

# NEWS LETTER No.8 2008.3

環境科学研究科ニュースレター  
<http://www.kankyo.tohoku.ac.jp/>

特集

## 地球温暖化と環境科学研究科の取り組み

産総研連携講座



# 地球温暖化と環境科学研究科の取り組み

## 地球温暖化対策における国際・国内の制度設計

東北アジア地域社会論講座 環境科学・政策論分野 教授 明日香 壽川

左下の写真は、2000年12月にオランダのハーグで行われた気候変動枠組条約第6回締約国会議(COP6)で、米国代表が聴衆の一人からパイを投げつけられた瞬間である。また、右下の写真は、インドネシアのバリで開催された昨年12月のCOP13で、インドネシアの新聞に掲載されたNGOの全面広告であり、ご覧のように日本が米国とカナダと一緒に悪者になっている。

地球温暖化問題においては、首相も日本国民全体も「裸の王様」状況といえる。すなわち、地球温暖化問題に関して、国際社会が日本を非常に後ろ向きな国と見ていることを、日本の人々は認識していない。このような状況を変えるためには、国内および国際的にどのようなアクションや制度が必要か。本研究室では、このような問題意識を持って、温室効果ガスの排出量取引制度や2013年以降の国際枠組みに関する具体的な制度設計に関して研究を行っている。



活動家にパイを投げつけられる、米国代表ロイ国務次官



タイタニック号を思わせる船が印象的な意見広告  
「我々は、アメリカ、カナダ、日本に対し、2020年までの温室効果ガス排出低減目標への妨害を止めるよう真摯に要求すると共に、その他の国々に対してはいかなる妥協も拒否するよう強く求める」というメッセージが添えられている

## SOFC コージェネレーションによる二酸化炭素排出削減

都市環境・環境地理学講座 環境動態論分野 教授 川田 達也

資源エネルギー庁が発表している「エネルギー白書2007」によれば、日本の一次エネルギー需要を産業、運輸、民生部門に分けると、最近最も増えているのが民生用(家庭用、業務用を含む)で、この15年間で約1.4倍、全体の1/4を占めるようにまでになっているそうです。二酸化炭素の排出削減のためには、快適な暮らしを維持しつつ、日常生活でのエネルギーの使用量を減らす工夫が必要です。そこで近年、家庭用などの小規模なコージェネレーション装置が注目されています。これは、給湯器と発電機がいっしょになったもので、お湯と電気を同時に作ることで効率よく一次エネルギーを使うことができます。発電には内燃機関や燃料電池が使われますが、この中でも最も効率が良いものとして期待されているのが、固体酸化燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell:SOFC)です(図1)。

SOFCは、酸素のイオンを通すセラミックス膜を使った燃料電池で、700°C以上の高温で動作します。このため反応に伴うロスが少なく、また都市ガスや石油を処理する過程で使う熱を排熱から供給できるなどメリットが多く、高い総合効率が得られます。2007年度からは国内でも実サイトでの実証プロジェクトが開始され、早期の実用化を目指したコスト削減、耐久性向上の取り組みがなされています。当研究室では、これらを支える基盤研究として、高性能な電極の開発や、耐久性向上のために必要な材料の研究を行っています。特に、SOFCに使われるセラミックスが実際の運転条件下でどのような熱的・化学的・力学的状態に置かれ、どのような挙動を示すかについて、放射光を使った実験などから明らかにすることを試んでいます(図2)。

