

「熱を活用した低炭素型街づくり」

テーマ:低炭素社会にふさわしいまちづくり

京都大学大学院
地球環境学舎
環境マネジメント専攻
修士課程一年
鎌田 正篤

背景～低炭素社会とその現状について～

炭素依存社会からの脱却は 21 世紀の世界各国にて共通した大きな課題である。日本は世界的に見ても炭素資源消費量に対する生産量が低く、先進国の中でも特に石油資源から脱却し次世代エネルギーへの転換を進めなければならない国の筆頭でもある。その背景の中 2000 年の京都議定書では日本は 1990 年を基準に 6%の二酸化炭素排出削減の義務を負う事になり、また今年の鳩山前首相の演説では日本は 25%の削減を目標として定める事となった。しかし今、日本の二酸化炭素排出量は未だ目標値には到達していない。それどころか二酸化炭素排出量は近年まで増加し続けていたのである(図 1)。2008 年以降は経済危機に端を発する産業の停滞により二酸化炭素の排出量は減少する事となったが、これは景況変化に起因する変化の範疇であり根本的な問題の解決には至っていない。以下に二酸化炭素の部門別の排出量、推移について示す(図 2)が、これを見ると日本では産業部門、運輸部門が排出量を減少させている事に対して民生部門、また複合分野である業務その他部門での排出量の増加が顕著であるという事がわかる。これは産業部門では社会的な規制やコスト削減への要求に応え省エネルギー技術の導入や工場施設の海外移転といった排出削減の努力がなされた一方で、民生部門では具体的な削減義務や数値目標が課されてこなかった事もありずると排出量の増加が増加し続けたという事がうかがえる。しかし現状のような民生部門での増加分を産業部門での減少分で賄うといった構図は長くは続かない。今後、景気の回復に伴い産業部門での二酸化炭素排出量が増加した場合、日本の二酸化炭素排出量は大きく増加する事が予想される。民生部門の炭素排出を見直す事は必須である。

熱エネルギー消費～民生部門のエネルギー消費と削減可能性～

先述の図より日本で今、一年間で約 12 億トンもの二酸化炭素が排出されている現状と民生部門の抱える問題について確認した。しかし実際に民生部門といっても、これらのエネルギーは具体的にどの様に用いられているのだろうか。以下に民生部門における二酸化炭素排出の用途を以下(図 4)に示す。図から家庭において消費される全エネルギーの内冷暖房として約 15%のエネルギーが用いられているという事がわかる。給湯やキッチンでの消費も殆どが間接的に熱を生み出しているとすれば、30%を超えるエネルギーが熱として消費されるという事が指摘できる。三割近いエネルギーともなれば日本の削減目標の点から考えても無視できるものではない。これらのエネルギーは果たして必要不可欠なのだろうか。確かに現在の生活で冷暖房を始めとした熱供給は切っても切り離せないものではあるが、この全てが果たして削減不可能と決めるには早いといわざるをえない。現在の熱利用の環境には削減可能な、言い換えれば無駄となっている部分が多々存在する。例えば現在の人間の生活環境における熱の問題の一例として、ヒートアイランド現象が存在する。ヒートアイランド現象は都市圏での気温が周囲に比較して高くなる現象である。この原因としては人工物の排出熱や建築物による風の遮蔽、またコンクリートが敷き詰められる事で熱の吸収や保水性が低下する事等が指摘されている。これらの影響の寄与率の詳細については未だ不明な点も多いが、一つ判明している事として、生活環境の悪化が空調の過剰な使用へと繋がり、よりヒートアイランド現象を深刻にするといった悪循環が存在する事があげられる。この問題は直接温暖化へと繋がるわけではないが冷暖房を通じた炭素排出の原因として検討する必要がある。そしてこの原因を考察するに、人間の建造物により温度が上昇し、その対処の為に無駄なエネルギーを使用している事、更に一時しのぎの対処がより問題を深刻にしている事がわかる。これらの諸問題が現在の冷暖房の使用の問題点を端的にあらわしたものである事は間違

いない。

提案～エネルギーの効率的な利用方法とは～

これまでの内容から国内でのエネルギー排出は民生部門を中心に考えるべきである事、またその中でも冷暖房のエネルギーの利用効率向上による二酸化炭素排出には検討すべき点がある事を指摘した。本項ではそれらの問題提起に基づきながら、よりエネルギーを効率的に活用できる街づくりとして、今回の低炭素社会へ向けた方法の提言を行う。そしてこの構想に基づいた社会づくりではとして熱エネルギーの有効利用に基づいた都市環境、街づくりを幾つかの実例とともに紹介していきたい。

