



平成25年度（第22回）ブループラネット賞
受賞者記念講演会講演録

ダニエル・スパーリング 博士

持続可能な輸送への革新的な道筋

ダニエル・スパーリング博士

この度は、旭硝子財団より権威ある「ブループラネット賞」受賞の榮譽に浴し、身に余る光榮に存じます。謹んでお受けするとともに、財団が率先して地球規模の環境問題の重要性を認識し、解決策を模索する私どもを勇気づけていることに、心から敬意を表し、深く感謝申し上げます。

世界は豊かになっています。過去20年の間に10億人以上の人々が極度の貧困から脱しました。私たちは今、人類史上最も健康で、教育水準の高い時代を生きています。しかしその一方で、20億人の人々がいまだに空腹を満たすことができず、教育を受けることも、基本的なサービスを利用することもできません。今日の私たちは、過去のどの時代よりも、貧困を根絶し、数十億人もの貧困層を中間層に引き上げる能力、手段、そして動機を持っているにもかかわらずです。

こうした課題に取り組み、より豊かになるということは、より多くの資源を消費することを意味します。しかし現在のような持続不可能なエネルギー利用に基づいてそのような消費を続けた場合、気候変動という別の危機に直面することになり、それは私たちがこれまで苦勞して得てきたものを失わさせるだけでなく、人類の未来を脅かすことになるのです。

2050年には、世界人口は90億人に達すると予測されています。今日、その内の約10億人がヨーロッパ、北米、日本という豊かな国で暮らしています。残りの80億人がそうした国と全く同じ消費行動をとると仮定すると、現在12億台の自動車は2050年には60億台となり、世界全体の高炭素化石燃料の消費は激増し、温室効果ガス排出量も飛躍的に増大します。自動車台数の5倍増は、特に大きな気候変動への備えが十分ではない貧しい国々に、大惨事を引き起こすことになるでしょう。

私たちが取り組むべき課題はそこです。豊かな国は化石エネルギーへの需要を抑えると同時に、率先して低炭素なライフスタイルを確立し、実践することができるようでしょうか。先進国は、新興国が環境にとって持続可能な経済やライフスタイルを実現する手助けをし、新興国の繁榮を促し、高い質の生活を享受できるよう支援することができるようでしょうか。

新しいパラダイムが必要です。人々がより豊かに消費し自由に動き回りながらも、生態系の破壊、気候変動、水資源の枯渇、種の絶滅、大気・土地・水の汚染を引き起こさないパラダイムです。

人間は信じられないほど創造的です。しっかりした目的意識さえあれば、精力的かつ効果的に行動します。マルサスをはじめとする初期の人口問題研究で予測された、幾何級数の人口増に対し食糧等生活資源は算術級数的にしか増加せず不足するという考え方は間違っていたことが証明されました。イノベーションに対するインセンティブが働きさえすれば、人間は驚くべき発明を生み出し、都市や経済システムを再構築してゆきます。過去数十年に起きたイノベーションは、とりわけ驚異的です。新素材の開発やデジタル・コミュニケーションの発達により、新たな産業形態やライフスタイルが生まれました。パーソナル・コンピューター、インターネット、そしてスマートフォンの登場によって、生活が豊かになり、生産性が向上し、そして起業

機会が拡大しました。

創造性と政治的決断が、例えば日本・米国・ヨーロッパの都市では、非常にきれいな空気や水といったその他の環境上の利益をもたらしました。このような改善や向上が図られたのは、公害の根絶というゴールに焦点をあて人間が自らの創造性や資源を生かしたからです。まだまだすべきことはたくさんあります。しかし、これまでにかなりのことを成し遂げたということに皆さん、勇気を持ちましょう。

気候変動問題は、克服すべきより大きな課題です。これまで各地で起きた大気汚染では、自動車やトラック、工場、製油所、発電所に、技術的な対応策を講じるか、汚染源を世界の他の地域に移転する方法で対処してきました。こうした対応策が取れないか、取りたくない産業は、経済的に成り立たせるため規制の緩い地域に生産拠点を移しました。現在、そのような地域の多くは深刻な公害問題に直面しています。気候変動問題に取り組むには、まったく新しいレベルのスキルと決意が必要で、技術的対応だけでなく、産業全体および人工構築環境を変革する必要があるのです。

ここからは私たちの社会の一部門である交通運輸部門に絞ってお話したいと思います。私が長年従事してきた分野です。交通運輸部門が全世界の温室効果ガス排出量の20%を排出していることが分かっています。根本的な課題は、現在、交通運輸部門が（高エネルギー消費の）乗用車やトラックで席卷されていることです。自動車は、他で真似をできないほどの可動性（モビリティ）、快適さ、利便性を提供します。そしてトラックを利用すれば、道路があれば陸上のほとんどどこへでも、出発地から目的地まで商品を柔軟に輸送することができます。今私が暮らすカリフォルニア州は、車中心の都市とライフスタイルのパイオニアともいえる州で、乗用車やトラックからの排ガスは排出される温室効果ガス全体の40%を占めます。過去100年間続いたこの傾向やパターンを元に戻し、より持続可能な交通運輸に関わる技術や人間行動に移行することが課題なのです。化石エネルギーを大量に消費して経済的利益を得てきた先進国の10億人は、カーボンニュートラルな未来を築くための、イノベーションと変革を受け入れ、支持する必要があります。

