

京都議定書発効とエネルギーシフト

Energy Shift and the Effectuation of Kyoto Protocol

安藤 満

ANDO Mitsuru

1. はじめに

アメリカ合衆国の離脱とロシアの未批准により長い間未発効であった京都議定書が、昨年 11 月のロシアの批准により、2005 年 2 月 16 日発効することとなった。地球温暖化抑制という非常に困難な課題を、国際的協同により達成しようとする画期的な第一歩が始まることとなる。石油資源の主要な産出国が集中する中東は、依然として不安定なままであり、前途は決して楽観できる状況にはない。しかし手を拱いて温暖化を更に加速させる事態は避ける必要があり、問題は山積しているが進みながら考えるしかない。

現代は豊富な化石燃料に支えられた人類史の中でも特異な時代と考えられるが、現代の延長線上に未来があるという錯覚を払拭する時に来ている。顕在化している現象の中で、地球温暖化と石油減耗がある。いずれの問題にも安易な解決策は無く、予測の科学的正確さが問われる時期に来ている。1990 年、気候変動に関する政府間協議 (IPCC) の第一次評価委員会に参加する中で認めた「地球温暖化に伴う健康リスク」(日農医誌 39、907-913、1990) を発表した当時は、地球温暖化が起こることへの疑念が多くだされた。温暖化が確実に進行しつつある現在、そのような疑念は払拭されており、失った時間の大切さを考えている。

南極の氷河の氷床に閉じ込められた過去の大気中のガス分析によると、産業革命以来大気中二酸化炭素 (CO₂) 濃度の増加が顕著であることが判明している。後述するように化石燃料の使用による二酸化炭素の増加は、地球温暖化の主要な原因となっているが、その背景には増大する世界人口と発展する世界経済がある。現在進行し続けているエネルギー資源の大量消費と、熱帯林を始めとした森林伐採による生態系破壊が、CO₂ のさらなる大量放出へと結びついている。

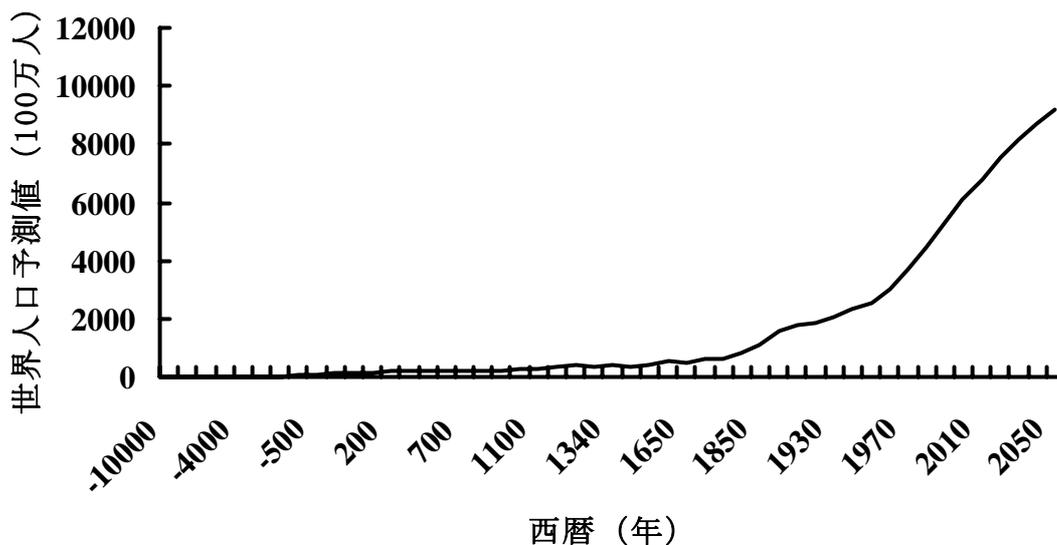
2. 世界人口の増加

地球温暖化の抑制は、世界の人口増加の抑制と経済成長の抑制と連動しているため、現在の市場経済万能の主張とは根本的に相容れない困難さを内包している。下図は世界人口の推移を、紀元前一万年前から 2050 年までの将来にわたり示したものである。人類は産業革命までは穏やかな増加曲線を示している。産業革命から第二次大戦後の 1950 年頃にかけて急激な増加を示し始めた。しかしながら 1950 年以降現在に至るまでは異常ともいえるほどの増加を示している。人口増加の推移予測では、2013 年には 70 億人、2026 年には 80 億人、2043 年には 90 億人を越えると予想される。生物種個体群の成長は、限界のある成長—いわゆるロジスティック曲線で例えられるが、人類の場合は、限界のない成長を辿っている。その成長をもたらした物質は、化石燃料とそれに由来する科学技術の進歩である。