まず提言内容としては大きく四つの内容を紹介する。

- ① CHP の活用とその利用網の検討
- ② 家屋の構造における断熱性の向上
- ③ 植物の機能評価と利用検討
- ④ 風の循環と利用

の四点である。以降にこれらの機能と可能性についてそれぞれ紹介する。

① CHP 活用とその利用網の検討

まず私が熱エネルギーの効率的利用を検討する上で最も重要だと考えるものが CHP(Combined Heat Power)による地域電熱供給である。CHP とは発電の際に生じるエネルギーを有効活用させ、熱や電気の利用効率を最大限高める方法である。日本では「コージェネレーション」といえば耳にする機会もあるはずである。この方法に地域電熱供給という考え方を加味する。地域電熱供給とはローカルエリアで熱供給施設を用いて熱を蓄え、送熱管等を用いて各家庭までの熱、電気エネルギーの利用を連動させ、カスケード利用による効率化を図る方法である。いわば電力網の熱バージョンといったところである。この方法を用いる利点としてはエネルギーの利用率が格段に向上する事である。現在のエネルギー利用の発電時点での概況を紹介したい。以下(図 5)は少々古いが、エネルギー供給と最終消費までのフローとエネルギーの流出入を簡略に図示したものである。ここで一つ注目すべきは一般電気事業と自家発電の項目である。この図からわかる事として、発電事業はその必要エネルギー中の約 60%を発電、送電の段階でロスしているという事が判明する。発電の際にはエネルギーを生み出す為の高温の蒸気、ガスを使用するが、利用後のこれらの気体は海水により冷却される。この際に取り除かれる熱は大体が廃棄されていると言える。実際には発電施設もこれらのエネルギーを再利用するべく熱の回収、再利用を行っている。しかしながら産業用に利用する事が難しい事も手伝い、これ等のエネルギーの多くが今現在も廃熱ロスとして存在するわけである。産業としては利用の難しいエネルギーとはいっても、このエネルギーの量自体は膨大である。特に民生部門で普段使用しているエネルギーと比較すれば遥かに多くのエネルギーが現在も眠っていると考え事が可能である。またこれらの熱は一般に高温であるが冷却目的に用いる事も可能である。熱エネルギーを用いて冷却を可能とするユニークな技術としては代表的なモノとして「吸収式ヒートポンプ(吸収式冷凍)」に代表される技術が存在する。これは化学変化の際に生じる熱エネルギーを利用し温度差を元に冷房を行う化学ヒートポンプであり、現在の蒸気圧縮のもの比べて電力を利用しないというメリットがある。この技術を応用すれば工場的一方では熱を排出して製品を作り、オフィスのエリアはその廃熱で冷房を賄う、といったようなエネルギーの効率化を図る事が出来る。

発電施設以外にも副産物として生じる熱エネルギーを利用する方法、またその実践例は既に複数存在する。例えば発電やゴミの焼却の際に生じる排熱を各家庭での給湯や暖房に利用すると

った方法等が該当する。これらの熱エネルギーを他の用途に用いる事で本来ならば廃熱ロスとして計上されるエネルギーを可能な限り再利用する事が可能となる。結果、エネルギーの利用率の向上が達成できるわけである。実際に CHP 技術や地域電熱供給を有効活用している例では、多いもので 90%以上のエネルギー利用効率を誇る物も存在する。また発電時の廃熱以外にも夜間電力を利用した熱への転換も有効なエネルギー利用である。一般的に電力消費量は日中～夕方にかけてピークとなり、夜間にその消費量は最低になる。この日較差に対して発電量は完全には対応できず夜間電力の内、余剰となったものは廃棄されているのが現状である。夜間の余剰電力を熱源として利用、蓄積し、昼間のエネルギー使用を減少させるこのアイデアは日本でも家庭用ヒートポンプ等の形で普及が図られている。この発想は街や地域の単位に拡大する事が可能であり、その事により効率的な使用が可能になると推測できる。個々の家庭と比較して規模を拡大させる事で消費量を平準化させる事が可能となるからだ。熱の輸送方法としては送熱管を配備する方法が最も一般的であるが最近ではコンテナタイプの保温装置を用いた熱輸送の方法も存在する。いずれにせよ熱である以上電力と同様、距離に応じて送熱ロスが生じる事を検討した上で供給ネットワークの構築を図る必要があるだろう。