変革は急を要します。人類はこれまでに1,400ギガトンのCO₂を排出してきました。気候科学者によれば、さらに500ギガトンのCO₂が排出されると、地球の平均気温は摂氏約2度上昇するといえます。気温が2度上昇した場合、気候が変動する可能性は高いものの、大規模な災害を引き起こすような深刻な影響は避けられると考えられています。しかし実際には、平均気温上昇を2度に抑えることはおそらく不可能でしょう。現在世界は毎年31ギガトンのCO₂を排出しており、この排出ペースが続けば、わずか16年で500ギガトンに達してしまいます！その時点で世界全体のCO₂の排出量を直ちにゼロにしなければ、気候大災害の脅威を回避することはできません。そんな突然の変革は不可能です。この単純な計算予測は、世界が直ちにCO₂の排出量を削減し始める必要があることを意味しているのです。

排出量を大幅に削減するには、地殻に存在する化石エネルギーの多くを採掘しないでそのままにしておくしか方法はありません。1962年から1986年までサウジアラビアの石油相を務めたシーク・ザキ・ヤマニ氏は、「石器時代が終わったのは石がなくなったからではない。そして石油時代が終わるのは、石油がなくなるからではない」と述べています。私たちに残された時間はそれほどないことを考えると、化石エネルギーの使用を徐々に減らし最終的にゼロにする方法が何かあるのでしょうか。

私たちは以下の項目に取り組む必要があります：

1. 過去50年から100年の間を支配した車中心のパラダイムを変え、新しい開発モデルを考案する。

2. 技術的・制度的革新（イノベーション）のポートフォリオを追求し、各都市・地域・経済圏に最適なその配分と詳細を策定する（完全に新しい発明の誕生を待つ必要はない）。
3. 直ちに排出量削減を始める。
4. 最終状態の望ましいビジョンをはっきりと思い描く。ただし、戦略的に後悔せず望ましい変革の道筋に根ざした漸進的アプローチを重視する。
5. 効果的で受け入れ可能なイノベーションを実施するのに支援を是が非でも必要とする、地方、地域、国家レベルのコミュニティや政府を助けるために科学的観点が政策により良く取り入れられるよう研究者の関わりを支援する。

再生可能エネルギーに依存した地球の最終状態を思い描くのは簡単です。そのような姿は望ましいだけでなく、むしろ必然的です。しかし、現在の化石エネルギーに依存した世界から、太陽・水・風・植物などの自然から生まれる再生可能エネルギーに依存した世界に移行するには、どうすればよいのでしょうか。化石燃料を卒業し離れて、都市や交通運輸システムをもっとエネルギー効率の高いものへと再構築するには、どうすればよいのでしょうか。現在の経済や社会は、エネルギーを主に石油・天然ガス・石炭などの化石燃料に依存しています。私たちはモビリティの高さや快適な生活空間を求めており、さらなるモビリティと空間を求める声に応える形で都市は不規則に広がるというスプロール化が進み、既存の大企業や消費者の大多数は変化に抵抗しています。このような状況下で、経済や社会をどのような方法で変えていけばよいのでしょうか。

今後予想される状況と傾向

多くの人びとは、化石燃料の価格を高くすれば、企業、ライフスタイル、都市のあり方を変える動機付けになると考えていますが、そうはならないでしょう。原油やその他の化石燃料の価格相場はもう一段高くなる可能性はないでしょう。実際、世界のエネルギー需給予測や炭素排出量予測のほとんどは、原油価格を1バレル当たり100ドルから150ドルと想定しています。この価格は現在の価格と大して変わりません。場合によっては、原油価格はもっと下がるかもしれません。最新の資源探査技術や抽出技術によって、化石燃料の採掘は容易になり、コストが下がっているからです。最近の例で言うと、米国のシェール層やカナダのオイルサンドから採取される原油が増えています。また、世界中で自動車の燃費基準が厳格化されていることも、原油価格に対する引き下げ圧力となっています。

かつて石油輸出国機構（OPEC）は、減産によって原油価格の維持を目指したものです。OPEC諸国の大半は、国民の政治的不満を抑え込むための社会プログラムや補助金のためにこうした資金が必要だという単純な理由から、こうした事はますますありえなくなっています。ほとんどの産油国では、国家予算の半分以上は石油からの収入でまかなわれています。つまり、原油価格が1バレル100ドル以下に下落する可能性も1バレル150ドル以上に高騰する可能性も大いにあるということなのです。