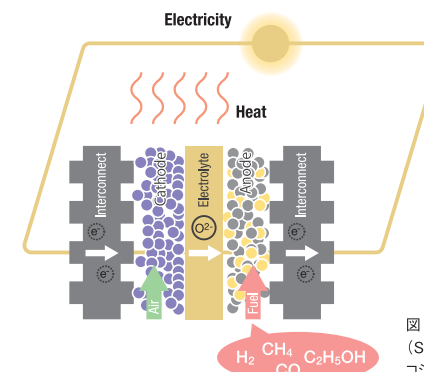


図1 / 固体酸化燃料電池(SOFC)による熱と電気のコージェネレーション

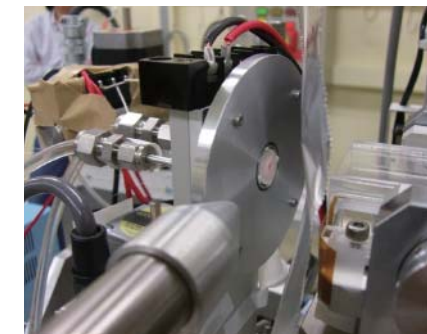


図2 / 通電下での電極材料の状態を放射光X線(SPring8)を利用して測定している様子

## システムとしての「気候」の変化を捉える

都市環境・環境地理学講座 自然環境地理学分野 教授 境田 清隆

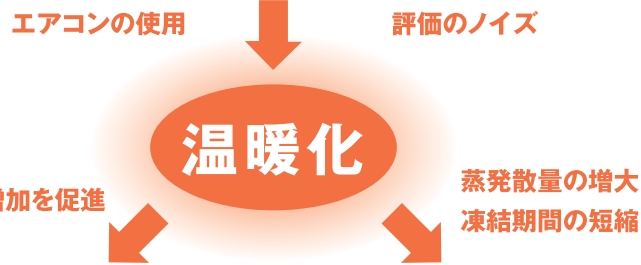
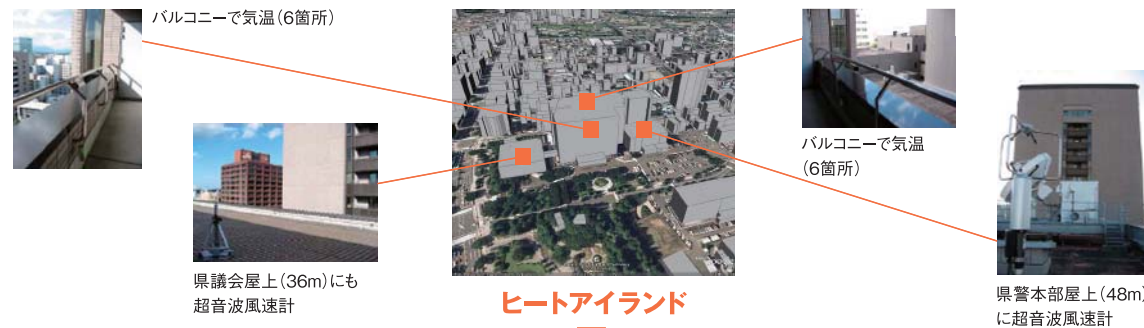
今日問題になっている「地球温暖化」は人為によって地球規模で「気候」が変化することですが、「気候」は多様な構成要素からなる複雑なシステムそのものであり、温暖化研究には「気候」そのものの理解が欠かせません。「気候」を主たる対象として研究してきた当分野では、現在、以下の3つの視点から温暖化に関連した研究に取り組んでいます。

1つめはヒートアイランドと呼ばれる都市の温暖化現象です。私達の多くが日々経験しているのはこの都市気候ですから、その制御は重要です。建築物による接地逆転の解消過程、海風による都心の冷却過程など、ヒートアイランドの基礎から応用まで、観測に基づいた研究をしています。

2つめはヤマセの研究です。北半球の中高緯度の温暖化はオホーツク海高気圧の発達を促し、東北日本はヤマセ(冷夏)に見舞われる危険が増大します。いわばスイッチが逆に入ります。少なくともこれまではそうでした。来るべき温暖化でどうなるか、監視する必要があります。