化石燃料の消費がいかに膨大なものであるかは、現在世界各地で測定が行われている大気中へ

のCO₂蓄積が、1958年の観測開始以来この40年間に渡り増加し続けている事実からも推察される。現在の二酸化炭素の大気中濃度は、幾多の氷河期と間氷期のサイクルを数えた過去42万年間の中で最大の濃度にまで達している。ここでは人口増加がもたらす増大するエネルギー消費と石油生産、CO₂蓄積の推移と将来予測、温暖化の影響と京都議定書に基づく緩和策について述べてみたい。

世界人口推移



3. エネルギー資源と石油生産の推移

気候の人為的温暖化を引き起こす最大の要因は、現代の人類活動に起因するCO₂、メタン、亜酸化窒素、ハロゲン化炭素（フロン、代替フロン）、六フッ化硫黄など、温室効果を示す微量気体（温室効果ガス）の大気中濃度の増加である。なかでも急増する世界人口を支え、工業の発達と農業の近代化・機械化を進めた化石燃料—石油・石炭・天然ガス—の燃焼によるCO₂の発生急増が主要な原因となっている。特にCO₂の人為的増加の原因となっている石油は、20世紀初頭より現代に至るまでエネルギー資源の中で最も重宝されてきた。

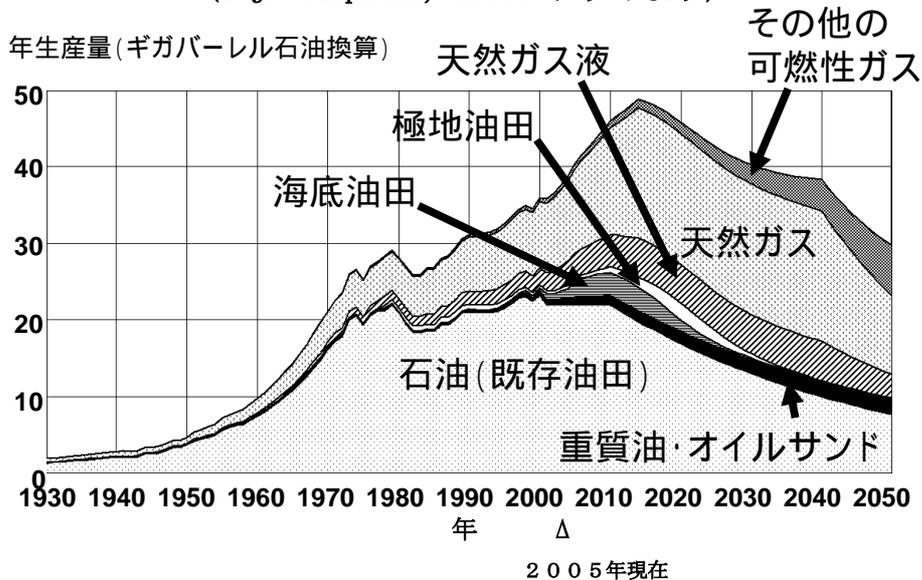
石油資源の予測については、C.J. Campbell、M.R. Simmons、石井吉徳らの詳細なレポートがある。それらレポートでは、石油生産は既にピークに来ており、もはや需要に見合った生産の増加は見込めず、むしろ生産減少が差し迫っているとの兆候が現れているとしている。中東を除く多くの油田地帯では既に生産のピークを過ぎており、今後ますます中東の石油に依存する状況が生まれ、地政学的な不安定さが強まると考えられる。

エネルギー資源の中で最も重宝される石油の世界的消費は1950年以降急増し、キャンベルの「オイルピークの研究」によると、2000年から2004年頃には、ついに石油埋蔵量の半分を消費するに至る。図にみられるように、数年後には石油生産が減退し始め、また10年後には石油や天然ガスを含むエネルギー源の全炭化水素生産が減少に転じると予想されている。この生産の減衰は地球内に存在する地下のエネルギー資源自体の限界に依っているため、避けることが出来ない(Campbell, 2002; 石井, 2004)。世界人口が72億人を数える2015年には、石油・天然ガスを

含む全炭化水素生産がピークにくると予想されている。人口が増え温暖化が進み環境が悪化する中で、人類の発展を支えてきた主要なエネルギー資源の生産が減少する状況に直面することになる。

世界の石油・天然ガス全炭化水素生産推移予測

(C. J. Campbell, 2002シナリオより)



ニューヨーク取引所での原油価格の急騰やガソリン価格の高騰に垣間見られるように、世界的に石油生産が消費に追いつかず、既に石油供給の逼迫が始まっている。エネルギーの根幹を成す石油の減耗は、現代社会が依存する化石燃料やウラン資源の将来を暗示している。人口の増加と温暖化がエネルギー資源の枯渇の進む中で進行することは、人類社会の適応にとって選択肢の幅が狭くなることを示している。