② 家屋の構造における断熱性の向上

日本の伝統的な住居は諸外国の住居と比較して通気性が高い一方、その断熱、放熱性については今迄あまり検討されてこなかった。これには日本の多湿な自然環境や石造りの建築技術が発達しなかった事など理由はあげられる。しかし建築技術の発展や住居の欧風化が進んだ現在にあってもこれらの熱管理への関心は未だ低いように感じる。家屋の断熱性が向上すれば冷房、暖房の熱が発散されにくくなり結果として冷暖房に要するコストを削減する事が出来るだろう。

さてここで上記①、②を実際に行っている例としてデンマークの取り組みを紹介したい。デンマークでは国を挙げて効率化に取り組んでおり CHP の普及率も世界トップクラスの 62%に達する。また地域熱供給も浸透しており 50%以上の世帯で普及している。地域毎のプラントは全て合わせると 230 にもなり用いているエネルギー源も石油に始まり木質バイオマスや太陽光、地熱に至るまで多岐に及んでいる。デンマークでは欧州自体が環境に対して厳しい基準を設けている事もあるが、厳しい自然環境も手伝い熱を大切にす文化が育まれていたともいえる。デンマークでは断熱にも配慮がなされており、部屋の窓を二層状にした二重窓や壁の外側に断熱材を加えた外断熱壁の利用といったような暖房熱の有効活用にも意匠をこらしたものとなっている。こういったエネルギー利用効率の向上を社会全体で考えるデンマークの取り組みから日本も多くの事が学べるだろう。

③ 植物の機能評価と利用検討

植物もまた低炭素社会の構築には欠かせない存在である。植物は自身の成長を通じて炭素を吸収、固定する。これは炭素吸収源として排出量削減の一翼を担っている事は既に周知であるが、植物の働きは街の熱問題、特にヒートアイランド問題に対しても有効である。ヒートアイランド現象の原因については既に説明したが、植物による緑化はコンクリートによる熱の影響を和らげる。一般的に真夏でも森林の中では外部と比べて格段に涼しい事が多い。これは樹冠が光を防ぐ事だけではなく、蒸発散の作用も働いている事が指摘される。植物の蒸散は気化熱を通じて周囲の温度を低下させるとともに水分を供給する働きを持っている。この水分の供給と光の遮断による緩和効果により涼を得る事が可能となっているのである。また熱以外にも生活空間に植物が存

在する事は人間のリラックスや目の保養、健康にも良いといった効果があるということも知られている。QOL(Quality of Life)の向上といった側面からも植物の存在する環境を創造し、街づくりに組み込む事の利点は大きいと言える。

街づくりにおける生活環境の緑化の一例としては鹿児島県鹿児島市の市電における線路面の緑化活動を紹介する。鹿児島市では市民の公共の交通機関である路面電車の線路の一部分の緑化を進めている。この事により人口密集地のコンクリート面を緑化し、また多くの市民の生活環境に緑を提供する事に成功している。行政がより良い街づくりの一環として、主導して生活環境における緑化を推進した好例といえるだろう。

④ 風の循環と利用

風もまた熱と深い関わりをもつ要素である。風は自然の有する拡散機能の一つととらえることが可能である。実際に温度の差は大気の流れを生み出す一因である。しかし現在の高層ビル街を中心とした建築群は風の通り道に関する配慮が余りなされていないように感じる。ヒートアイランド現象の原因の一つとして風の通り道が確保されていない事がその理由として考えられる。この風の通り道を確保する事で生活により生じる排熱や放射熱を効率よく拡散させる事が可能となるであろう。更に風には体感温度を低下させる働きを持つ。扇風機を使った際に涼しく感じるのはその為である。常に一定の風が吹く環境を創造する事で電力に依存しない空気の循環を行う事が可能となるであろう。

総括～「三つの”道”」提案と今後の展望～

最後にこれらの提案内容を総括し、低炭素を実現できる統一された街の基盤として「三つの”道”」の提案と紹介を行いたい。ここでいう「三つの”道”」とは新しい街づくりの規範として掲げる「熱の道」、「風の道」、「人の道」の三つである。

まず「熱の道」であるが、これは発電、熱供給施設からの送熱管のネットワークである。この配備を街づくりの概念に盛り込む事で効率的なエネルギー供給網を構築する事を目指したい。送熱のロスを最小にする事、また多様な発電方法や熱利用の可能性を検討する為にも熱供給施設としては小規模な発電施設や工場を利用する事を提案する。この熱供給施設を中心に小規模な電熱供給エリアを構築し、廃熱や冷熱、温排水等を有効利用する事を目的とする。大規模の都市では複数の小規模熱供給エリアを組み合わせ複合的なエネルギー網を構築する事でエネルギー需要に応えたい。また将来的に様々な新エネルギーが導入された際には、それぞれの方法に柔軟に対応し有効なエネルギー源として活用できる事も大きな魅力となるだろう。