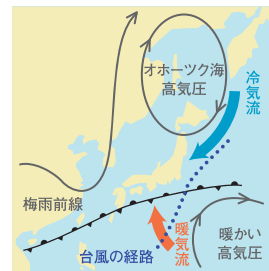
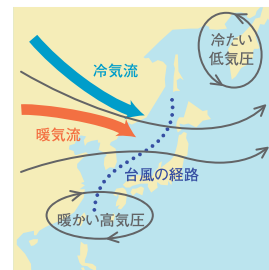
3つめは砂漠化の研究です。中国内モンゴル自治区では砂漠化が進行中と言われますが、降水量そのものは減っていません。気温上昇は蒸発散量の増大に繋がりますが、それ以外に土壌融解を通して牧草に影響を及ぼしています。もちろん住民の農牧地への働きかけも変化していますので、この問題は特に分野を超えて総合的に観ていかなくてはならない問題です。

### 県庁庁舎の観測



### 温暖期(ヤマセ)

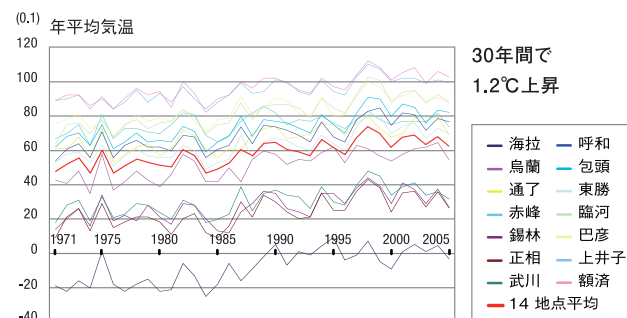
第一種型冷夏の気圧配置



### 寒冷期

第二種型冷夏の気圧配置

### 砂漠化の進行

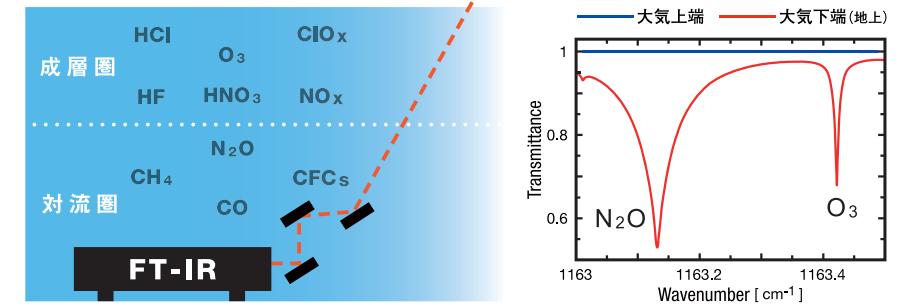


## 赤外光で大気中の成分を見る

太陽地球システム・エネルギー学講座 太陽地球計測学分野 准教授 村田 功

昨年はIPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次報告書が出たこともあり、地球温暖化やその影響に関する話題がマスコミでも大きく取り上げられ、もはや温暖化は待たなし、との印象を持たれている方も多いと思います。

当研究科でも温室効果気体削減のための様々な研究を行っている研究室がたくさんありますが、当研究室では温室効果気体を含む大気微量成分の変動の実態やそのメカニズムを調べるため、分光学的手法を用いて大気中のオゾンや塩素化合物、窒素酸化物などの成分を観測的に研究しています。その中で、フーリエ変換型分光計を用いた観測では、図のように太陽を光源として2-15μm付近の赤外光を分光観測します。大気中の分子にはそれぞれ特定の波長の光を吸収する特徴があるので、これにより観測したスペクトルから多くの大気微量成分の濃度や高度分布を測定することができます。これまでの観測結果からは、オゾン破壊の原因となる塩素化合物にはフロン規制の効果で近年増加に歯止めがかかっている様子が見られ、温室効果気体の一つである一酸化二窒素には増加傾向が見られています。