最も重要なことは、原油価格の上昇が、交通運輸部門のエネルギー消費量や温室効果ガス（GHG）排出量の増加の抑制につながるという予測には頼れないということです。原油価格を頼りにしても、交通運輸部門の石油使用量やGHGの排出量を削減できなくなれば、幅広く複数の戦略を組み合わせるしかありません。この戦略の組み合わせを紐解くには、交通運輸部門を車両・燃料・モビリティ（土地利用パターンやインフラも考慮する）を3本脚とする丸椅子のようなものと考えることから始まります。

皆さまに1つだけ計算式をご紹介します。こちらです：

$$\begin{aligned} & \text{温室効果ガス総排出量} = \\ & \text{車両走行需要 (年間車両走行距離) (km)} \\ & \quad \times \text{車両効率 (リットル/100km)} \\ & \quad \times \text{使用燃料の炭素原単位 (gCO}_2\text{/MJ)} \end{aligned}$$

まず最初に、車両需要、車両効率、燃料の3つについて傾向を説明し、次にこれらをより持続可能な形の方
方向に移行させるための戦略について掘り下げてお話ししたいと思います。

1. 車両走行需要：車中心の文化に向けて

3脚椅子の最初の1本の脚は、車両交通需要です。米国やその他の先進国の多く、さらには新興国でも増
えています。都市圏交通では車が他のすべての競争相手を打ち負かしてしまいました。米国は最も極端な
ケースですが、その他の国々も追随する形になっています。米国では、バス・鉄道などの公共交通が総旅客
走行距離に占める割合は、3%未満に過ぎません。自転車・徒歩は2%未満。飛行機は約10%、これはほとん
どすべて長距離の都市間移動です。残りは普通乗用車、ミニバン、スポーツ用多目的車、ピックアップト
ラックなどの小型車両が占め、その85%と圧倒的多数は乗車人員は運転手一人です。

米国の都市圏交通は実質的に「モノカルチャー」なのです。他の国々でもモノカルチャー化が進んでき
ています。ほとんどの人は、朝起きて、何も考えずに自動車に乗り込み、一日をスタートさせます。どんな交
通手段を使用しているか考えることさえしません。他の先進国は米国ほど極端に車中心の社会ではありませ
んが、同じ道筋をたどっています。現在のところ、欧州連合の27カ国で公共交通機関が総旅客走行距離に
占める割合は約16%、日本ではそれよりもやや多い程度です。ヨーロッパと日本では交通手段の約20%を
徒歩が占めますが、移動距離がとても短く、総走行距離のわずか数パーセントにとどまっています。ともか
く、いくつか例外はあるものの、他の国々でも米国のようなモータリゼーションが進んでおり、より多くの
自動車が通行できるように高速道路を建設しています。

私たちは、機能的観点から見れば60年間ほとんど変化していない旅客輸送システムを使い続けているわ
けです。確かに最近の自動車は高品質です。耐久性、信頼性、安全性、快適性が向上しました。しかし、相
変わらず同じようなスピードで走行し、車体サイズや乗員定数が大幅に変わったわけではありません。今も
4輪で走行し、動力源は石油を燃料とする内燃機関です。高速道路も本質的には変わっていません。より安
全な自動車専用道も増えましたが、道路はほとんどが無料のまま、あらゆる車両が通行でき、数十年前と
同じようなサービスを提供しています。公共交通サービスも基本的には変わっていません。今ではバスには
エアコンが付いていますが、それ以外の運行管理、乗員定数、輸送実績などはほぼ同じです。現在では、ほ
とんどの大都市にライトレールや専用軌道の鉄道があります。しかし米国ではあらゆるタイプの鉄道交通を合
計しても総旅客走行距離の1%にも満たないばかりか、大部分の鉄道は一世紀以上前の技術をほとんど更新
することなく使い続けています。ヨーロッパでさえ、総旅客輸送量に対する鉄道交通の割合は7%に過ぎま
せん。日本は約12%と若干上回っています。この状況は明らかにイノベーションが不足しています。専用
バスレーンを設けて連節バスを運行するバス高速輸送システム（BRT）という試みは、数少ないイノベ
ーションのひとつです。

現在の旅客輸送システムは、社会だけでなくユーザーにとって非常にコストがかかるものとなっています。
現在米国で一台の自動車を所有して運用するコストは年間約9,000ドルです。米国以外の国々ではもっとコ
ストがかかります。土地利用密度は世界中のほぼすべての場所で低下しています。住宅はどんどん大きくな

り、芝生の庭に囲まれるようになっていきます。自動車が普及したことで、この傾向に拍車がかかりました。車中心のライフスタイルと郊外化はロサンゼルス市に始まりそこから広がりました。米国では土地利用のパターンのスプロール化と土地利用密度の低下によって、一人当たりの自動車保有台数は0.8台に達しており、米国世帯の半数以上が2台以上の自動車を所有しています。

