を与え、さまざまな概念についても日本を参考にしていると強く感じました。

**松本充郎**：王先生のご報告のなかで、「生態 GDP」というお話が出てきましたが、どう使うかで意味合いが異なってきそうな言葉でしたので、もう少しご説明していただくと有り難いです。例えば、「生態 GDP がそれなりに高いので環境面における努力はしなくてもよい」という方法で使うとまずい場合があります。それから、もしそうでない使い方をするにしても、木を植えるという行為ひとつを取っても、もともと付近にある木を増やしていくような方法と、外から持ってきたものをどかんと植えるといったさまざまな方法がありえます。そのようなわけで、単に「生態 GDP」というだけでは、どのように使うかというイメージが湧かないのです。

**王\***：松本先生の質問に完全には答えられないのですが、中国では最初、グリーン<緑色>GDP を始めたのですが失敗し、それに代わり、2年ほど前に生態 GDP という概念が出されました。ひとつの事例としては、中国の東北地域で多くの植林を行い、自然環境が護られている地域があります。その地域にとって、直接的な経済への影響はないかもしれませんが、一方で、中国全体での農業地域の保全、ひいては環境保全を計算に入れないと、グリーン GDP のように失敗に終わるのではないかと考えています。現在、われわれは中国政府の統計局と環境保護の分野で連携しようとしています。しかし、経済的な利益になっていなくとも環境保全に貢献しているものを、国がどのように計算するか、具体的にどのように生態 GDP を運営していくかという課題が残っています。

**松本**：王先生へもう一点、感想です。実は「自然の権利訴訟」といったものを日本でも随分前にやろうとしたことがありまして、中国も同様ですが、却下されて失敗しました。しかし、中国の良い点は、正に今、制度が開放されつつあるということです。その点では日本は遅れていると思います。本来、2004年に行政事件訴訟法が改正されて、5年後の改正で団体が環境保全のために原告適格(原告となる資格)を持てるということが検討される予定だったのですが実現していませんので、われわれはその点をやらなければいけません。

**思**：日本のグリーン GDP はどのような背景で作られたか、先生方が何か

ご存知でしたら教えていただけますか？

**上須道徳**：そもそも GPD はどのように計算されているかという経済学者視点の話ですが、国連が System of National Accounts (SNA) という分厚いガイドラインを作成し、計算方法を規定しています。基本的に、農業、工業、サービス業といった様々な部門がある中で、どのようにお金の遣り取りを行い、どのように最終的なアウトプットを生み出すかを、行列式に入れてお金の流れがわかるようにデータベースを作っています。GDP の計算とは、例えば工業、農業、サービス業の総生産から中間財として、産業間で遣り取りされるお金を差し引いたものです。更に、GDP が家計、政府、企業にどのように分配されたかも計算できます。例えば、日本では 2000 年初頭に IT 革命で GDP は大きく伸びましたが、個人所得は上がらずに実感なき好景気といわれました。それは、企業が内部で蓄え、投資に失敗したりしている一方で、家計に恩恵はなかったのですが、GDP は大きく伸びたという状況でした。GDP は表面上だけではなく、中身を見るとそういうことが分かります。もうひとつは回復経済といいまして、産業間の遣り取りの中では、環境汚染によって健康被害を受けるという点は GDP に換算されます。そういう意味で、環境や健康に与えたマイナス分を差し引きましようということが思想的にあります。日本でも 90 年代後半から社会の発展を図る意味合いで、さまざまな取り組みがされてきましたが、なかなか日の目をみていません。

日本で人工的に造られた資本、すなわち建物やインフラだけではなく、森林、農地といった環境自然資本といったものを、GDP という経済活動のベースとして計測し、包括的資本として国の発展の一指標としましようという議論があります。

**思**：これまで先生方のお話をいただいて、“文理融合” というの是一見格好が良いのですが、実際には、あるテーマを設定しても噛み合う場合と、噛み合わない場合があります、すごく難しいのです。さまざまな分野がありますので、先生方に、ご自身の関心のあるところについて、感想も含めて自由にお話ください。

**王\***：今回、はじめて日本に参りました。現在、中国では遺伝子組み換え

食品が食品安全上の大きな問題となっています。もしご専門の先生方がいらっしゃるいましたら、日本がどのようにこの問題に取り組んでいるのか、あるいは一般の方々が遺伝子組み換え食品についてどのように考えているのかについて、ご紹介ください。

**松本：**現在、遺伝子組み換え食品については TPP 等の交渉でも議論されておりまして、日本は少なくともトレーサビリティを高めなければいけないので、食品の遺伝子組み換え表示に気をつけています。それが交渉の中に入ってきていて、かなり多くの方が懸念しています。

**上須：**私は大学で“ Food Security ” の講義を担当していますので、遺伝子組み換え作物についてお話します。これは地域によってひとびとの受容に差がありまして、米国では、作物の遺伝子に BT というバクテリアの遺伝子を導入することで、作物を食べた害虫が死ぬという作物が普及し、既に、トウモロコシでは作付面積の 9 割以上が遺伝子操作を受けています。BT は大豆、米などでもかなりの割合で普及しています。また、インドでは綿花の遺伝子組み換えが普及しています。日本では、松本先生が仰いましたように、遺伝子組み換えの表示を推奨していますが、研究によると、流通で遺伝子組み換えの大豆などがかなり、そうとは表示されていない製品にも混じっているそうです。今後どうなるのかという議論の重要な部分は 2 つあり、ひとつは環境面で、中国をはじめとして農薬の使用が多く健康被害が甚大であることから、遺伝子組み換え作物はそういった農薬の使用が減るという利点があり、そのバランスをどう取るのかというところ です。もうひとつは食糧事情で、発展途上国の人口増加による食物の需要について、遺伝子組み換えは有力視されている技術のひとつです。水資源をあまり使わなくても良い植物や、栄養豊富な植物といったところに技術を活かすことが提案されています。しかし、これらは科学者だけで決められることなく、一般市民も含めた幅広いひとびとが考えて議論することが重要だと考えています。

**思：**最後に、先生がたに日中の環境汚染をキーワードにどういった協力をすればよいかというアイデア、あるいはどういった協力を期待するかについて、簡潔にお話ください。

鄧\*：午前中の学生のポスター発表や先生方のご発表から学ぶことがたくさんありました。環境汚染の問題は複雑ですので、私自身さまざまな分野、地域を越えての連携が必要であると感じました。今回、来日して会議に参加し、多くの収穫がありました。今後、研究者や行政の方も含めて交流を深め、一緒に何かをやっていくという姿勢が重要であると考えます。

藤田：個人的な意見ですが、日中間は政治的な問題もあるものの、大気汚染問題については、「空はひとつ」ですので、こうしたことを一緒に解決へ取り組んでいくということを契機に、その他のことでも、より良い両国の関係回復の契機になればよいと思います。

王\*：お互いの信頼関係にもとづき、利益を共有し分配することは、2つの独立国家として重要であると考えています。そのためには、このような共通の環境問題について協力し合うことが糸口となり、そこから協力が広がればよいと思います。

松本：日中関係が大変な中で王先生、鄧先生にご来日ただけで感謝しております。また、藤田先生のお話の中でも、政府の中でもなるべく共通利益を発見しようという動きがあることも、非常に心強いと思いました。豊田先生のお話につきましては、科学的な知見が十分でないところで、何を行うかということがより重要な問題だと思います。もちろん、経験則的に分かっていることがあれば、我々の法学者の問題でもあります。いずれにつきましても一所懸命に取り組んでいきたいと考えております。

豊田：環境問題は非常に難しく、発生源から反応して汚染につながり、最終的に人体へ影響を及ぼすため、全ての分野が関係する。当然、理系の研究者だけで解決できるわけではなく、法規制が必要となりますので、やはり文理融合のコミュニケーションが重要です。一方で、中国へどのようにアプローチしていくかということを考えなければいけない。そうした意味で、今回のような会議を、幾度も続けていけることが重要ではないかと思います。

上須：私も先生方と同じ感想です。さまざまな協力のなかで利害関係もあり、日本では同床異夢といい、時に違った方向を向いている可能性もありますが、まずは協力しなければいけない状況をつくる。同じ席に着き、同じテ



ーマについてコミュニケーションを取ることが第一のステップとして重要と思います。本日は学生も多く参加しており、さまざまな学部学生や留学生が集まっています。「相手を知る」ということが非常に重要ですので、顔を知って、理解を深めることで、同床異夢から同じ共通の利益を見出すことができると考えています。

**田口宏二朗**：15年前に北京飯店で行われた中国建国記念50周年シンポジウムに参加しました。その時にはすでに環境問題がテーマとしてあがりまして、中国の大気汚染について話し合われていましたが、専門家の見解としては、日本も昔は通った道だということです。したがって、現代の対中の複雑な感情についても、私がよく学生に語るのは、今の中国で起きていることは日本も通った道であるということです。しかも、ここ10年ほどを顧みますと、衛生観念の進歩などは完全にスピードアップしています。政治的な対立については、長いスパンで考えると、特に根拠はないもののそれほど悲観的には考えていません。

**愚**：各々の国の制度、文化的・社会的な状況では異なる部分もありますが、我々のものを考えるときの方向性はかなり近づいてきていると感じています。そういう意味では、私も、ますます交流しやすくなっていると楽観的に考えています。同時に、われわれは環境汚染についてまだ解明されていない事態に直面しており、社会的合意を調達するためには、真摯な対話によるほかはないと考えています。

本日はありがとうございました。



**第二部**  
**ポスター発表**



## 脈波におけるカオス解析から判別する精神疾患患者の特徴及び中国における心理問題への応用展開の可能性

三好恵真子\*，胡毓瑜\*\*

### 1. はじめに

心理学は、人の心的過程や行動の予測と制御を目的とする学問であるが、中でも、「生理心理学」は、生体信号に表出される生理的变化から、人の生理・心理状態の推定を行うものである。従来の生理心理学において、種々の生体信号（脳波、心電図、心拍間隔、血圧、呼吸、指尖容積脈波など）に関し、様々な手法を用いて解析され、多くの知見が得られてきたが、その大半は、線形理論に基づく解析手法が主流であった。しかしながら、生体信号には非線形的性質が含まれており、これらはカオス（chaos）と呼ばれる非線形的性質により変動することが知られている。

カオスとは、システムの状態遷移規則が決定論的であるにも関わらず、システム自体の非線形性によって確率系と等価な複雑さを生み出す現象のことを指す。また方程式等によって対象の状態を決定論的に記述できるが、その様相は法則性が見いだせず、ランダムネスのような非常に複雑な挙動を表す。しかし、カオス現象は、一見無秩序に見えるものの、実際にその背景に確固たる規則が存在する現象である。言い換えると、次に起こる現象が確率

---

\* 大阪大学・人間科学研究科

\*\* 大阪大学・人間科学研究科 DC

で決まるのではなく、ある一定のルールに従って決定論的に決まるのである。規則に従っているのに対象が無秩序に見えるのは、その対象を構成する要素の一つ一つの動きが単純であっても、集合体として振る舞うと複雑になるからであり、こうした対象のことを「複雑系」と呼ぶ。人間も複雑系であり、その複雑系から産出される生体信号にカオス情報が存在する可能性が高いと判断された。近年、カオス理論の発展とともに、生体信号におけるカオス情報の存在が明らかになり[ Abarbanel et al., 1993 ],それらの分析によって、人の生理・心理状態を推定する「カオス解析 ( chaos analysis )」の有効性が様々な実験により証明されつつある [ 雄山, 2012 ]

そこで、本報告では、指尖容積脈波 ( 以下「脈波」と記述する ) から得られるカオスなどの種々の情報を客観的に分析することにより、「人の心の状態を可視化する方法」を確立した研究成果を紹介していく。その特徴として、簡易な方法で測定でき、無襲撃で、経済的であるという利点も兼ね備えている。さらには、得られた実験結果を比較分析することにより、精神疾患の診断への有効性も導くことができている。他方で、本手法を中国における心理問題への対処法として、応用展開する可能性を模索している。なぜなら、中国の場合、精神衛生に対する知識が不足し、また環境整備が遅れている現状からも、個々に対処できる早期発見と予防のために本技術の導入は、一つの有効な手段となり得ると考えたからである [ 三好ら, 2015 ]

## 2 . 中国における心理問題

中国では改革開放以後の急速な発展・社会変化とともに、種々の問題が露呈してきたが、「心理問題」も、その一つである。2013 年の「中国青年報」の報道によれば、中国における精神障害者は 1 億人以上にのぼり、このうち重度な精神病患者は 1600 万人を超え、心臓疾患やがんなどを上回るようになったといわれる。具体的には、うつ病患者は 3000 万人に達し、また 17 歳以下の青年・児童の中で、情緒障害及び行動に障害がある人は 3000 万人に達している。さらには「心理問題」から様々な「社会問題」へと派生してお

り、自殺は無論のこと、暴力事件等の引き金になる可能性も示唆される。北京大学の精神衛生研究所の副所長唐宏宇は、重度精神病患者 1600 万人のうち、10%が暴力行動の危険性があると推察している。

しかしながら、中国では、心理問題に対する社会の認知度は低く、医療体制の不備もあげられ、環境整備は急務とされる [海部, 2014]。さらに中国では、自殺や殺人等の事件が、個人の心理の側面から考察されることは少なく、自殺の場合は、例えば大学生ならば、高等教育産業化<sup>(1)</sup>や教育行政化、また試験重視の教育制度に目が向けられる場合がほとんどである。つまり、個々人の心理状態よりも社会的制度の方がはるかに重要な案件であると考えられているのである。現状では中国の制度問題は深刻なため、それが重視されるのは当然であるが、人々の問題が、制度の課題の裏に完全に隠蔽されてしまっている現状は明らかに問題であると指摘したい。

このような状況を生み出した根源的な原因は、二つあると考えられる。一つは、中国における心理学の発達が複雑な経緯により遅れをとってきたことである。科学的心理学が誕生したのは、中国が西洋と接してからであり、1920年頃に、西洋の教育システムの導入に伴って、発達しつつあったが、1949年に中華人民共和国が成立して以来、心理学は、立ち入りを許されない紫禁城と呼ぶべき分野になってしまった [荆, 1989]。特に、心理学における最大の混乱は、1966年から76年の間に生じた文化大革命の時期であり、このとき心理学は、ブルジョワのエセ科学のレッテルを貼られていた。心理学が、近代化に貢献しうる科学領域であると認められたのは、文化大革命が終わったからのことであり、それでも、外国の心理学の諸学派を中国に紹介するにどまっていた。したがって、中国では心理学の蓄積・実践面でも人材育成の面でも、十分な環境にはなかった。かたや開放政策の結果、西洋の進んだ科学技術や経営法が学ばれてきたが、同時に好ましくない社会への影響が出てくることも不可避であったと予測がつくものの、基礎研究の遅れも足かせとなり、実践での対応には大きな溝ができてしまったと考えられる。

二つ目は、上述の学問的変遷の背景も受けて、中国国内での精神衛生に関する知識が不足していることから、精神疾患に対する国民の認知率、精神疾

患者の識別率、要治療者の受診率はかなり低く、精神疾患患者に対する正しい理解・同情が欠如することにもつながる。2013年5月に「精神衛生法」がようやく施行されたばかりの中国では、全国で登録されている精神科の医師は2万人弱で、国民10万人あたり1.46人と非常に少ない（さらに西洋学的な治療ができる精神科医師は、2000人程度といわれる）[海部, 2014]。よって、必然的に精神疾患医療サービスも著しく不足している現状にある。

以上述べてきたように、中国における心理に関わる複雑な社会問題、並びに精神衛生環境を巡る様々な問題点に鑑み、個々で対応できる早期発見と予防のために、脈波測定技術の導入は、有効な手段となり得ると考えられる。他方で、中国での実践的展開を目論むために、脈波に着目することに対するもう一つの重要な理由も見逃せない。すなわち、中医学には、望診、聞診、問診、切診という診察方法が存在し、そのうち切診には脈診と按診ある。ここでの脈診は、主に手首の橈骨動脈（寸口部）を按压して病状を知る方法であるため、中医の医者は、脈波によって、患者の生理状態を判断している歴史を約三千年持つ経緯からも、中国社会での汎用の可能性は高いと想定されるのである。

### 3. 脈波の測定方法とカオス解析

うつ病の早期発見には、日常の行動や状態をモニタリングする必要がある。よって本研究では、脈波を非線形解析することにより、カオスゆらぎを計算し、また同時に心拍から自律神経バランスを計算して、疾病の早期発見を可能にする簡易な方法を見出した。ここではその原理について、詳しく説明してゆく。

#### 1) 脈波の原理と測定方法

本研究で取り上げる脈波とは、「指先の毛細血管を流れるヘモグロビンの増減」である[Sumida et al., 2000]。心臓からの血流と同期であることから、指尖脈波の測定部位が指先となり、これは、複雑な脳波測定と比較すると、



極めて簡便であると言える。さらに脈波は、血圧や心臓の波動、呼吸など複数の各部位から発信される様々な信号の合成であり（図1）、身体のみならず心的状態を鋭敏に反映する生体信号であることも明らかになってきた。

脈波の測定システムは、脈波を読み取る赤外線センサーが付いたサック状のカフ(測定装置)とパソコン、また解析ソフトから構成されている(図2)。赤外線センサー付カフを指先に装着し、指先の毛細血管を流れるヘモグロビンの増減をとらえ、この値がデジタル変換されてコンピュータに蓄積される。コンピュータ内には解析用の専用ソフトが入っており、上述の手順により、プログラムを作って、指尖脈波をデジタルデータとして保存し、非線形分析をすることができる。専用ソフトセンサーは、指の尖端のほか、耳たぶ、足先などでも測定が可能である。しかし心臓からの血流と同期が必要であることから、左手の指先の感度が高く、測定には適している。

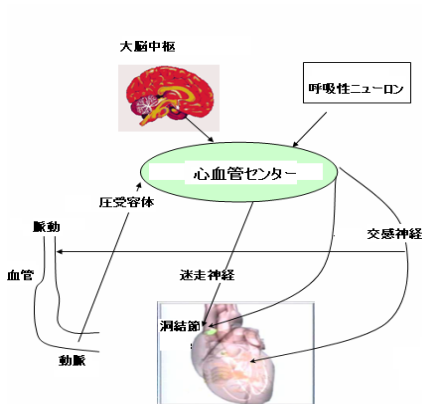


図1 脈波に存在する様々な情報

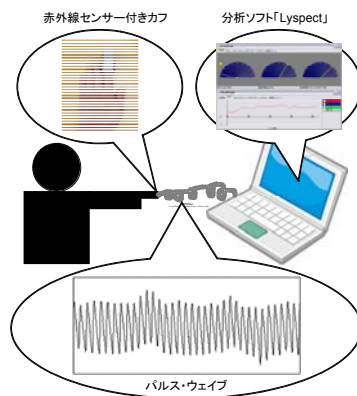


図2 脈波測定システム

指先にカフを取り付けてソフトウェアのスタートボタンを押すと、リアルタイムで毛細血管を流れるヘモグロビンの増減が波形としてパソコンのモニターに表示される。こうした脈波から得られる心的状態を示す情報は、概して 交感神経と副交感神経より算出される自律神経バランス (ANB)、並びにカオス解析による アトラクターと 最大リアプノフ指数である。一般

的には、測定を3分間行い、終了したら、測定したヘモグロビンの増減からアトラクターを作成する。上述したように時系列の波形からアトラクターを描くには、ターケンス埋め込み法を利用する。実際に、採取する位置は50ミリ秒ずらした4点とし、4次元空間にアトラクターを描く。さらにリアプノフ指数、交感神経と副交感神経の値、血管年齢など様々な指標の値は、自動的に計算される。このような測定システムと利用すると、人の心理状態が客観的に分析でき、また、心理における問題が発生した際、脈波により発見できる可能性が示唆される。

## 2) 自律神経バランス (ANB)

脈波からは、まず直接的に心拍の情報を得ることができる。これをスペクトル分析という特殊な方法で解析することにより、交感神経(計算式でLFと表記する)と副交感神経(計算式でHFと表記する)の活動を読み取ることができる。交感神経は心身の活動が高まっているときに活発に働き、副交感神経は疲労した心身を回復させるときに活発に働く。また両者の情報を用いることで、自律神経バランス(計算式でANBを表示する)を算出できる。これは交感神経と副交感神経のどちらが優位なのかを示す指標である。

自律神経バランスは次のように定義される。

$$ANB = 10 \times \frac{LF}{HF+LF} \quad (1)$$

ANBが5より大きい時、交感神経が優位であり、反対に5より小さい時、副交感神経が優位である。

## 3) カオス現象とアトラクター、最大リアプノフ指数

脈波から埋め込み法によって、アトラクターを描くことができる。指先に流れるヘモグロビンの増減を時系列の波形で見ると、そこに規則を見出すのは困難であるものの、アトラクターに変換すると一定のパターンが存在している。アトラクターには、概して4つの種類があり、我々が注目するのは、

「カオス・アトラクター」であり、以下に詳しく説明してゆく。

カオス解析方法にはいくつか存在するものの、その代表的な手法が、アトラクターを描く方法なのである。アトラクターは、ある力学系がそこに向かって時間発展をする集合のことであり、その力学系においてアトラクターに十分近い点から運動するとき、そのアトラクターに十分近いままであり続ける。カオスな力学系に対してアトラクターを描写することは、現在においてもカオス理論における一つの重要な研究課題である。アトラクターに含まれる軌道は、そのアトラクターの内部にとどまり続けること以外に制限はなく、周期的であったり、カオス的であったりする。

また、脈波の場合、記録したデータは1変数の時系列である。1次元の時系列変化をd次元の状態空間に埋め込む方法をターケンス埋め込み法と呼ばれる。この方法によってシステムのアトラクターが1つのデータから再現でき、視覚的に表示されることになる [ Oyama & Miao, 2006 ]。観測された一次元の時系列データを  $x(i), (i=1, 2, \dots, n)$  とする。このデータを用いて、d次元空間の中に軌道を描くには、適当な時間遅れをとり、ベクトル

$$X(i) = [x(i), x(i+r), \dots, x(i+(d-1)r)] \quad (2)$$

の軌道を作ればよい。このベクトル  $X(i)$  を座標軸  $x(i), x(i+r), x(i+2r), \dots, x(i+(d-1)r)$  に順次プロットしていくと ( $i=1, 2, \dots, n$ )、軌道(カオス・アトラクター)が得られる。

ここでは計算過程は省略するが、結果は  $d=4, r=0.05s$  である。また、アトラクターの形状をみることにより、脈波の中にカオス情報が存在することが実証されている。

以上の手順を経ても、アトラクターの構造はまだ不足しており、分析の際、さらに重要な情報を得るために、最大リアプノフ指数 (The largest lyapunov exponent, LLE) の計算が必要になる。リアプノフ指数とは、近接した2点から出発した二つの軌道が、どのくらい離れていくかを測る尺度である。この軌道幅の時間的な変動を数値にしたものがリアプノフ指数であり、その最大値を最大リアプノフ指数と呼ぶ [ Sano & Sawada., 1985 ]

最大リアプノフ指数は次のように定義される。

$$\text{LLE} = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \log \frac{|\delta X_\epsilon(t)|}{|\epsilon|} \quad (3)$$

$$\delta X_\epsilon(t) = X(t) - X_\epsilon(t) \quad (4)$$

$$\epsilon = X(0) - X_\epsilon(0) \quad (5)$$

ここで、最大リアプノフ指数が大きいほど、アトラクターの変動幅が大きくなる。つまりゆらぎの幅が大きいと言える。逆に最大リアプノフ指数が小さいほどアトラクターの変動幅は小さくなり、ゆらぎの幅も小さいと考えられる。この最大リアプノフ指数から、活動的な心理状態か、あるいは頑なな心理状態かという「心の状態」を読み取ることができる。つまり、リアプノフ指数が大きい状態は、肯定的に捉えると、行動的で積極的な状態であり、反対に否定的に捉えると不安定で心許ない状態である。一方リアプノフ指数が小さい状態とは、変化を好まない頑なな状態で、外部適応が困難な状態ともいえる。

## 4. 脈波の情報から判別する精神疾患患者の特徴

### 1) 被験者の属性

本研究では、2009年8月から9月に、専門のカウンセラーおよび精神科医の支援を受けて、精神疾患患者の脈波を測定し、全部で195回行った。患者の病名は、大うつ病性障害、適応障害、社会恐怖、摂食障害、心的外傷性ストレス、広場恐怖、強迫性障害、気分変調性障害、全般性不安障害、分裂病質障害、燃え尽き症候群、アスペルガー症候群など、様々である。また患者と比較するために関西学院大学に所属する健康な学生113名(男性42名、女性71名)を対象に同じく脈波を測定した [Hu et al., 2011]

### 2) 最大リアプノフ指数と自律神経バランスとの関係性による判別

測定した各被験者のデータの中から、縦軸に最大リアプノフ指数、横軸に自律神経バランスをとって2次元空間上にプロットしてみると(図3)、患

者と健常者の傾向を把握することが可能になる。楕円は精神疾患患者と健常者のそれぞれのグループが 95% 収容されるように描くことができ、精神疾患患者が最大リアプノフ指数は低く、かつ自律神経バランスは高い傾向を示すことがわかる。

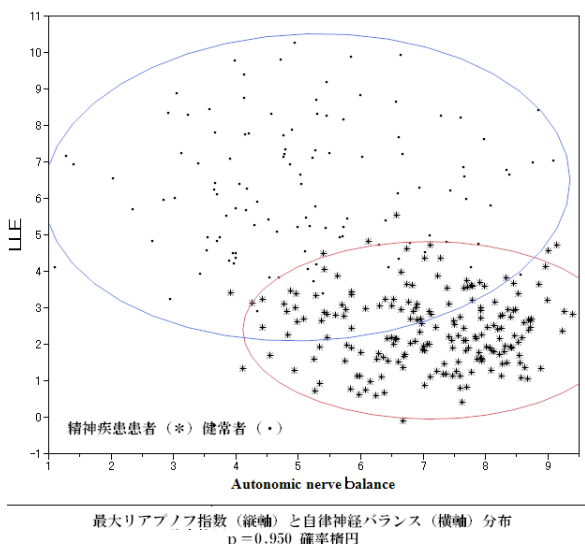


図3 精神疾患患者と健常者の分布

さらに分散分析を行った結果、最大リアプノフ指数と自律神経バランスは、いずれも精神疾患患者と健常者の間には有意な差 ( $p < 0.0005$ ) があることが明らかとなった。他方、判別分析を利用すると、対象者が精神疾患患者かそうでないかが判断できる。つまり測定された脈波から得た最大リアプノフ指数と自律神経バランスは、判別関数に代入すると、計算した関数値が臨界分割点と比し関数値のほうが大きい場合は健常者であると判断でき、逆の場合は精神疾患患者であると判断できる。この判別分析の正確率を、1 つとって置き法で検証した結果、健常者の正確率は 97.4% であり、精神疾患患者の正確率は 91.2% であることが示された。

### 3) アトラクターの形状, 最大リアプノフ指数, 自律神経バランスの結果

脈波のアトラクター, 最大リアプノフ指数, 自律神経バランスについて, 比較検討した。健常者の場合, 精神疾患患者と比較して, アトラクターの変動の幅が広く(図4), 最大リアプノフ指数が相対的に高い位置でゆらいでいた。また自律神経バランスも左右に偏ることなく, ゆらいでおり, 特に時系列グラフでは, 交感神経と副交感神経が交互に高くなったり低くなったりしているのが確認でき, 自律神経バランスは, ほぼ5近辺であった。

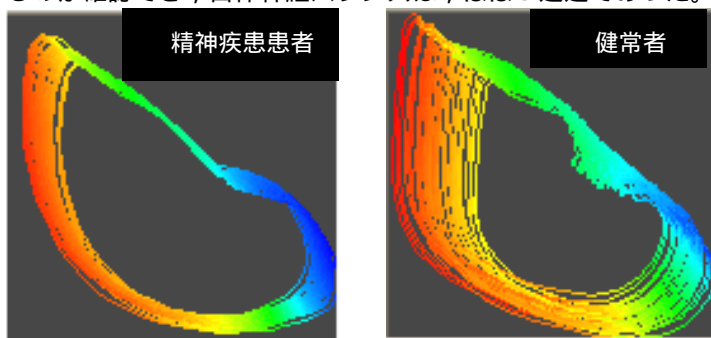


図4 精神疾患患者と健常者の脈波のアトラクターの比較

一方, 精神疾患患者の場合は, いずれの患者も最大リアプノフ指数が継続して左に傾いており, 最大リアプノフ指数の低い状態が長時間続いているということを意味している。こうした状態が長期に続くことは, 人とのコミュニケーションを避け, 内に閉じこもりやすい状態にあると推察される。しかし, 自律神経バランスについては, 時系列でみると交感神経が常に優位であり, 自律神経バランスは, 5よりも高いと考えられる。精神疾患患者の最大リアプノフ指数が低いという結果は, 予測される通りであるものの, 交感神経が継続して優位であるという傾向は, 一般的な認識と異なり, やる気がない, 消極な心理状態ではなく, 逆に緊張していたりストレスを感じていたり, あるいはイライラしたりしている状態であると考えられる。つまり精神疾患患者は, 内に閉じこもりながらも, 内面では非常に緊張している状態にあることが推察される。

次に、上述の被験者の中から、うつ病患者 23 名、健常者 20 名をランダム抽出し、脈波を二回微分して、加速度のデータを算出した（図 5）。

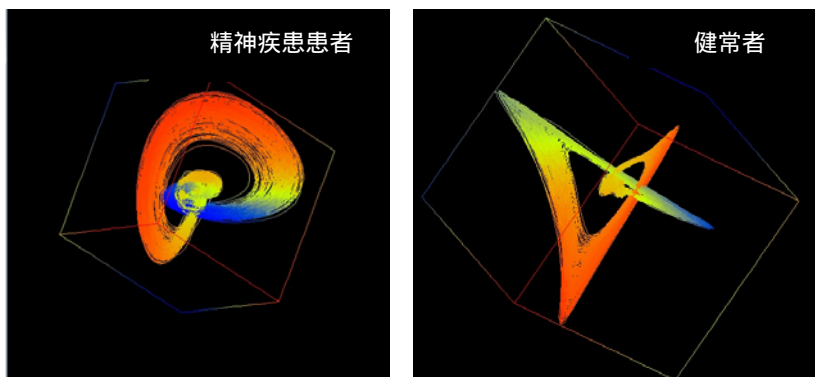


図 5 精神疾患患者と健常者の加速度波のアトラクターの比較

これら加速度のデータからアトラクターを描き出すと、脈波のアトラクターの比較よりも差異が明確に示された。すなわち、脈波のアトラクターの場合（図 4）、健常者のアトラクターの変動の幅の方が広いものの、両者を同時に比較しなければ、その差が明確にならないが、加速度のアトラクターの場合は（図 5）、形状が全く異なっており、健常者の方は、三角形のような形になり、精神疾患患者の方は、丸みを帯びた形を示していた。したがって、加速度のアトラクターを描き出すだけで、精神疾患を患っているか否かを判別できる可能性が示唆された。

## 5. おわりに

本研究では、生理心理学において、従来から主流とされてきた線形解析とは別に、生体信号に潜在している非線形的性質であるカオスを定量化することにより、人の生理・心理状態を推定するカオス解析に着目し、脈波から得られる本実験一連の研究成果を元に、その有効性を確認してきた。そして主として脈波のカオス解析により確立された「人の精神状態を可視化する方法」

をうつ病等の精神疾患の判断に応用することを検討している。本研究における脈波とカオス解析の応用は、音楽を聴く際の嗜好性、仕事とストレスの関係性 [ Imanishi & Oyama, 1989, 2006 ] など、様々な実験を行っており、その有効性を実証してきた。しかしながら、現在でも、解析上の課題や生体信号におけるカオスと生理学的意味づけができない等、複数の課題が残されている。今後、諸科学の連携および実践的研究の蓄積が求められるであろう。

本研究では、さらに精神疾患の「病気の種類」の分別の手がかり等の可能性も検討している渦中にある。当面、本技術の応用は、主として早期発見と予防に主眼を置いて検討を進めているが、さらに前進させて治療と連動させた仕組みを構築することも、重要な検討事項である。

他方で、中国における心理に関わる複雑な社会問題、並びに精神衛生環境を巡る様々な問題点を鑑み、個々で対応できる早期発見と予防のための脈波測定技術の導入は、有効な手段となり得ることを述べてきた。しかし、当然ながら乗り越えなければならない課題が数多く存在している。上述のように、中国における心理学の基礎研究の遅れにより、脈波に関する研究の実績は大学・研究所すべてに渡って皆無に等しい。さらに、中国では、これまで述べてきたような実験的・生理的方法やそれに関連する先端技術の導入はスムーズであったとしても、中国の固有性が抱える問題により、よりソフトな部分、すなわち社会に関する部分に関しては、海外研究の単なる模倣では、常に困難が伴うことは必然である。よって、中国独自の条件から発生する要求に応えられるように、文化に根ざした中国の心理学を作り上げてゆく必要があると考えられる。さらに、国際的な学術交流の進展、並びに海外で専門性を研鑽した中国人研究者の母国での活躍や今後の人材育成への貢献が期待される。

一方、実践面において、日本においては、一般でも脈波測定装置や分析ソフトが手軽に手に入れられ、心理状態が自らチェックできる環境にあるが、中国では一般に流通するまでには、それ相応の時間を要するであろう。現時点での可能性としては、脈波の装置とソフトの自国生産を目指すこと、あるいは、研究機関、病院等の組織での利用が現実的であると考えられる。しか



し、個人情報の保護や知的所有権の問題、海賊版の予防と対策など複数の課題が連動してくることはいうまでもない。

以上のように、脈波測定技術を、中国のより多様な場面において、応用展開を目指すことは有効であると考えられるものの、現地での実験測定データの集積とその分析・検討が求められることは必須である。よって本研究では、中国の社会的条件を考慮した包括的な研究にも着手しており、今後さらなる研究成果の蓄積と現状改善への展望に貢献できることを期待してゆきたい。

#### 注

- (1) 1992年6月16日中国共産党中央・國務院の「第三次産業を急速に発展させることに関する決定」の中で、中国政府は明確に教育を「第三次産業」と決めつけ、ほかの第三次産業と同様に「産業化を方向とし、活力あふれる自活体制を築かなければならない」、また「価値規律に従い、価格体制を改革し...料金の国家統制を開放し、状況に応じて自由に料金を定め、合理的な料金体制を築く必要がある」と通達した。

#### 参考文献

- Abarbanel, H.D.I., Brown, R., Sidorowich, J.J., Tsimring, L.S. (1993) The Analysis of Observed Chaotic Data in Physical Systems. *Rev. Mod. Phys.*, 65, 1331-1992.
- Imanishi, A. and Oyama-Higa, M. (1989) Measuring Judgment and Operation Errors and Biological Information during Task Performance-Verification by chaos analysis of fingertip volume pulse waves-. *The Second World Congress on Lateral Computing*, Bangalore, India, 117.
- Imanishi, A. and Oyama-Higa, M. (2006) The Relation Between Observers' Psychophysiological Conditions and Human Errors During Monitoring Task. *2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2035-2039.
- Oyama-Higa, M. and Miao, T. (2006) Discovery and Application of New Index for Cognitive Psychology. *2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2040-2044.
- 雄山真弓 (2012) 『心の免疫力を高める「ゆらぎ」の心理学』祥伝社.
- 海部隆太郎「うつ病が増大する中国の現状 自殺者数 35 万人で政府も対策強化に乗り出す上海馨励健康信息咨询有言公司 CEO 張正波氏に聞く」WEDGE Infinity, 2014年2月12日.