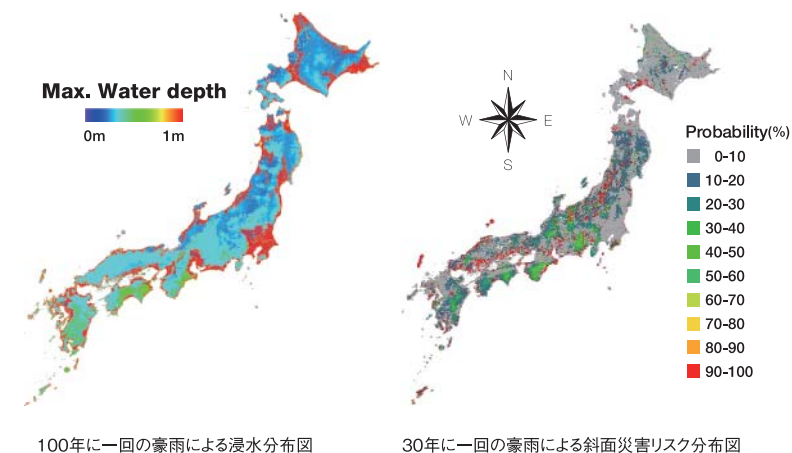
### フーリエ変換型分光計(FT-IR)を用いた大気微量成分の観測

## 気候変動後の災害に備える

都市環境・環境地理学講座 流域環境研究分野 准教授 風間 聡

温暖化を防止するための技術開発や規制の研究に続いて、温暖化による気候変動がもたらす様々な問題に備える「適応策」の研究も活発になっています。日本は、戦後、洪水や高潮、砂防等の気象災害に備えるための社会基盤を築いてきました。多くの気候シミュレーションは、豪雨と渇水が将来強調されると報告しています。強まった豪雨は、今まで設計された基準を上回り、災害を頻発させると予測されます。将来の豪雨の災害リスクを求め、今後の国土形成を考える研究がクローズアップされているのです。

豪雨が引き起こす代表的な災害が、洪水と土砂災害です。確率降雨を入力として、数値地図情報をもとに洪水シミュレーションを全国で行います。すると例えば50年に1回の降雨によって生じる浸水深と期間を知ることができます。この被害を資産価値に当てはめることによって被害額を試算することができます。2050年頃には、現在の年間の河川事業費が1.6倍以上かかる結果になりました。これは、現在の治水



計画では、現在と同様の安全性を将来に保てないことを示しています。一部の地域では、洪水を容容するような対策が必要となります。土砂災害については、過去の実績データをもとに、豪雨によって生じる地下水勾配を変数として、地質、起伏度などのデータをもとに斜面災害発生の確率モデルを構築します。同様に例えば50年に1回の降雨によって生じる斜面災害確率を示すことができます。