良いニュースもあります。多くの先進国では、自動車保有台数と自動車利用が安定化したと見られ、減少する兆候を示しています。こうした変化が、景気低迷のせいなのか、消費者選好の変化によるのか、中心市街地の活性化の影響なのか、判断を下すにはまだ時期尚早です。しかし、「もっと自動車を所有して、もっと運転する」というトレンドが終わりに近づいているという証拠が増えています。重要なことは、ヨーロッパと日本のピークレベルが米国をはるかに下回っていることです。

2. 燃料：炭素原単位上昇に向けて

石油が枯渇することはないでしょう。何世紀もの間大丈夫という訳ではありませんが、少なくとも化石エネルギーが枯渇して、ガソリンやディーゼル燃料が製造できないということにはなりません。重油、オイルサンド、シェールオイルなどの非在来型石油、さらには石炭から、輸送用燃料を製造できるようになっています。それも、こうした石油は1バレル当たり100ドル以下の水準です。残念なことに、こうした非在来型燃料資源は二酸化炭素の排出量を大幅に増加させます。抽出と精製の過程で、在来型石油よりも多くのエネルギーを消費するからです。石油企業はすでに非在来型石油の生産に数千億ドルもの投資を行っています。これには2つの理由があり、1つは石油企業は基本的に総合エンジニアリング企業であり、その中核となる能力は、小規模な再生可能エネルギープロジェクトではなく、巨大プロジェクトを実施することにあるからです。もう1つは、良質で豊富な埋蔵量を誇るOPEC諸国の油田から締め出されたからです。

大手石油企業は、エネルギー安全保障上最も安定的な供給源である、米国、カナダ、欧州連合などの自由市場経済国にある既存油田で、生産が低下し始めていることに気付いています。その一方で、大手石油企業は海外油田の開発権益を失いつつあります。産油国が外国資本を排除して、国営企業の支配の元、油田の国有化をするからです。大手国際石油企業は、生き残りのために代替資源を確保する必要があり、その解決策が非在来型化石エネルギーの開発、つまり、オイルサンド、重油、石炭、シェールガスの液化なのです。これらの非在来型化石エネルギー資源は、北米、アジア、ヨーロッパの一部に豊富に埋蔵されています。こうした資源は石油系の輸送用燃料に転換することができます。この転換技術はすでに実用化段階に入りつつあります。こうしたプロジェクトは大手石油企業の企業文化や中核能力に完璧に合致しています。というのは、巨大な石油化学プラントの建設や多額の投資資金の調達、まさに非在来型石油資源の開発で必要となるものだからです。しかし、非在来型化石資源には大きなマイナス面もあります。二酸化炭素の排出量が増大するなど、環境にとって深刻な脅威となる可能性があるのです。好きにさせると、石油産業は低炭素代替燃料よりも高炭素非在来型石油に一層の投資を行うでしょう。

石油は間違いなく今後数十年にも亘って君臨することになるでしょう。しかしこれまで輸送用燃料には競合相手がたくさんいました。メタノールと圧縮天然ガスは1980年代に世界各国で推し進められましたが、原油価格の下落と大気汚染の緩和効果が大したことがなかったことから、放棄されました。電気自動車は1900年代初頭に誕生しましたが、当時は生き残ることができませんでした。1990年代初期に再登場しましたが、バッテリーコストの高さと走行距離の制約を克服することができていません。2000年代初頭には水素が狙上に上りましたが、初期導入コストの高さと水素供給ステーションの未整備が指摘され、機運が後退しました。2000年代後半にはバイオ燃料車が登場しましたが、ほどなくして燃料の生産に食料を使用する

のは望ましくないと主張されるようになりました。ただし、トウモロコシを原料とするエタノールは、トウモロコシ生産地の選挙区の影響が大きかったため、足がかりを維持しました。

石油から代替燃料への転換は困難でゆっくりとしたものになるでしょう。石油が覇権を握っていることは、新規燃料の参入にとっては一経済性、法的責任、一般の人々の懐疑心、興味本位に取り上げるメディアなど一巨大な障壁を生み出しています。代替燃料はそれぞれ疑いなく担う役割は拡大していくと思われませんが、すべてが大きな課題に直面するのは間違いありません。どれにとっても拡大は簡単ではないのです。

現在の原油市場が効率的・合理的に機能していないのは明らかです。石油価格がどうなるのか誰にも分かりません。ほとんどの投資は現状維持の考え方を反映して継続されています。マーケット情報は信頼できず、価格予想は推測の域を越えず、石油生産者の大半はほとんど市況に反応していません。最悪なことに、気候変動や公共の利益は無視されています。