- Sano, M. and Sawada, Y., (1985) Measurement of the Lyapunov Spectrum From a Chaotic Time Series. *Phys. Rev. Lett.*, 55, 1082-1085.
- Sumida, T., Arimitu, Y., Tahara, T. and Iwanaga, H. (2000) Mental Conditions Reflected by the Chaos of Pulsation in Capillary Vessels. *Int. J. Bifurcation and Chaos*, 10, 2245-2255.
- 荊其誠 (1989) 「中国における心理学の最近の発展」 『心理学研究』 Vol.60, 117-121.
- Hu, Y., Wang, W., Suzuki, T., Oyama-Higa, M. (2011) Characteristic Extraction of Mental Disease Patients by Nonlinear Analysis of Plethysmograms , *2011CMLS*, 92-101.
- 三好恵真子, 胡毓瑜, 林娟, 雄山真弓 (2015) 「人の心理状態を可視化する試み - 脈波におけるカオス解析から判別する精神疾患患者の特徴と実践における新たな展望 - 」 *New Food Industry* , Vol.57, in press.

## 舟山群島新区海域における漁業資源の現状と海洋生態の保護・修復への展望

現行制度や生態系に対する漁民の認識や意見に関する分析

胡毓瑜\* , 三好恵真子\*\*

### 1. はじめに

21 世紀に入ってから、中国は発展の重心が大陸から海洋に転移している。2011 年 6 月 30 日、国務院が正式に浙江省舟山群島新区の設立を承認し、舟山群島新区は上海市の浦東新区、天津市の滨海新区（濱海新区）、重慶市の両江新区に続く中国 4 番目の国家レベルの新区となった。2012 年に発表された中国共産党第 18 回全国代表大会報告において、「海洋強国の建設」が初めて提起され、舟山群島の発展も中国政府が初めて発表した海洋経済をテーマとした国家戦略性地域計画となった。さらに、2013 年 1 月 23 日、国務院は正式に「浙江舟山群島新区の発展計画」を発表し、この「計画」は、承認済みの国家級新区の中でも初めてのことであり、この計画によって、舟山群島新区は省レベルの経済社会管理の権限をもっていることが表明された。

しかしなら、海洋経済が高速な発展している一方で、舟山海域の漁業資源が著しく減少し、海洋汚染の問題も深刻になっている。海洋経済の基礎としても、舟山の人々の生活と深い関係があるものとしても、舟山海域の生態・漁業資源の保護・修復は今の舟山群島新区な最も重要な課題であると考えて

---

\* 大阪大学・人間科科 DC

\*\* 大阪大学・人間科学研究科

いる。

そこで本報告では、漁業・生態の問題に対して制定された具体的な制度を整理した上で、周辺漁民へのアンケート調査を実施し、関連政策に対する意見、制度の理解の程度、実施の程度等を分析・考察した結果を提示する。

## 2. 舟山の漁業資源

舟山は、中国初の群島で構成される地級市であり、人口は100万人である。舟山群島は中国最大の群島として、大小1390の島から成り、数では中国全土にある島全体の25.7%を占めている。その陸地面積は1371平方キロメートルであり、海域面積は2.02万平方キロメートルである。

舟山は古くから「東海の魚庫」あるいは「祖国の漁都」といった呼称で呼ばれる。東シナ海にある舟山漁場は中国一の規模を誇る漁場として知られてきた。428000キロ平方メートルの大陸棚を有する東海は中国屈指の漁場で、漁獲量は全国の半分以上を占めていた。ここではフウセイ、キングチ、タチウオ、イカという四大経済魚類をはじめ、500種類を超える水産資源が獲れ、その中で沈家門漁港は舟山漁場の中心であり、ノルウェーのベルゲン港、ペルーのカヤオ港と並んで世界三大漁港の一つに数えられ、全国最大の海水製品の生産・加工・販売拠点である。

しかし近年、舟山漁場の漁業資源は量も、質も、著しく低下している。80年代からフウセイ・キングチ・イカ・クラゲは漁期を形成することができなくなっている。資源が最も多いタチウオ、量も、質も低下する傾向を見せている。90年代、フウセイとマン氏イカが絶滅し、タチウオ、キングチは漁期も失ってしまった〔人民画報、2004〕。このように舟山漁業は、現在大きな危機に差し掛かっている。

漁業資源減少の直接的原因として、乱獲と海洋汚染の二つが考えられる。

70年代に入ってから漁獲量だけを追求するという偏重した思想に支配され、漁業部門は盲目的に漁獲能力を拡大した。よって、短期間で漁獲量と収入の増大を実現した反面、魚やエビなどの資源は減少して、漁場は次第に危機的状況に陥ってしまった。特に経済魚類の漁期がなくなっている時、海水製品の産量が増加し続けるために（図1）、伝統的な漁獲対象の魚がなくな

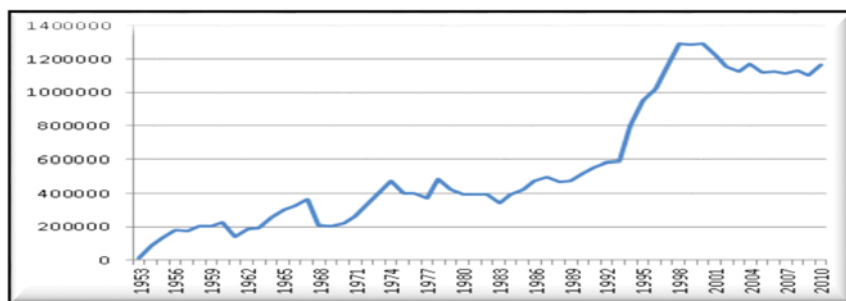


図1．舟山の海水製品の産量の推移  
（舟山総計年鑑2010のデータから作成）

ると、代替品として、類似の魚を大量に取ることによりまかっていた。よって魚が一種一種ずつなくなってしまうため、これは災厄の漁獲の方式であると言える。

一方、東シナ海の海洋汚染は、中国の四大海区の中で最も深刻である。2010 中国近海海域環境質量公報によって、舟山漁場の水質はほとんど劣四類<sup>1)</sup>であり（図2）、特に富栄養化、赤潮の発生の原因と考えられる無機窒素の濃度が異常に高く、年間の平均値は標準値の二倍である。また河口域および流入する隣接する東海の海域の濃度は標準値の10倍、20倍以上の所もある。

東シナ海の汚染の主要な原因は長江と钱塘江の流入であると考えられている。過去30年間、長江流域および沿岸地域における人間の活動や人口の増加によって、東シナ海の環境は大きく影響を受けている。陸上汚染源から出る汚染物質が海に流れ込んだ結果、沿岸地域および海洋のエコシステムにとって最大の脅威となっている。さらに、植物プランクトンの成長が阻害さ

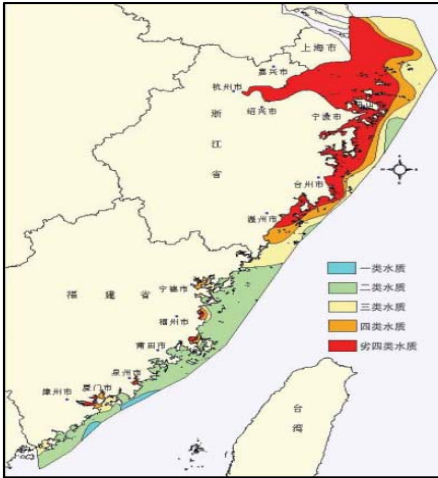


図2．中国沿岸海域水質分布図  
(2010 中国近海海域環境質公報)



図3．舟山漁場の赤潮  
(舟山海洋と漁業局HP)

れ、魚介類が死滅し、富栄養化を拡大させ、赤潮が頻発し、漁獲高は減少し、生態系の健康状態に不可逆的な変化をもたらし、沿岸地域の住民の健康状態をむしばんでいる(図3)[シップ・アンド・オーシャン財団,2002]。

### 3. 漁業資源管理制度

上述のような厳しい状態に対して、中国の研究者と政府の関連部門は様々な対策を講じてきた。その中で、最もが具体性と実行力を持ち、広く重視されるのは漁業資源管理制度である<sup>(2)</sup>。中国では漁業に関する制度は「休漁制度」、「漁獲許可制度」、「漁獲強度管理制度」、「漁獲漁民転業制度」、「漁獲限度制度」及び「漁業資源増殖制度」である[桑淑萍,2008]。以下に「休漁制度」「漁獲限度制度」と「漁業資源増殖制度」の内容と舟山の実施状況を述べてゆく。

く。

休漁制度の中に、夏季休漁と禁漁区、禁漁期、保護区という概念を提起している。特に認識度が高い夏季休漁とは、一定期間中、一定の水域で漁労を

禁止することである。また禁漁区とは、一切の漁労、あるいは特定の漁労方式を禁止する水域であり、禁漁期とは、漁労作業を禁止、あるいは制限する時期である。保護区とは、経済価値が高い、あるいは他の利用価値が高い水産種質資源の保護するため、水産種質資源の生長と繁殖の水域で保護区を設立し、この保護区で一切の漁労を禁止することである。舟山漁場の場合は、1995年から、毎年6月15日から9月の15日まで、夏季休漁期に入り、さらに、2012年から、休漁期の開始時間は6月1日に繰り上げた。また、漁獲対象、あるいは、漁獲方式によって、様々な禁漁区、禁漁期を設定し、さらに、タチウオなど9種の経済魚類を中心として、合計40種以上の漁業資源を保護するために、2008年に2.2万平方キロメートルの東海タチウオ国家級水産種質資源保護区を設立した。

漁獲限度制度はある海域の総漁獲量を計算し、それ以上の漁獲を禁止する制度であり、先端な制度として2000年に漁業法の中に導入された。伝統的な漁業制度と違い、投入ではなく産出をコントロールしている。現在、国際的に産出をコントロールする制度は概ね2種類であり、TAC制度<sup>(3)</sup>とITQ制度<sup>(4)</sup>である。ただし、中国の漁獲限度制度がどちらに傾倒しているかに関しては、研究者の間でも一致した見解は得られていない。よって、漁業法に明文化されたにもかかわらず、舟山を含め、中国においてこの制度はいまだ実行されていない。

漁業資源増殖制度とは、孵化したばかりの仔魚から水槽内で育てた魚介類の稚魚を天然に放流することで、資源を直接増やす方法である。中国の場合、漁業資源増殖制度の実行について、二つのステップがある。第一ステップは漁民たちが漁業資源費を払う。第二ステップは政府がこの資金で、ふ化したばかりの魚を購入し、育て、放出するのである。舟山漁場の場合、漁獲方式によって、漁業資源費が違い、例えば、トロール網は年間20元/KWである一方で、引き網の場合、三年目から800元/KWとなっている。一方1982年から、エビの放流を始め、1993年の一年間、1.1億尾を放流した。また、1999年からフウセイの放流も始めた。こうして今、舟山漁場で年間1000万円の漁業資源費を利用し、10種類以上数億尾の稚魚を放流している〔舟山

#### 4 . 漁民へのアンケート調査の結果

上述のように漁業資源と海洋生態の保護・修復について、政府の関連部門が様々な制度を作ってきた。一方、研究者たちも現行政策・制度に対して検討し、より先端、あるいは、より効率が高い制度を制定するため、研究している。しかしながら、従来の政策・制度の研究は、主として政府や管理者の立場から、その合理性を検討するが、今のところ漁民の視点に立ったものは見あたらない。よって、漁民の立場の現行制度を考察したり分析したりする重要性に鑑み、先行研究などを参考にしながら、漁民に対する中国語の調査票を作成した。2013年12月、舟山市嵎泗島の二校の学生の家族を対象として、800枚の調査票を用意し、学生達に持ち帰って家族に行ってもらった。2014年1月に調査票を回収した。

回収した調査票を分析すると幾つかの課題が見えてきた。まずは漁民の立場が弱いことが明らかとなった。漁民の学歴は全体として高くなく、大学、専門学校とそれ以上の学歴が持っている人は14人ほどであり、これら高学歴の人の職業は、全て水産企業の管理者、オーナーと政府の公務員であった。また、中学と中学以下の人は7割以上をしめていた。一方、漁業と関連がない職業の場合、42%の人は大学とそれ以上の学歴が持っているので、同じ地域に住んでいても差異が顕著であることが伺える。また、漁民は、わからない所が多いと回答した人が多く、4割の人は法律と政策の区別が分からない、6割の人は漁業法の内容が分からない、7割の人は漁獲限度制度を聞いたことがない、3割の人は制度を違反したことがあるかどうか分からないと回答していた。また、政府や他の組織に自分の意見や情報を示した経験を持つ人はそれほど多くなく、39.5%であった。

二つ目は現行制度について、様々な意見が持っていることをわかった。「政策・制度に関する質問」の結果から、40.5%の人が「漁業法」の内容について大体わかると答えたが、9.4%の人は「時代と合わない」、16.5%の人は



「ただの条例，操作性がない」，12.4%の人は「新たな規定が必要だ」と答えた。また「休漁制度」については，71.6%の人は内容が大体わかると答えたが，20%の人は「合理的」，18.8%の人は「休漁期間が延長すべき」，27.6%の人は「休漁期間が短縮すべき」，44.7%の人は「魚の種類，海域，時間によってより具体的な区別が必要だ」と様々な意見が出された。

三つ目は，漁業資源・生態状況に対する感覚・意見が相対的に一致していることである。「漁業資源と生態の質問」の結果から，78.9%の人は「魚類資源の数量が減少している」と答え，74.1%の人は「魚類資源の種類が減少している」と答えた。また，74.6%の人は「海水製品の産量も減少している」と回答した。乱獲については，94.2%の人が認識しており，そのうち45.9%の人は深刻であると感じ，また71.6%の人は「この問題は重要であり解決すべき」と思う一方で，「私がとらないと，他人がとる」，「海の魚は所有を定めないので」というコモンズの発想も見られた。海洋汚染については，91.8%の人は存在していると感じており，55.3%の人は「深刻で，強く感じる」と答えた。90.1%の人は「この問題が重要であり解決すべき」と思う反面，15.2%の人は「これは国の問題であり，私は何もできない」と悲観していた。総じて言えば，制度の実行の効率が低いことが示唆された。

## 5 . 考察

海洋汚染が深刻になり，漁業資源が減少しつつ，漁業資源管理制度がたくさん制定されたが，効果が低い。こうした厳しい現状を導く根深い原因は，以下の4つが考えられる。

### (1) 漁業資源の所有権が明確ではない

漁業資源の利用者として，漁民にとって，海の魚の所有を決めないで，誰かとったら，だれのものになるのが一般的な習慣である。これは実に「コモンズの悲劇」の典型的な事例である[胡国祥，2011]。短期と自分の利益だけを重視し，公有な漁業資源の開発の限度を超え，結局自分は被害を受けない。

## (2) 情報と認識における不一致

漁民、政府と研究者は制度に対する認識が異なり、また、国内外の状況、一般市民や企業と政府は環境状況に対する認識、持ち合わせている情報が異なる。調査の結果に鑑みると、漁民の場合、現行の制度の内容を理解していないものの、意見を持ち合わせているという複雑な実態が明らかとなった。

## (3) 政府中心の制度のシステム

中国の政府は極めて大きな力を持ち、農業、工業などの産業を直接管理している。しかし、漁業の場合、漁業制度の実行力が明らかに低いことが明らかとなった。この原因は、まず漁業を営む地域分布が広いため、政府の政策・制度、あるいは、具体的な規定を漁民へ伝達する効率が自ずと低くなってしまふ。また、漁労の場所は極めて広域な海洋であり、作業の管理と監視が異常に難しく、特に他地域から来た漁民の管理がほぼ不可能である。一方、政府の関連部門、例えば、漁業局でも、実際に管理機能を持っているが、漁業資源と直接の利益関係がない。また、政府部門として、上級機関の指導だけではなく、地方政府の管理も受ける必要がある。漁業の場合、漁獲活動自体が生産活動であり、地方政府は地方の経済を発展するため、実に海水製品の産量を増えることを期待している。現行制度は漁民との距離が大きい上に、政府の力は発揮されにくいいため、このような現状を生み出すことは想定できることである。

## (4) 経済中心の発展方式による課題

舟山漁場は天然の好漁場として、千年前から付近の住民に豊富な漁業資源を提供してきた。その長い歴史において、人間の生活活動は魚類に豊富な栄養を提供し、魚類の数量が増加し、漁民が魚をよくとり、素敵な平衡状態であると考えられる。しかし、この平衡状態はこの何十年に完全に潰された。経済の高速の発展とともに、生産力として漁獲の技術が高くなるのみならず、消費活動もかなり増加している。昔の対象者は近くの住民であるが、今加工・保存技術の発展、また交通・流通方式の変化によって、舟山製品は全国、全世界に輸出することができるようとなった。提供よりはるかに大きい需要の市場があれば、生産すればするほど多い利益が得られる。また、巨大の利益を得

た次第、より大きい利益が欲しい、より大きい利益がえることができる。そのまま魚類の生態システムの平衡を考えず、一方的に生産活動として漁獲の程度が強くなっていると、漁業資源の減少と漁場の枯渇は実に予想できる。

以上の中で、現行制度の実行力が低い主要な原因は「政府中心主義」にあると考えられる。他国の状況に鑑みれば、例えば、日本の場合、漁民は、法律、政府の行政法令のような全般的な指導を受けることができ、さらに漁業協同組合という方式で具体的な規定を作り、自らの行動も管理、監督している。このような漁民中心の制度における実行性は高いと認識されるが、現在の中国において、このような制度のシステムを構築することは難しい。それ以外にも、中国の漁民は漁業資源保護の意識がまだ低く、また自ら制度を作る知識、能力を持ち合わせていない。したがって、現行の中国の漁民にとって、認識を向上させることが重要であり、現実性を考えると、意見交流と情報交換の場を設立するのが当面の課題であると考えられる。

一方、海洋汚染は環境問題の中でも、課題解決はより複雑であると考えられる。舟山海域の海洋汚染に対して、舟山だけの努力では不十分であり、長江流域の各省各市の連携が必要であると考えられる。さらに、制度面、また技術面のことを考慮すると、全国、あるいは、国際的な各分野あるいは各領域の協力は不可欠であると考えられる。

## 6. 今後の課題

本研究では、今後も引き続き学際的な視点から検討を進めていきたい。人文社会学的側面として、一つは漁民の視座に立った具体的な条例を検討するために、特に「浙江舟山群島新区の発展計画」の解読を試みる。二つ目はアンケート調査の結果を整理した上で、現地調査を実施し、特に漁民のインタビュー調査による漁民の生活状況を具体的に把握し、また日本の制度を参考しながら、日本の状況と比較し、中国現行の漁業資源管理制度をより詳細に分析してゆく。

他方で、自然科学的側面から、カオス解析により生態システムの安定性の

分析を試み、生態システムの安定性を示す指標や手法の確立を目指してゆく。また客観的なデータ及び各種情報に基づいて、主要漁業製品の生態モデルを構築し、数値シミュレーションを実施してゆく。そして様々な条件変化に対応させながら主要漁業製品が変化する状況を分析し、さらに将来予測も試みたい。

#### 注

- (1) 中国海水水質標準 Sea water quality standard(GB 3097-1997)によって、中国の海水水質は四類に分類している。第一類から第四類まで水質が劣化し、また、第四類の水質の標準を満たさない場合、劣四類と呼ばれる。
- (2) 今回の報告が目にするのは舟山における制度であり、つまり漁業資源管理制度である。海洋汚染と関係する対策について、主なものは大陸における実施する政策・制度である。
- (3) TAC 制度は対象とする資源（魚種）に対して、漁獲することができる上限の数量を定め、漁獲量がその数量を上回らないように管理することにより、その資源を保存、管理しようとするものである。
- (4) 漁獲可能量を漁業者又は漁船ごとに割り当て、割当量を超える漁獲を禁止することによって漁獲可能量の管理方法は個別割当（IQ [ Individual Quota ]）方式である。また、個別割当方式には、漁業者又は漁船ごとの割当量に譲渡性を付与し、当該割当量を他の漁業者に自由に譲渡又は貸付けができるようにした譲渡性個別割当（ITQ [ Individual Transferable Quota ]）方式がある。

#### 参考文献

舟山市統計年鑑 2012

中国海洋大学 HP <http://222.195.158.131/xuan/008959.htm>

東海区漁政局 HP <http://www.dhyzchina.gov.cn/>

浙江省海洋と漁業局 HP <http://www.zjoaf.gov.cn/dtxx/gdxx/2013/08/12/2013081200018.shtml>

舟山市海洋と漁業局 HP <http://www.zsoaf.gov.cn/SY006.html>

舟山漁場の海洋資源を蘇らせる-地域ぐるみの取り組み、人民画報 2004-10  
シップ・アンド・オーシャン財団編、海洋の平和維持と環境保護のための法的・政策的枠組みと行動計画、海の安全保障その 2：海洋環境の保護陸上起因による海洋汚染 - 東シナ海、中国、国際会議「地球未来への企画“海を護る”」会議録、2002.11、日本財団図書館（<http://nippon.zaidan.info/in>

dex.html)

2010 中国近海海域環境質量公報

中国海水水質標準 Sea water quality standard(GB 3097-1997)

倪海儿 & 陆杰华, 舟山漁場漁業資源動態解析

胡国祥, 论海洋渔业资源的可持续利用—以浙江省岱山县为例, 四川农业大学, 硕士学位论文, 2011.3

桑淑萍, 中国海洋渔业制度管理研究—以青岛市为实证分析, 中国海洋大学, 硕士学位论文, 2008.12

王淼, 吕波, 中国海洋资源性资产流失成因及对策分析, 资源科学, 2006 年第 5 期



## モンゴル・ウランバートルから語る大気汚染

岸本紗也加\* , 馬庭泰介\*\*

### 1. はじめに

モンゴルでは、人間と自然環境の共存生活が連綿と営まれてきた遊牧国家としての歴史がある。モンゴルの人々は、自然環境への破壊行為が不幸や災いの招来と強く理解していた。しかし、モンゴルの自然環境が破壊された事例、例えば土壌や河川の汚染、ゴミ投棄などの問題も抱える。

モンゴルの人々の生活の軸は、自然環境から個人・競争・市場へと一変した。現在、モンゴルでは個人が重視され、個人間で競争が生まれ、人々は市場との接続を余儀なくされる傾向にある。1990年代初頭、旧ソ連の傘下を離れ、民主主義体制に移行後、諸外国の支援をもとに市場経済化を推進、国家成長に邁進した。しかし、この「近代的」国家構築の試みは、全国規模の様々な問題を巻き起こし、国家と人々の生存を脅かす事態を招いた。その問題一つがウランバートルの大気汚染である。

ウランバートルは今から約370年前に、仏教都市として誕生したと言われるが、現地の人々は当時から大気汚染に悩まされているのではない。ウランバートルの大気汚染の問題に調査研究のメスが入り、本格的な対策が模索され始めたのはここ数年前のことである。では、ウランバートルはなぜ大気汚

---

\* 大阪大学・工学研究科 特任研究員

\*\* 大阪大学・工学研究科 MC

染の問題に直面しているのか、どのような改善，解決策があるのだろうか。

本稿は，ウランバートルの大気汚染について学術的に論じるよりも，むしろ現状と対策を概観し，問題の改善，解決に向けた提案を行うことを目的としている。統計データや資料及び著者のモンゴル滞在経験から得られた現地の人々の声や観察記録，各々の専門，関心領域に基づいてまとめた。

## 2. ウランバートルの大気汚染の現状と主な要因

「ここはウランバートルじゃなくて『オター』ンバートルだよな。」

これは現地に暮らすミシェルちゃん(女の子, 10歳)が著者に発したことばである。オターとは，モンゴル語で煙を意味する。確かに，ウランバートルの天気予報には曇ではなく，煙の予報がある。特に早朝と晩は視界が悪い。先 10m も見通せない地区と日時があり，道路交通や航空機の離発着に影響が出ている。昨年(2013年)，世界保健機関(WHO)はウランバートルの大気汚染は「世界最悪レベル」と報告した。同年12月中旬には，著者は在モンゴル日本大使館より，外出を控えるよう通知を受けた。モンゴル気象・環境調査庁の報告によると，PM<sub>2.5</sub>，PM<sub>10</sub>，二酸化硫黄，二酸化窒素量がWHOの基準を大幅に上回り，PM<sub>10</sub>は世界基準の100倍以上もの数値が観測されたという。モンゴルの気象・環境調査庁の観測所が測定したPM<sub>2.5</sub>の24時間の年月別(2007年～2011年)平均濃度は，いずれもWHOの年間平均基準値(図1中の赤色の点線)を超えており，寒さが一段と厳しくなる12月，1月，2月には高濃度であることが分かる。



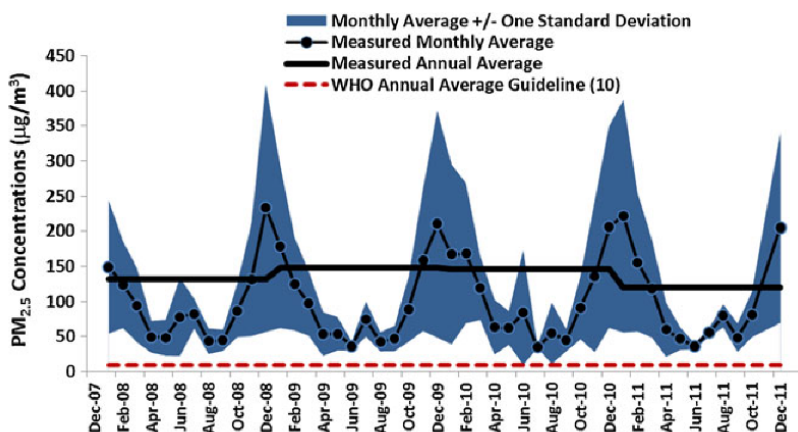


図1 ウランバートルの年月別、PM2.5 平均測定値

著者自身も現地生活を通じ、ウランバートルの大気汚染の深刻さは度々痛感した。髪と衣服には常に煙の臭いが付着していた。頭痛、目やのどの痛み、黒い鼻水、呼吸のしづらさ、などの症状に悩まされた。外出時にはマスクが必須だった。昨年12月にはついに体調を崩してしまい、病院で診察を受けた。医師は、著者と同じような症状を抱えた患者は当然のごとく溢れており、何も深刻でないといった様子だった。

しかし、なぜこれほどまでにウランバートルの大気汚染は深刻なのか。モンゴル現地や国際社会で一般的に挙げられる主要因は、モンゴル民主化後における社会・文化的な変化、石炭火力発電所、地区暖房ボイラ施設、小型石炭焼き温水ヒーター、ゲル地区のストーブ、自動車などからの大量の汚染物質排出である。

### 1) モンゴルの社会・文化的変容

モンゴルは民主化以降、人々のライフスタイルが急速に変化した。人々はゲル(移動式住居)で家畜を放牧して遊牧生活を送るのではなく、都市部のマンションやアパート、一戸建てに定住するようになった。暖房や調理用の燃料として、家畜の乾燥した糞ではなく、現在は主に生の石炭や木材、廃タ

イヤを利用している。さらに交通手段は馬やラクダなどの家畜ではなく、自動車やバイクに取って代わった。現在、モンゴルで遊牧生活を送る国民は人口の30~40パーセントと言われるが、遊牧を生業とする国民はわずか約14パーセント(2008年)に低下したと言われる。

一方、ウランバートルには、全人口の約半数が暮らすと言われており、人口集中が著しい。モンゴル国家統計局によると、1956年には11万8000人だったウランバートルの人口は、約55年後の2012年には推定約130万人以上と、約11倍の増加を示している。特に地方から都市部への人口流入が顕著であり、進学や就職など個人的な目的だけでなく、地球温暖化や自然災害による家畜の大量死によって、遊牧民を止めざるを得ない者たちが、都市を目指すようになっている。

## 2) エネルギーの大量消費

モンゴルは鉱物資源に恵まれた国である。特に石炭に関しては、モンゴル国内全体で約300ヶ所以上の石炭採掘地がある。例えば、モンゴル南部のタバン・トルゴイ炭鉱の石炭埋蔵量は60億トン余りである。これは日本の年間輸入の30年分に相当する。ウランバートル市内で3ヶ所に建設された石炭火力発電所(写真1を参照)、約200ヶ所あまりの地区暖房ボイラ施設小型石炭焚き温水ヒーターで生石炭を大量に燃焼している。一方、燃料エネルギー確保の上で、モンゴルが石炭に依存しすぎるあまり、採掘地での事故発生など採掘が停止されれば、石炭価格が非常に不安定になるというリスクも抱えている。



写真 1 石炭火力発電所

ウランバートルでは 1 年のうち約半年が冬である。ウランバートルの 11 月～3 月の平均気温は氷点下であり、暖房期は 9 月中旬から 5 月中旬の 9 か月間になる。ウランバートルの最低気温はマイナス 30 度～40 度にもなる（夏に雪が降ることも全く珍しくはない）ため、暖房は必要不可欠である。ウランバートルのこの寒さに加え、盆地型の地形から、比重の重い汚染物質は放散されずに底部に沈殿する。