こうしたリスクの地図情報を見ながら、社会基盤整備を考え、地域に応じた適応策を探ることが

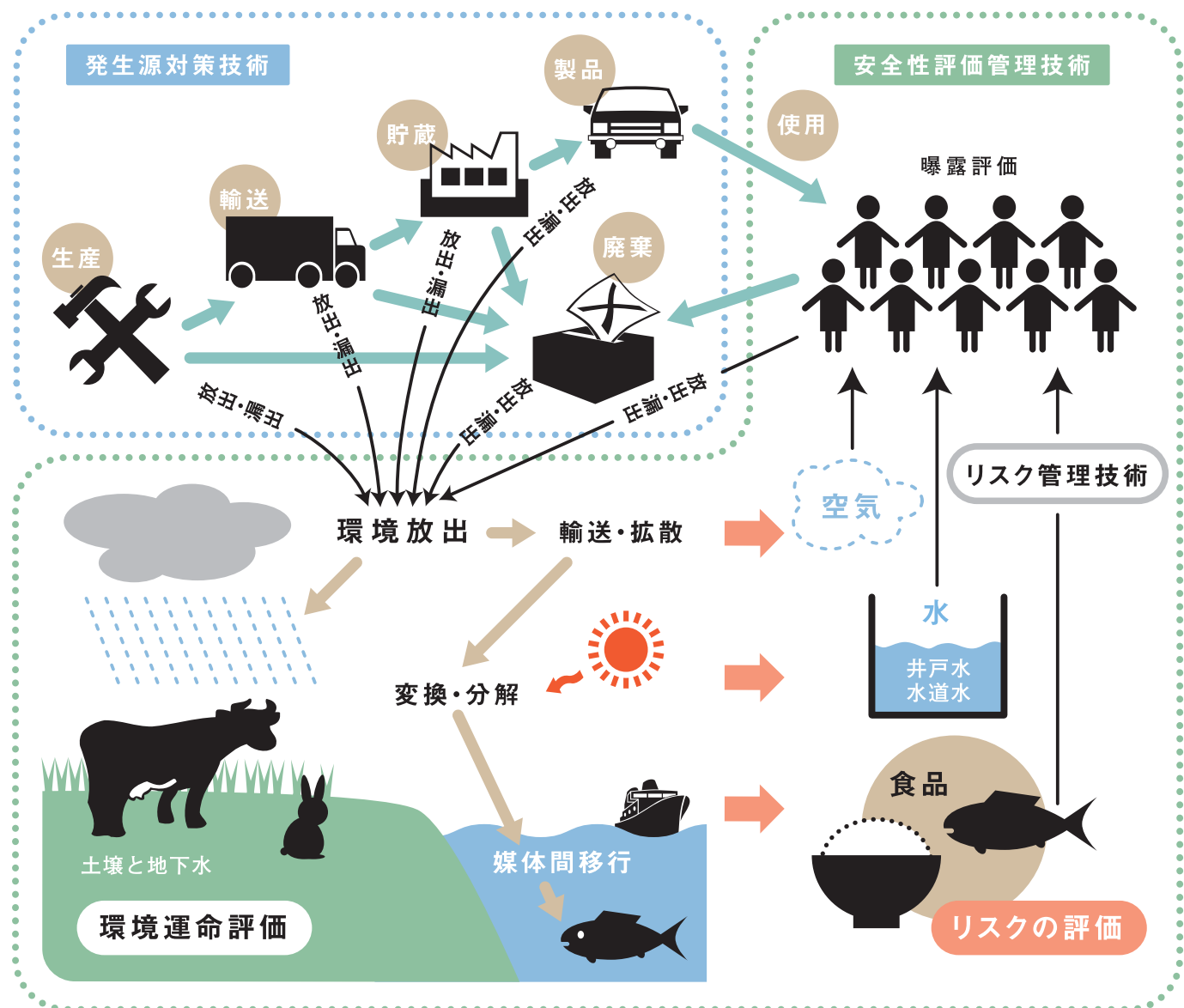
科学的なリスクの評価と合理的なリスクの管理のために

産総研連携講座 環境リスク評価学分野 教授 駒井 武

土壌や水圏における環境汚染や廃棄物のマネジメントをはじめとして、人や生態系に対する環境リスクの評価が重要な課題となっています。これまでの環境管理では、環境基準や指針値などの一律の環境規制が中心でしたが、これでは実際に人が受ける健康影響や将来にわたる環境影響の推移などのリスク情報が全く不明でした。真にリスクの軽減を求めるためには、実環境におけるリスクを正しく見積もることが前提となり、これにより適切なリスクの管理やコミュニケーションが可能になります。環境リスク評価は、化学物質の健康影響だけでなく、気候変動による環境影響や広域の生態系影響のように地球環境の分野でも適用が期待されています。

このため、環境リスク評価学講座では、リスクの評価および管理に関わる方法論の修得や実践を通じて、環境リスク評価手法の開発、土壌・地下水などの環境汚染の調査と解析、地下微生物等生態系を含む環境リスクの管理と軽減に関する事例検討、さらにはリスクコミュニケーションの方法論等に関する基礎的・総合的な教育と研究を行います。