世界の一次エネルギー供給(石油換算:万トン)は、2001年現在石油36.4億トン(35.8%)、石炭23.4億トン(23.0%)、天然ガス21.2億トン(20.9%)、原子力6.9億トン(6.8%)、バイオマスおよび廃棄物10.9億トン(10.8%)、水力2.2億トン(2.2%)、地熱・太陽光・風力0.5億トン(0.5%)となっている。化石燃料を含む再生の不可能なエネルギー資源が87.9億トンとなり、一次エネルギー資源全体の101.7億トンの86.5%をも占めている。現在一次エネルギー資源の35.8%をも占めている石油から、新しいエネルギー資源へエネルギーシフトすることがいかに大変なことであるかが理解できる。

日本の現状はさらに深刻な状況である。日本の一次エネルギー供給(石油換算:万トン)は、2001年現在石油2億5610万トン(49.2%)、石炭1億19万トン(19.2%)、天然ガス6480万トン(12.4%)、原子力8336万トン(16.0%)、バイオマスおよび廃棄物524万トン(1.0%)、水力724万トン(1.4%)、地熱・太陽光・風力381万トン(0.7%)となっており、石油への依存が著しい。また化石燃料を含む再生の不可能なエネルギー資源が5億445万トンとなり、一次エネルギー資源全体の96.9%をも占めている。日本においては一次エネルギー資源の半分近くを占めている石油から、新しいエネルギー資源への急速なエネルギーシフトを実行する必要性に迫られていることが理解できる。

石油資源の減耗に続く石油価格の高騰をもたらす事例を挙げてみよう。一次エネルギーとして石炭が占める割合は、全世界では23.4億トンで一次エネルギーの23.0%、日本では1億19万トンで一次エネルギーの19.2%という大きさである。一方、日本の炭鉱は2002年1月北海道釧路市の太平洋炭鉱の閉山を最後に、主要炭鉱は全て閉山している。わずかに小規模炭鉱が残っているが、2002年以降石炭産出の統計も取られていない。

このような現状の中で、主要電力会社の石炭への依存度は強まり、このため石炭輸入は増え続けている。日本においては、近い将来石油火力発電は無くなり、石炭火力発電へのエネルギーシフトが起こることが確実となっている。世界的にも今後石炭需要は増え続けると予想されており、石油から石炭へのエネルギーシフトは急速に進みつつある。石炭燃焼はロンドンスモッグ事件にみられるように、環境上の大きな問題を含んでいる。また石炭も化石燃料の一種として生産には限界があり、その将来もそれほど安定したものではない。

エネルギーシフトを実施する場合、エネルギー資源の量の問題とエネルギー利益率(EPR)もしくは純エネルギー(EROEI)の検討が欠かせない。エネルギー資源についての考察は、「豊かな石油時代が終わる」(石井吉徳他:日本工学アカデミー・環境フォーラム編,2004)に詳細に述べられている。ここではエネルギー利益率について解説した「The Party's Over」(Richard Heinberg,2003)より要約した結果を下表に示す。

石油減耗は石油に依存した車社会の現代都市住民の生活を徐々に困難なものにしていくと考えられる。車の燃料は大部分が石油に依存しており、未だ適切な代替策がみられないためである。公共交通網の早急な整備が最重要課題として浮上してくると予想される。公共交通網が未発達な途上国にとっては、その整備が急がれる。一方、先進国の中においても、車社会の申し子であるアメリカ合衆国の場合のように、世界の何処よりも深刻な問題として捉えている事例も存在する。最近のアメリカ政府の身勝手な行動は、その背景に社会の存立基盤が脅かされるという不安を、産油国を抑えるという形で体現化したものと考えられる。

一方石油減耗は農村社会にどのような影響を及ぼすと予想されるのであろうか。現在の農業は農業機械、肥料、農薬、ビニールハウスに至るまで完全に石油文明に依存している。石油生産の減耗が身近に迫っている中、農業生産をどのような形に切り替えていくのか世界的に大きな問題となってくると考えられる。特に石油に全面依存している日本の農業は石油製品の価格が高騰していった場合、現在以上に苦しい経営を強いられる可能性がある。そのような予測が出てきつつある現在、予測に対応した農業の再建策の検討が必要と考えられる。

人為的なCO₂の発生は、主に化石燃料の燃焼に由来するが、植物や海洋により吸収されない半分程のCO₂は、徐々に大気に蓄積し大気中濃度が増加するため、温暖化が加速することになる。ハワイマウナロアにおける観測では、1959年316ppmvを示していた大気中CO₂濃度は、この40年間に渡り平均して年1.5ppmv(0.4%)増加し、2002年には過去42万年で最大とされる373ppmvに達し、現在も増加し続けている(Keeling and Whorf, 2003)。