### 3) ゲル地区拡大

地方からの移住者及び貧困層のほとんどはゲル地区に住んでいると言われる（写真 2 を参照）。ゲル地区では、人々は木柵（モンゴル語でハシャー khashaa と呼ぶ）で空地进行を囲み、中にゲル ger、もしくは固定家屋（バエシン baising）を建設して生活する（写真 2 を参照）。



写真2 ゲル地区

ゲル地区はウランバートルの周縁部で拡大し続けており、主に北部丘陵地の谷間沿いや緩斜面に多い。ウランバートルの人口の約60%がこのゲル地区に居住すると言われるが、住民未登録移住者が多いため、正確な人数は把握されていない。

ゲル及び固定家屋の中央にはストーブが設置されており、調理や暖房に大量の石炭が消費され、ゲルからの排煙も大気汚染の主要因の一つとなっている。約13万5千世帯のゲル居住者とバエシン居住者を合わせると、約20～30万に及ぶストーブが使用されていることになる。このストーブには、毎年19万トンの石炭と16万 $\text{m}^3$ の木材が燃料に使用されると推定されている。石炭は安価であり、1袋10キログラムが2000トゥグルグ（日本円で約120円）で販売される（写真3を参照）。ゲル一軒で一般的に1日3袋を消費する。さらに貧しい者は廃タイヤを燃焼し、異臭を放っている。



写真3 市内の売店で販売される石炭と木材

#### 4) 自動車の増加

ウランバートルのインフラ整備(特に道路)は未だ十分とは言い難い。まず、モンゴルは少雨、乾燥気候であり、乗用車が走行すれば、容易に砂埃が舞うため、大気は霞みやすい。また、ウランバートル市内の渋滞は、中心部の複数ヶ所で慢性化している。ウランバートル市内には企業や学校が集中しているが、主な移動手段はバスもしくは自動車である(自転車利用者は増加傾向にあるものの、年間を通して非常に寒冷であり、路面は凍結するため、また市内の駐輪場は数少ないため、あまり多くはないようである)。

ウランバートルへの人口流入も相まって、自動車保有者数は年々増加傾向にある。現地のモンゴル人によれば、現在のウランバートル市民の2人に1人は自動車を所有している。現地の人々のほとんどが外国の中古車や廃車を所有しており、これらの自動車から大量の排気ガスが排出されていると言わ

れる。自動車は自宅のドアから通勤もしくは通学先のドアまで人間を運んでくれるため便利である。さらにモンゴルは冬季にマイナス 35～40 度にも達するが、自動車を利用すれば確かに快適である。また、汚染された外気との接触時間も他の交通手段に比べて少ないため、大気汚染対策として乗車する現地の人々も多い。ここまで記述したように、ウランバートルの大気汚染には複数の要因が指摘されており、これらの主な要因が大気汚染の問題をより複雑深刻化させていると考えられる（図 2 参照）。



図 2 ウランバートルの大気汚染の現状と主な要因

### 3 . 国家および家庭・個人レベルの対策

ウランバートルにおける大気汚染物質の測定はごく数年前に開始されたばかりであり、具体的な状況は把握できていないのが現状である。例えば、

大気汚染によるがん、呼吸器系、循環器系の疾患の増加が指摘されているが、具体的な要因はまだ示されていない。しかし、モンゴルはアメリカ、ドイツ、韓国、日本などの諸外国機関や大学と連携し、さらなる調査、研究に着手し始め、様々な大気汚染対策が講じられている。以下、モンゴルで現在実施されている、国家および家庭・個人レベルの大気汚染対策について列挙する。

## 1) 国家レベルの対策

モンゴルは諸外国の協力を得て、下記に示すような対策に取り組んでいる。

- ・ ゲル地区の開発（石炭ストーブを設置しない住居建設）とゲル地区住民の移住奨励
- ・ 大気汚染物質の排出を軽減するクリーンストーブの低価格販売
- ・ 2016年を目標に未加工石炭の使用禁止
- ・ 大気汚染物質の排出基準を満たさない企業や個人に対する罰金
- ・ 大気汚染状況を確認できるアプリケーションの開発
- ・ 電気自動車の導入
- ・ 家庭菜園、緑地公園の設置や街の緑化運動の推進（モンゴルで「緑の革命」と呼ばれる）
- ・ フィルター付きマスクの国内生産

## 2) 家庭・個人レベルの対策

PM2.5の数値をデータ等で確認しなくとも、実際にウランバートルで冬を過ごせば、大気汚染の深刻さは誰もが容易に認識できる状況である。大気汚染の被害を最小限に留めるため、ウランバートル市民は出来る限りの行動をとっていた。自分自身や家族などの体内への汚染物質侵入の防御や地方や外国への「逃避」する様子などが多く見受けられた。実際にウランバートル市民が実施していた具体的な対策（行動）は以下の通りである。

- ・ 特に妊婦や子供は外出をなるべく控える（ちなみに、冬期は旧正月以外、イベントや行事は比較的少ない）
- ・ 外出する場合、徒歩ではなく自家用車を利用する。

- ・ 布製マスク着用やマフラーを口を覆うようにして巻く
- ・ 換気を控える（するのであれば雨や雪の日に限定）
- ・ 職場や家庭内で「自然」を楽しむ・・・観葉植物の設置
- ・ 日本製の目薬やのどの薬，サージカルマスクを利用する（土産に喜ばれる）
- ・ ウランバートル郊外へ移住する（富裕層が中心）
- ・ 大気汚染が特に深刻な時期に，他国に滞在する
- ・ ウランバートル近郊で育った家畜の肉は食べない

#### 4．私たちからの提案

最後に，著者の専門，関心に沿って都市計画・開発の視点及び地域・文化の視点から，ウランバートルの大気汚染問題の改善，解決に向けた提案を行う。

##### 都市計画・開発の視点から

まず，モンゴルの伝統的遊牧文化と都市型生活の融合を考えれば，都市計画者や建築の専門家，研究者などから様々な提案が出されるだろう。しかし，ウランバートルの大気汚染によって人間の屋外活動が制限されている以上，都市で充実した生活を送るのは難しい。すなわち，大気汚染問題の解決なしに，都市のデザイン化は不可能だと考える。

ウランバートルの大気汚染の主要因の一つが石炭燃焼による汚染物質排出である。だが，モンゴルでは石炭資源が豊富であり，その他のエネルギーへの転換は非現実的に近いのが現状である。今後も石炭使用を継続する限り，問題解決には科学技術的なアプローチが求められる。具体的には，ゲル地区でのクリーンストーブの徹底的な普及，浄化処理の整備された火力発電所建設が挙げられる。遊牧民のウランバートル不法流入が十分に把握しきれず，彼らの多くが旧式のストーブを使用するという現実を考慮すれば，全国レベルでの旧式ストーブ排除という方策が考えられる。そこで現在，モンゴル政府は国際機関との連携，協力を促進し，ゲル地区に暮らすウランバートル



ルの住民を対象に、低価格での最新型無煙ストーブ購入を促進しているが、今後もウランバートル全域で活動展開してほしい。また、火力発電所は日本の援助によって、第四火力発電所が改修された。このような国際協力を通じた火力発電所の修繕あるいは新設は、大気汚染問題解決の一つの要になるだろう。

#### 地域・文化の視点から

3. で述べたように、現地ではマクロ、ミクロレベルで様々な大気汚染対策が行われている。そこで一つ述べることができるのは、どの取り組みも大気汚染の根本的な解決に至っていないことである。モンゴル政府は先進工業国の援助や技術の輸入に「依存」する形で問題解決を図り、現地の人々は、大気汚染からの逃避、回避に懸命である。遊牧国家としてのモンゴルの伝統や地域の「知」、すなわち自然崇拝の精神、燃料としての家畜の糞の利用などの応用例が対策の中に観察されなかったのも不思議である。

1990年以降、日本はモンゴルのトップ・ドナーであり続けている。工場、病院、学校、発電所、道路建設などをはじめとする技術支援や人材受け入れ、派遣等を継続している。現在のモンゴルで、近代的技術の排除や遊牧生活の推進はかなり非現実的である。だが、このまま外国からの支援を過剰に期待し、受け身の姿勢に傾倒するのも適切に思われない。解決策の一つとして考えられるのは、モンゴルの鉱物資源ではなく、もう一つの貴重な伝統文化的「資源」「財産」を再考し、現在の生活に有効に取り入れる可能性である。例えば、地域の遊牧民と連携し、ウランバートル近郊や地方から家畜の糞を回収、燃料に利用する、交通手段としてコミュニティの家畜を利用するなどが挙げられる。

私たち著者は、モンゴル現地にモンゴルの家族（ホストファミリー）や友人、研究者仲間たちがいる。そこで、まずは第一歩として、当然のことだが、彼らと共に、大気汚染の問題の抜本的な解決方法を話し合うことから始めたい。彼らとのディスカッションの成果は、現地の大学におけるシンポジウム開催、テレビ局や新聞社との連携を通じ、モンゴル国内だけでなく国際社会

に広く発信してゆく。たとえ多くの時間と労力が必要になろうとも、現地の人々と共に持続可能な大気汚染の解決策を模索することが、最終的には根本的解決につながるのではないだろうか。

#### 主要参考文献・資料

モンゴル民主化による社会，文化的変容について  
木村毅『モンゴルの民主革命』中西出版，2012年。  
萩原守『体感するモンゴル現代史』南船北馬舎，2009年。

#### ウランバートルの大気汚染について

NHK エコチャンネル 「『世界最悪』モンゴルの大気汚染」(2014年1月30日放送) <http://cgi4.nhk.or.jp/eco-channel/jp/movie/play.cgi?did=D001377302800000>

在モンゴル日本大使館からの通知「ウランバートル市における大気汚染について」(2013年12月18日) [http://www.mn.emb-japan.go.jp/news/20131218\\_taikiosen.html](http://www.mn.emb-japan.go.jp/news/20131218_taikiosen.html)

JICA 大気汚染対策 プロジェクト基本情報 <http://gwweb.jica.go.jp/km/ProjectView.nsf/0/0650f534d90ed643492576f5003e83e4?OpenDocument>  
<http://www.jica.go.jp/project/mongolia/008/outline/index.html>

#### モンゴル気象・環境調査庁（モンゴル語）

National Statistical Office of Mongolia., 2013, National Statistical Year Book 2012.  
<http://www.tsag-agaar.mn/>

#### ウランバートル大気汚染に対する国家レベルの対策について

モンゴル通信 第435, 436号(2013年12月27日発行), 第437号(2014年1月10日発行), 第440, 441号(2014年1月30日), 第451号(2014年4月18日発行), 第458号(2014年6月6日発行)

## インドネシアにおけるヘイズ問題の構造化

川原賢太\* , Ng Yoke Yan\*\* , Soon Chai Fen\*\*\* ,  
Joshua Mutua\*\*\*\* , 舎川春佳\*\*\*\*\* , 上須道徳\*\*\*\*\*

### 1 . はじめに

東南アジアにおいて越境汚染問題は金融危機と並び非伝統的な外交問題（領土問題などとは異なる）の一つである。特にインドネシアの森林火災を原因とするヘイズ（煙害）は 10 年以上にわたって被害が深刻化している。森林火災から排出されるヘイズに含まれる汚染物質には塵，一酸化炭素，メタン，窒素酸化物，硫黄化合物などがあり，健康や環境への影響が現実に発生している。これら影響範囲は，インドネシアのみならず近隣国であるマレーシア，シンガポール，タイ，ブルネイ，フィリピンに及んでいる。毎年ヘイズによる大気悪化が深刻になる 6 月頃になると新聞やメディアを通じてインドネシアの周辺国政府などによるインドネシアに対する批判が繰り広げられる。インドネシア政府は大きな反論はしないものの，有効な対策は遅々として取られていないのが現状である。

ではいったい何が問題なのか。私たちは，原因と結果の関係が複雑でありその規模の大きさから問題の全容が明らかになっていないことが大きな原因であるという仮説を立てた。様々な分野で研究報告があるものの，個々の研究から生み出される知見は断片的であるために，包括的で有効な対策が取

---

\* 大阪大学・工学研究科 MC , \*\* 大阪大学・国際公共政策研究科 DC , \*\*\* 大阪大学・医学系研究科 MC , \*\*\*\* 大阪大学・生命機能研究科 MC , \*\*\*\*\* 大阪大学・外国語学部 BC , \*\*\*\*\* 大阪大学・環境イノベーションデザインセンター

られないという考えである。本報告ではヘイズ問題を構造化様々な分野における関連論文をレビューし、上記仮説を検証する形で研究や実践分野における課題を明らかにしたい。

## 2 . 環境問題の因果関係と対策の構造化

経済活動には必ず資源の利用と汚染物質の環境への排出が伴う。この経済活動と環境の関係により、被害と認識される状態が生じると環境問題が生じる。資源の利用方法やその量によって資源が枯渇したり劣化したりする。加工や利用過程で生まれる汚染物質の排出量が、環境による吸収・無害化できる程度の量を超えたとき、健康被害などの社会への影響、生態系の破壊等が生じる。また、資源利用や被害の程度、それに対する社会の対応は社会経済の構造や状況、自然環境の状態（気候や地形など）によって影響をうけるであろう。環境問題が生じる原因と結果（影響）、対応までの流れをしっかりと把握ことが適切な措置をとるための大切なステップとなる。

国連などが有効な対策をとるために考案した枠組みとして環境問題の因果関係の流れを一般的に構造化したものが図1である。社会構造や経済成長の段階のように経済活動の駆動力は環境問題の原因を規定する要因となる。例えば、日本が1960年代に経験した公害は、背景として高度経済成長があった。年率10%を超える経済成長は重化学工業の発展とともにあり、経済成長が社会においては優先されていた時代である。しかし、構造としては原因が単一的であった。つまり化学工場などから排出される汚染物質が物理的には公害問題の原因であり、煙突や下水管でその汚染物質を処理すれば問題解決が可能となったのである。（もちろん、社会問題として解決が容易であることを意味しない。因果関係の究明や被害者救済には時間を要した。）日本では特に、太平洋ベルトにある工業地帯に工場が林立し、狭い空間の中で環境の状態が急速に悪化したのである。七大公害病に象徴されるように、その影響は甚大で深刻な健康被害となり、時間をかけながら社会は規制や汚染物質処理技術の導入が進むとともに市民や企業の環境意識が高められた。現在、

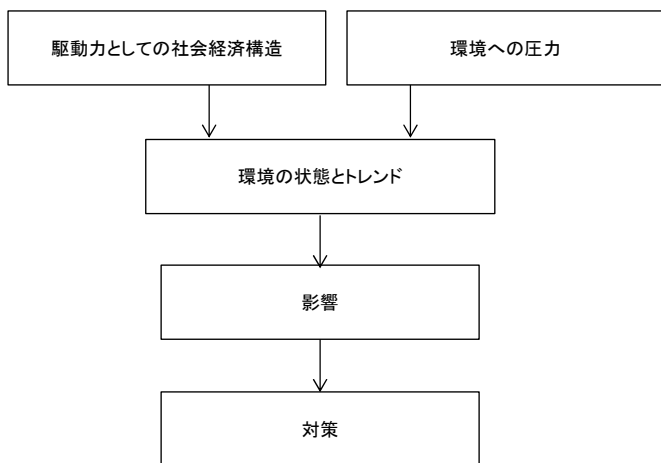


図 1 . 環境問題における因果関係と対策の一般的構造

環境問題という意味では、日本は公害を乗り越えたのかもしれない。(繰り返すが、環境問題を生み出す社会構造が変わったわけではなく、現在も公害の被害者が存在していることは事実である。)

さて、インドネシアのヘイズ問題も基本的には図 1 の因果関係の構造であらわされる。しかし、日本が経験した公害問題とは異なるものも多くある。例えば、公害では工場の操業を止めれば基本的にその発生源をなくすることができるが、インドネシアのヘイズ問題の根本的な原因である森林火災の場合はそうはいかない。森林火災を引き起こすアクターは現地住民や企業など単一ではないし、自然状況もその程度に大きくかわってくる。政府のガバナンスの状態や社会経済の状況がその構造に影響を与えているかもしれない。貧困や産業構造、科学の進展や技術開発は森林資源の新たな需要を生むことも考えられる。一方、マスメディアではインドネシア近隣諸国の政府や NPO/NGO によるインドネシア政府や大企業への批判がなされる。しかし、そこで使われている被害や取り組みについての情報に客観性が担保されているわけではないし、かつ断片的である。また、様々な対策・取り組みも散発的に行われているがそれらの効果検証は行われていない。こういった状況

を打破するためには問題の構成要素についての現状を理解することだけでなくその関係性から全容を理解することが求められるのではないか。次節では、インドネシアのヘイズ問題を取り扱っている様々な論文を収集し、環境問題の因果関係の構造に従って論文を分類する作業の結果を論ずる。

### 3. インドネシアにおけるヘイズ問題の構造

本研究では、まず、インターネット上での学術論文検索機能を用いインドネシアのヘイズ問題にかかわる学術論文を収集した。次に、文献レビューから問題の構成要素についての現状の知見をまとめその関係性の考察から研究と実践面における課題を抽出した。収集にあたっては現地のマスメディアや一般向けの総合雑誌（Newsweek など）での記事を参照しキーワードを選定した。収集した論文は英語のものに限られるが、医学・公衆衛生、環境学、生態学・保全生物学、森林科学、気象学、社会科学（政治学、国際関係論）等多岐の分野にわたる学術雑誌から 85 本である（表 1）。次節では論文レビューからわかった問題の構成要素にかかわる現在の知見について報告する。

#### 1) 駆動力 (Drivers)

インドネシアにおけるヘイズ問題の根本の原因は人為的、自然由来の森林火災である。自然発生由来の森林火災は無視できるものではないもの、人

表 1. レビューした論文の分類

問題構成要素	テーマ	論文数
駆動力 Driver	経済・人口、制度	12
環境への圧力 Pressure	土地利用 気候	19
環境状態 States	生態系 気候変動、森林破壊	27
影響 Impacts	健康被害、経済ロス評価	17
対策 Response	政府、産業、国際機関、外交	10
計		85

為由来の火災が問題を大きくしていることは事実である。インドネシアは他の東南アジア地域と同様、国内総生産（GDP）や一人当たりの所得が急速であり、エネルギーを含む資源や工業製品への需要が急増している。したがって、パルプを原料とする紙やパームオイルを原料とするバイオディーゼルの生産が伸びているのである。また、近年のエネルギー資源枯渇や地球温暖化問題などと相まって、インドネシアのみならず東南アジア諸国では政府主導のバイオディーゼル生産が進められており、そのために必要な熱帯雨林の開発が行われている。一方、インドネシア国内における所得格差は広がっている。特に都市から離れた地域では焼畑を生業とする住民がいまだ多く存在している。貧困は高い人口増加につながる事が知られているが、増えていく人口を養うために焼畑も増加していることが報告されている。熱帯雨林における農地確保には伐採が不要なことから延焼後の灰は農作物の栄養となることから焼畑が最も経済的な開発方法となっていることが焼畑を助長している。さらに、主要な産業の存在しないこういった地域では、十分な説明を提供しないまま政府と企業が地元住民を巻き込んで乱開発するケースもある。

## 2) 環境への圧力 Pressure

森林に対する気候や土地利用の状態がヘイズにかかわる環境圧力である。森林火災は自然発生するものであるが、乾季における湿度や降雨量がその頻度や消失範囲・時間に影響する。短期的にはエルニーニョ、長期的には気候変動が大きな要因となっているとされている。また、人為的な要因としては土地利用や土地利用変化が森林火災への間接的な影響を生み出している。例えば、インドネシアのスマトラ島には広大な泥炭が存在するが、熱帯雨林開発のために道路や農地が開発されると排水によって道路周辺の土壤に含まれる水分が減少し、火災のリスクが高まることが報告されている。このように、インドネシアに特有の土壤環境・経済状況が森林火災の状態に影響していることもヘイズ問題の原因究明を困難にしていると思われる。

### 3) 自然環境の状態 (State and trends)

インドネシアの森林面積や森林資源量は年々急速に減少している。自然的な要因の変動も影響しているが、リモートセンシングなどを使った研究などにより人為的な要因が大きいとされている。このような開発圧力や森林減少はインドネシアの生態環境を急速に悪化させている。世界的に見てインドネシアは生物多様性の豊富なところであるが同時に絶滅の危機に瀕している生物種が多く存在するいわゆるホットスポットである。また、ヘイズの状態そのものも改善は見られない。6月から8月にかけてスマトラ島、ジャワ島からマレー半島にかかる一帯では断続的に視界の悪い日が続き、大気中に含まれる微粒子の指数水準がWTOやシンガポール政府による基準値を超えることもしばしばであると奉公されている。2013年6月、シンガポールでは1990年来シ最悪の大気汚染指数を記録している。

### 4) 影響 (Impacts)

インドネシアにおけるヘイズの影響はその原因が森林火災であるため非常に広範囲である。生態系への影響は生物種の減少数や動物人口の減少を引き起こし多様性の損失ももたらす。多様性の損失はバイオマスの生産力や復元力など生体機能の低下を招くだけでなく、生態系サービスに依存する人間(特に地元住民)の生活や経済にも被害をもたらす。また、森林開発や火災により、植物や土壌が固定している大量の二酸化炭素(場合によってはより温室効果の強いメタン)が大気中に放出される。国際湿地連合によれば森林火災などによりインドネシアの温室効果ガス排出量は世界第3位となっている。ヘイズはもちろん有害物質を含んでいるため、呼吸器系等や眼の疾患、時には循環器系の病気を引き起こすといわれる。特に、インドネシアのスマトラ、ジャワ、カリマンタン(ボルネオ)では呼吸器系疾患の患者が多数いるとみられるが、詳細にその実態が把握されているわけではない。そのほか、屋外での活動の制限は、経済活動はもちろん、中長期には子供の育成などにも影響することが懸念されている。最後に、経済的損失についての研究は数そのものが少ない。シンガポールの Institute of Southeast Asian Studies が 1990



年代後半に実施したものが大きな情報源である。これはインドネシア、シンガポールやマレーシアなどにおける産業・経済活動にかかわる経済損失、加えて健康被害や生態系への負の影響を経済的に評価する野心的な取り組みである。しかし、当時と比較し経済状況は大きく変化しておりその更新が待たれる。

#### 5) 対策

ヘイズ問題対策は分野・空間を超えて広範囲にわたるが、森林火災は国内問題でありその対策はインドネシア政府(中央・地方)の責務である。森林開発の認可、焼畑管理のための法規制やモニタリングなどの国内対策、国外での被害への対応(そのための枠組み)などは政府のみが実施できるものである。しかし、脆弱なガバナンスや人材・財政難により有効な対策は取られていない(その他の要因については次節で論じる)。一方、国連やアセアンの枠組みの中で国際協力の実践が始まっている。国連の REDD+ では森林管理・保全から生み出される環境便益(二酸化炭素の固定と生態系保全)に金銭的な支払いが行われる枠組みであり、経済面でのインセンティブを生み出すために実効性の高い対策として期待されている。また産業界でもパーム油業者や森林保有者による持続可能な森林利用のルール作りを行うラウンドテーブルが設置されている。一方、産業界の取り組みには、議論への地元住民が参加できていないなどの批判が NPO/NGO よりなされている。

### 4. 結果と考察

さて、問題構造枠組みに従って文献レビューによりインドネシアにおけるヘイズ問題の因果関係や対策を構造化し意味づけしたものが図2である。この作業により、問題を構成する各要素から見た問題点や課題が浮き彫りにな

った。端的に言うと各要素を理解する研究は多々あるものの、要素間の相互関係や全体を俯瞰したうえでの対策についての知見が研究の視点からかけられていることが改めて判明した。例えば健康被害に関しては、呼吸器疾患や眼疾患に関する現地調査に基づく現状を報告した研究が数多くある。このような研究はヘイズが局所的にどのような健康被害を引き起こしているのかを明らかにするものである。しかし、インドネシアや東南アジア全体でインドネシアにおける森林火災が原因となってどの程度の健康被害をもたらしてい

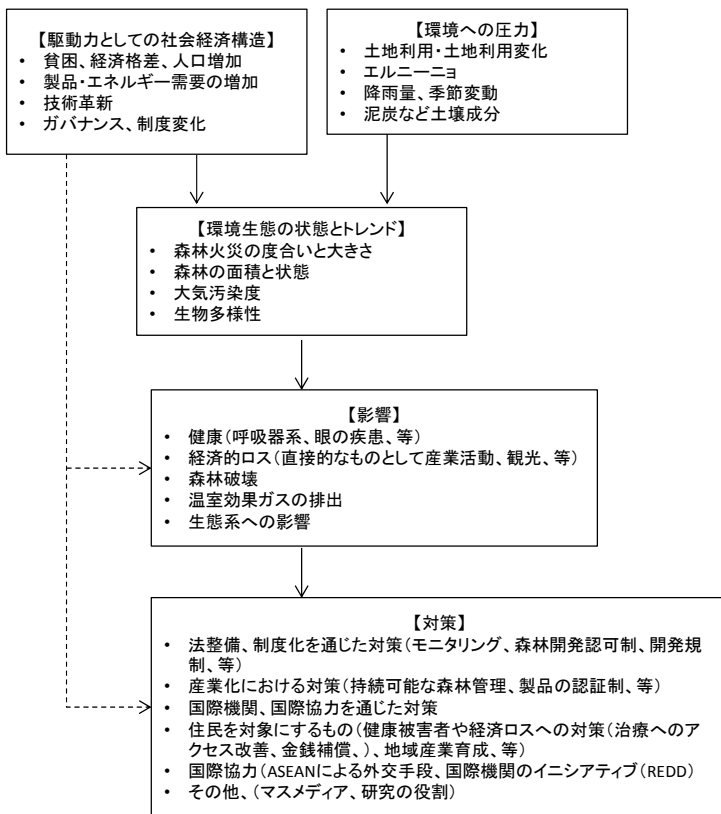


図2 . インドネシアのヘイズ問題の因果関係・対策の構造

るのか、またそれに対して誰が責任を持ちながら対策をとっているのか、住民への治療以外の支援はどうなっているのか、などに触れた文献はほとんど見当たらない。したがって、中央政府や地方政府がそれぞれどのような対策をとって、連携できるのか、等についての知見が存在しないと言える。

### 1) ガバナンス、制度の問題

発展途上国のガバナンスの欠如や制度の欠陥が問題の発生や状況の悪化に関係することは社会科学分野で指摘されていることである。インドネシアは東西 5,000 キロにわたる島国であり、その成り立ちから伝統的に地方政府の力が強い国である。これは、中央政府と地方政府の間にコミュニケーションや調整の齟齬を生んでいる可能性がある。経済学ではこれを高い取引費用と表現するが、高い取引費用は、必要とされる政策の導入（モニタリング、規制や認証制）への大きな障壁となっている可能性がある。しかし、今回のレビューではヘイズ問題の文脈の中でガバナンスの脆弱性を克服するための施策などが具体的に言及された研究はほとんど見られなかった。例えば、Easterly が指摘するように制度や組織はけっして無機物ではなく構成員であるヒトがそこには存在する。したがってインドネシアの森林管理の文脈において適切なインセンティブが供与できるような仕組み（制度設計）の研究や実践が必要である。国際的な取り組みとしては国連の REDD（Reduced Emissions from Deforestation and forest Degradation）が森林保全と地球温暖化対策のコベネフィットアプローチとして開始されている。このような取り組みはある意味社会実験なので、その検証を積み重ねることにより有益な知見が得られるであろう。

### 2) マクロ研究とミクロ研究をつなげる研究の欠如

自然科学や社会科学、人文地理学といった研究分野・領域にかかわらず個々の研究はミクロの視点を持つものとマクロの視点を持つものがある。森林火災についていうと、衛星画像や GPS 情報を解析することで「どこで」、「どの程度」の火災が発生しているのかを解明する研究がマクロ研究である。一方、ミクロ研究では社会学や人類学で行われるように現地調査に基づき森

林開発が進められる状況を理解しようとする。住民による森林資源の利用状況だけでなく企業や政府との利害関係、経済や政治の力関係から森林開発が進められる（森林火災が人為的に起こってしまう）構造を明らかにするのである。しかし、場所や地域によっては大企業の乱開発が、別の場所地域では焼畑が使用な原因となっているかもしれない。したがって、個々の森林火災の原因を特定化し全体を把握する研究が必要となる。しかし、マクロとミクロをつなぎ合わせる研究はほとんど見られないことが明らかになった。いうまでもなく、ヘイズの状況がどの程度に甚大な生態系破壊を引き起こすのか、など個々の分野に残されている研究課題も多くある。

### 3) 研究と実践の橋渡し

ここまでの議論をまとめるとヘイズ問題における最大の課題は研究と実践の架け橋の欠如ということになる。因果関係の複雑さや加害者・被害者の不一致、影響が発生するまでの時間ラグ等の存在から客観的・科学的根拠をもっとも必要とするのが越境環境問題である。気候変動問題ではそれゆえ、気候変動に関する政府間パネルがその原因や影響の科学的解明に取り組み、気候変動に関する枠組み条約でその知見を具体的な取り組みに移行させる枠組みを作りあげたのである。このような枠組みがあれば、実践の場からどのような調査研究が必要かという情報が研究の場に提供され、新たな知見を生み出す駆動力とある、さらにそのような知見を活用することでより有効な対策の提案が作られる、という循環を作りだすことができる。もう一点、生物多様性の保全への国際的取り組みから学ぶ点もある。国連が2000年に開始したミレニアム生態系評価では生態系の経済評価に力を入れた（報告書は2005年に発行されている）。それは、経済評価（そのものに対する批判はあるものの）が政府や大企業など、問題対策を講じる重要なアクターに大きな影響力を持つからである。インドネシアのヘイズ問題は、それが引き起こす負の影響の認識が大きく欠如している故に、インドネシア政府を中心とした重要なアクターの対策への動きが鈍くなっていると言えるのではないか。先述したようにヘイズに関する研究調査ではヘイズ被害（損失）の経済的な評

値にかかわるものが他の研究と比較して圧倒的に少ない。影響の経済的評価の研究は研究と実践をつなぎわせる具体的な研究課題となりうるであろう。

## おわりに

本報告では問題の構造化と文献レビューにより、要素間の現状と関係性を把握することによりインドネシアのヘイズ問題にかかわる研究や実践の必要性について論じた。環境問題では学際研究や科学的知見と実践のつながりの重要性はしばしば指摘されているが具体的に何をすべきかの議論が欠けているのかもしれない。本研究はそういった意味でも新たなアプローチを提供したものとして捉えられればと考える。



# イラン ザーヤンデルード川をめぐる水危機と人びとの暮らし

西川優花\*

## 1. はじめに

イランは国土の4分の3を乾燥地が占める国であり、乾燥地に暮らす人々は水不足に苛まされながらも、降水や河川水などの地表水や地下水を活用することで生活を営んできた。しかし、ここ数十年の水不足は深刻かつ苛烈なものであり、特に都市部や乾燥地帯においては産業用水だけでなく飲み水の供給さえままならない地域もあり<sup>(1)</sup>、そこでは人びとの暮らしは破壊されつつある。こうした状況に対し国内の資料に鑑みると、政府の実施する水危機への対応は国民意識の変革を頼りにするものに傾倒し、また補償も一時的に留まるなど、人びとの暮らしの実態に即したものとは言い難い現状が浮かび上がってきた。なぜなら水危機の原因には様々な要因が絡んでおり、その解決のためには重層的な対策が必要になると考えるからである。

本研究では、イランにおいて最も水不足が深刻な地域の1つであるイスファハン州(図1)、更にその中でも最も水危機によって生活が切迫している地域であるザーヤンデルード川下流の町であるヴァルザネ市に焦点を当てて、検討していく。ザーヤンデルード川はザグロス山脈の北東を水源とし、イスファハン州を南北に分けながら横断しつつ最後に州東部のヴァルザネ市を通過し、ガーヴフーニー湖沼へと注ぎ砂漠へと消える全長420kmの内陸