3. 車両：台頭する省エネルギーの成功事例

3本目の脚は、今後数十年の間、最も強力で最も有望な分野です。ヨーロッパ、米国、日本を含む世界の主要自動車市場のほとんどで、今後15年で（車両1台当たりの）燃料消費量を半減する積極的な政策が導入されています。中国をはじめとするその他の多くの国々も、同様の積極的なエネルギー効率の改善政策を採用しているか、導入途上にあります。重要なことは、世界の自動車産業界がこのような厳しい規制要件を受け入れ、エネルギー効率の改善を最優先課題としていることです。自動車業界は、より軽量の素材の使用、トランスミッションの改良、燃焼効率の向上、エアロダイナミクスの向上、内燃機関と電気モーターのハイブリッド化の開発を行っています。また、すべての自動車企業は、ゆっくりと時間をかけながらも、全電池式電気自動車、プラグインハイブリッド車、水素型燃料電池自動車など、車両の電動化を進めようとしています。2035年には、世界の新車販売台数の大半はプラグインハイブリッド車か燃料電池自動車が占めると見込まれています。軽車両については、2050年までに温室効果ガス排出量80%削減（台/キロ）が見込まれる道筋がすでにできています。

自動車では大きな成果を上げていますが、トラックはそうではありません。ヨーロッパ、米国、日本では新しい環境規制が導入され、近い将来、規制が厳格化される可能性があるにもかかわらず、トラックのエネルギー効率はあまり改善していません。さらに困難な課題となっているのは、低炭素の代替燃料のほとんどがトラックには使えないということです。トラックは車体重量が重く、毎日長距離を走行します。バッテリーは非常に重く、かさばるので、トラックの電動化は簡単ではありません。バッテリー駆動が実用的なのは、走行距離のあまり長くない小型車だけなのです。燃料電池はトラックに利用することができます。水素燃料タンクや燃料電池は、ディーゼル燃料よりも場所をとりますが、バッテリーよりは軽く、小さいのです。トラックにとっての長期的で最良のエネルギーの選択は恐らく低炭素バイオ燃料でしょう。

傾向のまとめ

陸上旅客輸送の短期的見通しは様々です。車両のエネルギー効率ははるかに改善され、バッテリー電気自動車や燃料電池自動車などの次世代技術は実用化済み、ないし実用化間近で、将来有望です。しかし、丸椅子の他の2本の脚の見通しはそれほど明るくありません。先進国の多くでは車両使用の伸びは横ばいか減少傾向にありますが、新興国では急増しています。新興国や発展途上国が米国で始まった車を中心とする発展のパターンを踏襲すると仮定すると、大量の自動車が溢れかえり、燃費の向上では間に合わないでしょう。今回は触れませんでした。航空機による移動も急速に増加しており、エネルギー使用と温室効果ガス排出

量の増加に影響を及ぼしています。

3本目の脚である燃料の脱炭素化も、旅客と貨物輸送の両方で課題となっています。低炭素な電力、水素、バイオ燃料への移行は、シェールオイル、オイルサンド、重油など、二酸化炭素をはるかに多く排出する非在来型石油の開発に投資することを選ぶ石油業界のせいであらうなっています。

貨物輸送はより大きな課題を抱えています。新しい低炭素技術の開発が進んでおらず、代替燃料の選択肢も少なく、政策の取り組みも遅れています。また、トラックはバッテリーによる電気駆動には向いていません。水素型燃料電池自動車は有望となる可能性もありますが、トラックや船舶から排出されるGHGを大幅に削減するには、非食料資源を利用するバイオ燃料を選択することが最も効果的と思われます。土地利用のスプロール化が主な原因となって、世界中のあらゆる場所でトラック使用が増加し続けているために、状況は悪化しています。この傾向を抑える適切な政策手段はほとんどありません。多くの予測によれば、2050年には、トラック、航空機、船舶は、乗用車よりも大量のエネルギーを消費し、GHGを排出すると見込まれています。

前進に向けて取り組むべき課題

持続可能な交通運輸システムの将来ビジョンを思い描くのは難しいことではありません。私はこれまでさまざまな論文や著作でそうしてきました。他の研究者も同じです。理想的な未来が実現すると仮定してみましょう。私たちは家の近所では小型電気自動車を運転し、遠出するときはスマートフォンを使ってエネルギー効率の高い水素型燃料電池自動車と呼んで迎えにきてもらい、目的地まで送り届けてもらいます。遠い場所に行くには、小型自動車で軽量の単線高架の電化軌道上を走り、軌道から離れてからは自動車の小型バッテリーを使って一般道を走行することがあるかもしれません。航空機とトラックは低炭素バイオ燃料、鉄道は再生可能エネルギー、船舶は水素型燃料電池かバイオ燃料を使用します。地域の貨物配送には小型の電気トラックか燃料電池トラックを使います。また、おそらくはリニアモーターカー（磁気浮上車）や最先端の真空管技術などのより進歩した技術が普及しているはずです。

このビジョンとして示したシステムは、移動する人々に高レベルのモビリティ（人の移動）とアクセスを提供し、エネルギー使用やGHG排出量を劇的に削減するとともに、今日の輸送サービスと同等かそれ以下のコストとなります。貨物輸送を含むあらゆる輸送システムの総GHG排出量を、現在よりも80%少ないレベルに削減するというアイデアを、現実味のある計画として策定することができます。