表 エネルギー資源とエネルギー利益率 (EPR、EROEI) の関連

エネルギー資源の種類	エネルギー利益率(EPR: Energy Profit Ratio) 純エネルギー(EROEI: Net Energy) Energy Return on Energy Invested (エネルギー資源としては 1.0 以上が必要)
化石エネルギー資源	
石油およびガス	
1940 年代 (主要な大油田)	発見油田 100 以上
1970 年代	生産中油田 23.0、発見油田 8.0
石炭	
1950 年代	80.0
1970 年代	30.0
オイルシェール	0.7~13.3
電力生産	
原子力	4.0
水力	11.2
太陽光	1.7~10.0
地熱	4.0
アルコール	
エタノール-トウモロコシ実	1.3
エタノール-トウモロコシ殻	0.7~1.8
エタノール-サトウキビ	0.8~1.7
メタノール-木質	2.6

このため世界気象機関(WMO)、国連環境計画(UNEP)、各国政府は「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」を組織し、メタン、亜酸化窒素、フロンなどCO₂以外の温室効果ガスの寄与を加味し、地球温暖化を予測している (IPCC の第三次報告書、2001)。IPCC の予測ではあるが、2100 年までの予測を止め、2050 年までの予測を加筆し掲載する。石油減耗が現実となりつつあるため、2100 年までの予測は適切でないため除外する時期に来ている。

長期的予測は適切ではないが地球温暖化は既に起こっており、この 100 年間に地球の地表温度は、0.6±0.2°C 増加している。特に 1990 年代以降、世界的に温暖化が顕著になりつつあり、1990 年代は過去 1000 年の中で最も温暖な 10 年間であったことが判明している。急速な温暖化により近年冬季の積雪の減少、急速な氷河融解や雪解けによる洪水、夏季における頻繁な猛暑や早魃が記録されている。

表 CO₂排出シナリオによる世界人口・CO₂濃度・気温変化・海面上昇の予測
(IPCC, 2000; 2001)－石油減耗に沿ったシナリオの再評価が早急に必要

年	世界人口 (億人)	CO ₂ 濃度 (ppmv)	気温変化 (°C)	海面上昇 (cm)
1990(基準年)	53	354	0	0
2050(シナリオ) 石油減耗のシナリオに基づいた再評価が必要	84-113	463-633 予測の幅の低いCO ₂ 濃度が現実的	0.8-2.6 予測の幅の低い気温が現実的	5-32 予測の幅の低い海面上昇が現実的

4. 温暖化による人間社会への影響

－感染症－

感染症は一時期克服され地上よりなくなるのではないかと予想された時期もあったが、予想に反して途上国を中心に、感染症は現在でも重要な死因となっている。その中には農村の養鶏業者を悩ませている鳥インフルエンザ（高度病原性鳥型インフルエンザ）やサーズ（SARS:重症急性呼吸器症候群）のように、新興・再興感染症として突然出現し、社会にパニックを引き起こす例も多い。サーズも動物起源であり、その意味で野生動物や家畜と人間の接点が広がりつつあることが問題とされている。

表に WHO が集計した世界の主要な感染症による死亡数を示す。結核や動物媒介性感染症はアジア・アフリカに多い感染症であるが、特にアフリカにおいてはエイズ・結核・動物媒介性感染症の重複感染が問題となる。エイズは免疫系細胞のリンパ球を攻撃し、人の感染抵抗性を低下させるために、重複感染により重篤化しやすいからである。日本においても結核は高齢者に対する大きな脅威であるが、体力の落ちる夏場に発症する事例も多いことが知られている。エイズは2003年末時点で、感染者数4,000万人、死亡者数300万人を数え、いずれも年毎に増加し続けている。結核とエイズ以外は、中間宿主の動物が媒介する動物媒介性感染症である。動物媒介性感染症は、気温や降水量に大きく依存するため、気候変化による影響を受けやすい。動物媒介性感染症は、環境衛生対策や治療施設の普及していない熱帯・亜熱帯地方・開発途上国の農村で猛威を振っている感染症である。

温暖化により拡大が危惧されているのは、熱帯・亜熱帯地方域に感染が広がっているマラリアやデング熱である。表には記載していないが、コレラや赤痢を始めとした下痢症は途上国における重大な感染症であり、児童を中心に現在も多くの人命を奪っている。温暖化により乾燥化が進んだ場合、飲料用の淡水源が不足し、飲料に不適な水源まで利用することとなり、現在でも深刻な下痢症の拡大をまねく恐れが強い。

マラリアは現在熱帯・亜熱帯の農村社会において猛威を振るう感染症であり、幼児・児童を中心に、毎年100万人から200万人の死亡が観察されている。ちなみに2002年のWHO報告では、112万人の死亡が観察されている。その死亡のうち90%は、サハラ砂漠以南のアフリカの児童であり、医療環境の悪化が甚大な被害となって現れている。温暖化によるマラリアへの影響は、ハマダラカ（媒介蚊）の生存域の広がり、蚊の吸血や繁殖行動の増加、病原体のマラリア原虫の生存域の