---

\* 大阪大学・人間科学研究 MC

河川(図2)であり、イランの乾燥地帯においては珍しい地表水の水源である。州の大半が乾燥地帯に属するイスファハン州の発展は、ザーヤンデルード川の湛える水によって支えられてきたと言っても過言ではない。つまり、イランの乾燥地帯では稀である河川水を用いた灌漑が河川流域を発展させ、人びとの暮らしを歴史的に可能ならしめてきたためである<sup>(2)</sup>。

今回着目するヴァルザネ市も同様に、ザーヤンデルード川の河川水を取水できることから人口の98%が農民のほぼ自給自足によって存続してきた農村地域であった[鈴木,2011]しかし、近年の水危機によって河川水がヴァルザネ市まで到達しなくなり、農業の維持が困難になったことで人びとの暮らしにも変化が表れ、ほぼ自給自足であった地域の暮らしは変わりつつある。

このようにヴァルザネ市は、イランの中でもいわゆる水危機が「先進的な」地域であり、このような地域に焦点を当てることで、水危機がさらに拡大してゆくであろうイランにおける今後の対応を考察するうえで、重要な示唆を提示してくれると考えられる。また、水危機をめぐるヴァルザネ市の人びとの暮らしについて多様な視点から分析することで、水危機の諸要因および水危機をめぐる政府と人びとの関わりについても具体的に明らかにしていきたい。

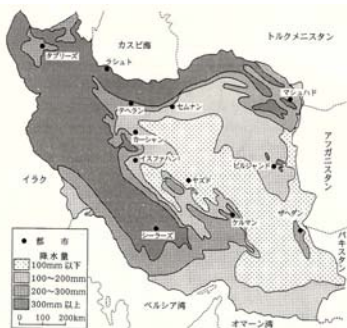


図1 イランの年間降水量分布図[原,1997]





図2 The Zayandeh Rud Basin [ Heydari,2007 ]

## 2 . イランにおける水危機の諸要因

先行研究を分析した結果 ,現在イランがこれ程までの水危機に陥った原因として考えられるものは主として以下の6つの点が挙げられる。

### 1 ) 人口の急激な増加

イランの人口は 1950 年時点では約 1700 万人程度であったが , 2010 年では約 7900 万人に増加している。人口増加が急激に進み , 水を使用する人数自体が急激に増加していることは元々の水量が豊かとは言えないイランにおいては重大なインパクトとなっている。

### 2 ) 気候変動の影響

気候変動によって降雨が少ない地域においては降雨がより減少しつつあり , それはイランも例外ではない。降雨が少なくなると同時に , 熱による地表水の蒸散も激しくなり現在は年間降水の内 68% が蒸散してしまっている。

### 3 ) 人びとの生活様式・価値観の変化

1979 年以降にイラン政府によって強力に推進された開発により , 地方農村の貧困地域においても電気や水道等のインフラが整備され衛生環境が劇的に改善・向上された。それによって人びとの衛生意識も変化し , 「清潔」を求め一人当たりの水使用量もかつてと比べると増加したのである。

#### 4) 近代科学技術による灌漑の簡便化

イランでは地下水を活用するために歴史上長きに渡ってカナートという暗渠を用いてきた。カナートは動力を使用せず、自然循環の範囲での灌漑であったが、近年は動力揚水（深管井戸などモーターポンプでの取水・灌漑）が急速に普及し、簡単に、そして好きなだけ地下水を取水することが可能になった。その結果、地下水の使用量が急激に増加し、72年から82年の10年間で使用量は1.7倍に、92年には3.4倍に増加している〔原,1997〕。地下滞水層の枯渇事例も報告されるようになっており、近代科学技術がイランの水危機を加速させたことは否めない。

#### 5) 政府の経済優先の開発・政策

政府はこれまで水源の保護よりも経済を優先させてきた。ザーヤンデルド川ヴァルザネ市の事例や東アーセルバイジャン州のウルミエ湖の急速な塩化・縮小はその最たるものである。どちらの例においても工業が優先され、取水の制限や排出量の規制などの対策は行われなかった。

#### 6) 諸外国からの経済制裁による財政難・技術力低下

イランが長年受けている経済制裁によって国内の財政は非常に厳しく、水道管の老朽化や低技術に起因する水のロスが非常に多いことを知っていながらも、対策を講じられないのが現状である。また、有能な人材は海外に流出する傾向があり国内の技術力がなかなか向上しないことも原因として挙げられる。

以上の6つの中で、ヴァルザネ市における水危機では主に1)、2)、4)、5)が該当し、それぞれをその状況に当てはめると、以下のように考察される。

1)の人口の増加については、前述の通り1970年頃まで3000~3500人程度であったヴァルザネ市の人口は、現在1万人程度の規模となっている。

2)の気候変動の影響については、ヴァルザネ市などのイランの乾燥地帯では年々降水量が減少し、旱魃の被害も年々増加している。4)の近代科学技術の導入による灌漑の簡便化の影響については、対象地域においては河川灌漑が主流であり地下水利用は補助的役割を果たす程度であったが、いずれの

灌漑方法においても科学技術は導入されている。5)政府の経済優先の開発・制作については、1971年にザーヤンデルド川に建設されたシャー・アッパース・ダムが代表的事例として挙げられる。ダムの建設以降、それまでガーヴフーニー湖沼まで届いていた川の水は途絶えがちになり、ついには湖沼の枯渇を引き起こしてしまった。ダムで溜められた水は上流～中流域において水力発電や産業用水・生活用水としてイスファハン市内で消費される。

しかし、3)、6)については詳細が明らかにされておらず、今後の調査によって検証し、明らかにする必要があると考えられる。

つぎの3では先行研究を元に、これら要因を包括的に分析することにより、ヴァルザネ市の水危機の実情とその要因をより具体的に描き出してみる。

### 3. ザーヤンデルド川全体像のなかに見るヴァルザネ市の水危機

その地理的優位性から人口が流入し、現在では1万人程度の人口を擁するヴァルザネ市は、気候区分としては沙漠地帯に属するが、水源を有するために人口の98%が農民のほぼ自給自足の町であった〔鈴木,2011〕。しかし、度重なる旱魃・水不足に加え、特に1971年に「シャー・アッパース・ダム」が建設されてからは、ザーヤンデルド川下流域における地表水の枯渇とそれに伴う土壌の塩化が深刻化しており、農耕可能地は減少し、自然保護区に制定されているはずのガーヴフーニー湖沼までも塩化が著しくほとんど干上がってしまっている状態となってしまった。取水源を失ってしまったヴァルザネ市では、農業を営めなくなっただけでなく、ガーヴフーニー湖沼という観光資源をも失ってしまったために観光関連の収入さえ望めなくなってしまったのである。困窮に喘ぐ農民は絨毯を織って得た収入や家族の出稼ぎによる収入などで生計を立てているが、増加傾向にあったヴァルザネ市の人口は停滞・流出傾向にある。

したがって、2で取り上げたように、ヴァルザネ市の水危機には様々な原因が絡んでいると考えられるものの、そのなかでも1971年のダム建設がヴ

ヴァルザネ市の暮らしにとって最も大きな打撃を与えてしまったと考えられる。それは、ダム建設によってザーヤンデルド川の河川水に配分の不均衡が生じ、ある種「下流域が上流域のために犠牲になる」と形容できるような構造を作り出してしまったためである。ダム建設以降、ザーヤンデルド川下流域では過酷な状況が表れたのに対して、上流域においてはダムからの安定した水供給のために増々農業が発達し町の規模も拡大傾向にあり、中流域（イスファハン市内）も上述の通り産業（ここでは特に工業を指す）が発達し、それに伴い都市も発展を続けているのである。

こういったヴァルザネ市の状況が在るにも関わらず、政府はダムを開き、水配分の不均衡を調整することはせず、その代償として市に暮らす人びとに対し補助金を出すという対策に留まっている。その補助金も小額であり、水危機によって営むことができなくなった生活を補填するものではなかった。また、2014年9月には国民に節水を求める決議を出すといった対策も見られるが、これも法的拘束力をもつものではなく、危機に喘ぐ地域に直接的な効果をもたらすものではなかった。このような政府の対応は下流域に暮らす人びとの暮らしに即したのではなく、ヴァルザネ市の地域としての存続を実現するものではないのではないかと危惧される。

#### 4．水危機に立ち向かうヴァルザネ市の人びと

前章では包括的な視点からヴァルザネ市の水危機について検討したが、ここでは水危機の渦中にあるヴァルザネ市の人びとの暮らしに焦点をあて、また今後について述べてゆきたい。

ヴァルザネ市の人々では3で述べたような政府の対応に対して抗議活動が起こっており、その当時一部国内の新聞でも報じられている。地域の人びとは水危機を自身の問題として受け止めながら、それでも地域を存続させようと対外的にも行動を起こしたのである。

また、そういった抗議活動だけではなく、水危機のなかでも生活を営んでゆくための積極的な取り組みも行われている。少量の水でも農業を営む

ためのハウス栽培の導入，伝統的農法を復活し観光客を呼び戻そうとする取り組みや農業博物館の創設などの観光業の促進がそうである。ただし，これら地域住民の自発的な取り組みはまだ始まったばかりであるため，地域にどのような影響を与えてゆくかについては今のところ判断しがた。しかし水危機の渦中においても地域を存続させる鍵となり得る可能性もあり，今後継続した調査が必要とされる。

ヴァルザネ市の属するイスファハン州は全体として，イランにおいても水危機が最も深刻な地域であり，それゆえに住民の水問題への関心も高い。2014年9月17日に節水決議が下される直前の9月3日にはイスファハン市内のシー・オ・セボル橋の袂に市民が集まり，イスファハンにおける水危機に対する抗議活動が行われた。都市部に暮らす人びとが下流域の抱える問題をどう捉え，どういった行動がとられてゆくのかはヴァルザネ市における水危機の外的要因として非常に重要であり，この点に関して今後の動向を探ってゆく予定である。

本研究では、水危機に苛まれてゆくイランの乾燥地帯において，先駆的な存在となってゆくであろうヴァルザネ市に引き続き注目しつつ，地域研究的分析を深めることで，乾燥地帯における人びとの暮らしのあり方に相対化しうる論考を導いてゆきたい。

#### 注

- (1) 2013年夏，イスファハン州において水消費が最も高い時間帯に度々断水が起き飲料水の配給計画が持ち上がる程，水不足は深刻なものとなった。
- (2) イスファハン州は，特にサファヴィー朝期の16世紀末にシャー・アッパース大帝がここを都とした当時「イスファハンは世界の半分」と言われたほどに発展した都市であり，大帝の時代以来イスファハンの繁栄のためにザーヤンデルド川には並々ならぬ治水灌漑の工夫が加えられた [鈴木，2011]

#### 参考文献

鈴木均(2011)「現代イランの農村都市」頸草書店

原隆一(1997)「イランの水と社会」古今書院  
岡崎正孝(1988)「カナート イランの地下水路」論創社  
後藤晃(2002)「中東の農業社会と国家」御茶ノ水書房  
Nader Heydari (2007)“Water and irrigation management in the water-stressed Zayandeh rud and Karkheh River Basins, Islamic Republic of Iran”FAO

#### 参考 web ページ及びイラン国内ニュース

Gooya daily 2014/09/03:“Environmental Activists Gather for Zayande Rud”(http://gooyadaily.com/lifestyle/environmental-activists-gather-zayande-rud.html)

Encycloepadia Iranica "Isfahan GEOGRAPHY"(http://www.iranicaonline.org/articles/isfahan-i-geography)

People's Mojahedin Organization of Iran 2014/08/29.Iran: protest by thousands of Isfahani residents against drying of Zayandeh rood.(http://www.mojahedin.org/newsen/30488)

اطلاعت ۱۸ سپتامبر ۲۰۱۴؛ دعوت رییس جمهوری و هیات وزیران از مردم برای صرفه جویی جدی در مصرف آب.

جام جم آنلاین ۱۸ سپتامبر ۲۰۱۴: آبرسانی به ۶۹۰۰ روستا با تانکر.

مردم شهری ۱۴ ژوئیه ۲۰۱۳: کاهش شدید فشار آب در اصفهان.

همشهری آنلاین ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۳

مردمشهری آنلاین ۱ سپتامبر ۲۰۱۴: تهران به وضعیت قرمز آب نزدیک شد.

مردمشهری آنلاین ۱۸ اوت: سدهای اتر و لتیان خالی شد.

مردمشهری آنلاین ۱۵ مه ۲۰۱۳: ایران به زودی با بحران آب مواجه می شود.

خبرگزاری جمهوری اسلامی ۲۵/۰۲/۱۳۹۳: وقتی بحران کمبود آب در ایران به مرز هشدار می رسد.

دنیای اقتصاد ۰۱/۰۸/۱۳۹۳: طرح مجدد مشکل بحرانی کمبود آب در کشور.

پایگا و خبری تحلیلی رویش ۱۹۳۲ تیر ۱۹؛ علت اصلی کمبود بی سابقه آب شرب در اصفهان.

# ゴラン高原におけるドルーズ派コミュニティの 生活空間とゆらぎ 境界に生きる人々

川口奈穂\* , 三好恵真子\*\*

## 1. はじめに

本研究は、ゴラン高原に生きるイスラーム少数派の一派であるドルーズ派<sup>①</sup>に焦点を当てている。

ドルーズ派の歴史に造形が深い宇野 [ 1996 ] によれば、中東世界において「血縁関係を通じた部族・氏族の連帯感」を意味するアラビア語の「アサビーヤ」という言葉があり、これは、家族から部族、氏族と大きな集団になっていくと血縁関係は徐々に薄れていくが、その場合実際の血縁関係よりも、お互いに同じ祖先を持っているという共通認識がその集団の結束を強固なものにするとされる。

他方、ドルーズ派は歴史上、政治的事情によって改宗者を受け入れてきた一面があり、必ずしも同一の血族集団であるわけではない。そして明らかに複数の部族や氏族から成り立っている集団の場合、アサビーヤという観念だけで集団がまとまるのは難しく、その集団が存続するためにはアサビーヤを超える統合イデオロギーが必要となり、それが宗教儀礼や宗教施

---

\* 大阪大学・人間科学研究科 MC

\*\* 大阪大学・人間科学研究科

設などの宗教イデオロギーになっているのだという。したがって、ドルーズ派は同宗派内での結婚しか認めない血縁関係の集団という閉鎖的な性格を持っているものの、実際には様々な改宗者を受け入れているため、集団の維持装置としてのドルーズ派の教義がアサビーヤを補完するものとして形成されてきたと考えられる〔宇野, 1996〕。そこで本研究では、この宗教イデオロギーによって成り立っているドルーズ派の共同体を「コミュニティ」として捉えることをまず言及しておきたい。

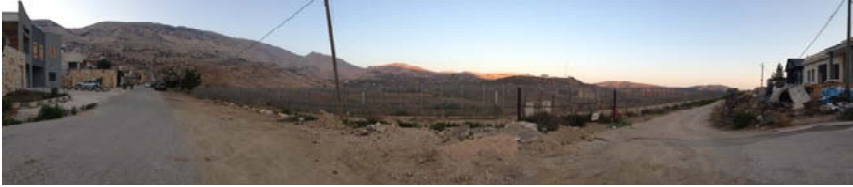
ところでゴラン高原は、1967年の第三次中東戦以降、イスラエルが国際法を違反し占領しているシリアの国土の一部であり、地理的には北にレバノン、西にイスラエル（実質的に併合されているためイスラエルからはパスポートなしで入ることができる）、南にヨルダンの3つの国境と、東はシリアとイスラエルの停戦監視の境界で区切られた場所にある（図1、写真1）。現在は、ドルーズ派の村が4村とアラウィー派の村1村が残るのみ



で、そこに住むドルーズは、農業を生業として生活している。イスラエルの占領下に入った後も、ゴラン高原のドルーズたちのほとんどがイスラエル国籍の取得を拒否し、その多くが今も無国籍状態となっている。しかし近年になって、半世紀近くにもわたる占領状態の長期化により、イスラエル国内での労働の増加や、イスラエル国内の他のドルーズ派のコミュニティとの繋がりを持ち始めている。

図1（内閣府-国際平和協力本部事務局（PKO）：[http://www.pko.go.jp/pko\\_j/result/golan/golan02.html](http://www.pko.go.jp/pko_j/result/golan/golan02.html), 2014年12月10日最終閲覧）





(写真1) マジュダル・シャムス村の分離フェンス

ゴラン高原のドルーズ派は、地理的、宗教的、政治的な境界に生きてい  
ると考えられる。地理的境界とは、ゴラン高原が地理的にアラブ諸国とイス  
ラエルの境界線に当たり、シリアにとってもイスラエルにとっても国家  
戦略のために重要な地域であるということである。また後述するが、貴重  
な水資源の確保という意味でも重要な地域である。そして宗教的には、独  
自の教義を持つことで他との差別化を図り、自分たちのコミュニティの結  
束を強固なものにして生き延びてきたため、時には他宗派を弾圧し、多数  
派のスニ派から異端と見なされることもあった。よってドルーズ派は宗  
教的な境界にも立たされてきた少数派なのである。また政治的境界とは、  
オスマン帝国支配下やイギリスやフランスの旧委任統治時代には、自治を  
確立しようとしてきた歴史を持っており、これは自分たちの生活を守るた  
め政治的な独立性を極力保とうとしてきた理由からである。こうした宗教  
的および政治的な境界によって、イスラエルからは「アラブ陣営」切り崩  
しのターゲットとして目をつけられ、他のアラブ人たちと切り離されてき  
た。

本研究では、このような境界に生きているゴラン高原のドルーズ派コミ  
ュニティに着目し、該当する4つの村(マジュダル・シャムス村、マスア  
ダ村、ブカアサ村、アイン・クニヤ村)の全てにおいて調査を行った(写  
真2)。具体的には、1967年以降の被占領地という特殊なステータスが彼  
らに与えた変化とはどういったものであるか、また占領の長期化による影  
響や2011年から始まったシリア内戦による影響等を、文献調査を踏まえなが  
らフィールドワークによってより詳細を明らかにすることを目的とした。



(写真2) マジュダル・シャムス村の住居群

## 2. ドルーズ派およびゴラン高原の歴史と概要

### 1) 中東世界におけるドルーズ派の歴史

宇野 [1996] によれば、ドルーズ派は 11 世紀初頭にエジプトのファーティマ朝カリフであったハーキムを神格化したことにより、同朝の主流であったイスラーム・シーア派の一派、イスマイル派から分派した宗派である。しかし、その成立直後から同朝による激しい弾圧を受けたため、ドルーズ派は拠点をシャーム地方<sup>(2)</sup>へと移し、山岳地帯にコミュニティを築いた。ドルーズ派は、1042 年に伝道師バハッディーンが「ヒクマット・シャリーファ」と呼ばれる書簡を完成させてからは、布教活動を辞め、新たな帰依者の受け入れを禁止し、外部に完全に教えを閉ざしてしまう。オスマン帝国が成立し、1516 年にはシャーム地方を支配下に置くようになると、オスマン帝国はドルーズ派のコミュニティの内政に干渉しつつも、基本的に税金を納めることで彼らの自治は保たれていた。しかし、オスマン帝国の弱体化に伴い、同コ

コミュニティ内の有力家族が自分たちの支配権力を拡大し始めると、内部における部族同士の対立による権力闘争が始まる。その結果、現在のレバノンにあるシューフ地方、シリアのスウェイダー州にあるジャバル・ホーラーン地方、イスラエル北部のガリラヤ地方に点在していたコミュニティ間での住民の移動が激しくなり、現在ではシリアのジャバル・ホーラーン地方のドルーズ派コミュニティがシャーム地方におけるドルーズ派最大のコミュニティとなった。その後、オスマン帝国がヨーロッパ列強によって解体され、イギリスはトランスヨルダンとパレスチナ（現在のヨルダン・イスラエル・パレスチナ自治区）を、フランスはレバノンとシリアを分割委任統治するようになった。

1920年以降、イギリスの委任統治下に置かれてきたパレスチナのドルーズ派は、オスマン帝国下においてスンニ派と対峙してきた歴史があり、オスマン帝国が解体されイスラエルの委任統治下でユダヤ人の入植が始まって以来、1929年に初めてエルサレムでアラブ人とユダヤ人の衝突が起きた「嘆きの壁」事件<sup>(3)</sup>においても、パレスチナのドルーズ派はアラブ側、ユダヤ人側のどちらにもつかず、中立的な立場を取った。1948年にイスラエルが建国されてからも、イスラエル国籍を取得する道を選び、また1956年にはドルーズ派青年がイスラエル兵として徴兵されることに応じるなど、イスラエルに忠誠的な態度を示すようになった。その結果、1967年にはイスラエル政府はドルーズ派をアラブ局から切り離し、内務省の管理下に置き、イスラエル人と同等の権利を与えるようになった [ Nisan, 2010 ]

一方、1920年以降シリアのドルーズ派コミュニティはフランスの委任統治下に置かれたが、1925年には、ジャバル・ドルーズ地方においてスルターン・アトラシュ率いるドルーズ派が反仏抗争を開始した。これがシリア全土に広まった結果、1946年には国家として完全独立、ドルーズ派も一時的に政権に組み込まれた。しかし、1953年にはシシャクリ政権によるドルーズ派への弾圧が始まり、1966年にはアラウィー派の軍部によるクーデターの勃発、その後ドルーズ派党員は一挙に政界から追放され、シリア国内でのドルーズ派の政治的権限は弱まってしまった [ 宇野, 1996 ]

以上のように、パレスチナ・イスラエル、そしてシリアにおけるドルーズ派コミュニティの歴史の変遷から見てくる事柄は、ドルーズ派が中東史のなかでバランスをとって生きてきたということ、そして自分たちを「ドルーズ」と「イスラエル人」、「ドルーズ」と「シリア人」というように、それぞれ異なるアイデンティティとを結びつけてきたのである。

## 2) ゴラン高原ドルーズ派の歴史と概要

ゴラン高原は、シリア・アラブ共和国の南西部に位置し、大きさは 1850 km<sup>2</sup>、海拔 2880m の標高に達する山々に囲まれており、水資源が豊富である [ The Arab Association for Development, 1993 ]。1920 年以降、シャーム地方のドルーズ派コミュニティは、フランスとイギリスによる分割統治から国境線が引かれ、ゴラン高原はシリアの領土の一部として、フランスの委任統治下に置かれていた。フランスとイギリスが委任統治を終了し、1948 年にイスラエルが建国されると、アラブ諸国とイスラエルの間で大きな戦闘が繰り広げられ、ゴラン高原は 1967 年の第三次中東戦争をきっかけにイスラエルに占領され、現在に至るまで二国間の緊張状態が続いている地域である。1974 年にはイスラエルとシリアによる兵力引き離し協定への合意によって、国連の兵力引き離し監視軍 (UNDOF) が設立され、今も境界の停戦監視が行われている [ 内閣府 ]。1967 年以前、ゴラン高原には 139 村と 61 の農場が存在し、13 万人のシリア人が生活していたが、戦争直後残った村はドルーズ派の村 4 村を含む 6 村のみで、人口はわずか 6396 人しか残っていなかったという [ The Arab Association for Development, 1993 ]。1981 年には、イスラエル政府は国際法に違反しているにも関わらずゴラン高原を一方的に併合し、ゴラン高原のドルーズ派にイスラエル国籍を与えようとしたが、多数のドルーズ教徒はゼネストを行いイスラエル政府の要求を拒否した [ 宇野, 1993 ]。その結果、無国籍となった彼らのなかには、婚姻などのためシリアに移る者もいるが、その場合故郷へは戻って来られない。

以上、先行研究による分析からゴラン高原におけるドルーズ派コミュニティの占領の歴史を辿ってきたが、事項以降は現地調査に基づいてゴラン高原の実態について言及する。

### 3. 現地調査から見えてくるゴラン高原ドルーズ派コミュニティ

ここでは、2013年9月に行った事前調査と、2014年の8・9月に行った本調査の結果を踏まえ考察してゆく。

#### 1) 現地調査から見えるドルーズ派コミュニティの生活空間

水資源が重宝される中東において、ゴラン高原は水源として非常に重要な地域の一つである [Conal, 2007]。村の高台からは、レバノンとシリアの間にあるヘルモン山（アラビア語ではジャバル・シェイフ）が見え、ヘルモン山から東に60kmのシリアの首都ダマスカスまで、また西に地中海に位置するハイファ湾が見渡せ、イスラエルにとって対アラブ戦略上非常に重要な地域であることが伺える [Inbar, 2011]。また今年8月末にはシリアとイスラエルの停戦ラインの中央に位置するクネイトラ検問所が、シリア反体制派の支配下に置かれるなど、現在のシリア情勢の影響も強く受けている（写真3）。



（写真3）マスアダ村の若者が撮影したクネイトラ（境界近くの地名）の様子

他方、ゴラン高原における主産業は、その豊富な水源を活かした農業であり、特にリンゴが有名である（写真4）。農協が出資し建設した巨大なリンゴ貯蔵庫（写真5）では、村の人々が性別や年に関係なく黙々と仕事に取り

組んでいた。貯蔵庫の屋上には太陽光発電が設置され、これも村人たちが共同出資してつくったものだという（写真6）。貯蔵庫に導入されている機械もヨーロッパから輸入された高性能の機械ばかりであり、30 を超える農家が共同して出資したとはいえ、かなり貯蔵庫内の機械類は充実している点は注目に値する。この貯蔵庫は、イスラエル占領下において農家の人々がリンゴの価格が低下しすぎないようにコントロールするためにつくられたものであり、彼らの地道な抵抗の一つの象徴となっている。しかし、イスラエルに占領されてからは、警察や消防署、学校などの設備をイスラエル政府が管理し、また経済的にもイスラエル貨幣やイスラエルの物資を使った生活をしているため、依存している部分があるのは否定できない実態もある。



（写真4）マスアダ村のリンゴ農園



（写真5）マスアダ村のリンゴ貯蔵庫



(写真6) リンゴ貯蔵庫屋上にある太陽光発電機

また、コミュニティの中では、占領下において無国籍となっても、教育という手段でコミュニティの発展を支えようとしてきた姿が見えてきた。例えば、1967年の戦後にナショナリズム運動をしていた77歳の男性は、イスラエル政府に直接子供たちへの教育の許可をもらったという。「私はパレスチナの学生に（イスラエルが）留学許可を出したとニュースで聞いたとき、ゴランの人たちはまだ海外で留学していなかった。村の人に相談し、みんなでイスラエルに学生が海外で勉強できるようにお願いし、そういうこともできるようになった。（中略）そのおかげで今は少なくとも1000人以上の大学卒業生がいる。」こうした人々の地道な努力により、現在の若者たちは、イスラエル国内の大学だけでなく、シリアやロシアなどの大学にも通えるようになっている。それは彼らが武器という手段ではなく、教育という手段を使って自分たちのコミュニティを存続させる道を選んできたためだと考えられる。

しかし、現在シリア内戦の悪化によって、一部のドルーズたちの間では、今後コミュニティとシリアの関係が薄れていくのではないかと不安視する声が挙がっている。シリアへ学生を送る手配をしている男性は、「危険な状態だ。シリアに留学する機会がなくなる危険が高い。今後シリアに行く学生が全くなくなる可能性もある。」と、心境を語っていた。



## 2) 語りから表明される揺れ動くアイデンティティ

著者は2013年4月頃、大阪大学のイスラエル人の女子留学生と話す機会があったのだが、ドルーズについて研究していると話すと、「ドルーズ派は良い人たち」という答えが返ってきた。これは、ドルーズ派がいかにイスラエルにおいて他のアラブ人とは異なる存在として扱われ、一般の人にまで浸透しているのだということの一面を伺わせる出来事である。イスラエルによるアラブからのドルーズ派の切り離し政策は、パレスチナ自治区におけるイスラエル人の入植活動と比べると正反対である。すなわち、パレスチナ自治区において、彼らはイスラエルと自治区との間に巨大な壁を築き、ガザ地区は封鎖、ヨルダン川西岸へは入植を進め、アラブ人を追い出そうとする政策を取っているのに対し、ドルーズ派に関しては、イスラエル国籍の取得を促し、イスラエル国内での移動の自由を認め、また国内の大学への入学を許可し、経済活動も自由に行えるよう、取り込み政策を行っているのである。

このような経験を踏まえた上で、本調査に赴いたのであるが、ゴラン高原のドルーズ派コミュニティは、「ドルーズ」「シリア人」「イスラエル人」というアイデンティティの違いが、1967年以前の記憶を持つ老年層、1980年代以降に生まれた若年層、またイスラエル国籍を持っている一部の人々の間で大きく別れていることが明らかとなった。

まず1967年以前の記憶を持つ老年層は、シリアに住んでいた経験があり、なかには1946年の独立を経験した人々もいる。そのため、シリアに対する思い入れが強く、シリア・ナショナリズムの影響を強く受けている傾向にある。77歳の男性は、「私はシリア人、死ぬまでシリア人。そのせいで4回逮捕されたことがある。イスラエルは2000年以上離れているのにパレスチナことを覚えている、なのに私は出身であるシリアのことを覚えているのは許されないのだろうか。」と感情を言葉に託した。

次に、1980年代以降に生まれた若年層は、さらに二分化する傾向が見られた。すなわち、シリアへ留学した経験のある若者と、イスラエル国内やその他の国へ留学した若者の間で、「シリア人」であるという認識に著しい差異が見られた。シリアに留学した経験のある男性は、「私の心の中にゴラン



はシリアの一つだと彫られている。いつかシリアに戻って、簡単に行き来ができるようになると思っている。私はシリアのダマスカスに留学したので、シリアのことは大変好きになった。残念ながらゴランに帰ってしまったが、いつかシリアに戻ると思っている。」と語った。他方で、イスラエル国内に進学した女性は「私はシリアに生まれなかったし、シリアに行ったこともない。自分の国だと感じていない。私が安心する場所は私の国になる。私はシリア人だと思ってイスラエル国籍を取らなければ、私の人生は終わりでしょう。イスラエルはみんな自由に生活できるし、仕事もできる。年をとって仕事を辞めても給料が出る。(中略)また自分の命は高いと感じている。イスラエルはシリアとは違う。」と、シリアに留学した学生とは異なる意見を呈していた。

最後にイスラエル国籍を持った一部の人々であるが、これは1981年のイスラエルによる併合を受けて、教師など仕事をするためにイスラエル国籍を取得する人もいれば、イスラエル国内のガリラヤ地方から嫁いできたためにイスラエル国籍を持っている場合もある。イスラエルでは母方が国籍を持つ場合、その子供たちも自動的に国籍を取得する。そのため、近年では仕事や婚姻のために、イスラエル国籍を持つ者も増えてきているという。イスラエル国籍を持つ女性は次のように述べる。「イスラエルの国籍を持つと、仕事のチャンスが増える。」「イスラエルのシステムは良いと思う。」「イスラエルは保育支援もしてくれるし、健康保険だって出してくれる。」このように、イスラエル国籍を持っている人は、明らかに自分たちが国籍を持っていることで得をしていることを認識している。また、女性は続けて、「私はどこの出身かと聞かれれば、ゴラン高原と答える。私はシリアに生まれたわけではないし、アイデンティティはそこにはない。」と語った。

#### 4. おわりに

先行研究と現地調査の結果を合わせて導かれた事柄は、ドルーズ派コミュニティは、中東世界において、自分たちの宗派の繋がりを保つ生存戦略とし

て、外部の状況の変化に柔軟に対応しながら、巧みに生き延びてきたという特徴が浮かび上がってきた。そしてゴラン高原のドルーズ派コミュニティの場合、それがシリア・ナショナリズムと相まったために、被占領地で無国籍となって生きるという道を選ぶ結果となった。困難な道であるにも関わらず、その大多数がイスラエル国籍を取らないという選択をし、農協やNGOを立ち上げ、コミュニティの医療や教育に貢献してきたことは、非暴力の抵抗運動の事例として敬意を表したい。

しかしその一方で、占領の長期化の影響、また教育の向上によって大学まで進めるようになった若者の考え方の変化、さらにはシリア内戦の影響などが錯綜し、ゆらぎを生じていることも明らかとなった。したがって、シリアへの想いをいかに継承し、後世に伝えていくかは、コミュニティが今後どのような立場をとっていかにも関わってくると考えられる。コミュニティがイスラエル寄りになればなるほど、彼らはコミュニティの方向性を見失っていく可能性もあるのである。中東世界の平和を考えるうえで、今後も引き続きゴラン高原のドルーズ派コミュニティに注目し、見守ってゆきたい。

## 注

- (1) 本稿では、この宗派および、宗派に属する人々を、特に宗教的共同体であるという側面に注目するとき、「ドルーズ派」と称す。またドルーズ派を扱う文献の中には、「ドルーズ教徒」と表記するものも少なくないが、本稿では、このドルーズ派が、イスラエルにとってイスラームの分派としてではなく民族として扱われることや、個々の信心深さによってドルーズ派の一員であるかどうかが決まるわけではないという点を踏まえ、より抽象的なドルーズ派に属する個人の呼び方として「ドルーズ」と表記している。
- (2) シャーム地方とは、歴史的シリアや大シリアとも呼ばれ、現在のシリア、レバノン、ヨルダン、イスラエルの一部の地域を含む地域を指している。
- (3) 「嘆きの壁」事件とは、1929年にエルサレム市内のユダヤ人聖地「嘆きの壁」ないしムスリム聖地「ハラーム・シャリーフ」において、パレスチナ人とシオニストが初めて衝突した事件である。

## 参考文献

- Inbar, Efraim(2011), Israeli Control of the Golan Heights: High Strategic and Moral Ground for Israel, The Begin-Sadat Center for Strategic Studies Bar-Ilan University, Israel, September 2011.
- Nisan, Mordechai(2010), The Druze in Israel: Questions of Identity, Citizenship, and Patriotism, *The Middle East Journal*, vol.64, no.4, Autumn 2010.
- Ulqhart, Conal, The Golan Tinder Box, *Middle East*, July 2007, 26-28.
- Central Bureau of Statics, *The Druze Population of Israel*, Jerusalem, 21 April 2005.
- 宇野昌樹(1996), 『イスラーム・ドルーズ派』, 第三書館.
- 宇野昌樹(1993), 「シリア被占領地ゴラン高原-その過去・現在-」, 現代中東研究, No.13, 1993.8.
- The Arab Association for Development(1993), *TWENTY FIVE YEARS OF ISRAELI OCCUPATION OF THE SYRIAN GOLAN HEIGHTS*, Majdal Shams: Jerusalem.