環境リスクの評価と管理の基本プロセス



龍は雲に登り 第8回  
神は崑崙に棲む  
— 黄河文明の翳 —

国際環境・地域環境学講座東アジア思想論分野 教授 浅野 裕一

第三章 儒教における文化の枠組み

(前号の続き) これまで紹介してきた経緯から明らかなように、礼学は儒教の中で格別に重要な位置を占めている。そして儒教の礼は、服装・車馬・邸宅・器物などの等級によって、身分の差を顕示し、社会秩序を維持しようとする性格を強く示す。次にそうした例をいくつか紹介してみよう。

曾子曰く、晏子は礼を知ると謂うべきのみ。恭敬なること之有り。有若曰く、晏子は一狐裘にして三十年なり。遺車は一乗のみにして、墓に及べば而ち反る。国君は七個にして遺車は七乗、大夫は五个にして遺車は五乗なり。晏子焉ぞ礼を知らんと。曾子曰く、国に道無ければ、君子は礼を盈たすを恥ず。国奢らば、則ち之に示すに儉を以てし、国儉なれば、則ち之に示すに礼を以てすと。〔『礼記』檀弓下篇〕

(孔子の弟子の) 曾子は次のように晏嬰を賞賛した。晏子はよく礼をわかまえている。慎み深い心を持っている。すると(孔子の弟子の) 有若は次のように批判した。晏子は(斉の大夫の身分にありながら) 一着の狐の皮の上着を三十年も着古した。(父親の葬儀の時も) 供物の犠牲を乗せる車は一台のみで、埋葬が終わると(参列した賓客をもてなしもせず) すぐに引き返した。(そもそも礼の規定では) 一国の君主の場合は、供物の犠牲は七体、遺車は七台で、大夫の場合は、供物の犠牲は五体、遺車は五台である。(このように礼の規定を無視してケチなのは) どうして晏子を礼をわかまえているなどと言えようか。曾子は次のように反論した。(政治に責任を持つべき) 君子は、国内が乱れているにもかかわらず、(そうした国情を無視して) 自分だけが

相変わらず礼の規定を満たし続けることを恥じるものである。国家が度を越して贅沢に耽っている時は、わざと儉約して手本を示すし、国家が度を越して儉約に徹している時は、(たとえ贅沢に見えても) 礼の規定通りにするのである。(当時の齊は奢侈に流れていたもので、そうした風潮を正そうとして、晏子はわざと礼の規定を無視して、儉約の手本を示そうとしたのだ)。

晏嬰は孔子とほぼ同時代の齊の貴族で、景公の時には宰相まで務めた人物である。したがって父親を葬るに際しても、犠牲五体の供物を五台の車に乗せて葬送の車列を組み、埋葬が終了した後は、参列した賓客を手厚くもてなすが、彼が則るべき礼の規定であった。ところが晏嬰はそれを無視し、極端な節約を実行する。しかも一着のオーバーを三十年も着続けるドケチぶりまで発揮する。

こうした晏嬰の生活態度に対し、有若は礼をわかまえない者だと批判する。大夫の身分にありながら、はるかに身分が下の者と同じ生活をするのは、身分秩序を破壊する行為だとの非難である。この有若の非難に象徴されるように、儒教が説く礼は、服装・車馬・邸宅・器物などに明確な等級を設けて、身分の差が一目で分かるようにする手段により、社会秩序を固定化しようとする性格を強く示す。もう一つその例を挙げてみよう。

王者の禄爵を制するは、公・侯・伯・子・男、凡そ五等なり。諸侯の上大夫卿・下大夫・上士・中士・下士、凡そ五等なり。〔『礼記』王制篇〕

新王朝を開いた王者が制定した俸禄と爵位の規定は、諸侯のランクは公爵・侯爵・伯爵・子爵・男爵の五等級で、諸侯の臣下のランクは、上大夫卿・下大夫・上士・中士・下士の五等級である。

