

気が付けば手遅れ



随 筆

香 月 正 司*

Inconvenient Sign of No-Return

Key Words : Collapse, Environment, Energy, Greenhouse effect, Carbon dioxide

昭和30年代前半、修学旅行で北九州地方を通ったとき炭鉱の近くにボタ山を見た。のちにそのボタ山のひとつで自然発火による火事が発生したというニュースが、新聞の社会面に写真とともに掲載されたこともはっきりと記憶している。その後、学部生の終わりになって製鉄所見学に出かけた際、散水設備からヤードに野積みにされた大きな石炭の山に水が掛けられていた。理由は舞い上がる石炭粉を抑えるためだと思ったが、本当は石炭が自然発火しないように内部から熱を抜き出しているのだとそのとき初めて知った。

可燃性混合気に点火すると、混合気の濃度と周囲の条件によって定まる燃焼速度で火炎が伝播するが、この燃焼速度は、自らの温度と組成分布が発熱率分布を支配する固有値として理解できる。燃焼速度の固有値問題を議論する際、既燃側の境界条件には断熱平衡状態の温度と組成を考えて差し支えないが、未燃側の境界条件としてどのような混合気組成を与えるべきか、明確には定まらないという冷境界問題に出くわす。これは温度がいかに低くとも反応が存在し、設定した冷境界に流入する混合気は、それより上流で反応した結果としての組成をもって流入しているはずで、基点の取り方によって冷境界の条件は変化する。すなわち、いつからどこから反応が始まっているか明確でない。さらにこの問題において、

われわれが通常「火炎」と呼ぶ反応領域はどこに存在するかを決めることもむずかしい。しかたなく反応率にしきい値を設け、その値に到達する位置をもって火炎と呼ぶことにするが、それがわれわれに認識できる火である保証はない。

ボタ山の自然発火はあるとき急に始まるのではなく、最初にボタが捨てられた時点からその時々々の温度に応じて炭素と酸素の反応は始まっている、最後に積まれたボタは、つい最近反応が開始しただけのことである。温度が低い間はどこかで反応が起こっていても、その頻度は極めて低いので、われわれは感知する手段を持たないが、わずかな反応はいつでもどこかで起こっており、それに見合う熱が発生している。われわれが「発火」ということばを使うとき、それ以前とは異なる突然の変化が現われたイメージを持つが、反応率は連続であって発火時点で特別な変化を示すことはない。ではどの時点で発火と呼べばよいか、それは目視でもよい、センサーを使ってもよい、人が感知した時点と考えるしかない。わずかな反応の積み重ねによって発生した熱がボタ山にこもり、長い時間を経てしだいに上昇した温度がさらに内部の反応の頻度を高めた結果、多くの人に赤い火が見えたとき、白い煙が見えたとき、焦げるにおいがしたときに火事の始まりと呼ぶしかない。それ以前から発熱反応は起こっていたにもかかわらず、人が気付いたときはすでに手遅れなのである。

熱力学の講義を受けた際、大気・海水は無量大であり、温度一定の熱源であった。おそらく今も多くの大学でそう教えているだろう。人工物からの温排水に関して、海水温度よりごくわずかな高い程度であるからほとんど環境への影響がないと言い訳しても、そのとき総量には言及しない。これは、大気・海水が無量大であった時代の論法で、個の事象により発生している微小な不都合を見えにくくしている。真



* Masashi KATSUKI

1941年5月生
大阪大学・基礎工学部・機械工学科
(1965年)
現在、元大阪大学大学院工学研究科機械
物理学専攻 名誉教授 工学博士 燃
焼工学
TEL : 0798-73-3280
FAX : 0798-73-3280
E-mail : family_katsuki@ybb.ne.jp

実は、現在の温度・濃度が問題なのではなく、上で示した発火のように、長時間にわたる積分値と現在の時間変化率が問題なのである。

大きな系、すなわちスケールが大きくなるほど個の変化が全体に及ぼす影響は小さくなり、全体を観察、あるいは管理する者にとって個の事象が見えなくなり、危険が感知されなくなる。いいかえれば、人は、それぞれ自分が日常していることは、社会全体、地球規模から見るとあえて取上げるほどの不都合を生じさせず、問題になることはないと思っている。日々生きて行く社会や環境の中で発生する不都合に対して、人は自ら原因となっているとは思いたくないもので、真実を知らされることを避けたがる。ただ、同じことをする人が増えた場合、すなわち、事象の起こる確率が増えた場合によろやく人々は不都合に気づき、人のせいだ初めて問題が発生したように思うのである。