拡大として反映する。治療施設や治療薬の普及が進まない状況でマラリア感染域が拡大すると、重大な脅威となると予想される。このように動物媒介感染症の拡大状況は、社会における媒介動物の防除対策、地域における感染者の治療施設の普及、治療薬の入手状況により著しく異なる。

表 世界の主要な感染症による年間死亡数 (WHO, 2002-2003 年)

主要な感染症 (*は動物媒介性感染症)	世界における年間死亡者数(人/年)
*アフリカトリパノゾーマ症	50,000
*デング熱	21,000
*リユーシマニア症	59,000
*マラリア	1,124,000
*住血吸虫症	15,000
結核	1,644,000
HIV/AIDS (エイズ: 2003 年末)	3,000,000

—都市域の猛暑と住民の健康—

一方日本を含む先進国においては、温暖化による夏季の猛暑が問題となる。猛暑の際の生体への影響を、熱ストレスと称するが、人体に対しても様々な影響があることが知られている。日常的に経験することであるが、猛暑下でもある許容範囲の熱ストレスに対しては、人は適切な生理的順応を示す。しかし猛暑下における激しい屋外作業のような際には、適応破綻が起こる場合がある。一般に気温が上昇し熱ストレスとして感じると、人体は脳の体温調節中枢により熱産生系、循環系、発汗系の調節を行い、生理的に体温の上昇を抑制する。環境温度の上昇により恒常性の維持機構が破綻し、体温が上昇し脱水や塩分不足に陥ると、熱疲弊、熱痙攣、熱射病といった熱中症の症状が発現する。熱中症は季節的には夏季の高温下において多発し、適切な対応がなされない場合は重篤化し死亡する事例も発生しているため、熱中症発症に関しては注意が必要である。

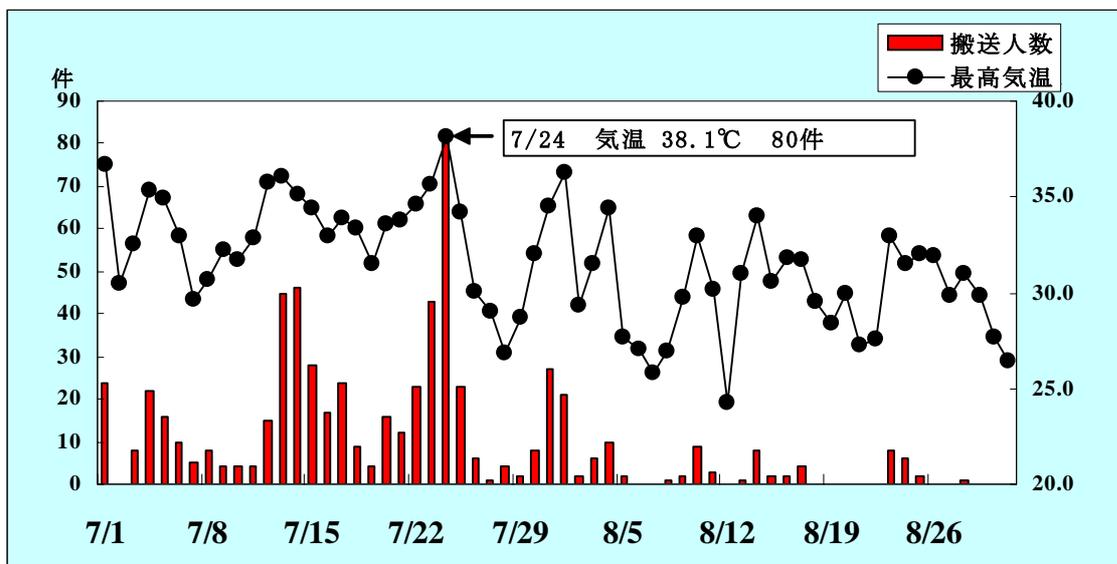
1990年代以降、世界的に温暖化の現象が顕著になりつつあるとされているが、健康や生態系への影響の著しい夏季の気温に関しては、世界各地において異常高温の発生の増加が報告されている。大陸気候下にあるアメリカ、ヨーロッパ、中国、インド内陸部においては、熱波といわれる猛暑が襲来すると、その熱ストレスにより多数の人命が失われる。海洋気候の多い日本においては、猛暑の被害は少ないと予想されていた。しかしインド洋に端を発したとされる1994年の記録的猛暑以来、近年日本においても夏季の猛暑による健康被害が報告されている。

温暖化による農村社会への影響としては、家畜や家禽等の動物への影響も重要である。2001年の猛暑の際は畜産農家への影響が大きく、各地において家禽や家畜の死亡が報告されている。特に乳牛のホルスタインは、熱ストレスに弱く猛暑の際の被害を大きくしている。また猛暑の際は、