王制篇の作者は、古代の王者は封建した諸侯を、公爵・侯爵・伯爵・子爵・男爵の五等級にランク付けしたと主張する。また諸侯の臣下にも上大夫（卿とも称する）・下大夫・上士・中士・下士の五等級のランクを制定したという。これがどこまで歴史的事実と合致するか否かは問題が残る。だが少なくとも王制篇を著作した儒者の意識では、周王朝が成立した当時、武王と弟の周公旦がこうした身分制度を制定したと考えられていた。「禄爵を制する」とあるように、爵位を基準とする身分の差は、俸禄といった経済力の格差によって裏付けられる。そのランク表は次のように示される。

天子の田は方千里なり。公・侯の田は方百里なり。伯は七十里なり。子・男は五十里なり。五十里なること能わざる者は、天子に合せずして、諸侯に附し、附庸と曰う。天子の三公の田は公・侯に視え、天子の卿は伯に視え、天子の大夫は子・男に視え、天子の元士は附庸に視う。（『礼記』王制篇）

天子が領有する田地は千里四方である。公爵・侯爵の諸侯が領有する田地は百里四方である。伯爵の諸侯が領有する田地は七十里四方である。子爵・男爵の諸侯が領有する田地は五十里四方である。領有する田地が五十里四方に満たない領主は、天子に直接朝見する資格はなく、諸侯に付属して附庸と呼ばれる。天子の補佐役である三公の田地は公爵・侯爵の諸侯に準じ、天子の卿の田地は伯爵の諸侯に準じ、天子の大夫の田地は子爵・男爵の諸侯に準じ、天子の士の田地は附庸に準じる。

これとほとんど同じランク表は、『孟子』万章下篇にも見える。当時の一里は今の約四〇〇メートルであるから、天

子の直轄領である千里四方は、四〇〇キロメートル四方となる。これに対して公爵・侯爵の諸侯の領地は、天子の百分の一の四〇キロメートル四方となり、伯爵の諸侯の領地はさらに減って二八キロメートル四方、子爵・男爵の諸侯の領地は天子の四百分の一の二〇キロメートル四方となる。

領有する土地の広狭は、ほぼそのまま穀物の収穫量の格差となって現れる。そこで公爵・侯爵といった上級の諸侯に対して、天子は百倍もの経済力を誇るわけである。周王朝の軍制では、一万二千五百人の兵力を一軍と呼び、天子は六軍を、諸侯は三軍を保有すると決められていた。

また葬礼の規定では、天子を埋葬するときは、「天子の棺は四重」（『礼記』檀弓上篇）と、柩は外郭と内棺合わせて四重とされた。「君は大棺（外郭）八寸、屬（外から二番目の柩）六寸、（一番内側の柩）四寸」（『礼記』喪大記篇）とあるように、諸侯を埋葬する場合は三重、「上大夫は大棺八寸、屬六寸。下大夫は大棺六寸、屬四寸」と上大夫（卿）と大夫は二重、「士は棺六寸」と、士は柩一つのみとする規定であった。生活のあらゆる面に及ぶこうした等級の格差は、身分に応じた俸禄の差、すなわち経済力の格差によって支えられていたのである。

孔子は夏・殷・周三代の王朝を比較し、「子曰く、周は二代に監みて、郁郁乎として文なるかな。吾は周に従わん」（『論語』八佾篇）と、周王朝を最高だと評価した。その理由は、周王朝の制度が最も「文」だった点にある。この場合の文とは、文字や文章の意味ではなく、天文学とか縄文土器と言う場合の文と同じく、文様・文飾の意味である。つまり孔子は、周王朝の諸制度が、夏王朝や殷王朝に比べて装飾性に富み、美麗である点を評価基準としたのである。

（次号へ続く）