生物学者の J. ダイヤモンドによると、モアイ像で知られるイースター島に初めて西洋文明が接触したとき、大きな樹木がまったくない島に、ごくわずかな住民が暮らしていたという。あれだけの巨大像を刻んだ島の過去の文明は考古学者の興味を引き、大掛かりな調査が進められた。遺跡のかまど跡の発掘物を炭素分析によって年代調査した結果、昔は世界で最も大きな種類の椰子が茂る森林があり、人口は万を超えたと推測される。外界とまったく交渉のなかった島の人口と、大型石像を多数生産する文明を支えるエネルギーは森林しかなかったはずで、日々島民の人口と生活レベルに比例した木を切り続けたに違いない。また、人骨の炭素年代分析によると、ある時期きわめて短期間に老人から子供を含む島民が死んでおり、そのころになると大きな樹木の炭は少なく、小さな草木の燃え殻が出てくる。これらのデータから、島民間で枯渇するエネルギーを巡って争いが起き、急速に文明そのものが崩壊していったという考えたくないシナリオが浮かび上がってくる。

日々椰子の根元でまきを焚いても、初期の島民にとって森は無限度であったであろう。人口が増え、島民の暮らしの中にエネルギーを多量に必要とする習慣や祭事が現れるにつれ、島の日常のエネルギー消費量が増加し自然のバランスを越えてしまったと考えられる。最後まで木を切り続けた島民はいつか自然の理に気付いたのである。この島の歴

史はまったく外界と隔離された小さなスケールで起こったがために、ひとつの文明の崩壊過程をきわめて鮮明に例示している。化石燃料に無縁のバイオエネルギー文明も決して持続型社会を保証するものではない。

人が社会を形成し日々生きる中で、ほとんどすべての活動にエネルギーが必要であり、20世紀は化石燃料、特に石油によって賄われて来たことは間違いない。その間、社会そのものの拡大と、活動の多様化と高度化が進む間に、社会全体が無意識のうちにエネルギー消費の増大を要求してきたともいえる。その中であって、燃焼は効率よく大量の熱エネルギーを供給する手段として、多くの技術の基盤を支えてきたことも事実である。熱技術者は、省エネルギーの旗の下、燃焼効率、伝熱効率、熱利用率の向上に努めてきた。ここでもう一度考えたいことは、目的とした有効な熱、有効な動力、有効な仕事に使われたエネルギーはその後どこへ行くかという問題である。いくら効率を上げて省エネルギーを達成しても、有効に使われた後は結局熱に姿を変えてわれわれの環境に散らばってゆくだけのことである。どんなに省エネルギー技術が進歩しても、一度使ったエネルギーはすべて熱となって環境にばら撒かれてしまう。

大気のない火星であれば昼間は太陽からの輻射エネルギーによって灼熱の砂漠になり、夜間は宇宙への放射によって極寒状態にまで冷える。これが太陽系惑星の熱の出入りである。地球は大気に覆われているので、入ってくる放射も若干和らぐが、出てゆく放射の一部が大気中に吸収され大気圏にとどまり、火星のように冷えることはない。大気組成の大部分を占める N_2 、 O_2 は透明であるから放射は素通りするが、 CO_2 、 H_2O は特定の波長の放射を吸収する。したがって、大気中の CO_2 濃度が増加すれば、夜間に宇宙へ向かって捨てていた熱の一部が大気圏に残り、冷え切らないうちに翌朝を迎えることになる。要するに温暖化は人間社会のエネルギーの使いすぎが原因であって、大気中の CO_2 濃度が現在のままでも、今より社会のエネルギー消費率が増加すれば冷える時間がますます足りなくなるのである。したがって、化石燃料を使用せず核エネルギーに置き換えたところで、社会のエネルギー消費率が減らない限り解決策にはなりえない。