# 新エネルギー開発を活かした地域振興の実現に向けて

## 沖縄県宮古島の事例からの一考察

松村悠子\* , 三好恵真子 \*\*

### 1 . はじめに

#### 1 ) 日本のエネルギーシステムの転換の必要性

2011 年の東日本大震災と付随する福島第一・第二原子力発電所の事故を契機として、日本のエネルギー政策の見直しが検討されてきた。従来の原子力発電を基幹電源と位置付けたエネルギー政策により、原子力発電の計算不可能で甚大な被害を曝露するという不可視のリスクが浮上してきた。よって、エネルギーの供給地が消費地点と解離しているために課題が消費者の目に届きにくい大規模集中型のエネルギー供給システムへの懸念と、それに代わり地域に根ざした小規模分散型エネルギーシステムへの関心が高まっている。しかしながら、欧米に比較すると、日本の再生可能エネルギー等の総生産量は伸展しておらず、普及に不可欠な供給システムの再編は遅れている。新たなエネルギーシステム構築に向けた整備の一環として、震災直後の 2012 年には再生可能エネルギー固定価格買取取り制度が策定され、2016 年に電力の発送電分離法案の施行が予定されるなど、国内のエネルギー政策は大

---

\* 大阪大学・人間科学研究科 DC

\*\* 大阪大学・人間科学研究科

きな転換期を迎えつつある。しかし、実際に導入が予定されている各地域における体制の整備はまだ十分とは言えない。このような制度上の未整備や支援策の不備に加え、意欲的に再生可能エネルギーを導入してきた地方公共団体の取り組みや成果の検証は、導入時点の成果を賛美することにとどまっており、事業の持続可能性や適合性を地域の事業として捉え直し、検討したものはほとんど見あたらない。

## 2) 地産地消のエネルギーシステムを利用した地域開発への期待

日本の社会システムにおけるもう一つの喫緊の課題が、都市部への人口集中と地域の過疎化および全地域的な人口減少である。日本は明治維新後から、地方から都市部への移民労働者が経済を支え、地方は多くの人材を都市部へ送り込むことで、都市の発展を支えてきた。しかしながら、1990年代のバブル経済の崩壊直後、国家と都市は周辺地域を包括する経済力を喪失し、地域社会も経済的疲弊を蓄積している。さらに、日本社会の人材の多様化・流動化やライフスタイルの変化、晩婚化等の社会システムの転換も相まって、20年にわたり、合計特殊出生率<sup>(1)</sup>は1.5を下回り続けた。これまで、都市部に人材を輩出してきた地域社会の役割に鑑み、その活性化及び産業の育成は、日本社会全体の持続性においても重要な位置付けにあるといえる。

さらに、震災を契機にして、新エネルギー開発を活用した地域活性化にも期待が高まりつつある。従来、地域外の主体により、自然資源が搾取され、利益を地域に還元する視点が見落とされていたが<sup>(2)</sup>、それを見直し、地域の活力にしようという動きが高まりつつある。例えば、風力発電を市民による出資による経済資本によって運営することで、管理や利潤を地域に落とし市民に利益を還元するという試みが実践されている[丸山 2002, 茅野 2008]。このような取り組みは、全国各地で見られるようになり、全国ご当地エネルギーネットワーク等の新たな枠組みによって地域を超えて交流が生まれ、連携も高まりつつある。しかしながら、こうした取り組みは、地域の主体による開発として評価できるものの、どの程度地域が管理に関わっているか、またその持続可能性について考察されたものは少なく、今後の課題としてこれら

の検証の必要性が残されている。

本報告では、上述の課題を踏まえながら、持続可能な地産地消のエネルギーシステム構築に向けて、内発的な地域振興に貢献しうるエネルギー開発の対象として、日本の縮図である離島地域に着目した。さらに先進的な取り組みの一つとして扱われてきた沖縄県宮古島の事例を取り上げて、具体的に議論を深めてみたい。

## 2. 新エネルギーを活かした離島振興の論点

### 1) 従来の離島振興からの脱却

日本は 6800 あまりの島々（以下、島嶼）から成り立つ、世界有数の島嶼国家である。離島地域<sup>3)</sup>はその環海性、隔絶性、狭小性という特徴から、戦後、種々の近代国家制度の供給が遅れてきた。よって、その後進性を排除するために、水道や電力を始めとするインフラストラクチャーから、道路や港湾整備といった公共事業、海上船舶等の輸送アクセス、教育及び医療サービスの提供に至るまで、公的資金による援助に強く依存することにより発展してきた。つまり、他地域と比べて市場が小さく、経済的効率性が低いために、外部からの援助によって社会システムを運用してきたのである。

離島地域の活性化や経済振興を支える法律として、離島振興関連四法があり、離島振興の適用範囲が明記された時限立法として、10 年ごとに延長の検討がなされている。しかしなら、1953 年の成立から数えて 60 年を経ても、離島地域と本土との格差是正には至っておらず、その趣旨をとどめたまま延長がなされている。このような風潮を抜本的に見直していく必要があるとして、5 度目の改正時から、特に「後進的地域」としての脱却の必要性と離島の健全な発展及び島民主体の開発が叫ばれるようになり、離島振興の捉え方も拡大してきている。つまり、後進的地域としての離島とそれを援助する本土という構造的な関係性を超え、離島の独自性を評価し、離島ならではの発展を模索し、構築していくことが期待されている。特に 6 度目の改正時期にあたる 2013 年には、大幅な改訂が行われ、時勢を反映したエネルギーの

自給自足の必要性も謳われている。

## 2) 離島における地産地消のエネルギーシステム構築の課題

離島地域におけるエネルギーシステムは、その特徴から化石燃料への依存性の高さ、他地域に比較して高額なエネルギーコストと低いエネルギーセキュリティ等多くの課題を抱えてきた。そのため、再生可能エネルギー等の新しいエネルギー技術を導入するメリットが他地域に比べ大きく評価され、普及が期待されてきた。しかしながら、離島地域におけるこれまでのエネルギー開発研究の中心は、離島の隔絶性、つまり電力の閉鎖性に注目した理論的、電気工学的なエネルギー開発システムの検証であった〔大澤ら 2005、千住ら 2006、山田 2011〕。したがって、エネルギー開発の取り組みにおける地域の主体性が議論されてきたにも関わらず、離島地域の開発主体は島外部の研究機関にあり、島民の関与度が低いという問題を抱え込むことになった。

このような実証研究を中心としたエネルギー開発の問題点は大きく分けて二つあると考えられる。一つ目は、適応されている離島地域における社会システムと乖離した技術が、管理システムと共に外部から持ち込まれる点である。次に、そのシステムの独立性の原動力となる島民の主体性の低下と外部依存性の助長である。この二つの主要な問題によって、これまでの離島地域が抱えてきた課題の解決にならないばかりか、システムの持続可能性が低下する可能性も懸念される。

一方、島内主体によるエネルギー開発は試みられているものの、多くが地方公共団体のイニシアチブによる開発であり、それに伴う以下の3つの課題が挙げられる。すなわち、技術を外部委託してしまうために管理できず事業が失敗してしまう、新たな事業と渋滞の事業との間で競合から新たな事業者を支援できない、既存の自然環境とエネルギー政策が融和しないといった点である〔松村、2014〕。つまり、離島地域における開発において、成功事例として賞賛されるのは、島外部の主体による取組みのうち、そのエネルギー転換比率等の導入の数字上の結果を短期的に評価している場合が多い。



そこで本研究の方向性は、このような島外部を中心とした大規模開発と地域との関係性の地域社会へのインパクトを質的調査法によって検証することにある。大規模な開発のメリット・デメリットを再認識することで、離島で行われてきたエネルギー開発をどのように活用すれば地域で持続可能なシステムになるのか、島民主体のエネルギー開発の実践に向けて、事例研究を通して丁寧に検証していく必要があると考えた。特に重要だと考えられるのは離島の特性を考慮し、その計画・運用段階にどの程度島民が関わっており、その結果地域にどのような影響をもたらしているのかという点を精査することである。

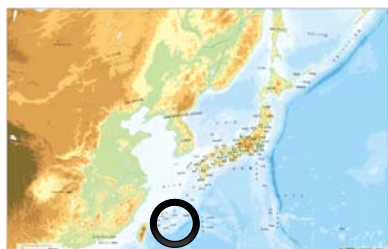
そこで本報告では、離島地域における新エネルギー開発の先駆的取り組みとして評価されてきた宮古島の事例から、開発における島外部・内部の主体の関係性や、事業の持続可能性について検討し、さらには今後の離島地域におけるエネルギー開発の展望を試みる。

### 3. 沖縄県宮古島の取り組み

#### 1) エコアイランド宮古島の概要

沖縄県宮古島市は、宮古島本島と池間島、来間島、伊良部島、下地島、大神島の属島5島を含む6島から構成される。沖縄本島から南西に約300km、東京から約2000kmに位置し、人口約5万5000人が生活している。その亜熱帯気候と豊かな近海を活かした農林水産業と観光業が産業の中心である。比較的長期である夏季を中心として、観光客はのべ40万人超が来島する。沖縄県は、県外からの移住世帯数が多いが、県内の市では宮古島市のみが人口減少しており<sup>(4)</sup>、他の県内離島との差別化を意識し、環境政策の推進やスポーツイベントの誘致など独自の地域活性化の方策を模索している。地理的な特徴として、平坦で低い土地に山岳部や河川が少なく、生活用水の殆どを地下水に頼っている。現在の水資源を支えるのは、地下ダムと称する島の土壌内に構築された人工ダムとそれを地中に汲み出すポンプ等関連システムである。これらの設備は、宮古島の生活・農業用水の利便性を格段に向上さ

せた。



( 図 1 宮古島の位置 国土地理院 ) ( 図 2 宮古島の周辺地図 Google map )

しかしながら、そのような大規模な地下ダムが完成する以前は、夏の干ばつにより、大きな損害を被ってきた経緯がある。沖縄地域は、一般的に毎年の台風の襲来により農業、漁業の安定経営は難しい。それに加え、宮古島の土壌は、沖縄県の他の島嶼とは異なり、サンゴを基板とした層が分厚く水をためにくい。そのために、島内の生産性は大きく低下し、産業振興も、生活水準の上昇も大きな課題を抱えていた。総工費 600 億円超という大規模な地下ダム建設事業は、この課題を克服し、島の物質的な豊かさだけでなく、今後の宮古島の未来をも明るく照らした。長年の乏しい水資源の利活用の歴史から、島民は島内の資源管理について問題意識が高く持ち、課題と向き合ってきた背景がある。

## 2 ) 宮古島のエネルギー開発

宮古島市のエネルギー開発の取り組みの指針は、2008 年に指定された宮古島エコアイランド宣言が基盤にある。エコツーリズムを行っている女性は、「宮古島エコアイランド宣言は、1970 年代の当時の首長も指針を示しており、もともと宮古島にあったもの。それが、現在実を結んでいるのだ」と語っていた。このエコアイランド宣言は、前述の水資源の利活用の過去の経験から、環境負荷の低減、資源の島外依存からの脱却、島内資源の循環を目指したものである。

- 1.私たちは、島の生活を支えるかけがえのない地下水を守ります。
- 1.私たちは、美しい珊瑚礁の海を守ります。
- 1.私たちは、みんなの知恵と工夫で、限りある資源とエネルギーを大切にします。
- 1.私たちは、ゴミのない地球にやさしい美ぎ島宮古島を目指し一人ひとり行動します。
- 1.私たちは、よりよい地球環境を取り戻し・守るため、世界の人々とともに考え・行動し、未来へパトントンタッチします。
- 1.私たちは、緑・海・空を守り、すべての生物が共に生きていける環境づくりのため行動します。

( 図 3 沖縄県宮古島市のエコアイランド宣言 )

さらに、宮古島は再生可能エネルギーの活用と島内の資源循環を目指して、多くの実証研究を誘致してきた。その結果として、島嶼型低炭素社会システム及び次世代エネルギーパークとしても認定されている。このような大規模な取り組みのなかで、東京の大学や企業、電機メーカー・技術者等学識者との交流を深め、地域の自主的な活動につなげる基盤づくりを行ってきた。また、宮古島エコアイランド宣言に共感した島民がこれらの設備を観光資源として、観光ツアーを行っており<sup>(5)</sup>それぞれの事業について自主的に学習し、ツアーコンダクターの育成にも務めている。また、平成 26 年に始まった来間島の実証研究では島内 200 世帯全ての屋根に太陽光パネルが導入され、電力の需給システムの調整が行われている。ここで、来間島の太陽光発電設備と既に導入されている 7 機の風車と 4MW のメガソーラー設備と合わせると、宮古島の消費電力の約 22%をまかなう計算となり、離島として画期的な設備をもちあわせている<sup>(6)</sup>。

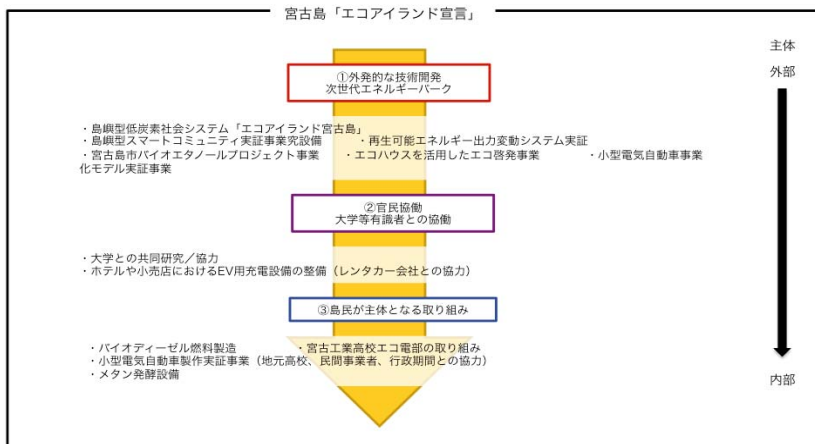
さらに、宮古島市独自の取り組みは、大規模な開発だけではなく、島民主体の新エネルギー開発事業が行われ始めている。小型電気自動車事業化モデル事業や、小型電気自動車製作事業では、地域の商工会や、地元工業高校部活動の部員や教員が中心となって、自らで電気自動車を製作しようという取り組みが行われている。この活動は、以前から、沖縄本島のうるま市で行われていた事例である。うるま市とも情報交換や協力しながら、宮古島独自で電気自動車をつくっている。

このような活動には、大規模開発には見られない地域の持続可能性を高め

る二つの要素が観察される。一つ目は、島民の参与、それも他世代に渡る参与が見られることである。次に、製作、管理を島民が行うことが出来る点である。これら二つの視点によって、島嶼地域で頻発する故障による事業停止のリスクを下げるができる。地域に根ざした開発の第一歩であると考えられる。また、このような取り組みは、宮古島の市民工房で行われており、近年話題となる工作機械の市民利用が離島地域においても導入された稀な事例として評価出来る。

### 3) 新エネルギー開発の取り組みにおける島民の参与

沖縄県宮古島の新エネルギー開発の取り組みを図4にまとめてみる。まず、島内の環境政策の基盤として、前提となる宮古島エコアイランド宣言を島民間で共有している。次に、環境省を中有心とした官公省、沖縄県、沖縄電力等と協力し、外部予算を活用した大規模なエネルギー開発が行われている( )。それらの大規模な開発段階で培ってきた産官学の連携と、予算の計画を提案した市役所と地域のホテルや小売店との協力が行われている( )。これらの官民協働体制設備によって、電気自動車の普及モデルの検討が可能になった。次に大規模なエネルギー開発設備を観光資源とした観光プログラムを島民が実行している。また、宮古工業高校や地域の市民工房(市民工作クラブ)による電気自動車の製作など、島民を主体とした開発も根付きつつある( )。概して、宮古島には一般的に評価されがちな大規模な開発だけではなく、その規模開発を利用した民間企業の取り組みが多く観察される。



（図 4 宮古島市のエネルギー開発の枠組み）

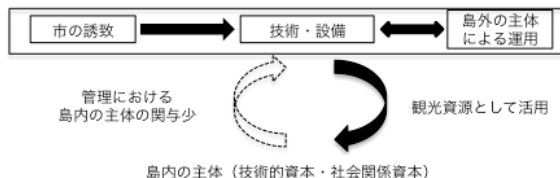
次に、他の離島地域の取り組みとの差異についても考察してみる。他地域の事例では、島嶼地域の閉鎖性に注目した先進的な導入事例として閉鎖系の電力システムの事業データを蓄積していることでは共通している。しかし、多くの事例において、事業の持続可能性や地域振興への貢献は二次的に留まっており、計画段階における各種評価・地域主体間コミュニケーションの不足が見られ、行政主導のイニシアチブに島民が追従していない、協働が少ないといった課題が散見された。また、先進的な設備を地方公共団体の予算を中心として導入することにより、技術の初期計画の停止や変更によって地域の財政を更に疲弊させていた。宮古島市においては、エコアイランド宣言を地域で共有し、地域主体間のコミュニケーションが行われている他、外部資金の調達により地方公共団体の財政支出を最小限に留めている。さらに最も重要な事象は、大規模な開発を観光資源として利用する民間の団体が存在し、工作クラブの高校生から商工会を巻き込む多様な世代とアクターの参加が実現できている点にある。これらの活動は、宮古島市の地域の技術力を高め、持続可能なエネルギーシステムの構築に貢献しうるものと考えられる。

## 4 . まとめ

宮古島市の取り組みでは、他地域の島外部の開発主体の大規模開発の取り組みと比較すると、行政の強いイニシアチブとそれにもう多角的な取り組みが行われていることに加え、他の離島地域には見られない市民レベルの取り組みが見られた。特に、工作市民クラブによる電気自動車製作は、地域のネットワークを活かしながら、管理を行っていこうという取り組みの基盤を整備してきたといえる。また、以上のような実証研究を基盤とした宮古島市の取り組みは独自性が高く、離島地域の中でも地域振興におけるエネルギーの利活用に最も意欲的な地域であるといえる。

しかしながら、このような取組みは、助成金を活用しているという点で、地域のリスクを分散し、実を切らない開発としての効率性が高い反面、成功事例としての他地域への応用は難しい。助成金は、先進事例にのみ与えられるものであり、そのシステムの波及や普及は経済性が不可欠である方である。そのため、実証事業に強く依存した宮古島の事例において、大規模の開発においては、現状設備の持続可能性を島民の主導権によって意思決定を行い、コントロールすることは難しいと考えられる。

また、宮古島の事例において、住民の参与は草の根レベルで行われているが、そのイニシアチブは完全に地域に根ざしているわけではない。筆者の調査によって、宮古島市の取り組みにおいても、これまで筆者が議論していた課題と重なっている事例があった。サトウキビの糖蜜を利用したバイオエタノールの事業が、実証期間終了後に行えない状況にある。この場合、実証研究に参加していた企業が、実証期間終了後に地域に残る義務はないため、地方公共団体や島民が事業継続を望んでいても、参加していた事業主の主導権によって、停止の意思決定が行われてしまっている。現状において、事業の停止が観察されるのは、バイオエタノールの事業のみであるが、今後、これら一連の事業が終了してしまうと、具体的なエコアイランドを実現した技術は少なくなってしまう、宮古島市のエコアイランド宣言は抽象的な象徴への戻ってしまう可能性がある。やはり、地域の主体に拠る開発、外部主体の開



(図5 宮古島の技術と島民の活動との関連性)

発へ地域がどう関与していくか、検討し地域の資源を持続的に活用していく方策を強固にしていく必要があると考えられる。これには、技術管理段階における島民の参与の低さが関係しており、このような実証実験において、地域の産業を育成していく段階も同時並行で整備していく必要がある。

最後に、日本全国で再生可能エネルギーを中心とした持続可能な地域開発の事業が多く試みられるようになり、宮古島市の事例は先進事例、成功事例として扱われる事が多い。これらの取り組みは、宮古島島民たちの取り組みの積重ねによって成し遂げられたものであり、宮古島は持続可能な社会システムに近づきつつある。本報告においては、その開発において必ずしも大規模開発が島民主体の開発につながるわけではないという結論を導いたが、持続可能なシステムとして運用していくために、さらに島民の関与を推進していく必要がある。地産地消のエネルギー開発の取り組みにおいて、今後ますます地域の主体性、地域開発の地域還元の姿勢が注目されることは間違いない。宮古島市をはじめ、多くの離島地域でのエネルギー開発の取り組みが、実を結び、持続可能なエネルギーシステム構築に寄与することで、従来の離島地域に強く印象づけられた後進性を払拭しつつ、日本の地域開発を牽引していくことを期待したい。

#### 謝辞

今回の報告内容は、筆者が2013年9月に宮古島で行った調査内容を利用したものです。調査にご協力いただいた宮古島市役所をはじめ、宮古島市民の方々から心より御礼申し上げます。

## 注

- (1) 厚生労働省によるとご合計特殊出生率は「15~49歳までの女性の年齢別出生率を合計したもので、一般的には、「期間」合計特殊出生率というある期間(1年間)の出生状況に着目し、その年における各年齢(15~49歳)の女性の出生率を合計したものが使用される。平成25年度の合計特殊出生率は1.43である。
- (2) 従来型の大規模集中開発や、実証実験等では、地域のエネルギー自給率は数値の上では高くなるものの、分散型電源の地域への還元という視点は見落とされがちであった。
- (3) 日本離島センターによると2013年4月1日現在、日本には418の有人島があり、そのうち離島振興関連四法適用対象は305島。
- (4) 町や村ではその他の地域でも人口減少している。
- (5) この観光ツアーは、実証事業主とは無関係で、独立した事業として行っている。
- (6) 残りの78%は重油由来の内燃火力発電による。

## 参考文献

- 大澤弘敬,竹内孝行,小宮俊夫他(2005),「実用化される波力発電システム：離島における波力発電システムの活用(OS2自然エネルギー)」,日本機械学会,10,51-54
- 千住智信,中路敏昭,上里勝実他(2001),「自然エネルギーを導入した離島の最適発電設備構成」,電気学会研究会資料. PE,2001(63),63-58
- 千住智信,林大輔,浦崎直光(2006)「自然エネルギー発電設備を導入した離島電力系統の安定化制御」,"電気学会研究会資料. PE,2006(85),61-66
- 茅野恒秀(2012),「多様な生業戦略のひとつとしての再生可能エネルギーの可能性-岩手県葛巻町の取り組みをてがかりに」,赤坂憲雄ら編(2009),『辺境からはじまる東京/東北論』,明石書店,東京,224-254
- 丸山康司(2009),「地球にやさしいを問う 自然エネルギーと自然「保護」の隘路-」,鬼頭秀一(編)『環境倫理学』,東京,171-183
- 松村悠子(2014)「離島の地域社会における新エネルギー導入の取り組みと普及に向けた課題」,『グローバル人間学紀要第6号』吹田市:大阪大学人間科学研究科グローバル人間学専攻,6,27-45,2014
- 宮古島市,宮古島市の概要[Web page], Available at <http://www.city.miyakojima.lg.jp/syoukai/gaiyou.html>, Accessed December 20, 2013
- 宮古島市(2011),『平成22年度宮古島市地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業』[Web page], Available at <http://www.city.miya>



- kojima.lg.jp/gyosei/ecoisland/modeltoshi/files/hokukoku\_shinene.pdf ,  
Accessed December 20 , 2013
- 宮古島市(2007) , 『宮古島市バイオマスタウン構想』〔 Web page 〕 , Available at <http://ogb.go.jp/nousui/kankyou/miyako%82U.pdf> , Accessed December 20 , 2013
- 山田俊一(2011) , 「離島マイクログリッド実証試験について」 , 電気設備学会誌 , 31(12) , 907-911
- 宮古島市 , 宮古島市の概要〔 Web page 〕 , Available at <http://www.city.miyakojima.lg.jp/syukai/gaiyou.html> , Accessed December 20 , 2013
- 宮古島市(2011) , 『平成 22 年度宮古島市地域 新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業』〔 Web page 〕 , Available at [http://www.city.miyakojima.lg.jp/gyosei/ecoisland/modeltoshi/files/hokukoku\\_shinene.pdf](http://www.city.miyakojima.lg.jp/gyosei/ecoisland/modeltoshi/files/hokukoku_shinene.pdf) , Accessed December 20 , 2013
- 宮古島市(2007) , 『宮古島市バイオマスタウン構想』〔 Web page 〕 , Available at <http://ogb.go.jp/nousui/kankyou/miyako%82U.pdf> , Accessed December 20 , 2013



## 謎の PM<sub>2.5</sub> 汚染を探る ——先端質量分析技術の挑戦

古谷浩志\* , 紀本岳志\*\* , 豊田岐聡\*

### 1. はじめに

近年注目を集める PM<sub>2.5</sub> 大気汚染。特に中国北京市での PM<sub>2.5</sub> 大気汚染は、PM<sub>2.5</sub> 濃度が 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超え（大阪では平均  $\sim 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、しかも最高濃度が冬季の夜間に現れ、計算機シミュレーションでもその 50% 程度の PM<sub>2.5</sub> 濃度しか再現できないなど、光化学スモッグといった従来型の大気汚染とは全く異なる様相が明らかとなっている。それ故に、「人類が経験したことのない新しい大気汚染」とさえ言われつつある。この新しい北京 PM<sub>2.5</sub> 大気汚染には、これまでに検出されていない化学物質や反応生成機構が関与している可能性が高い。しかし、未知なる物質の検知や機構の解明には、従来の化学物質分析技術の枠を超えた高い物質測定能力が求められる。本稿では大阪大学理学研究科で取り組んでいる、先端質量分析法を用いた PM<sub>2.5</sub> 未知原因物質の直接測定・同定技術の開発について紹介する。

---

\* 大阪大学・大学院理学研究科

\*\* 紀本電子工業株式会社

## 2. 大気中に浮遊する目に見えない微小な粒子：PM<sub>2.5</sub>

### 1) PM<sub>2.5</sub>とその環境・健康影響

大気中には、目には見えない微小な粒子が数多く浮遊している。これらの浮遊微粒子は“エアロゾル”と呼ばれ、その大きさは0.001 μm から 100 μm (1 nm から 0.1 mm に対応)と非常に幅広い。特に大きさ(粒径)が2.5 μm “以下”の微小な粒子は、PM<sub>2.5</sub>と呼ばれる。PM<sub>2.5</sub>には粒径がナノメートル (nm) の極微小なナノ粒子も含まれており、その微小さのために吸気に混じって肺の奥まで侵入・沈着し、人間の健康に影響を及ぼすことが明らかとなっている<sup>(1)</sup>。また実際のPM<sub>2.5</sub>濃度と致死率との相関を調査した疫学的研究からも人体への健康影響が明らかとなっている<sup>(1)</sup>。その結果、1997年にアメリカの環境保護庁(EPA)がPM<sub>2.5</sub>の環境基準値を制定して以来、世界各国でPM<sub>2.5</sub>の環境規制値が制定されており、日本においても2009年にPM<sub>2.5</sub>の環境基準値が制定された。

PM<sub>2.5</sub>と一括りにされる粒径2.5 μm “以下”の大気中の微小浮遊粒子であるが、非常に広い粒径範囲を持っているだけでなく、発生源などに対応して、粒径ごとに含まれる化学物質の種類や混ざり具合が異なる、粒径ごとに個数が異なる、形状や密度なども粒子ごとに異なるなど - 非常に多様な物理的・化学的性質を持っている。これらの物理的・化学的な性質の違いによって人体への健康影響は大きく異なることが示されているが、環境基準値としては、これら物理的・化学的な多様さには目をつぶり、測定が容易なPM<sub>2.5</sub>の“総重量”(大気1 m<sup>3</sup>に含まれるPM<sub>2.5</sub>の重量)をベースにした基準値が採用されている。日本のPM<sub>2.5</sub>環境基準値はアメリカと同じ35 μg/m<sup>3</sup>(24時間平均)であり、2016年から発効する中国における環境基準値は75 μg/m<sup>3</sup>(24時間平均、ただし都市部)である。

## 2) 中国北京市における冬季高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントの特徴

図 1 は、中国北京市において 2013 年 1 月に観測された高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベント時の PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の変動である。1 月 11 日から 14 日にかけて 400 ~ 900  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  もの質量濃度に達していた。日本やアメリカにおける PM<sub>2.5</sub> 環境基準値が 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (24 時間平均) であることを考えると、北京市の PM<sub>2.5</sub> 濃度がいかに高濃度であるか、また

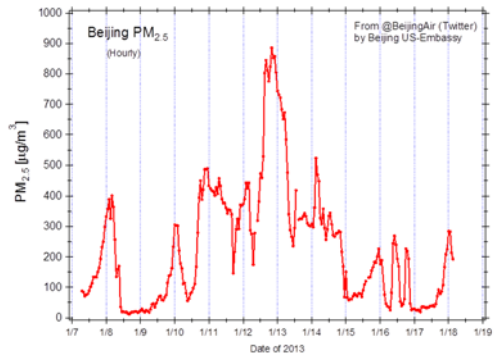


図 1 . 中国北京市で 2013 年 1 月に観測された高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントにおける PM<sub>2.5</sub> 質量濃度 (単位は  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) の変動。北京市のアメリカ大使館が公表した観測値から作成。

PM<sub>2.5</sub> “大気汚染” と言っても過言ではない状況であるかが分かる。この北京市で観測された PM<sub>2.5</sub> “大気汚染” には、従来の大気汚染と大きく異なるいくつかの特徴がある。1 つ目は、冬季のしかも夜間に PM<sub>2.5</sub> の最高濃度が現れる点。2 つ目は、冬季に発生しながらも、暖房に利用される石炭など、冬季に特有な PM<sub>2.5</sub> 発生源の影響が見られない点。3 つ目は、この高濃度 PM<sub>2.5</sub> の影響を受ける地域が北京市だけでなく、非常に広範であり (約 500 km x 1000 km) であり、またそのために影響を受ける人口も非常に多い (約 5 億人) という点。4 つ目は、上記の“現象” としての特徴に加えて、我々が現在持ち合わせている科学的知識では、なぜこれ程までの高濃度 PM<sub>2.5</sub> が発生するかを説明できていない点である。