鶏の産卵数や牛乳の生産量も減少しており、畜産農家の生活にも大きな影響を与えている。今後温暖化の進行により、農作物栽培への影響、自然生態系への影響、洪水・干ばつ等の自然災害による影響などが予想されている。珊瑚礁の国やデルタ地帯においては、海面上昇に伴う沿岸域の浸食や塩害の影響が広範囲に及ぶため、世界的には人の生活に対する影響について綿密な予測を行う必要があると考えられる。

1988年8月の中国南京において発生した熱波の事例や、1995年7月アメリカ合衆国シカゴにおいて発生した熱波の事例においては、多数の熱中症患者が発生する一方、熱波による猛暑が原因で亡くなり、一時は死体の処理が間に合わないほどであったと報告されている。中国、インドの熱波被害事例は空調施設へのアクセスの乏しい途上国での発生であるが、シカゴの熱波は空調施設の整った先進国の大都市における発生である。シカゴの事例では貧困かつ孤独な高齢者層が、空調施設にアクセスできず被害を大きくしたことが指摘されている。わが国を含め近代的都市における都市貧困層の抱える健康問題は、温暖化進行の中で大きな不安要因として残されている。

図 2001年夏季東京において発生した熱中症と最高気温の関係 (東京消防庁資料)



海洋気候下の地域が多い日本においては、これまで熱波に相当する著しい気象現象は起こらないと考えられてきたが、ヒートアイランド現象の進行と相まって大都市を中心に夏季における猛暑が著しくなりつつある。東京都における熱中症の発生動向は、日最高気温が30°Cを超える日に熱中症の発生がみられ、気温の上昇につれ発生が増加する傾向がある。また日最高気温が35°Cを超える際に、熱中症の発生が急増している。上図は2001年夏季に東京で発生した熱中症の解析結果であるが、気温との相関をよく示している。

しかしながら熱中症発生には男女差と年齢による差が著しい。自動車中での熱中症発生が社会問題となる0歳-14歳の小児世代は、身体の機能が活発に発達する段階にあり、成人に比べ環境温度に対する生理的適応能力が未熟であるとされている。また基礎代謝量が高く活動も活発なため、体内での熱産生が旺盛な世代と考えられている。暑熱を避ける行動的適応も十分発達していない面が強く、保護者や教育担当者の慎重な配慮が必要とされている。0歳-14歳の小児世代の熱中症発生動向は男女とも比較的類似し、比較的低温(男児は23°C、女子は26°C)より増加し、33°C

-34°C付近に発生のピークが見られる。また0歳-14歳の小児世代の熱中症発生は35°Cを超えて気温が上昇しても増加しない。先に述べたように小児世代の健康管理は、保護者や学校等の教育担当者の指導下に行われるため、適切な指導が行われれば、小児の熱中症は防ぐことができると考えられる。