燃焼研究が始まって以来50年、開発された数々の技術成果は高性能でクリーンな燃焼機器として産業界へ展開され、その普及にも貢献してきた。現在の省エネルギー技術は極めて高度なレベルにあり、微量排出物抑制技術も世界をリードするものになっている。これらはすばらしいことであり、喜ばしい成果であるが、個々の技術の効率が高まり、クリーンなものとなっても社会全体のエネルギー消費量の増加率がそれらを上回るものであれば、技術上の成果はかき消されてしまうことになる。

これまで燃焼研究は工業技術の発展と普及に貢献してきたが、社会のエネルギー消費量にはあまり目を向けて来なかったように思える。理由は、この問題がきわめて政治的であり、技術を専門とする者からは遠いところの問題と感じられるからであろう。しかしここへきてCO₂排出削減という新しい課題が浮上してきた。これは社会のエネルギー消費をどのように舵取りするかという政治的課題そのものなのだが、「社会の繁栄を損なうことなく、環境に調和した革新的技術開発を通して持続的社会を構築して行く」と唱えて、技術分野にそのまま重い課題を押し付けている。すでに燃焼技術がかなりの水準に高度化している現状では、このままさらなる効率上昇を追い求めても、微量排出成分をゼロに近づける努力を続けても、総エネルギー消費量が増え続ける従来型の社会を放置する限り今後の活動も将来の成果も小さなものになってしまうと心配される。燃焼研究が今探るべき道は、これまでのとは大きく方向の異なるものに変えてゆかねばならない。われわれは「ものづくり」を通して実は「社会づくり」の一部を担っているのだということに思いを至らさなければならぬ。

社会全体のエネルギー消費の中で燃焼技術を考えてみると、「効率よくきれいに燃やす燃焼」から「できるだけ燃やさないですむ燃焼」に立場を変えて技術進化の方向を見通すべきではないだろうか。これまで「省エネルギー技術」はエネルギー節約技術の中心にあった。これ自体は間違っていない。しかしもうひとつ先を考えると、ひとつの機器の省エネルギーが達成できても、機器の数が増えれば社会のエネ

ルギー消費は相変わらず増え続け、最後は環境を暖めることになる。上に「できるだけ燃やさないですむ燃焼」と書いたが、本当は「できるだけ燃やさないですむ社会」と書かねばならないのかも知れない。

個人的には「盆栽社会の創生」、静かで美しい小さな社会づくりをめざして行かねばならないときが来たと考えている。しかし技術の進歩には時間が必要である。そのための時間は残っているのだろうか。

先般開かれた北京オリンピックに向けて、車両ナンバーによる走行制限、工場の操業停止、臨時労働力の追い出しなどの努力により急激に北京周辺のエネルギー消費が減り、環境が改善された。そこで行われたことは技術的改善ではない。すべて政治であり、あの体制が実現したことである。このニュースは、われわれ技術者が時間をかけて努力していることが如何に小さなものであるかを感じさせる一方、社会全体への展開は政治抜きには実現できないことを思い知らされる。

1970年代の石油ショック、1990年代のバブル崩壊を経験する中で、日本の省エネルギー技術は著しい進歩を遂げた。にもかかわらず京都議定書の合意数値からは大きく逸脱したまま社会は走り続けており、いっこうにエネルギー消費量は減少傾向を示さない。その理由は、日本が「成長率」のものさしで社会を評価し続けているからであり、成長に比例して膨張する社会エネルギー政策が、エネルギー技術とは無縁の人にハンドルを握られているからである。ならば今何をなすべきか。無駄を抱えて広がり過ぎた大量エネルギー消費社会をそのまま維持することがますます矛盾を拡大するとすれば、社会の総エネルギー消費量を小さくする以外の選択はない。将来の持続社会づくりのハンドルを握るのは、過去の仕事の続きをする人ではなく、人間が生きるということに関して深い洞察、すなわち哲学をもつ人でなければならない。

東京へ向かうのぞみの車内で、行き先が誤りであると悟ったひとりの修行僧が、ぶつぶつ念仏を唱えながら16号車から1号車へ向かって逆に歩いたところで列車の速度は変わらない。もうすぐ東京である。