これまで人類が経験した歴史的な PM<sub>2.5</sub> 大気汚染として、1952 年 12 月 5 ~ 9 日にかけて発生した “ロンドンスモッグ事件” や、1950 年代から 1970 年代にかけて甚大であった “ロサンジェルス光化学スモッグ” の 2 つが挙げられる。ロサンジェルス光化学スモッグでは、日本で発生する光化学スモッグと同様に、太陽光によって誘起された一連の光化学反応によって、大気中の前駆ガスが化学的に変質され、オキシダントや PM<sub>2.5</sub> といった大気汚染

物質が生成される。太陽光が化学反応の駆動力であるため、光化学スモッグは昼間に、しかも太陽光強度が強い春季や夏季に発生する。冬季に - しかも太陽光のない夜間に発生する北京のPM<sub>2.5</sub>大気汚染は、従来の光化学スモッグと全く様相が異なる。また 1952 年の 12 月に発生し、PM<sub>2.5</sub> の健康影響を世界に初めて知らせたロンドンスモッグ事件では、暖房用の石炭燃焼によって排出された大気汚染ガスやエアロゾル粒子が原因物質であった（スモッグ期間中に全粒子（PM）濃度が 1000~1600 μg/m<sup>3</sup> にも達し、通常時と比べて死亡率が最大約 4 倍も増加した）。図 2 は 2013 年 1 月に Zhang らが北京で測定した PM<sub>1.0</sub>（粒径 1 μm 以下の大気浮遊粒子）の化学組成である<sup>(2)</sup>。PM<sub>1.0</sub> は粒径 1 μm 以下の微粒子であり、粒径 1.0 - 2.5 μm の大気エアロゾルは含まれていないが、経験的にほぼ PM<sub>2.5</sub> と同じ組成と考えて良い。有機成分（Organic Carbon）の寄与が最も高く約 50% を占め、石炭燃焼の寄与を示唆する硫酸塩（Sulfate, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）の割合は、有機成分の約半分の 21% でしかない。同じ冬季に発生したロンドンスモッグとは、全く様相が異なることが分かる。

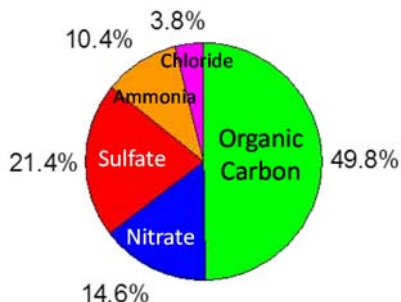


図 2 . 中国北京市でエアロゾル質量分析計（AMS）によって観測された粒径 1 μm 以下（PM<sub>1.0</sub>）の化学組成<sup>(2)</sup>。2013 年 1 月の平均値で難揮発性のススや土壌粒子は含まれていない。有機成分（Organic Carbon）の寄与が最も大きく、石炭燃焼の寄与を示す硫酸塩（Sulfate, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）の有機成分の約半分ではない。その他の成分：硝酸塩（Nitrate, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）、アンモニウム塩（Ammonium, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>）。Zhang et al. (2014) を改変。

### 3) 北京 PM<sub>2.5</sub> 汚染発生メカニズム：科学的理解の現状

中国からの PM<sub>2.5</sub> 越境汚染に対する注目の高まりから、テレビ番組などで“PM<sub>2.5</sub> 予報”などが放送されている。綺麗なアニメーション動画を見て、天気予報程度には PM<sub>2.5</sub> 予報も正確であり、科学的にも解明されていると思われるかもしれない。しかし、現状では、PM<sub>2.5</sub> 濃度 特に高濃度 PM<sub>2.5</sub> 汚染現

象 は最先端のコンピューターシミュレーションをもってしても正確に再現されていない。

既に述べたように、大気エアロゾルは非常に多様な物理・化学的特性を持っているが、加えて大気中では PM<sub>2.5</sub> 物質が生成されたり化学的に変質したり、あるいは消滅したりと時々刻々と変動してゆく。またこれらの変動も気象条件や場所・高度によって大きく異なる。これらの PM<sub>2.5</sub> の変化をコンピューター上で再現するために、全球エアロゾル化学輸送モデルを用いたコンピューターシミュレーションが用いられている。しかし、最先端のコンピューターシミュレーションを用いても、観測データー特に非常に高い PM<sub>2.5</sub> 濃度イベント - を正確に再現することは未だに難しい。2013 年 1 月の北京での高濃度 PM<sub>2.5</sub> イベントにおいて、コンピューターシミュレーションは観測された PM<sub>2.5</sub> 濃度の約 30-50% しか再現できていない<sup>(3)</sup>。また再現された PM<sub>2.5</sub> 濃度の内訳を見ても、観測データとの相違は大きい。図 2 に示すように、大気観測からは有機成分が最大成分(約 50%)であることが示されているが、コンピューターシミュレーションでは、硝酸塩が最大の寄与成分で(Nitrate, 45%)で、有機成分の寄与は僅かに 16%であるとはじき出されている<sup>(3)</sup>。

全球エアロゾル化学輸送モデルを用いたコンピューターシミュレーションの有効性には全く疑問の余地はない。しかし、観測された PM<sub>2.5</sub> 濃度のうち、コンピューターシミュレーションは約 30 - 50% しか再現できず、特に最大成分である有機成分に至っては大きく過小評価している事実は、我々が持ち合わせている大気エアロゾルの生成や変質に関する科学的知見が、極めて不十分であることを如実に示していると言わざるを得ない。まさに「謎の PM<sub>2.5</sub> 汚染」である。

特に最大成分であり、かつ最も予測に失敗している有機成分に関して、その知見の不足を解決するには、まず PM<sub>2.5</sub> 有機成分の化学組成が何であるか、それらの化学組成が、どのような材料物質からどのように生成されたかを知ることが必要である。硫酸塩や硝酸塩などの無機成分は、殆どの化学組成の内訳が把握されているのに対し、豊田の発表で示されたように、有機成分では僅か 5% 以下の化学(分子)組成しか同定されていない<sup>(4)</sup>。すなわち現状

では残りの 95%以上の有機成分の化学(分子)組成は未同定のままである。また PM<sub>2.5</sub> 有機成分の主要な原料物質である揮発性有機化合物 (VOCs)<sup>(5)</sup>について、少なくとも 20 - 50%程度の未測定・未同定の VOCs が存在する可能性が示されている<sup>(6)</sup>(PM<sub>2.5</sub> 有機成分のうち、直接粒子として大気中に放出される有機成分の割合は小さく、揮発性の有機ガスである VOCs が、大気中で複雑な化学反応によって変質することで二次的に生成される割合が多い)。主要な VOCs として約 100 種類程度の VOCs がよく例に挙げられる。しかしこれらの 100 種も、正確には「測定可能な VOCs」のうちで主要なものであり、必ずしも大気中に実在する VOCs を表しているとは限らない。

「PM<sub>2.5</sub> 汚染の謎」を解き明かすには、最大成分でありながら未解明の部分が多い有機物質の動態を知る必要がある。しかし、従来の分析・測定手法では、限られた範囲の有機化合物しか測定できておらず、現在の化学分析能力では力不足であることは明白である(豊田の「新しい大気汚染 Beijing Winter Severe Haze—科学的理解を深めるには何が必要か?」に詳述)。PM<sub>2.5</sub> 汚染の謎を解き明かすには、まず謎を解き明かすツール 従来法の限界を打ち破る革新的な有機化合物分析・測定装置 が必要である。

### 3. PM<sub>2.5</sub> 汚染の謎を探る先端質量分析技術の開発

#### 1) 革新的な揮発性・粒子状有機化合物のその場一斉分析法の開発：大阪大学理学研究科の試み

大阪大学理学研究科の豊田質量分析研究室は、1930 年代に日本で初めて質量分析計を開発した大阪大学理学部物理学科の浅田・緒方グループの流れを汲む、日本を代表する質量分析研究グループの 1 つであり、斬新なアイデアで日本のみならず世界の質量分析技術をリードしてきた。筆者らは紀本電子工業株式会社と共同で、豊田質量分析研究室のもつ最先端質量分析技術を活用し、従来の測定法では測定できなかった有機化合物も含めて、PM<sub>2.5</sub> 有機成分あるいは VOCs 全ての化学組成と濃度を網羅的にその場で直接実時



間測定でき、未知物質に対しては分子組成推定や物質推定までも可能にする、革新的な質量分析装置の開発を始めた。

PM<sub>2.5</sub>中や大気中 VOCs の有機成分や化学組成分析には、1970年代からガスクロマトグラフィー（GC）法や液体クロマトグラフィー（LC）法といった混合物質分離法が用いられてきた。豊田が「新しい大気汚染 Beijing Winter Severe Haze: 科学的理解を深めるには何が必要か?」に詳述しているように、クロマトグラフィー法による物質分離には数 10 分程度必要であり、実時間での化学物質の変動追跡には適していない。また物質分離カラムや測定条件の選択によって検出できる化学物質群が限定されるという制約もある。これまでは事実上“クロマトグラフィー法で検出可能”な、“限られた範囲”の有機物質だけが測定されているのが実情である。「PM<sub>2.5</sub>の謎」を解くために、未知なる物質を測定するツールとしては力不足である。

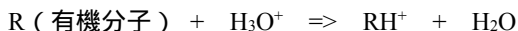
制約となっているクロマトグラフィー部を除けば、測定可能な有機物質の範囲も広がるはずである。しかし、大気中の PM<sub>2.5</sub> 有機成分や VOCs の多様さと複雑さは並大抵ではなく、クロマトグラフィー法による化学物質の分離なしに、広範な有機物質を一挙に測定することは困難であった。そこで我々は、有機分子を壊さずにソフトにイオン化できるプロトン移動反応（PTR）イオン化技術と、混合物も十分に分離して検出が可能な超高質量分解能質量分析技術という、2つの先端質量分析技術を融合・駆使することで、この謎の PM<sub>2.5</sub> 有機物質や VOCs に立ち向かうことにした。

## 2) プロトン移動反応(PTR)ソフトイオン化と超高質量分解能による質量分析の利点

質量分析では、電荷を持った分子や元素（イオンと呼ばれる）が、電場や磁場中においてイオンの質量( $m$ )に応じて異なる挙動を示す点を利用することで、様々な物質を質量（正確には質量( $m$ )と電荷量( $z$ )の比である質量電荷比:  $m/z$ ）ごとに分離し検出している。例えば、お酒に含まれるアルコールであるエタノール（C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O）の質量は 46.04186<sup>(7)</sup>、一般にシンナーと呼ばれるトルエン（C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>）の質量は 92.06260<sup>(7)</sup>、ガソリン中に含まれるオクタン（C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>）

の質量は 114.14084<sup>(7)</sup>。このように質量分析では、化学物質によって質量が異なることを利用して、化学物質の分離と測定を行っている。また逆に、未知物質からのイオンが検出されても、そのイオンの質量を小数点以下 3~4 桁目まで正確に測定できれば、未知物質の分子組成 ( $C_xH_yO_zNa$ ) まで推定できる利点がある。しかし、一般に広く用いられているイオン化法 (例えば電子イオン化法) では、有機分子はイオン化時に壊され断片化してしまい、1つの有機分子から 10~20 以上のイオンが生成され質量スペクトルは複雑になってしまう。その結果、多数の有機物質が混合した PM<sub>2.5</sub> や VOCs を、従来のイオン化法で直接質量分析すると、得られる質量スペクトルは非常に複雑になり、それぞれの有機分子を分離し検出・測定することはほぼ不可能となる。また未知物質を、精密な質量測定から同定することは不可能である。

そこで本プロジェクトでは、有機分子を壊すことなく“ソフト”にイオン化させるプロトン移動反応 (PTR) イオン化を用いている。PTR イオン化では、水分子 H<sub>2</sub>O に水素イオンであるプロトン H<sup>+</sup> を付加させた H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> イオンを生成させ<sup>(8)</sup>、測定したい有機ガスとを混合させ H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> イオンから有機分子 (R) へのプロトン (H<sup>+</sup>) 移動反応を利用してイオン化させている (次式)。



有機分子は壊されることなく、プロトン(H<sup>+</sup>)を付加された RH<sup>+</sup>としてイオン化される。この他に、PTR イオン化は“殆どの”有機分子をイオン化できるという優れた汎用性を持っている。これらの優れた特徴を持つ PTR イオン

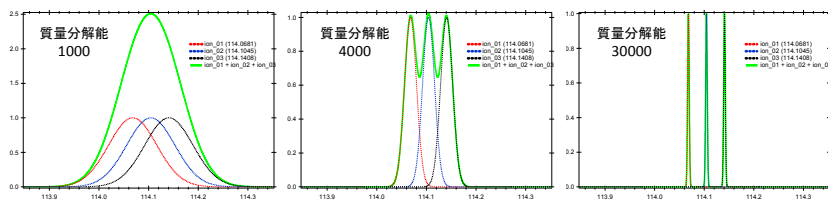


図3 類似質量を持つイオンが、質量分解能の違いによって、どのように分離されて検出されるかのシミュレーション。大気中に混在するメチルグリオキサール ( $C_3H_4O_2$ , 72.0211, 赤), ブタノール ( $C_4H_8O$ , 72.0575, 青), ペンタン ( $C_5H_{12}$ , 72.0939, 黒) を想定。緑は 3 つのイオンピークの和。3 つを完全に分離して測定するには 5000 以上の質量分解能が必要。

化法は、PM<sub>2.5</sub> 有機成分や VOCs 中の複雑で多様な有機物質を直接かつ網羅的に一斉質量分析するにはうってつけである。

しかし、有機分子を壊さずにイオン化を行う PTR イオン化法だけでは、PM<sub>2.5</sub> 有機成分あるいは VOCs を網羅的に一斉直接質量分析することはおぼつかない。PM<sub>2.5</sub> 有機成分や VOCs の有機物質の多様さは並大抵ではなく、従来の質量分析計ではこれらの混合物中の有機分子ひとつひとつを分離し区別して測定することができないからである(そのために従来法ではクロマトグラフィー法による物質分離が行われていた)。例えば、大気中に存在するアセトン (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O, 58.04186) はこれまた大気中に存在するグリオキサール (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 58.00548) と非常に似通った質量をもっており(質量の違いは 0.03638), 質量 0.1 ~ 1 程度の違いしか測定できない従来型の質量分析計では、この 2 つの化合物を区別することができない。既知の VOCs のなかでも、メチルグリオキサール(C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, 72.02113)とブチルアルデヒド(C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O, 72.05751)とペンタン(C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, 72.09390)や、オクタン(C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>, 114.1408428)とヘプタアルデヒド(C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O, 114.10446)など、僅かに分子質量が異なる有機分子が多数存在する。PM<sub>2.5</sub> 有機成分あるいは VOCs を網羅的に一斉直接質量分析するには、質量が類似の有機分子同士、また夾雑物と目的の有機分子とを、それぞれ個別のイオンとして区別できなくてはならない。それには非常に高い質量分解能が必要である。質量分解能<sup>9)</sup>とは、質量分析計がどれだけ近い質量(正確には質量電荷比:  $m/z$ )を持つ 2 つのイオンを十分に分離できるかの指標である。図 3 に例を示す。質量分解能が 1000 の質量分析計では、分子質量の違いが僅かであるメチルグリオキサール、ブチルアルデヒドペンタンは全く区別できず、1 つのイオンとしてしか認識されない。しかし質量分解能が 30000 あれば、3 つの有機分子は明確に分離され、各々の有機分子を個別に測定することが可能となる。

従来法のようにクロマトグラフィー法による物質分離を用いずに、質量分析計で直接、PM<sub>2.5</sub> 有機成分あるいは VOCs の含まれる全ての有機分子を網羅的に一斉測定するには、有機分子を壊さずに“ソフト”にイオン化する手法と、僅かな質量の違いを区別できる非常に高い質量分解能が必要である。

### 3) プロトン移動反応イオン化超高分解能質量分析計の試作と評価

プロトン移動反応を用いた有機物質ソフトイオン化と、超高分解能質量分析計とを組み合わせた先端質量分析技術の有効性を確認するために、まず実験室において、市販の超高分解能質量分析計であるフーリエ変換イオンサイクロトロン質量分析計 (FT-ICR-MS) に、自作のプロトン移動反応イオン化部を取りつけた試作機を開発した。FT-ICR-MS は 3~50 万という非常に高い質量分解能を持っているが、図 4 に示すように液体ヘリウムによって冷却された超伝導マグネットが必要であり、総重量も数トンにも達する。このため FT-ICR-MS を大気汚染の現場に持ち出し、現場でリアルタイム測定を行うことは残念ながら不可能である。しかし、高い質量分解能での測定を安定に容易に行うことができ、また市販品であるため操作や測定データの取扱が容易であるなどの利点があるため、初期テストとしてこれを用いた。

図 4 は開発したプロトン移動反応 (PTR) イオン化部と、PTR イオン化部を取り付ける FT-ICR-MS の写真である。この PTR イオン化部の上流部で

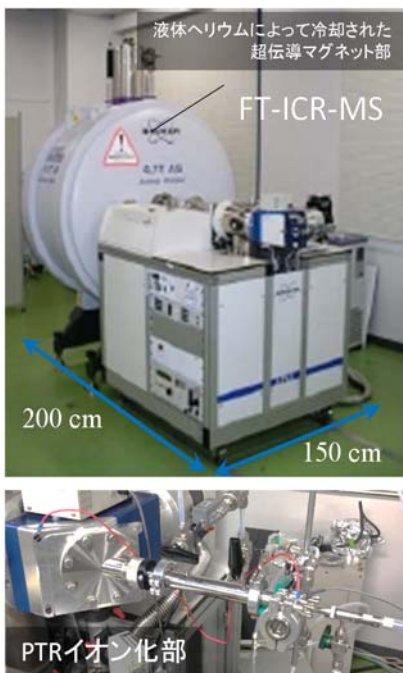


図 4 大阪大学理学研究科で試作したプロトン移動反応イオン化超高分解能質量分析計。上段：試作機に用いた市販のフーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析計 (FT-ICR-MS, Bruker 社製)。3-10 万の非常に高い質量分解能を持つが、液体ヘリウム冷却の超伝導マグネットが必要であり、総重量は数トンにも達する。下段：製作したプロトン移動反応 (PTR) イオン化部。試薬イオンである  $H_3O^+$  イオンを作り、測定対象の有機ガスと混合させ、プロトン移動反応によって、有機分子 (R) を壊すことなく  $RH^+$  に“ソフト”にイオン化させる。イオン化された有機分子は FT-ICR-MS で質量分析される。

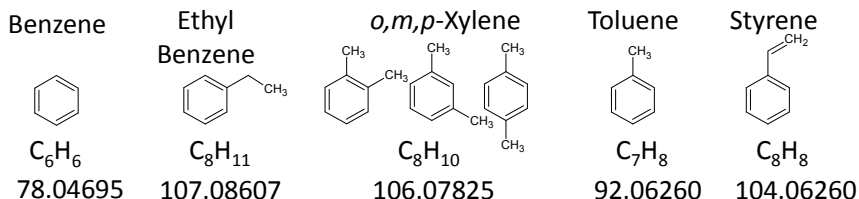


図5 試作したプロトン移動反応イオン化超高分解能質量分析計の評価のためのテスト測定に用いた標準混合ガスに含まれる揮発性有機化合物 (VOCs) の化学構造と分子質量。典型的な芳香族炭化水素化合物でありかつ代表的な VOCs である。各 VOCs の濃度は 1 ppmv。

試薬イオンである  $\text{H}_3\text{O}^+$  を生成させたのち、測定する有機物質を導入して  $\text{H}_3\text{O}^+$  と混合させて  $\text{H}_3\text{O}^+$  から有機分子へのプロトン移動反応を誘起させ、有機分子を壊すことなくソフトにイオン化させる。イオン化された有機分子は FT-ICR-MS に導かれ、質量分析され、各イオンの強度と、正確な質量電荷比 ( $m/z$ ) が測定される。

図5に示す芳香族炭化水素化合物の混合標準ガスを試験測定し、得られた質量スペクトルが図6である。混合標準ガスには典型的な VOCs の一種であるトルエン、スチレン、キシレンなどが混合されている。図6の質量スペクトルが示すように、これらの VOCs は、PTR イオン化によってプロトン付加イオン ( $\text{RH}^+$ ) あるいは  $\text{R}^+$  として “壊されることなくソフト” にイオン化されていることが分かる。また測定された各イオンの精密質量は、各 VOCs の分子イオン  $\text{R}^+$  やプロトン付加イオン  $\text{RH}^+$  と小数点以下 3 桁目まで一致しており、図中に示された各イオンの割り振りが妥当かつ正しいことを支持している。

図6の Xylene+  $\text{H}^+$  とアサインされている  $m/z$  107.08607 のイオンピークをよく見ると、僅か 0.03634 ほどずれた  $m/z$  107.0492 に別のイオンピークが存在していることが分かる。 $m/z$  107 において僅かに 0.03634 ほど異なる 2 つのイオンを独立に検出するには、最低でも 6000 の質量分解能が必要である。通常の質量分析計 (質量分解能 2000 以下) では分離できず、“高” 分解能質量分析計として販売されている質量分析計 (質量分解能 4000 ~ 5000 程度)

によっても分離することが困難である。FT-ICR-MS の持つ超高質量分解能 ( ~ 30000 以上 ) が非常に有益であることを示している。

$m/z$  107.0492 のイオンであるが、図 5 に示した混合標準ガス中の VOCs には  $R^+$ あるいは  $RH^+$ として精密質量が小数点以下 3 桁目までよく一致するも

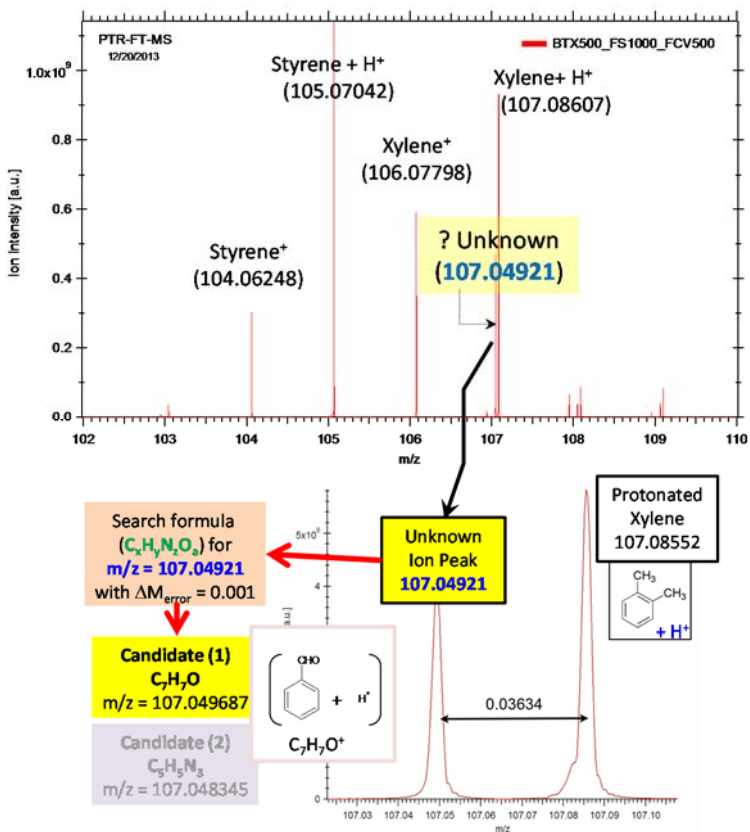


図 6 試作したプロトン移動反応イオン化超高質量分解能質量分析計を用いて、標準混合ガスを測定し得られた質量スペクトル。上図の各イオンに対して示されている値は、測定によって得られた各イオンの精密質量であり、図 5 に示された標準混合ガス中の VOCs から計算される精密質量とよく合致している。下図：Xylene +  $H^+$ のイオンと僅かに  $m/z$  0.03634 異なる未知イオン  $m/z$  107.04921 の同定。測定された精密質量から  $C_xH_yN_zO_a$  と仮定し分子組成を探索した結果、 $C_7H_7O^+$ であると結論付けた。なお近接するこの 2 つのイオンピークを分離して測定するには 6000 以上の質量分解能が必要である。

のが見当たらないことが分かる。すなわち“未知・未同定イオン”である。

この未知・未同定イオンを同定するために、まず測定した精密質量  $m/z$  107.08607 に一致する質量を持つ分子組成を、コンピューター支援ソフトウェアで探索した。分子組成として C, H, N, O 原子を持った有機化合物 ( $C_xH_yN_zO_a$ ) を想定し、また化合物探索の許容質量誤差を 0.001 とした。探索の結果、 $C_7H_7O^+$  と  $C_5H_5N_3^+$  の 2 つが候補として上ってきた。窒素分子を 3 つ持つ化合物は非常に稀であり、大気中に存在するとは考えにくい。そのためこのイオンピークの分子組成は  $C_7H_7O^+$  であると結論付けた。トルエンが酸化された際に生成されるベンゾアルデヒド ( $C_6H_5-CHO$ ) に、プロトンが付加されて生成されたイオンではないかと考えている。

テスト実験が示すように、PTR イオン化法を使って有機分子を壊すことなくソフトにイオン化させ、超高質量分解能を利用し有機分子ごとに各々検出すれば、PM<sub>2.5</sub> や VOCs 中の混在する多様な有機分子を網羅的にしかも一斉に直接測定することが十分に可能である。

## 4. おわりに

PTR イオン化法による有機分子のソフトなイオン化と、超高質量分解能を生かした精密質量の測定の組み合わせは、PM<sub>2.5</sub> や VOCs 中の混合有機物質の直接一斉分析に活用できるだけでなく、未知有機物質の同定にも非常に有効であることが実験室実験からも明らかとなった。この先端質量分析技術をフル活用した、プロトン移動反応 (PTR) ソフトイオン化と超高質量分解能による質量分析は、「PM<sub>2.5</sub> の謎」を解くためブレークスルーをもたらす、新しい化学分析・観測ツールとして非常に有望であるといえる。

しかし、試作した PTR イオン化超高分解能質量分析計は、重さが数トンもあり、また液体ヘリウムの冷却が必要など、PM<sub>2.5</sub> 汚染の現場に持ち出し、現場で PM<sub>2.5</sub> 汚染の原因物質を測定や観測をすることは困難である。現場やフィールドでの測定や観測を行うには、フィールドに持ち出せるサイズでありながら、FT-ICR-MS と同様に高い質量分解能を持つ質量分析計が必要で

ある。そんな高性能かつ小型の質量分析計があるのか？

本稿の筆者の1人である豊田が、世界に先駆けて開発したユニークな質量分析計 MULTUM が、唯一この条件を満たす質量分析計である。図7に示すように、MULTUM は液体ヘリウムや液体窒素など全く必要とせず、大きさもデスクトップコンピューター程度でありながら、FT-ICR-MS に匹敵する3-10万の質量分解能を持っている。現在、このMULTUM にPTR イオン源を取り付けてフィールドに持ち出し現場で測定が可能な PTR-MULTUM の開発を始めたところである。予算の裏付けがないなど道のりは険しいが、「PM<sub>2.5</sub>の謎」を解くには通らねばならない関所である。この大阪発の挑戦を結実させ、「PM<sub>2.5</sub>の原因物質」を突きとめるツールを創り上げ、日本のみならず中国や世界に貢献できればと思っている。



図7 豊田らが世界に先駆けて開発した、マルチターン飛行時間型質量分析計 (MULTUM)。デスクトップコンピューター程度の大きさでしかないが、超高分解能質量分析計である FT-ICR-MS に匹敵する 3-10 万の質量分解能を持つ。現在、この MULTUM だけがフィールドに持ち出せる唯一の超高分解能質量分析計である。



(注)

- (1) 例えば環境省微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書,  
<http://www.env.go.jp/air/report/h20-01/index.html>, 2008.
- (2) Zhang, J.K., Y. Sun, Z.R. Liu, D.S. Ji, B. Hu, Q. Liu, and Y.S. Wang, Characterization of submicron aerosols during a month of serious pollution in Beijing, 2013, Atmospheric Chemistry and Physics 14, 2887-2903, 2014.
- (3) 鶴野伊津志, 弓本桂也, 原由香里, 板橋秀一, 金谷有剛, 杉本伸夫, 大原利真, 何故 2013 年冬季の中国で PM<sub>2.5</sub> が高濃度になったか?, 大気環境学会誌 48, p. 274-280, 2013.
- (4) He N., K. Kawamura, K. Okuzawa, Y. Kanaya, and Z. F. Wang, Diurnal variations of total carbon, dicarboxylic acids, ketoacids and  $\alpha$ -dicarbonyls in aerosols in the northern vicinity of Beijing, Atmospheric Chemistry and Physics Discussions 13, 16699-16731, 2013.
- (5) VOCs は volatile organic compounds の略であり, 揮発性の有機化合物(有機ガス)を指す。身近な例を挙げればガソリンやシンナー, アルコールといった有機溶媒が蒸発しガス化したもの,あるいは森林で感じる森林・木の香り(テルペン類)である。
- (6) 加藤俊吾, 中嶋吉弘, 梶井 克純, O<sub>x</sub> 生成に関わる未計測 VOC について, 大気環境学会誌 47, p.A2-A5, 2012.
- (7) 通常は, 分子や原子の質量として分子量や原子量が用いられる。一般に, 分子や原子には質量の異なる同位体が存在しているため(下の炭素の例を参照), 同位体の存在比を考慮した平均の物質の質量が分子量や原子量となる。一方, 質量分析においては, 同位体はそれぞれ質量(正確には  $m/z$ )の異なるイオンとして検出される。実際の質量分析測定においては, 天然存在比からも分かるように, 最も寄与比の高い同位体のイオンが最も強く検出される。本稿では簡単のために, 実際の質量分析で最も大きなイオンピークが検出される「存在量が最も多い同位体の質量: モノアイソトピック質量」を平均分子量の代わりに示してある。

炭素(C)

同位体: 12.0000 と 13.0000 の原子質量を持つ 2 つ

天然存在比: 100 : 1.08

原子量: 12.0107±0.0008 (同位体の存在比を考慮した平均の質量)

モノアイソトピック質量: 12.0000 (最大存在比を持つ同位体の質量)

- (8) H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>イオンは, 化学分析・実験などにおいて化学反応を意図的に起こす試薬のように用いられるため, 一般に“試薬イオン”と呼ばれる。

- (9) 質量分解能は、質量分析計がどれだけ近接した2つのイオンピークを分離して検出できるか指標であり(図3), 2つのイオンがやっと区別できる条件での、2つのイオンの質量の違い( $\Delta m$ )とイオンの質量( $m$ )との比 $m/\Delta m$ で定義される。質量分解能が高ければ高いほど、質量の近いイオンを分離して検出できる。たとえば  $m/z$  99.9 と 100 のイオンをやっと区別できる場合には質量分解能は  $100/0.1 = 1000$ 。  $m/z$  99 と 100 のイオンをやっと区別できる場合に質量分解能は  $100/1 = 100$  となる。一般に質量分解能 4000 以上を持つ質量分析計を“高分解能”質量分析計, また質量分解能 10000 ~ 50000 以上を持つ質量分析計を“超高分解能”質量分析計と呼ぶ。

## 世界小規模金採掘の実態並びに水銀ゼロ（Zero Mercury）を目指す実践研究への展望

姉崎正治\*，三好恵真子\*\*

### 1．はじめに

2013年10月，国連 UNEP は約 140 力国・地域の政府関係者の他，国際機関，NGO 等，1000 人以上が出席する中，「水銀条約（水銀に関する水俣条約）」が全会一致で採択され，92 力国（含む EU）が署名した[環境省，2013]。この UNEP の水銀条約の理念に至るまでの長い間，水銀はその科学的性質が工業的に有用であったため，工業用資材として多くの分野で汎用されてきた。

図 1 [Hylander, 2005] は，歴史的変遷における中世以降の水銀の消費量の推移を示したものである。産業革命以降の重化学工業時代の年間使用量は，約 1 万トンで