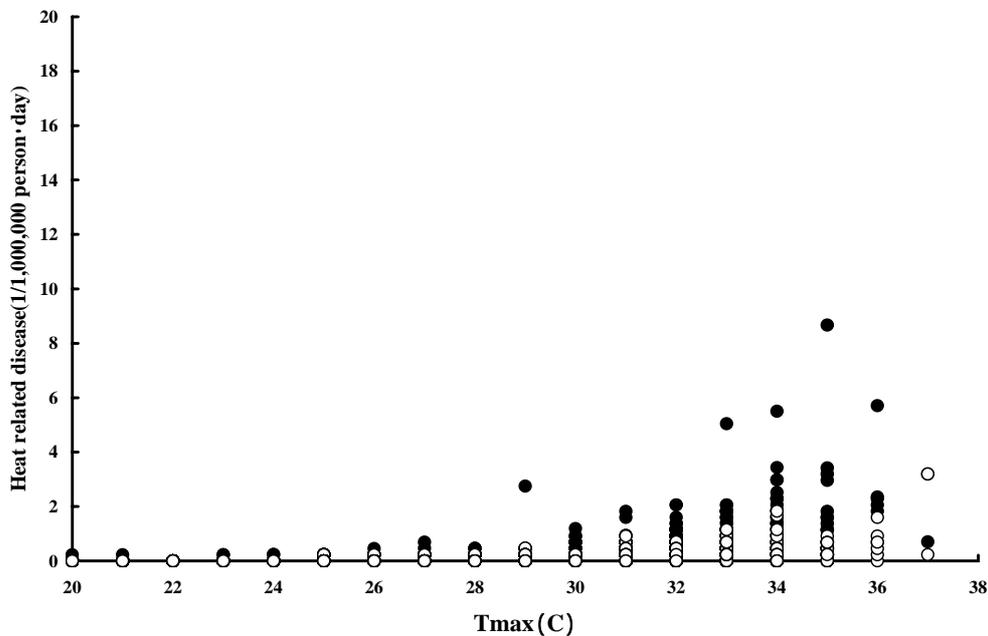


図 15-64 歳年齢層における日最高気温と熱中症発生率（男性：●、女性：○）

上図に示すように、最も生理的順化の高い生産年齢層（15歳-64歳）においては、熱中症発生は30°Cを超える付近から増加し、35°Cを超えると急増している。熱中症発生のリスクは性差が顕著であり、男性のリスクが女性よりも高いが、この年齢層においては、女性に比べ男性のリスクが著しく高く、行動的適応や生理的順化の違いが重要と考えられる。熱中症リスクの最も高い高齢者の熱中症発生は、比較的熱ストレスの強くない気温25°C付近から増加している。さらに気温の上昇とともに発生が増え、33°C付近で急増する傾向を示す。

都市の典型事例として東京の状況を考察し、その対極に農村を配置し検討すると、温暖化の進行に対する農村社会の対応策が示唆できる。社会全域的には森林を含む自然環境を保全し、道路等の人工的構築物を温暖化に対応した構造にし、地域冷却を図っていくことが必要と考えられる。道路は生活の基盤であり、農村においても道路を中心に家屋が配置されている。しかしながら、現在日本で普及しているアスファルト道路は熱吸収が良好なため、路面周辺の温度は気温に比べ著しく高温となる。道路に面した家屋においては路面温度の影響を直接受けるため、夏季の猛暑の際には都市部の家屋と同じような影響を受けることが予想される。幸い農村部においては空間的に都市に比べ余裕があるため、道路に面した空間に植栽を配置し、水の蒸散による潜熱を利用した家屋域冷却を促す必要があると考えられる。

日本各地において調査した結果では、残念なことではあるが高温への順化適応は少ないことが伺え、夏季猛暑の際には全国で熱中症発生の急増が観察されている。このような熱中症を予防す

るためには、猛暑の際の日中の外出や活動を控え、室温管理に気を配るとともに水分とミネラルの適切な摂取が必要である。

恒温動物にとって体温維持は精密な恒常性維持機構の下に行われているが、基本的に高温に対しては体温維持が困難な面を持っている。このように体温維持機構の破綻する状況である熱中症の症状を呈するのは人だけではない。恒温動物の中でも特に育種により選別された家畜は熱ストレスに敏感で、夏季の猛暑の際は多数の家畜が衰弱症状を示し、場合によっては熱中症により死亡する。このため現在の農業の形態を維持したままでは、温暖化の進行に伴い農業被害も大きくなることが予想されている。気候変化に適応した農業形態を創造する取り組みは、今後一段と重要性を増すと考えられる。

人については、猛暑の際は全死亡率さえも増加することが明らかとなっている。特に高齢者の死亡率は猛暑下で顕著に増加する。このように夏季の猛暑は、広く人や動物の生存にまで影響している。これから真剣に検討する必要がある課題であるが、温暖化とヒートアイランド現象の進行による熱ストレスの影響を積極的に軽減化していくために、様々な創意工夫が必要とされている。

5. 京都議定書

アメリカ合衆国が京都議定書からの離脱を表明し、途上国のエネルギー消費が増えつづける現在、温暖化の進行は防げないと考えられる。現在執りうる手段は、温室効果ガスの放出を抑制し温暖化の進行を出来るだけ遅らせる一方、温暖化に脆弱な社会から温暖化を視野に入れた社会への対応を図ることである。大都市においてはヒートアイランド現象が加味されるため、熱ストレスへの対応はより困難なものとなるが、農村においては温暖化による影響の緩和が可能と考えられる。京都議定書は世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)を中心に各国政府が協力する「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」の評価報告を基に、国連主導下で1997年開催された地球温暖化防止京都会議(COP-3)で合意されたものである。

温暖化緩和策は、温室効果ガスの発生源管理と温室効果ガスの吸収源の拡大に分けられる。1990年実測値を基準とする二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素と1995年実測値を基準とするハロゲン化炭素(フロン、代替フロン)、六フッ化硫黄などの温室効果ガスの排出抑制が必要となる。緩和策が実行に移されれば、現代のエネルギー供給の中心を占める石油・石炭使用の抑制のために、産業、運輸、農業、家庭生活に至るまで、あらゆる分野が大幅な変更を迫られることになる。

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)加盟国は、締約国会議(COP)において「大気中の温室効果ガスの濃度を、気候系に人為的な危険な干渉が起きないレベルにまで安定化させる」ことを目標に協議し、下表に示す京都議定書を批准してきた。アメリカ合衆国の離脱に続き、ロシアも京都議定書の批准を長い間保留してきたため、議定書発効に必要な「先進国及び市場経済移行国」全体のCO₂の総排出量の55%を越える参加国の批准に漕ぎつけず、議定書の発効は見送られてきた。ちなみに1990年時点における「先進国及び市場経済移行国」の二酸化炭素排出量は、1位のアメリカ合衆国が36.1%、2位のロシアが17.4%、3位の日本が8.5%、4位のドイツが7.4%となっており、アメリカ合衆国とロシアで53.5%を占める。ロシアの2004年11月の批准により、その90日後の2005年2月16日議定書は発効する予定である。