素晴らしいビジョンです。私は、一般の人びとに、何が実現可能なのか、どんな変革が必要なのかに関心を持ってもらうためには、ビジョンを作ることが重要だと学びました。しかし、それよりも重要で、困難でありながらやりがいのある仕事があります。それは、現在から将来にいたる道筋を形成すること、つまり究極的に好ましい長期的成果を達成するため、私たちを正しい方向に向かう道筋に乗せることになる、今取らなければいけない前に進む小さなステップを決めることです。

それではこれから、正しい方向を目指して前進する上で鍵となる3つの現象についてお話ししたいと思います。

1. 車中心の都市の先にあるもの：先進国の都市の軌道修正と新興経済国の新しいモデル

ロサンゼルス市は100年前に車中心の都市とライフスタイルを始めたパイオニアです。1930年には市民の

3人に1人が自動車を所有していました。世界中の都市がロサンゼルスを追従し、ヨーロッパは30年後に、日本は40年後に同じレベルに達しています。しかし現在では、車中心社会のモデルは持続不可能であるだけでなく、望ましくないと広く認識されています。カリフォルニアでさえ、2008年には車両利用の削減が法律で求められました。特に経済が急速に拡大している都市では、新しいモデルが必要です。北京など一部の都市は後戻りするのが難しいかもしれません。車中心社会のモデルを熱心に支持し、全国的な高速道路網を構築して、車を所有するという文化を後押ししているからです。すでに北京市民は4人で1台以上の車を所有しています。ただし、アジア、アフリカ、ラテンアメリカの他の都市は、これとは異なったビジョンを追求する時間的余裕があります。

先進国の都市は現在、車中心の開発モデルに縛られていますが、適正な土地利用計画の実施、革新的なモビリティ・サービスの拡充、車両・燃料・道路・駐車スペースに対するフルコスト原理による価格付けの導入を通じて、自動車の利用を減らす余地がまだたくさんあります。また、旅行や日常利用により小さな自動車を使用する方向に移行するという方法もあります。

世界中のどの都市にとっても、最新の情報通信技術を活用して、快適で多様なモビリティ・サービスを提供し、交通量（道路交通）・駐車スペース・公共交通を適切に管理する絶好の機会があるといえます。

各種センサーやその他のデバイスが収集するデータと創造的で合理的な管理手法を価格設定を導入して組み合わせることで、交通需要（道路交通）の管理は劇的に改善する可能性があります。これらは新しい考え方ですが、まだあまり実施されていません。

おそらく最も斬新な取り組みは、一人しか乗っていない自動車と既存のバス・鉄道交通の間のギャップを埋める新しいスイートルームのようなモビリティ・サービスを創出することではないかと思います。このようなサービスには例えば、需要応答型乗り継ぎサービスとスマート・カープーリングがあります。需要応答型乗り継ぎサービスとは、利用者のスマートフォンやインターネットからの送迎要請にバンや小型バスが直ちに応答するサービスです。スマート・カープーリングは、近くにいる移動する者同士がリアルタイムでカープールを自主的に管理して、通勤の足にしたり、レジャーや野球観戦などのイベントに出かけるときに利用するシステムです。また、カーシェアリングやバイクシェアリング、それに近所にでかけるのに使う小さな「ネイバーフッドカー」（近隣走行用自動車）なども含まれます。自動車を所有し乗り回すコストの高さ－米国では年間およそ9,000ドル、ガソリン代や自動車税が高いところではもっと高額－を考えると、モビリティ・サービスのより広範なポートフォリオをつくることで、より効率的で、低コスト、そして資源消費量の少ない旅客交通を実現することができます。

繰り返しになりますが、こうしたアイデアそのものは目新しいわけではありません。実はどれもすでに実施されていることなのです。たくさんのベンチャー企業がこうした新しいモビリティ・サービスを提供しており、「ネイバーフッドカー」を販売している会社もあります。交通量や駐車スペースを制限管理するためにロードプライシング（道路課金）等が数多くの都市で利用されていますし、バス高速輸送システムもたくさんの都市で導入されています。ところが、各都市の取り組みは総じて断片的で、他の都市との連携も取れていません。

持続可能な旅客輸送システムを実現するには、リーダーシップが必要です。インフラコストの低減、より公平で広範な輸送サービスへのアクセス、局地汚染・エネルギー使用・温室効果ガス排出量の削減、そして

より住み心地の良い地域社会といったものを含む、これら様々な取り組みがもたらす利益を取り込むリーダーシップが必要なのです。政治のリーダーは、地域コミュニティの声を最も反映している便益の実現に重点的に取り組むことができます。皮肉なことに、最も革新的な政治的反響の一つが、車中心のライフスタイルと都市づくりのパイオニアである、私の故郷カリフォルニア州でした。同州で2008年に成立した「持続可能なコミュニティ法」は、旅客交通に温室効果ガス（の削減）目標を設定しました。これは、暮らしやすさや、スプロール化を抑制するメリット、自動車使用を減らし徒歩や自転車を利用するため人工構築環境を変える必要があることについて、考え方を考えさせることに役立っています。