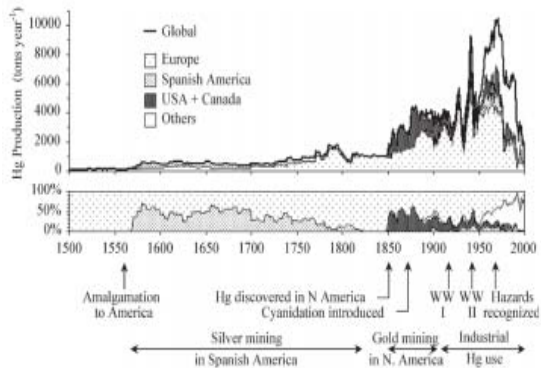


図 1 16 世紀以降の水銀消費量の推移

\* 大阪大学・人間科学研究科 DC

\*\* 大阪大学・人間科学研究科

あるが、1956年に水俣病が公式に確認されたことによって、国際的に水銀使用を抑制する対策が取られ、今日に至っている。しかし、現在なお年間約2000トン近い人為的消費が行われている。しかも、その約37%が本研究で着目する小規模金採掘（ASGM; Artificial Small-scale and Gold Mining）からの排出となっている（図2）[環境省，2014]

この度の水銀条約は、水銀が人の健康や環境に与えるリスクを低減するための包括的な規制を定める条約であり、その理念は水銀ゼロ「Zero Mercury」[UNEP, 2014]にある。また、小規模採掘（ASGM）に関しては、第7条に規定があり、主に次の二項になる。

i) 国内のASGMがわずか

でない（more than insignificant）と判断する締結国は、国家行動計画を策定・実施すると共に、3年ごとにレビューを実施する。

ii) 国家行動計画に含まれるべき事項（付属書C）として、以下が挙げられる。

- ・ 目的と削減目標
- ・ 廃絶に向けた行動
- ・ 基礎（ベースライン）となる水銀の使用量の推定値
- ・ 排出削減や貿易管理、高感受性集団の保護のための方策等

つまり、概して、現状を容認するものの、水銀使用量を暫時減少させていく行動が要求されている。

また、水銀の供給源と貿易については、第3条に以下の点が条文化された。

i) 新規の水銀鉱山開発は条約発効後生産を禁止、既存の鉱山も発効後15

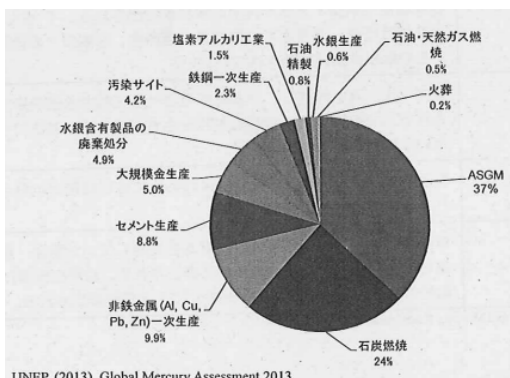


図2 水銀排出量 1960 トン (2010) のインベントリー区分

年以内に閉山する。

ii) 水銀の輸出入に関しても、厳しい制限が課せられる。

しかし重要な点は、小規模金採掘 (ASGM) に限定して、水銀の使用が禁止されていないことである。それは貧困層の地域社会の持続性に配慮する利用を意図している。しかし、長期的視点に立てば水銀の供給が減少していくことになるので、その影響を受ける前に ASGM 現場における水銀使用を削減することと、その間の健康被害を最小限にしていく努力が国際社会に課せられていると言えよう。

したがって、本研究が着目するのが、ASGM 現場における Zero Mercury への展望である。これは UNEP 水銀条約の理念に沿うものであり、さらには世界の知恵を結集しなければならない課題であると位置づけられる。つまり、包括的な改善を目指しながら、出来るところから Zero Mercury を実現し、拡散していくことが実践として求められている。同時にそれらが地域社会の持続性を創造する方向で展開することが望まれている。

## 2 . 研究目的と対象地域

本研究は、水銀条約に鑑み、水銀ゼロ「Zero Mercury」を目指すための実践への検討を視座に置いている。よって、最初のステップとして、Zero Mercury の成功事例の分析から水銀削減や環境汚染の抑制に効果的な新プロセスを抽出し、まず実践可能な対象地域を選択することである。ここでは、水銀使用量の少ない ASGM 途上国における状況から順次分析してゆくが、ひいては、最大の水銀使用量と直接従事者数を抱える中国<sup>(1)</sup>における課題改善までを展望してゆくことが望まれる。

現在世界の小規模金採掘現場の分布 (図 3) [環境省, 2014] 及び、小規模金採掘で消費している水銀量 (図 4) [水銀に関する水俣条約の国内対応委員会, 2014] に鑑み、本研究では、2005 年から 2010 年にかけて特に水銀使

用が急増しているアフリカ地域に着目した。

他方、小規模金採掘の直接従事者（miner と呼ばれている）は、世界の合計で約 1300 万人、その内アフリカの合計が 300～350 万人といわれている<sup>(2)</sup>（表 1）<sup>(3)</sup> [佐藤，2003]。さらに、もう一つ重要な事柄として、直接従事者以外に家族を含めて、約 10 倍の地域住民が金採掘に依存した生活をしているという点である。

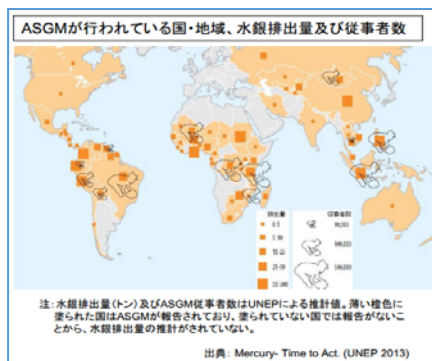


図 3 世界の小規模金採掘国の分布（2013）

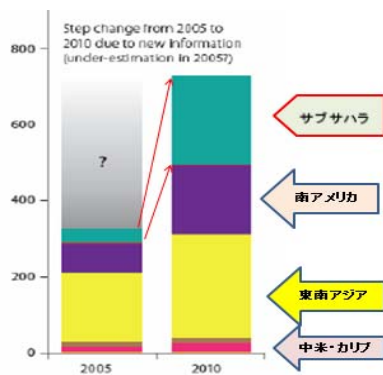


図 4 水銀の消費地域の変化（文献 3 に加筆）

国	直接雇用者数(人)
中国	430万
インド	100～110万
インドネシア	30～50万
バブアニューギニア	1.5～2.0万
フィリピン	20万
タイ	2.15万
ベトナム	3.5～4.5万
世界合計	1,300万人

内、女性450万人  
子供60万人

表 1 主要な ASGM 国の直接雇用者数

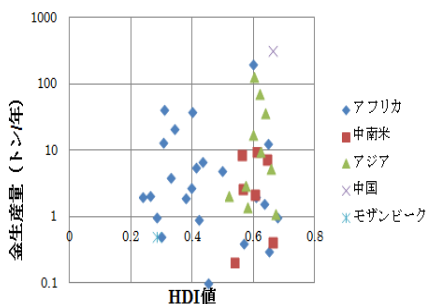


図 5 人間開発指数（HDI）が低い国の HDI と金生産量の関係（筆者作）

図 5 に、人間開発指数 (HDI) と金生産量との関係性 [ UNEP, 2011 ] を図示した。

アフリカ地域では、HDI が全体に低い中で金生産量のばらつきが大きい。その中で、東アフリカのモザンビークが金生産量と HDI において最も低い値を示すことが分かった。一方アジア地域においては、中国は HDI が最も高く、かつ金生産量も圧倒的に多いことが分かった。

地質学的な観点からは、南アフリカ近隣諸国の金鉱床は、古い楕状地層周辺の鉱脈型金鉱床 [ 地学団体研究会, 2002 ] に関連しており、隣国であるジンバブエやモザンビークでは、近年開発が進み ASGM が急増する可能性あると考えられる。

本研究では、まず、モザンビークを起点として、Zero Mercury への実践的展望を基礎研究の成果も踏まえて検討した結果を報告する。モザンビークに関しては、2002 年に鉱山法が改正され、小規模金採掘に関して行政側の管理と支援機構が構築され、「採掘パス」の発給と資金援助を行っている等、行政の取り組みが進んでいる [ Dondeyne, 2009 ; ( 独 ) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 2012 ; 細井, 2014 ; Hilson, 2014 ] 上に、実態を知る上での情報量が比較的多いことも選択の理由である。

Zero Mercury への取り組みにおいて、本研究の特徴は、採掘後の破砕工程に乾式破砕プロセスを適用することと、汚染されている土壌の修復に関する対策をも兼ね備えている点にある。

さらに、グローバルに視野を広げた場合、本研究の展望には、中国における小規模金採掘の問題の解決も射程に置いて工夫することが求められると考えている。

### 3 . Zero Mercury に向けた乾式プロセスの考案

#### 1 ) 一般的な金抽出方法

一般に、小規模金採掘現場の従来の流れは、鉱脈情報の入手から始まる。そして、水銀を使用する場合は、次の工程を経てから、粗金、金鉱物<sup>(4)</sup>を得て、売買している。写真1は一般的な砂金製錬の工程の一部である。全体の流れの概略は以下ようになる [ 貴田,2012 ]



写真1 小規模金採掘現場で水銀使用の一般的な作業工程

採掘 + 廃鉱石 ⇒ 粗破碎 ⇒ 微粉碎 ⇒ 選鉱 (水洗選鉱、振動篩、遠心分離等々) ⇒ (含金) 重量物 + 水銀 (panning) ⇒ 水洗 ⇒ アマルガム分離 (選鉱) + 鉱泥 ⇒ アマルガム加熱 ⇒ 金 + 水銀蒸気 (大気放散) ⇒ 金回収 ⇒ 再溶解 ⇒ 金地金 ~ 純金

これらの工程の中で、微粉碎工程以降はほとんどが湿式処理であり、家族ないしは小集団で行っている。

環境や健康上の問題としては、以下の5点が考えられる。

(1) 動かされる全物質量は関与総括物質総量 (TMR; Total Material Requirement) と言われ、金の場合は約2万倍になることから、金1g当たり2~3トンの廃鉱石と大量の泥水が発生すること、およびアマルガムの選鉱時には泥水に水銀が懸濁して逸散することである。

(2) 大量の水が必要である。そして、泥水の排出もさることながら、乾燥するためにはエネルギーと表面積が必要である。

(3) 水銀と金を反応させる工程 (panning)、およびアマルガムをバーナー等で分解する工程では、直接作業者の身近な場所から大量の水銀ガスが発生し、それを吸引することになる。

(4) 概して、ASGM地域の大気中水銀濃度が高く、低濃度の長期間曝露を



受けることになる。さらに、この水銀が自然界で有機化する可能性があり、メチル水銀中毒（水俣病）が懸念されている。

(5) 近年、アマルガム分離工程後の鉱泥や採掘後の廃鉱石中の金を回収する目的で、青化液を使って金を抽出する化学的抽出法が行われるようになり、猛毒なシアン化水銀の影響が懸念されるようになった。

## 2) Zero Mercury へ向けた取り組みの成功事例

Zero Mercury に向けた各種の試み [ UNEP,2011 ] は何件かあるが、その中の一つとして、モザンビークの個人企業 ( Clean Tech mine 社 ) が水銀を使わずに 89 ~ 93 % 純度の製品金の生産に成功している事例がある [ Drace,2012 ]。この場合の鍵となる技術はボールミルに ( 左 C ) よる粉碎と遠心分離機 ( 左 D ) による選鉱および金含有重量物の乾燥と磁選 ( 右 C ) である。採石量は 1 ~ 2 トン/日とされており、TMR バランスから想定すると金の回収量は 1g/日以下ということになる。まさに家族労働そのものである。

写真 2 は Clean Tech Mine 社の作業の要所を示している [ Drace,2012 ]。同社は水銀を使わないことによって、廃鉱石や尾鉱を備蓄する傍ら、建材等に活用している。

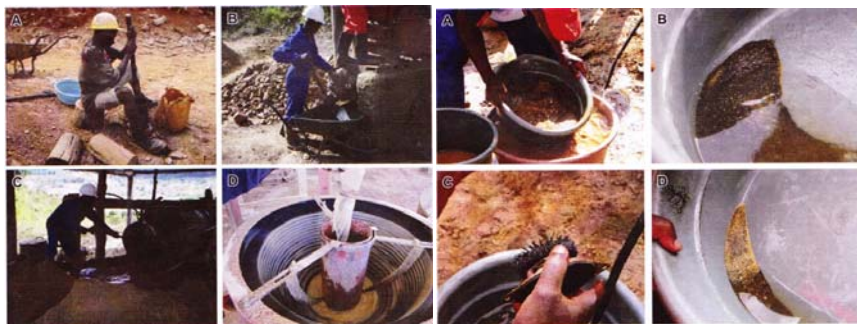


写真 2 Clean Tech Mine 社の Zero Mercury Process の作業

## 3) 本研究における実践への検討

本研究では、上述の環境や健康上の課題解決の一つの視点として、水の浪

費と汚泥の発生を抑制するため、水を使わない乾式プロセスにすることで。同時に地域社会における破碎工程以降の共同化を視野に、破碎能力を5～20トン/時（金収量2～10g）程度の規模を想定して工程を組み立てた。図6はそのプロセスの粗案である。ここで鍵となる点は、以下の4点である。

(1) 原料鉱石を粗破碎で10mm以下にした後、乾式の砕砂製造機で細骨材を作り、乾式振動篩機で軽量物、中級重量物、重量物に分離した後、重量物のみ磁選後、湿式処理をして金を濃縮し取り出す。この部分は前述のClean Tech Mine社と同様である。

(2) あるいは最終の湿式処理の前に、ホウ素系のフラックスを使う新製錬法であり、脈石部分と金を分離することも可能である [UNEP, 2011]

(3) 軽量物と中重量物は再資源化のために備蓄するか、建材や細骨材としてもそのまま利用できる。

(4) 中級重量物には、金が残留していることも考えられるので、手持ちの微粉碎機か、高速回転ミルによる微粉碎化を経て、重量物と同様の金回収処理に乗せることも考えられる。

しかしこの方法の弱点は、破碎工程における粉塵の発生と予想している。そのために、本研究が注目している特殊粉碎機<sup>(5)</sup> [晃立工業㈱, 2014]を導入する意味があると考えている。この破碎機は珪石からコンクリート用細骨材を製造する破碎機（生産規模～20トン/時）として開発されたものである。加えて粉塵発生を抑制する機構を内蔵している。

また、設備投資の負担を軽減するために共同化は欠かせないと考えている。次に、その規模を推定するため、モザンビーク鉱業法施行規則第58条の「小規模な鉱山業」の定義 [(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 2012]を

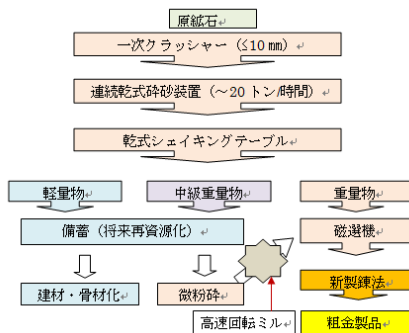


図6 粗金抽出のZero Mercury型乾式プロセス（筆者作）

基準に考えることとした。この条項はアフリカ地域の実態を知る上で有用である。それによると、主に沖積鉱床から鉱物資源を採掘する場合は、年間採取量が6万m<sup>3</sup>未満、非沖積鉱床から露天掘りで鉱物資源を採掘する場合は、年間採取量が2万m<sup>3</sup>未満、廃鉱や鉱滓から採取する場合や地表生産の場合は、年間採取量が1万m<sup>3</sup>未満、深度20m超の地下作業や、長さ10m超の坑道内での作業は行わない、毒性化学品ないしその他のいずれの試薬も使用しないとされている。

ここで～の数値から規模の上限を推定することが出来る。単純計算では、1鉱山主当たり、1万～6万m<sup>3</sup>は日産27.4～164.4m<sup>3</sup>(365日/年)、乾季のみとすればその1/2として、せいぜい10～40トン/日(180日/年)の規模に相当する。したがって上述の破砕機1機で～20トン/時の破砕能力があるので、鉱床形態の から に合わせて、破砕時間を調整することで、実現可能な共同化の集団規模が見えてくる。

本研究では本案に対する基礎実験を踏まえた上で、実用化の可能性を把握しなければならないと考えている。

## 4．水銀汚染土壌の修復に関する予備実験

小規模金採掘現場における、水銀の放散形態によって、低濃度であっても土壌汚染は広範囲にわたっていると予想される。そこで本研究では、先行研究にある各種の方法を次のように区分して評価を行った。

### 1) ファイトレメディエーション、バイオレメディエーション

低濃度の汚染で広範囲の場合には、一般にファイトレメディエーションやバイオレメディエーションが推奨される。しかし必要とする機能、機作はアキュムレーションにあるので、水銀を蓄積した植物や生物の後処理まで工程に組み入れる必要がある。さらに、水銀を効率よく蓄積させるためには遺伝子組み換え技術の応用[芳生他, 2002; 芳生, 2010]が不可欠で

あり、ASGM を対象とする場合、実用化までの道のりが長いと予想される。

## 2) 水銀を含む鉱泥や底泥の処理

これは金の含有量と総量によっては金回収を目的に新たな金回収プロセスとして成り立つ。この方式は、Clean Tech Mine の場合も、本研究の乾式プロセスの場合も、備蓄廃鉱石の製錬と同様な視点に立てば、検討するに値する。いずれの場合も回収される金の量と採算性に依存する。

## 3) セメント系固化材による固定法

一部の水銀濃厚土壌の処理の方法として、セメント系固化材による固定法も選択肢としてある。この方法は日本のセメント協会〔セメント協会 2003〕によって標準化されており、技術的には有効であるが、現地の土壌の性質(成分、酸性度、水分、気温等)と水銀含有量との関係性を基礎的に研究しておく必要がある。この方法によってカドミウム、鉛、ホウ素、フッ素、砒素等の固定にも有効であることが知られている〔セメント協会、2003〕。

以上の中で本研究では、3) のセメント系固化材による固定法について、水銀 1%濃度の模擬汚染土壌のコンクリート封じ込め実験を行った。各種条件の 5 検体を固化 1 年後に溶出試験を行った結果、溶出基準値(0.0005mg/L)以下の結果は得られなかった。なお日本の改正土壌汚染対策法〔(社)全国地質調査業協同連合会他,2011〕においては、第 2 種特定有害物質(重金属類)には含有量規制(水銀は 15mg/kg)もある。したがって日本の場合、有効性は確認されているものの、処理を実施するに当たっては事前のトータビリティ試験や、地盤の土質特性等の確認を行う等十分な配慮が必要であるとされている〔(独)日本学術振興会、2012〕

## 5. まとめと展望

世界的人為的水銀排出量の 37%を占める小規模金採掘における、Zero

Mercury に向けた取り組みは世界共通の課題として捉える必要がある。

本研究では、その一環として乾式の Zero Mercury プロセスを提案した。また、水銀汚染土壌の修復に向けてセメント系固化材の基礎実験も試みた。いずれも実用化までには綿密な基礎研究とパイロット試験が必要であることは自明である。

以上のように本研究は未だ構想段階であるにすぎない。しかし、有史以来水銀アマルガム法は利用し続けられてきた現状に鑑みると、その長い歴史の中で、水銀ゼロ「Zero Mercury」への研究は避けて通れない一つの通過点として捉えることができるのではないだろうか。

#### 注

- (1) 東南アジアの消費量の約半量は中国となっている。
- (2) 中国の小規模金採掘の直接従事者の場合は、約 430 万人であり、その大きさに注目しておかなければならない。
- (3) 表 1 には女性と子供の概数も併記した。
- (4) 日本の金管理法第 2 条では、i) 物理的方法のみで得た自然金を「粗金」(80～95%)、ii) 水銀法あるいは青化法で得たものおよび、iii) 水銀法と青化法を連結して得たものを「金鉱物」(95%以上 99.9%以下)という。その後の仕上げ精錬によって得られるものを「金地金」(99.9%以上)および「純金」(99.99%以上)と規定されている。
- (5) 晃立工業(株)が独自に開発機した碎砂製造機。

#### 参考文献

環境省(平成 25 年 9 月)「水銀に関する水俣条約の概要」。

環境省(参考資料)。

[http://www.env.go.jp/council/05shoken/y0512/ref05\\_3.pdf](http://www.env.go.jp/council/05shoken/y0512/ref05_3.pdf)

閲覧日 2014 年 12 月 8 日。

貴田晶子(2012 年 1 月 27 日)「我が国及び世界の水銀使用・排出状況」水銀条約に関する公開セミナー資料。

<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/seminar/kokusai/mat02.pdf>

閲覧日 2012 年 6 月 10 日。

晃立工業(株)「粉碎機・破砕機」。

<http://www.koritsu.com/html/refiner.html>

閲覧日 2014 年 11 月 9 日.

佐藤洋 (2003) 「国際的水銀汚染問題への対応に関する研究 - 有機水銀の健康影響に関する研究のレビュー」国立水俣某総合研究センター.

(社)全国地質調査業協会連合会, (協)地盤環境技術研究センター共編 (2011) 『土壌汚染調査技術管理者試験完全対策』

水銀に関する水俣条約の国内対応検討委員会 (参考資料) (2014 年 3 月), 「水銀に関する国内外の状況等について」,

[www.jwma-tokyo.or.jp/asp/info/html/pdf/20140530\\_AtmosphereDischargeMesuresMercury-01\\_reference01.pdf](http://www.jwma-tokyo.or.jp/asp/info/html/pdf/20140530_AtmosphereDischargeMesuresMercury-01_reference01.pdf)

閲覧日 2014 年 10 月 4 日.

セメント協会編 (2003) 『セメント系固化材による地番改良マニュアル (第 3 版)』.

地学団体研究会編 (2002) 『新版地学教育講座③岩石と地下資源』東海大学出版会, 158-163.

Dondeyne S. and Ndunguru E. et al (2009) Artisanal mining in central Mozambique - Policy and environmental issues of concern, *Resources Policy*, 34, 45-50.

(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2012) 「モザンビークの投資環境調査」.

(独)日本学術振興会, 重金属類と鉱物の相互作用に関するワーキンググループ編 (2012) 『重金属類汚染対策のための鉱物材料ガイドブック』(独)日本学術振興会 産学協力研究委員会, 鉱物新活用第 111 委員会, 星雲社.

Drace K., Kiefer A. M. et al (2012) Mercury free ASGM in Mozambique - Utilization of magnets to isolate gold at Clean Tech Mine, *J. of Cleaner Production*, 32, 88-95.

Hylander L.D. and Meili M. (2005) The Rise and Fall of Mercury: Converting a Resource to Refuse After 500 Years of Mining and Pollution. *Critical Reviews Environmental Science and Technology*, 34, 1-36.

Hilson G. (2014) Four Decades of support for artificial and small-scale mining in sub-Saharan Africa: A critical review, *The Extractive Industries and Society*, 1, 104-118.

芳生秀光, 清野正子 (2002) 「水銀汚染浄化のための新規バイオテクノロジー」, *Journal of Environmental Biotechnology*, Vol.2, No.2, 95-102.

芳生秀光 (2010) 「水銀耐性遺伝子の水銀浄化への利用」 *The Pharmaceutical Society of Japan*, 130, 1143-1156.

細井義隆 (2014) 『成長する資源大陸アフリカを掘り起こせ - 鉱業技術者が

説く資源開発のポテンシャルとビジネスチャンス』B&T ブックス日刊工業新聞社.

UNEP (2011) Environment for Development Perspectives: Mercury Use in ASGM, Division of Industry, Trade and Environment.

UNEP (2012) A Practical Guide-Reducing Mercury use in Artisanal and Small-scale Gold Mining.





# 生命が共有し得る価値とは何か ラスキンの固有価値論を基礎として

橘高彫斗\*

## 1. 研究の背景と目的

「固有価値」は、ジョン・ラスキン<sup>(1)</sup>が功利主義や古典派経済学における価値概念を補完もしくは代替するものとして提唱した価値概念であり、自然や芸術文化に内在する「美の観念」としての「生を支える絶対的な力」とであるとされる。つまり、固有価値の内在する自然を維持し、その美を芸術文化すなわちアートとして積極的に創造することで、本質的な「富」が増殖すると考える点が、ラスキンの価値概念の特徴である。

本報告は、固有価値概念の持つこうした特徴に着目し、現在なお異なる政治経済体制の併存する東アジアにおいて、それが人と生命が共有し得る価値としての可能性を持つことを、イマヌエル・カントおよびチャールズ・サンダース・パースの思想に依拠しながら検証を試みる論考である。構成として、まず東アジアにおける二つの政治経済体制を取り上げ、それらの「制度」を基礎付ける価値概念の限界とラスキンの固有価値概念の持つ可能性を確認する。次に、固有価値概念の具体的な内容について、既往研究やカントの価値思想に依拠しながら検討する。さらに、大気汚染という具体的な課題に焦点を当てながら、人と生命が共有し得る価値とは何かについてパースの記号

---

\* 大阪大学・人間科学研究科 DC

論を用いながら検討し、結論を導くこととする。

## 2. 自由民主主義体制は普遍的か

ヘーゲル哲学を自らの歴史理論構築へ巧みに応用したフランシス・フクヤマは、歴史をイデオロギーの弁証法であると見なし、ソ連崩壊を経て人類は自由民主主義こそが普遍的体制であることを見出したと示唆している。その上で歴史は、まさに最終局面に到達しているとの認識を示している [ Fukuyama, 1989 ]<sup>(2)</sup>。しかし世界には現在なお、社会主義体制を維持する国家が、近隣の自由民主主義体制の国家に対峙する形で併存している(図1)。東アジアの島弧の国に生きる者として、筆者がこの観点からすぐさま思い至るのは、体制を異にする対岸の大陸国家との間に生じている越境的な汚染の問題についてである。例えば、近年注目されている粒子状大気汚染物質のPM2.5は、肺胞への沈着による健康被害のリスクが大きく、また酸性雨の原因とも考えられているが、こうした大気を媒体とする汚染は、国境や体制の違いを容易に越えて隣国へ拡散する(図2)。

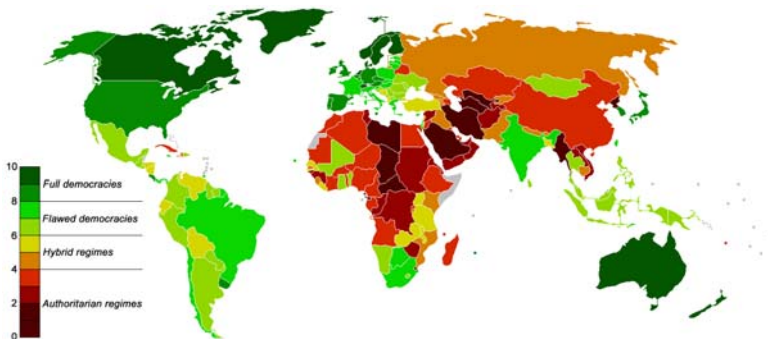


図1. Democracy Index 2010(Economist Intelligence Unit)

(緑色の地域ほど民主主義の度合いが高い)

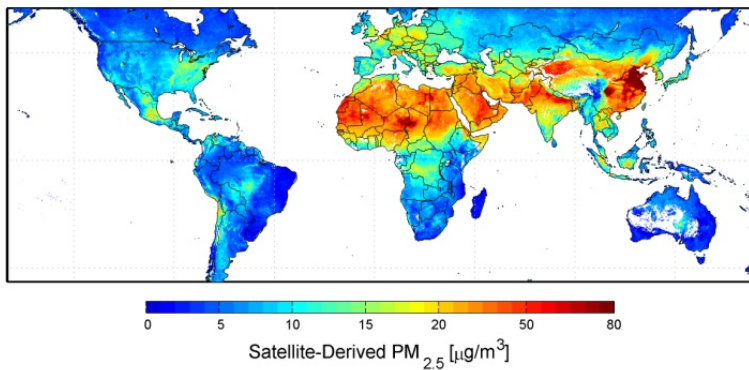


図 2. PM<sub>2.5</sub> 濃度の分布(2001 ~ 2007, NASA)

大陸を取り囲む「リムランド」と内陸の「ハートランド」が明瞭に対峙する東アジアにおいて、フクヤマの言う「イデオロギーの弁証法」は未だ最終段階に至っておらず、これが汚染対策の違いとして現れているとも考えられる。自由民主主義体制と社会主義体制の相違点は、やはり各々において主流派とされる経済学、すなわち新古典派とマルクス派の違いに依拠するのであり、それはまた、経済行動を理論化する上での「制度」観の違いに起因することは確かだろう。つまり、個人の効用最大化を消費行動の原理と見なすような制度と、行動すなわち労働の生み出す価値の分配を中央政府が管理するような制度との違いである。世界の趨勢として、後者より前者がより多く望まれているというのがフクヤマの主張である。

しかし筆者はここで、このフクヤマの主張を甘受し、社会主義体制に対する自由民主主義体制の優位性を擁護したい訳ではない。どのような「制度」が汚染への対処に適合的であるかという観点で見ると、いずれにおいても制度そのものの理論的な改良によって、汚染の把握と削減のメカニズムが既に同程度には組み込まれているはずである。それにもかかわらず汚染をコントロールできない状況が現れるということは、問題はより根本的なもの、

つまり制度を基礎付けている価値概念に関わるものと考えられるのである。この点については、従来、新制度派経済学の立場からの批判がある。例えばハーバート・サイモンは、新古典派で想定されている効用の合理的認識が、現実には不完全で限定されたもの、すなわち「限定合理性」であると指摘している [ Simon, 1947 ]

効用概念における合理性に関する批判は、確かに制度を見直す上で重要な視点を与えるが、効用価値説がはらむ問題というのはそうした点よりも、むしろマルクス派における労働価値説とは対照的に、価値というものを消費が引き起こす主観的で相対的な個人の感性ととらえ、財を単に観念論的な対象として扱う点にあると筆者は考える。他方、労働価値説にも問題と言える側面があり、それは価値というものを労働とそれが生み出す財に帰属する絶対的なものととらえながらも、効用価値説におけるような価値の受容から引き起こされる個人の感性や生の喜びといったものが全く考慮されていない点にある。

こうした互いに対照的な特徴を有する両価値概念から筆者が想起するのは、功利主義的な効用価値説と古典派経済学における労働価値説を補完もしくは代替する価値概念としてジョン・ラスキンが提唱した「固有価値」の概念である。これは、現代の視点から見れば、新古典派とマルクス派の特徴を合わせ持つ第三の価値概念の方向性を示すものであり、さらには人間のみならず生物すべてが共有し得るエコロジー思想的な可能性も秘めた価値概念であると筆者は理解している。かつて、ラスキンの著書『この最後の者にも』に触発されたマハトマ・ガンディーは、イギリスによるインドの支配に対してアヒンサー（非暴力）による抵抗を行ない、またヒンドゥー教徒とイスラム教徒との融合も目指すなど、アジアにおける様々な対立を超えようと模索したのであるが、その根底には、いわば本論が想定する思想の先駆とも言える、固有価値概念に基づく生命平等の思想があったことを付言しておきたい。

### 3 . 効用と労働をつなぐ固有価値概念

固有価値概念に関しては、その認識における人間の美的反応が美の観念を受容する心的プロセスとされている点や、このプロセスを指す「テオリア」ないし「構想的能力」という言葉がアリストテレスからの引用であり、さらにキリスト教社会に適用可能なものと見なされている点などが指摘されている [Hewison, 1976, Carroll, 1995]。また、固有価値が美学的、精神的、社会的、歴史的、象徴的、本物としての価値といった特徴を有する文化的価値の概念に包摂されながらも、功利主義を起源とする相対主義的な経済的価値とは異質な概念であること、固有価値が内在する芸術を創造する労働はそれ自体が労働者にとっての効用であり、効用自体も教育により変容し得るなどの指摘もある [Throsby, 2001, Holden, 2004, Hewison and Holden, 2004, 池上, 2000, 寺西, 2000 など]。

固有価値を文化的価値に包摂し、経済的価値と対比させる見解は文化経済学に特有の観点であるが、両価値概念の違いは、こうした文化的視点でのみ説明されるものではないと筆者は認識している。固有価値が経済的価値と異なるのは、それが財そのものに備わる属性とされるのに対して、経済的価値すなわち効用は財の消費によって得られる主観的な感性とされる点にある。これは言い換えるならば、固有価値においては価値の内在する財が実在的なものと見なされ、他方、経済的価値では財が単に観念論的な対象と見なされているということである。価値が実在的であるということは、すなわち価値を絶対的で不変的なものと想定し得ること、それ故に既存のイデオロギーの違いを超えて、多くの人により、あるいは人間のみならず生物すべてを含めて、その価値が共有される可能性が開かれているということである。