次に「風の道」である。これは風の通り道を確保し、自然の持つ拡散機能による気温の低下を図ったものである。風の循環を確保する為に建築物の配置や高さの制限を再検討し、空気が循環するような経路を構築する事である。これにより都市の空気を適度に拡散できるようになり、街中の不快な熱気や湿度から解放されるだろう。

最後に「人の道」であるが、これは道路や通路を始めとする人間の道である。これは今迄の経済性や交通計画による利便性を重要視された道路から生活環境や自然へと共生した新しい形の道路を提案する。具体的には道路や路肩に面した建築物を緑化し、一定間隔で小さな森林の存在する自然公園エリアを設ける事。またビオトープ施設等を設けるといった自然生態系にも配慮した道路や歩道を提案したい。これにより生活環境におけるヒートアイランド効果を和らげると共に、自然と共生する街づくりを推進する。自然公園エリアは緊急時の避難場所としても機能させ

る事が可能である。この結果、過度の空調の使用を避けると共に快適な生活環境を提供できると期待できる。

将来的には代替の新エネルギーが実用化され、炭素排出問題が解決し過去の問題となる未来も来るかもしれない。しかしながらエネルギーという有限の資源を用いる上でその利用効率を高め、最大限活用する事は今も未来も重要な課題であり続けるだろう。今回紹介した提案を組み合わせる事で、エネルギーを活用した街や社会を構築し、より良い社会を構築する一助となれば何よりである。

図表



図1 日本の二酸化炭素排出量の推移

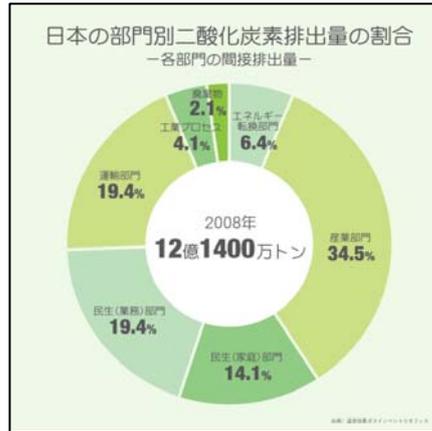


図2 日本の部門別二酸化炭素排出量の割合



図3 日本の部門別二酸化炭素排出量の推移

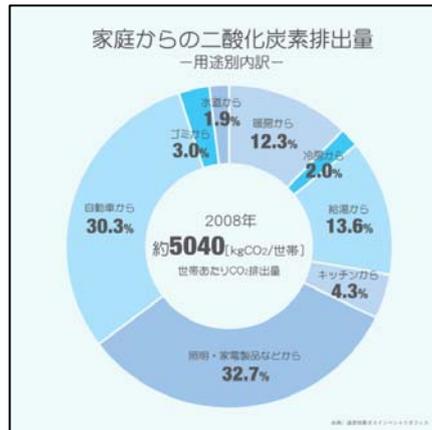


図4 家庭からの二酸化炭素排出量

以上の図については 出典)温室効果ガスインベントリオフィス

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト (<http://www.jccca.org/>) より

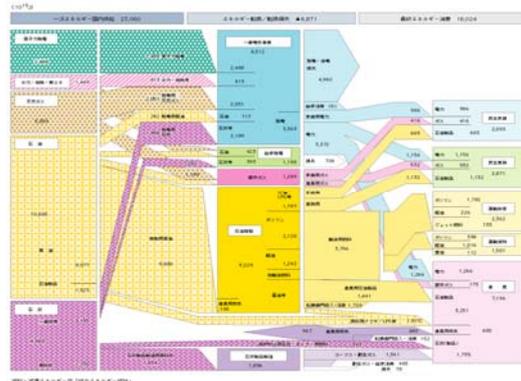


図5 資源エネルギー庁

「総合エネルギー統計 2004」より

(<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2006EnergyHTML/html/i2000000.html>)

出典・参考文献

国土交通省都市づくりガイドライン

温室効果ガスイベントリオフィス

(<http://www.gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>)

前田忠明 「コージェネレーションシステム等の普及・促進に向けた欧米の政策等について」 2009

田中俊六 「省エネルギーシステム概論—21 世紀日本のエネルギーシステムの選択」 2003

立田修 「地域熱供給事業の将来展望」 『エネルギー・資源』 1998