2. “Fuel du Jour” 現象を克服する

最も手強い課題の一つに、「fuel du jour（最新燃料）」現象があります。これは政治家やメディアが新しい輸送用燃料をもてはやし、一旦、当初の高い期待に応えられないとわかると、途端に見向きもしなくなることをいいます。

現在、電気自動車が再びもてはやされています。電気自動車は確かに非常に有望です。しかし、消費者に受け入れられ、商業生産によるコストダウンが図られ、さまざまな試行錯誤から学び、支援政策が十分に実施される前に、短気で移り気な政治家やメディアがこの魅力的な選択肢を再び葬り去ることになるのでしょうか。政策がとりわけ重要です。強力な政策がなければ、非在来型石油資源が電気自動車を含むすべての選択肢を一掃してしまうでしょう。

最も有望な燃料とは、あらゆる経済条件や環境基準を考慮してもなお見込みのあるもので、低炭素な電気、水素、バイオマスになるのはほぼ確実です。二酸化炭素回収・貯留技術が効果的で受け入れられる技術であると証明されれば、石炭から抽出した水素も有望でしょう。

水素は石油燃料のほとんどに取って代わる可能性を秘めていますが、軌道に乗るまでは最大の試練に直面します。電気にも大きな可能性があり、環境面から見てもエネルギー面から見ても魅力的です。ただし、バッテリーの欠陥がじゃまをしています。バイオ燃料は確実に一定の役割を果たすことになるでしょう。しかしその将来は、新しい燃料生産方式の開発、新種の遺伝子組換え生物の発見、大量の廃棄バイオマスの確保と利用、食料との競合の回避ができるかどうかにかかっています。

どの選択肢にも制約や限界がありますが、どの選択肢を選んでも大量の石油に取って代わり、温室効果ガスの排出を削減または完全にゼロ化する可能性があります。最も説得力のある選択肢を支援するために、強力な政策を適切に実施することが課題となります。カリフォルニア州が制定した低炭素燃料基準のような恒久的で成果重視の政策（およびヨーロッパとカナダ・ブリティッシュコロンビア州における関連政策）は炭素削減に報いるもので、水素ステーションや革新的なバイオ燃料技術に対する初期投資を増やすのを助けるインセンティブが付与されている場合は特に期待ができます。

3. 車両の電動化を採用する

車両は軽量化と効率化が進んでいます。そして、重要なことは、ますます電動化されている点です。電動化は車両の長期的な持続可能性の鍵となります。そのプロセスは漸進的で進化的なものです。最もシンプルな電動化は、車両が発進・停止するパワーを利用するもので、自動車が一時停止またはスピードダウンするときはエンジンを止め、大型バッテリーを使用して、ブレーキを踏んだときに失われるエネルギーを電気として捕まえるものです。新型の自動車の多くはすでにこうした機能を備えています。次に来たるべき技術は

オンボード（車上）・ハイブリッド化です。搭載エンジンにより車上で発電された電気を使いモーターが車を駆動させるもので、バッテリーは電気を貯めたり、一時的に蓄えたりするのに使います。ホンダとトヨタがこの技術のパイオニアであり、1990年代後半にそれぞれ「インサイト」「プリウス」として製品化しています。その次はプラグインハイブリッドです。車のエネルギーの一部が送電網から電気として供給されるもので、大型のモーターとバッテリーを搭載しています。ゼネラルモーターズは2011年後半、「ボルト」でもってプラグインハイブリッド車を大量に市場投入する最初の会社となりました。ピュア・バッテリー電気自動車は、技術的に洗練されていますが、制約も多い自動車で、内燃機関を搭載していません。世界初の大量市場投入されたピュア・バッテリー電気自動車は2010年12月の日産「リーフ」です。最も将来有望である一方、まだまだ課題も多いのは、水素型燃料電池自動車です。燃料電池で水素と酸素の化学反応を起こして発電し、その電気エネルギーを使ってモーターを回して走ります。世界初の大量市場向け燃料電池自動車は2016年頃に発売される予定です。

完全な電動自動車は排気ガスが全く発生せず、非常に静かに走行します。もしも電力や水素が再生可能エネルギーに由来するものであれば（あるいは化石燃料が使われていても炭素の回収・隔離が行われるならば）、ライフサイクルを通じてゼロエミッションを達成できる可能性があります。