こうした価値は一言で表すならば、池上 [2000] が指摘するように、人の生に喜びを与える「アメニティ」であると言えるだろう。具体的には、生活の中に導入された芸術や、生活を取り巻く大気、土地などの自然環境を指す。そして、これらの固有価値が工芸品や日用品などの消費財に移転することで市場取引の対象となり、功利主義的な効用と関係を持つに至る。同時に、固

有価値を財に移転させる芸術的な創造行為は、それ自体が生への喜びとしての効用を伴う労働であり、ここに効用と労働が結び付くのである。こうして地上に蓄積される「本質的に価値のある物」こそが「富」であり、ラスキンは『芸術経済論』においてそれをまさに「蓄積」(accumulation)と表現したのである。Throsby[ 2011 ]は、この蓄積の概念を現代の経済学における資本( capital )に相当するものと解釈し、それが過去世代から現在世代に譲り渡された文化的資産であり、現在世代はその保全に尽くすことを要請されると指摘している。ここで、ラスキン自身の言葉により、『ムネラ・ブルウェリス』において示された固有価値の定義を見ておこう。

固有価値とは、任意の物の持つ、生を支える絶対的な力である。一定の品質・重量の一束の小麦は、その中に人体の実質を保持する一つの計量可能な力を持ち、一立方フィートの清浄な空気は、人間の体温を保持する一つの固定した力を、また一定の美しさの一群の草花は、五感および心情を鼓舞し活気付ける一つの固定した力を持っている。人々が小麦なり空気なり草花なりを拒もうと軽蔑しようとするのはこれらのものの固有価値に少しも影響するものではない。使用されるかどうかに関わりなく、それら自身の力がその内に存して、この独自の力は他のどんなものの中にも存しはしない。[ Ruskin, 1872=1958 ]

富に内在するこうした固有価値は、しかし人間の側にそれを受け入れる健全な状態、すなわち「受容能力」が準備されていなければ価値としての実効性を持たないとラスキンは述べている。受容能力は固有価値を顕在化させる、いわば認識のフィルターのような機能を持つのであるが、これは Hewison [ 1976 ] の指摘にある心的プロセスであると同時に、ラスキンが提示するところの「モラル的網膜」とも言える [ Ruskin, 1846=2003 ] 筆者はこれを、ある種の透過膜と見なしてモデル化し「受容膜」と呼んでいる。それはつまり、池上 [ 2000 ] が指摘するように、消費者の欲求を教育によって芸術的な選択能力にまで高めることを想定した効用であり、需要が将来的に変化し得るといふ論拠を市場に持ち込むことになる。ラスキンは『この最後の者にも』において、「通常の経済学者は需要という言葉で『売られたもの

の数量』を意味しているが、私はそれで『買手の買おうとする有効な志向の強さ』を意味するのである」と述べている [ Ruskin, 1860=2008 ]。この「有効な志向の強さ」こそは、効用が心理的関数に依存することから生じる需要の自由度であり、ここに受容能力の介入する余地があると考えられる。こうして、「固有価値と受容能力が相伴う場合には、『実効的』価値、つまり富が存する」とされるのである。

このように見てくると、効用価値説と労働価値説は、価値概念の本来の領域、すなわちカントが言うところの「自然法則」の無目的性と「道徳法則」の目的性が重なり合う中間的な「自然目的」の領域からは、やや逸脱していることがうかがわれる [ Kant, 1790=1964 ]。『判断力批判』でカントが述べているように、価値の認識においては、自然における生命システムの「有機的存在者」や芸術文化の美的「対象」など、あたかもそれら自体が目的性にしたがっているかのように見なされ得る「合目的性」のもたらす快不快や美的妥当性、生命システムの特異性や全体性といった目的論的格律が価値判断の根拠とされる。カントは、「自然美を形式的（単なる主観的）合目的性の概念の現示と見なし、また自然目的を実在的（客観的）合目的性の概念の現示と見なしてよい」としている [ Kant, 1790=1964 ]。

こうしたことから、効用価値説と労働価値説における価値判断は、むしろそれと重なり合う領域としての自然法則的な認識と道徳法則的な立法という二つの方向性を極端に強調した姿だと言えそうである。カントによれば、「ある」か「ない」かの存在論的な命題は常にアンチノミーを生じる危険性をはらんでいるが、これは存在が確定できないのではなく、存在を対象とする認識が主観的であることによるとされる。主観とは、感性の形式による直観であり、対象はこの主観にしたがう形でのみ現象する。つまり、認識できるのは現象( センステータ )であって物自体は認識できない。効用価値説は、まさにこの感性的な主観を根拠とする価値概念であり、財は単なる観念論的な対象としてのみ現象するのである。他方、労働価値説における労働とそれが生み出す財は、何らかの前提が「ある」ならば「すべし」というような対象を手段とする条件付きの仮言命法ではなく、前提なしに「すべし」と言い

切るような対象そのものを目的とする定言命法によって根拠付けられた、超感性すなわち理性により認識される絶対的な目的としての価値概念であることは明らかである。

以上に対してラスキンの固有価値概念は、「生を支える」という前提が示すように、生命システムや美的対象の持つ合目的性を根拠とするカント的な本来の価値概念の領域に合致するものと言えるだろう。しかし他方で、それが「絶対的な力」とされている点は、カントにおける価値概念と決定的に異なる点である。

#### 4 . 生命が共有し得る価値としての大気

ここで大気汚染というものを、カント的な価値判断の対象としてとらえてみることにしよう。汚染された大気は、多くの人にとって心理的な不快感を抱かせる対象であることは確かであり、したがって汚染と不快との関係は、いずれ心理的法則ないし生理的法則として普遍的に妥当するものと見なされるだろう。そこに残されているのは最早カントの言う価値判断ではなく、効用価値説と同様の観念論的な自然法則の認識であると言える。つまり、汚染は単なる不快の対象としてのみ認識され、汚染を避けることはあっても積極的に削減する動機は生じない。他方、大気汚染という現象が、前提なしに肯定もしくは否定される定言命法の形によって、絶対的な目的と見なされる場合があるかも知れない。これを労働価値説の立場から考えると、仮に大気が労働によって生み出される財であるならば、汚染と労働とのつながりも見出され、ある種の道徳法則が立法される可能性はあるだろう。しかし実際には、大気が自然現象である以上、そうしたことは起こらない。

このように、カントの立場から価値判断をとらえて行くと、いずれは自然法則的な効用価値説か道徳法則的な労働価値説のどちらかに偏った認識に至る。これは、カントにおける価値判断があくまでも観念論的な対象についてのものであり、価値とは何かという価値そのものの絶対的な実在性、すなわちパースが言うところの「一般性」が明らかでないことによると考えられ



る [ Peirce, 1968=1980 ] この場合の一般性とは、合目的性を単なる価値判断の根拠と見なすことなく、生命自身にとって現実の目的となすような確定的な実在性である。パースの実在論的な認識論においては、対象が自然法則であれ道徳法則であれ、あるいは価値であれ、その推論過程が「科学的論理」であるならば、対象の実在性を認識できるとされる。パースは、カント的な自己と対象のみの関係性を「二項関係」と呼び、これに一般性の項を加えた関係性を「三項関係」と呼んだ [ Peirce, 1935=1985 ] 三項関係を経ることにより、合目的性という仮説的な前提が一般性を有すると人々に認められれば、最早それは価値判断の根拠ではなく、価値的な実在を認識する記号過程そのものと見なして差支えなくなる。

パースによれば、実在は人間の認識に関わりなく、それが「在る通りに在る」のであるが、それ故にまた人間の意識現象に外部から強制的に作用し、認識を修正する。「記号の一つ一つがその後に来るものを表意するというふうが続くような記号過程の限りない連鎖は、その極限に絶対的对象を有するものと考えてよいであろう」とパースは述べている [ Peirce, 1935=1985 ] 実在は、その真の在り方に関する様々な意見の対象であり、共同社会において最終的に意見の一致をもたらすものである。パースは次のように述べている。

実在の事実が存在する、そしてそれらの実在の性質はそれらについてのわれわれの見解には全く依存しない。それらの実在の事実は規則正しい法則にしたがってわれわれの感覚に作用する。われわれの感覚はわれわれと対象の関係に応じて異なるけれども、しかしわれわれは知覚の法則を利用して、事物の真実の在り方を合理的思惟によって確かめることができる。そしてどんな人間でも、かれが実在について十分経験を有し、それについて十分熟慮するならば、一つの真なる結論に到達するであろう。 [ Peirce, 1935=1980 ]

他の生物も同様にこうした記号過程を有しているかどうかは定かでないが、生物の生存がまさに合目的的であることから類推して、同様の記号過程により自らの「生を支える絶対的な力」、すなわち固有価値を受容していると見なすことはできるだろう。大気とは、あらゆる生命がその種に固有のプロセスを経て自ら作り出す生存基盤、すなわち「環世界」であり<sup>(3)</sup>、それこそが生命が共有し得る価値であると言える。しかし、マックス・シェーラー

も指摘しているように、人間は他の生物と異なり、環世界に埋没した状態から解放され、環世界自体を再帰的に認識しており [ Scheler, 1949=2012 ], さらにそれを相対化したアートとして二次的な環世界を創造していると考えられる。固有価値が自然と共に芸術文化にも内在するとされる所以である。

したがって、人間にとっての大気は、他の生物と共有する環世界としての価値的な実在であると共に、その環世界における人間と大気の適合的な関係性をもたらす美の観念であると言える。ラスキンは『近代画家論』第2巻で、自然の美のタイプとして、無限性、統合性、休らい、左右対称性、純粋性、節度の6種類を挙げているが、これらはそのまま人間の受容能力すなわちテオリアの質に依存する [ Ruskin, 1846=2003 ]。つまり大気汚染とは、自然における美のタイプの持つ安定性の崩れであると同時に、それが人間自身のモラル的な受容能力の低下や「墮落」に直接結びついた現象なのである。『フォルス・クラヴィゲラ』の1871年5月号において、ラスキンは以下のように述べている。

空気は、あなた方の生き方や死に方に応じて、いくらでも汚染させることができる。あなた方全員を破滅に追い込むような悪疫をこの地上にもたすことすら、あなた方にとっては容易いのである。……他方で、腐敗した物質を適切にかつ迅速に処理し、有害な工業生産を絶対的に禁止し、地上と大気を浄化し、それらに活力を与えるような木々をあらゆる土地に植えることで、汚染された空気を基に戻す力をもあなた方は文字通り無限に持っているのである。 [ Ruskin, 1871 ]

こうした、生物の環世界と人間特有の二次的な環世界とのつながりについて、筆者はここで、以下のような生物の光エネルギー受容機構に関わる記号過程の発展史として説明を試みることにする。今から約25億年前の先カンブリア時代、始生代から原生代への移行期に、シアノバクテリアやミトコンドリアなど原核生物の一部が共生し、真核生物が誕生した。すなわち、存在そのものとしての自己言及的な一項関係から、自己と対象の二項関係への移行である。これにより、一つの細胞内でクロロフィルaによる光合成やロドプシンによるATP合成など光エネルギーの利用形態が定まり、いわばパッケージとしての生存方法の選好と志向性が獲得されたと言える。

次に、約5億年前の古生代、カンブリア紀となり、「眼」が発生する。網膜中のロドプシンなど受容器による光エネルギーの受容を経て、知覚記号の解釈、解釈に基づいた作動器による視覚世界の環世界化といった「機能環」が獲得される（図3右）<sup>(4)</sup>。光エネルギーの化身としての食物と自己との関係性を、一般的連続的な視覚世界の中で確定的に解釈する三項関係の出現である。走光性や識別能力など、解釈の確定に確率的な過程が含まれる。

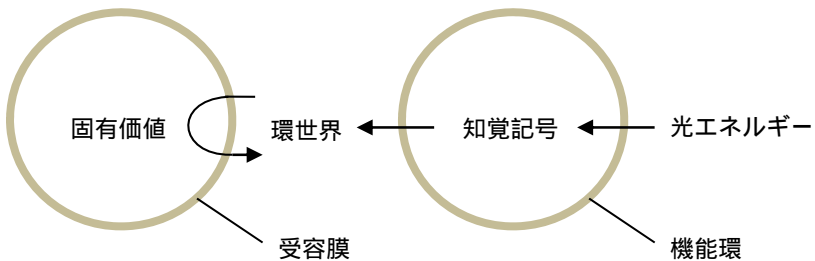


図3. 受容膜モデル（左）と機能環（右）

そして約4万年前、新生代第四紀、更新世後期となり、受容能力の心的プロセスである「受容膜」が発生する。これは、それまで視覚的な環世界に没入していたホモサピエンスが、環世界そのものを対象化することによりそこから解放され、自己と他の生物を含めた環世界のネットワークを超越的に俯瞰する新たな視覚を獲得したものと言える。これにより、洞窟壁画など芸術文化的な創造行為が始まった。環世界そのものの合目的な固有価値を受容し、さらにアートとして二次的な環世界を創造する、人間特有のメタ三項関係の出現である（図3左）。

## 5 . 結論

本論では、ジョン・ラスキンが功利主義や古典派経済学における価値概念

を補完もしくは代替するものとして提唱した固有価値の概念に着目し、それが、現在なお異なる政治経済体制の併存する東アジアにおいて人と生命が共有し得る価値としての可能性を持つことを、イマヌエル・カントおよびチャールズ・サンダース・パースの思想に依拠しながら検討した。

以上の考察から、人間を含めた生物は、価値の一般性を考慮する三項関係的な記号過程により価値的実在としての環世界、すなわち固有価値を認識しており、さらに人間はその環世界自体を対象化し、アートとして二次的な環世界を創造しているという記号論的な解釈が可能であることを確認した。こうした解釈により、固有価値概念を基礎とする、生命が共有し得る価値の可能性を示すことができた。

#### 注

- (1) ジョン・ラスキン（1819～1900）はイギリスのヴィクトリア時代に活躍した美術評論家、思想家であり、『近代画家論』でターナー作品の評論を開始した後、『この最後の者にも』や『ムネラ・プルウェリス』などを通じて経済社会批評にも力を注いだ。
- (2) フクヤマの議論に対しては、冷戦後も文明の衝突による対立が生ずるとするサミュエル・P・ハンチントンによる反論 [Huntington, 1996]、さらにハンチントンに対する、歴史と対立の起源は家族制度の違いにあるとするエマニュエル・トッドによる再反論がある [Todd, 1990 など]。また、かつてH・J・マッキンダーは、デモクラシーが世界へ拡大する上では大陸の「心臓地帯」(ハートランド)の覇権をめぐって海洋国家のシーパワーと大陸国家のランドパワーが対立すると述べており、ソ連成立後の歴史を予想していたと言える [Mackinder, 1919]。
- (3) 環世界はヤーコプ・フォン・ユクスキュルにより提唱された生物主体の記号過程が作り出す知覚世界のことであり、生態学的ニッチに近い概念である [Uexküll, 1934=2008]。
- (4) 機能環は生物主体が環世界を生成するプロセスであり、前出のユクスキュルにより定義された [Uexküll, 1934=2008]。

#### 参考文献

Carroll, D., "Pollution Defilement and the Art of Decomposition", *Ruskin and Environment The Storm-Cloud of the Nineteenth Century*, ed. by Wheeler, M.,

- Manchester University Press, 1995.
- Fukuyama, F., “The End of History?”, *The National Interest*, Summer, 1989.
- Hewison, R., *John Ruskin the argument of the eye*, Princeton University Press, 1976.
- Hewison, R., “No Wealth but Life: Ruskin and Cultural Value”, *Mikimoto Memorial Ruskin Lecture*, 18 November, 2010.
- Hewison, R. and J. Holden, *Challenge and Change: The Heritage Lottery Fund and Cultural Value*, London: Demos, 2004.
- Holden, J., *Capturing Cultural Value: How Culture Has Become a Tool of Government Policy*, London: Demos, 2004.
- Huntington, S. P., *The Clash of Civilizations and the Remaking of World Order*, Simon & Schuster, 1996.
- Kant, I., *Kritik der Urteilskraft*, 1790 [ 1914 ] . (篠田英雄訳 『判断力批判』岩波書店, 1964 年.)
- Mackinder, H. J., *Democratic Ideals and Reality: A Study in the Politics of Reconstruction*, Constable, 1919. (曾村保信訳 『マッキンダーの地政学 デモクラシーの理想と現実』原書房, 2008 年.)
- Peirce, C. S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vol.1*, ed. by Charles Hartshorne and Paul Weiss, Harvard University, 1935. (米盛裕二訳 『パース著作集 1 現象学』勁草書房, 1985.)
- Peirce, C. S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vol.5*, ed. by Charles Hartshorne and Paul Weiss, Harvard University, 1935. (上山春平訳 「探求の方法」上山春平編 『パース・ジェイムズ・デューイ』世界の名著 59, 中央公論社, 1980 年.)
- Peirce, C. S., “Some Consequences of Four Incapacities”, *Journal of Speculative Philosophy*, 1868. (山下正男訳 「人間記号論の試み」上山春平編 『パース・ジェイムズ・デューイ』世界の名著 59, 中央公論社, 1980 年.)
- Ruskin, J., *Fors Clavigera: Letter to the Workman and Labourers of Great Britain Vol. 1*, John Wiley & Sons, May 1871 [ 1886 ] .
- Ruskin, J., *Modern Painters Vol. 1*, Smith, Elder and Co., 1864. (内藤史朗訳 『構想力の芸術思想(近代画家論・原理編 1)』法蔵館, 2003 年.)
- Ruskin, J., *Munera Pulveris: Six Essays on the Elements of Political Economy*, J. Wiley, 1872. (木村正身訳 『ムネラ・ブルウェリス』関書院, 1958 年.)
- Ruskin, J., *Unto This Last: Four Essays on the First Principles of Political Economy*, Cornhill Magazine, 1860. (飯塚一郎他訳 『この最後の者にも、ごまとゆり』中央公論新社, 2008.)
- Scheler, M., *Die Stellung des Menschen im Kosmos*, München: Nymphenburger

- Verlagshandlung, 1949[ 1928 ]. (亀井裕, 山本達訳 『宇宙における人間の地位』 白水社, 2012 年.)
- Simon, H. A., *Administrative Behavior*, The Macmillan Company, 1947.
- Throsby, D., *Economic and Culture*, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.  
(中谷武雄, 後藤和子監訳 『文化経済学入門』 日本経済新聞社, 2002 年.)
- Throsby, D., “*The Political Economy of Art: Ruskin and Contemporary Cultural Economics*”, *History of Political Economy*, Vol.43, No.2, 2011.
- Todd, E., *L'Invention de l'Europe*, Seuil, coll. L'Histoire immédiate, Paris, 1990. (石崎晴己, 東松秀雄訳 『新ヨーロッパ大全』 藤原書店, 1992 年.)
- 池上淳「アメニティの経済学」環境経済・政策学会編『アメニティと歴史・自然遺産』東洋経済新報社, 2000 年, 49-59 ページ.
- 寺西俊一「アメニティ保全と経済思想」環境経済・政策学会編『アメニティと歴史・自然遺産』東洋経済新報社, 2000 年, 60-75 ページ.



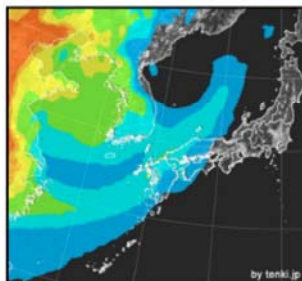
## 東アジア“生命健康圏”構築に向けて 大気汚染と健康問題を考える日中国際会議

2014年10月24日（金）

ポスター発表： 9:00-11:00  
シンポジウム： 13:00-18:00

場所：大阪大学豊中キャンパス  
大学会館アセンブリーホール

世界は、地球温暖化、資源枯渇や生態的多様性の喪失をはじめ、大気汚染、土壌汚染、ゴミによる水質・生活環境の汚染、砂漠化などさまざまな環境問題に直面している。環境問題には地域に限定したものもあるが、多くは地域を越えて影響を及ぼし、グローバル化している。21世紀の環境問題の主たる特徴は、グローバル環境リスクである。



### シンポジウム：プログラム

#### 【モデレーター】

恵沁夫（大阪大学 グローバルコラポレーションセンター・特任准教授）

#### 【パネラー】

鄧芙蓉（北京大学 医学部公衆衛生学院・教授）

「北京市における大気汚染と健康被害」

藤田宏志（環境省 水/大気環境局気環境課・課長補佐）

「大気汚染問題の歴史的推移及びグリーン・エア・アジアの現状と課題：日中の国内外におけるPM2.5問題と国際協力を中心に（仮）」

王小龍（中国農業大学・人文発展学院法律系・副教授）

「法律システムの構築から中国の未来に向けた環境対策を考えよう」

松本充郎（大阪大学 国際公共政策研究科・准教授）

「日本における大気汚染問題への法的対応に関する一考察：

四日市ぜん息からPM2.5問題へ」

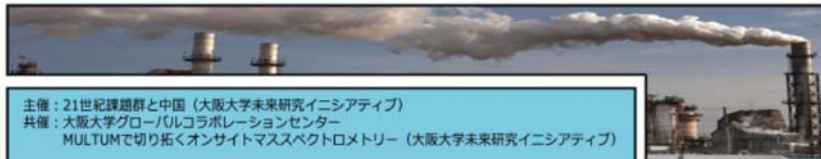
#### 【ディスカッサント】

曹田峻聡（大阪大学 理学研究科・教授）

上須満徳（大阪大学 環境イノベーションデザインセンター・特任准教授）

田口宏二郎（大阪大学 文学研究科・准教授）

PM2.5など東アジアの大気汚染問題は、国境を越えて大きな注目を集めているにも関わらず、最も深刻な北京の健康被害状況や地域の取り組みが今日どのような状況にあるのかは、ほとんど知られていない。今回のシンポジウムでは、長年、北京の健康被害について調査研究し、最前線で活躍する中国の研究者と大阪大学の文系・理系の研究者が一所に集い、専門領域や国境を越えて、具体的取り組みや依拠するにたる情報やデータをもちより活発な議論を期待する。



主催：21世紀課題群と中国（大阪大学未来研究イニシアティブ）

共催：大阪大学グローバルコラポレーションセンター

MULTUMで切り拓くオンサイトマスメトリメトリー（大阪大学未来研究イニシアティブ）



お問い合わせ：c-forum@law.osaka-u.ac.jp

ポスター発表 (9:00~11:00)

- ・ 姉崎正治 (人間科学研究科DC)、山本高郁 (工学研究科)、三好恵真子 (人間科学研究科)  
「世界の小規模金探鉱 (ASGM) の実態とZero Mercury化に向けての実践研究」
- ・ 三好恵真子 (人間科学研究科)、胡毓瑜 (人間科学研究科DC)  
「旅波におけるカオス解析から判別する精神疾患患者の特徴及び中国における心理問題への応用展開の可能性」
- ・ 胡毓瑜 (人間科学研究科DC)、三好恵真子 (人間科学研究科)  
「舟山群島新区海域における漁業資源の現状と海洋生態の保護・修復への展望：漁民の現行制度・生態に対する認識と意見に関する分析」
- ・ 岸本紗也加 (工学研究科)、馬庭委介 (工学研究科MC)  
「モンゴル・ウランバートルから語る大気汚染」
- ・ 川口奈穂 (人間科学研究科MC)  
「ゴラン高原におけるドルズ教徒の生活空間とコミュニティのゆらぎ：境界に生きる人々」
- ・ 日下部龍介 (在中国日本国大使館広報文化センター)  
「中国北京市におけるソーシャルメディアを利用した健康観の形成過程」
- ・ 松村悠子 (人間科学研究科DC)  
「新エネルギー開発を活かした地域振興は可能か？：沖縄県宮古島の事例からの一考察」
- ・ 川原賢太 (ほか5名) (工学研究科MC)  
「Structuring the haze problems in Indonesia」
- ・ 古谷浩志 (理学研究科)、紀本岳志 (紀本電子工業)、豊田峻聡 (理学研究科)  
「謎のPM2.5汚染を探る：先端質量分析技術の挑戦」
- ・ 佐藤諒 (人間科学研究科MC)  
「原子力損害賠償制度の分析：古典的自由主義からの一考察」
- ・ 橘高彰斗 (人間科学研究科DC)  
「生命が共有し得る価値とは何か：ラスキンの固有価値論を基礎として」
- ・ 潘紅林 (人間科学研究科DC)  
「中国蘭州市の大気汚染改善に関するフィールドワークからの分析評価」
- ・ 西川優花 (人間科学研究科MC)  
「イラン、ザーヤンデルード川をめぐる水危機と人々の暮らし」
- ・ 高月 (国際公共政策研究科MC)  
「中国杭州市の水質汚濁問題の現状と課題」

※進行：思込夫 (GLOCOL)

■電車【池田宝塚線】  
石橋駅下車 徒歩15分

大学会館

アクセス  
大阪大学豊中キャンパス



■大阪モノレール  
豊原駅下車 徒歩15分

## 東アジア“生命健康圏”構築に向けて

大気汚染と健康問題を考える日中国際会議

2014年10月24日 (金)

ポスター発表: 9:00-11:00

シンポジウム: 13:00-18:00

場所: 大阪大学豊中キャンパス学生会館アセンブリホール





## 執筆者・報告者

思沁夫（すちんぷい）

大阪大学・グローバルコラボレーションセンター・特任准教授

鄧芙蓉（DENG Furong）

北京大学・公共衛生学院・副教授

王小龍（WANG Xiaolong）

北京農業大学・人文與發展学院・副教授

藤田宏志（ふじた ひろし）

環境省・水・大気環境局大気環境課・課長補佐

松本充郎（まつもと みつお）

大阪大学・国際公共政策研究科・准教授

田口宏二郎（たぐち こうじろう）

大阪大学・文学研究科・准教授

豊田岐聡（とよだ みちさと）

大阪大学・理学研究科・教授

上須道徳（うわす みちのり）

大阪大学・環境イノベーションデザインセンター・特任准教授

和田英男（わだ ひでお）

大阪大学・法学研究科・博士後期課程

三好恵真子（みよし えまこ）

大阪大学・人間科学研究科・准教授

胡毓瑜（Hu Yuyu）

大阪大学・人間科学研究科・博士後期課程

岸本紗也加（きしもと さやか）

大阪大学・工学研究科・特任研究員

馬庭泰介（まにわ たいすけ）

大阪大学・工学研究科・博士前期課程

川原賢太（かわはら けんた）

大阪大学・工学研究科・博士前期課程

Ng Yoke Yan

大阪大学・国際公共政策研究科・博士後期課程

Soon Chai Fen

大阪大学・医学系研究科・博士前期課程

Joshua Mutua

大阪大学・生命機能研究科・博士前期課程

舎川春佳（とねがわ はるか）

大阪大学・外国語学部・外国語学部

西川優花（にしかわ ゆうか）

大阪大学・人間科学研究科・博士前期課程

川口奈穂（かわぐち なほ）

大阪大学・人間科学研究科・博士前期課程

松村悠子（まつむら ゆうこ）

大阪大学・人間科学研究科・博士後期課程

古谷浩志（ふるたに ひろし）

大阪大学・理学研究科・特任研究員

紀本岳志（きもと たかし）

紀本電子工業(株)・代表取締役社長

姉崎正治（あねざき しょうじ）

大阪大学・人間科学研究科・博士後期課程

橘高彫斗（きったか ほると）

大阪大学・人間科学研究科・博士後期課程

田中仁（たなか ひとし）

大阪大学・法学研究科・教授

## あとがき

本ブックレットは2014年10月24日、豊中キャンパスで開催された「東アジア『生命健康圏』構築に向けて：大気汚染と健康問題を考える日中国際会議」(以下、国際会議と略す)の記録である。

本国際会議は、「大阪大学未来研究イニシアティブ・21世紀課題群と中国」が主催し、大阪大学グローバルコラボレーションセンターと「大阪大学未来研究イニシアティブ・MULTUM」で切り拓くオンサイトマススペクトリー」が共催するかたちで開催された。

北京の健康被害に関する調査研究に蓄積があり、最前線で活躍する中国の研究者と大阪大学の研究者が集い、専門分野と国境を越え、具体的な取り組みや信憑性のある数々の情報やデータを通じて議論を交わすことが目的であった(詳細は巻末の「ちらし」を参照)。

本国際会議は二部構成となっている。午前の部は大阪大学の大学院生らを中心とするポスター発表である。発表者の所属は人間科学研究科、工学研究科、理学研究科、国際公共政策研究科など多岐にわたっており、合計13組の発表者がそれぞれの専門領域や関心から環境問題についての報告を行った。同時に分野横断型の活発な議論と交流の場も設けられ、研究と教育の一体化に向けて良い刺激となった。

午後の部では、中国の北京大学と北京農業大学の研究者に公衆衛生学と法学の視点から中国の大気汚染の現状についてご報告をいただいた。このあと、環境省と大阪大学の専門家・教員による発表とコメントが続いた。全体討論では、発表者と参加者によるディスカッションが行われ、分野横断型の調査研究の重要性、ならびに相互理解と信頼醸成の必要性が確認された。日中関係の冷え込むなか、中国から二名の研究者をお招きし、日中双方による研究成果の報告と研究交流によって認識の共有が図られたことは、極めて意義深い。

今回、学生や教職員のみならず一般市民など多くの方々のご参加をいただいた。それは、本国際会議の主題が日中両国にとって興味関心の高いトピックであり、相互の協力関係の構築と発展をめざす人々の願いによるものであると理解できる。本国際会議はまた、文系・理系の垣根をこえた協働を企画したものである。私たちは、大阪大学が掲げる基本理念、とくに「総合性の強化」「対話の促進」という観点から、研究領域を跨ぐ教育・研究活動の発展に寄与したいと考えた。

世界が直面する環境問題は、地球温暖化、資源枯渇や生態的多様性の喪失をはじめ、大気・土壌・水質汚染、環境汚染、砂漠化など、枚挙に暇がない。地域に限定された環境問題もあるが、その要因の多くは越境し、被害がグローバル化している。21世紀の今日、私たちが直面しているのはグローバル環境リスクにほかならない。ゆえに分野横断型の連携、研究体制の構築や解決策の実装化が要請されている。とは言え、現実を直視すれば、人類の知恵や最も優れた研究成果は活かされておらず、理想と現実の乖離は否めない。21世紀の東アジアは環境問題が急速にグローバル化・深刻化している地域であるにも関わらず、研究領域や国境をまたいだ取り組みは、政治イデオロギー、国家制度、研究レベルの格差や体制の相違などによって、深刻な遅れが生じていると言わざるを得ない。

東アジアにおけるグローバルな課題、さらに生命危機と健康維持という全人類共通の課題こそが本国際会議の主題である。これを端緒として、国・地域と既存の政治的、経済的、社会的、文化的、さらには学術的な枠組みを跨いだ東アジア「生命健康圏」という概念を打ち出し、問題解決に向けた歩みを始めるための確かな第一歩とならんことを祈念する。

( 思沁夫 )

## 編集委員会

青野繁治（言語文化研究科）、片山剛（文学研究科）、木村自（人間文化研究機構）、許衛東（経済学研究科）、坂口一成（法学研究科）、思沁夫（グローバルコラボレーションセンター）、田口宏二郎（文学研究科）、竹内俊隆（国際公共政策研究科）、高田篤（法学研究科）、高橋慶吉（法学研究科）、瀧口剛（法学研究科）、田中仁（法学研究科）、堤一昭（文学研究科）、豊田岐聡（理学研究科）、福田州平（グローバルコラボレーションセンター）、宮原暁（グローバルコラボレーションセンター）、三好恵真子（人間科学研究科）、山田康博（国際公共政策研究科）、林初梅（言語文化研究科）

# 東アジア “生命健康圏” 構築に向けて

大気汚染と健康問題を考える日中国際会議の記録

2015年3月10日発行

編者 思沁夫・田中仁

印刷・製本 ㈱アイジイ

### OUFC ブックレット 第6巻

<http://www.law.osaka-u.ac.jp/~c-forum/booklet.htm>

ISSN 2187-6487（オンライン）

大阪大学中国文化フォーラム事務局（[c-forum@law.osaka-u.ac.jp](mailto:c-forum@law.osaka-u.ac.jp)）

560-0043 大阪府豊中市待兼山町 1-6 大阪大学法学研究科内