先に述べたようにエネルギー資源の根幹を成す石油は、2000年—2004年頃に生産量

のピークを迎え、今後世界的な石油資源利用を巡って熾烈な競争が起こることが予想されており、京都議定書は発効後も厳しい試練に立たされると予想される。

表 主な「先進国及び市場経済移行国」、途上国の温室効果ガスの削減目標

主要国	EU	日本	カナダ	ニュージーランド	オーストラリア	ロシア	途上国	USA
2008-2012年における(1990年比)の削減目標	-8%	-6% 2003年 時点-14%	-6%	0%	+8%	0%	現段階は 目標設定 無し	離脱 国際約 束は-7 %

前に述べたように、2002年11月時点での年間二酸化炭素放出量は、日本においては1990年に比べ約+8%(+7.6%)の二酸化炭素の排出増が起こっているため、京都議定書発効により「2008年から2012年の第一約束期間」に、1990年比-6%、2002年比で約-14%という著しい温室効果ガス削減目標を達成する義務が生じる。現在各層における取り組みが始まってはいるが、達成目標が2008年から2012年の間とされているため時間的余裕がない。さらに-14%とされる水準の削減は、通常の努力では達成の非常に困難な削減目標である。

地球環境を守るために京都議定書を締結することは、化石燃料を消費して工業化を進めた先進国として責任ある態度であるが、我々の日々の生活、地域活動、企業活動、農業生産、社会のあり方に大きく関わってくるのがわかる。その目標達成のためは、エネルギー利益率(EPR、EROEI)に配慮しながら、風力・バイオマス、太陽光等の自然エネルギーの利用拡大と徹底した省エネルギーの実行が必要とされている。

6. 原子力利用の問題点

原子力発電については、相次ぐ原子力発電所のトラブル隠しに加え、使用済み核燃料の処理に関する調査資料の隠蔽等、国の将来を危うくする原子力政策のミスが常態化している。そんな中で日本においては原子力発電について、今も発電中に二酸化炭素を出さないことだけに着目して、さらなる建設促進を主張する動きがある。しかしウランの採掘、核燃料の製造、発電所の建設、発電後の廃棄過程においては、大量の石油や電力を消費し、建設に多量のセメントを使用するため、二酸化炭素の放出量は決して少なくない。

経済産業省が隠し持っていた調査資料は、膨大な国費を使い青森県六ヶ所村に建設中の原子力発電所の使用済み核燃料の再処理費用は、使用済み燃料の直接処分と比べ2倍近い費用がかかる試算を示していた。資料が作成された1994年から今日までの10年間、3兆円近い国費を浪費し危険な再処理路線を走り続けてきたことは重大な誤りだったことになる。これから重大な問題となる使用済み核燃料の高レベルの放射性核廃棄物をこのような隠蔽体質の組織に任せていいものか考えさせられる。しかし日々、長期間貯蔵する以外に方策のない高レベルの放射性核廃棄物は膨大な量発生し続けている。

地球の温暖化という未知のリスクを避け次世代の環境を守ることは大切であるが、将来の世代

に核廃棄物汚染のリスクを負担させることは、現世代の身勝手な論理といえる。ドイツや北欧では原子力発電を中止し自然エネルギーの急速な開発を進めている。日本においても自然エネルギーの拡大と省エネルギーの徹底は、総合的な意味において現世代のなし得る最善の手法と考えられる。世界各国において自然エネルギー開発が急速に進んでいるが、特にデンマーク、ドイツ、オランダを始めとしたヨーロッパ諸国において積極的な利用拡大が図られている。これら諸国では化石燃料から自然エネルギーへのエネルギーシフトを図るため、税制上の大幅な優遇処置を講じている。日本においても石油消費抑制のため、自然エネルギーに対する積極的優遇処置が緊急に必要とされている。

謝辞 本報告の石油減耗の資料に関して石井吉徳教授のご助言をいただいたことに、深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) C.J. Campbell: The Association for the Peak Oil Study. APOS-ODAC Newsletter 2) 石井吉徳他：豊かな石油時代が終わる。日本工学アカデミー（丸善、2004）
- 3) 安藤満：温暖化による熱ストレスと熱中症。地球環境 8, 211-219 (2003)
- 4) IPCC: Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability (2001)
- 5) Richard Heinberg: The Party's Over—Oil, War and the Fate of Industrial Society. New Society Publishers, Canada (2003)