車両の電動化は、10年前なら破壊的（邪魔な、混乱を引き起こすだけの）技術と呼ばれたことでしょうか、今は違います。主な自動車メーカーはこぞってこれらのゼロエミッション技術の開発に積極的に取り組んでおり、多くのメーカーがそうした自動車をすでに生産しているか、生産を間近に控えています。このような勢いを維持することが課題です。新技術のコストというのはいつの時代も割高なものです。電気自動車の場合も然りです。自動車メーカーが開発努力を続け、消費者が関心を持ち続けるためには、強力で持続的な政策が必要です。そのような政策には以下が含まれます。メーカーの早期生産と消費者の早期購入を促すインセンティブと指示、充電・水素供給インフラ整備に対する政府支援、気候変動コストを内部化して消費者と自動車メーカーに低炭素自動車や低炭素燃料の購入や販売に対するインセンティブを付与する市場原理に基づいた政策、自動車メーカーが将来の計画を立てられるよう継続性のある規制枠組みを提供する成果重視の基準などです。

まとめ

私たちがエネルギーをどう制御し使うかということについて大きな変革を必要としています。既存技術を改良し、新しい対応の仕方を学習する必要があります。しかし、新しい技術や新しい対応の仕方は自然発生的に出現するものではなく、時間もかかります。残念なことに私たちは地球の気候変動を直接、即座に観察することができません。スモッグや、汚染された水、損なわれた景観とは違うのです。そこに私たちの窮地があり、リーダーシップのジレンマがあるのです。例えば、まだどこに問題があるのか明確ではない時点で、導入コストが高く便利とは言えないものを選択して、新しい道筋へと移行していくには、どうすればよいのでしょうか。規模の経済やイノベーションに至る道であり、それが転じて持続可能な低炭素の未来に通じる道となる、変革に向かう道筋を目指すにはどうすればよいのでしょうか。どうすれば速やかに移行できるのでしょうか。それは他には無い環境問題独特（固有）の課題です。それは社会や経済の全面的な変化を必要とするような、広範囲で大規模に影響を与える問題です。

私たちの世代が経済的には厳しい選択を行い、大幅にライフスタイルを変えなければ、孫やひ孫の世代に、良くて、環境の変化をそこそこ受け入れた世界、最悪の場合は海面上昇や凄まじい嵐や山火事に見舞われ、それらに伴い集団移転、農業やレジャー産業の荒廃、経済崩壊を引き起こすような壊滅的な世界で生きてい

くことを宣告することになるでしょう。一歩前に進み出て、リーダーシップを発揮する勇気を持っている人は、一体どこにいるのでしょうか。現在の私たちにはまだ選択肢があります。しかし、2050年には選択肢は存在しません。

持続可能な交通運輸システムの将来に向けて、私たちの指針となる5つのガイドラインと教訓があります：

1. カーボン・ニュートラルな交通運輸システムを作るのに使える万能な解決策はありません。特効薬はないのです。複数の解決策を組み合わせた最適なポートフォリオが必要です。政治家やメディアは単一の解決策に飛びつき、大げさに騒ぎ立てますが、かえって害になるだけです。私たちに必要なのは、電気自動車と燃料電池自動車と水素とバイオ燃料と都市における適切な土地利用管理と新しいタイプのモビリティ・サービスを提供するベンチャー企業とより合理的なファイナンスや、道路や駐車スペースの課金などです。
2. 単純化された最終状態のビジョンではなく、未来に向けて望ましい道筋を複数用意し、全力を注ぐことが必要です。理想的な未来図を描くよりも、短期的政策や戦略を立案するほうが困難を伴います。
3. どの都市、国、文化、経済も、一つひとつ異なります。場所が違えば、どのような解決策を組み合わせるか、その解決策の詳細な内容も大きく異なります。インフラが確立し、後戻りができないほどスプロール化が進行している先進国は、テクノロジーの改良により重点を置くべきです（土地利用管理の改善や自動車利用の削減という手法にも可能性はあります）。新興国では、暮らしやすく持続可能な都市を形成するために、車中心の開発に代わる新しいパラダイムを考案し、採用することに力を入れるべきです。
4. 科学コミュニティは短期的な意思決定に関与する必要があります。私たちは、政策立案者・規制当局・立法当局に、彼らが行動するか・しないかという選択肢があり、それぞれを選択したときの意味することについて、十分に理解できるよう手助けする必要があります。解決策は地域によって異なることが多いため、各地域の科学コミュニティは当該地域の政府や産業界の意思決定に直接参加することが重要です。
5. 5番目の教訓は「今日、行動を起こせ！」です。目の前にぼんやりと姿を現しつつある災害を遺産として残さず、勇気を奮い起こし、イノベーションの精神を発揮して、解決策を見出し、実行しましょう。そうすれば、次の世代に誇りを持てる遺産を残していけるのです。



公益財団法人 旭硝子財団

〒102-0081 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ2F

THE ASAHI GLASS FOUNDATION

2nd Floor, Science Plaza, 5-3, Yonbancho
Chiyoda-ku, Tokyo 102-0081, Japan

Phone 03-5275-0620 Fax 03-5275-0871

E-Mail post@af-info.or.jp

URL <http://www.af-info.or.jp>